



Verspreiding van boortunnelspecie in de Westerschelde bij verschil- lende stortvarianten.

Auteur: R.M. Salden

Werkdocument RIKZ/OS-98.101X

Januari 1998

1 Inleiding

In september 1995 is besloten tot de aanleg van de Westerschelde-tunnel tussen Ellewoutsdijk en Terneuzen. De tunnel zal geboord worden en bij aanleg komt sediment vrij dat afgevoerd dient te worden. Bij het boren van de tunnel zullen verschillende grondlagen doorkruist worden, waarbij in het totaal 1,3 miljoen m³ sediment vrij komt. Door het gebruik van boorspoeling en wateropname zal dit volume nog 25% toenemen tot 1,6 miljoen m³. Het grootste deel van het sediment bestaat uit Boomse klei, een stugge zware klei. Als boormethode is voor de Westerscheldetunnel voor de zogenaamde "slurry schild" methode gekozen. Als gevolg van de keuze komt de boorspecie als een slurry boven de grond bij Terneuzen. In het totaal spreken we over ca 1 miljoen m³ compacte klei hetgeen bij een droge dichtheid van 1500 kg/m³ leidt tot 1.5 miljard kg slib [Startnotitie, 1997].

Een van de alternatieven voor het slib is stort in de Westerschelde. In [Van Vliet, 1997] wordt beschreven wat er met de boorspecie gebeurt onmiddellijk na stort. In dit werkdocument wordt met behulp van een model het lange termijn effect berekend. Bij de berekeningen wordt er vanuit gegaan dat al dit slib als een slurry gestort wordt. Klei brokken blijven buiten beschouwing. Gezien de grootte van de slibmassa die vrij komt, in verhouding tot de jaarlijkse natuurlijke aanvoer van slib naar de Westerschelde en de voorraad die aanwezig is in het systeem, kan verspreiding van het boorslib in de Westerschelde serieuze gevolgen hebben voor de slibhuishouding. Gezien de rol die slib in het functioneren van het ecosysteem speelt zijn ook hier effecten te verwachten. Met name is het van belang hoe de troebelheid en de aanslibbing van slikken en schorren door het verspreiden van het boorslib beïnvloed worden.

Om een inschatting te maken van de verspreiding van het boorslib over de Westerschelde is een drietal stortscenario's doorgerekend met een slib-transportmodel. Een beschrijving van het model wordt gegeven in [Salden, 1997]. De varianten verschillen in locatie van slibstort. De hoeveelheid slib die in het systeem verspreid wordt is voor alle varianten gelijk. In werkelijk zal het boorslib verspreid over een periode van anderhalf jaar in de Westerschelde gestort worden. Om de reekentijd van de modelberekeningen wat te verkorten, is de stortperiode in het model terug gebracht tot drie maanden. Bij bespreking van de modelresultaten zullen we zien dat beperking van de stortperiode tot drie maanden leidt tot een overschatting van de slibconcentratie toename, omdat in werkelijkheid het Westerschelde water vaker ververscht wordt en door dit mechanisme slib naar zee afgevoerd wordt. De verversingstijd van het water in de Westerschelde varieert, afhankelijk van het debiet van de Schelde, tussen de één en drie maanden. In de stortperiode van anderhalf jaar zal het water dus minstens zes maal ververscht worden, zodat de toename in slibconcentratie als gevolg van de slibstort wat overschat wordt.¹

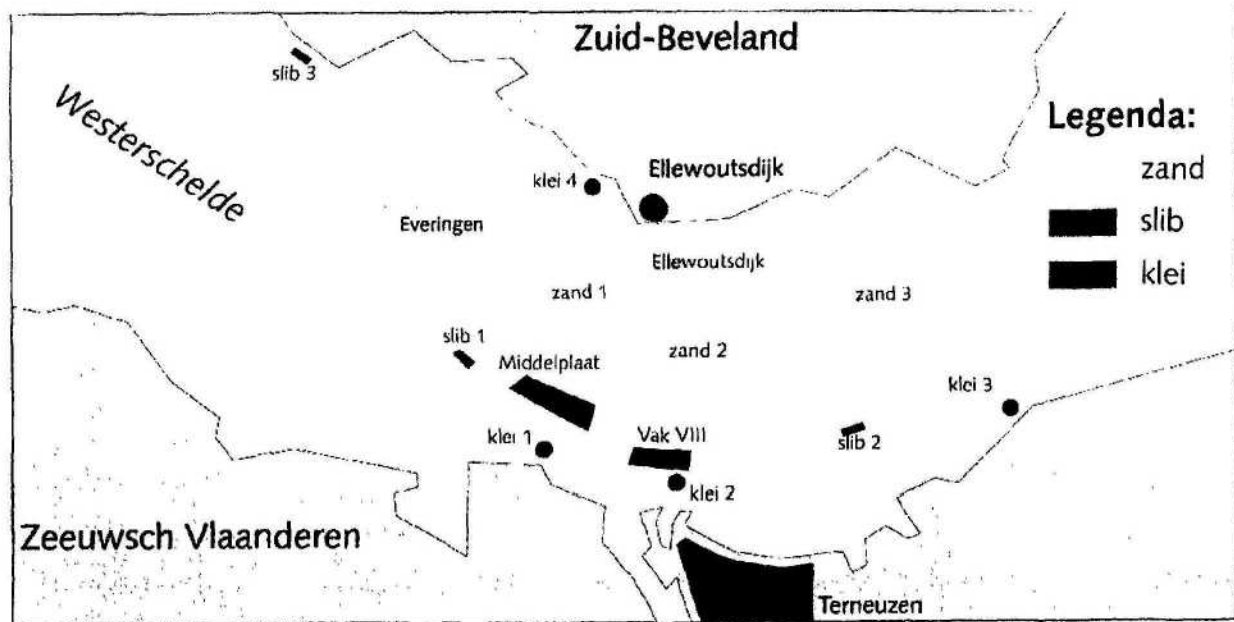
¹ Er dient opgemerkt te worden dat een zesmaal zo grote slibstort niet vanzelfsprekend leidt tot een zesmaal zo grote concentratie. Wanneer er grote hoeveelheden slib in suspensie zijn, kunnen de slibdeeltjes flocculeren waardoor ze sneller uit zullen zakken naar de bodem. Er bestaat een soort verzadigingsconcentratie, waarboven geen slib meer opgenomen wordt. De overschatting zal zo weer iets afgezwakt worden.

