



De belevenissen van slib en zand na storten

**Effectberekeningen ten behoeve van de MAS
Baggerspeciéstort Westerschelde**

B.P. Hoogeboom
J. Vroon

werkdokument: RIKZ/AB-97-844x

Inhoud

1. INLEIDING.....	1
1.1 ACHTERGROND.....	1
1.2 HET AANBOD VAN SPECIE.....	1
1.3 DE STORTLOCATIES.....	1
1.4 DE KEUZE VAN STORTSTRATEGIEËN: DE ALTERNATIEVEN VAN DE MAS.....	2
1.5 INGREEP-EFFECTKETEN.....	2
1.6 EFFECTEN.....	2
1.7 LEESWIJZER.....	3
2. HET STORTEN VAN BAGGERSPECIE.....	4
2.1 HET VALPROCES VAN DE SPECIE.....	4
2.2 DE VERSPREIDING OVER DE BODEM.....	5
2.3 VERTROEBELING.....	6
2.4 HET MODEL STORTING: RICHTING EN MAXIMALE VERSPREIDING ZAND EN SLIB BINNEN 1 GETIJ.....	6
3. DE EFFECTEN VAN HET STORTEN OP DE MORFOLOGIE.....	7
3.1 DE INGREEP-EFFECT KETEN.....	7
3.1.1 Overschot aan sediment.....	7
3.1.2 Transport van sediment.....	7
3.1.3 Het getij.....	8
3.1.4 Geulmigraties.....	8
3.1.5 De relatie met de MAS.....	8
3.2 DE ZANDBALANS VAN DE WESTERSCHELDE.....	9
3.2.1 algemeen.....	9
3.2.2 verruiming.....	9
3.2.3 onderhoud.....	10
3.3 AREAALONTWIKKELINGEN.....	11
3.4 DE BEWEGINGSVRIJHEID VAN GEULEN.....	15
3.5 LOKALE VERANDERINGEN TER PLAATSE EN IN DE OMGEVING VAN DE STORTLOCATIES.....	18
3.5.1 Verstoring door de storting.....	18
3.5.2 Verandering van bodemsamenstelling.....	19
3.5.3 Verspreiding van het materiaal na storten.....	21
4. GEVOLGEN VAN DE MORFOLOGISCHE VERANDERINGEN OP DE ECOLOGISCHE EN GEBRUIKSFUNCTIES.....	24
4.1 EFFECTEN OP GEBRUIKSFUNCTIES.....	24
4.1.1 effecten op visserij.....	24
4.1.2 sedimentatie in havens.....	27
4.1.3 Effecten op Archeologie.....	28
4.2 EFFECTEN OP ECOLOGIE.....	28
4.2.1 lokale effecten bodemfauna.....	30
5. CONCLUSIES.....	32
5.1 HET STORTEN VAN BAGGERSPECIE.....	32
5.1.1 verspreiding en sedimentatie van zand en slib als suspensielaag.....	32
5.1.2 verspreiding en sedimentatie van slib in suspensie.....	32
5.2 DE EFFECTEN VAN HET STORTEN OP DE MORFOLOGIE.....	32
5.2.1 zandbalans.....	32
5.2.2 Areaalontwikkelingen.....	32
5.2.3 De bewegingsvrijheid van geulen.....	33
5.2.4 Lokale veranderingen ter plaatse en in de omgeving van de stortlocaties.....	33
5.3 EFFECTEN.....	33
5.3.1 visserij.....	33
5.3.2 sedimentatie in havens.....	33
5.3.3 Archeologie.....	34

5.4 DISCUSSIE.....	34
5.4.1 Aanbevelingen voor nader onderzoek.....	34
6. LITERATUUR	35

APPENDIX A Modellen voor de directe effecten van het storten

Lijst van bijlagen

BIJLAGE 1	De verdeling van de baggerspecie bij de verschillende alternatieven
BIJLAGE 2	Transportpaden van zand en slib berekend met GIS-Stort
BIJLAGE 3	Getijkrommen

1. Inleiding

In de MAS (Milieu Aspecten Studie) Baggerspeciéstort Westerschelde komen de effecten van het storten van baggerspecie op de morfologie van de Westerschelde aan de orde. Dit in verband met het belang van morfologische processen in een estuarium als de Westerschelde en de effecten van morfologische veranderingen op de ecologie en gebruiksfuncties.

Het doel van de Milieu Aspecten Studie is het ontwerpen van een stortstrategie, gebruik makend van de huidige kennis van het morfologisch en ecologische systeem, zodanig dat in de komende 10 jaar op verantwoorde wijze omgegaan wordt met de Westerschelde, waarbij het estuariene karakter ook voor de langere termijn gegarandeerd blijft (MAS, 1997).

In dit document worden de effecten van het storten van baggerspecie op de morfologie van de Westerschelde nader uitgewerkt en is één van de onderbouwende documenten van de MAS (Milieu Aspecten Studie) Baggerspeciéstort Westerschelde.

1.1 Achtergrond

In de vaargeul van de Westerschelde worden reeds gedurende lange tijd onderhoudsbaggerwerkzaamheden uitgevoerd om deze op diepte te houden ten behoeve van de toegankelijkheid van de havens aan de Westerschelde, waarvan de haven van Antwerpen de belangrijkste is. Tengevolge van het 'Verdrag inzake de verruiming van de vaarweg in de Westerschelde' dat in 1995 is gesloten tussen Nederland en België zal een nieuwe en uitgebreidere vaargeulverdieping en een toename van de onderhoudsbaggerwerken plaats gaan vinden in de Westerschelde.

De verdieping van de vaargeul houdt in dat de drempels in de Westerschelde en het mondingsgebied van de Westerschelde worden verlaagd met 1,5 meter, en dat de vaargeul plaatselijk wordt verbreed met enkele tientallen meters. Om deze verruiming tot stand te brengen zullen gedurende drie tot vier jaar extra baggerwerkzaamheden worden uitgevoerd. Na de verruiming zal meer onderhoudsbaggerwerk plaatsvinden dan nu het geval is om de nieuwe situatie te handhaven.

Omdat watersystemen behoefte hebben aan zand en slib voor een goed ecologisch en morfologische functioneren (beleidsstandpunt Evaluatienota Water, 1994), dient de gebaggerde specie in het systeem te worden teruggestort. Dit betekent dat de gebaggerde specie wordt gestort op locaties in de Westerschelde zelf.

1.2 Het aanbod van specie

Tijdens de verruiming, waarvoor in de MAS een periode van 4 jaar is aangehouden, zal ongeveer 16 miljoen m³ baggerspecie per jaar worden gebaggerd. Na het verruimen van de vaargeul neemt het onderhoudsbaggerwerk) toe tot 14 miljoen m³ per jaar (was ongeveer 10 miljoen m³ per jaar). In bijlage 1 worden de indicatieve hoeveelheden per jaar aangegeven.

1.3 De stortlocaties

In de huidige baggervergunning, die per 1 juli 1996 in werking is getreden, zijn 13 stortlocaties opgenomen die gebruikt kunnen worden voor het storten van baggerspecie die vrijkomt bij de verruiming. De keuze van de 13 locaties is vooral gebaseerd op morfologische en ecologische argumenten. Van deze locaties zijn er acht reeds eerder gebruikt. Vijf locaties zullen voor het eerst worden gebruikt. De locaties die zijn gekozen staan vermeld in tabel 1-1. In figuur 1-1 is de ligging van deze locaties gegeven.

Tabel 1.1 Stortlocaties voor het storten van baggerspecie

Num- mer	Naam stortlocatie	Stort- toestemming tot 1/1/96	Storttoestemmig vgl. bagger- vergunning	
			verruiming	onderhoud
2	Schaar van de Noord	+	+	+
6	Schaar van Waarde	+	+	+
9	Platen van Ossensisse (oostzijde)	+	+	+
11	Gat van Ossensisse	+	+	+
13	Ebschaar naar de Everingen	+	+	+
14	Everingen	+	+	+
15	Schaar van de Spijkerplaat	+	+	+
17	W2 (Wielingen)	+		+
19	Biezelingse Ham		+	+
20	Ellewoutsdijk		+	+
21	Schoone Waardin		+	
22	Kust van Zeeuws-Vlaanderen		+	+
25	Kust van Vlissingen		+	

1.4 De keuze van stortstrategieën: de alternatieven van de MAS

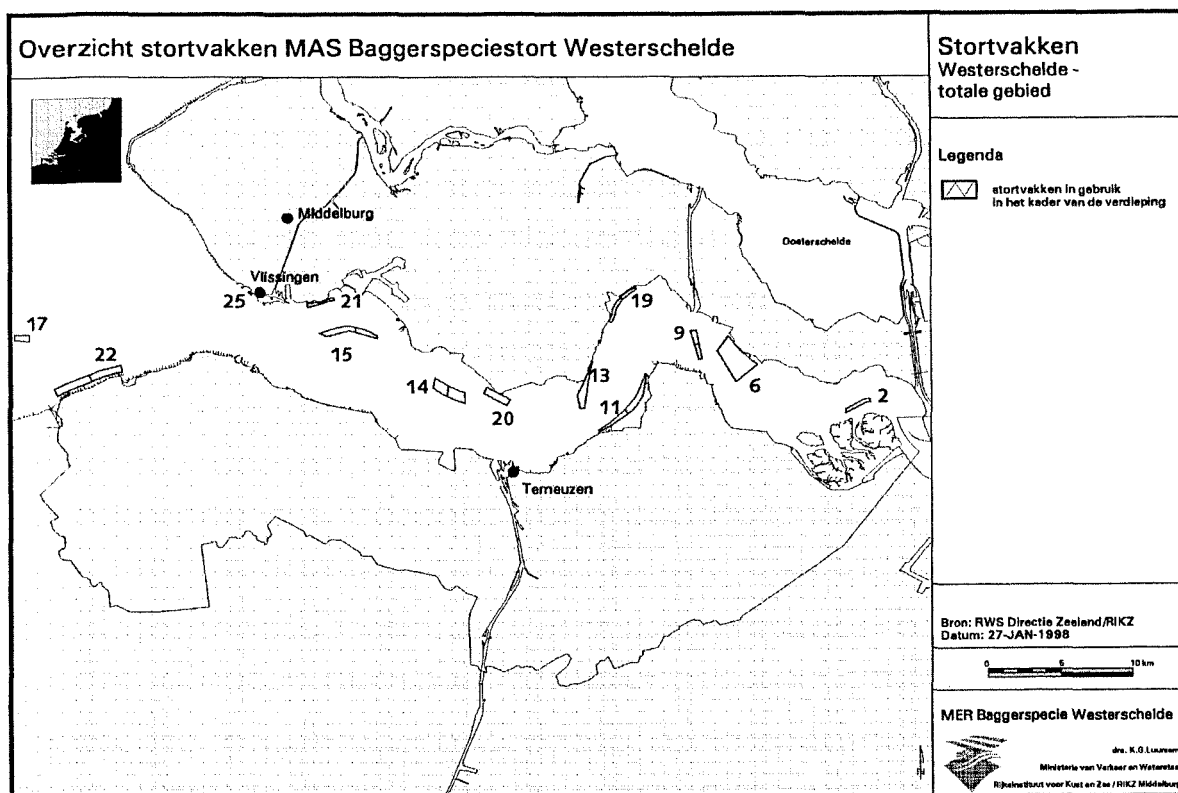
De alternatieven zijn stortstrategieën die binnen bepaalde randvoorwaarden zijn opgesteld voor de MAS. De alternatieven bestaan uit een verdeling van de baggerspecie over een aantal aangeduide stortlocaties. Bij de samenstelling van de alternatieven is gebruikt gemaakt van de indicatieve hoeveelheden zoals gegeven in bijlage 1. Bij het opstellen van de alternatieven is onderscheid gemaakt in een verdiepingsfase (eerste 4 jaar) en een onderhoudsfase (laatste 6 jaar). Voor de MAS zijn 6 alternatieven ontwikkeld. Deze alternatieven staan beschreven in tabellen 1.2 t/m 1.7.

1.5 Ingreep-effectketen

De morfologische veranderingen als gevolg van het storten uit zich op verschillende tijd-ruimteschalen. De veranderingen worden gestuurd door het getij en de bouwsteen is het sediment (met name zand). De veranderingen op macro-schaal betreffen de migraties van hoofd- en nevengeulen en hebben een tijdschaal in de grootte van enkele tot meerdere tientallen jaren. Op mesoschaal treden veranderingen op het niveau van plaat-geulsystemen op. Deze veranderingen hebben een tijdschaal van enkele jaren. De veranderingen op microschaal tenslotte, betreft de instabiliteit van (het bovenste deel van) de bodem en heeft een tijdschaal in de orde van de duur van een getij (tot enkele dagen).

1.6 Effecten

De effecten van het storten van de baggerspecie hebben ten eerste invloed op de morfologie van het Westerschelde estuarium. De morfologische veranderingen kunnen echter weer effecten hebben op de gebruiksfuncties en de ecologische functies in het estuarium. Hierbij moet gedacht worden aan een verandering van een bepaald ecotopenareaal, de vergroting van sedimentatie in havens of erosie van archeologische vindplaatsen.. Naast deze indirecte effecten kan het storten ook rechtstreekse invloed hebben op deze functies. Dit gebeurt bijvoorbeeld door bedekking van levensgemeenschappen



Figuur 1-1 De ligging van de stortlocaties in de Westerschelde

1.7 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zal het storten van specie en de verspreiding van een stort worden beschreven.

In hoofdstuk 3 zal worden ingegaan op de effecten van het langdurig storten op de morfologie van de Westerschelde.

In hoofdstuk 4 zullen de morfologische effecten en de effecten van een stort worden doorvertaald naar effecten op de gebruiksfuncties en de ecologie.

In hoofdstuk 5 worden de conclusies gegeven

2. Het storten van baggerspecie

In dit hoofdstuk wordt het gedrag en de verspreiding van de baggerspecie direct na het storten beschreven. Het betreft het gedrag en de verspreiding van zand en slib van één storting binnen de duur van een getij. Deze kennis is met name van belang om de effecten van het storten op de ecologie aan te kunnen geven. Deze effecten komen in hoofdstuk 4 aan de orde. In dit hoofdstuk zijn alleen de resultaten van de gemaakte berekeningen gegeven. Een uitgebreide beschrijving van de berekeningen is gegeven in Appendix A.

2.1 Het valproces van de specie

De snelheid waarmee het sediment/water mengsel het baggerspecieschip verlaat wordt bepaald door de openingsgrootte, de viscositeit en de potentiële energie van het mengsel. De potentiële energie kan worden berekend met de volgende formule (van Heuvel, 1988).

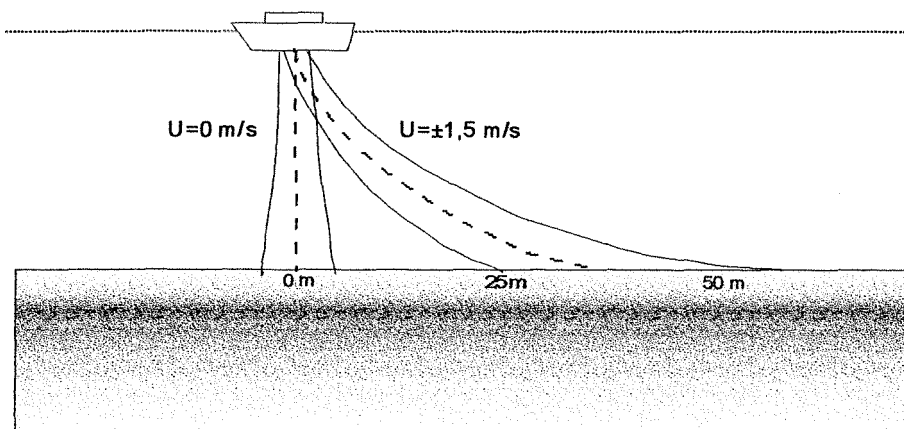
$$\text{Pot. Energie mengsel} = M \cdot g \cdot h \quad (2.1)$$

M = Massa specie (onder water gecorrigeerd voor dichtheid)

g = gravitatie constante

h = hoogte zwaartepunt boven bodem.

Na het openen van de luiken wordt de potentiële energie omgezet in kinetische energie. Het front van de baggerspecie versnelt zich tot een evenwichtssnelheid is bereikt. De baggerspecie zal zich als een dichtheidsstroom naar de bodem verplaatsen. De valsnelheid van de dichtheidsstroom is vele malen groter dan de valsnelheid van de individuele deeltjes.



Figuur 2-1 Invloed van de stroom op de speciéstort

Omdat tijdens het vallen sprake is van straalgedrag (jet stream) zal water van opzij aangezogen worden. Het aanzuigen en opnemen van water wordt entrainment genoemd. Door deze verdunning neemt de gemiddelde snelheid af. Onder water verbreedt de kolom zich als gevolg van weerstand aan het front. Door stroming zal de kolom vervormen en verplaatsen (Figuur 2-1). Bij een stroomsnelheid van 1,5 m/s met een waterdiepte van 30 meter zal de specie maximaal 50 meter van de oorspronkelijke stortlocatie op de bodem neerkomen.

Als gevolg van de entrainment kan slechts weinig specie uit de jet overgaan naar het omringende water (zo'n 1-5%) (Bokuniewicz, 1978 in: van Vliet, 1997). Op de plaats van storten blijven nog enige tijd troebelheidswolken zichtbaar. Dit komt omdat dit troebele water nauwelijks zwaarder is dan het omgevingswater. Dit verschijnsel kan vele minuten duren.

Wanneer de baggerspecie de bodem raakt ontstaat door de blokkade een ombuiging van een verticale naar een radiale, horizontale verspreiding. De sedimentstroom blijft hierbij het karakter

van een dichtheidsstroom houden. Een deel van de kinetische energie gaat bij de botsing verloren. Door de vertraging door interne turbulentie zal het materiaal sedimenteren op de bodem. De sedimentatiesnelheid in een dichtheidsstroom over de bodem is over het algemeen groter dan de sedimentatiesnelheid van individuele deeltjes.

Bij de verspreiding van het sediment moet onderscheid worden gemaakt tussen de verspreiding van zand (en slib) als dichtheidsstroom en de verspreiding van slib in de waterfase.

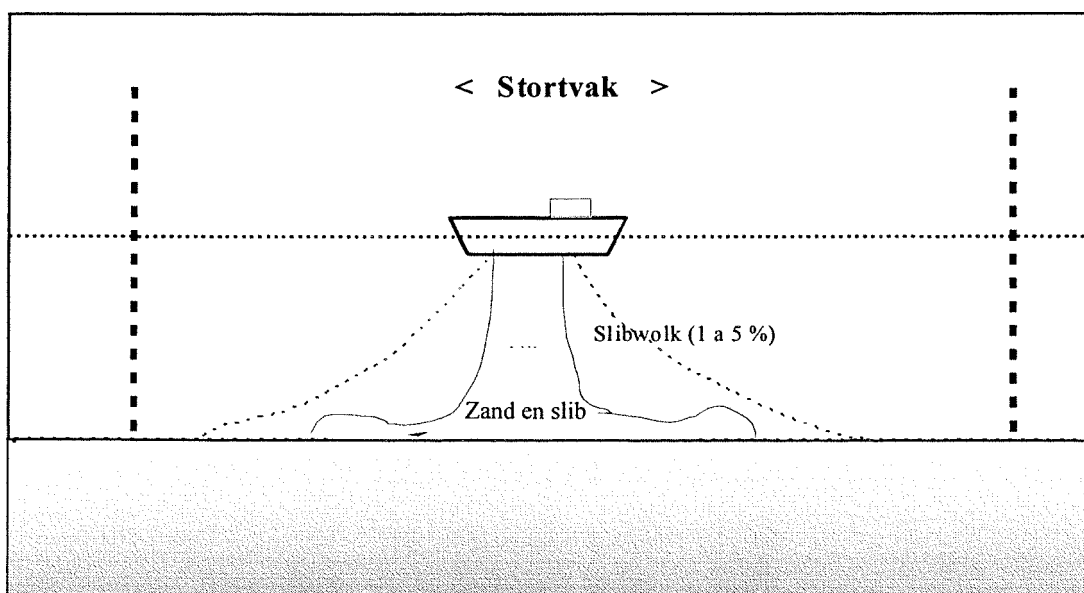
2.2 De verspreiding over de bodem

Nadat het materiaal op de bodem is aangekomen ontstaat een laag gesuspendeerd materiaal dat zich als een dichtheidsstroom radiaal zal verspreiden. De verspreiding van deze suspensielaag is niet eenvoudig in te schatten. Vanwege de beperkte tijd was inzet van numerieke modellen niet mogelijk zodat gekozen is voor een versimpelde benadering (van Heuvel, 1998). Het uitgangspunt bij deze benadering is dat de suspensielaag met de stroom wordt meegevoerd en hierbij in concentratie zal afnemen door uitzakken van sediment. De concentratieafname van de suspensielaag is berekend met een experimenteel bepaalde formule van het storten in het Eems-Dollard estuarium. Deze formule is een benadering van de in werkelijkheid optredende dichtheidsstroom.

Bij onderstaande gegevens gaat het, mits anders aangegeven, om het storten met een schip van 5000 m³. Het blijkt dat op de stortlocatie na ongeveer 20 minuten de concentratie gelijk is aan de achtergrondconcentratie (ongeveer 100 mg/l) en dat na 25 minuten nagenoeg al het sediment is uitgezakt.

Door de stroming komt het sediment niet alleen op de plaats van de stortlocatie terecht. Bij een stroomsnelheid van 1 m/s betekent dit dat na 1200 meter vanaf de stortlocatie in de stromingsrichting geen concentratieverhoging is waar te nemen en dat na 1500 meter al het zand is uitgezakt.

Door nu de gesedimenteerde hoeveelheid als functie van de concentratie te beschouwen kan de gesedimenteerde hoeveelheid in de lengterichting van de stroming worden berekend. Bij de berekening wordt verwaarloosd dat het materiaal zich bij een dichtheidsstroom met stroomsnelheden groter dan het omgevingswater zal verspreiden. Het blijkt dat op 25 meter vanaf een laag van 3 meter dikte sedimenteert. Op een afstand van 200 meter van de stortlocatie sedimenteert een laag van 1 meter, op een afstand van 500 meter nog 15 cm en op een afstand van 800 m nog maar 5 cm. De maximale dikte van de zandlaag is bij het gebruik van grotere schepen 4,8 meter



Figuur 2-2 Sedimenttransport na storten

2.3 Vertroebeling

Het grootste deel van het slib (95%) zal als dichtheidsstroom verspreiden en wordt beschreven met het model in paragraaf 2.2. Bij het storten zal echter een deel van het slib (1 tot 5 % van de totale stort) uit de dichtheidsstroom 'ontsnappen' en met de waterkolom mee worden gevoerd en elders met lagere stromingssnelheden worden afgezet. Deze slibwolk zal met de valsnelheid van de individuele deeltjes sedimenteren. Dit slibtransportproces wordt hieronder besproken. Figuur 2-2 geeft een overzicht van de verspreiding van slib en zand na storten.

Bij de horizontale verspreiding van de slibwolk nemen de concentraties af door middel van diffusie en sedimentatie. De diffusie van slib wordt bepaald met een algemene diffusievergelijking. De sedimentatie is bepaald als afgeleide van de concentratievermindering.

Diffusie

Bij het storten van zal alleen door diffusie de concentratie op de stortlocatie na 3 uur nog met ± 40 % zijn toegenomen. Hierbij moet wel bedacht worden dat de beginconcentratie bij het gebruikte model overschat wordt doordat de stort als een puntbron wordt beschouwd terwijl het storten over een bepaalde afstand plaats vindt.

Na 3 uur is de slibwolk door radiale verspreiding uitgegroeid tot gemiddeld $7,8 \cdot 10^5 \text{ m}^2$. Na 250 meter is er echter amper nog een significante verhoging van het slibgehalte te constateren. De slibwolk kan een verspreiding krijgen bij maximum en minimum storthoeveelheden tussen 3 en 38 ha.

sedimentatie

Door het uitzakken van sediment zal de slibconcentratie niet alleen door diffusie afnemen. De concentratieafname wordt bepaald door de valsnelheid van het slib. Er sedimenteert maximaal (op de stortlocatie) $0,125 \text{ m}^3$. Dit is ongeveer een laag van 2,5 cm slib. Het slib kan zich tot meer dan 15 km op de bodem verspreiden. De sedimentatie is echter na ongeveer 2,5 km al nauwelijks meer waar te nemen. Bij bovenstaande gegevens gaat het om gemiddelden. Er kan maximaal 6 cm slib sedimenteren op de stortlocatie (bij geen stroming).

2.4 Het model STORTING: richting en maximale verspreiding zand en slib binnen 1 getij

In dit model kan de transportweg van 1 sedimentdeeltje worden berekend op basis van de waterbeweging, stromingsrichting en valsnelheid. Het is dus geen model om diffusie of dichtheidsstromen te berekenen maar geeft slechts een indicatie van de maximale verspreiding van één zand- of slibdeeltje. Het is een methode die naast de voorgaande is gebruikt.

Een beschrijving van het model wordt gegeven in (Sisternans, 1997a). STORTING wordt berekend op basis van het 2DH-water-bewegingsmodel Scadis-100. Dit model geeft een ruimtelijk beeld van de waterstand, de horizontale stroomsnelheid en de stroomrichting.

In Bijlage 2 is het transport van zand en slib bij springtij tijdens het storten bij eb en bij vloed vanaf de stortlocaties te zien (op het moment dat de stroomsnelheid ongeveer 1 m/s is en deze versnelt). Als valsnelheid is gekozen voor 2,5 cm/s voor zand, de gemiddelde valsnelheid van deeltjes van ongeveer 200 μm en 0,05 m/s voor slib, de gemiddelde valsnelheid voor deeltjes van ongeveer 25 μm (van Rijn, 1989). De diepte waarop het deeltje begint is 7 meter onder het wateroppervlak. De periode waarin de verplaatsing is berekend is gegeven in tabel 2.1. Deze periodes horen bij de getijkrommen die gegeven zijn in bijlage 3.

Tabel 2-1 Gegevens gebruikt bij GIS-model STORTING (tijd in minuten)

	vloed	eb
<i>Hansweert</i>		
zand	2310-2460	2610-2820
slib	2160-2820	2520-2460
<i>Terneuzen</i>		
zand	2310-2430	2550-2790
slib	2160-2820	2520-2460
<i>Vlissingen</i>		
zand	2250-2430	2550-2790
slib	2160-2820	2520-2460

3. De effecten van het storten op de morfologie

In dit hoofdstuk zullen de morfologische veranderingen als gevolg van het storten volgens de verschillende alternatieven worden besproken. Zowel de methoden die gebruikt zijn om de effecten te bepalen als de effecten zelf zullen worden behandeld. Voordat de effecten worden besproken zal in paragraaf 3.1 de ingreep-effect keten nader worden uitgewerkt door in te gaan op de fenomenen die ten grondslag liggen aan de morfologische veranderingen. Ook zal de relatie worden gelegd met de criteria uit de MAS baggerspeciéstort.

3.1 De ingreep-effect keten

3.1.1 Overschot aan sediment

Voor een goed begrip van de effecten van het storten is het van belang te realiseren dat deze onlosmakelijk zijn verbonden met het baggeren. In het geval van de MAS dient het baggeren 2 doelen. Ten eerste wordt de vaarweg op diepte gehouden en ten tweede wordt er gebaggerd om de vaarweg verder te verruimen, met andere woorden de drempels worden verdiept opdat schepen met een grote diepgang vlotter naar Antwerpen kunnen varen.

De tweede ingreep geeft een kunstmatig overschot aan sediment: door het verdiepen van de drempels in de vaargeul ondervindt het getij minder weerstand en neemt het getijvolume in de geul toe. De geul gaat uitruimen, het vrijkomende sediment zet zich af op de drempels, dit sediment wordt gebaggerd en naar de stortlocaties gebracht. Na het uitruimen van de geul zal het onderhoudsbaggewerk hoger zijn dan de in de oude situatie, omdat de geul verder is afgebracht van zijn natuurlijke toestand.

Het (kunstmatig) overschot aan sediment, dat ontstaat door het uitruimen van de vaargeul, zal elders moeten worden geborgen. De gebieden in de Westerschelde die hiervoor in aanmerking komen zijn de nevengeulen, de kortsluitgeulen en de platen. De slikken en schorren zijn wat betreft de opslag van sediment van minder belang.

3.1.2 Transport van sediment

De veranderingen in de morfologie die zich na het storten voltrekken worden vanuit twee invalshoeken belicht. Allereerst wordt de stortlocatie als uitgangspunt genomen.

Bij het storten kan in een korte tijd een relatief grote hoeveelheid sediment in een stortvak worden ingebracht. Het systeem zal deze hoeveelheid moeten kunnen verwerken, met andere woorden de storthoeveelheid zal klein moeten zijn ten opzichte van de hoeveelheid die het getij ter plaatse van de stortlocatie kan transporteren. Als dat niet het geval dan komt er een moment dat de nevengeul geen dienst meer doet en het meergeulenstelsel verdwijnt en er één geul overblijft.

In de meeste gevallen zal de storthoeveelheid klein zijn ten opzichte van de transportcapaciteit of zal de hoeveelheid hier aan worden aangepast. Desondanks zal dan ter plaatse van de stortlocatie en in de naaste omgeving de bodem herhaaldelijk in een relatief korte tijd worden verstoord.

Hierdoor verandert de bodemdynamiek (verticale bodemvariatie) en bodemsamenstelling. Na het storten gaat het materiaal deel uitmaken van de (zandige) bodem van de Westerschelde, waarvan elk getij de bovenste laag in suspensie gaat en door de stroom wordt verplaatst. Op grotere tijd- en ruimteschaal beschouwd zal het materiaal dat met het getij wordt meegevoerd, zich afzetten in de omgeving van de stortlocatie waar de omstandigheden dusdanig zijn dat er door de stroom netto meer materiaal wordt aan- dan afgevoerd.

Deze stap voor stap redenering vanuit de stortlocatie is niet voldoende voor een volledig begrip van de morfologische veranderingen die zich als gevolg van het storten van de baggerspecie in de Westerschelde zullen voltrekken. Daarom wordt de ingreep-effectketen via nog een andere ingang opgebouwd. Hierbij wordt uitgegaan van de Westerschelde als geheel waar op 13 locaties min of meer continu specie wordt teruggestort die elders wordt gebaggerd. Op deze grotere schaal bezien worden in de Westerschelde gebieden met een overschot aan sediment gecreëerd (de gebieden waar relatief meer wordt gestort dan gebaggerd) en gebieden met een tekort aan sediment. Hierdoor ontstaan retourstromen van overschot- naar tekortgebied en kan ook de uitwisseling van sediment tussen de Westerschelde en haar mondingsgebied worden beïnvloed.

3.1.3 Het getij.

Het transport van sediment, zoals hiervoor is beschreven, vindt plaats door het getij. Een complicerende factor hierbij is dat ook het getij wordt beïnvloed door de veranderingen die optreden als gevolg van het baggeren en storten. Het morfologisch aanpassingsproces voltrekt zich iteratief.

Een belangrijke verandering in het getij die een relatie heeft met het baggeren en storten is de toename van de getijslag en de toename van het getijvolume in de hoofdgeul ten koste van de nevengeul. Aangenomen wordt dat dit met name wordt veroorzaakt door het baggeren waardoor de weerstand en demping in de hoofdgeul is afgenomen.

Een andere belangrijke verandering is het minder specifiek worden van het eb of vloed karakter van de geulen. Hierin ligt mogelijk de verklaring voor het verzanden van de kortsluitgeulen in het oostelijke deel. De migraties van deze geulen door de platen heen wordt namelijk aangestuurd door het verhang over de platen, dit is het waterstandverschil tussen de geulen die de platen omsluiten). Bepalend voor dit verschil zijn de verschillende looptijden van de getijgolf in de geulen aan weerszijden van de plaat.

3.1.4 Geulmigraties.

Behalve dat het baggeren en storten sedimenttransporten genereert, die, zoals hiervoor is gebeurd, op verschillende tijd- en ruimteschaal kunnen worden beschouwd, treedt er nog een belangrijk effect op: het beïnvloed het proces van geulmigraties. Dit gebeurt indirect via het getij, zoals hierover is beschreven met betrekking tot de kortsluitgeulen. Maar ook direct, want feitelijk wordt met het systematisch baggeren en storten van sediment niet alleen de vaardiepte gegarandeerd, maar wordt de vaargeul, in combinatie met de aanleg van geulwandverdedigingen, eveneens op zijn plaats gehouden. Het baggeren en storten heeft tot doel een status-quo te handhaven. Hierbij worden de natuurlijke migraties van hoofd- en nevengeulen tegenwerkt.

Dit is een belangrijk gegeven omdat geulverplaatsingen worden gezien als een belangrijk morfologisch proces. Het zorgt enerzijds voor de afbraak van platen, slikken, schorren en ondiep water gebieden, en creëert anderzijds ruimte voor het opnieuw ontstaan van deze gebieden. Deze morfologische dynamiek, die zorgt voor een continue proces van verandering en vernieuwing, is karakteristiek voor een estuarium.

3.1.5 De relatie met de MAS

Uit bovenstaande processen die de morfologische veranderingen beschrijven die zich na het storten van baggerspecie voltrekken, zijn de criteria geselecteerd die in de MAS zijn gebruikt om de stortstrategieën ten opzichte van elkaar te kunnen vergelijken op morfologische effecten. Bij het samenstellen van de criteria is uitgegaan van drie hoofdaspecten :

- effecten op de morfologische structuur
- effecten op de morfologische dynamiek
- effecten op de getijdoordringing

De criteria zijn :

Morfologische structuur::

- de aanwezigheid van een meergeulenstelsel
- de oppervlakte verhouding tussen de verschillende morfologische eenheden (hoofdgeul, nevengeul, plaat, ondiepwater gebied, slik en schor)
- de bodemsamenstelling ter plaatse en in de omgeving van de stortlocaties en de gradiënt in de korrelgrootte langs de lengteas van het estuarium

Morfologische dynamiek:

- de toe- of afname in de bewegingsvrijheid van de geulen
- verandering in de import van sediment naar het estuarium
- verandering in de bodemdynamiek (verticale bodemvariatie) ter plaatse van en in de omgeving van de stortlocatie

Getijdoordringing:

- verandering in de hoog- en laagwaterstanden in het estuarium

In dit hoofdstuk worden de effecten op het storten van het grootste deel van bovenstaande criteria beschreven. Als eerste zullen aan de hand van de zandbalans de grootschalige sedimentbewegingen en import en export worden behandeld. Daarna zal worden ingegaan op de oppervlakteverhouding tussen de verschillende morfologische eenheden in de paragraaf arealen. Als derde zal worden ingegaan de bewegingsvrijheid van geulelementen aan de hand van de bergingscapaciteit. Deze eenheid zegt iets over de mogelijkheid van geulen om sediment te kunnen verwerken. Als laatste zal worden ingegaan op de effecten op de stortlocatie zelf en de naaste omgeving. Er zal worden ingegaan op de verandering in bodemdynamiek en -samenstelling, en zullen uitspraken worden gedaan over de invloed van het storten op de directe omgeving na transport vanuit de stortlocatie.

De effecten van storten op het meergeulenstelsel en de veranderingen in waterstanden worden behandeld in het rapport 'Studie naar de morfologische effecten van storten en baggeren in de Westerschelde' (W.L., 1997).

In tabel 3-1 is een overzicht gegeven van de criteria en waar de effecten op deze criteria worden beschreven.

criteria in MAS	uitwerking in dit document	in ander document
<u>morfologische structuur</u> aanwezigheid meergeulenstelsel oppervlakteverhouding morf. eenheden bodemsamenstelling	3.3: areaalontwikkelingen 3.5 lokale effecten	W.L. (1997)
<u>morfologische dynamiek</u> toe- of afname bewegingsvrijheid geulen verandering import-export verandering in bodemdynamiek	3.4 de bewegingsvrijheid van geulen 3.2 zandbalans 3.5 lokale effecten	
<u>Getijdoordringing</u> verandering in hoog- en laagwaterstanden		W.L. (1997)

Tabel 3-1 Overzicht van de gebruikte criteria in de MAS en hun plaats in dit document.

3.2 De zandbalans van de Westerschelde.

3.2.1 algemeen

Door het opstellen van een zandbalans kunnen de grootschalige sedimentbewegingen binnen het estuarium worden bestudeerd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in drie deelsystemen binnen de Westerschelde. Deze zijn eenvoudigweg het Westelijk deel, het Middendeel en het Oostelijk deel genoemd. De ligging van deze delen is aangegeven in Figuur 3.1.

Het meeste materiaal wordt gebaggerd in het oostelijke deel van de Westerschelde. Tijdens de verruiming ongeveer 70% van het totale gebaggerde materiaal; in de onderhoudsperiode daarna stijgt dit aandeel tot ca. 80%. De twee uiterste mogelijkheden van storten van het gebaggerde materiaal zijn een alternatief waar alles in het oostelijk deel wordt gestort en een alternatief waarbij alles in het westen zal worden gestort. De andere alternatieven liggen tussen deze twee in. Omdat de vaargeul in het oostelijk deel het meest zal worden uitgebaggerd en er hierdoor een relatief tekort zal ontstaan zal storten in het westen waar een relatief overschot zal ontstaan waarschijnlijk een retourstroom naar het oosten op gang brengen.

3.2.2 verruiming

In de verruimingsperiode mag in het oostelijk deel maximaal ca. 1 miljoen m³ per jaar worden teruggestort. Dit betekent dat dit deel van de Westerschelde als gevolg van de verruiming en het vaarwegonderhoud jaarlijks met 10 à 12 miljoen m³ verruimd (3 à 4%). Het meeste sediment wordt teruggestort in het westelijk deel. Hier is jaarlijks een netto overschot tussen 6 en 13 miljoen m³, zodat de inhoud van dit deel van de Westerschelde zal gaan afnemen (0,5 à 1%).

Tussen het westelijke en oostelijke deel van de Westerschelde zal een retourstroom op gang gaan komen. Deze retourstroom zal op termijn de verruiming van het oostelijke deel gaan afremmen.

Verondiepen / verruimen per jaar tijdens de verruimingsperiode voor alle alternatieven

	west	midden	oost
storten	↓ 10 Milj. m ³	↓ 3,5 Milj. m ³	↓ 1 Milj. m ³
	→	→	→
verondiepen	0,5 à 1%	0,5 à 1%	
verruimen			3 à 4%

3.2.3 onderhoud

In de periode na de verruiming, de onderhoudsperiode, zet dit beeld zich voort bij de alternatieven D, F en in mindere mate bij alternatief C. Bij alternatief E wordt de baggerspecie min of meer gelijkmatig over het hele estuarium verdeeld, waarbij in het midden en het westen het meeste wordt gestort. Bij de alternatieven D en F bestaat er een kans dat er sediment uit het estuarium richting Noordzee zal worden geëxporteerd.

Bij alternatief A verandert de stortstrategie ten opzichte van de werkwijze tijdens de verruiming. In plaats van relatief veel sediment naar het westen te brengen wordt het meeste sediment bij dit alternatief weer teruggebracht in het oostelijke deel. Bij dit alternatief zijn de inhoudsveranderingen in de deelgebieden het geringst, zodat ten gevolge van het storten maar beperkt retourstromen tussen de verschillende delen van het systeem op gang zullen komen. Hetzelfde geldt in mindere mate voor alternatief B, hier wordt ongeveer de helft teruggestort en de helft naar het middendeel gebracht.

Alternatief A:

	west	midden	oost
storten	↓ 1,2 Milj. m ³	↓ 3,8 Milj. m ³	↓ 9 Milj. m ³
		0,5%	→
verondiepen	0%		
verruimen			1%

Alternatief B:

	west	midden	oost
storten	↓ 2 Milj. m ³	↓ 6 Milj. m ³	↓ 6 Milj. m ³
			→
verondiepen	0%	1,5%	
verruimen			2%

Alternatief C:

	west	midden	oost
storten	↓ 9,5 Milj. m ³	↓ 2,4 Milj. m ³	↓ 2,1 Milj. m ³
	→		→
verondiepen	0,5%	0%	
verruimen			3%

Alternatief D:

	west	midden	oost
storten	↓ 14 Milj. m ³	↓ 0 Milj. m ³	↓ 0 Milj. m ³
	←	→	→
verondiepen	1%		
verruimen		0,5%	3,5%

Alternatief E:

	west	midden	oost
storten	↓ 6 Milj. m ³	↓ 5,9 Milj. m ³	↓ 2,1 Milj. m ³
			→
verondiepen	0%	1%	
verruimen			3 %

Alternatief F:

	west	midden	oost
storten	↓ 11,4 Milj. m ³	↓ 1,6 Milj. m ³	↓ 1 Milj. m ³
	←	→	→
verondiepen	1%	0%	
verruimen			3%

3.3 Areaalontwikkelingen

Waarnemingen hebben laten zien dat door de verdieping in de in de periode 1970-1975 en het vaargeulonderhoud de morfologische structuur in het oostelijke deel is veranderd. De hoofdgeul is verdiept en verbreed. Het sediment dat hierbij vrijkomt is voornamelijk opgeslagen in de nevengeulen en plaatcomplexen. Deze zijn hierdoor in zowel oppervlak als gemiddelde hoogte toegenomen. Ook zijn de kortsluitgeulen door de platen opgevuld, hetgeen heeft geleid tot een sterke achteruitgang van ondiepwater gebieden. Door de verruiming van de hoofdgeul zijn de slikken in de buitenbochten versmald en verlaagd.

Bovenstaande effecten zijn gebruikt als 'model' om de effecten van de komende verdieping en de stortalternatieven te bepalen. Omdat de kennis van onderliggende processen nog beperkt is moeten hierbij dan wel twee aannamen worden gedaan:

1. In het westelijk deel zullen als gevolg van het storten vergelijkbare morfologische effecten optreden als in het verleden in het oostelijk deel zijn opgetreden.
2. In het oostelijk deel wordt aangenomen dat bij het storten de ontwikkelingen uit het verleden zich in dezelfde mate zullen blijven voorzetten, terwijl het stopzetten van het storten niet zal leiden tot een herstel van de oude situatie.

Schorren.

Sinds de zestiger jaren zijn bijna alle schorren in de Westerschelde aan erosie onderhevig. De oorzaak van deze algemene erosie is nog onduidelijk; waarschijnlijk is er een verband met de eveneens waargenomen verlaging van de slikken die voor de schorren liggen. Verder is duidelijk dat er door de inpolderingen en strakke bedijking nauwelijks nog luwtegebieden zijn waar op natuurlijke wijze schorren kunnen ontstaan. Aangenomen wordt dat de ontwikkelingen niet zijn te sturen door de stortstrategie. Behoudens uiteraard lokale effecten als gevolg van de lokale verspreiding van sediment. In onderstaande tabel 3-2 zijn de erosiesnelheden samengevat.

Tabel 3-2 Waargenomen erosiesnelheid schorren op basis van de schorranderosie en een prognose voor de areaalverandering van verschillende schorgebieden in de Westerschelde (afgerond op tientallen) (Vroon et al. 1996).

Gebied	erosie snelheid [ha/jr]	prognose [ha/jr]	
Saeftinge	-0,22	0	schorerrosie gecompenseerd door schorgroei in kreken
Bath	-0,37	-0,40	
Waarde	-0,15	-0,90	
Ossendrecht	0	0	
Hellegat-spolder	?	-0,10	
Rammekens	?	0	
Hoofdplaat	?	0	
Baarland	-0,07	0	
Ellewoutsdijk\	-0,19	-0,9	
Zuidgors			
Paulinapolder	-0,10	-0,10	

De schorerrosie komt hiermee op 1,3 ha/jaar in het oostelijke gebied, 0,1 ha/jaar in het middengebied en 1,0 ha/jaar in het westelijk deel van de Westerschelde. De totale schorerrosie zal in 25 jaar dan ongeveer 60 ha. zijn.

Slikken.

De erosie van de slikken door geulverruiming zal in principe doorzetten in het oostelijke deel. Door de uitbreiding c.q. aanleg van geulwandverdedigingen zal een belangrijk deel van de laagwaterlijn echter wel worden vastgelegd. Dit geldt voor de slikken langs Saeftinge Oost, het Nauw van Bath, Marlemontse Plaat, Konijnenschor, Baalhoek en Kruiningen. Door het eroderen van schorren kan slikareaal ook uitbreiden. Dit vindt in het brakke deel plaats en verwacht wordt dat het slikareaal daar netto iets zal toenemen.

In het middendeel zal het slikareaal licht toenemen als gevolg van de aanwezigheid van een geulwandverdediging bij de Platen van Hulst. De overige slikken in dit deel van de Westerschelde, de Kapellebank, de Biezelingse Ham en het slik bij Knuitershoek zijn redelijk stabiel.

In het westelijke deel zijn de slikken bij Terneuzen, voor het Paulinaschor, langs Hoofdplaat en bij de Staartse Nol qua areaal min of meer stabiel. De slikken bij de Kaloot en het Sloe vertoonden van 1960 tot 1990 een erosie van bijna 1 ha/jaar. Verwacht wordt dat deze erosieve trend in iets mindere mate zal aanhouden. Dit vermoeden wordt versterkt door het feit dat de Honte de laatste jaren aan het verzanden is. Slikverlies treedt verder op langs de slikken van het Zuidgors en Baarland; in het laatste decennium was dit ca. 1,5 ha/jaar.

In Tabel 3-3 is de prognose samengevat. In het oostelijke deel wordt een uitbreiding van het slikareaal verwacht van 12,5 ha., in het middendeel een uitbreiding van 2,5 ha en in het westelijke deel een afname van 50 ha.

Slik	effect schorerosie	effect opschuiven LW-lijn	nettoeffect
Ossendrecht	0	0	0
Waarde	+22,5	-10	+12,5
Bath	+10	-5 (gww)	+5
Saeftinge	0	-5 (gww)	-5
Baalhoek	0	0 (gww)	0
Subtotaal oost	+32,5	-20	+12,5
Platen v.	+2,5	0 (gww)	+2,5
Hulst/Hellegatpolder			
Knuitsershoek	0	0	0
Biezelingse Ham	0	0	0
Kapellebank	0	0	0
Subtotaal midden	+2,5	0	+2,5
Sloe/Kaloet	0	-15	-15
Hoofdplaat	0	0	0
Paulina/Braakman	+2,5	0	+2,5
Staartse Nol	0	0	0
Terneuzen	nvt	0	0
Zuidgors	+22,5	-60	-37,5
Subtotaal west	+25	-75	-50

Tabel 3-3 Prognose ontwikkeling slikgebieden langs de Westerschelde 25 jaar na de verdieping (gww staat voor geulwandverdediging en nvt voor niet van toepassing; omdat de geulwandverdediging vaak niet het hele slik bestrijkt, treed er op sommige plaatsen wel erosie op).

Platen.

De platen in het oostelijke deel zijn in de afgelopen decennia sterk uitgebreid. Aangenomen wordt dat deze trend zich in de komende periode voort zal zetten bij de alternatieven waarbij het sediment zoveel mogelijk in het oostelijke deel wordt teruggestort (alternatief A en in mindere mate B). Alleen tijdens de verruimingsperiode zal dit proces enigszins worden afgeremd omdat het meeste sediment dan van oost naar west wordt verplaatst. En sterkere afremming zal plaats vinden en mogelijk een omslag, bij de alternatieven waarbij bijna al het sediment van west naar oost gaat (alternatief D en F). Een radicale trendbreuk wordt echter niet verwacht omdat wordt aangenomen dat het proces van plaatafbraak in belangrijke mate wordt gestuurd door het verplaatsen van de kortsluitgeulen door de platen. Als gevolg van de veranderende getijdoordringing ten gevolge van de verdieping van de hoofdgeul zijn deze geulen inactief geworden.

In het middendeel vindt plaatopbouw plaats als gevolg van het storten in de oostelijke uitloop van de Everingen (Ebschaar van de Everingen). Dit sediment wordt door natuurlijk zandtransport oostwaarts verplaatst waardoor het plaatareaal kan uitbreiden en de platen kunnen ophogen. De areaaltoename zal door de beperkte ruimte minder groot zijn dan in de afgelopen 30 jaar. Storten in de Ebschaar van de Everingen vindt plaats in de verruimingsperiode bij alle alternatieven en wordt voortgezet na de verruiming bij alternatieven C, E en F.

In het westelijke deel zorgen stortingen in en nabij de Everingen voor uitbreiding van het plaatareaal ten zuiden en ten oosten van de locatie. Stortingen in de Schaar van de Spijkerplaat zorgen voor de groei van een plaatgebied ten noordwesten van de stortlocatie. Van de locaties wordt bij alle alternatieven gebruik gemaakt, behalve bij alternatief A (Schaar van de Spijkerplaat wordt niet gebruikt) en B (locatie Everingen wordt niet gebruikt in de onderhoudsperiode).

Geulen.

Het meeste baggerwerk vindt plaats in het oostelijke deel. Hierdoor zullen de geulen in dit deel relatief sterk verruimen. Inhoud en areaal zullen toenemen. De areaal uitbreiding gaat vooral ten koste van ondiepwater gebieden.

De geulen in het middengebied zijn de laatste decennia verbreed door verruiming van de Overloop van Hansweert en het Gat van Ossensisse. Gezien de laatste ontwikkelingen in debietverdeling en diepteverandering (Vroon et al, 1997) wordt er vanuit gegaan dat de geulen niet zullen veranderen in inhoud en oppervlak. Dit zal met name optreden bij de alternatieven waarbij wordt

gestort in de Ebschaar van de Everingen. Verwacht wordt dat een deel van dit zand naar het middengebied en het oostelijke deel zal worden getransporteerd.

In het westelijke deel is vooral geulverruiming opgetreden in de omgeving van de Schaar van de Spijkerplaat en de Everingen. Verwacht wordt dat deze natuurlijke tendens tot geulverruiming zal worden tegengewerkt bij de alternatieven waarbij aanzienlijke volumina in het westelijke deel worden gestort. In de oostelijke uitloop van de Everingen zal het geulareaal dan verminderen ten koste van plaatareaal. Voor deze alternatieven wordt aangenomen dat in het westelijk deel netto geen verandering in geulareaal zal optreden.

Ondiep water.

De prognose van het ondiepwater areaal komt tot stand door dit habitat gelijk te stellen aan de veranderingen van de geulen, platen, slikken en schorren gezamenlijk (sluitpost).

In het oostelijk deel is in de afgelopen 30 jaar door geul- en plaatuitbreiding veel ondiepwater verdwenen. Verwacht wordt dat door verruiming van het geulstelsel het areaal aan ondiepwater gebied verder zal afnemen. Deze afname zal gepaard gaan met een verdere versteiling van het plaat-geul reliëf. Bij de alternatieven waarbij veel sediment in het oostelijk deel wordt teruggebracht zal de afname verder worden versterkt door plaatgroei.

In het middengebied is ondiepwater areaal verdwenen door het uitbreiden van de platen. Naar verwachting zal deze tendens zich doorzetten.

Afname van ondiepwater areaal in het westelijk deel wordt toegeschreven aan zowel geul- als plaatuitbreiding. Sterke plaatuitbreiding zal ten koste gaan van ondiepwater gebied.

In Tabel 3-4 zijn de areaalveranderingen gekwantificeerd. Dit is gebeurd op basis van 'expert judgement' waarin ook berekeningsresultaten van het morfologisch model ASMITA zijn verwerkt (Wang et al, 1997). Tevens zijn in deze tabel de veranderingen tussen 1960 en 1990 opgenomen. Door de veranderingen hier tegen uit te zetten kan de verandering ten opzichte van de trend worden bepaald. Het gaat met name om deze kwalitatieve verandering en niet direct om de gekwantificeerde arealen.

Westelijk deel

	1960-1990 ¹	altern. A	altern. B	altern.C	altern.D	altern.E	altern.F
hoofdgeul	+388	+150	+150	0	0	0	0
nevengeul	+34	-150	-150	-500	-500	-500	-500
plaat	-100	+100	+100	+400	+400	+400	+400
slik	-510	-20	-20	-20	-20	-20	-20
schor	-420	-10	-10	-10	-10	-10	-10
ondiep water	-420	-70	-70	+130	+130	+130	+130

Middendeel

	1960-1990 ¹	altern. A	altern. B	altern.C	altern.D	altern.E	altern.F
hoofdgeul	+262	0	0	+150	+150	+50	+150
nevengeul	-128	-200	-200	-200	-200	-200	-200
plaat	+290	+120	+120	+120	+120	+120	+120
slik	-20	+1	+1	+1	+1	+1	+1
schor	-30	-1	-1	-1	-1	-1	-1
ondiep water	-370	+80	+80	-70	-70	+30	-70

Oostelijk deel

	1960-1990 ¹	altern. A	altern. B	altern.C	altern.D	altern.E	altern.F
hoofdgeul	+646	+300	+350	+400	+450	+375	+450
nevengeul	-384	-400	-300	-200	-100	-200	-150
plaat	+270	+500	+350	+200	+50	+225	+100
slik	-388	+5	+5	+5	+5	+5	+5
schor	-530	-13	-13	-13	-13	-13	-13
ondiep water	-490	-392	-392	-392	-392	-392	-392

Tabel 3-4
1996)

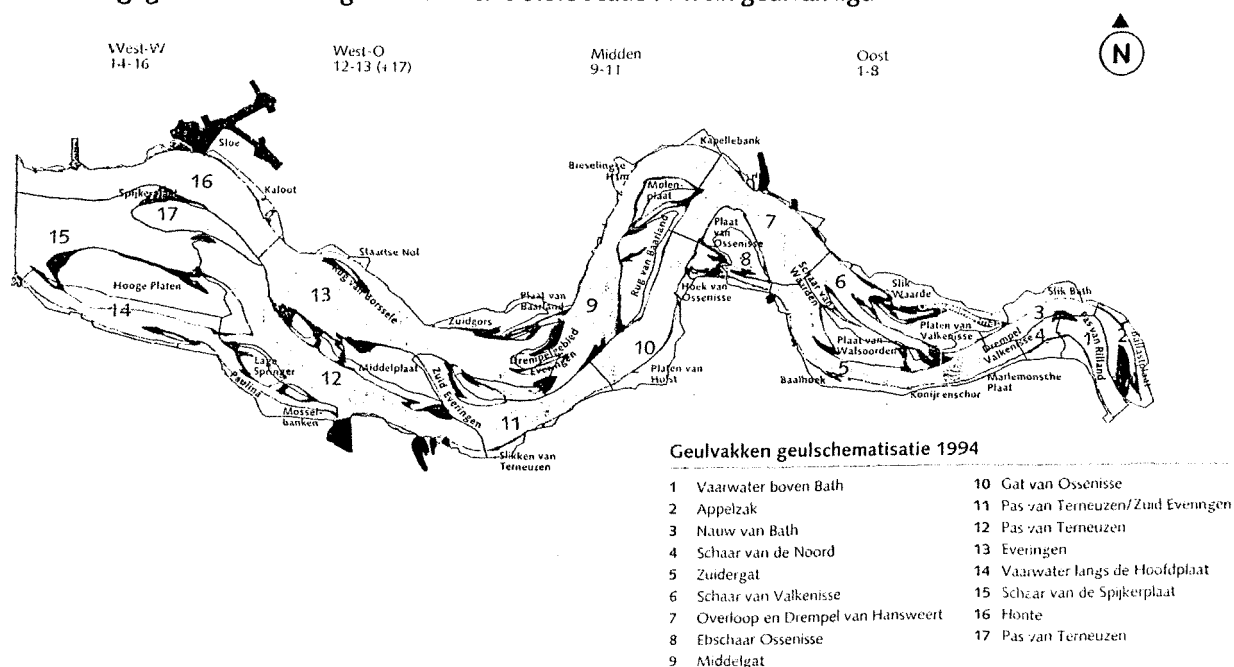
Prognose verwachte areaalveranderingen tussen 1990 en 2015. ¹⁾ (uit Vroon et al.,

3.4 De bewegingsvrijheid van geulen.

Het storten van baggerspecie kan invloed hebben op de bewegingsvrijheid van geulen. Het effect van storten op de bewegingsvrijheid van een geul zal onder meer worden bepaald door de verblijftijd van de gestorte specie in het gebied. Deze verblijftijd is voornamelijk afhankelijk van de capaciteit van de stroming om het gebied uit te ruimen. Deze capaciteit wordt in dit rapport benaderd met de bergingscapaciteit. Door de bergingscapaciteit van een gebied te confronteren met de te storten hoeveelheid wordt een eerste indicatie verkregen van de mate waarin het gebied wordt belast (d.w.z. mogelijk evenwicht wordt verstoord) en natuurlijke ontwikkelingen worden tegengewerkt.

De bergingscapaciteit is geen statische eenheid maar verandert in de tijd. Als begincapaciteit is de inhoud van de stortvakken in 1996 genomen. De inhoud van de vakken in 1996 staat gegeven in tabel 3.5. Door vervolgens ook gegevens over de (natuurlijke) snelheid van sedimentatie en erosie in de beschouwing te betrekken kan het beeld van de mate waarin het gebied door storten wordt belast verder verfijnd worden.

In paragraaf 3.4 en 3.5 worden naast de stortlocaties gegevens over geulvakken gebruikt. Deze geulvakken worden gebruikt omdat deze vakken min of meer homogene morfologische eenheden zijn en daarom bij morfologische veranderingen beter kunnen worden gebruikt dan de stortlocaties. De indeling in geulvakken is gemaakt in Huijs (1996). De grenzen van de geulvakken zijn gebaseerd op morfologische criteria. Dit betekent dat de grenzen van deze vakken niet vastliggen. In dit rapport is uitgegaan van de grenzen in 1994. In figuur 3.1 zijn de geulvakken gegeven. Tabel 3.5 geeft aan welke stortlocatie in welk geulvak ligt.



Figuur 3-1 morfologische schematisatie geulvakken en plaatgebieden

Met gegevens over de jaren 1986 tot 1994 is de natuurlijke trend in sedimentatie en erosie voor verschillende geulvakken waarin de stortvakken liggen bepaald, in het gebied beneden NAP -5 meter. De natuurlijke trend wordt verkregen door bagger- en storthoeveelheden te verrekenen. Op deze manier ontstaat het min of meer natuurlijke patroon in de verschillende vakken. Deze trend staat in tabel 3.1 gegeven. Aangenomen is dat de trend in de stortvakken hetzelfde is als in de grotere morfologische eenheden, de geulvakken, waarvan zij onderdeel uitmaken.

Met deze gegevens kan de bergingscapaciteit van het stortvak worden bepaald met de volgende formule:

$$B_{t+1} (m^3) = B_t + B_{nat.} + S_t$$

B_t = Bergingscapaciteit jaar t

B_{t+1} = Bergingscapaciteit jaar t+1

$B_{nat.}$ = Natuurlijke sedimentatie/erosie jaar t
 S_t = Storting jaar t

De bergingscapaciteit wordt hier op twee manieren berekend, met twee extremen als uitgangssituatie. Bij het eerste is het uitgangspunt dat alle in het stortvak gestorte specie zich homogeen over het geulvak waarin de stortlocatie ligt zal verspreiden. Het tweede uitgangspunt is dat alle gestorte specie in het stortvak blijft. Door de storthoeveelheid als percentage van de bergingscapaciteit te berekenen kunnen uitspraken worden gedaan over de invloed van het storten op de natuurlijke ontwikkeling van het betreffende gebied. In de tabellen 3.6 en 3.7 is dit voor de twee uitgangspunten berekend voor de eerste vijf jaren van baggeren, de verruimingsperiode, en het eerste jaar van onderhoud.

Tijdens de verruimingsperiode zijn er geen grote verschillen te zien tussen de alternatieven. Problemen kunnen ontstaan bij het storten in de Ebschaar van Everingen bij vrijwel alle alternatieven. Dit is met name te zien bij de berekeningen volgens het tweede uitgangspunt. Omdat dit gebied de laatste jaren redelijk sterke sedimentatie ondergaat (Huijs, 1996), kan het storten in dit vak snel kritiek worden. Daarnaast lijken problemen op te treden bij de vakken Schaar van Spijkerplaat, Ellewoutsdijk en Everingen bij Alternatieven C tot en met F. Deze vakken liggen echter in zeer dynamische gebieden, waarbij met name de Schaar van de Spijkerplaat sterk erodeert. Het eerste uitgangspunt lijkt dan ook meer van toepassing op deze vakken dan het tweede.

Tijdens de onderhoudsperiode zijn er veel grotere verschillen tussen de alternatieven te zien. Het blijkt dat het storten in de Schaar van Noord bij alternatieven A, B en C en in de Platen van Ossensisse bij alternatieven A, B, C en F problemen op kan leveren. Hierbij moet opgemerkt worden dat de verdeling over het hele geulvak bij de Platen van Ossensisse onwaarschijnlijk is. De reden dat deze stortplaats is gekozen is om schaarvorming door de platen van Ossensisse tegen te gaan en de erosie van de drempel van Hansweert te versterken. De bedoeling is daarom dat de specie in de buurt van de stortlocatie blijft liggen. Dezelfde problemen voor de locaties Ebschaar van Everingen, Everingen, Ellewoutsdijk en Schaar van Spijkerplaat als hierboven genoemd kunnen zich ook in de onderhoudsperiode voordoen. Omdat er bij de alternatieven E, F en vooral D zeer veel in dit gebied gestort zal gaan worden kunnen er nu wel kritieke situaties optreden. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met veranderend getij door de verdieping van de hoofvaargeul waardoor de sedimentatie en erosie patronen zich kunnen wijzigen.

Tabel 3-5 Erosie en sedimentatiepatroon van geulvakken

stortlocatie	geulvak	sedimentatie (m ³ * 10 ² /jr.ha)	erosie (m ³ * 10 ² /jr.ha)	inhoud stortvakken NAP-5(m ³ *10 ³)
Schaar van Noord	4		62,5	648
Schaar van Waarde	6	4,5		17048
Platen van Ossensisse	7		27,9	eb:1045 vloed:540
Biezelingse Ham	9	(90-94)32,0	(86-90)	eb:8763 vloed:4666
Ebschaar van Everingen	9	(90-94)32,0	(86-90)	3636
Gat van Ossensisse	10		4,6	eb:7360 vloed:3752
Ellewoutsdijk	13	11,6		15646
Everingen	13	11,6		eb:7775 vloed:6956
Schaar van Spijkerplaat	17		15,6	eb:6717 vloed:6827
Schoone Waardin	16	16,7		11634
Kust Vlissingen				91
Kust Zeeuwsch-Vlaanderen ¹		0,9		eb:7187 vloed:5718
Wielingen ¹		0,4		3127

¹ Het erosie sedimentatie patroon van deze locaties is berekend alleen voor de locatie zelf voor de jaren 90-96 en de hoeveelheden zijn niet gecorrigeerd voor bagger en storthoeveelheden in deze jaren.

Tabel 3-6 Storting als percentage van de bergingscapaciteit; Sediment wordt verspreid over geulvak.

locatie	jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4	jaar 5	locatie	jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4	jaar 5
Alternatief A						Alternatief D					
Sch. Van Noord	2,0	1,8	1,6	1,4	38,8	Sch. Van Noord	-	-	-	-	-
Sch. Van Waarde	3,2	3,3	3,5	3,7	19,3	Sch. Van Waarde	-	-	-	-	-
Pl. V. Ossensisse	0,2	0,2	0,2	0,2	2,2	Pl. V. Ossensisse	-	-	-	-	-
biezel./ebsch.evering.	2,6	2,7	3,0	3,2	2,5	biezel./ebsch.evering.	1,0	3,3	0,1	0,1	0,0
Gat v. Ossensisse	2,0	2,2	2,2	2,3	2,0	Gat v. Ossensisse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ellew./everingen	4,0	4,9	3,8	4,0	0,6	ellew./everingen	4,2	4,3	4,6	4,9	4,3
Schaar Spijkerplaat	-	0,3	-	-	-	Schaar Spijkerplaat	1,7	1,7	1,7	1,7	2,3
Schoone Waardin	-	-	-	-	-	Schoone Waardin	-	-	-	-	-
Alternatief B						Alternatief E					
Sch. Van Noord	2,0	1,8	1,6	1,4	38,8	Sch. Van Noord	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3
Sch. Van Waarde	-	-	-	-	-	Sch. Van Waarde	3,2	3,3	3,5	3,7	6,4
Pl. V. Ossensisse	0,2	0,2	0,2	0,2	2,2	Pl. V. Ossensisse	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7
biezel./ebsch.evering.	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	biezel./ebsch.evering.	2,0	2,1	2,2	2,4	3,0
Gat v. Ossensisse	2,0	2,1	2,1	2,2	3,9	Gat v. Ossensisse	2,0	2,1	2,2	2,2	3,9
ellew./everingen	2,4	3,7	2,0	2,1	-	ellew./everingen	2,9	3,8	2,7	2,8	2,1
Schaar Spijkerplaat	1,7	1,7	1,7	1,7	0,8	Schaar Spijkerplaat	1,3	1,7	1,2	1,2	0,8
Schoone Waardin	-	-	0,2	0,2	-	Schoone Waardin	-	-	-	-	-
Alternatief C						Alternatief F					
Sch. Van Noord	2,0	1,8	1,6	1,4	9,1	Sch. Van Noord	-	-	-	-	-
Sch. Van Waarde	3,2	3,3	3,5	3,7	4,5	Sch. Van Waarde	3,7	3,9	4,1	4,3	4,6
Pl. V. Ossensisse	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	Pl. V. Ossensisse	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
biezel./ebsch.evering.	2,1	2,6	2,2	2,4	1,7	biezel./ebsch.evering.	0,4	1,7	1,8	1,9	1,6
Gat v. Ossensisse	1,5	2,1	1,5	1,5	1,0	Gat v. Ossensisse	2,3	2,5	-	-	-
ellew./everingen	3,0	3,6	2,9	3,0	3,2	ellew./everingen	3,3	3,9	3,4	3,5	3,9
Schaar Spijkerplaat	1,3	1,6	1,2	1,2	1,2	Schaar Spijkerplaat	1,7	1,6	1,5	1,5	1,6
Schoone Waardin	-	-	-	-	-	Schoone Waardin	-	-	-	-	-

Tabel 3-7 Storting als percentage van de bergingscapaciteit; Sediment blijft in stortvak.

locatie	jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4	jaar 5	locatie	jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4	jaar 5
Alternatief A						Alternatief D					
Sch. Van Noord	15,4	14,3	13,4	12,5	>berg	Sch. Van Noord					
Sch. Van Waarde	3,5	3,7	3,9	4,1	21,5	Sch. Van Waarde					
Pl. V. Ossensisse	18,9	20,6	22,7	25,3	>berg	Pl. V. Ossensisse					
Biezelingse Ham	11,2	12,8	15,0	18,1	35,1	Biezelingse Ham					
Ebsch.Everingen	49,5					Ebsch.Everingen	35,8	>berg	>berg	>berg	
Gat v. Ossensisse	15,3	17,9	21,6	27,3	32,6	Gat v. Ossensisse					
Ellewoutsdijk	38,3	62,9				Ellewoutsdijk	23,0	30,2	43,7	79,6	>berg
Everingen	21,7	45,0	33,1	52,1	73,1	Everingen	40,7	70,3	>berg	>berg	>berg
Schaar Spijkerplaat		5,8				Schaar Spijkerplaat	31,7	45,5	80,0	>berg	>berg
Schoone Waardin						Schoone Waardin					
Alternatief B						Alternatief E					
Sch. Van Noord	15,4	14,3	13,4	12,5	>berg	Sch. Van Noord	15,4	14,3	13,4	12,5	11,8
Sch. Van Waarde						Sch. Van Waarde	3,5	3,7	3,9	4,1	7,2
Pl. V. Ossensisse	18,9	20,6	22,7	25,3	>berg	Pl. V. Ossensisse	18,9	20,6	22,7	25,3	94,8
Biezelingse Ham	11,2	12,8	15,0	18,1	45,8	Biezelingse Ham	11,2	12,8	15,0	18,1	36,7
Ebsch.Everingen	49,5	>berg	>berg	>berg		Ebsch.Everingen	27,5	42,8	96,1	>berg	>berg
Gat v. Ossensisse	15,3	17,9	21,6	27,3	65,2	Gat v. Ossensisse	15,3	17,9	21,6	27,3	65,2
Ellewoutsdijk	35,2	62,9	>berg	>berg		Ellewoutsdijk	21,1	34,3	36,6	58,9	>berg
Everingen		15,1				Everingen	22,4	37,4	42,4	77,6	>berg
Schaar Spijkerplaat	31,7	45,5	80,0	>berg		Schaar Spijkerplaat	25,1	41,5	47,8	85,9	>berg
Schoone Waardin			5,6	6,0		Schoone Waardin					
Alternatief C						Alternatief F					
Sch. Van Noord	15,4	14,3	13,4	12,5	82,5	Sch. Van Noord					
Sch. Van Waarde	3,5	3,7	3,9	4,1	5,0	Sch. Van Waarde	4,1	4,3	4,6	4,9	5,2
Pl. V. Ossensisse	18,9	20,6	22,7	25,3	66,3	Pl. V. Ossensisse	18,9	20,6	22,7	25,3	28,4
Biezelingse Ham	9,7	12,6	11,8	13,7	10,9	Biezelingse Ham		7,6	8,3	9,3	8,4
Ebsch.Everingen	38,5	87,7	>berg	>berg	>berg	Ebsch.Everingen	13,8	35,2	64,9	>berg	>berg
Gat v. Ossensisse	11,7	17,2	14,5	16,8	50,0	Gat v. Ossensisse	18,0	21,8			
Ellewoutsdijk	21,7	33,0	38,6	64,3		Ellewoutsdijk	17,9	31,4	37,1	60,1	>berg
Everingen	23,1	35,9	44,7	85,2	>berg	Everingen	31,9	47,8	79,0	>berg	>berg
Schaar Spijkerplaat	25,1	38,6	47,1	83,9		Schaar Spijkerplaat	31,0	43,9	69,9	>berg	>berg
Schoone Waardin						Schoone Waardin					

3.5 lokale veranderingen ter plaatse en in de omgeving van de stortlocaties.

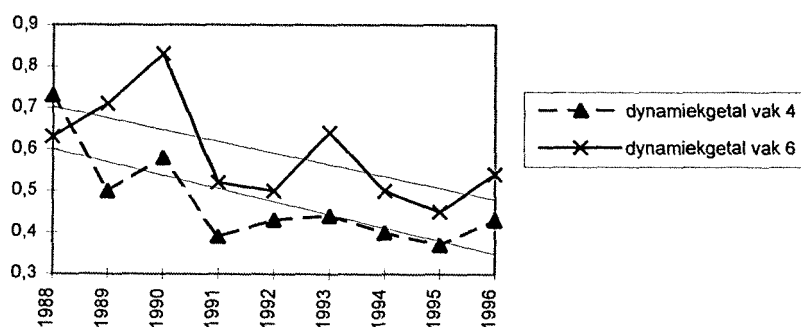
3.5.1 Verstoring door de storting

Een stortlocatie en zijn omgeving is, ook wanneer er niet wordt gestort, aan verandering onderhevig. De grootte van deze verandering kan worden aangegeven met het dynamiekgetal. Het dynamiekgetal is gedefinieerd als de gemiddelde verticale bodemverandering in een jaar in het beschouwde gebied (Sisternans, 1997). Deze bodemverandering wordt berekend door het verschil te bepalen tussen twee lodingen van de Westerschelde bodem. Dit verschil wordt berekend door de erosie en sedimentatie in een bepaald gedefinieerd gebied te sommeren. Sedimentatie en erosie heffen elkaar dus niet op want ze dragen beide bij aan de dynamiek van een bepaald gebied. Hoe hoger het dynamiekgetal, hoe groter de dynamiek van een gebied.

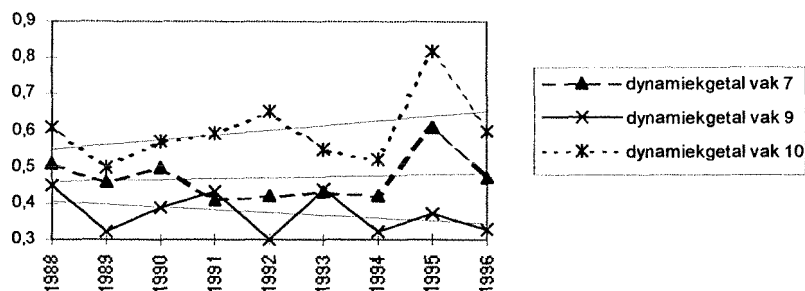
De dynamiek is in een estuarium aan verandering onderhevig. Een dynamisch gebied kan veranderen in een gebied met weinig dynamiek. Het dynamiekgetal is daarom geen vaststaand getal maar verandert in de tijd en is afhankelijk van de jaren die met elkaar worden vergeleken. Figuren 3.2, 3.3 en 3.4 geven de verandering van het dynamiekgetal van de geulvakken (dus niet op de stortlocaties) voor de periode 86-96 weer. Hieruit blijkt dat in sommige geulvakken een toenemende en in andere een afnemende dynamiek is te zien.

Doordat er van de oneven jaren van het westelijk deel geen bodemgegevens beschikbaar zijn is voor deze vakken het dynamiekgetal per 2 jaar berekend. Dit geeft een afname aan dynamiek omdat de veranderingen op kleine schaal worden uitgemiddeld. De werkelijke jaarlijkse dynamiek voor de vakken 13, 16 en 17 zal dan ook groter zijn. In Sisternans (1997) is aangetoond dat de éénjarige dynamiek ongeveer 15 à 20 % groter is dan de tweejarige dynamiek. Het dynamiekgetal voor deze vakken is dan ook verhoogd met 17.5%. Voor de vakken in het mondingsgebied waren alleen bodemkaarten van 90 en 96 aanwezig. Een 6-jarige middeling van het dynamiekgetal geeft een afname van ongeveer 55 % in dynamiek te zien. De waarden zijn dan ook met 155 % vermenigvuldigd. Voor het vak waarin de locatie Kust-Vlissingen is gelegen kon geen dynamiekgetal worden afgeleid.

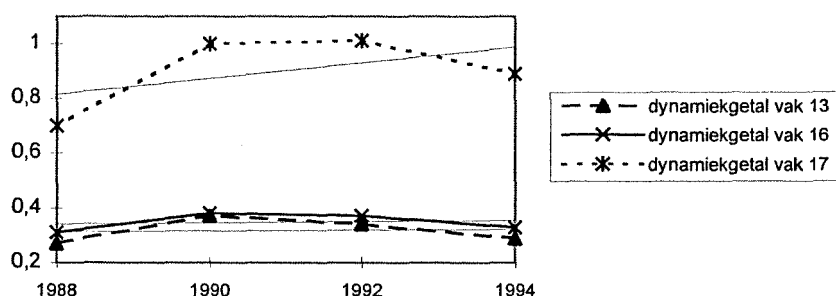
Voor de geulvakken 4 t/m 10 is ongeacht hun trend het gemiddelde dynamiekgetal van de laatste 3 jaar genomen. Voor de geulvakken 13, 16 en 17 is het gemiddelde dynamiekgetal van de laatste 2 jaar genomen. Dit zijn arbitraire waarden omdat een verandering van het dynamiekgetal ook iets zegt over de verandering in natuurlijke dynamiek van een gebied. In een estuarium kunnen sommige gebieden wisselen van sterk dynamisch tot stabiel, bv. bij een functiewisseling van geulen. Het dynamiekgetal zegt dus alleen iets over de (verwachte) dynamiek van de eerste paar jaren (van de verdieping).



Figuur 3-2 Verandering dynamiekgetal vakken 4 en 6 in de periode 88-96



Figuur 3-3 Verandering dynamiekgetal vakken 7, 9 en 10 in de periode 88-96



Figuur 3-4 Verandering dynamiekgetal vakken 13, 16 en 17 in de periode 88-94

Het dynamiekgetal wordt gebruikt om de verstoring van het storten op de 'natuurlijke' dynamiek te bepalen. Deze verstoring wordt bepaald door berekening van het verstoringsgetal. Het verstoringsgetal waarop de alternatieven in het MER kunnen worden vergeleken wordt berekend met de volgende formule:

$$\text{Verstoringsgetal} = \frac{\text{Stortheveelheid}(m^3 / jr)}{\text{dynamiekgetal}(m/jr) \cdot \text{areaal}(m^2)}$$

Omdat in het MER de verstoring t.o.v. de referentiesituatie wordt bekeken, wordt voor de hoeveelheid die gestort wordt de verandering in hoeveelheid t.o.v. de referentiesituatie (89-96) ingevuld.

Tabel 3.8 geeft de verandering in het verstoringsgetal ten opzichte van het verstoringsgetal in de referentiesituatie aan voor de eerste 5 jaar. Hierbij is aangenomen dat de dynamiek van het geulvak representatief is voor de dynamiek van de stortlocatie. In elk jaar is het dynamiekgetal vergeleken met de referentiesituatie (de dynamiek in 1996). Dit betekent dat de eventuele verandering in dynamiek door het storten voor de jaren 2 t/m 5 niet is meegenomen. Bij het interpreteren van de gegevens moet dus rekening worden gehouden met het feit dat het storten de waarde van het dynamiekgetal en daarmee het verstoringsgetal kan veranderen. Wanneer er echter niet zoveel gestort wordt dat het hele geulvak daardoor wordt beïnvloed wordt zal dit effect klein zijn.

Uit de tabel blijkt dat het storten in de Biezelingse Ham en Ellewoutsdijk de dynamiek van het Middelgat vergroten. Deze locaties zijn dus erg gevoelig voor verstoring. Dit zijn, misschien niet helemaal toevallig, twee locaties waar nooit in is gestort. Daarnaast is de Schaar van Spijkerplaat ongevoelig voor verstoring, zelfs bij zeer veel storten. Ook de Schaar van Waarde lijkt ongevoelig voor het storten. Op de locatie Gat van Ossensisse wordt minder dan voorheen gestort waardoor de verstoring kleiner wordt.

3.5.2 . Verandering van bodemsamenstelling

Het natuurlijkheidsgetal geeft de afwijking van het gestorte materiaal van het bodemmateriaal weer en wordt als volgt gedefinieerd:

Tabel 3-8 Verandering van het verstoringsgetal t.o.v. de referentiesituatie

	referentie	jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4	onderh.		referentie	jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4	onderh.
alternatief A							alternatief D						
Sch. van Noord	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	1,63	Sch. van Noord	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sch. van Waarde	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	Sch. van Waarde	0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
Pl. v. Ossenisse	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	Pl. v. Ossenisse	0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09
Biezelingse Ham	0,00	0,62	0,62	0,62	0,62	0,95	Biezelingse Ham	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ebsch. Everingen	0,14	0,36	0,36	0,36	0,36	-0,14	Ebsch. Everingen	0,14	0,22	0,98	-0,11	-0,11	-0,14
Gat v. Ossenisse	0,29	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,15	Gat v. Ossenisse	0,29	-0,29	-0,29	-0,29	-0,29	-0,29
Ellewoutsdijk	0,00	1,90	1,90	1,90	1,90	0,00	Ellewoutsdijk	0,00	1,14	1,14	1,14	1,14	0,63
Everingen	0,07	0,48	0,81	0,28	0,28	0,14	Everingen	0,07	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Schaar Spijkerplaat	0,03	-0,03	0,02	-0,03	-0,03	-0,03	Schaar Spijkerplaat	0,03	0,26	0,26	0,26	0,26	0,38
Schoone Waardin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Schoone Waardin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kust Vliissingen							Kust Vliissingen						
Kust Zeeuwsch Vlaand.	0,00	0,00	0,00	0,33	0,37	0,00	Kust Zeeuwsch Vlaand.	0,00	0,00	0,00	0,33	0,37	0,00
Wielingen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Wielingen	0,00	0,00	0,00	0,63	0,63	0,00
alternatief B							alternatief E						
Sch. van Noord	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	1,63	Sch. van Noord	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sch. van Waarde	0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	Sch. van Waarde	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Pl. v. Ossenisse	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	Pl. v. Ossenisse	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
Biezelingse Ham	0,00	0,62	0,62	0,62	0,62	1,24	Biezelingse Ham	0,00	0,62	0,62	0,62	0,62	0,99
Ebsch. Everingen	0,14	0,36	0,36	0,36	0,36	-0,14	Ebsch. Everingen	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,00
Gat v. Ossenisse	0,29	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	0,00	Gat v. Ossenisse	0,29	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	0,00
Ellewoutsdijk	0,00	1,74	1,90	1,36	1,36	0,00	Ellewoutsdijk	0,00	1,04	1,33	0,92	0,92	0,63
Everingen	0,07	-0,07	0,31	-0,07	-0,07	0,28	Everingen	0,07	0,50	0,66	0,43	0,43	0,28
Schaar Spijkerplaat	0,03	0,26	0,26	0,26	0,26	-0,03	Schaar Spijkerplaat	0,03	0,20	0,26	0,17	0,17	0,10
Schoone Waardin	0,00	0,00	0,00	0,48	0,48	0,00	Schoone Waardin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kust Vliissingen							Kust Vliissingen						
Kust Zeeuwsch Vlaand.	0,00	0,00	0,00	0,33	0,37	0,00	Kust Zeeuwsch Vlaand.	0,00	0,00	0,00	0,33	0,37	0,00
Wielingen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Wielingen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
alternatief C							alternatief F						
Sch. van Noord	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,38	Sch. van Noord	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sch. van Waarde	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Sch. van Waarde	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pl. v. Ossenisse	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	Pl. v. Ossenisse	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biezelingse Ham	0,00	0,54	0,62	0,50	0,50	0,33	Biezelingse Ham	0,00	0,00	0,41	0,41	0,41	0,33
Ebsch. Everingen	0,14	0,25	0,34	0,22	0,22	0,08	Ebsch. Everingen	0,14	0,00	0,14	0,14	0,14	0,08
Gat v. Ossenisse	0,29	-0,16	-0,13	-0,17	-0,17	-0,21	Gat v. Ossenisse	0,29	-0,10	-0,10	-0,29	-0,29	-0,29
Ellewoutsdijk	0,00	1,08	1,27	0,98	0,98	0,98	Ellewoutsdijk	0,00	0,89	1,27	1,01	1,01	1,08
Everingen	0,07	0,52	0,62	0,47	0,47	0,48	Everingen	0,07	0,74	0,74	0,61	0,61	0,62
Schaar Spijkerplaat	0,03	0,20	0,24	0,18	0,18	0,18	Schaar Spijkerplaat	0,03	0,25	0,25	0,23	0,23	0,24
Schoone Waardin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Schoone Waardin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kust Vliissingen							Kust Vliissingen						
Kust Zeeuwsch Vlaand.	0,00	0,00	0,00	0,33	0,37	0,00	Kust Zeeuwsch Vlaand.	0,00	0,00	0,00	0,33	0,37	0,00
Wielingen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Wielingen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	natuurlijkheidsgetal							
	A v	A o	B v	B o	C v	C o	D v	D o
Sch. van Noord	0,46	0,35	0,46	0,35	0,46	0,46		
Sch. van Waarde	0,28	0,05			0,28	0,28		
Pl. v. Ossenisse	0,45	0,17	0,45	0,11	0,45	0,45		
Gat v. Ossenisse	0,19	0,35	0,18	0,35	0,18	0,39		
Biezelingse Ham	0,21		0,17		0,14	0,16	0,57	
Ebsch. Everingen	0,08	0,23	0,24	0,09	0,15	0,08		
Ellewoutsdijk	0,03		0,01		0,02	0,01	0,06	0,26
Everingen	0,36	0,43	0,23		0,32	0,50	0,36	0,19
Schaar Spijkerplaat	?		?	0,16	?	0,17	?	0,20

Tabel 3-9 natuurlijkheidsgetal van de stortlocaties. Av/o = alternatief A verruiming/onderhoud

$$\text{natuurlijkheidsgetal} = \text{ABS}(1 - D50_{\text{stort}} / D50_{\text{bodem}})$$

Bij een optimale overeenkomst tussen bodem- en stortmateriaal is het natuurlijkheidsgetal 0. Tabel 3-9 geeft een overzicht van het natuurlijkheidsgetal op de verschillende locaties bij de verschillende alternatieven. De vetgedrukte getallen geven de grootste afwijking aan tussen het te storten en het bodemmateriaal.