De modelberekeningen zijn uitgevoerd tijdens gemiddelde getij condities en gemiddelde meteorologische omstandigheden. Omdat het effect van springtij-doodtij variatie en het optreden van stormen niet in de berekeningen meegenomen wordt, zal er in de berekeningsresultaten permanente sedimentatie op platen te zien zijn die in werkelijkheid slechts tijdelijk is. Sedimentatie op hooggelegen schorren tijdens springtij zal evenmin gerepresenteerd worden.

2 Berekeningsvarianten.

Al gememoreerd is dat er drie varianten bekeken zijn. Voor alle varianten geldt dat slibstort plaatsvindt op bestaande baggerstort locaties. In onderstaande figuur zijn de stortlocaties weergegeven. Een variant bestaat uit een combinatie van stortlocaties.

Figuur 0.1: Stortvakken voor boorslib in de Westerschelde



In variant 1 wordt het boorslib gelijkmatig verdeeld over de locaties slib1, slib2, slib3, Middelplaat en Vak VIII gestort. Variant 2 bestaat uit de stortlocaties Everingen, zand1, zand2, zand3 en Ellewoutsdijk. In variant 3 tenslotte wordt al het boorslib gestort op locatie Middelplaat.

Voor elke variant is het boorslib gespreid over een periode van drie maanden gestort. Nadat al het boorslib is gestort, is nogmaals een periode van drie maanden doorgerekend. Voor de drie varianten is de volgende uitvoer geproduceerd:

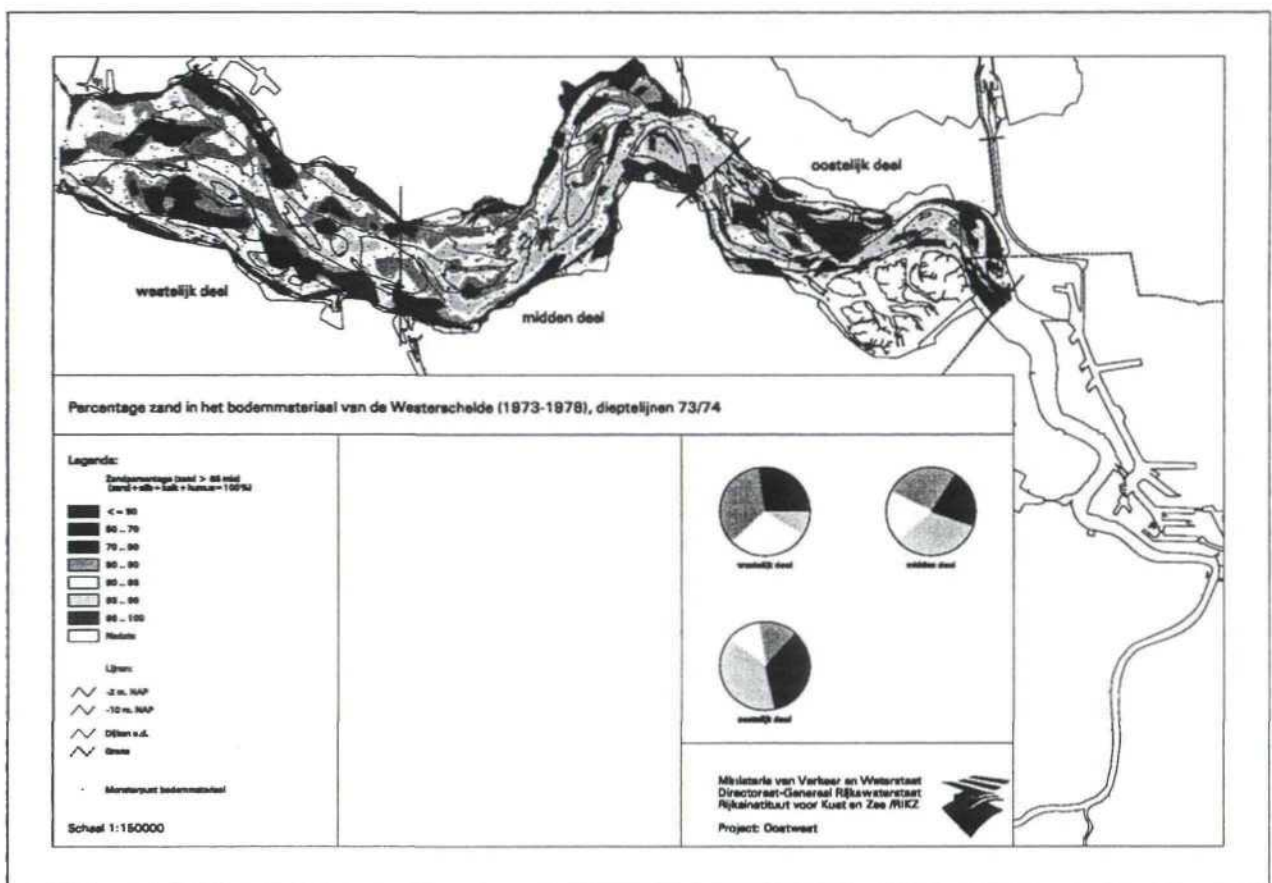
- Diepte gemiddelde slibconcentratie na drie en zes maanden.
- Sedimentatie patroon op de bodem na drie en zes maanden.
- Het concentratie verloop over de periode van zes maanden per roostervak van het SAWES model.²
- De totale massa in het modelgebied in de waterfase en op de bodem.
- Tenslotte zijn de verschillen tussen de varianten wat betreft slibconcentratie en sedimentatie aan het eind van de berekeningsperiode bepaald.

² Het SAWES modelrooster wordt gebruikt voor waterkwaliteits doeleinden en bestaat uit 14 vakken voor de gehele Westerschelde. Met het fijnmazige slib-transportmodel is de gemiddelde concentratie in elke SAWES rooster cel bepaald. Op deze wijze kunnen ze zeer lokale concentratie verschillen uitgefilterd worden en ontstaat een globaler beeld.

Onderzocht is of het moment van stort in de getijfase nog enige invloed heeft op het verspreidingspatroon van het boorslib. Voor variant 3 zijn twee korte testberekeningen uitgevoerd, waarbij het slib in de eerste berekening aan het begin van de vloedperiode en in tweede berekening aan het begin van de ebperiode werd gestort. Na 10 dagen waren de verspreidingspatronen vrijwel identiek. De menging in de Westerschelde is dermate groot waardoor het geheugen voor de initiële conditie maar kort is.

Op het moment dat er een einde komt aan het storten van het boorslib, is het de verwachting dat een groot deel van het slib zal sedimenteren in die gebieden waar sedimentatie van nature plaatsvindt. Hier zijn tenslotte de condities dusdanig (lage stroomsnelheid, in de luwte van de dominante golfrichting) dat het slib, eenmaal gesedimenteerd, weer moeilijk in suspensie gebracht kan worden. In figuur 0.2 zijn de locaties aangegeven waar het in het sediment een hoog slibgehalte voorkomt.

Figuur 0.2: Slibpercentage in het bodemsediment van de Westerschelde. De blauwe gebieden zijn slibrijk.



Deze figuur zal gebruikt worden om de modelresultaten mee te vergelijken.

2.1 Berekeningsresultaten.

De resultaten van de berekeningen zijn per variant gepresenteerd in drie figuren. Figuur 1.1 toont de resultaten van variant 1: de diepte-gemiddelde slibconcentratie aan het begin van de berekening, na drie maanden aan het eind van de stortperiode en na zes maanden. De vakgrenzen van het SAWES modelrooster zijn in de figuur aangegeven. In figuur 1.2 wordt het sedimentatie patroon voor variant 1 gegeven op dezelfde tijdstippen. In figuur 1.3 tenslotte wordt het verloop van de slibconcentratie per SAWES-vak weergegeven. De resultaten van variant 2 en drie zijn weergegeven in de figuren 2.1-2.3 en 3.1-3.3.

2.1.1 Concentratie.

Zo op het eerste gezicht tonen de figuren 1.1, 2.1 en 3.1 weinig verschil wat betreft de verspreiding van het boorslib. Voor alle drie de varianten wordt er een zeer sterk transport gesignaleerd in oostwaartse richting waarmee het slib in twee weken de Belgisch-Nederlandse grens bereikt.³ De eerdere opmerking dat het effect van de initiële conditie snel uitgewerkt is geldt blijkbaar niet alleen voor het moment van slibstort, maar tevens voor de exacte stortlocatie. De menging in het estuarium is dermate groot dat de relatief kleine verschillen in stortlocatie die tussen de varianten aanwezig zijn na korte tijd niet meer waarneembaar zijn. Ter verduidelijking worden in figuur 4.1 verschilplaatjes getoond: in het bovenste paneel is het resultaat van variant 1 na zes maanden weergegeven; in het tweede en derde paneel is het resultaat van variant 2 respectievelijk variant 3 afgetrokken van dat van variant 1. De verschillen tussen de varianten zijn klein en bedragen maximaal ca. 5 mg/l. De concentratie voor variant 2 is gemiddeld iets hoger en voor variant wat lager dan in variant 1. Lokaal zijn iets grotere verschillen waar te nemen.

De absolute concentraties in de figuren 1.1, 2.1 en 3.1 kunnen, zeker lokaal, flink oplopen. Waarden tussen de 20 en 100 mg/l zijn in een groot deel van het estuarium waar te nemen. In de inleiding is al melding gemaakt van de verkorte rekenperiode die hier deels de oorzaak van is. In paragraaf 2.1.3 staan we nog even stil bij het verloop van de slibconcentratie.