3.5.3 Verspreiding van het materiaal na storten.

Naast directe sedimentatie in de stortvakken is het van belang te weten waar het sediment terecht komt na erosie en transport van het materiaal. Dit kan worden nagegaan met de resttransport-bepaling volgens McLaren. Dit is een methode waarbij de richting van het residuele sediment-transport wordt bepaald door het op statistische basis vergelijken met korrelgrootte verdelingen van bodemonsters (McLaren & Bowles, 1985). Met deze methode zijn transportpaden gereconstrueerd voor het westelijk en het oostelijk deel van de Westerschelde (McLaren & Powys, 1993, 1994) (kaart transport volgens McLaren zie Figuur 3-5).

Met de transportpaden bepaald met de McLaren-methode kan bekeken worden naar welke gebieden vanuit de stortlocaties transport plaats zal vinden (of vindt). De gebieden zijn aangegeven in het eerste (linksboven) blok van 3-10. Met behulp van historische gegevens (Huijs, 1996) is bekeken wat in het verleden de invloed is geweest van het storten in verschillende vakken op de platen, slikken en ondiepwater gebieden. In de overige 8 blokken 3-10 staan de storthoeveelheden en de veranderingen in deze 3 morfologische eenheden weergegeven. Uit deze gegevens zijn onderstaande conclusies getrokken:

- Storten kan slikerosie enigszins afremmen maar niet stoppen
- In het oostelijk deel is een verband te zien tussen het storten en het toenemen van het plaatvolume, in het midden en westen nauwelijks (in het westen wordt ook nauwelijks gestort).
- De natuurlijke trend (55-70) toont al een sterke vergroting van het plaatareaal. Door de verdieping (70-75) en geuluitbreiding wordt deze trend verkleind. Hierbij vindt nog steeds areaalvergroting van de platen in het oosten plaats (Valkenisse/Ossenisse). In het westen en midden, waar de ingreep veel kleiner is geweest lijkt het plaatareaal alleen maar af te nemen.
- Op het eerste gezicht lijkt het dat het storten in het gat van Ossenisse bijdraagt aan vergroting van de platen van Ossenisse. Dit is tegengesteld aan het residuele transport van McLaren.
- Verandering in het oppervlak van ondiepwater gebied is afhankelijk van de geulverlegging en plaatveranderingen. Er lijkt geen tot nauwelijks direct verband met het storten aanwezig te zijn
- In het middendeel is de functiewisseling van de geulen bepalend voor het patroon. De invloed van het storten is onduidelijk.
- Veel storten in de Schaar van Noord betekent een uitbreiding van de platen en een verhoging van de geulen in het gebied van Saefting in vak 4 (figuur 3.1).

Algemene conclusies zijn:

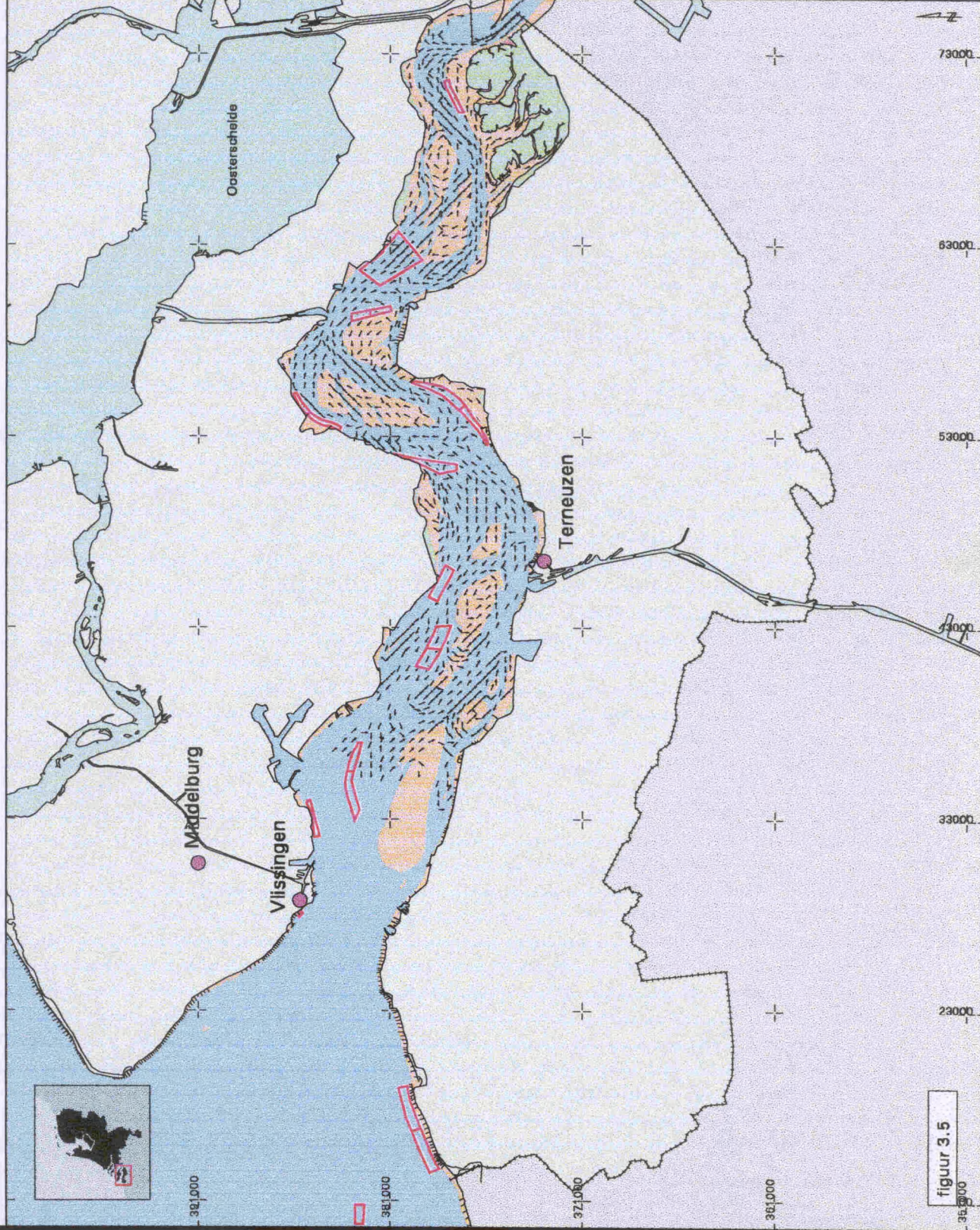
- Wanneer er relatief veel wordt gestort op een locatie dan neemt het plaatvolume en areaal toe.
- Storten kan slikerosie in de omgeving afremmen.
- Bij relatief weinig storten neemt het plaatoppervlak niet direct toe en dit kan voordelig zijn voor het areaal ondiep water.

McLaren netto sediment transportroutes voor zand

Morfologie Westerschelde - totale gebied

Legenda

- lager dan NAP -2m
- hoger dan NAP -2m
- geplande stortvakken



figuur 3.5

Bron: McLaren rapporten, juli 1993
Datum: 29-JUN-1998



MAS Baggerspecie Westerschelde



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

vanuit stortlocatie	richting resttransport (naar McLaren)			gestort totaal (m3*10exp6)					gestort per jaar (m3*10exp6)						
	slik	ondiep	plaat	55-70	71-77	78-82	83-86	87-94	55-70	71-77	78-82	83-86	87-94		
Sch. van Noord	Saeflinge	+	Plaat v. Saeflinge	9,00	7,20	1,10	1,90	0,70	0,56	1,03	0,22	0,48	0,09		
Sch. van Waarde	Waarde	+	Valkenisse	18,80	17,90	5,30	4,10	6,30	1,18	2,56	1,06	1,03	0,79		
Pl. v. Ossenisse	-		Ossenisse	0,00	1,80	2,50	0,40	3,30	0,00	0,26	0,50	0,10	0,41		
Ebsch. Everingen	Zuidgors/Baarland	+	Baarland	0,20	5,20	8,20	2,90	3,70	0,01	0,74	1,64	0,73	0,46		
Gat v. Ossenisse	Huist	+	Rug van Baarland	3,40	8,50	10,30	7,40	16,20	0,21	1,21	2,06	1,85	2,03		
Ellewoutsdijk	Staartse Nol	+	rug borssele	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Everingen	-	+	middeplaat	0,00	4,90	6,60	2,90	2,50	0,00	0,70	1,32	0,73	0,31		
Schaar Spijkerplaat	-	+	-	0,00	0,00	0,50	2,20	1,40	0,00	0,00	0,10	0,55	0,18		
	verandering plaatareaal (ha)			verandering plaatvolume (m3*10exp6)					verandering ondiep water gebied (NAP-2m / NAP-5m)(ha)						
	55-70	71-77	78-82	83-86	87-94	55-70	71-77	78-82	83-86	87-94	55-70	71-77	78-82	83-86	87-94
Sch. van Noord	5	5	-12	-10	0	0,1	0	-0,1	0	0,1	34	-66	24	12	-79
Sch. van Waarde	243	16	68	9	-25	3,4	1,8	4,6	0,5	2	59	-154	1	76	-141
Pl. v. Ossenisse	154	-34	-4	28	115	4,5	0	1,2	0,8	2,9					
Ebsch. Everingen	-4	5	3	-11	-1	0,4	0,4	-0,1	-0,1	0,6	-145	-97	13	113	-4
Gat v. Ossenisse	158	28	15	-10	-3	2,6	0,7	1	-0,2	1,1	-17	-23	-7	-16	53
Ellewoutsdijk															
Everingen	146	-6	-79	-56	-25	4,6	2,3	-1,9	-0,2	-2,3	-24	-21	1	37	-45
Schaar Spijkerplaat											-217	18	11	-89	63
	verandering plaathoogte (m)			gem. verandering plaathoogte per jaar(m)					verandering slikareaal (ha)						
	55-70	71-77	78-82	83-86	87-94	55-70	71-77	78-82	83-86	87-94	55-70	71-77	78-82	83-86	87-94
Sch. van Noord	0,50	-0,13	-0,35	0,40	0,00	0,03	-0,02	-0,07	0,10	0,00	-18	-8	34	29	41
Sch. van Waarde	-0,04	0,17	0,35	0,03	0,26	0,00	0,02	0,07	0,01	0,03	-29	9	13	-7	-4
Pl. v. Ossenisse	0,70	0,18	0,36	0,03	0,00	0,04	0,03	0,07	0,01	0,00	-	-	-	-	-
Ebsch. Everingen	0,25	0,16	-0,08	0,06	0,34	0,02	0,02	-0,02	0,02	0,04	9	13	12	7	0
Gat v. Ossenisse	0,02	0,03	0,09	0,00	0,14	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	-18	-2	-7	-8	-8
Ellewoutsdijk															
Everingen	0,22	0,23	-0,05	0,10	-0,19	0,01	0,03	-0,01	0,03	-0,02	-	-	-	-	-
Schaar Spijkerplaat															

tabel 3-10 overzicht transport, areaal en volume gegevens 55-94 (Bron: Huijs, 1996)

4. Gevolgen van de morfologische veranderingen op de ecologische en gebruiksfuncties

In dit hoofdstuk zal de doorwerking van de morfologische veranderingen op de verschillende andere functies van de Westerschelde worden bekeken. In deze beschrijving wordt ingegaan op de ingreep-effectrelaties zoals deze in de MAS Baggerspeciéstort zijn gesteld en waarvan de morfologische kant in de voorgaande hoofdstukken is uitgewerkt. .

4.1 effecten op gebruiksfuncties

4.1.1 effecten op visserij

In de Westerschelde wordt commercieel gevestigd op kokkel, garnaal en tong. Op basis van gegevens aangeleverd door vissers is een kaart gemaakt waar de visgronden zich bevinden. Figuur 4-1 geeft een overzicht van deze kaart. In de volgende paragrafen zal een overzicht worden gegeven van de verwachte effecten van het storten op deze visserij.

effecten op kokkelbanken

Het gevaar van begraven worden tijdens het storten van gebaggerd slib, is voor kokkels in litorale banken niet erg groot. De baggerstortingen worden in de regel uitgevoerd in de geulen. Wel kan de fijnere fractie van het baggerslib zich verspreiden over de platen en de randen van de geulen in de buurt van een stortlocatie. Gebeuren de stortingen regelmatig (zoals hier het geval is), dan kunnen de kokkels in nabijgelegen banken begraven raken. Uit de literatuur is gebleken dat de kokkels dit nog overleven wanneer de gemiddelde snelheid waarmee de bedekking plaatsvindt, niet meer is dan ca. 15-19 cm per maand (Bijkerk, 1988). In slikkig bedekkingsmateriaal zullen de kokkels moeilijker naar de bovenlaag kunnen ontsnappen dan wanneer het gesedimenteerde materiaal fijn zandig is. Van Dalfsen (1994) constateert een hoge mortaliteit onder de kokkels van een litorale kokkelbank na een lozing van zeer slibrijk bagger-retourwater (30-50 g slib per liter) op het wad in Ferwederadeel. Meer nog dan de bedekking houdt van Dalfsen de veranderende structuur van de bovenste sedimentlaag, tezamen met de lage zuurstofconcentraties in het retourwater, verantwoordelijk voor de massale sterfte.

Baggeren en storten van baggerspecie beïnvloedt direct de concentraties zwevende deeltjes in het water en daardoor de troebelheid. Effecten die kokkels hiervan kunnen ondervinden zijn:

- Voedselvermindering door afname licht en daardoor groei fytoplankton (in deze MAS verwaarloosbaar)
- Wanneer er veel slib in het water komt moet de kokkel veel energie steken in verwerken (uitscheiden) van ingevangen deeltjes, zodat hij aan zijn voedselvoorziening niet meer toe komt. Negatieve gevolgen kunnen optreden wanneer de slibconcentratie boven de 50 milligram per liter uitkomt.

Er zijn dus door twee oorzaken effecten te verwachten:

- 1) Bedekking
- 2) vertroebeling

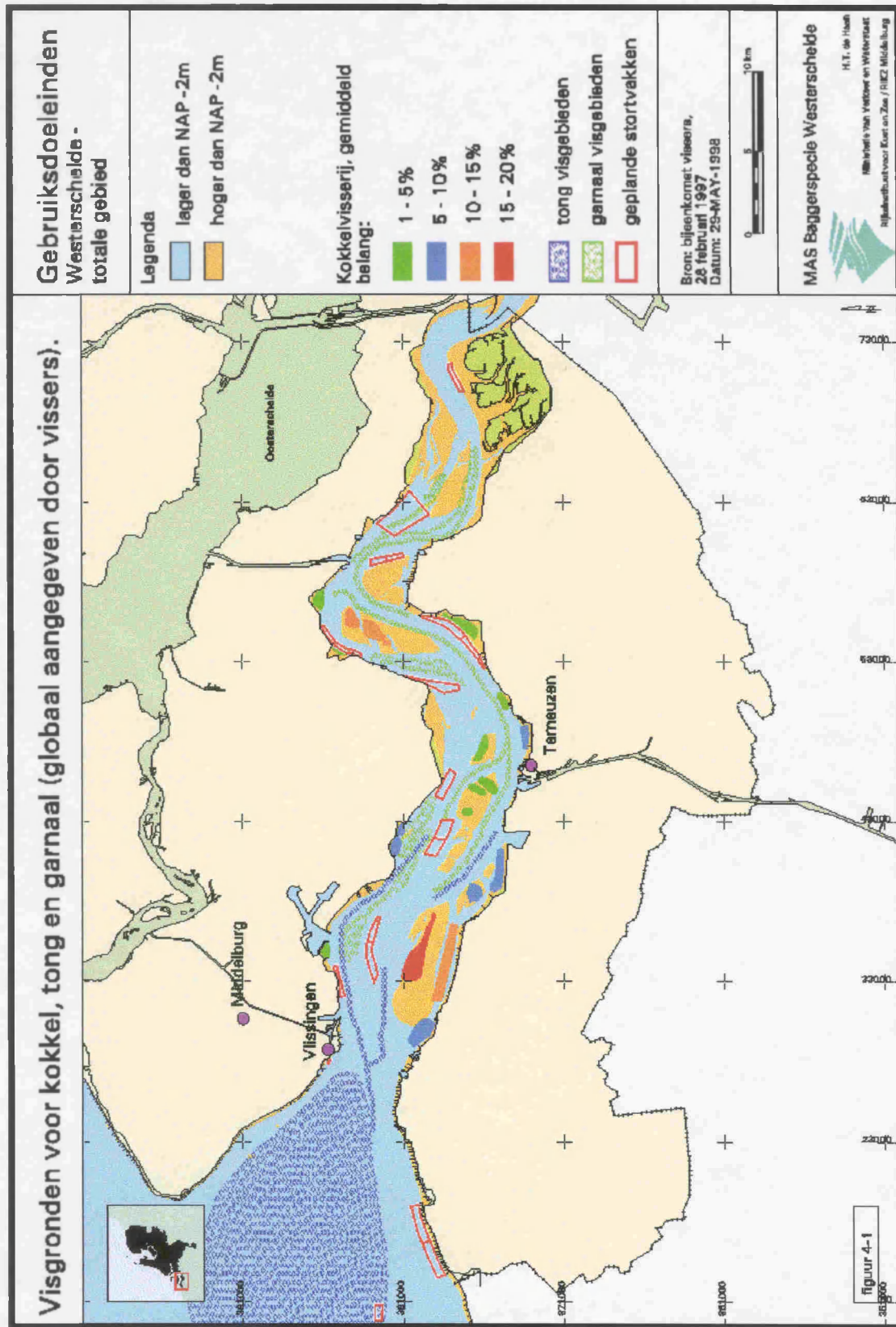
1)

Vanuit de volgende locaties kan bedekking voorkomen op de kokkelgebieden.

Tabel 4-1 Kokkellocaties die door storten kunnen worden beïnvloed

Locatie	kokkelgebied	belang voor visserij
Ellewoutsdijk	Middelplaat	1-5%
Gat van Ossenisse	Platen van Hulst Rug van Baarland	5-10% 10-15%
Biezelingse Ham	Kappellebank	5-10%

figuur 4.1 Visserijgebieden



Voor het 'berekenen' van de bedekking is de tabel 3.10 belangrijk. In deze tabel staat de gemiddelde verandering van de plaathoogte in de periode 55-94 aangegeven. Daarnaast staan de gestorte hoeveelheden vermeld in die bepaalde periode. Uit deze tabel blijkt dat de jaarlijkse verhoging van de platen slechts maximaal zeven cm per jaar bedraagt bij relatief veel storten in de Schaar van Waarde (1 à 2 miljoen m³). Dit is dus lang niet de kritieke bedekking van 15 à 19 cm per maand. Belangrijk is wel dat dit een **gemiddelde** verhoging is en dat dus lokaal grote verschillen kunnen ontstaan. Daarnaast is de **dynamiek** niet bekeken. De verhoging kan een resultante zijn van veel grotere verschillen in een jaar. Dit geldt dan met name voor de plaatgebieden (Baarland, Middelpaalt). Op de slikken (Hulst, Kappellebank) valt geen grote dynamiek te verwachten. Ook moet in de gaten worden gehouden dat de storthoeveelheden in het Gat van Ossensisse sterk toenemen bij alternatieven B en E (onderhoud) en dat op Ellewoutsdijk en Biezelingse Ham nog nooit is gestort.

2)

De initiële concentratie van slib ligt bij een (maximale) stort van 8000 m³ op ongeveer 12 g/l en gemiddeld (5000 m³) op 3 à 7,5 g/l (zie 4.2.2). Alleen bij het inzetten van een schip van 20.000 m³ kan vertroebeling in de buurt van kokkelbanken problemen veroorzaken.

effecten op garnaal

De (gewone) garnaal (*crangon crangon*) is weinig gevoelig door de bedekking met sediment omdat deze bij verhoogde sedimentatie onmiddellijk zijn positie verlaat en wegzwermt. Wel is bekend dat de garnaal niet bestand is tegen blootstelling aan lage zuurstof (en hoge sulfide) gehalten langer dan 2 uur (Bijkerk, 1988).

Lage zuurstofgehalten zijn gehalten lager dan 0,2 mg/l (Theede, 1973). Dit is een vrijwel zuurstofloze situatie. Door de grote dynamiek in het Schelde-estuarium kan verwacht worden dat de eventueel tijdelijk optredende zuurstofloosheid door menging snel ongedaan wordt gemaakt op de stortlocaties. Alleen in slibsedimentatiegebieden (slikken, havens) kan een tijdelijke zuurstofloze situatie ontstaan door sedimentatie van slib. Dit is alleen van belang in schorkreken omdat hier veel (juvenile) garnalen voorkomen.

Een verhoogd sulfidegehalte is meer dan 7 mg/l (Theede, 1973). Over het effect van sulfide is verder geen informatie voorhanden, maar de beschikbaarheid van sulfide is gekoppeld aan zuurstofloosheid.

Op garnalen wordt voornamelijk gevestigd in (neven)geulen. Er zijn twee soorten risicogebieden voor verhoogde sedimentatie en dus een verlaging van het zuurstofgehalte door het storten. Ten eerste zijn dat de gebieden die zich binnen de invloedssfeer van het transport binnen een getijperiode van de stortlocatie bevinden (Bijlage 2). Deze locaties zijn bepaald met behulp van het transportmodel beschreven in paragraaf 4.3. Hieruit blijkt dat de locaties Biezelingse Ham, Ellewoutsdijk en Everingen een verhoogd risico geven. De locatie Schaar van Waarde ligt zelfs binnen het garnaal visgebied. Ten tweede zijn dat die gebieden waar het residuele (zand)transport vanuit stortlocaties heen gaat en waar commerciële garnaalvangst plaatsvindt (Figuur 4-1). Hieruit blijkt dat storten op de locaties Gat van Ossensisse, Ellewoutsdijk en Everingen een verhoogd risico geven. Het effect van bedekking met zand is waarschijnlijk te verwaarlozen. Residuele slibtransportmodellen zijn niet voorhanden.

Een factor die nog wel van belang kan zijn is stress bij, en verstoring van, garnalen bij de stortactiviteiten. Hierdoor kunnen verschillende activiteiten als voedsel zoeken etc. niet meer goed worden uitgevoerd. Informatie hierover is niet aanwezig. Daarnaast is ook waargenomen dat in de omgeving van baggerwerkzaamheden juist meer garnalen voorkwamen doordat door resuspensie van deeltjes de voedselbeschikbaarheid groter was.

Effecten op tong

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

De piek van het paaiseizoen van de tong ligt in het zuidelijk Noordzeegebied in mei. Het (belangrijkste) paaigebied van de tong in het Westerschelde gebied ligt op de Vlakte van Raan. Ook van het Schelde Estuarium wordt gebruik gemaakt als paaigrond, maar in mindere mate. De eieren worden in de geulen (pelagisch) afgezet en worden meegevoerd met de stroming naar de opgroeigebieden. Het relatieve belang van de Westerschelde als opgroeigebied voor jonge tong is

gering. In de periode oktober-november trekken zowel de jonge als de oude vissen weer richting dieper water (Bruyne, 1990).

Tong is vooral gevoelig voor lage watertemperaturen. De sterfte onder tong neemt sterk toe bij temperaturen onder 3 °C (Woodhead, 1964).

Effecten van het storten op tong worden gering geacht. Volwassen tong leeft in diepe geulen en ligt overdag ingegraven in de bodem. Deze zou door storten eventueel bedolven kunnen worden (dit is niet onderzocht). Volwassen tong komt echter alleen in het mondingsgebied in grotere aantallen voor (Hostens et. al, 1996), en daar wordt zeer weinig gestort. Jonge tong leeft in ondiepe gebieden als schorkreken, waar de directe invloed (begraving) zeer gering zal zijn. Effecten zijn voornamelijk te verwachten in de periode dat de jonge tong de opgroei gebieden in de Westerschelde intrekt. Dit gebeurt (vooral) in april en mei (Hostens et. al, 1996).

4.1.2 sedimentatie in havens

Bij het storten van baggerspecie komt het grootste gedeelte van de specie binnen korte tijd op de bodem terecht (van Heuvel, 1988). Doordat het slibgehalte van het gestorte materiaal overeenkomt met het slibgehalte van het systeem zal dit nauwelijks een verhoging van de al optredende sedimentatie in de havens betekenen.

Naast het op de bodem komende materiaal komt ongeveer 1 tot 5 % van alle specie in de watermassa terecht (Bokuniewicz, 1978). Een substantieel deel van deze specie zal bestaan uit fijn materiaal dat niet meteen bezinkt. Een deel van deze specie zal daarom met de getijstroom worden meegevoerd.

Om een oordeel te geven over sedimentatie in havens is de transportweg van slib berekend. Deze is gedefinieerd als de afstand waarover het slib zich binnen één getij maximaal verplaatst. De transportweg is gebaseerd op het transportmodel GIS-Stort dat beschreven is in hoofdstuk 2. Uitgangspunt is dat waar slib binnen een getij volgens het model direct in de haven sedimenteert, dit gebied een sedimentatiegebied is van sediment dat in de stortlocatie wordt gestort. Secundair sedimentatiegebied betekent dat een groot gedeelte van het slib dat op de locatie wordt gestort waarschijnlijk niet in de havens terecht komt, maar op slikken sedimenteert (of elders) (ook weer volgens het model). In de eerste kolom van Tabel 4-2 zijn de havens gegeven die binnen de invloedssfeer van de stortlocaties liggen.

In de tweede kolom van de tabel wordt de hoeveelheid slib vermeld die in de periode 1970 - 1990 jaarlijks uit deze havens werd verwijderd. Voor de jachthavens waren hieromtrent geen gegevens voorhanden. Deze havens zijn daarom buiten beschouwing gelaten. In de derde kolom staat aangegeven van welke stortlocatie het slib mogelijk afkomstig is.

De gegevens in de vierde en vijfde kolom van de tabel zijn berekeningen per alternatief van de mogelijke extra aanvoer van slib naar de haven als gevolg van het storten. Het betreft de maximale hoeveelheid slib die per jaar de haven in kan komen. Hierbij wordt uitgegaan van een slibgehalte van 3 procent. Het slibtransport richting havens bedraagt de helft van de totale gestorte hoeveelheid, omdat transport richting een haven uitsluitend bij één getij voorkomt. Afhankelijk van de ligging van de haven ten opzichte van de stortlocatie is er dus of bij eb of bij vloed sprake van slibtransport richting haven. De hoeveelheden zijn vergeleken met de referentiesituatie; de huidige situatie met de gemiddelde storthoeveelheden in de periode 1989-1996.

In de laatste twee kolommen van de tabel wordt per alternatief de potentiële aanvoer van slib gerelateerd aan de hoeveelheid slib die jaarlijks gebaggerd wordt. Hierbij is als uitgangspunt genomen dat al het slib dat richting de haven stroomt ook daadwerkelijk in de havens sedimenteert. Dit is een vrij grote overschatting van de hoeveelheid die daadwerkelijk zal sedimenteren. Een deel van het slib zal ook op schorren en slikken (of hoge plaatdelen) sedimenteren of uiteindelijk worden afgevoerd naar zee en niet in de havens terecht komen. Het uitgangspunt is daarom een worst-case scenario.

Uit de gegevens in de tabel kunnen de volgende (voorzichtige) conclusies worden getrokken:

- De verwachting is dat de sedimentatie van slib afkomstig uit het Gat van Ossensisse in de havens van Terneuzen (excl. de Braakmanhaven) ten opzichte van de referentiesituatie zal afnemen.

- Tijdens de verruimingsperiode neemt de sedimentatie in het oostelijke en middendeel van de Westerschelde niet toe.
- In de onderhoudsperiode is extra sedimentatie in het oostelijk- en middendeel te verwachten bij de alternatieven A en B. Dit betreft voornamelijk de veerhaven van Perkpolder. Bij storten tijdens eb zal deze extra sedimentatie niet (of nauwelijks) optreden. Eventueel kan er ook een verhoogde sedimentatie optreden in de havens van Kruiningen en Hansweert bij alternatief A.
- Bij alle alternatieven is extra sedimentatie te verwachten in de Sloehaven, zowel in de verruimings- als onderhoudsperiode (tot maximaal 15%). In de verruimingsperiode worden de alternatieven ongeveer gelijkwaardig gewaardeerd. In de onderhoudsperiode scoren de alternatieven C, D, E en F beduidend slechter op dit punt.

4.1.3 Effecten op Archeologie

Negatieve effecten op de archeologie ontstaan wanneer archeologisch interessante terreinen blootstaan aan erosieprocessen. Wanneer het storten op een bepaalde locatie deze erosieprocessen zal versterken zal er dus een negatief effect ontstaan. Volgens het Rijksinstituut voor Oudheidkundig Bodemonderzoek Zeeland (ROB-Zeeland, mondelinge mededeling Ellen Vreenegor) zijn de belangrijkste archeologische terreinen/vindplaatsen het verdronken dorp Valkenisse, het Verdronken Land van Rilland en het Verdronken Land van Oud-Hontenisse.

Het Verdronken Land van Rilland en het Verdronken Land van Oud-Hontenisse worden niet door het storten beïnvloed (wel door de verdieping en de vindplaats Oud-Hontenisse kan negatief worden beïnvloed door het verlaten van de stortlocatie Konijneschor/Baalhoek). Alleen het storten in de Schaar van Waarde kan invloed hebben (positief of negatief) op de erosie van het verdronken dorp Valkenisse.

De plaats waar het verdronken dorp Valkenisse is gelegen zijn de slikken van Waarde. Of er extra erosie van de schorren en slikken van Waarde optreedt is afhankelijk van de invloed die het storten heeft op de migratie van de nevengeulen (scharen van Waarde en Valkenisse). In het verleden hebben grootschalige stortingen (jaren '70, '80) in de Schaar van Waarde geleid tot een zuidwaartse migratie van de Schaar van Valkenisse en het ontstaan van een nieuwe vloedgeul ten noorden van de Schaar van Waarde (Huijs, 1996). Dit heeft tot extra erosie van het schor- en slikken gebied van Waarde geleid (dit is een van de oorzaken waarom het voormalig dorp Valkenisse tevoorschijn is gekomen). Vooral het westelijk deel van de slikken en schorren van Waarde worden door deze erosie aangetast (Houtekamer, 1991). Bij hernieuwde grootschalige stortingen zou dit patroon weer op kunnen treden, of versterkt worden. De archeologische waarde van het dorp Valkenisse kan hierdoor bedreigd worden. Alternatief A, waarbij veel meer in de Schaar van Waarde gestort zal gaan worden dan ooit is gebeurd, en in mindere mate alternatief C, E en F zullen dus een negatief effect hebben op de archeologische rijkdom van het Westerschelde estuarium.

4.2 Effecten op ecologie

De kennis van de relatie tussen morfologie en ecologie is nog zeer beperkt. Het doorvertalen van de morfologische effecten van het storten naar effecten op het ecologische functioneren is daarom niet goed mogelijk. In deze paragraaf wordt daarom volstaan met een beschrijving van de (ecologische) gevoeligheid van de verschillende alternatieven voor het storten. Een doorvertaling van de effecten zal in de MAS aan de orde komen.

Transport naar	hoeveelheid gebaggerd in haven (m³*10³)	aanvoer slib vanuit de volgende lokaties	Qslib (vermijming) (m³*10³/jr)						Q (slib) onderhoud (m³*10³/jr)						storting als percentage van de gebageerde hoeveelheid											
			A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A _v	V _v	C _v	D _v	E _v	F _v	A _o	B _o	C _o	D _o	E _o	F _o
buitenhaven Vlissingen	240	Schoone Waardin	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sloehaven		Schoone Waardin	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
		Ellewoutsdijk	90	77	51	54	50	50	0	0	47	30	47	51												
		Everingen	40	0	64	84	42	56	12	-8	42	84	40	52												
	1120		130	81	115	138	92	106	12	-8	88	114	86	103	12	7	10	12	8	9	1	-1	8	10	8	9
Veerhaven Perkpolder	50	Platen van Ossensisse	-2	-2	-2	-5	-1	-1	41	41	6	-5	9	-1	-4	-4	-4	-9	-2	-2	81	81	12	-9	19	-2
Veerhaven Kruiningen	100	Schaar van Waarde	-4	-5	-4	-5	-3	-1	18	-5	1	-5	3	-1	-4	-5	-4	-5	-3	-1	18	-5	1	-5	3	-1
Haven Hansweert	80	Schaar van Waarde	-4	-5	-4	-5	-3	-1	18	-5	1	-5	3	-1	-5	-6	-5	-6	-4	-2	22	-6	1	-6	4	-2
Jachth. Hoedekens.	onbekend	Ebschaar v. Everingen	32	32	8	12	3	1	-12	-12	5	-7	-5	0												
HavensTerneuzen (Oostbuitenhaven) (Oude veerhaven)	80	Gat van Ossensisse	-33	-33	-33	-46	-32	-42	-23	-12	-34	-46	-12	-57	-41	-41	-41	-57	-40	-53	-29	-15	-42	-57	-15	-72

Tabel 4-2 sedimentatie van slib in havens

4.2.1 lokale effecten bodemfauna

Of er op de bodemdieren in de omliggende ondiepe gedeelten van de stortplaatsen effecten optreden hangt af van een aantal factoren. De belangrijkste zijn:

- de hoeveelheid per storting,
- de diepte waarop wordt gestort,
- het tijdstip in de getijcyclus waarop wordt gestort (eb/vloed),
- de mate van vertroebeling,
- het verschil in sedimentsamenstelling tussen het gestorte materiaal en de ondergrond,
- de stortfrequentie (jaarrond, seizoensgebonden, incidenteel of eenmalig),
- de bestaande fysische dynamiek op en rond stortlocatie,
- eventueel sedimenttransport vanaf de stortlocatie naar omliggende ondiepere delen en het intergetijdegebied.

Op de cursief gedrukte factoren kunnen de effecten op de stortlocaties in principe worden onderscheiden. Tabel 4-4 geeft een overzicht van deze factoren voor de verschillende stortlocaties.

Twee grootheden die in deze tabel worden genoemd zullen hieronder kort worden uitgelegd:

Het dynamiekgetal is gedefinieerd als de gemiddelde verticale bodemverandering in een jaar in het beschouwde gebied. Een uitgebreide uitleg van de berekening van dit getal is gegeven in (Sisternans, 1997). De berekening voor de verschillende locaties staat gegeven in hoofdstuk 3, paragraaf 3.5.1.

Het natuurlijksgetal geeft de afwijking van het gestorte materiaal van het bodemmateriaal weer en wordt als volgt gedefinieerd:

$$\text{natuurlijksgetal} = \text{ABS}(1 - D50_{\text{stort}} / D50_{\text{bodem}})$$

Bij een optimale overeenkomst tussen bodem- en stortmateriaal is het natuurlijksgetal 0.

Daarnaast is nog van belang het areaal ondiepwatergebied binnen de locaties: Dit is onderverdeeld in het gebied boven NAP -2 meter, tussen NAP -2 en -5 en tussen NAP -5 en -8. Dit areaal per locatie staat gegeven in Tabel 4-3.

	areaal >-2 (ha)	areaal -2/-5 (ha)	areaal -5/-8 (ha)
Schaar van Noord	4,5	14,9	16,7
Schaar van Waarde	5,7	21,8	102,9
Pl. v. Ossensisse	1,4	5,2	40,1
Biezelingse Ham	-	1,1	1,9
Ebsch. v. Everingen	-	13,8	28,4
Gat v. Ossensisse	-	-	12,0
Ellewoutsdijk	-	-	-
Everingen	-	-	7,0
Schaar v. Spijkerplaat	-	-	0,5
Schoone Waardin	-	-	-
Kust Vlissingen	-	0,2	1,3
Kust Zeeuwsch Vlaanderen	-	-	5,5
Wielingen	-	-	-

Tabel 4-3 Grootte van het areaal aan ondiepwatergebied binnen de stortlocaties

	diepte		gem.	stortfrequentie								natuurlijkheidsgetal								dynamiekgetal stortlokatie
	min.	max.		A v	A o	B v	B o	C v	C o	D v	D o	A v	A o	B v	B o	C v	C o	D v	D o	
Sch. van Noord	-1	-15	-6	0	20	600	20	600	20	140	0	0,46	0,35	0,46	0,35	0,46	0,46			0,4
Sch. van Waarde	-1	-18	-9	120	140	600	0	0	140	140	0	0,28	0,05			0,28	0,28			0,5
Pl. v. Ossenisse e v	-1 -5	-9 -12	-6 -8	40 580	30 170	600 300	30 170	600 600	30 170	140 160	0	0,45 0,19	0,17 0,35	0,45 0,18	0,11 0,35	0,45 0,18	0,45 0,39			0,5 0,65
Gat v. Ossenisse e v																				
Biezelingse Ham e v	-3	-46	-23	0	300	460	300	600	230	160	0	0,21		0,17		0,14	0,16	0,57		0,35
Ebsch. Everingen				120	530	0	530	0	230	160	400	0,08	0,23	0,24	0,09	0,15	0,08			0,35
Ellewoutsdijk	-4	-32	-22	0	1200	0	1200	0	990	620	1200	0,03		0,01		0,02	0,01	0,06	0,26	0,34
Everingen e v	-6 -8	-20 -18	-13 -14	100 80	650 160	240 0	550 400	0	990	640	1200	0,36 ?	0,43	0,23		0,32	0,50	0,36	0,19	0,34 1,05
Schaar Spijkerplaat e v	-13 -9	-24 -18	-20 -13																	
Schoone Waardin	-18	-54	-36	0	0	0	80	0	0	0	0									0,39
Kust Vlissingen	-5	-12	-8	0	0	0	0	0	0	0	0									0,06
Kust Zeeuwsch Vlaand. e v	-8 7	-14 -12	-11 -10	0	40	0	40	0	40	0	40									
Wielingen e v	-7	-14	-12	0	80	0	0	0	80	0	80									0,23

Tabel 4-4 Lokale effecten bodemfauna

5. conclusies

5.1 Het storten van baggerspecie

5.1.1 verspreiding en sedimentatie van zand en slib als suspensie laag

Na het storten van 5000 m³ zand is bij een stroomsnelheid van 1 m/s is na 20 minuten al het gestorte zand gesedimenteerd. In een straal van 25 meter van de stortlocatie sedimenteert een laag van 3 meter. Op een afstand van 200 meter van de stortlocatie zal een laag van ongeveer 1 meter worden afgezet en na 500 meter nog 15 cm. Op een afstand van een kilometer zal er geen invloed van het storten meer zijn waar te nemen.

5.1.2 verspreiding en sedimentatie van slib in suspensie

De maximale initiële slibconcentratie direct na het storten bedraagt 12 g/l. De gemiddelde initiële concentratie ligt op zo'n 3 à 5 g/l. Deze concentratie neemt snel af. Gemiddeld is de concentratie na ongeveer 1 uur afgenomen tot de achtergrondconcentratie. Hierbij is de verplaatsing van de wolk door stroming niet meegenomen. Door enkel diffusie bereikt de waarneembare slibwolk een omvang tussen de 3 en 38 ha. Hierbij is de invloed van advectie niet meegenomen.

De maximale sedimentatielaag (op de stortlocatie) is 6 cm. Op een afstand van 2,5 kilometer is nauwelijks meer enige invloed van het storten waar te nemen op de bodem.