2.1.2 Sedimentatie patronen.

Het wekt geen verbazing dat ook de sedimentatiepatronen voor de drie varianten sterk op elkaar lijken. Figuren 1.2, 2.2 en 3.2 zijn op het eerste gezicht niet van elkaar te onderscheiden. Lokale verschillen komen naar voren door wederom verschilplaatje te construeren. Figuur 4.2 geeft in het bovenste paneel het resultaat van variant 1; in het tweede en derde paneel is het resultaat van variant 2 respectievelijk variant 3 wederom afgetrokken van dat van variant 1. Uit het tweede paneel is op te maken dat variant 2 een iets lagere sedimentatie geeft in het westelijk deel van het estuarium (Hooge platen en Middelplaat) en in het midden (platen van Ossensisse) en iets hogere waarden in het oostelijk deel van de Westerschelde. Uit het derde paneel van figuur

³ Opgemerkt dient te worden dat er een sterk transport optreedt tegen de richting van de rivierwaterafvoer in. Dit verschijnsel is het gevolg van de getij asymmetrie in de Westerschelde. Een relatief korte vloedperiode gepaard met hoge stroomsnelheden wordt gevolgd door een wat langere ebperiode met iets lagere stroomsnelheden. Dit resulteert in een netto transport in de vloedrichting. Daarnaast leiden verschillen in saliniteit tot een inwaarts transport aan de bodem.

4.2 volgt een omgekeerd beeld voor variant 3. De verhoogde sedimentatie op Middelpaats wordt veroorzaakt doordat hier in variant 3 al de slibstort plaatsvindt. Van de andere stortlocaties is alleen slib2 uit variant 1 terug te vinden in het sedimentatie patroon. Voor de andere stortlocaties geldt dat er geen permanente sedimentatie plaatsvindt. De verschillen tussen de varianten zijn over het algemeen klein en bedragen maximaal 10 kg/m^2 , hetgeen bij een droge dichtheid van 1500 kg/m^3 neerkomt op een laagje slib enkele millimeters.

Om iets over de ligging van de "permanente" sedimentatie gebieden te kunnen zeggen schakelen we weer even over naar de figuren 1.2, 2.2 en 3.2 en vergelijken we de patronen met figuur 0.2. Uit de modelberekeningen volgen als voornaamste sedimentatie gebieden de Hooze platen, Middelpaats, Zuidgors, platen van Hulst, paats van Ossensisse, slik van Waarde, land van Saeftinge, slik van Bath en de westrand van het land van Saeftinge (Sieperdaschor). Een aantal van deze sedimentatie locaties is terug te vinden als slibrijk gebied in figuur 0.2. De slibrijke gebieden langs de kust van zuid Beveland komen echter niet goed naar voren in de modelberekeningen. Op een aantal platen wordt er door het model sedimentatie van slib berekend waar het in werkelijkheid niet voorkomt. Dit is te wijten aan de gemiddelde getij en meteorologische omstandigheden waaronder de berekeningen zijn uitgevoerd. Op de schorren in het oostelijk deel van het estuarium vindt echter wel sedimentatie op de schorren plaats. De verwachting is dan ook dat een groot deel van het slib dat "tijdelijk" op de platen is gesedimenteerd bij storm naar de schorren wordt getransporteerd.

2.1.3 Het verloop van de slibconcentratie in de tijd.

Om het tijdsverloop van de slibconcentratie op diverse locaties in het estuarium aan het licht te brengen, is per roosterdeel van het SAWES model per dag een vakgemiddelde concentratie bepaald en is deze in de figuren 1.3, 2.3 en 3.3 uitgezet tegen de tijd. Het SAWES rooster is onder andere weergegeven in figuur 1.1. Vak 1 is gelegen aan het rivieruiteinde van het model in de omgeving van Rupelmonde en vak 14 vormt de zeegrens ter hoogte van Vlissingen.

De drie varianten laten een gelijk patroon zien. In de Westerschelde ligt de concentratie gedurende de stortperiode tussen de 20 en 60 mg/l . In de Beneden Zeeschelde (rivierwaarts van de Belgisch-Nederlandse grens komt de concentratie boven de 100 mg/l . Het transportmechanisme beschreven in noot 3 van paragraaf 2.1, zorgt voor accumulatie van slib in dit deel van het estuarium. Een groot deel van dit slib zal sedimenteren in de toegangsgeulen naar de zeesluizen in de Beneden Zeeschelde. Aangezien deze toegangsgeulen niet in de modelschematisatie opgenomen zijn, blijft het slib in de modelberekeningen in suspensie.

Opmerkelijk is dat na een dag of 20 tot 30 er in het gehele estuarium een soort evenwichtsconcentratie bereikt is. Hoewel er nog gedurende geruime tijd slib gestort wordt, neemt de slibconcentratie niet meer toe.

Aan het einde van de stortperiode neemt de concentratie snel af in de Westerschelde en is een geleidelijk afname te zien in de Beneden Zeeschelde. Het vermoeden bestaat dat een groot deel van het slib sedimenteert na afloop van de stortperiode maar dat er nog altijd suspensie transport richting Beneden Zeeschelde plaatsheeft. Hierdoor vindt de concentratie afname in dit deel van het estuarium gelijkmatiger plaats. Drie maanden na afloop van de stortperiode ligt de concentra-

tie in het grootste deel van de Westerschelde rond de 10-20 mg/l maar ligt deze in de Beneden Zeeschelde nog aanmerkelijk hoger.