5.2 De effecten van het storten op de morfologie

5.2.1 zandbalans

In de eerste 4 jaar zal de inhoud van het oostelijk deel van de Westerschelde jaarlijks toenemen met zo'n 3 à 4 % door de vaarwegverruiming. Het grootste gedeelte van de gebaggerde specie wordt teruggestort in het westelijk en middendeel van de Westerschelde. De inhoud van deze delen zullen afnemen met zo'n 0,5 à 1 %. Er zal een retourstroom op gang komen van het westelijk naar het oostelijk deel. Deze retourstroom zal op termijn de verruiming van het oostelijk deel gaan afremmen.

In de tweede 6 jaar, de onderhoudsperiode, zal dit beeld zich voort zetten bij de alternatieven D, F en in mindere mate C. De inhoud van het middendeel blijft bij deze alternatieven gelijk (of neemt zelfs licht af). Bij de alternatieven D en F bestaat er een kans dat er sediment uit het estuarium richting Noordzee zal worden geëxporteerd.

Bij alternatief E wordt de specie regelmatig over het estuarium verdeeld. De inhoud van het westelijk deel blijft hier gelijk en de inhoud van het middendeel wordt 1 % per jaar kleiner.

Bij alternatief A wordt de meeste specie weer in het oosten teruggestort waardoor de inhoudsveranderingen bij dit alternatief klein zijn. Hetzelfde geldt in mindere mate voor alternatief B.

5.2.2 Areaalontwikkelingen

In het oostelijk deel van het estuarium zal de vergroting van het geulareaal zich voortzetten. Het plaatareaal zal toenemen, echter in mindere mate dan tijdens de vorige verdieping. Het ondiep waterareaal zal hierdoor verder afnemen. Alle alternatieven laten dit beeld zien, maar bij de alternatieven A en B zal de plaatuitbreiding veel groter zijn.

In het middendeel zullen de geulen nauwelijks veranderen in oppervlak. Het plaatareaal zal uitbreiden ten koste van voornamelijk het nevengeulareaal. De verschillen tussen de alternatieven zijn klein.

In het westelijk deel zal bij de alternatieven C t/m F zowel het plaat- als ondiep waterareaal zich uitbreiden ten koste van het nevengeulareaal. Bij de alternatieven A en B zal het plaatareaal licht toenemen en het ondiep waterareaal afnemen. Het areaal van de hoofdgeulen neemt bij de alternatieven A en B licht toe en blijft bij de andere alternatieven gelijk.

In het oostelijk en middendeel zal door geulwandverdediging het slikareaal licht toenemen. Deze toename gaat (voor een deel) ten koste van het areaal aan schorren. In het westelijk deel zal nauwelijks geulwandverdediging worden aangelegd zodat hier zowel het slik- als schorareaal zal afnemen.

5.2.3 De bewegingsvrijheid van geulen

Tijdens de verruimingsperiode zijn er geen grote verschillen te zien tussen de alternatieven. Problemen met de bergingscapaciteit van sediment kunnen ontstaan bij het storten in de Ebschaar van Everingen bij vrijwel alle alternatieven. Daarnaast lijken problemen op te treden bij de vakken Schaar van Spijkerplaat, Ellewoutsdijk en Everingen bij Alternatieven C tot en met F. Deze vakken liggen echter in zeer dynamische gebieden, waarbij de Schaar van de Spijkerplaat sterk erodeert. Tijdens de onderhoudsperiode zijn er veel grotere verschillen tussen de alternatieven te zien. Het blijkt dat het storten in de Schaar van Noord bij alternatieven A, B en C en in de Platen van Ossensisse bij alternatieven A, B, C en F capaciteitsproblemen op kan leveren. Dezelfde problemen voor de locaties Ebschaar van Everingen, Everingen, Ellewoutsdijk en Schaar van Spijkerplaat als hierboven genoemd kunnen zich ook in de onderhoudsperiode voordoen. Omdat er bij de alternatieven E, F en vooral D zeer veel in dit gebied gestort zal gaan worden kunnen er nu wel kritieke situaties optreden.

5.2.4 Lokale veranderingen ter plaatse en in de omgeving van de stortlocaties

De locaties Biezelingse Ham en Ellewoutsdijk zijn erg gevoelig voor verstoring. Daarnaast is de Schaar van Spijkerplaat ongevoelig voor verstoring, zelfs bij zeer veel storten. Ook de Schaar van Waarde blijkt ongevoelig voor het storten.

Wanneer er relatief veel wordt gestort op een locatie dan neemt het plaatvolume en areaal toe en het areaal ondiepwater gebied af. Bij relatief weinig storten neemt het plaatoppervlak niet direct toe en dit kan voordelig zijn voor het areaal ondiep water. Daarnaast kan storten slikerosie in de omgeving afremmen.

5.3 Effecten

5.3.1 visserij

Vanuit de locaties Gat van Ossensisse, Ellewoutsdijk en Biezelingse Ham kan bedekking voor-komen op de kokkelgebieden. De kans dat de sedimentatielaag zo groot is dat deze bedekking fataal is voor de kokkels wordt zeer onwaarschijnlijk geacht. Alleen bij het inzetten van een schip van 20.000 m³ kan vertroebeling in de buurt van kokkelbanken problemen veroorzaken.

Het effect van bedekking met zand op de garnaal is waarschijnlijk te verwaarlozen. Een eventueel negatief effect kan voorkomen op de locaties Schaar van Waarde, Biezelingse Ham, Ellewoutsdijk en Everingen.

Effecten van het storten op de tong zijn voornamelijk te verwachten in de periode dat de jonge tong de opgroeigebieden in de Westerschelde intrekt. Dit gebeurt (vooral) in april en mei.

5.3.2 sedimentatie in havens

- De verwachting is dat de sedimentatie van slib afkomstig uit het Gat van Ossensisse in de havens van Terneuzen (excl. de Braakmanhaven) ten opzichte van de referentiesituatie zal afnemen.
- Tijdens de verruimingsperiode neemt de sedimentatie in de havens in het oostelijke en middendeel van de Westerschelde niet toe.
- In de onderhoudsperiode is extra sedimentatie in de havens in het oostelijke- en middendeel te verwachten bij de alternatieven A en B. Dit betreft voornamelijk de veerhaven van Perkpolder. Bij storten tijdens eb zal deze extra sedimentatie niet (of nauwelijks) optreden. Eventueel kan er ook een verhoogde sedimentatie optreden in de havens van Kruiningen en Hansweert bij alternatief A.
- Bij alle alternatieven is extra sedimentatie te verwachten in de Sloehaven, zowel in de verruimings- als onderhoudsperiode (bij een worst case benadering tot maximaal 15%). In de verruimingsperiode worden de alternatieven ongeveer gelijkwaardig gewaardeerd. In de onderhoudsperiodescoren de alternatieven C, D, E en F beduidend slechter op dit punt.

5.3.3 Archeologie

Negatieve effecten op de archeologie ontstaan wanneer archeologisch interessante terreinen blootstaan aan erosieprocessen. Door het storten van specie in de Schaar van Waarde zal de erosie van het verdrongen dorp Valkenisse worden versterkt. Alternatief A en in mindere mate alternatief C hebben daarom een negatief effect op de archeologische rijkdom van het Westerschelde estuarium.

5.4 Discussie

Niet van alle relaties konden de effecten worden voorspeld. Over de mechanismen van het zandtransport, een van de basisgegevens bij de effectvoorspellingen, is nog veel onbekend. Met behulp van empirische relaties, waar in dit rapport ook van gebruik is gemaakt, kan het inzicht in deze processen wel worden vergroot. Naast de leemten in kennis met betrekking tot de morfologische ontwikkeling is ook (met name) de relatie ecologie-morfologie nog niet duidelijk. Door de vele onzekerheden zijn de morfologische effecten in dit rapport dan ook niet doorvertaald in ecologische effecten.

Op dit moment worden modellen ontwikkeld die de morfologische ontwikkeling op de lange termijn beter kunnen voorspellen zoals het in dit rapport genoemde ASMITA model en het ESTMORF model. Ook wordt er momenteel onderzoek gedaan naar de relaties tussen morfologisch ontwikkeling en ecologisch functioneren van het Scheldesysteem. In de toekomst zullen de ingreep-effectrelaties daarom beter worden voorspeld. Tot die tijd kunnen studies als die beschreven in dit rapport een nuttige bijdrage leveren aan de kennis van het systeem en het aangeven van de onzekerheden en leemten in de aanwezige kennis.

5.4.1 Aanbevelingen voor nader onderzoek

In dit rapport komen de volgende onzekerheden en leemten naar voren waar nog onvoldoende van bekend is en waar nader onderzoek gewenst is.

- Een verbetering van de kennis van de onderliggende processen die zorgen voor veranderingen in de morfologische structuur.
- Het verbeteren van de verspreidingsmodellen voor zand en slib.
- Het verrichten van metingen van de troebelheid tijdens het storten van de baggerspecie.
- Een vergroting van de kennis van het directe effect van storten op de omgeving.
- Een verbetering van de kennis van hoe om moet worden gegaan met de morfologische dynamiek binnen het estuarium en de invloed van menselijke ingrepen hierop.
- Een vergroting van de kennis over de relatie tussen morfologische veranderingen en ecologische effecten.

6. Literatuur

- Allersma, E., 1992, Studie Inrichting Oostelijk deel Westerschelde, Analyse van het fysische systeem, Waterloopkundig Laboratorium, z368, Delft
- Beek, F.A. van, A.D. Rijnsdorp, R. de Clerck, 1989, monitoring juvenile stocks of flatfish in the Wadden Sea and the coastal areas of the Southeastern North Sea, Helgolanders Meeresuntersuch. 43: 461-477
- Bokuniewicz, H.J. et al., Field study of the mechanics of the placement of dredged material at open water disposal sites, Volume I and II, Department of Geology and Geophysics, Yale University technical report D-78-7,
- Bruyne, R.H. de, 1990, Ecologische profielen vis en schelpdieren, RIVO, rapport MO 90-027
- Bijkerk, R., 1988, Ontsnappen of begraven blijven, DGW
- Evaluatienota Water, 1994, Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-94, 21 250, nrs 27-28.
- Heathershaw, A.D., 1981, Comparison of measured and predicted transport rates in tidal currents, Mar. Geology 42, p.75-104.
- Heuvel, T. van, 1988, Verspreiding van Baggerspecie tijdens en na het storten vanuit een baggerschip, GWAO-88-034, Rijkswaterstaat- Dienst Getijdewateren, Den Haag
- Hostens, K et al., 1996, het vis en garnaalbestand in de Westerschelde, Sektie mariene Biologie, Instituut voor Dierkunde, Universiteit Gent.
- Houtekamer, N.L., 1991, Inventarisatie erosieproblematiek van de schorren in de Westerschelde, UU-Geografisch instituut, rapport Geopro 1991-024, Utrecht
- Huijs, S.W., 1996, De ontwikkeling van de morfologie in de Westerschelde in relatie tot menselijke ingrepen 1955-1994., UU-FRW, rapport R-96-17, Utrecht
- McLaren, P. & D. Bowles, 1985, The effects of sediment transport on grain-size distributions, J.Sed.Petrology, 55, p457-470
- McLaren, P. & Powys, R.I.L, 1993, Patterns of sediment transport in the western portion of the Westerschelde, GeoSea Consulting, Cambridge.
- McLaren, P. & Powys, R.I.L, 1994, Patterns of sediment transport in the Westerschelde between Baarland and Rupelmonde, GeoSea Consulting, Cambridge
- Milieu Aspecten Studie Baggerspeciéstort Westerschelde (concept), 1997, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg.
- Miller, M.C., McCave, I.N., Komar, P.D., 1977, Treshold of sediment motion under unidirectional currents, Sedimentology 24, p.507-527
- Pieters, T., 1997, Commentaar MER Baggerspeciéstort, BGW/971/ab, Bureau Getijdewateren Vlissingen.
- Rijn, L.C. van, 1989, Handbook sediment transport by currents and waves, Delft Hydraulics Report, H 461
- Sisternans, P., Jos de Jong, Leen Dekker, Loes de Jong, 1996, Effecten van het storten van baggerspecie uit de Westhofhaven in de Westerschelde, Notitie NWL-96-031/AXI-96.031/AXW 1002.96, Rijkswaterstaat Directie Zeeland.

Sisttermans, P., 1997, Verandering van de morfologische dynamiek van de Westerschelde sinds 1995; een kwantitatieve analyse, notitie NWL-96-51, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg.

Sisttermans, P. & J. Korving, 1997a, Beschrijving van het GIS-model STORTING, Notitie NWL-97-37, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg.

Storm, C., 1996, Residuele zandtransporten in de Westerschelde, RIKZ OS-96.837x, RWS-RIKZ Middelburg

Theede, H, 1973, Comparative studies on the influence of oxygen deficiency and hydrogen sulphide on marine bottom invertebrates, Neth. J. Sea Res. 7: 244-252.

Tydemans, P., 1996, Ecologisch profiel litorale kokkelbank, RIKZ-96-025, Den Haag

Van Dalen, J.A., 1994, Effecten van het lozen van baggerretourwater bij Ferwerderdeel, RU, Groningen.

Van den Berg, J.H., 1994, Toetsing resultaten methode McLaren in de Westerschelde, memo

Vroon et al, 1996. Habitat arealen in de Westerschelde: veranderingen tussen 1960 en 1990 en een prognose voor de toestand na de komende verdieping, RIKZ/AB-96.815x, Middelburg

Vroon et al, 1997, Westerschelde, stram of struis, Eindrapport van het project Oostwest, RIKZ-97.023, Middelburg

W.L., 1997, Studie naar morfologische effecten van storten en baggeren in de Westerschelde, rapport Z2310, Delft

Woodhead, P.M.J., 1964. A change in the normal diurnal pattern of capture of soles during the severe winter of 1963. Rapp. P.v. Reun.Cons.perm.int.explor.Mer 55 45-47.

Appendix A

Modellen voor de directe effecten van het storten

De verspreiding van zand en slib als suspensielaag

Met dit model wordt de verspreiding van sediment (zand of een combinatie van zand en slib) als suspensielaag bepaald. De verspreiding van zand nadat het de bodem heeft bereikt, kan worden bepaald aan de hand van de valsnelheid van het materiaal, de waterdiepte en de stroomsnelheid en richting van het water.

De verspreiding van zand (en de het grootste gedeelte van het slib) kan berekend worden met het volgende model (van Heuvel, 1988).

$$C = C_0 \cdot e^{\frac{-Ws \cdot t}{d}} \quad (1)$$

C = concentratie

C₀ = concentratie op stortplaats

Ws = valsnelheid

t = tijd

d = dikte transportlaag

Met deze formule wordt de concentratieafname in de waterkolom berekend als gevolg van het uitzakken van sedimentdeeltjes naar de bodem. Deze formule voor de concentratieafname is experimenteel bepaald bij storten in het Eems-Dollard estuarium en in de Verenigde Staten. In deze formule is het advectief transport (transport door stroming in de waterkolom) nog niet meegenomen. Dit zal hierna worden behandeld. Met een rekenvoorbeeld zal deze formule worden uitgelegd.

In het rekenvoorbeeld zal worden uitgegaan van een speciemaassa met een uniforme korrelgrootte van 200 µm met een valsnelheid van 2,5 cm/s. Deze korrelgrootte is ongeveer de gemiddelde grootte van zand in de Westerschelde. De storthoeveelheid is 5000 m³. Omdat transport van zand grotendeels over de bodem zal plaatsvinden (bed-load transport), wordt een transportlaag van 5 m aangehouden. Het sediment is uniform over deze transportlaag verdeeld. Met turbulentie is in dit model geen rekening gehouden. Figuur A-1 geeft de afname in concentratie op de stortlocatie in de tijd weer. Het blijkt dat na ongeveer 20 minuten de concentratie gelijk is aan de achtergrondconcentratie (ongeveer 100 mg/l) en dat na 25 minuten nagenoeg al het sediment is uitgezakt.

Het sediment komt echter niet alleen op de plaats van de stortlocatie terecht. Door advectie wordt het sediment in de stromingsrichting meegevoerd. Bovenstaande formule beschrijft dus de concentratieafname in het centrum van de 'verspreidingswolk' van het sediment welke zich in de stromingsrichting verplaatst. Bij een stroomsnelheid van 1 m/s betekent dit dat na 20(min)*60(s)= 1200 meter vanaf de stortlocatie in de stromingsrichting geen concentratieverhoging is waar te nemen en dat na 25(min)*60(s) = 1500 meter al het zand is gesedimenteerd. Door nu de gesedimenteerde hoeveelheid als functie van de concentratie te beschouwen kan de gesedimenteerde hoeveelheid in de lengterichting van de stroming worden berekend. Bij de berekening wordt verwaarloosd dat het materiaal zich bij een dichtheidsstroom met stroomsnelheden groter dan het omgevingswater zal verspreiden.

Voor de berekening zijn naast (1) de volgende formules gebruikt:

$$x = v \cdot t \quad (2)$$

$$Q_{(x,t)} = (C_0 - \Delta C / C_0) \cdot Q_0 \quad (3)$$

x = plaats (m)

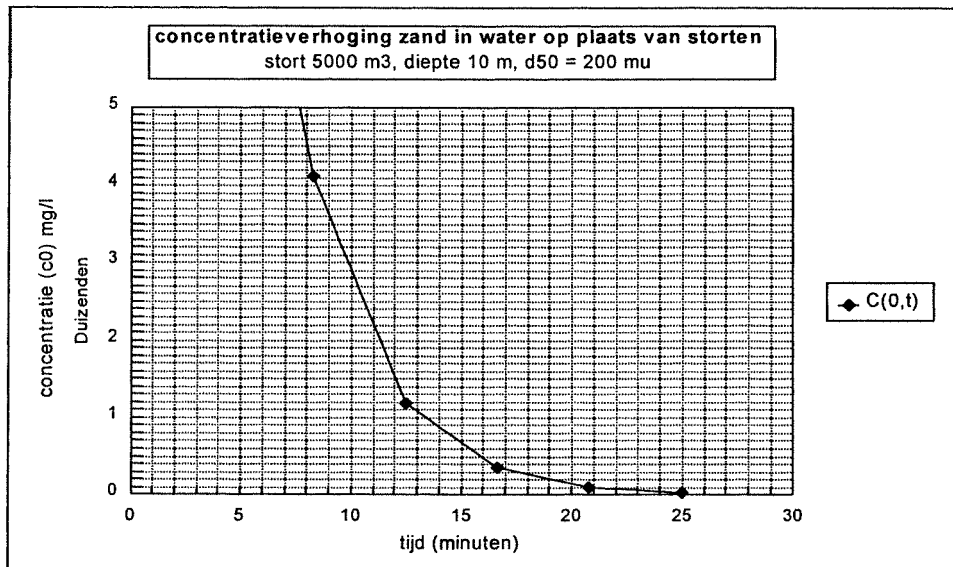
t = tijd (s)

v = stroomsnelheid (m/s)

Q_(x,t) = hoeveelheid gesedimenteerd op locatie x en tijdstip t (m³)

Q_0 = hoeveelheid gestort (m^3)
 C = concentratie (mg/l)
 C_0 = beginconcentratie

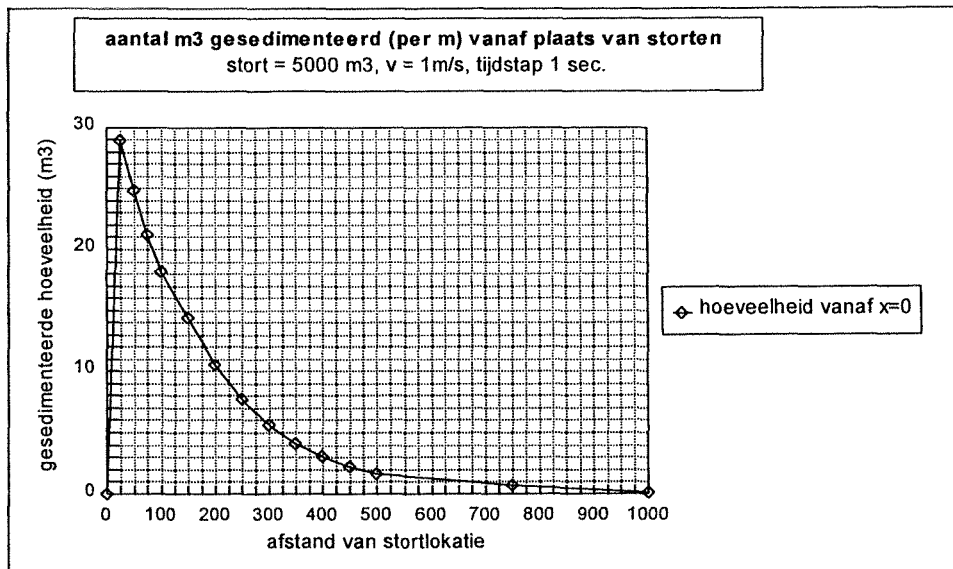
$(C_0 - \Delta C / C_0)$ moet hierbij gezien worden als een dimensieloze factor.



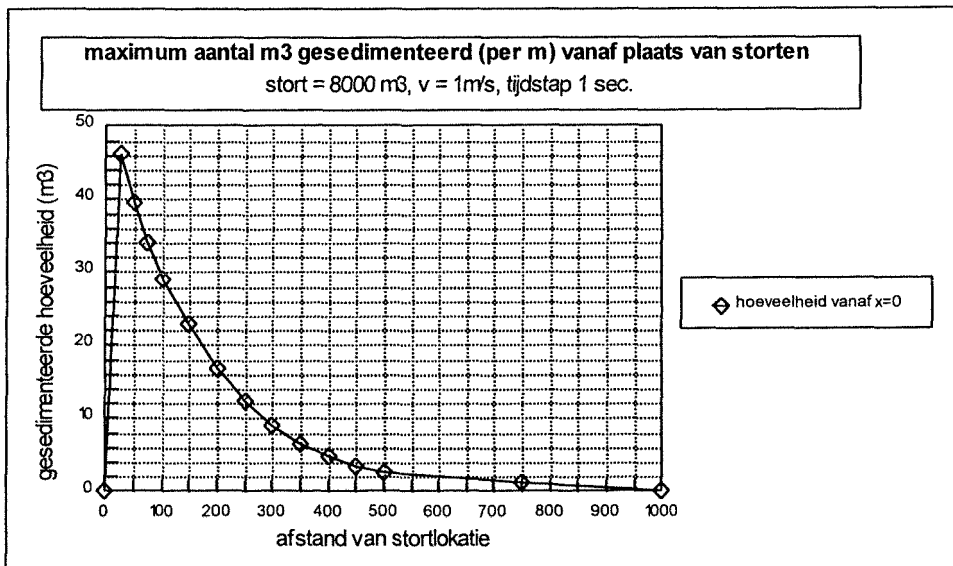
Figuur A-1 Afname concentratie zand (200 µm) op de stortlocatie.

Figuur A-3 geeft een overzicht van de hoeveelheid gesedimenteerde specie op verschillende afstand vanaf de stortlocatie. Uit deze figuur blijkt dat op 25 meter vanaf de stortlocatie over een lengte van 1 meter 30 m³ sedimenteert. Dit betekent dat bij een beïnvloede breedte van 10 meter er bij deze storthoeveelheid een laag van 3 meter sedimenteert. Op een afstand van 200 meter van de stortlocatie sedimenteert er bij dezelfde beïnvloede breedte een laag van 1 meter, op een afstand van 500 meter nog 15 cm en op een afstand van 800 m nog maar 5 cm.

In figuur A-4 staat de gesedimenteerde hoeveelheid bij een maximale stort van 8000 m³ en een stroomsnelheid van 1 m/s weergegeven. Het blijkt dat de maximale dikte van de zandlaag ongeveer 4,8 meter over een breedte van 10 meter is. Na 200 meter is de dikte van deze sedimentlaag al afgenomen tot 1,7 meter en na 500 meter tot 20 cm. Uit deze figuur blijkt ook dat er na 1 km geen invloed meer van de storting is waar te nemen.



Figuur A-3 Hoeveelheid gesedimenteerde specie na storten



Figuur A-4 Hoeveelheid gesedimenteerde specie bij maximale stort

Het model voor slib in suspensie

Het grootste deel van het slib (95%) zal als dichtheidsstroom verspreiden en wordt beschreven met het model in paragraaf 4.2.1. Bij het storten zal echter een deel van het slib (1 tot 5 % van de totale stort) uit de dichtheidsstroom 'ontsnappen' en met de waterkolom mee worden gevoerd en elders met lagere stromingssnelheden worden afgezet. Deze slibwolk zal met de valsnelheid van de individuele deeltjes sedimenteren. Dit slibtransportproces wordt hieronder besproken.

Bij de horizontale verspreiding van de slibwolk nemen de concentraties af door middel van diffusie en sedimentatie. Hieronder wordt een rekenvoorbeeld voor beiden gegeven.

De berekening gaat uit van de volgende waarden:

storthoeveelheid:	5000 m ³
slibpercentage:	2%
dichtheid stort:	1,5 t/m ³
vaarsnelheid schip:	5 m/s
diepte:	10 m

invloed breedte hopper: 10 m
 tijdsduur van baggeren: 300 sec.

Bij het baggeren komt dus:

$$5000 \cdot 0,02 \cdot 1,5 = 150 \text{ ton}$$

slib vrij. Hierbij wordt er van uitgegaan dat alle slib zich uniform in de waterkolom mengt.
 De initiële concentratieverhoging in het water is dan:

$$\text{slibhoeveelheid/invloedszone hopper} = 150.000 / 5 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 300 = 1 \text{ kg/m}^3 = 1000 \text{ mg/l}$$

Diffusie

De volgende formule kan gebruikt worden voor de verspreiding van een slibwolk (Sisternans et. Al., 1996)

$$C(r,t) = \frac{M}{4\pi d K t} \cdot e^{\left(\frac{-r^2}{4 K t}\right)} \quad (4)$$

c = concentratie

r = afstand

M = massa geloosde stof

K = diffusiecoëfficiënt

t = tijd

K wordt bepaald volgens

$$K = 6du \cdot \sqrt{\frac{g}{C^2}} = 6 \cdot 20 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 8}{55^2}} \quad (5)$$

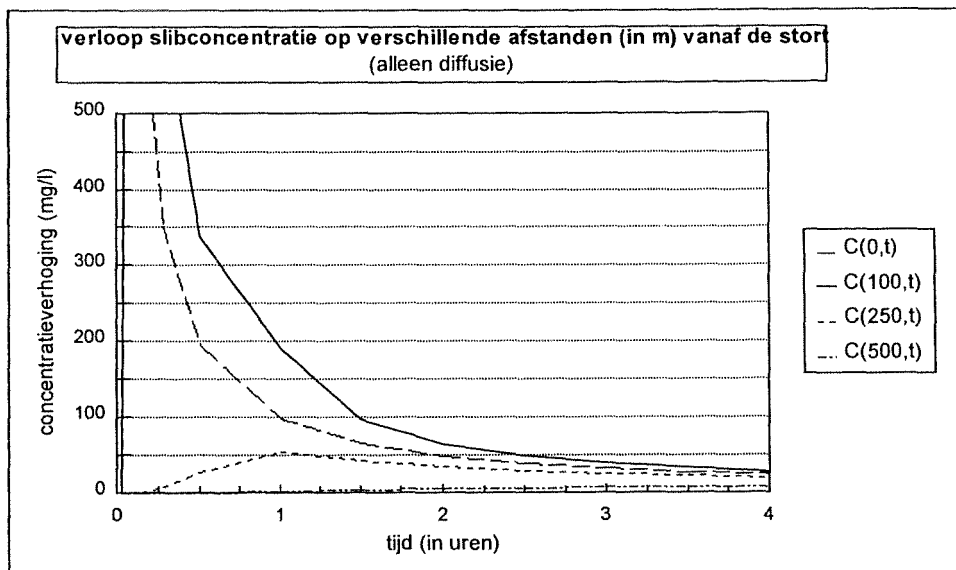
u = karakteristieke snelheid

d = diepte

C = Chézy-coëfficiënt (55 m^{1/2}/s)

De maximum concentratieverhoging treed op in het middelpunt van de wolk. Bovenstaand vergelijking kan hiermee worden vereenvoudigd tot:

$$C(0,t) = \frac{M}{4\pi d K t} \quad (6)$$



Figuur A-5 verloop slibconcentratie na storten

In het rekenvoorbeeld betekent dit dat na 3 uur de concentraties op de stortlocatie nog met $\pm 40\%$ zijn toegenomen (Figuur A-5). Hierbij moet wel bedacht worden dat de beginconcentratie ($C(0,0)$) overschat wordt doordat de stort als een puntbron wordt beschouwd terwijl het het storten over een bepaalde afstand plaats vindt. De werkelijke beginconcentratie wordt beter benaderd met de eerder genoemde berekening.

Met de totale formule kan nu de verspreiding van de slibwolk bepaald worden. Na 3 uur is de slibwolk door radiale verspreiding uitgegroeid tot ongeveer $7,8 \cdot 10^5 \text{ m}^2 (= \pi 500^2)$. Na 250 meter is er echter *amper nog* een significante verhoging van het slibgehalte te constateren.

Maximum en minimumwaarden:

Na bovenstaand rekenvoorbeeld zullen hieronder de maximum en minimumwaarden voor de slibconcentratie worden gegeven.

Deze waarden zijn berekend met de volgende parameters met de formule:

Initiële concentratieverhoging = slibhoeveelheid (Q)/invloedszone schip (I)

$$(I) = v_{\text{schip}} \cdot \text{Breedte}_{\text{schip}} \cdot d \cdot t_{\text{baggeren}}$$

Met de formule voor diffusie is voor de maximale en minimale concentraties de verspreiding van de slibwolk berekend voor de storthoeveelheden 2000, 5000 en 8000 m^3 . Figuren A-6 t/m A-9 geven een overzicht van het concentratieverloop bij een minimale en maximale initiële concentratie. Onderstaande tabel geeft de hierbij gebruikte gegevens weer.

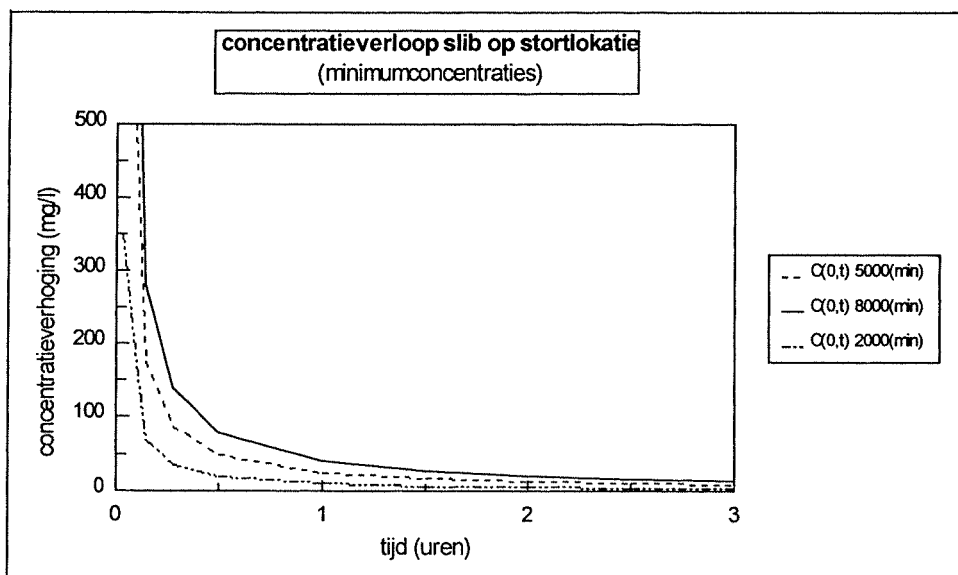
storthoeveelheid (m^3)	$C(0)(\text{mg/l})$
2000 (min)	50
2000 (max)	3000
5000 (min)	125
5000 (max)	7500
8000 (min)	200
8000 (max)	12000

parameter	minimum	maximum
storttijd(t_{baggeren})	300 sec	600 sec
diepte(d)	10 m	20 m
vaarsnelheid schip(v)	1 m/s	5 m/s
slibpercentage	2%	3%
diffusiecoëfficiënt K	3,4	6,8
invloedszone schip (resultante)	1.200.000 m ³	30.000

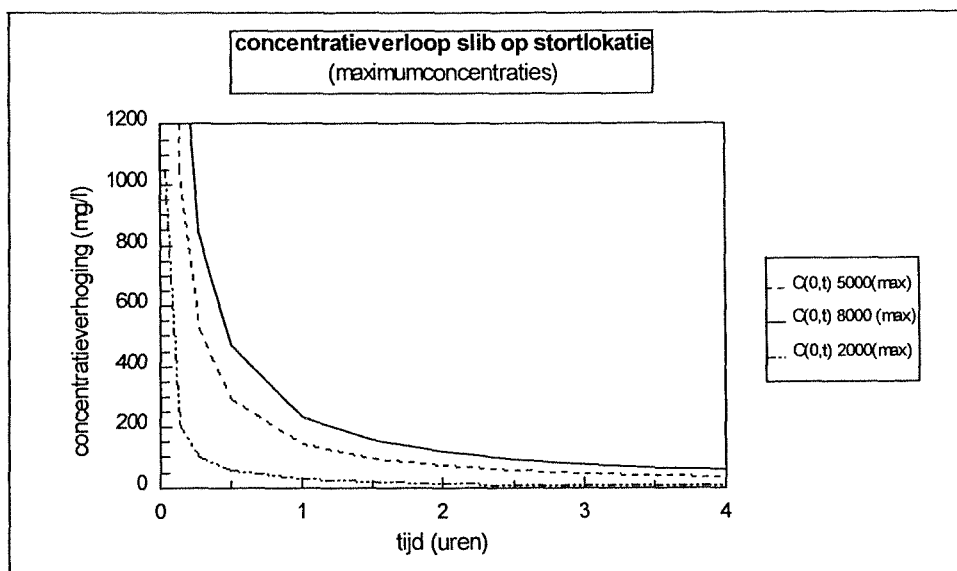
Bij een minimale concentratieverhoging wordt bij een stort van 8000 m³ de achtergrondconcentratie (100 mg/l) na een half uur bereikt. De slibwolk verspreidt zich maar ongeveer 150 meter en alleen binnen 100 meter van de stortlocatie zijn sterk verhoogde concentraties waar te nemen. Na een half uur is de concentratie in de slibwolk bijna afgenomen tot de achtergrondconcentratie.

Bij een maximale concentratieverhoging wordt bij een stort van 5000 en 8000 m³ na 3 uur de achtergrondconcentratie (ongeveer 100 mg/l) op de plek van storting bereikt. Het eerste uur zijn er sterk verhoogde concentraties waar te nemen. De slibwolk verspreidt zich tot ongeveer 750 meter maar alleen binnen een straal van 350 meter zijn verhoogde concentraties te zien.

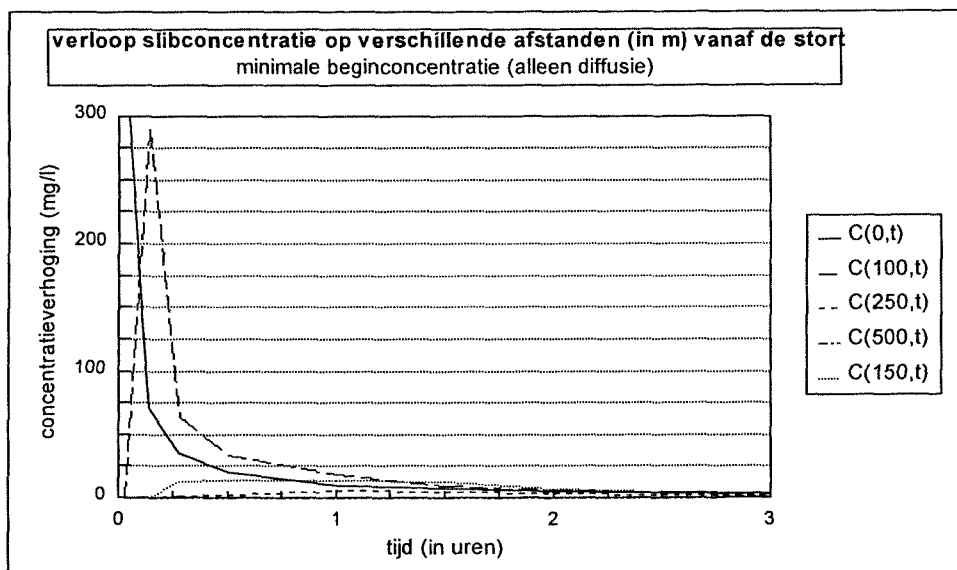
Samenvattend kan gezegd worden dat de slibwolk een verspreiding te zien geeft tussen de 100 en 350 meter, een gebied van respectievelijk 3 en 38 ha. De maximale concentratieverhoging ligt tussen de 300 en 3000 mg/l.



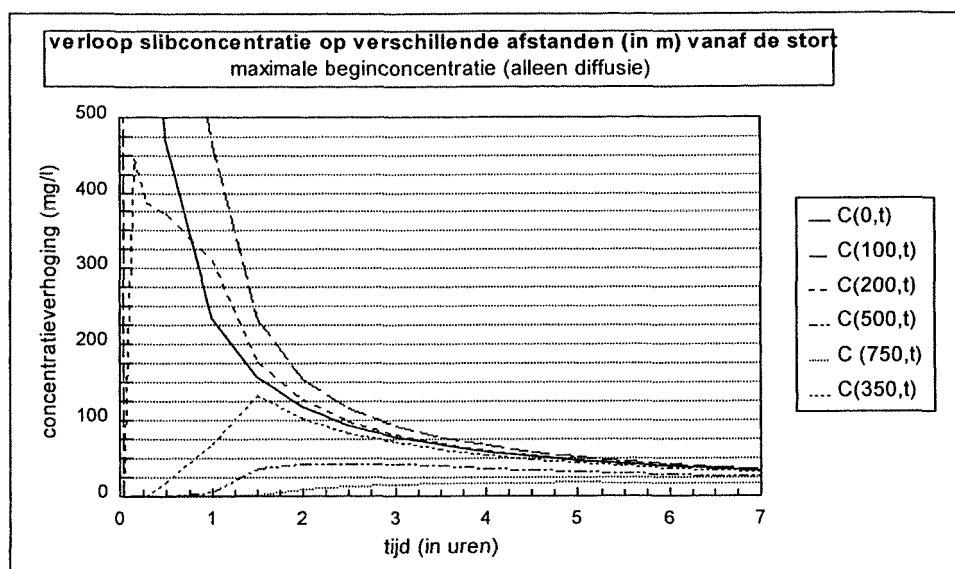
Figuur A-6 concentratieverloop slib op stortlocatie (minimumconcentraties)



Figuur A-7 concentratieverloop slib op stortlocatie (maximumconcentraties)



Figuur A-8 verloop concentratie op verschillende afstand van de stortlocatie (minimale beginconcentratie)



Figuur A-9 verloop concentratie op verschillende afstand van de stortlocatie (maximale beginconcentratie)

sedimentatie

Door het uitzakken van sediment zal de slibconcentratie niet alleen door diffusie afnemen. De concentratieafname wordt bepaald door de valsnelheid van het slib. Omdat dit proces overeenkomstig is met het proces van sedimentatie van zand wordt dit op dezelfde manier beschreven.

Het uitzakken van slib kan dus berekend worden met hetzelfde model als gebruikt voor zand.

$$C = C_0 \cdot e^{\frac{-Ws \cdot t}{d}} \quad (1)$$

C = concentratie

C0 = concentratie op stortplaats

Ws = valsnelheid (0,05cm/s)

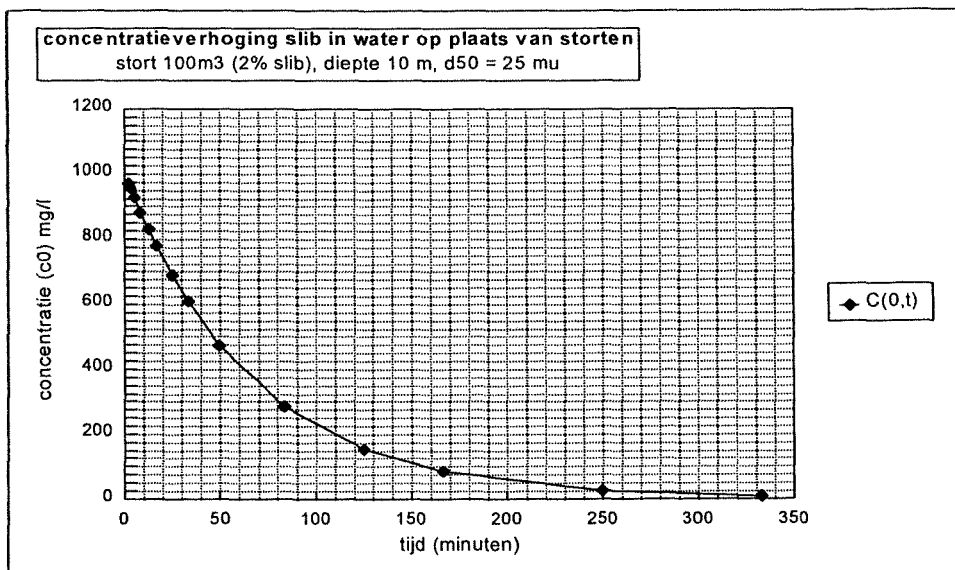
t = tijd

d = dikte transportlaag (= 2 m)

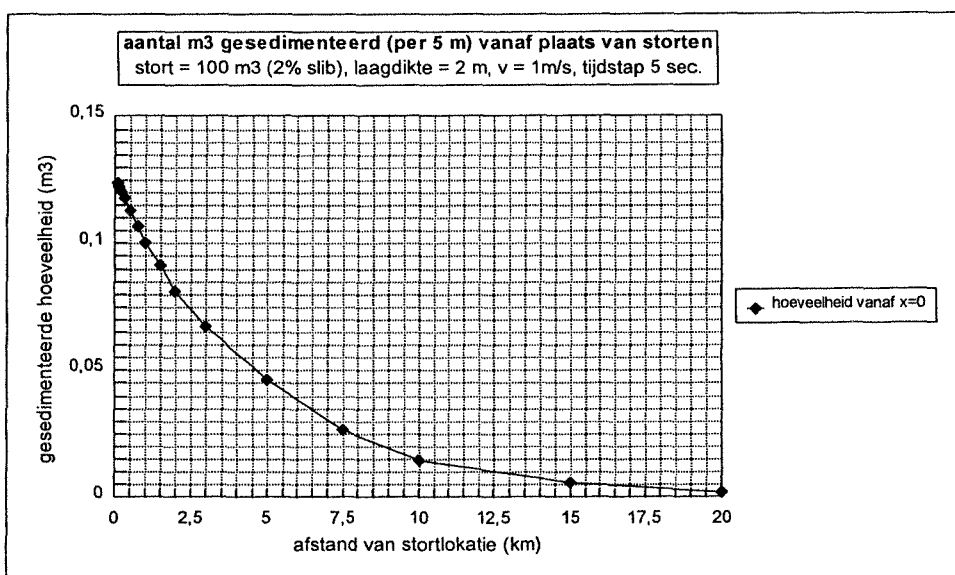
De dikte van de transportlaag van het slib wordt steeds kleiner met de tijd. Door een constante waarde van 2 meter aan te houden wordt de berekening dus niet helemaal correct uitgevoerd. Vooral in het begin zal de transportlaag veel groter zijn. Er zijn echter geen bruikbare gegevens bekend die een dikte op verschillende tijdstappen aan kunnen geven.

Met de gegevens gebruikt in het rekenvoorbeeld voor diffusie is in figuur A-10 het verloop van de concentratie op de stortlocatie weergegeven. Dit is een situatie zonder stroming, waarbij al het slib ter plaatse van de stortlocatie zal sedimenteren. Doordat de storthoeveelheid bekend is (in dit geval 2% van 5000 m³ = 100 m³), kan nu bij een bepaalde stroomsnelheid de verspreiding van sediment in de stroomrichting worden bepaald. Hierbij wordt de gesedimenteerde hoeveelheid als functie van de concentratie in het water beschouwd:

Figuur A-11 geeft deze berekening weer bij een stroomsnelheid van 1 m/s. Het blijkt dat er maximaal (op de stortlocatie) 0,125 m³ per 5m lengte sedimenteert. Wanneer de beïnvloede breedte 1 m bedraagt sedimenteert er dus bij deze storthoeveelheid maximaal een laag van 2,5 cm slib. Een maximale hoeveelheid sedimenteert bij een stort van 8000 m³ met een slibgehalte van 3 % (240 m³). Bij een beïnvloede breedte van 1 m sedimenteert er dus maximaal een laag van 6 cm slib.



Figuur A-10 Concentratieverhoging slib op stortlocatie

Figuur A-11 Gesedimenteerde hoeveelheid slib bij het storten van 5000 m³

onzekerheden in de gebruikte methoden

De gebruikte modellen voor zand- en slibtransport geven niet de werkelijke situatie van storten en transport weer. Een model is natuurlijk altijd een benadering van de werkelijkheid, maar de gebruikte modellen zijn niet helemaal representatief voor het werkelijke proces. In het stortproces wordt de dichtheidsstroom niet helemaal correct beschreven en bij het transport wordt turbulentie, zeer belangrijk in de Westerschelde, niet meegenomen en verspreiding door advectie zeer gesimplificeerd. De beschreven effecten moeten dan ook gezien worden als een indicatie en niet als een werkelijke procesbeschrijving.

Bijlage 1 De verdeling van de baggerspecie bij de verschillende alternatieven

Verdeling baggerspecie (miljoen m³) volgens alternatief A

Naam stortvak	nr.	VERRUIMING				ONDERHOUD na verdieping	Inrichtingsvoorwaarden
		jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4		
Schaar van de Noord	2	0,1	0,1	0,1	0,1	3,0	
Schaar van Waarde	6	0,6	0,6	0,6	0,6	3,0	
Platen van Ossenisse	9	0,3	0,3	0,3	0,3	3,0	
Gat van Ossenisse	11	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5	
Biezelingse Ham	19	1,5	1,5	1,5	1,5	2,3	
Ebschaar Everingen	13	1,8	1,8	1,8	1,8	-	
Ellewoutsdijk	20	6,0	6,0	6,0	6,0	-	
Everingen	14	3,2	5,1	2,0	2,0	1,2	
Schaar v.d. Spijkerplaat	15	-	0,8	-	-	-	
Schoone Waardin	21	-	-	-	-	-	
Kust Vlissingen	25	-	-	0,05	-	-	
Kust Zeeuws-Vlaanderen	22	-	-	0,45	0,5	-	
W2 Wieringen	17	-	-	-	-	-	
- afvoer tertiaire en kwartaire klei		-	-	1,1	1,1	-	
TOTAAL		15,2	17,9	15,6	15,6	14,0	

Verdeling baggerspecie (miljoen m³) volgens alternatief B

Naam stortvak	nr.	VERRUIMING				ONDERHOUD na verdieping	Inrichtingsvoorwaarden
		jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4		
Schaar van de Noord ¹	2	0,1	0,1	0,1	0,1	3,0	
Schaar van Waarde	6	-	-	-	-	-	
Platen van Osenisse	9	0,3	0,3	0,3	0,3	3,0	
Gat van Osenisse	11	1,7	1,7	1,7	1,7	3,0	
Biezelings Ham	19	1,5	1,5	1,5	1,5	3,0	
Ebschaar Everingen	13	1,8	1,8	1,8	1,8	-	
Ellewoudsdijk	20	5,5	6,0	4,3	4,3	-	Alleen stort bij afnemend getij
Everingen	14	-	2,2	-	-	-	Alleen stort bij afnemend getij
Schaar v.d. Spijkerplaat	15	4,3	4,3	4,3	4,3	2,0	
Schoone Waardin	21	-	-	0,65	0,65	-	Niet storten in periode maart tot mei
Kust Vlissingen	25	-	-	0,05	-	-	Niet storten in periode juni tot oktober
Kust Zeeuws-Vlaanderen	22	-	-	0,45	0,5	-	Niet storten in periode juni tot oktober
W2 Wieringen	17	-	-	-	-	-	
- afvoer Kwataire klei		-	-	0,45	0,45	-	
TOTAAL		15,2	17,9	15,6	15,6	14,0	

Verdeling baggerspecie (miljoen m³) volgens alternatief C

Naam stortvak	nr.	VERRUIMING				ONDERHOUD na verdieping	Inrichtingsvoorwaarden
		jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4		
Schaar van de Noord ¹	2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	
Schaar van Waarde	6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	
Platen van Ossenisse	9	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	
Gat van Ossenisse	11	1,3	1,7	1,2	1,2	0,8	
Bitzelingse Ham	19	1,3	1,5	1,2	1,2	0,8	
Ebschaar Everingen	13	1,4	1,7	1,3	1,3	0,8	
Ellewoutsdijk	20	3,4	4,0	3,1	3,1	3,1	
Everingen	14	3,4	4,0	3,1	3,1	3,2	
Schaar v.d. Spijkerplaat	15	3,4	4,0	3,1	3,1	3,2	
Schoone Waardin	21	-	-	-	-	-	
Kust Viissingen	25	-	-	0,05	-	-	
Kust Zeeuws-Vlaanderen	22	-	-	0,45	0,5	-	
W2 Wielingen	17	-	-	-	-	-	
- afvoer tertiaire en kwartaire klei		-	-	1,1	1,1	-	
TOTAAL		15,2	17,9	15,6	15,6	14,0	

Verdeling baggerspecie (miljoen m³) volgens alternatief D

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

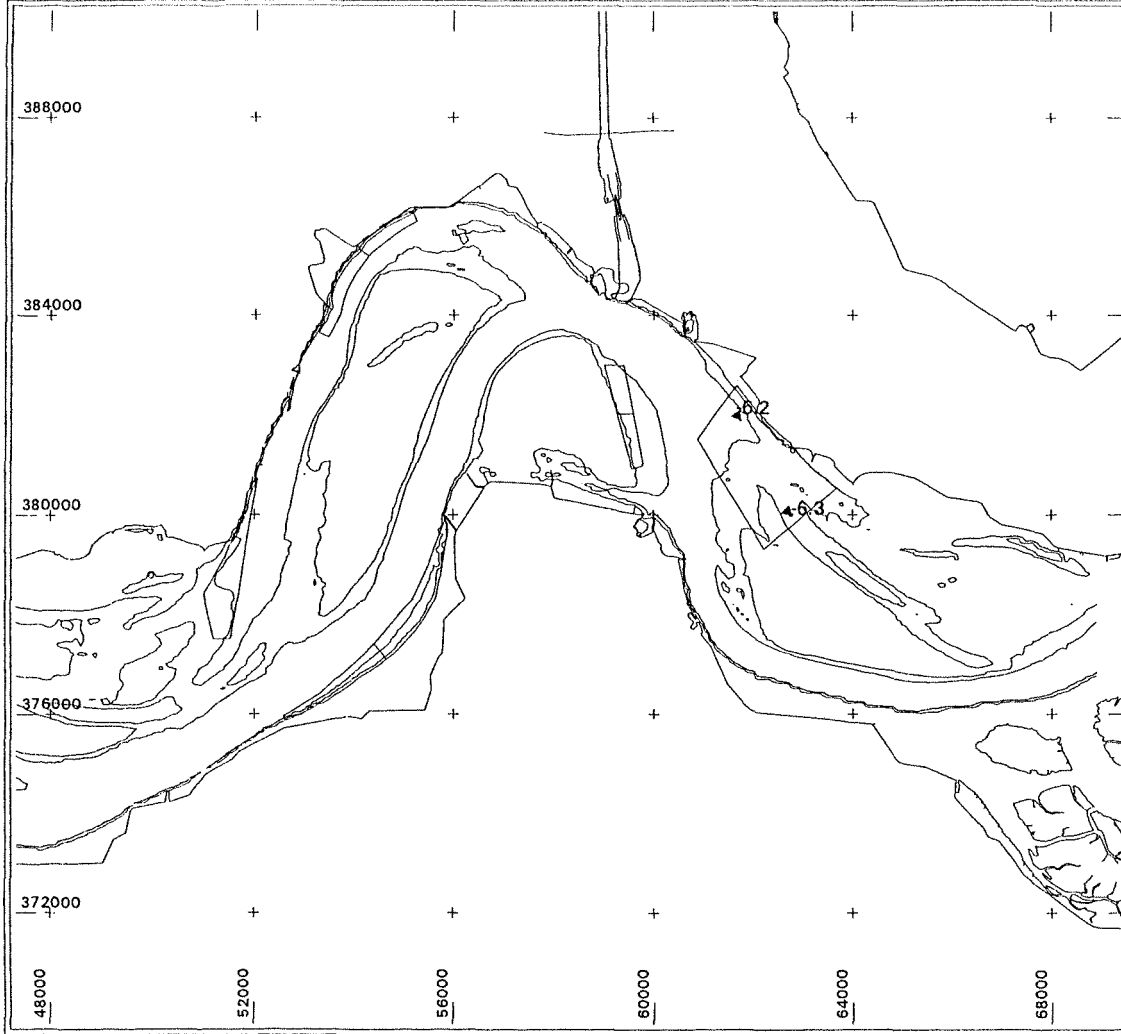
Verdeling baggerspecie (miljoen m³) volgens alternatief E

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

Verdeling baggerspecie (miljoen m³) volgens alternatief F

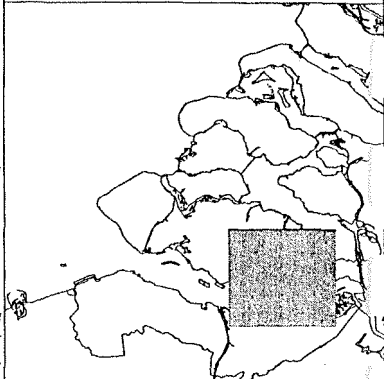
Naam stortvak	nr.	VERRUIMING				ONDERHOUD na verdieping	Inrichtingsmaatregelen
		jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4		
Schaar van de Noord	2	-	-	-	-	-	
Schaar van Waarde	6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
Platen van Ossensisse	9	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Gat van Ossensisse	11	2	2	-	-	-	
Biezelingse Ham	19	-	1	1	1	0,8	seizoen
Elbschaar Everingen	13	0,5	1	1	1	0,8	
Ellewoudsdijk	20	2,8	4	3,2	3,2	3,4	
Everingen	14	4,7	4,7	3,9	3,9	4	
Schaar v d. Spijkerplaat	15	4,2	4,2	3,9	3,9	4	
Schoone Waardin	21	-	-	-	-	-	
Kust Viissingen	25	-	-	0,05	-	-	
Kust Zeeuws-Vlaanderen	22	-	-	0,45	0,5	-	
W2 Wielingen	17	-	-	-	-	-	
- afvoer tertiaire en kwartaire klei		-	-	1,1	1,1	-	
TOTAAL		15,2	17,9	15,6	15,6	14,0	

Bijlage 2 Transportpaden van zand en slib



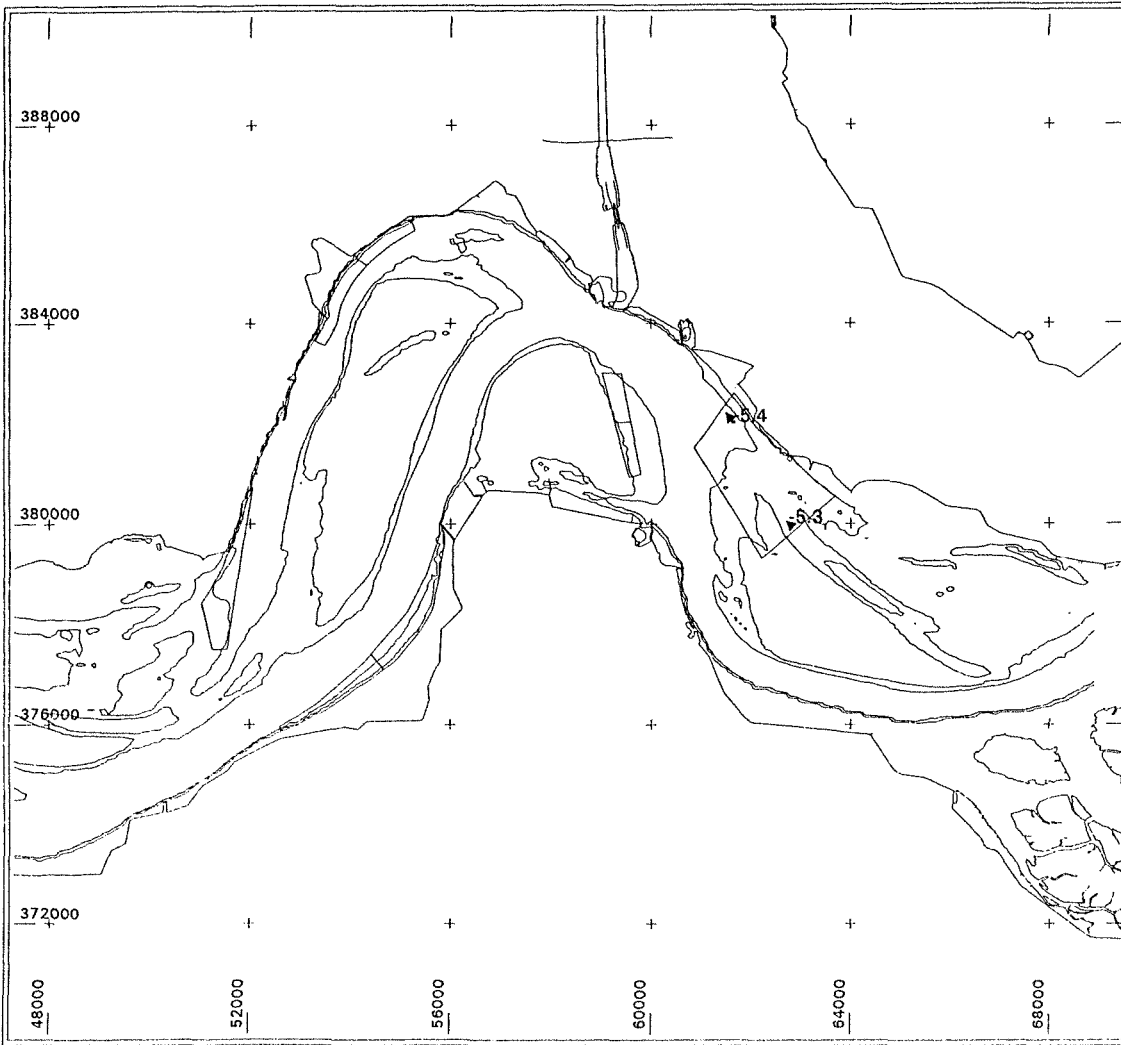
x1 : 61650
y1 : 382018
x2 : 62764
y2 : 380008

Start : 2280
Eind : 2460
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 2.5 cm/s



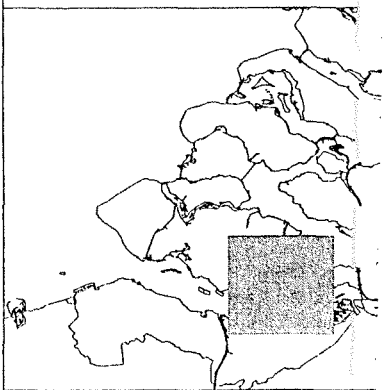
ZANDTRANSPORT
vloed
Sch. v. Waarde
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 61650
y1 : 382018
x2 : 62764
y2 : 380008

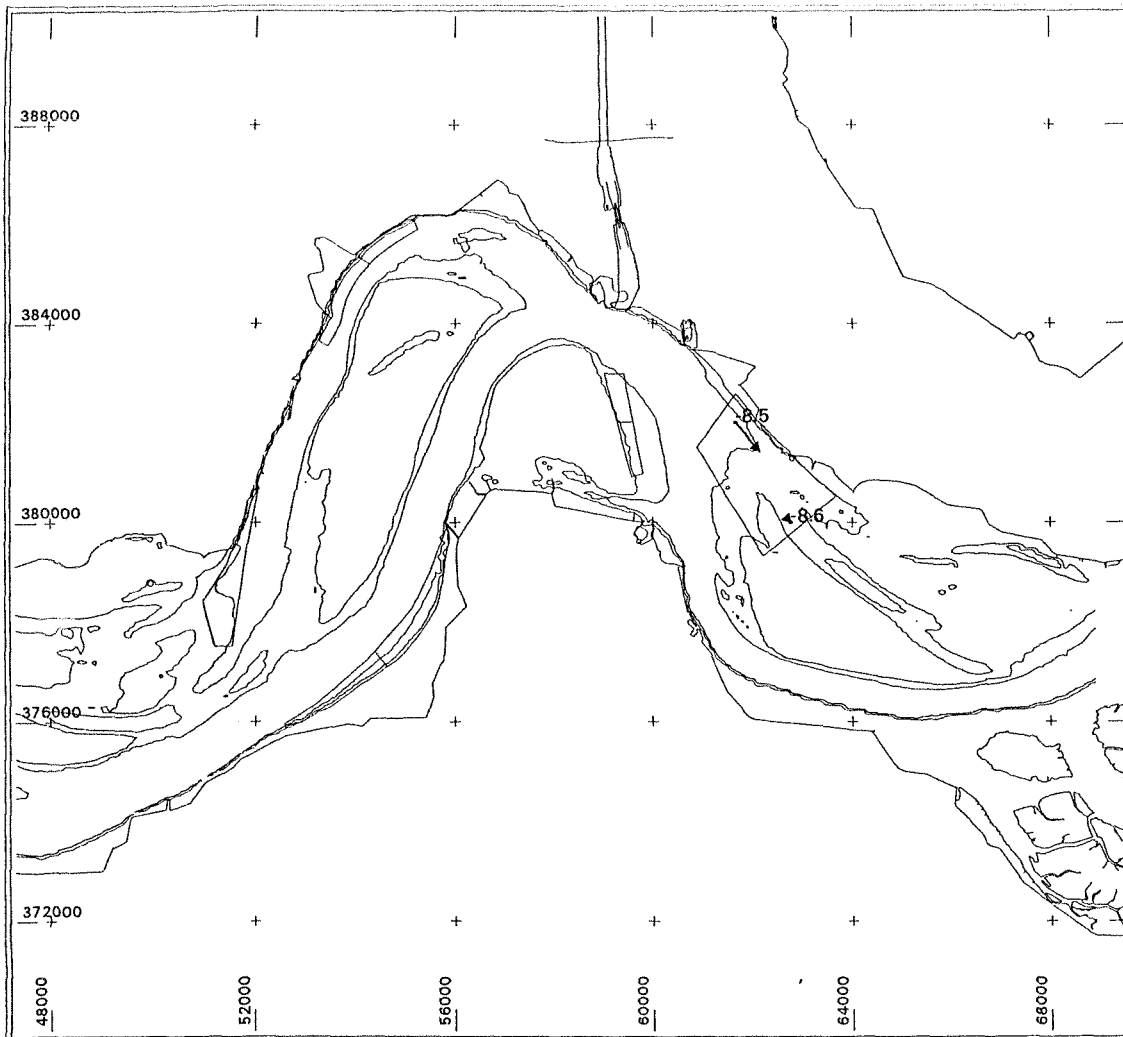
Start : 2520
Eind : 2820
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 2.5 cm/s



ZANDTRANSPORT
eb
Sch. van Waarde
Springtij

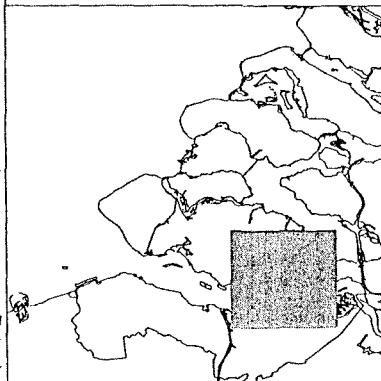
GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL





x1 : 61650
y1 : 382018
x2 : 62764
y2 : 380008

Start : 2100
Eind : 2820
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s

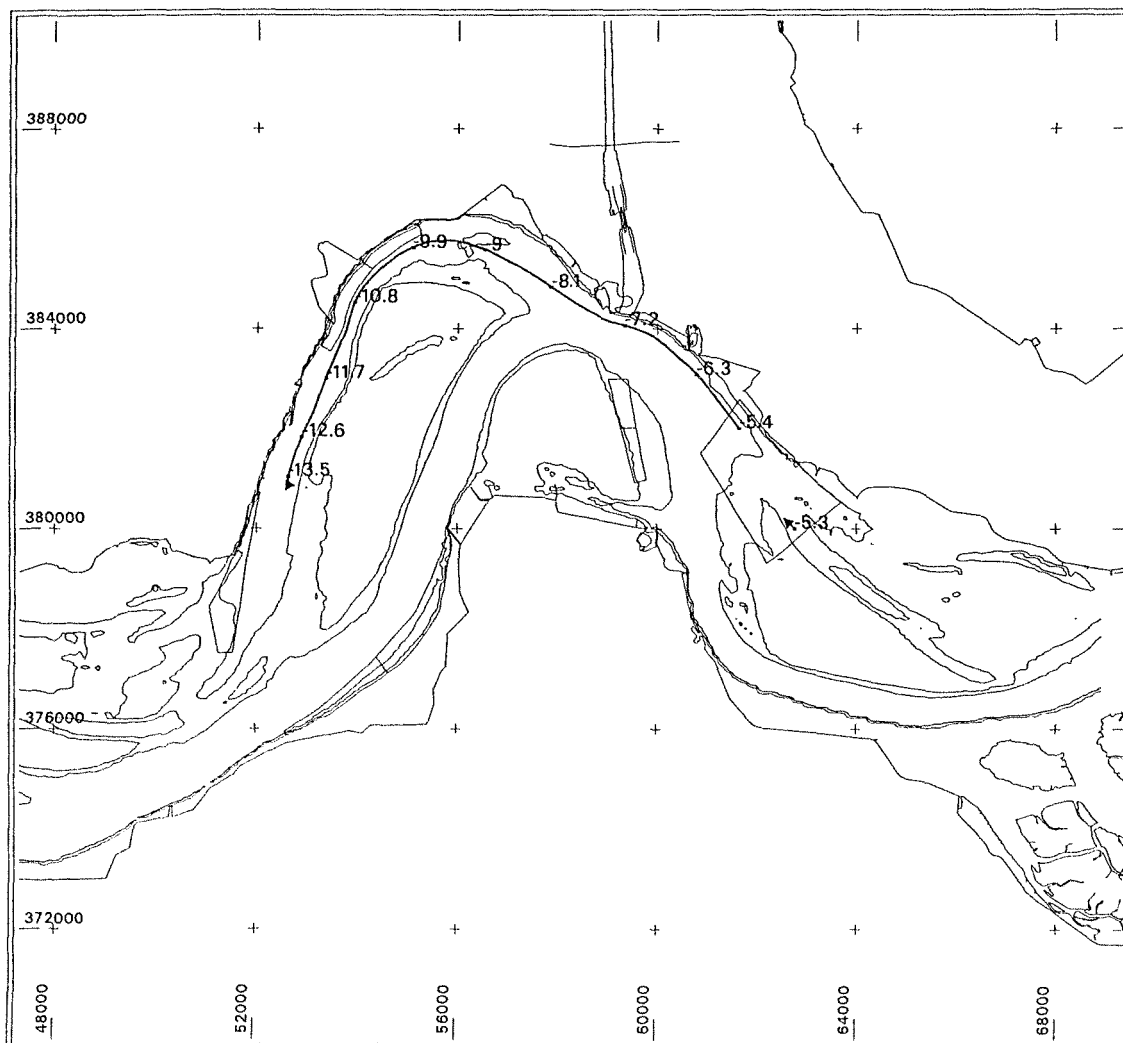


SLIBTRANSPORT

vloed

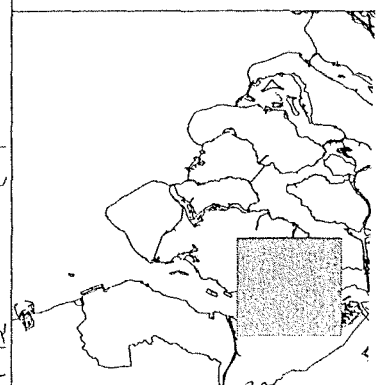
Sch. v. Waarde
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 61650
y1 : 382018
x2 : 62764
y2 : 380008

Start : 2520
Eind : 2400
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s



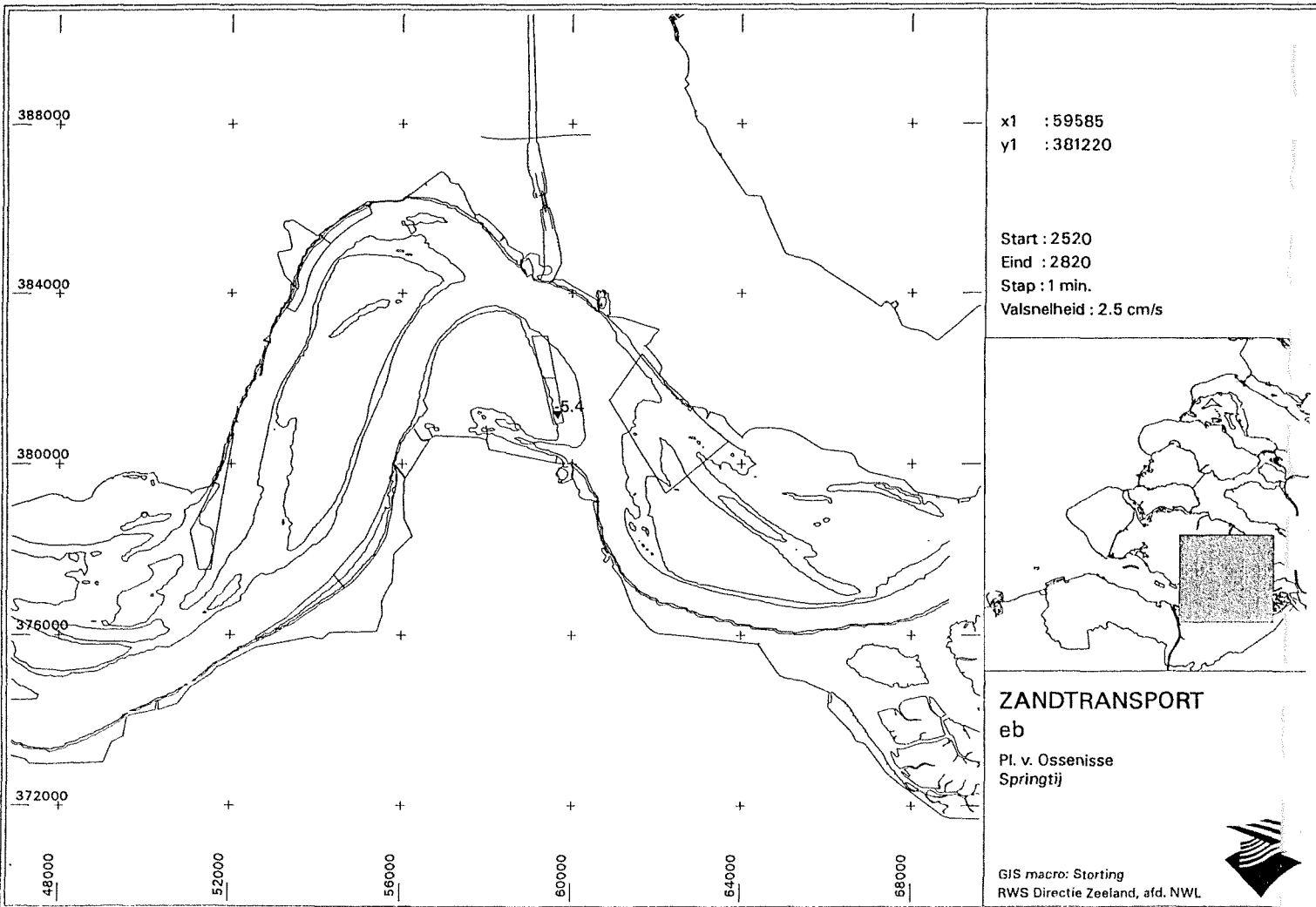
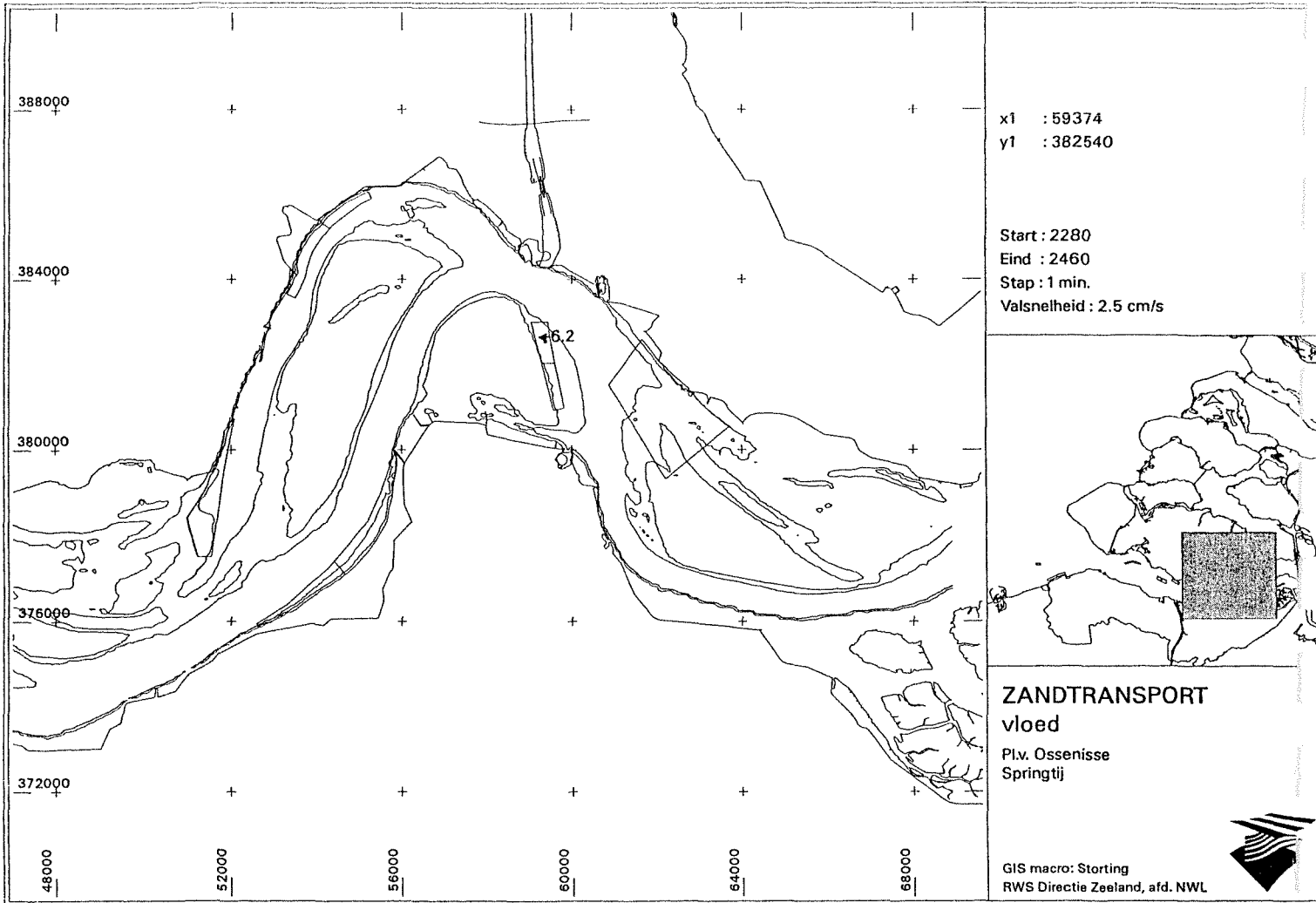
SLIBTRANSPORT

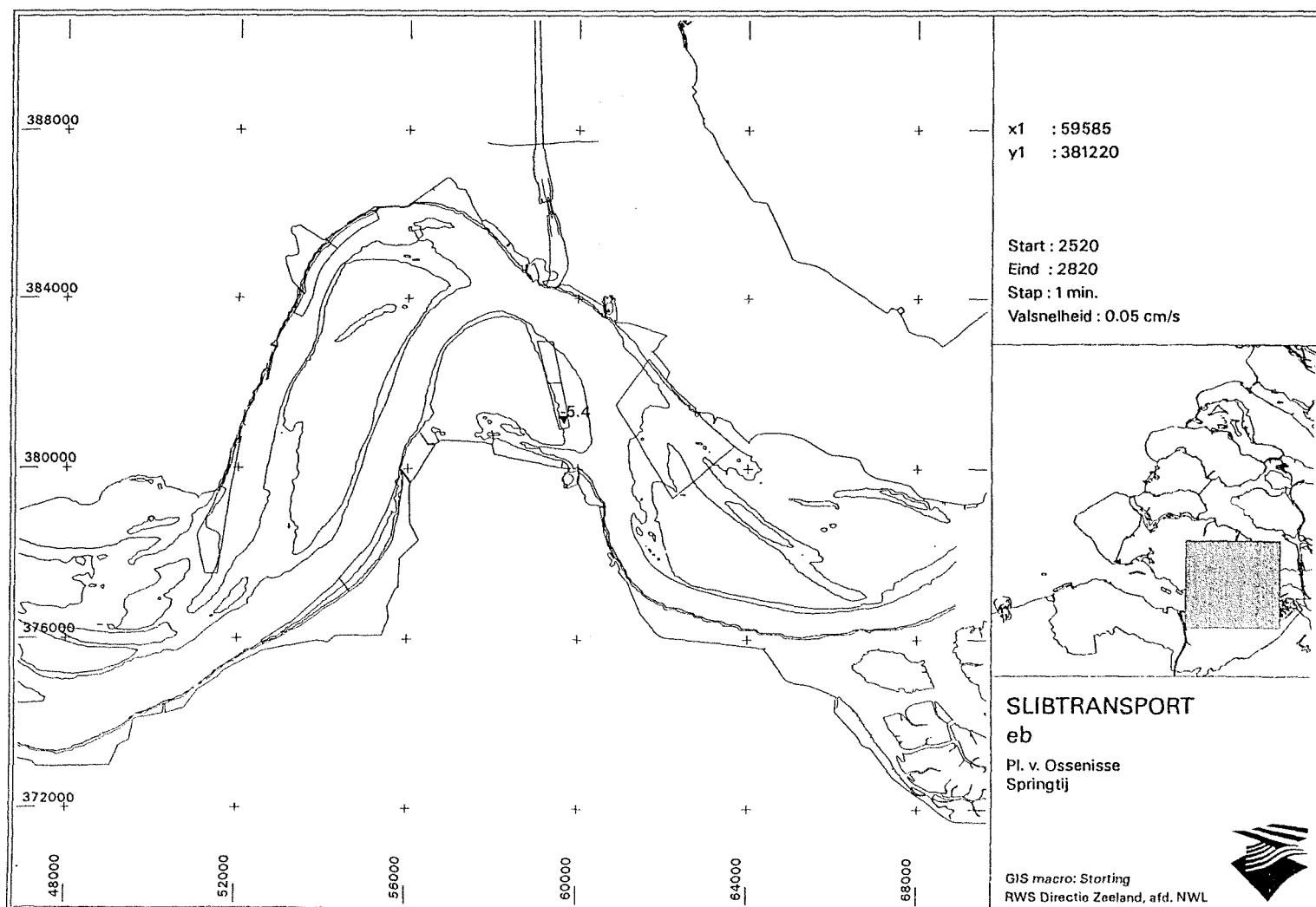
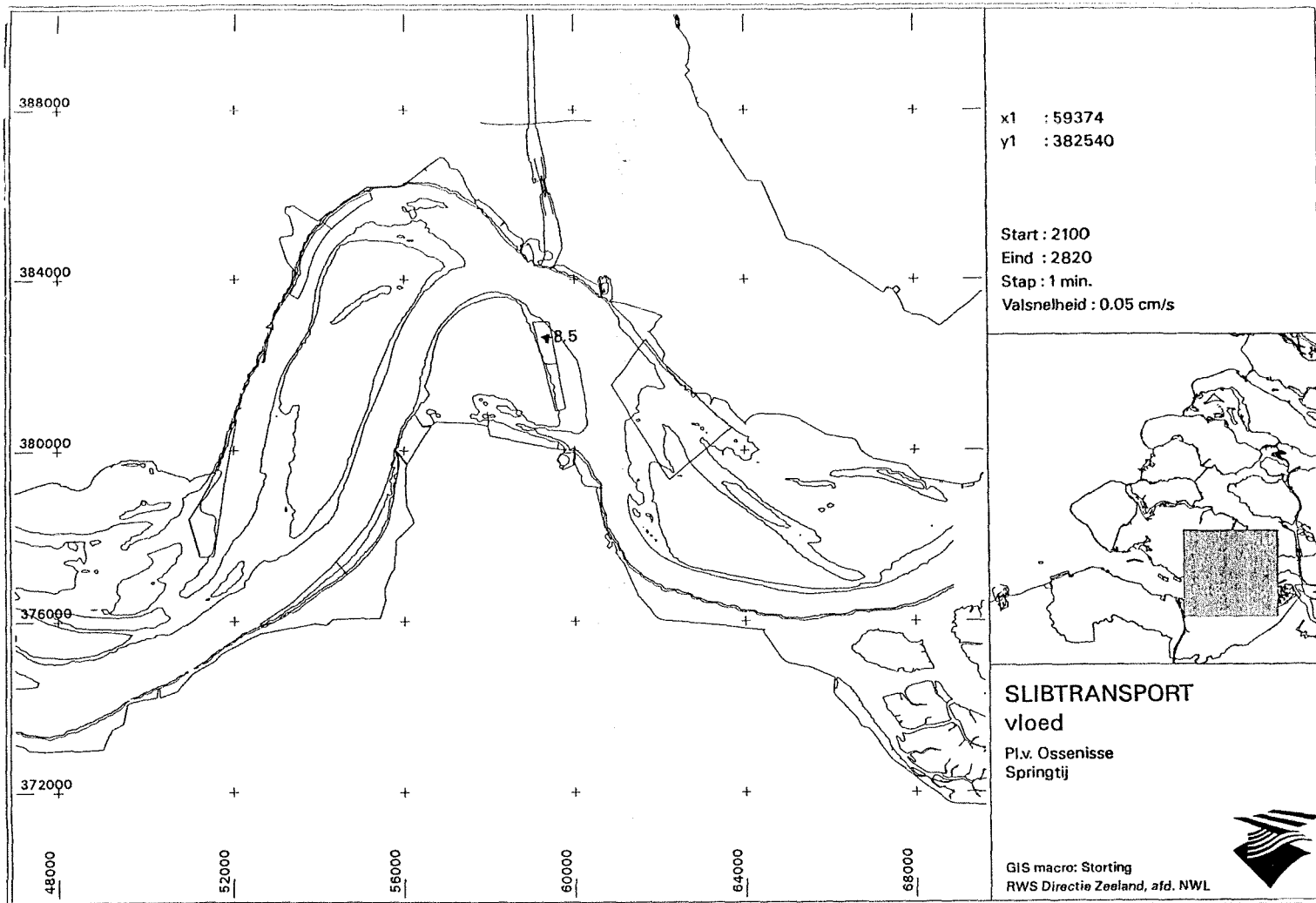
eb