Figuur 4.3 tenslotte geeft het verloop in de tijd van de totale massa slib op de bodem (rood) en in de waterkolom (blauw) voor de drie varianten. Voor alle varianten geldt dat het meeste slib op de bodem terecht komt. Tijdens de stortperiode vertoont de sedimentatie een lineair verloop. Het einde van de stortperiode is duidelijk te zien in de figuur, zowel in de sedimentatie curve als uit het concentratie verloop.

3 Conclusies

De berekeningen met het model hebben als doelstelling gehad het lange termijn effect van verspreiding van boorspecie in de Westerschelde aan het licht te brengen. De modelberekeningen zijn representatief voor gemiddelde omstandigheden, zowel qua getij als qua meteorologie. Dit kan de modelresultaten - vooral wat betreft de sedimentatie patronen - beïnvloed hebben. Gezien de beperkte tijd die ter beschikking stond voor het uitvoeren van de modelberekeningen was het echter niet mogelijk het sedimentatie patroon bij springtij of tijdens stormcondities te bepalen. De voornaamste bevindingen kunnen als volgt samengevat worden:

- Vanwege de sterke menging in het estuarium zijn er nauwelijks verschillen waar te nemen tussen de resultaten van de drie varianten, zowel in concentratie verdeling als in sedimentatie patroon.
- Er vindt een sterk transport van slib in oostwaartse richting plaats in het estuarium als gevolg van getijasymmetrie en dichtheidsgeïnduceerd transport.
- De slibconcentratie neemt tijdens de stortperiode toe, variërend van 20 tot 60 mg/l in de Westerschelde, oplopend tot 200 mg/l plaatselijk in de Beneden Zeeschelde. Na 20 à 30 dagen is er een evenwicht bereikt in de waterkolom en neemt de slibconcentratie niet verder meer toe. Na afloop van de stortperiode neemt de concentratie (vooral in de Westerschelde) sterk af.
- Sedimentatie van slib vindt plaats op platen en schorren. In werkelijkheid zal de sedimentatie op platen een tijdelijk karakter hebben en tijdens stormcondities teniet gedaan worden. Sedimentatie zal naar alle waarschijnlijkheid in werkelijkheid sterker langs de randen van de Westerschelde plaatsvinden dan door het model berekend is.
- Het grootste deel van het gestorte sediment verdwijnt naar de bodem. Aan het einde van de stortperiode is er ca. 7% van het slib in suspensie. Dit wordt snel minder. Het effect van het storten van de boorspecie is tijdelijk van aard en zal een jaar na afloop van de stort uitgewerkt zijn. In het model is het effect al na 3 maanden grotendeels verdwenen. Door seizoensvariatie kan tijdelijk gesedimenteed slib echter weer in suspensie komen en leiden tot een verhoogde troebelheid. Na een jaar (seizoen), is het slib permanent gesedimenteerd.
- De slibconcentratie in de Beneden Zeeschelde als gevolg van de stort van boorspecie bedraagt ca. 100 mg/l. Een groot deel van dit slib zal sedimenteren in de toegangsgeulen naar de zeesluizen in de Beneden Zeeschelde. Gezien het feit dat er maximaal 7% van de gestorte boorspecie in suspensie is, bedraagt de sedimentatie in de toegangsgeulen nooit meer dan 100 duizend ton.

- In het estuarium vindt in korte tijd een zeer sterke sedimentatie van slib plaats, hetgeen kan leiden tot bodembedekking en "verstikking" van het ecosysteem.