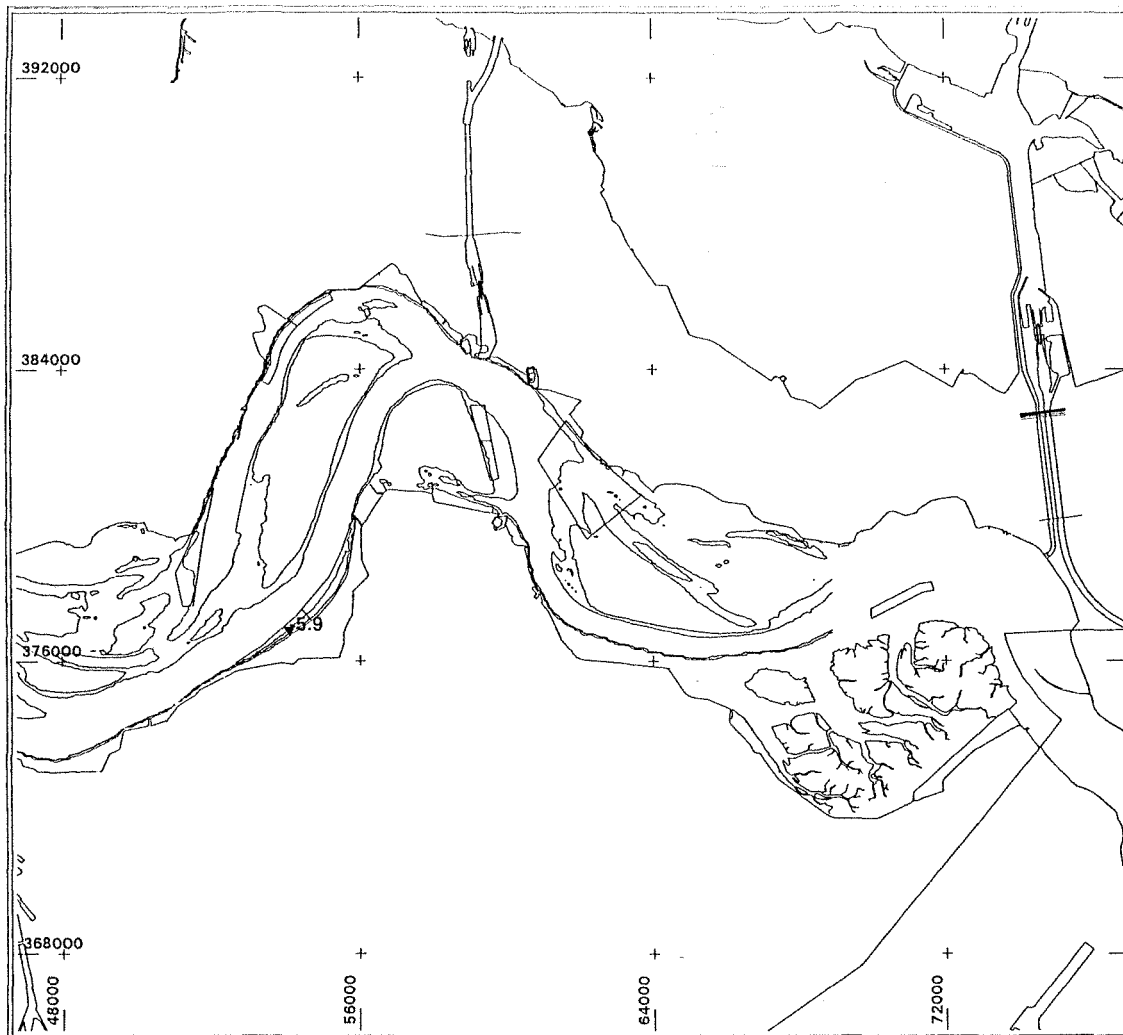
Sch. v. Waarde
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



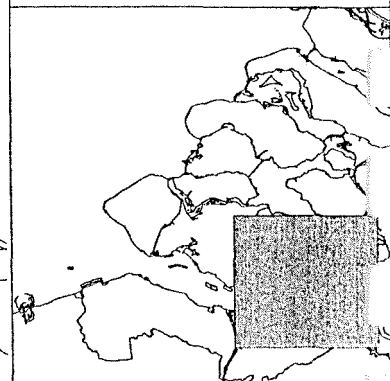






x1 : 54041
y1 : 376837

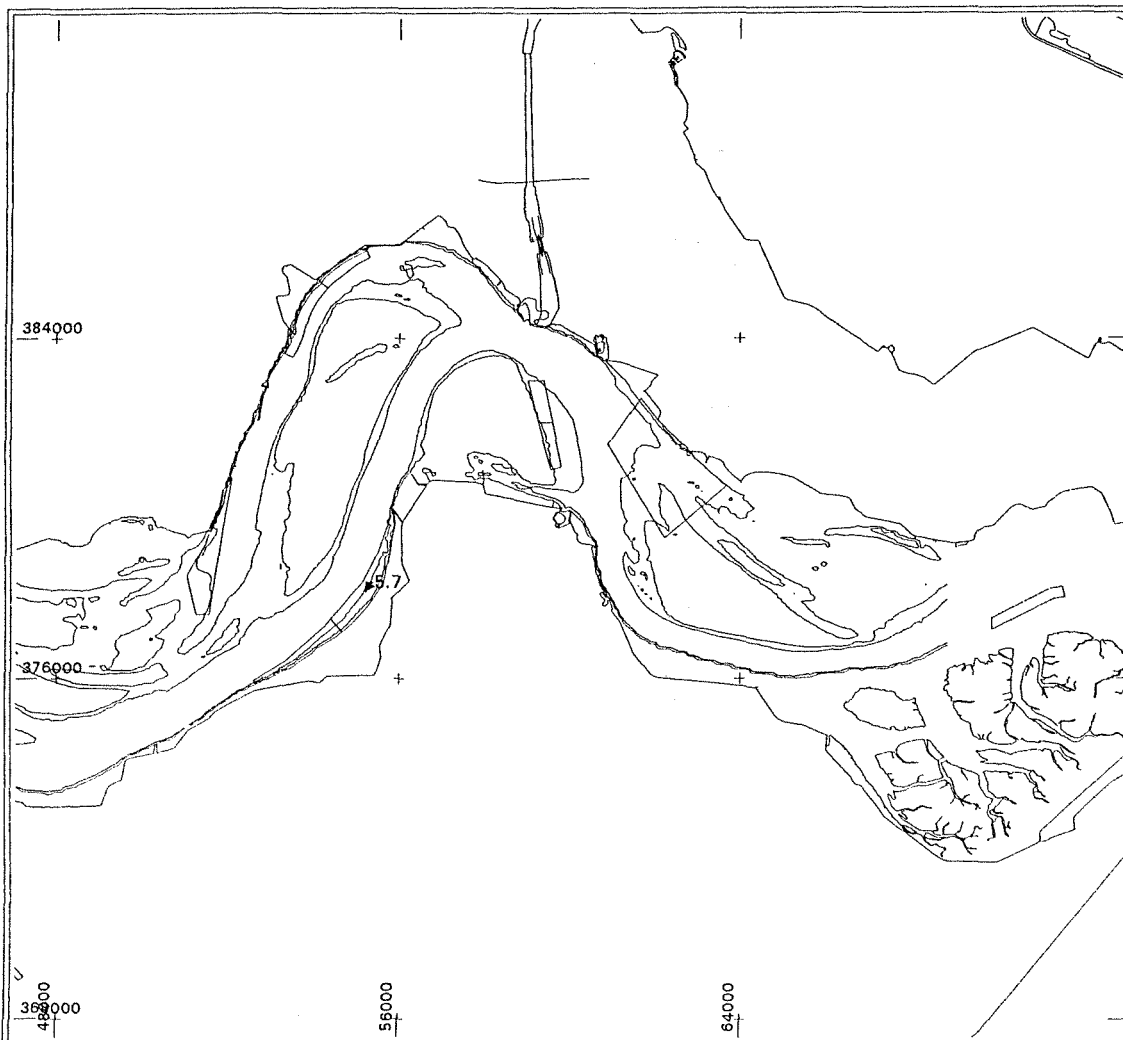
Start : 2280
Eind : 2430
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 2.5 cm/s



ZANDTRANSPORT Vloed

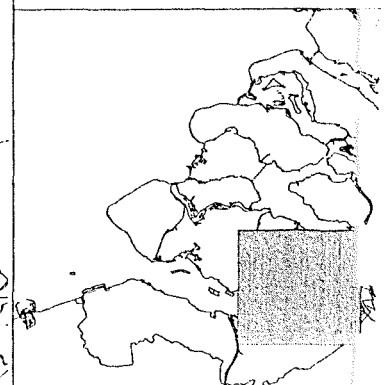
Gat v. Ossenisse
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 55255
y1 : 378134

Start : 2520
Eind : 2820
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 2.5 cm/s

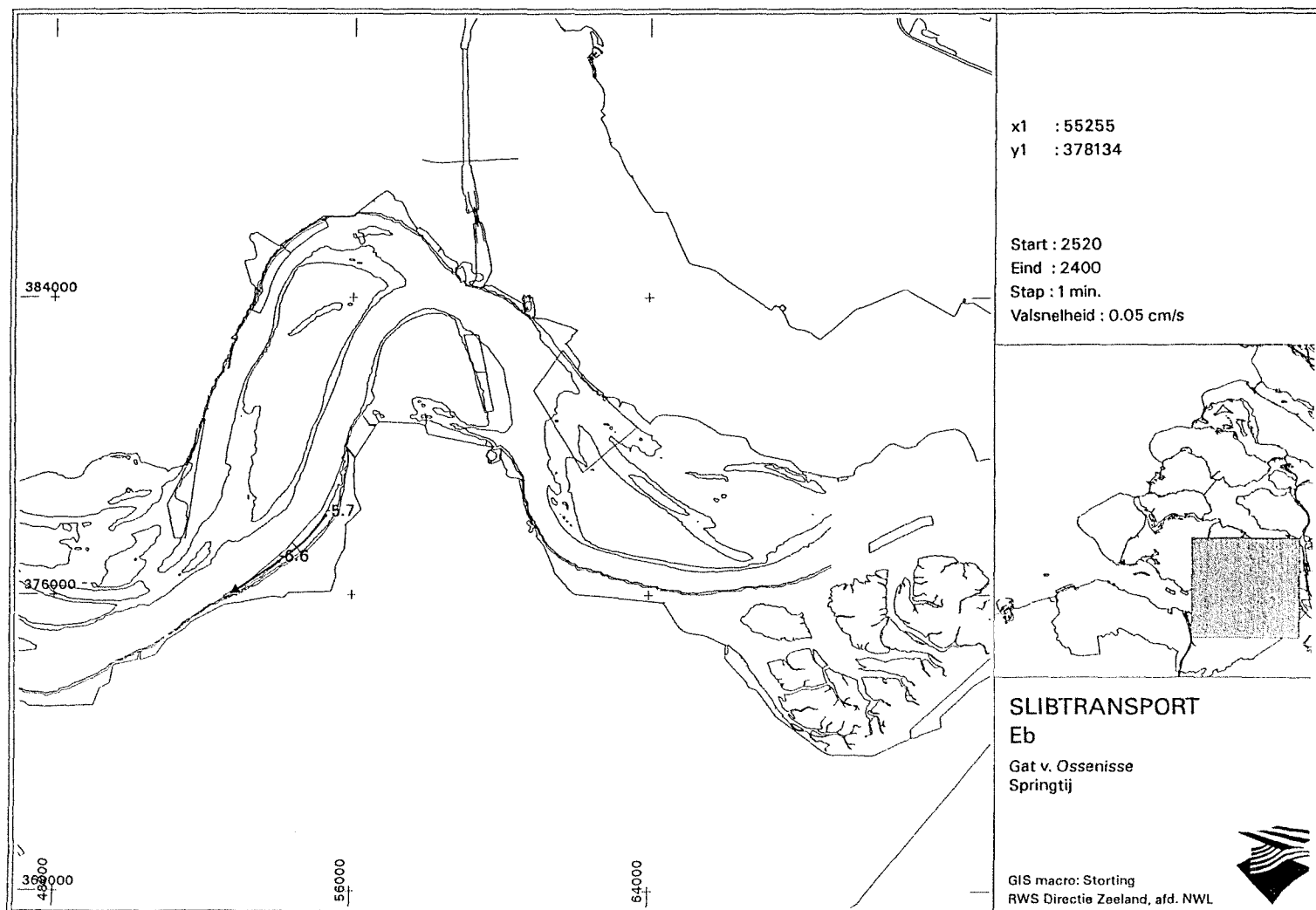
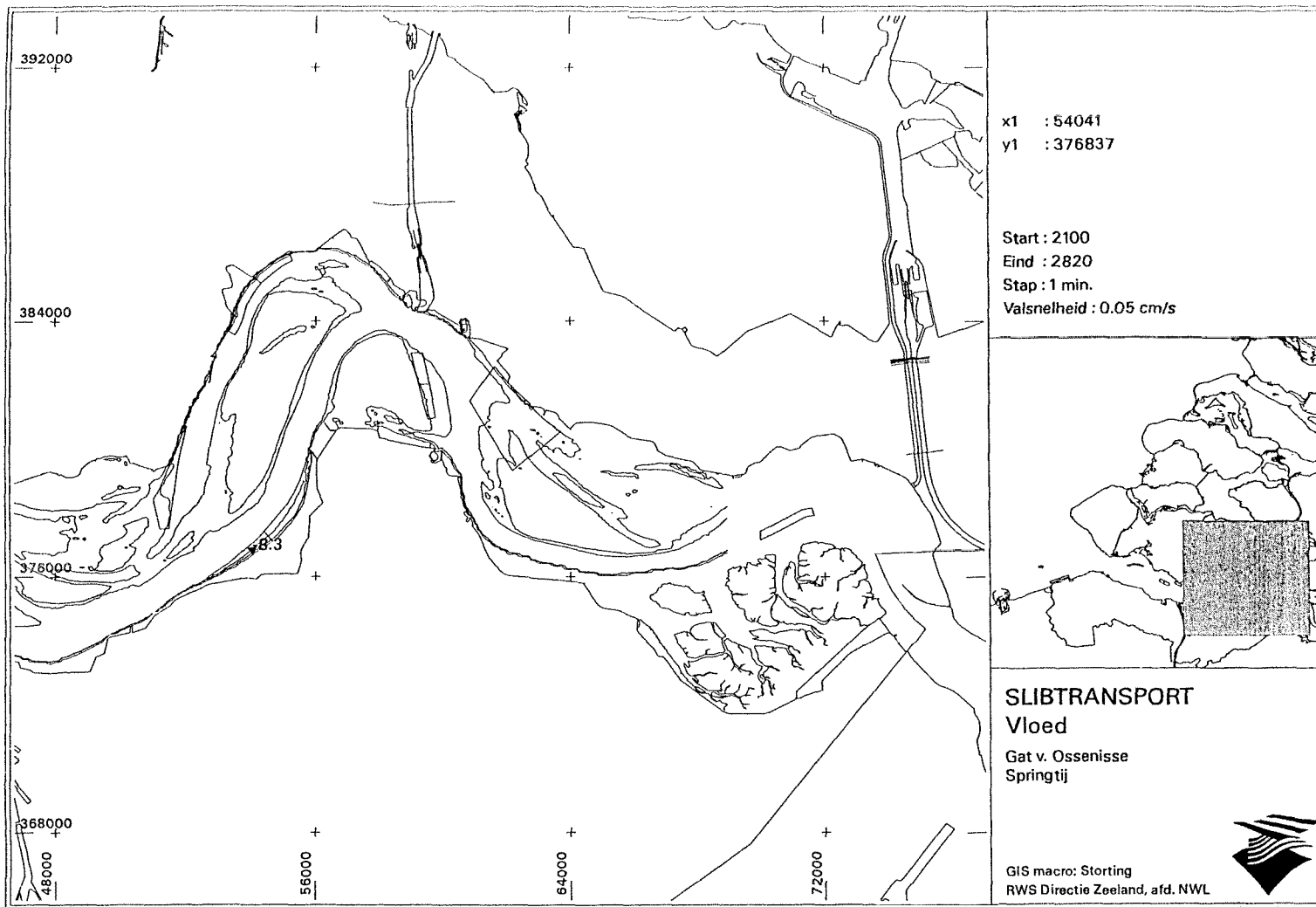


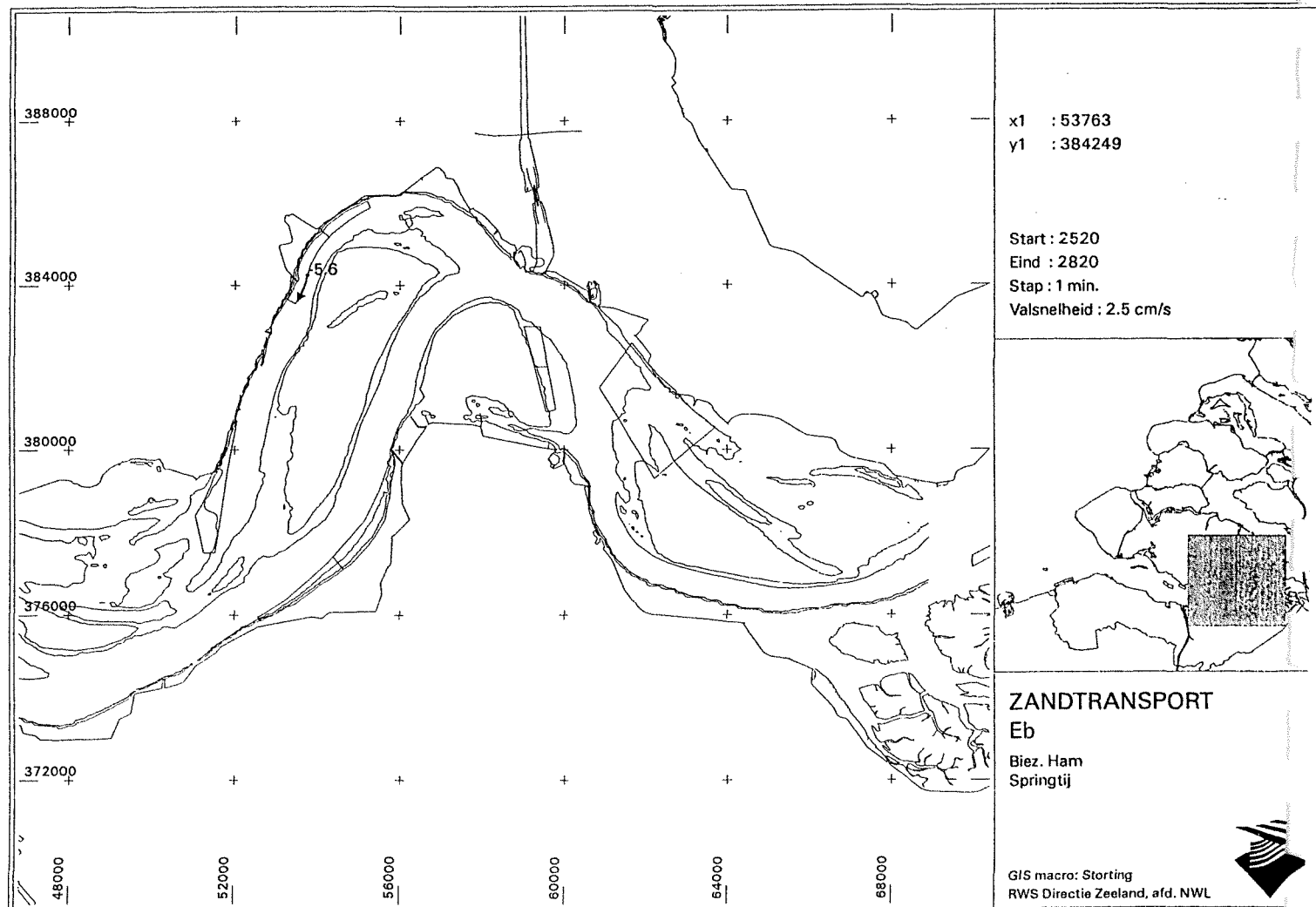
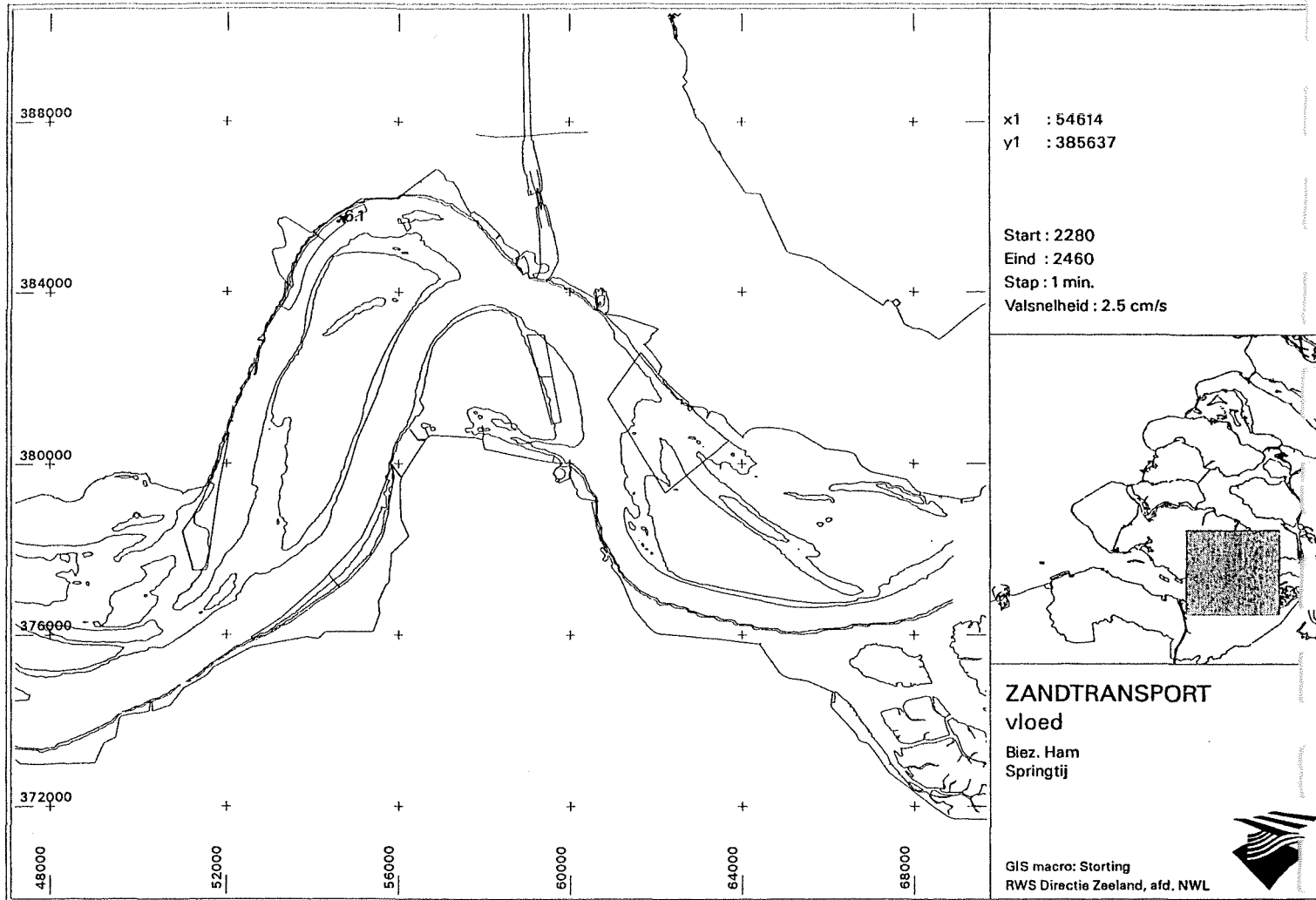
ZANDTRANSPORT Eb

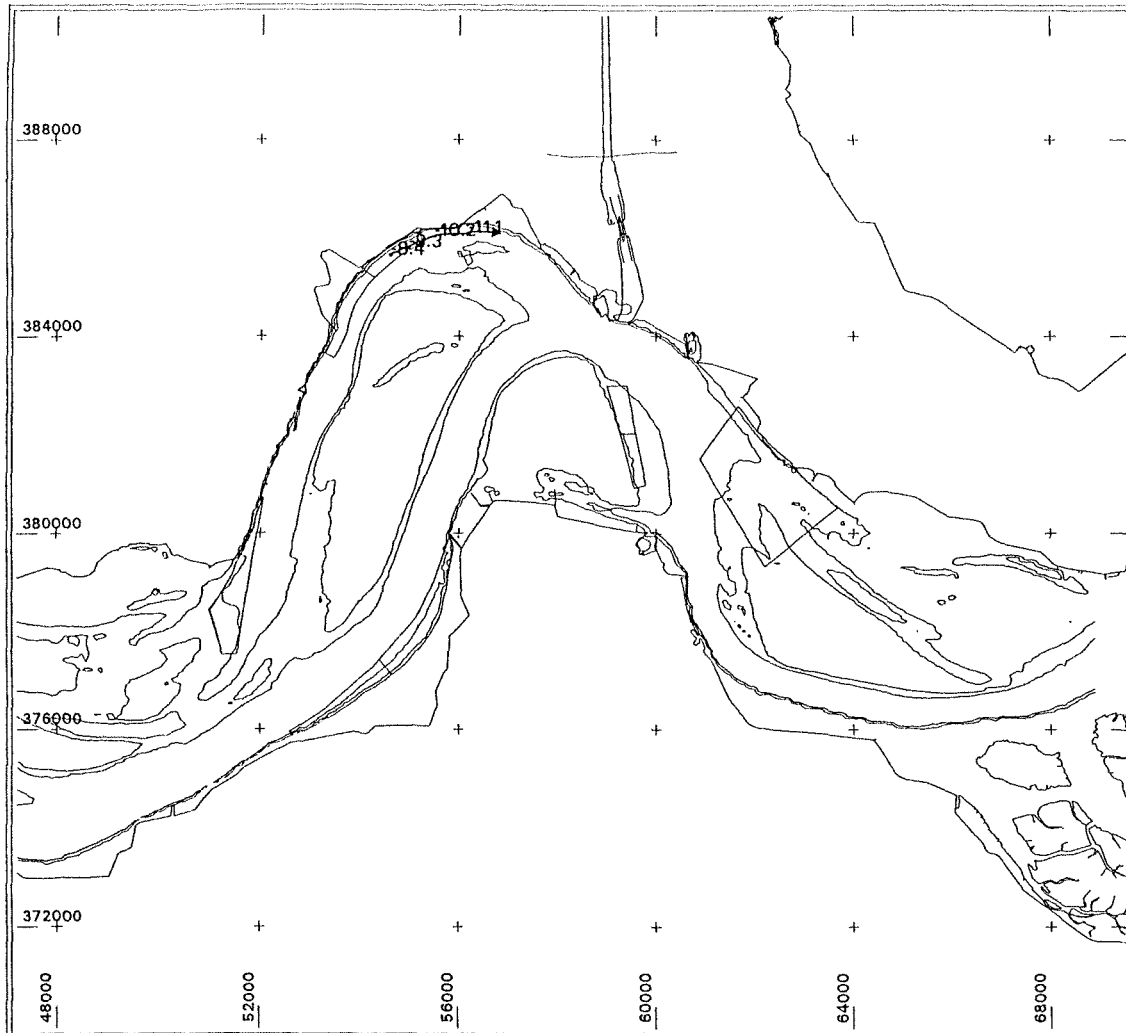
Gat v. Ossenisse
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



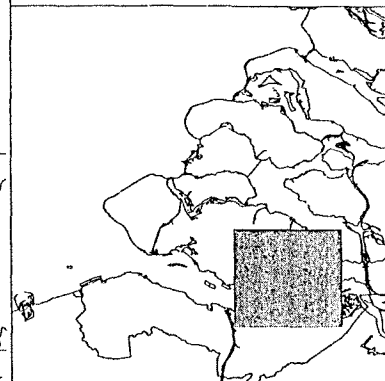






x1 : 54614
y1 : 385637

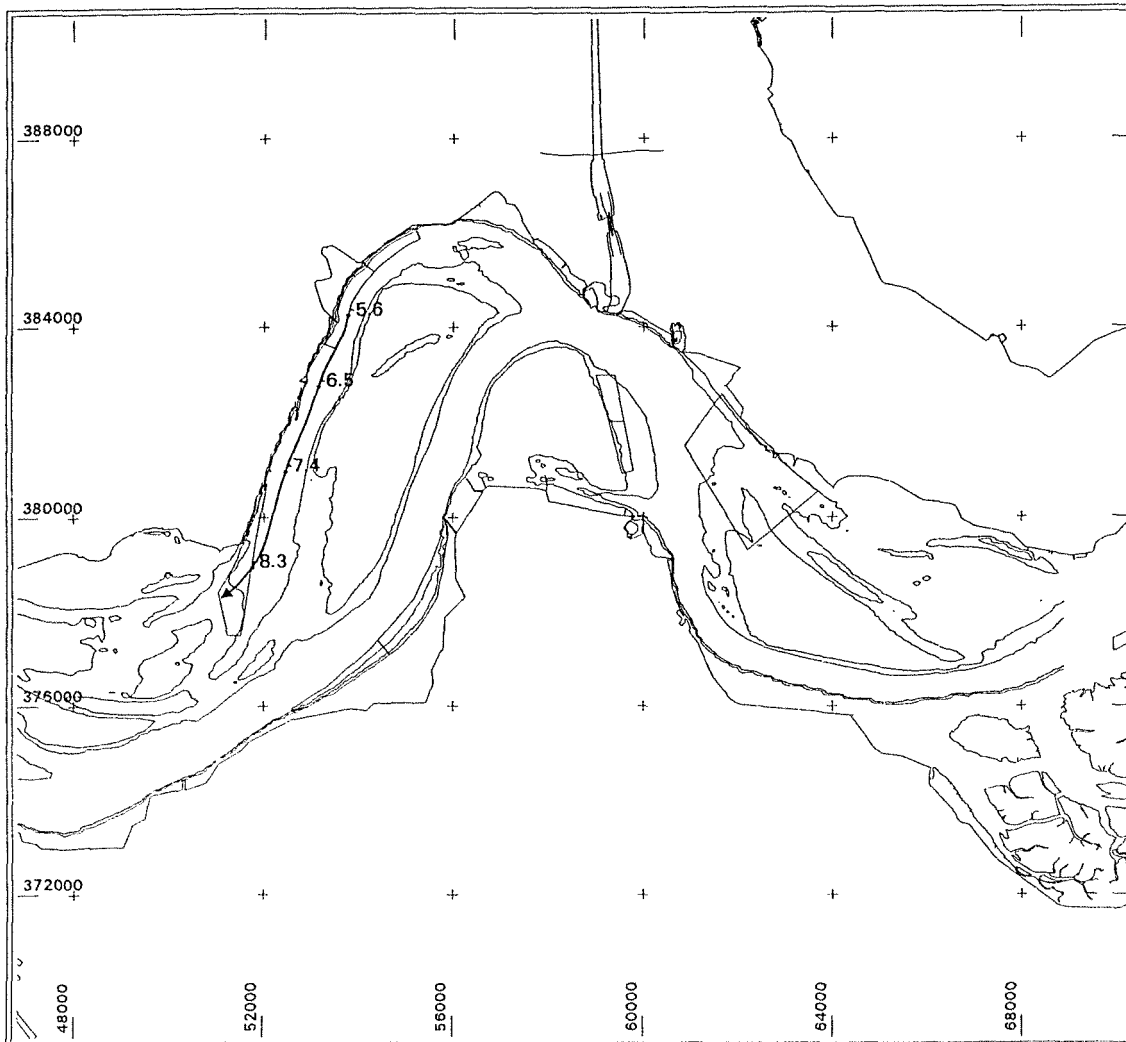
Start : 2100
Eind : 2820
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s



SLIBTRANSPORT vloed

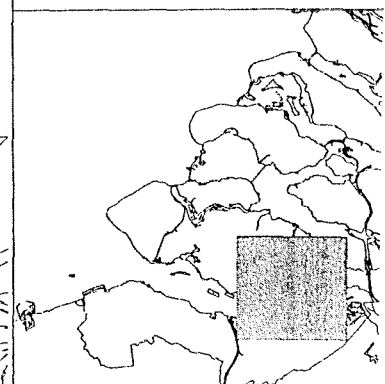
Biez. Ham
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 53763
y1 : 384249

Start : 2520
Eind : 2400
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s

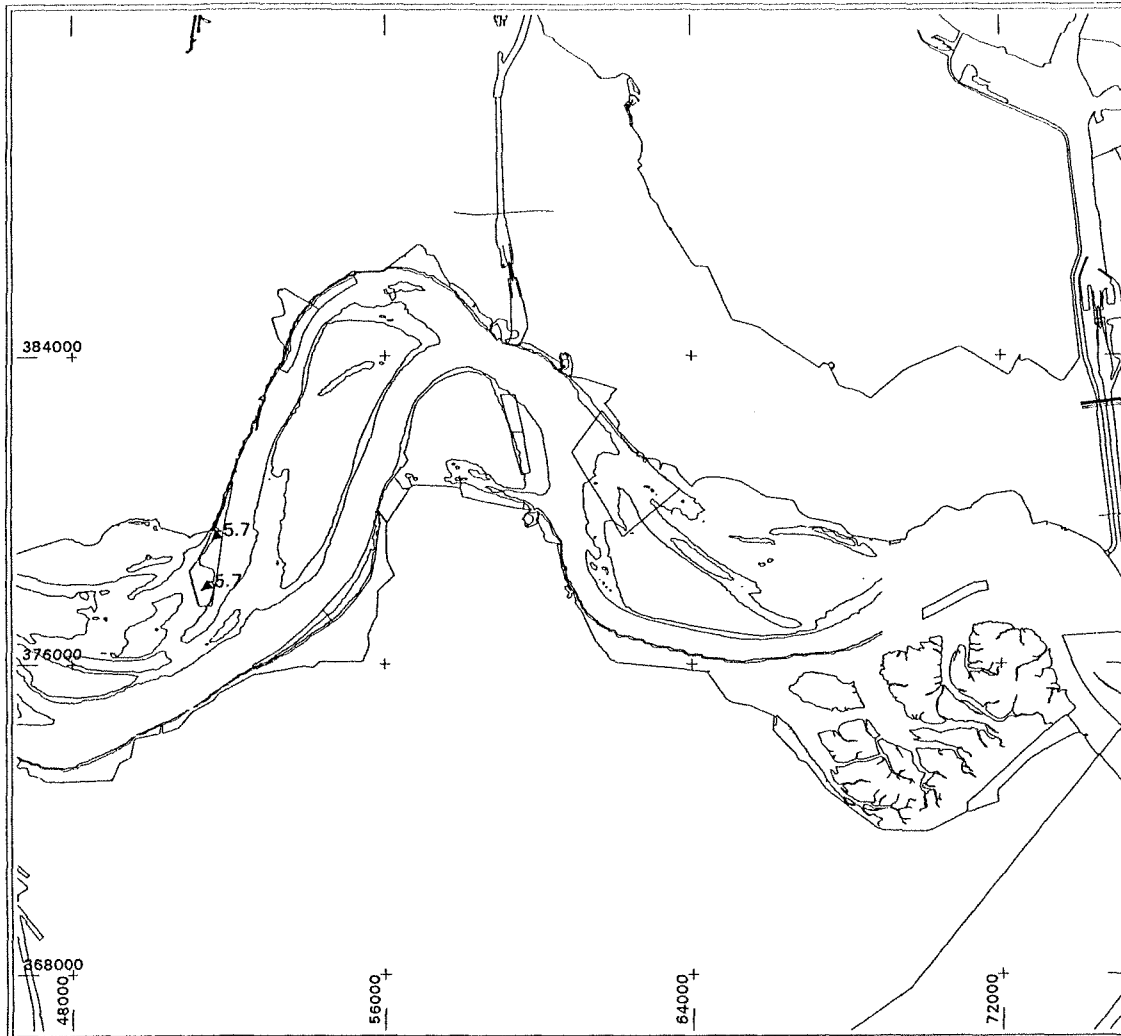


SLIBTRANSPORT Eb

Biez. Ham
Springtij

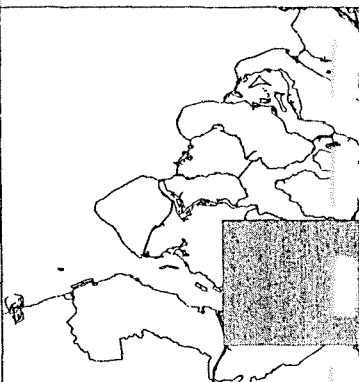
GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL





x1 : 51650
y1 : 379328
x2 : 51403
y2 : 377997

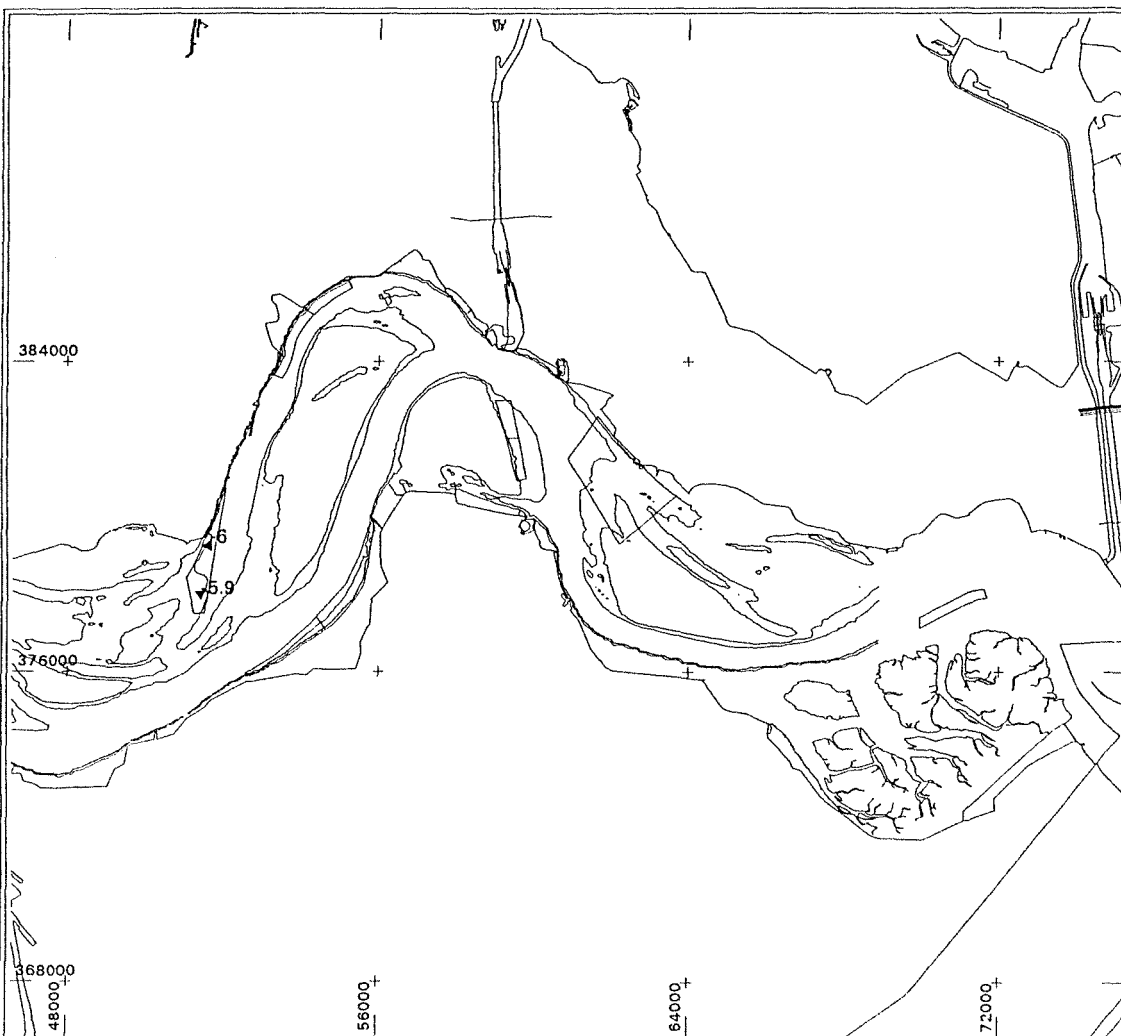
Start : 2520
Eind : 2820
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 2.5 cm/s