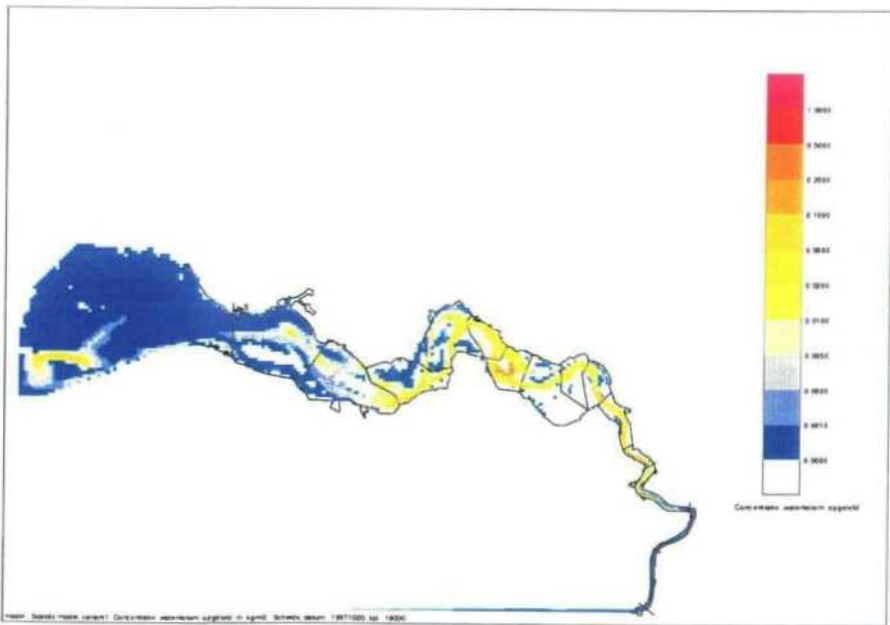
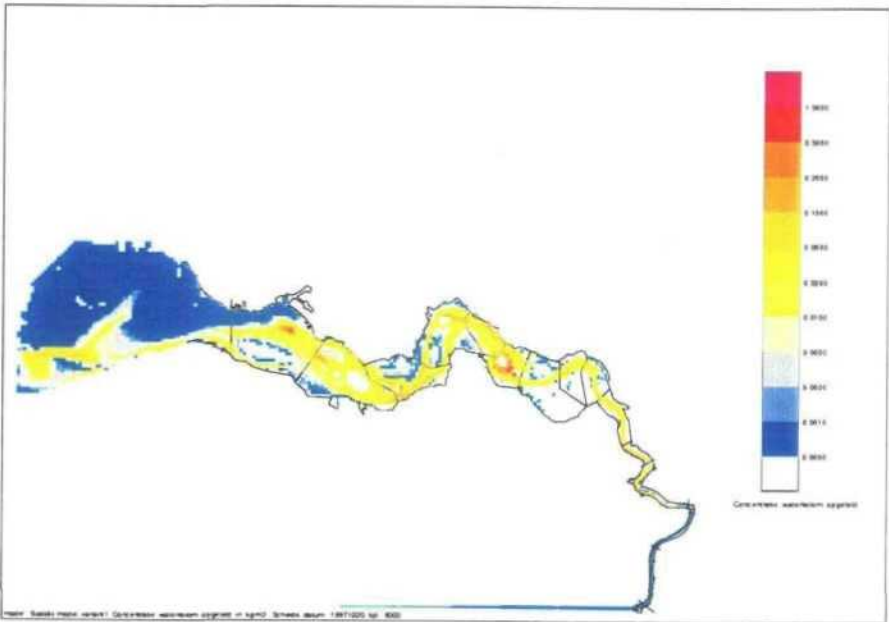
4 Literatuurlijst

Boorspecie Westerscheldetunnel, **Startnotitie**, Rijkswaterstaat Zeeland & Bouwdienst Rijkswaterstaat, (1997).

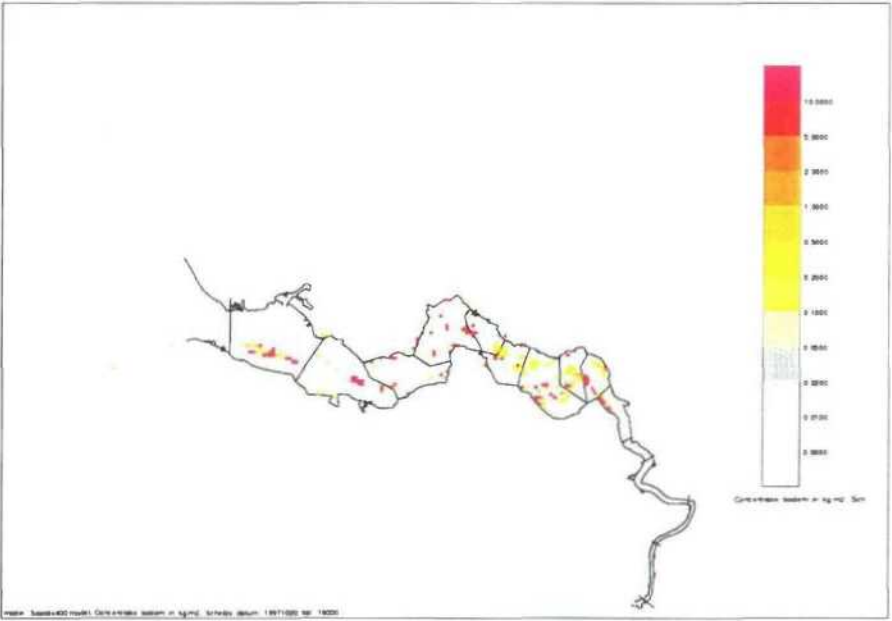
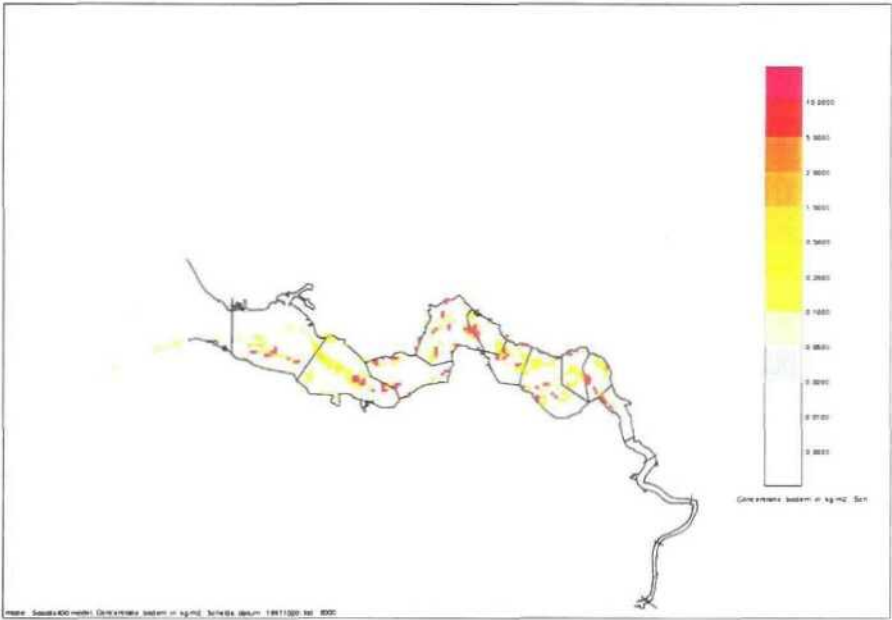
F.W.J. van Vliet, Verspreiding boorspecie Westerschelde bij storten in de Westerschelde, Waterloopkundig Laboratorium, J1442, (1997).

R.M. Salden, Een slib-transportmodel van het Schelde estuarium ten behoeve van waterkwaliteitsmodellering, Rijkswaterstaat Rijks Instituut voor Kust en Zee, werkdocument RIKZ/OS-97.116X, (1997).

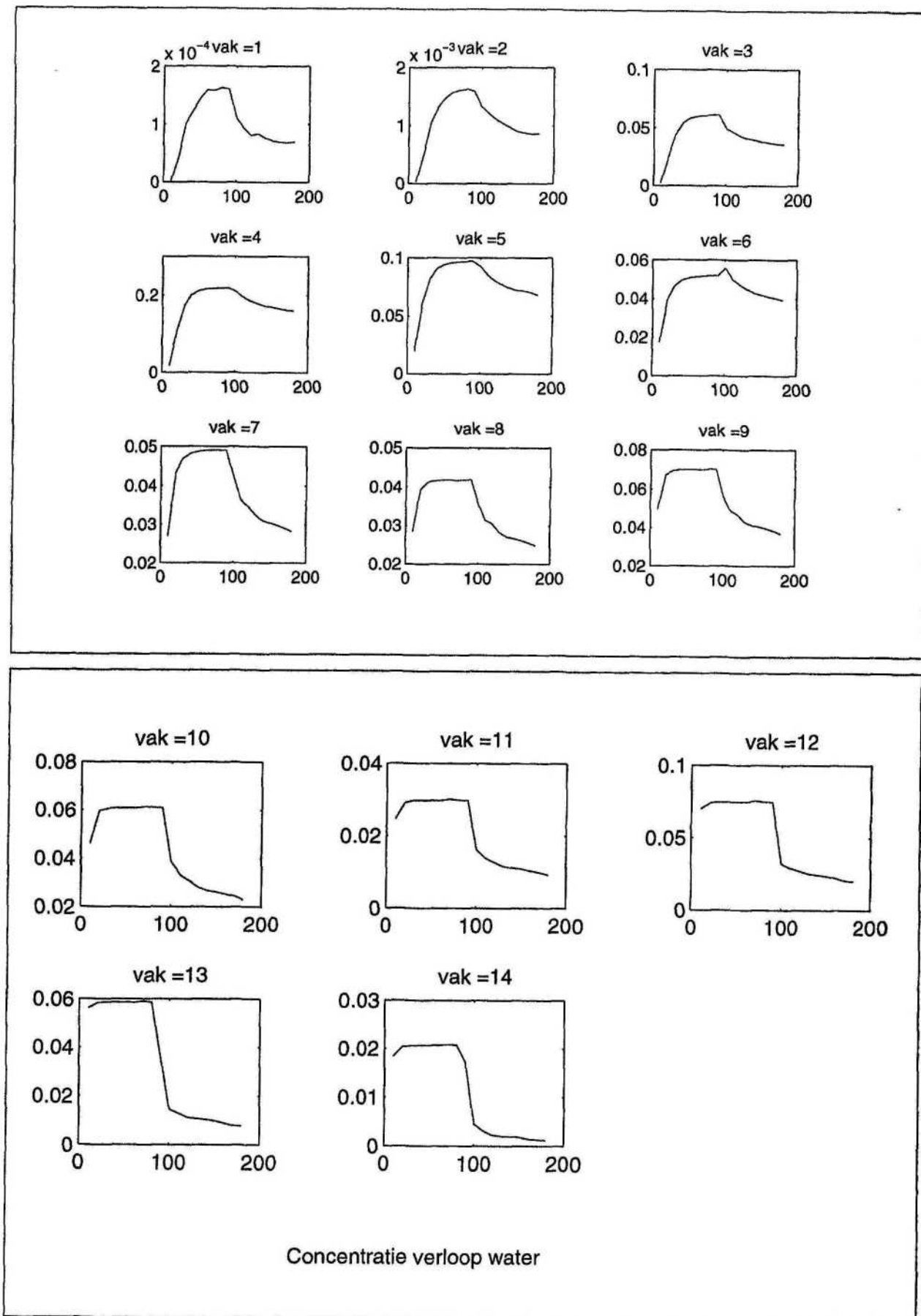
Figuur 1.1: Stortlocatie, slibconcentratie (in g/l) aan het eind van de stortperiode en na zes maanden voor variant 1.