ZANDTRANSPORT Eb

Ebschaar naar de Everingen
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 51650
y1 : 379328
x2 : 51403
y2 : 377997

Start : 2280
Eind : 2430
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 2.5 cm/s

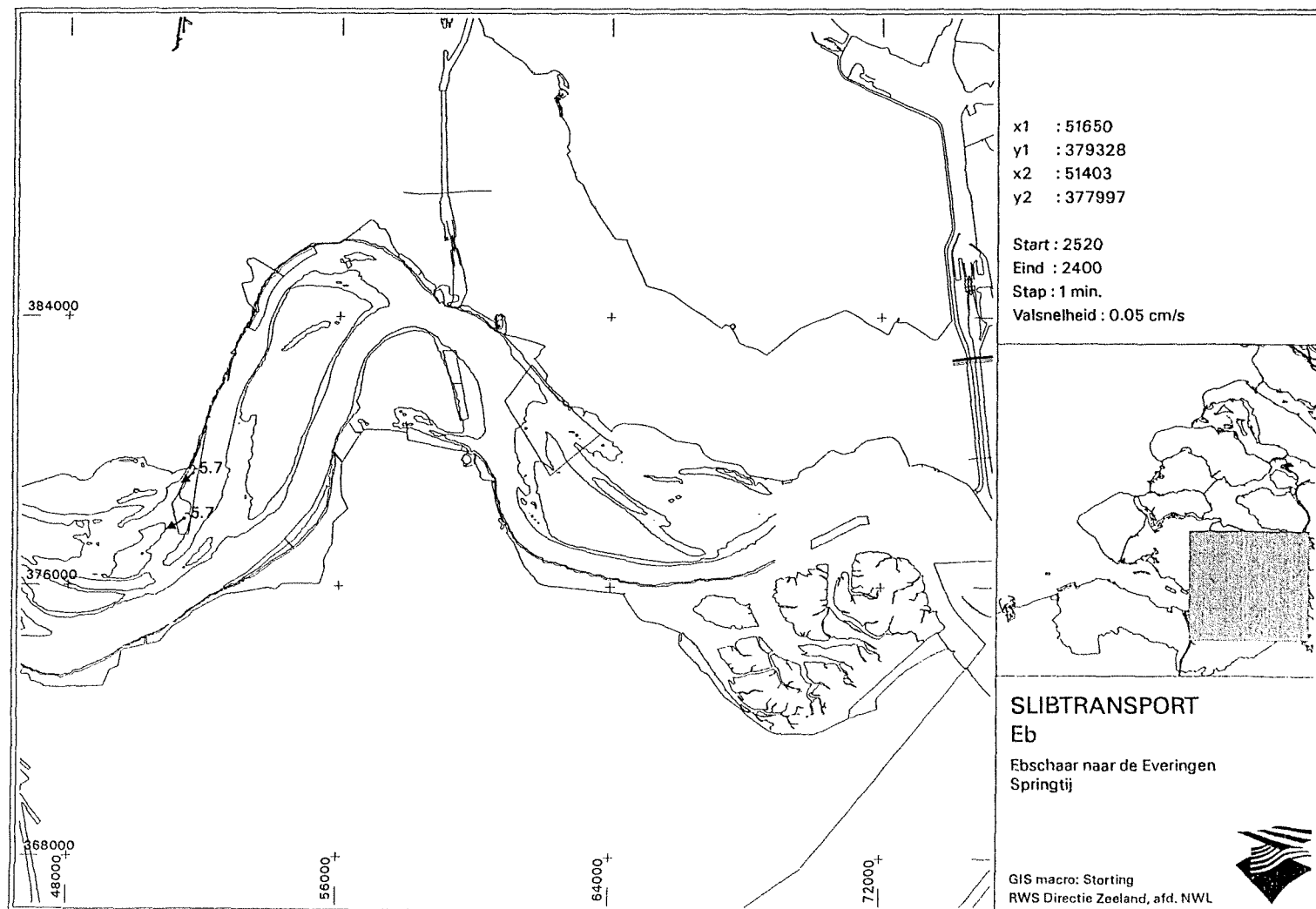
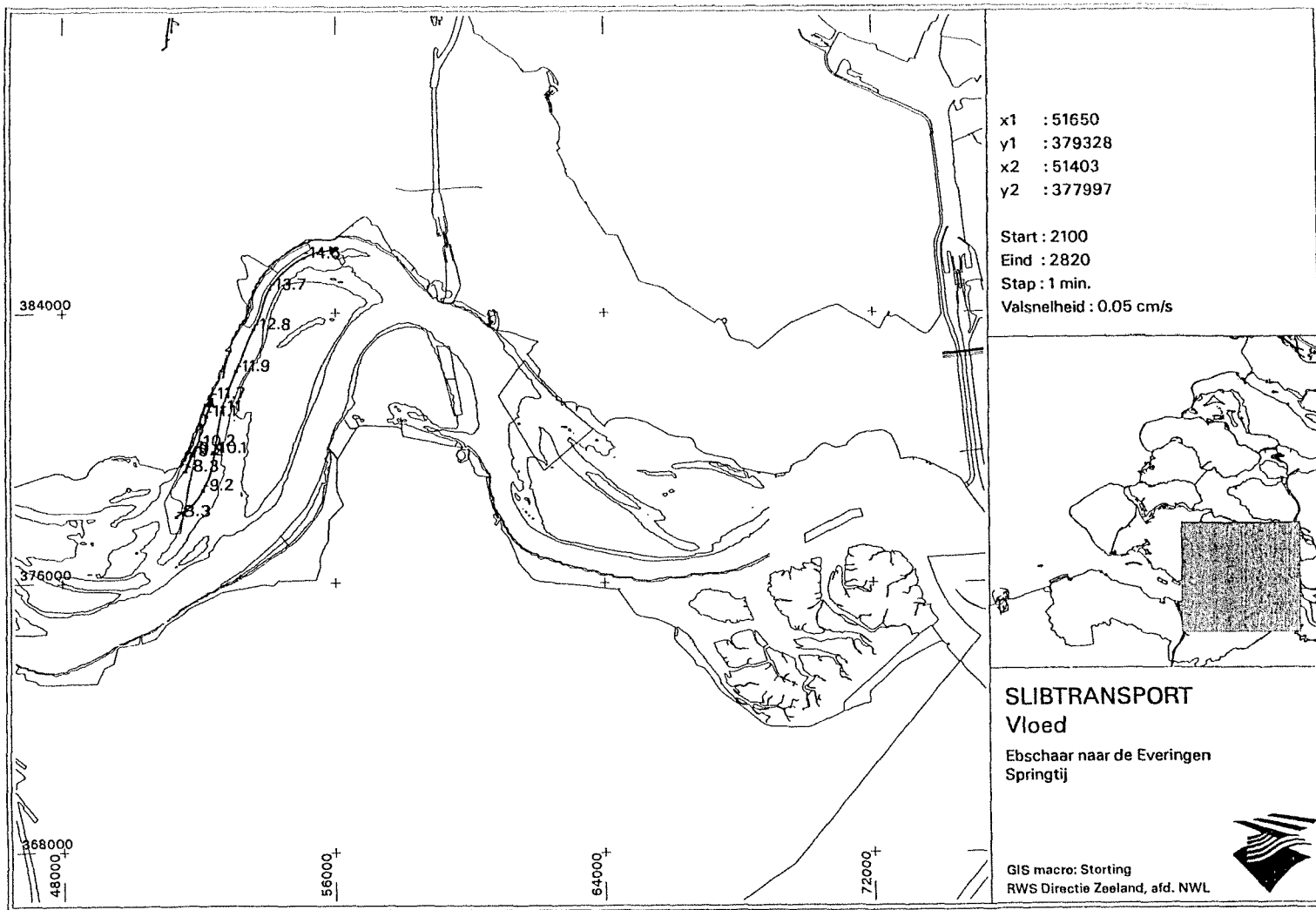


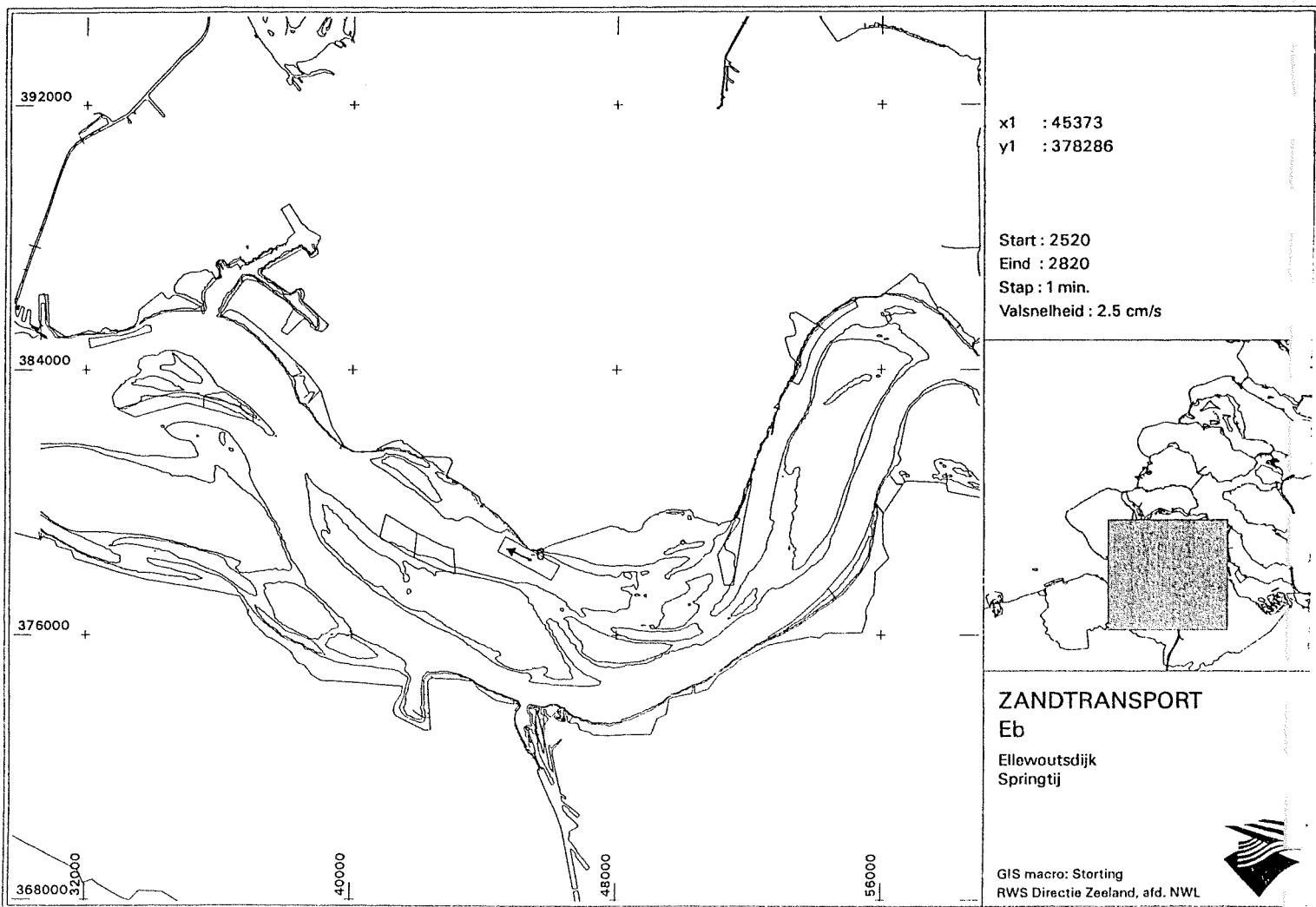
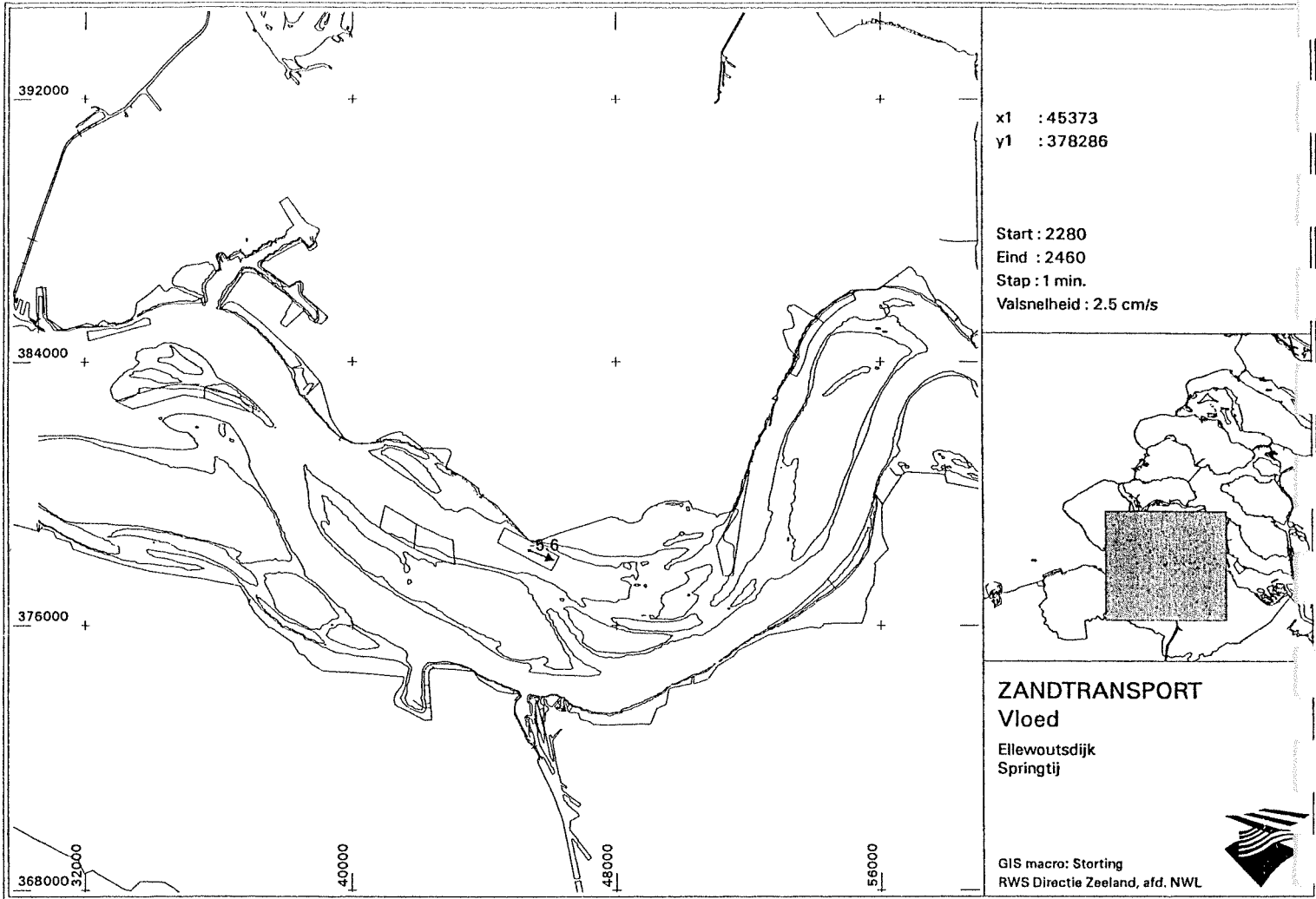
ZANDTRANSPORT Vloed

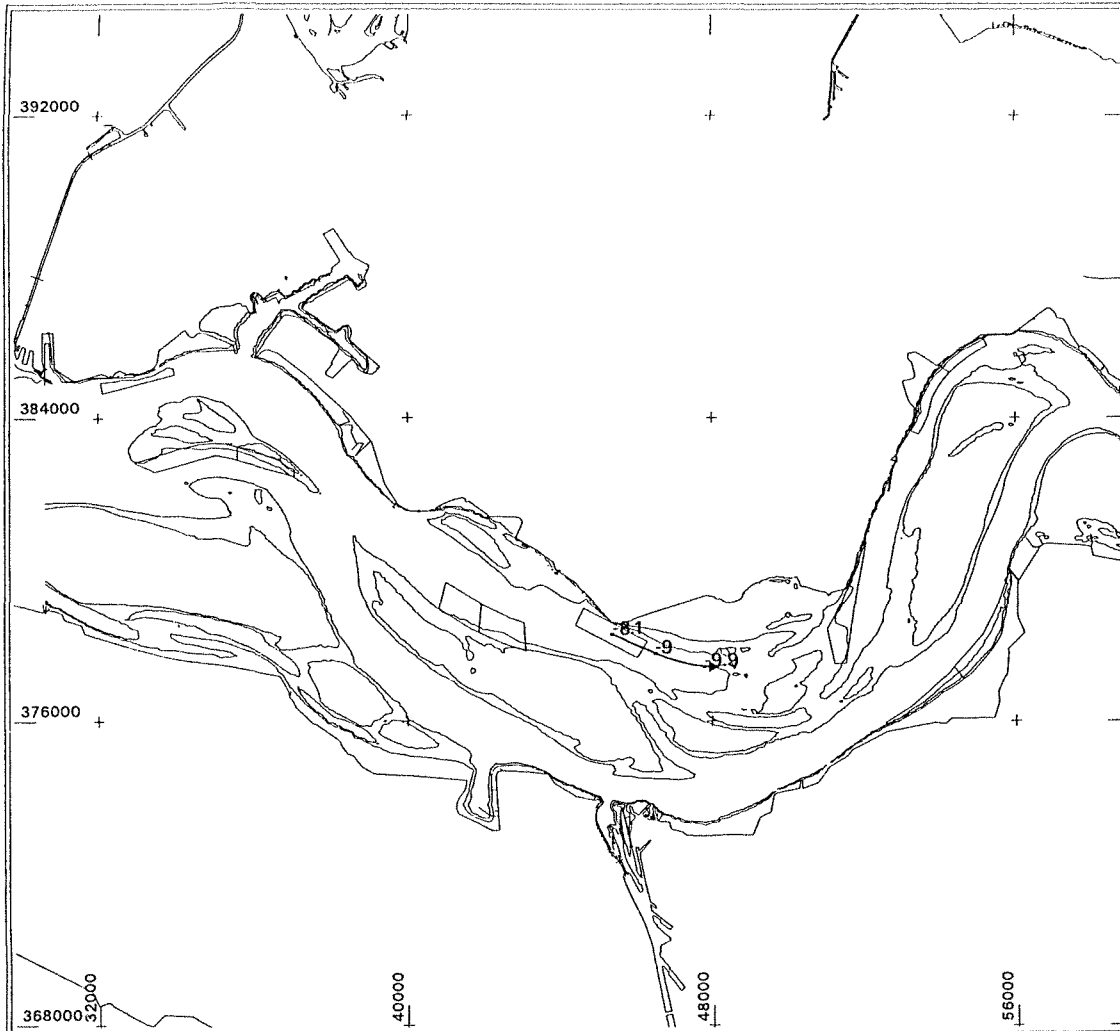
Ebschaar n. d. Everingen
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



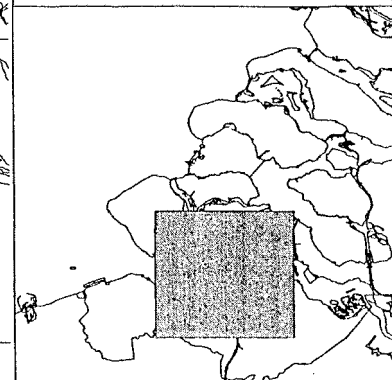






x1 : 45373
y1 : 378286

Start : 2100
Eind : 2820
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s

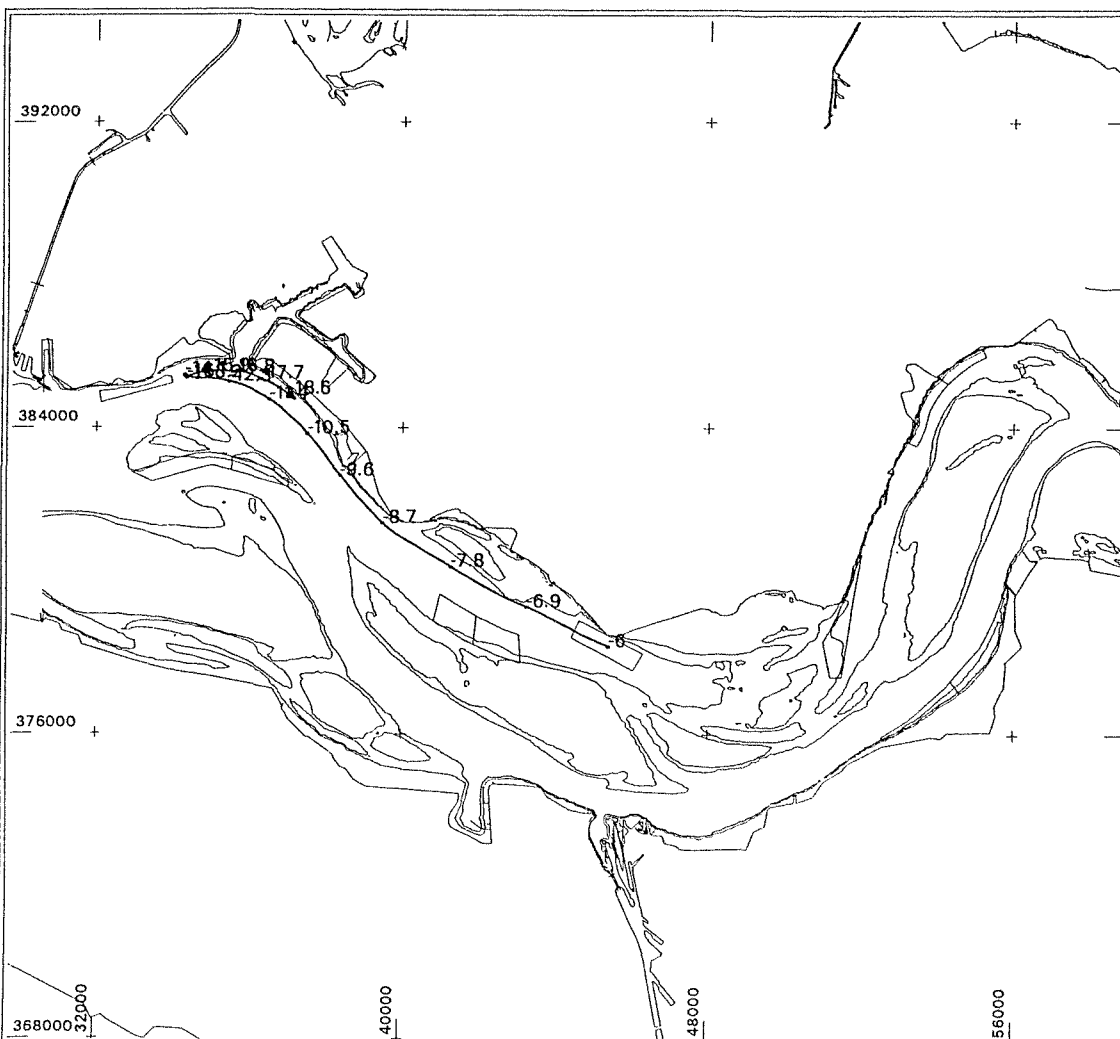


SLIBTRANSPORT

Vloed

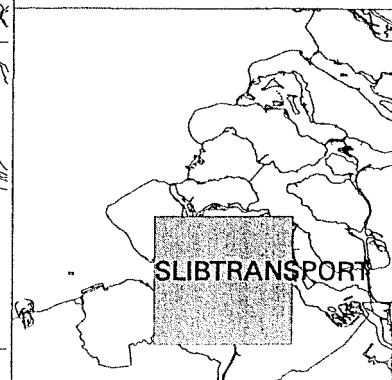
Ellewoutsdijk
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 45373
y1 : 378286

Start : 2520
Eind : 2400
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s



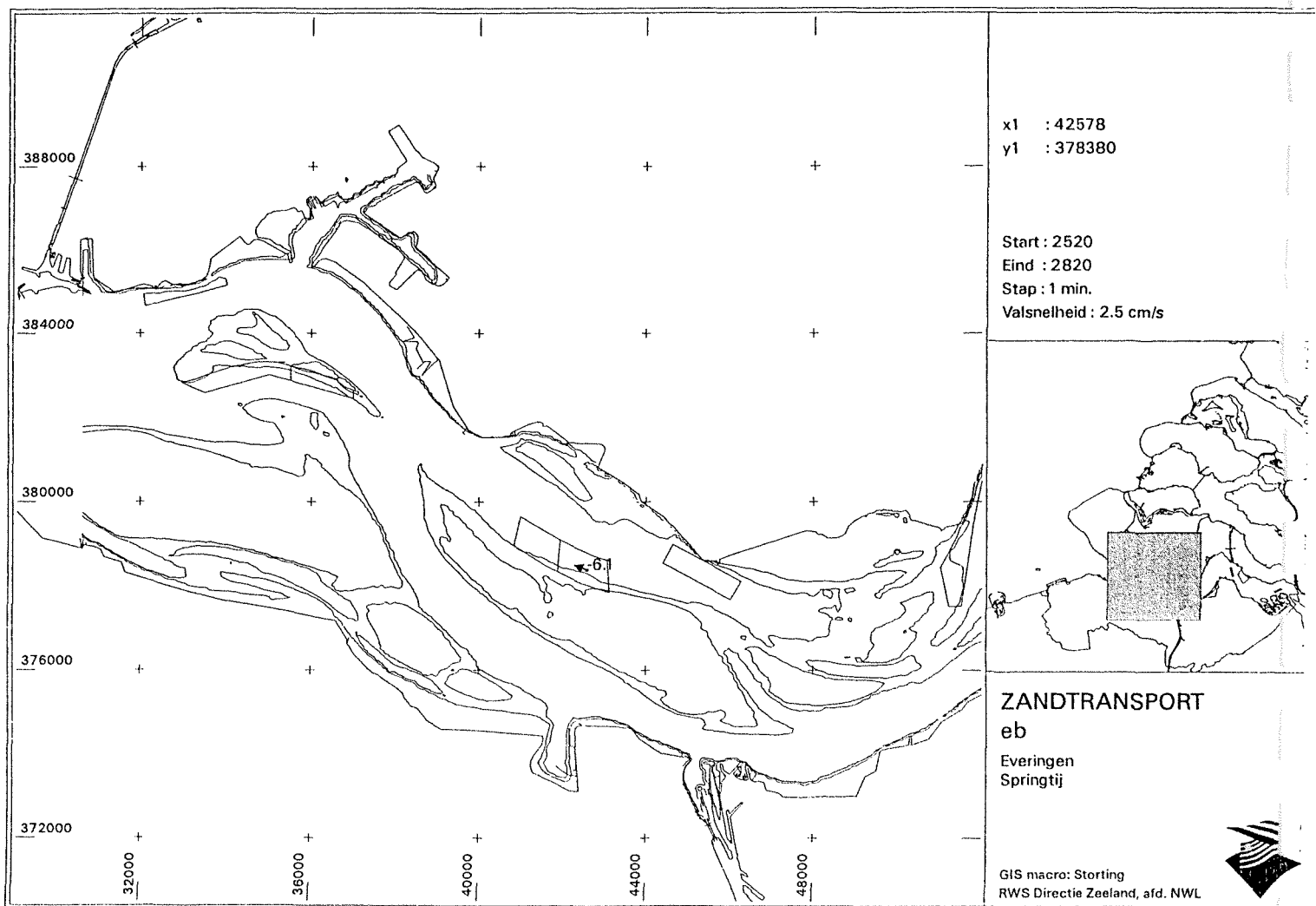
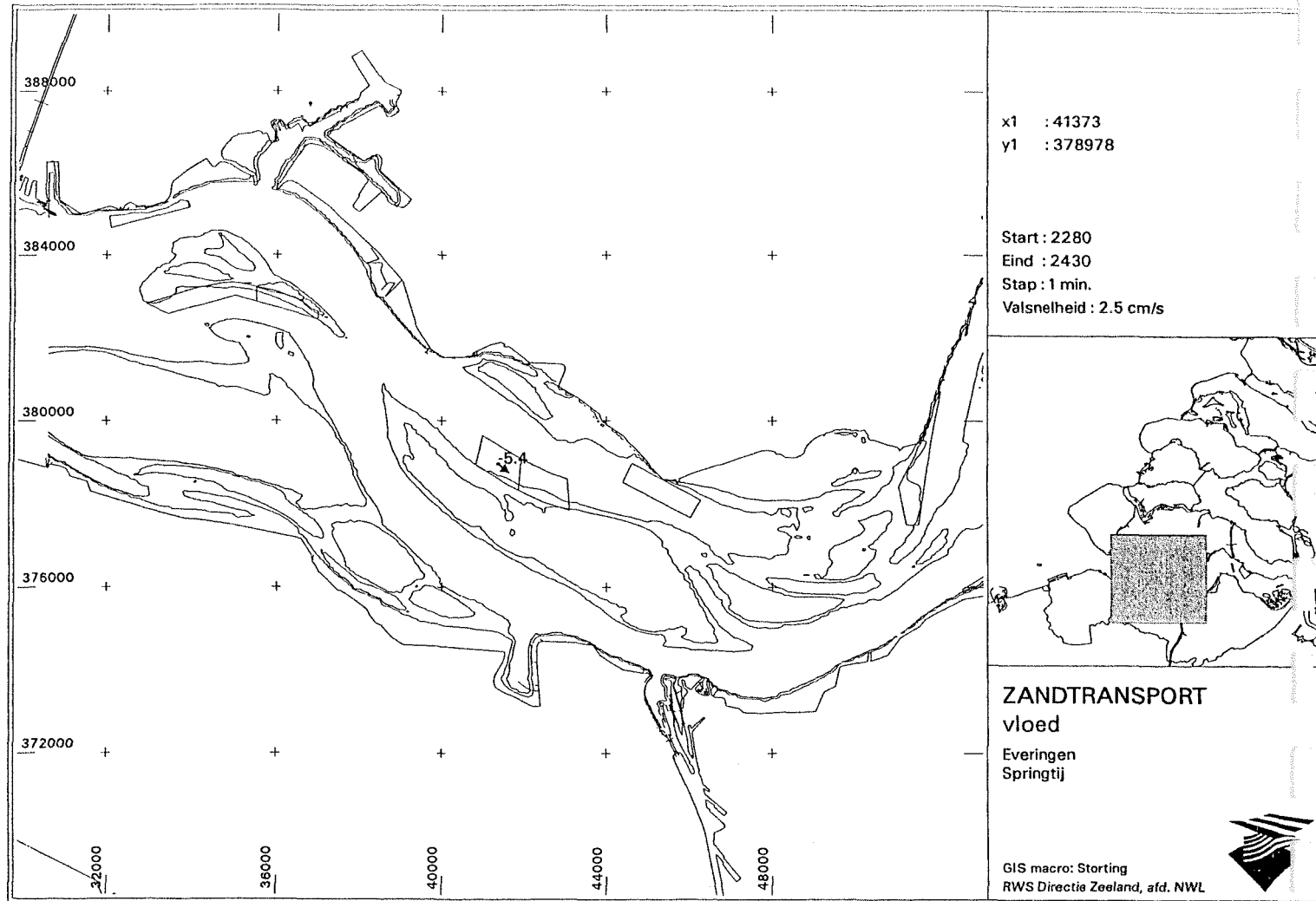
SLIBTRANSPORT

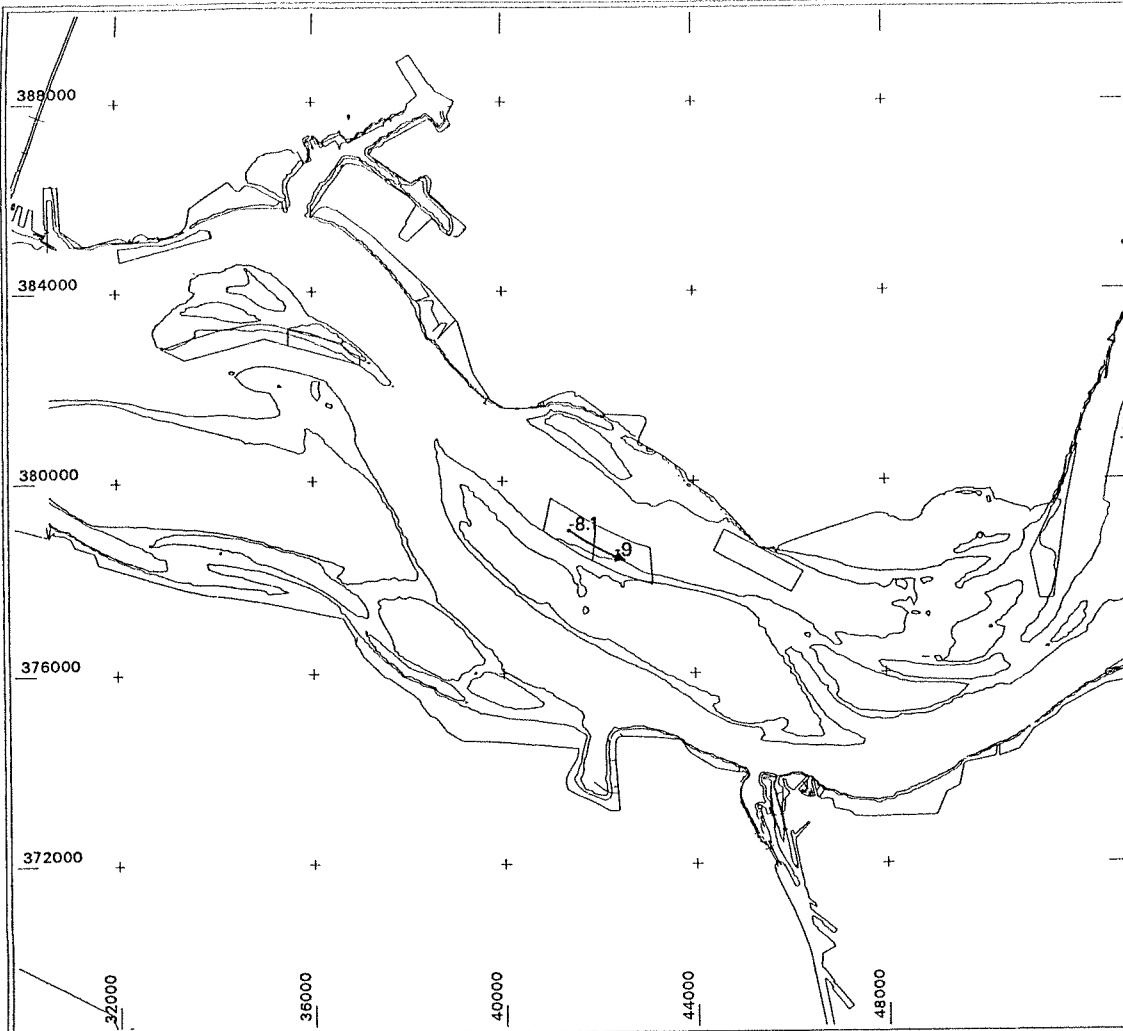
Eb

Ellewoutsdijk
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL

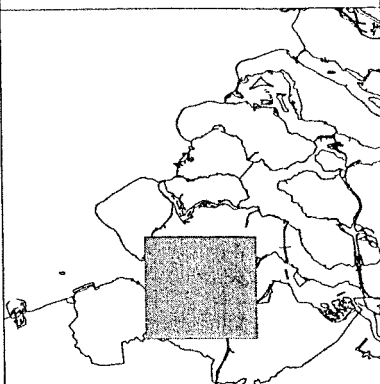






x1 : 41373
y1 : 378978

Start : 2100
Eind : 2820
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s

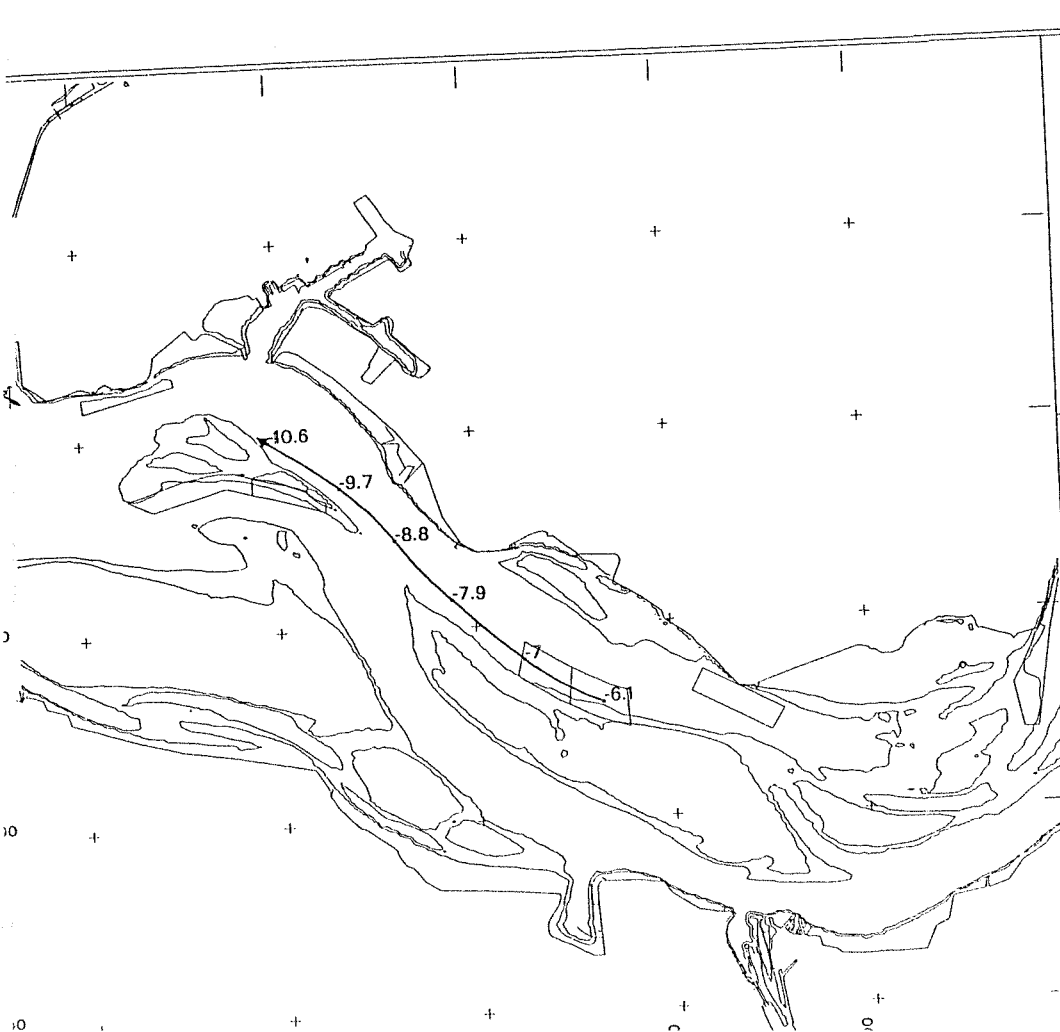


SLIBTRANSPORT

vloed

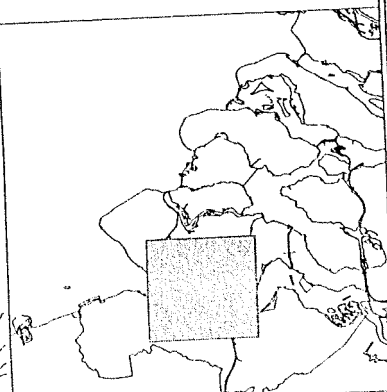
Everingen
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 42578
y1 : 378380

Start : 2520
Eind : 2400
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s



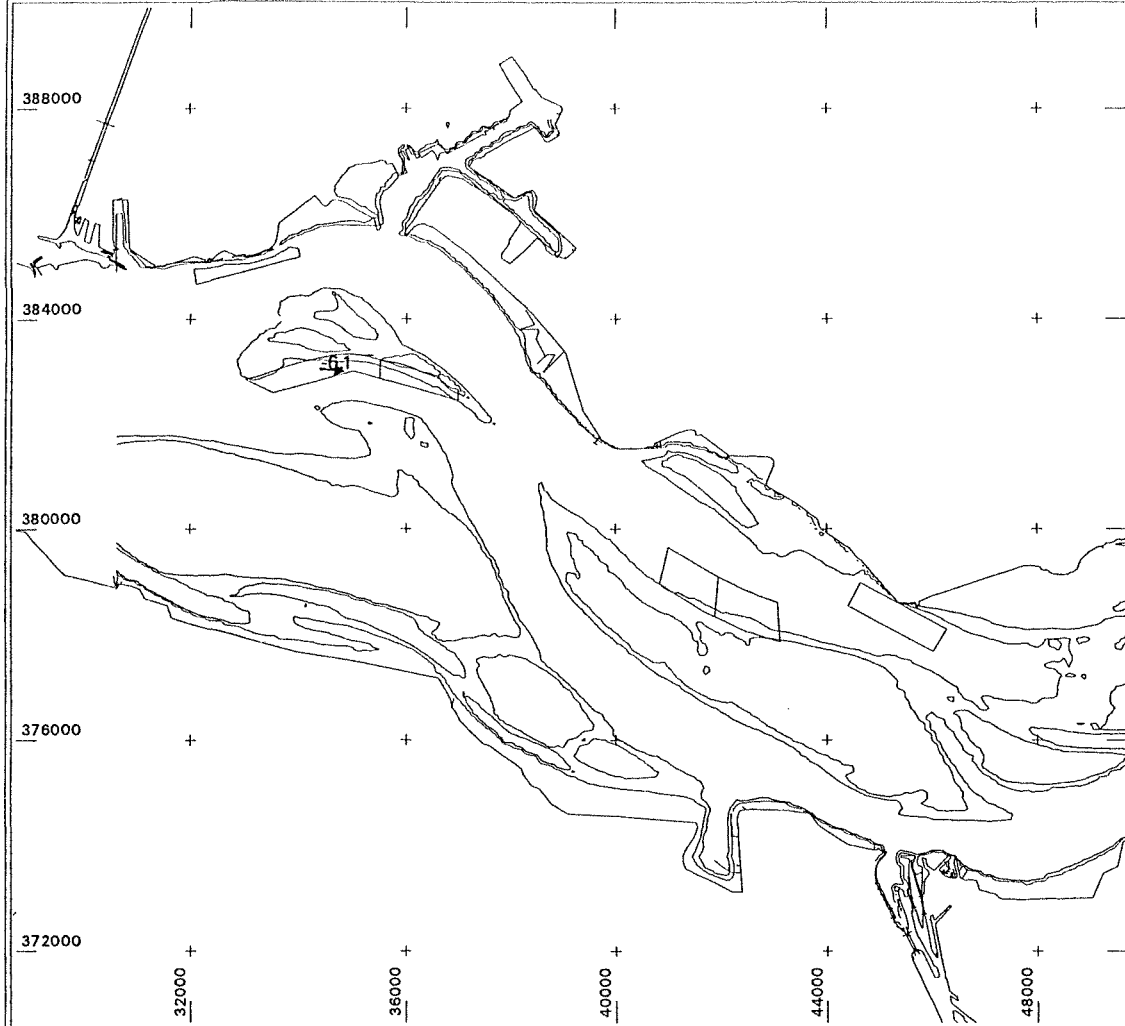
SLIBTRANSPORT

eb

Everingen
Springtij

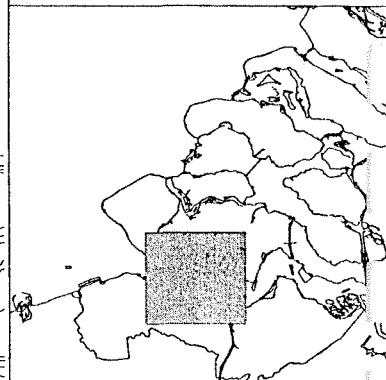
GIS macro: Storting





x1 : 34379
y1 : 383041

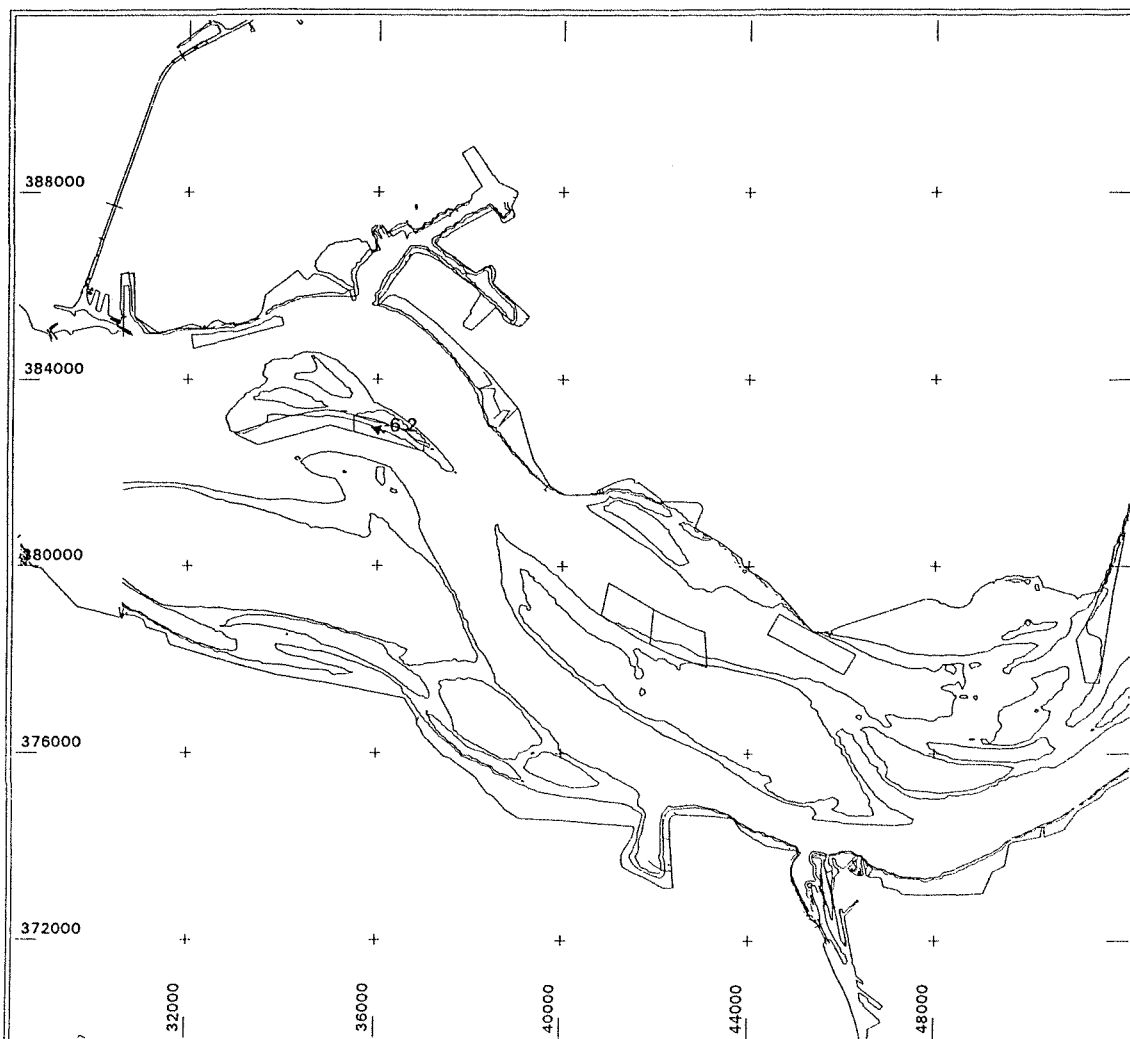
Start : 2250
Eind : 2400
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 2.5 cm/s



ZANDTRANSPORT vloed

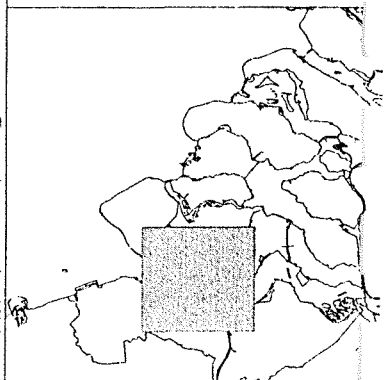
Sch.v. Spijkerpl.
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 36124
y1 : 382874

Start : 2520
Eind : 2760
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 2.5 cm/s

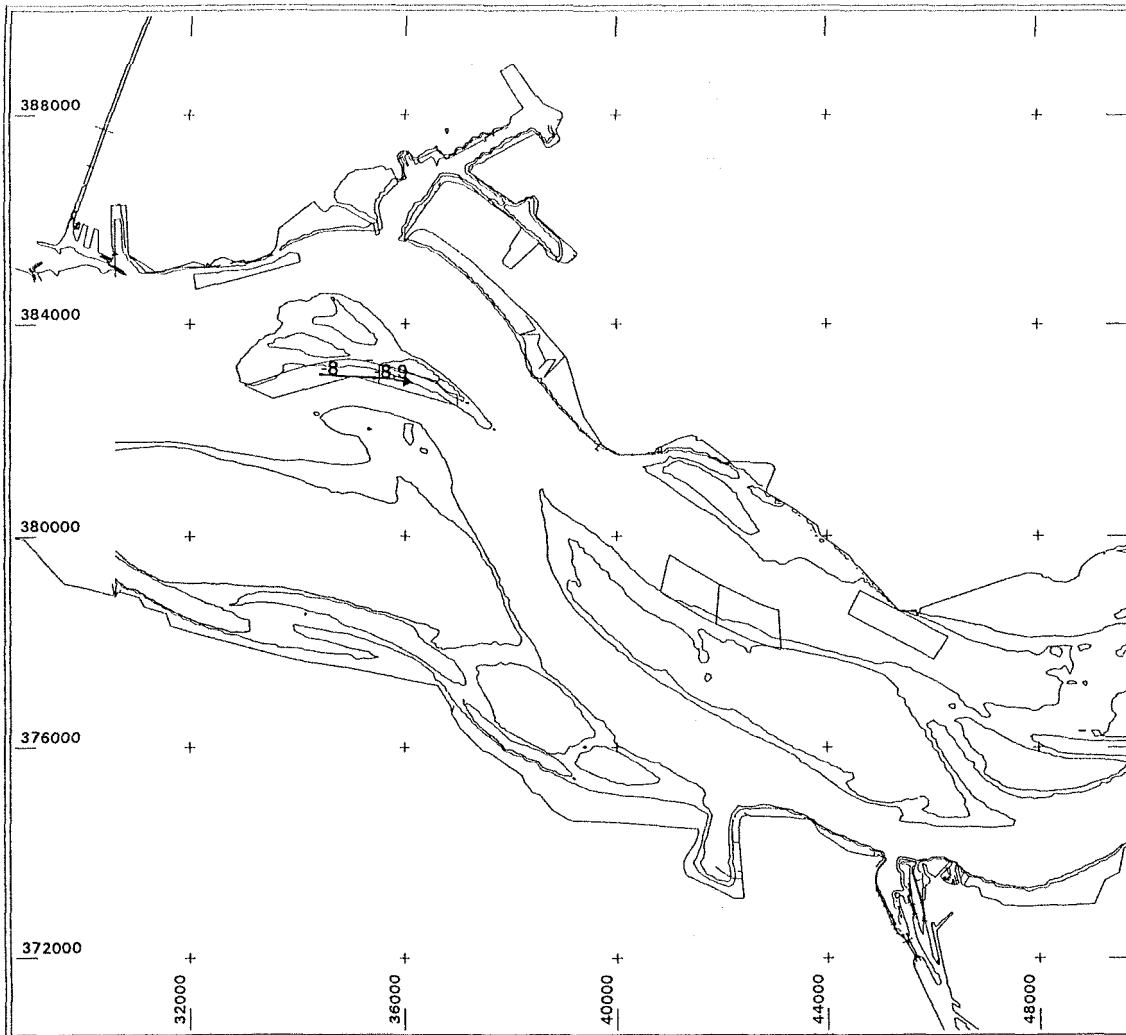


ZANDTRANSPORT eb

Sch. v. Spijkerpl.
Springtij

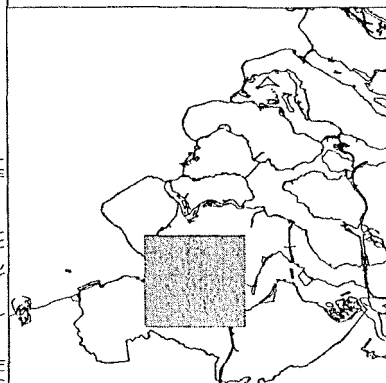
GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL





x1 : 34379
y1 : 383041

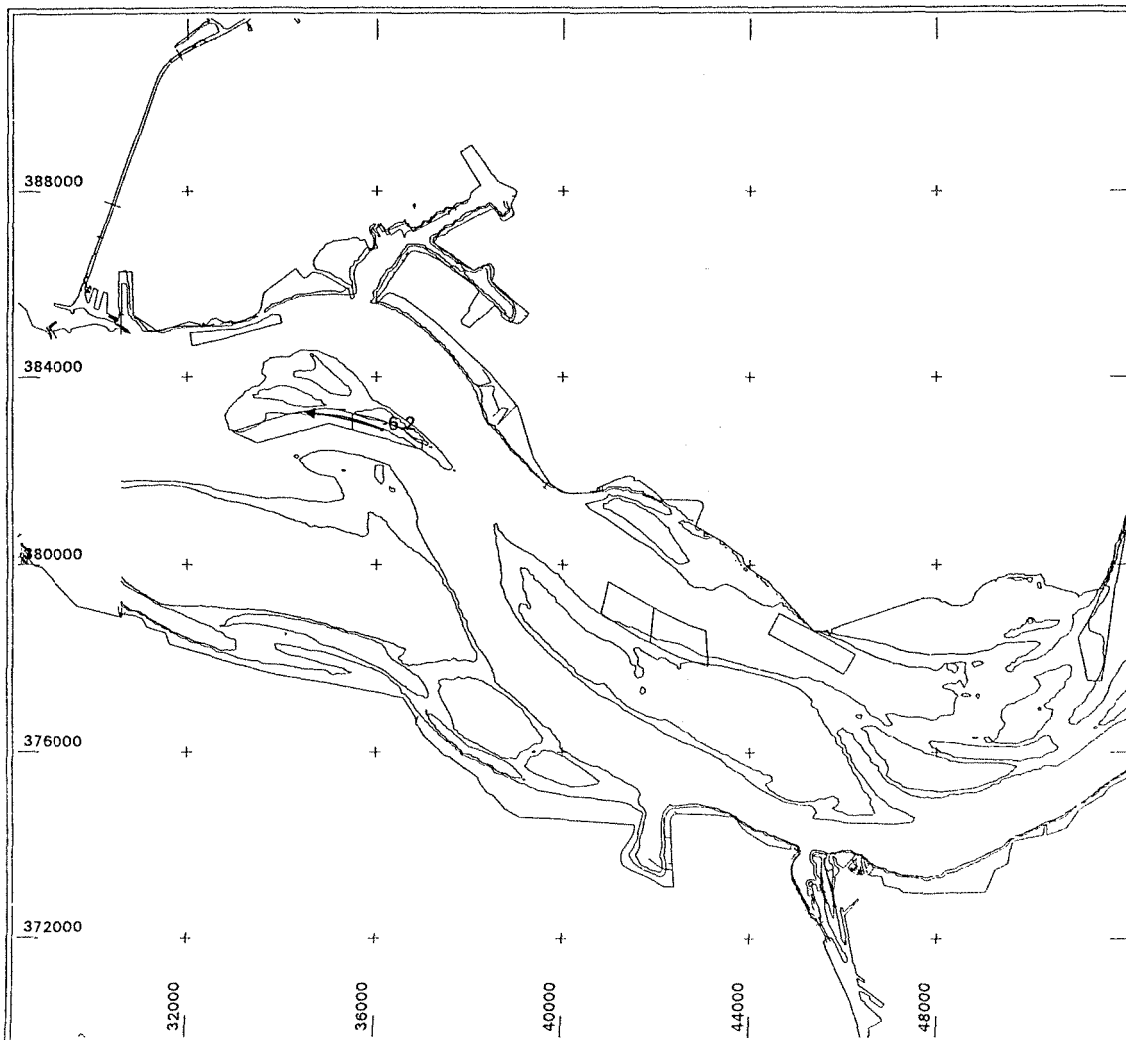
Start : 2100
Eind : 2820
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s



SLIBTRANSPORT vloed

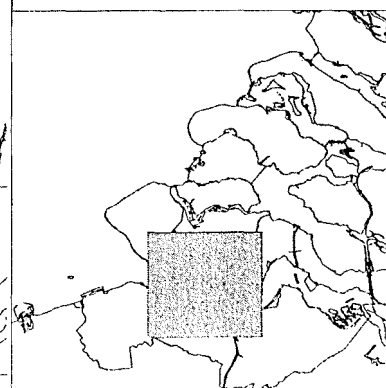
Sch. v. Spikerpl.
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 36124
y1 : 382874

Start : 2520
Eind : 2400
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s

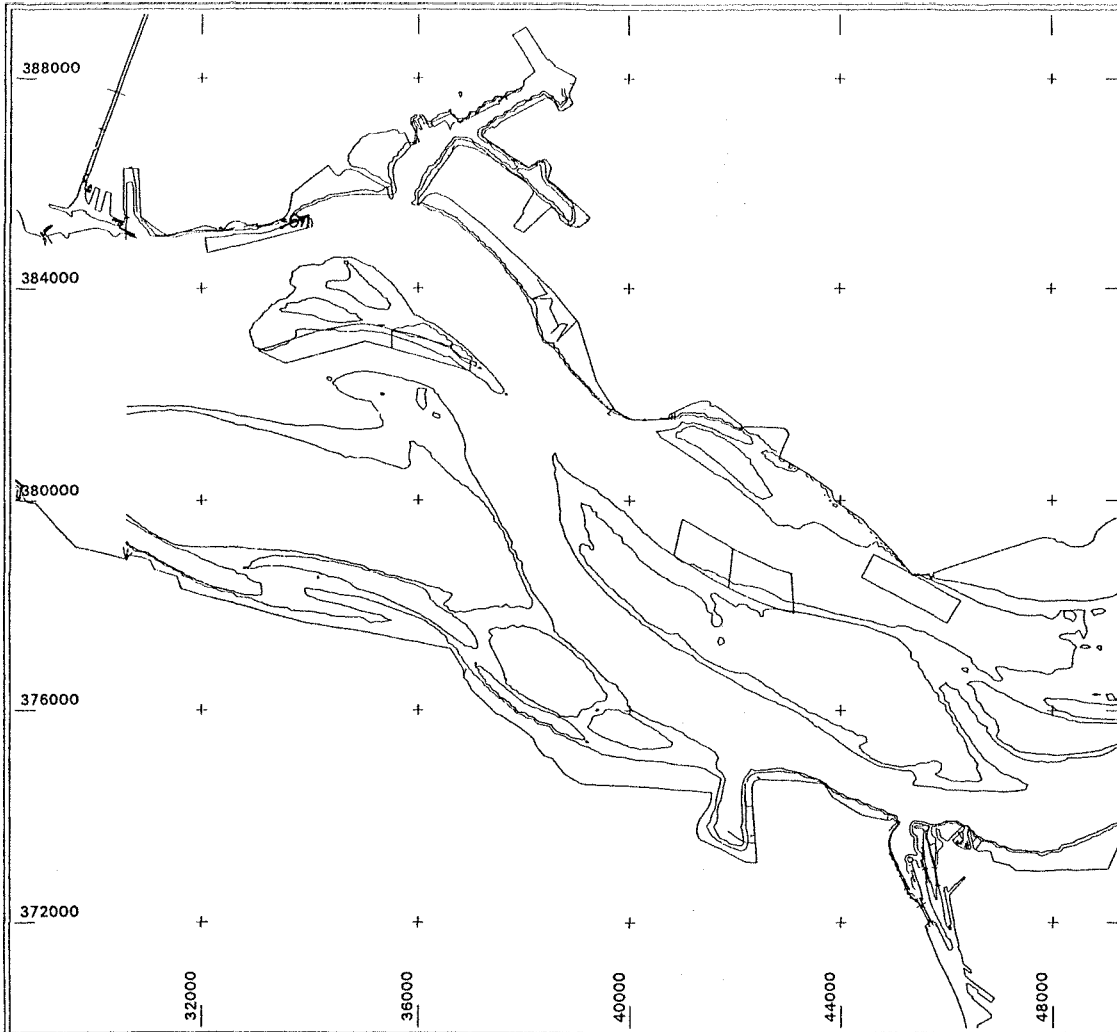


SLIBTRANSPORT eb

Sch. v. Spijkerplaat
Springtij

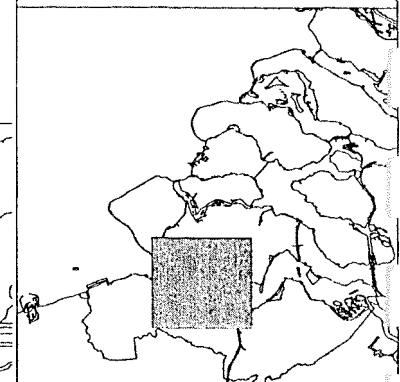
GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL





x1 : 33404
y1 : 385146

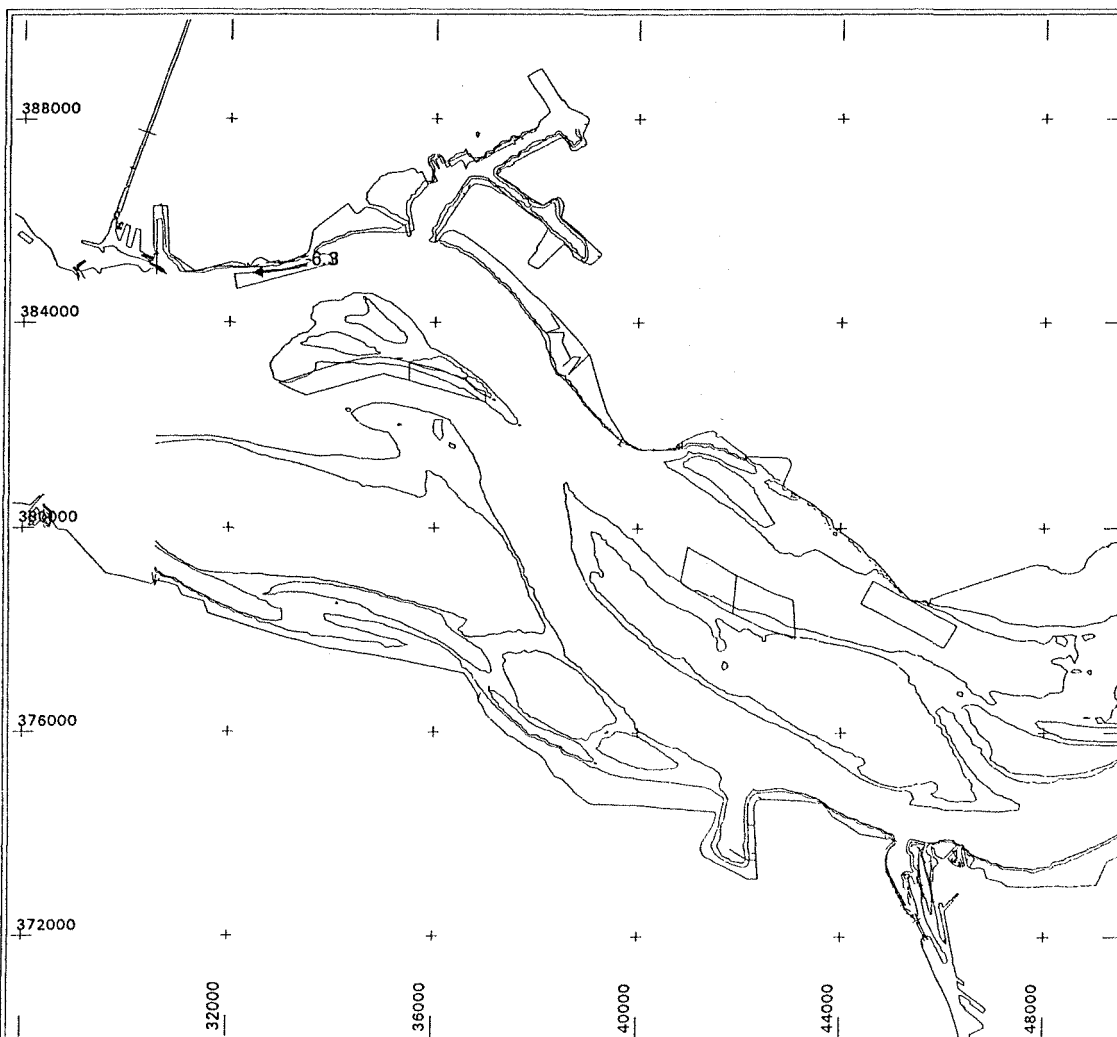
Start : 2250
Eind : 2400
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 2.5 cm/s



ZANDTRANSPORT vloed

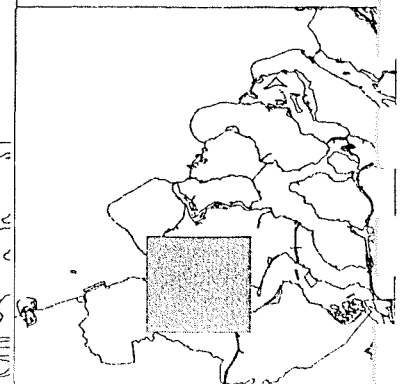
Schoone Waardin
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 33433
y1 : 385115

Start : 2520
Eind : 2760
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 2.5 cm/s

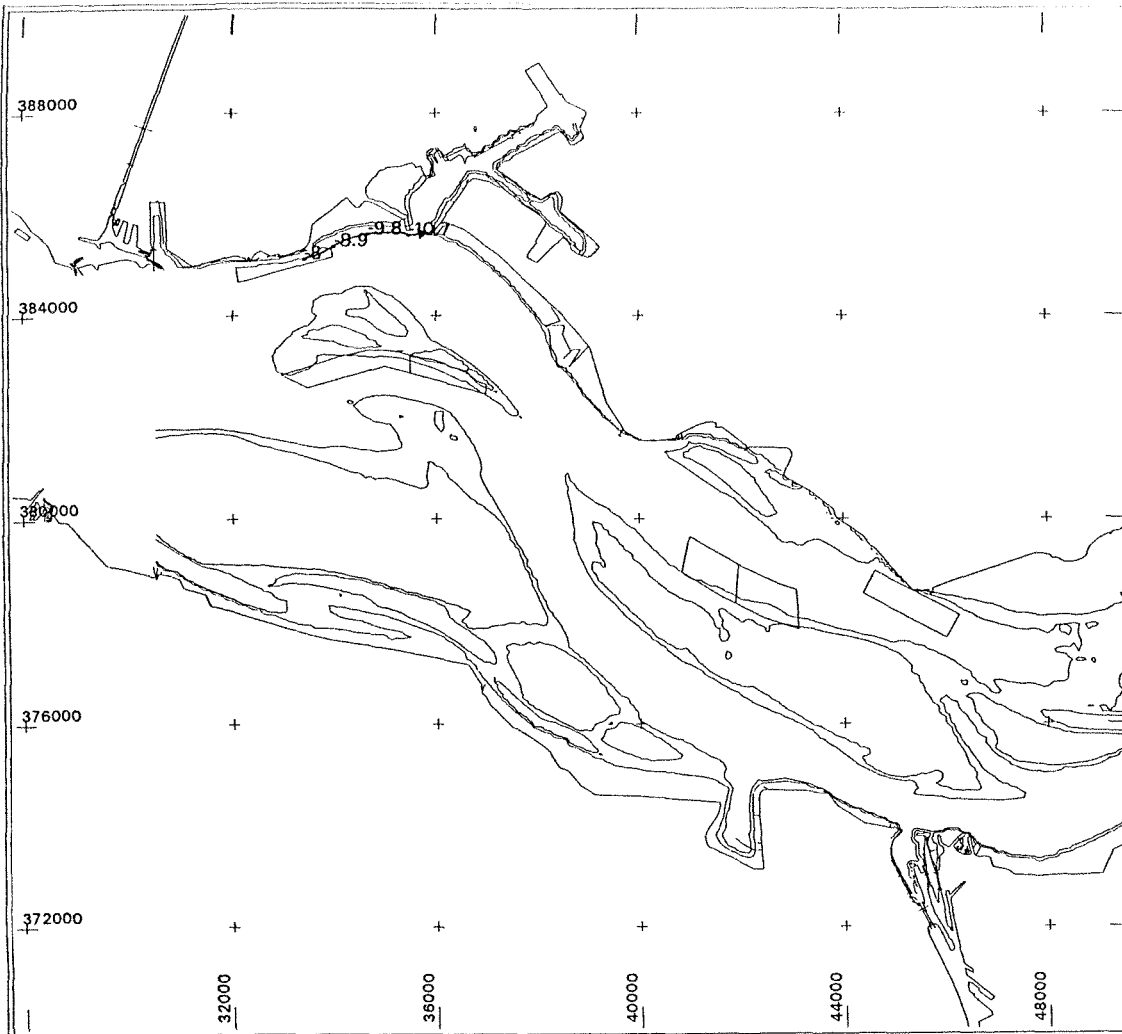


ZANDTRANSPORT eb

Schoone Waardin
Springtij

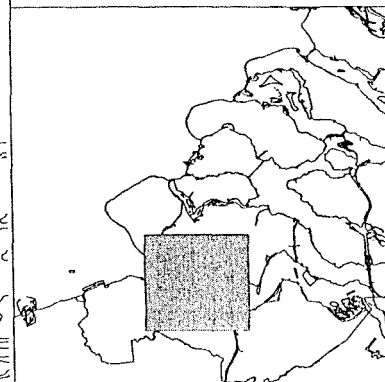
GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL





x1 : 33433
y1 : 385115

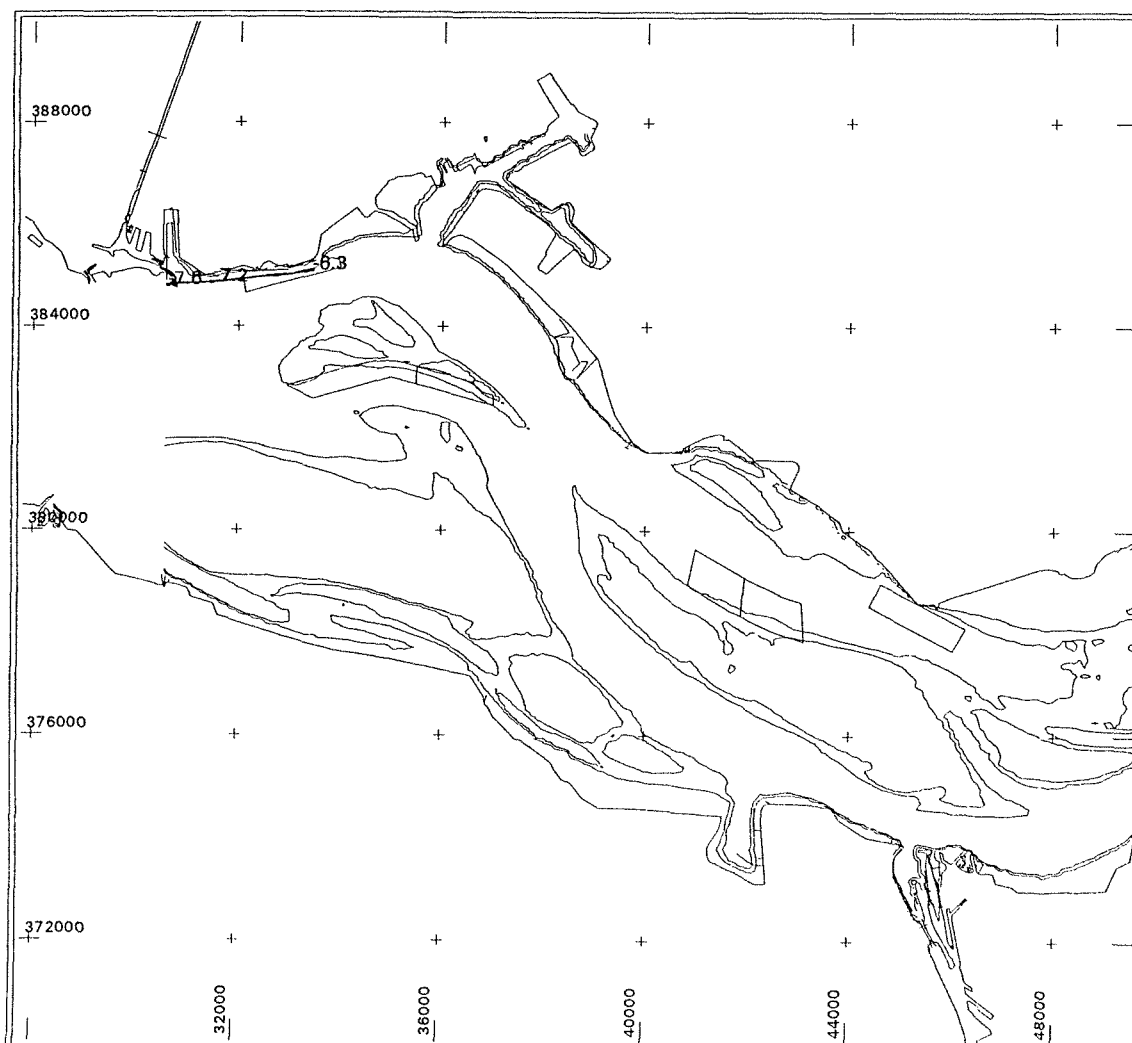
Start : 2100
Eind : 2820
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s



SLIBTRANSPORT vloed

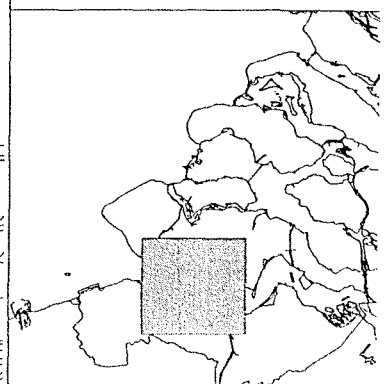
Schoone Waardin
Springtij

GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



x1 : 33433
y1 : 385115

Start : 2520
Eind : 2400
Stap : 1 min.
Valsnelheid : 0.05 cm/s



SLIBTRANSPORT eb

Schoone Waardin
Springtij

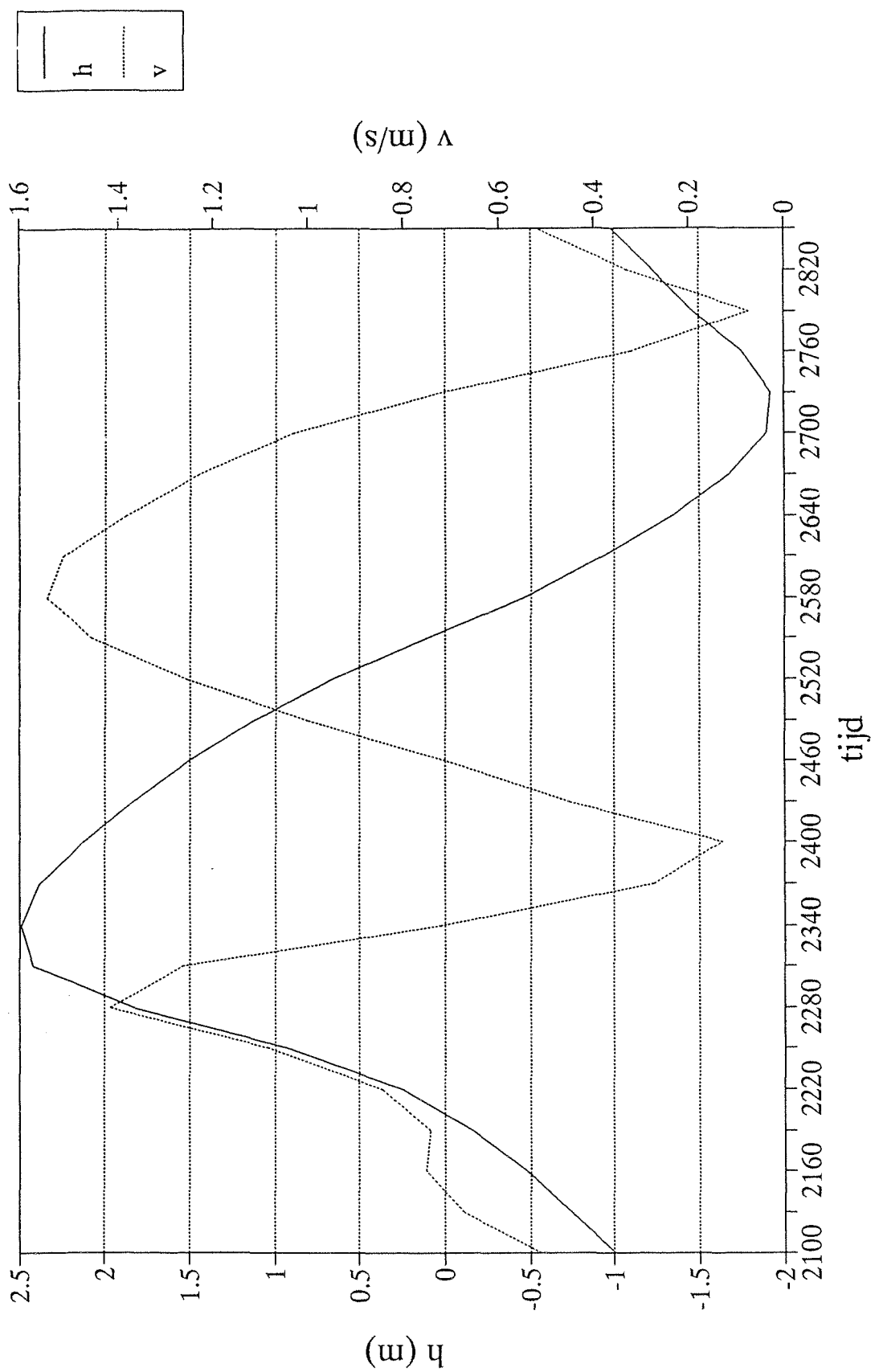
GIS macro: Storting
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



Bijlage 3 Getijkrommen

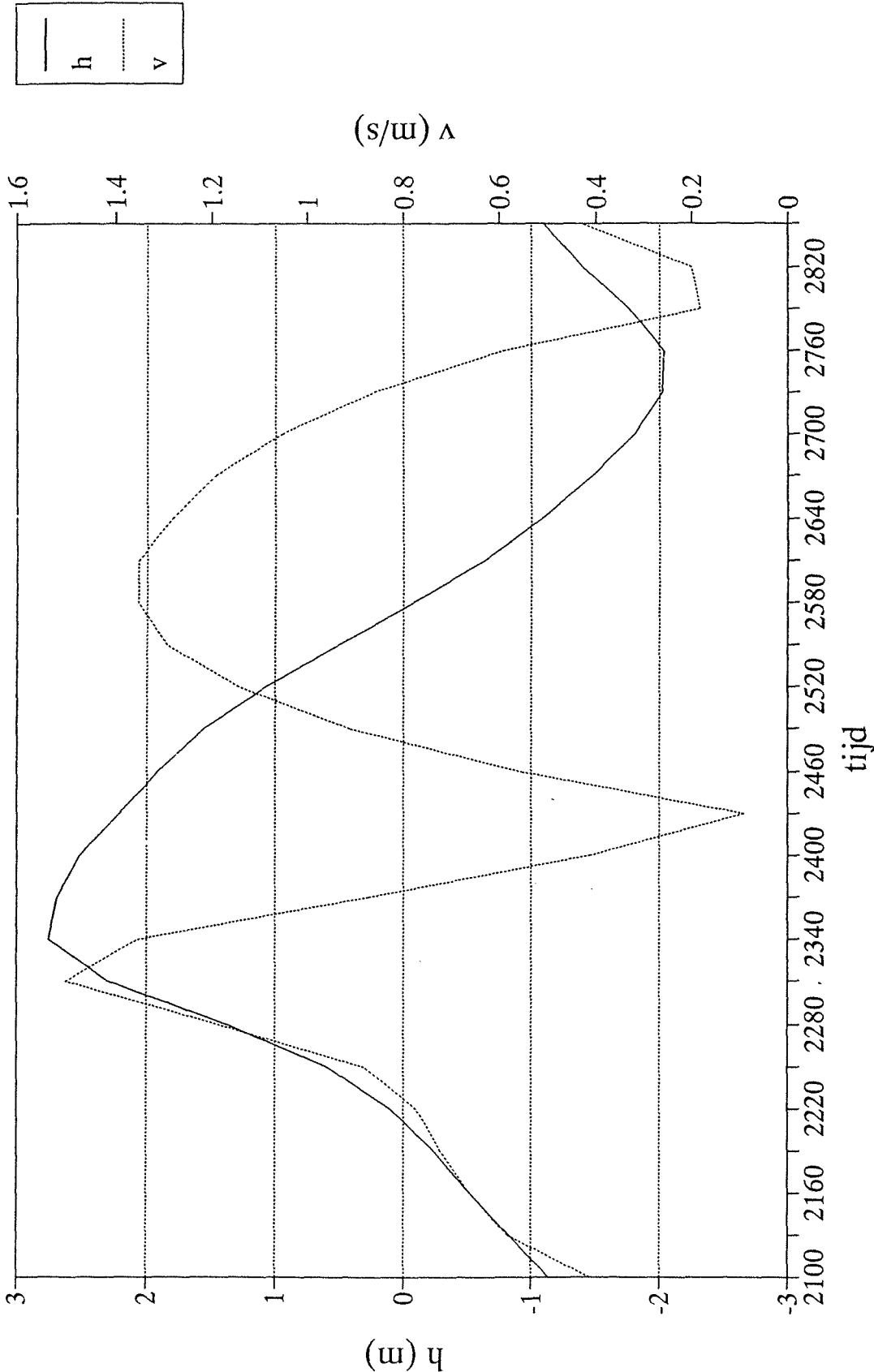
Vlissingen springtij

Getijkromme SCALDIS-100 Vlissingen



Terneuzen springtij

getijkkromme SCALDIS-100 Terneuzen



Hansweert
springtij