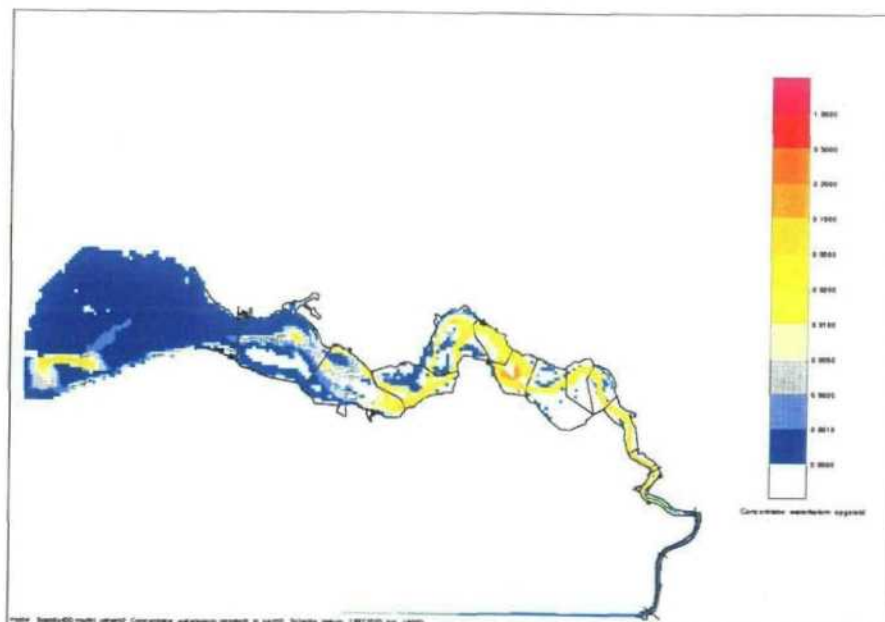
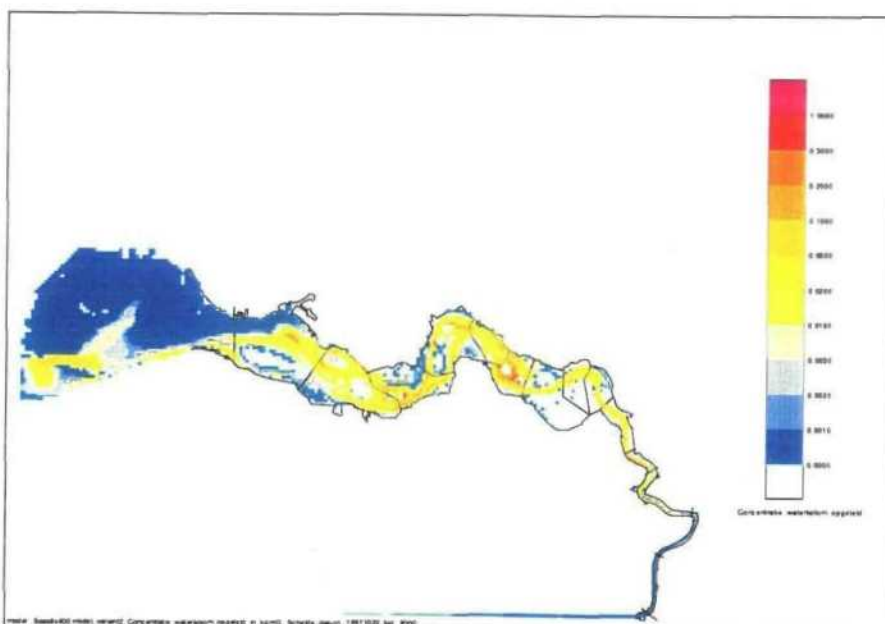
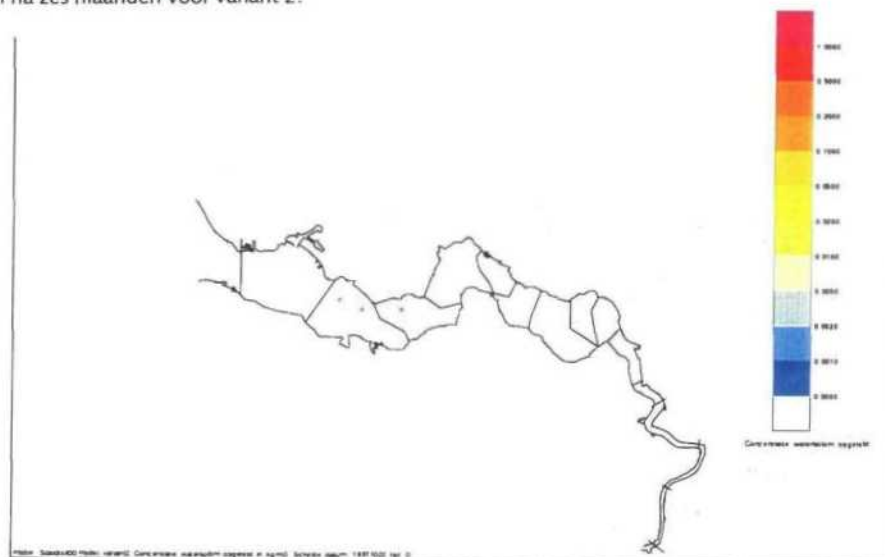
Figuur 1.2: Stortlocatie, sedimentatie (in kg/m²) aan het eind van de stortperiode en na zes maanden voor variant 1.



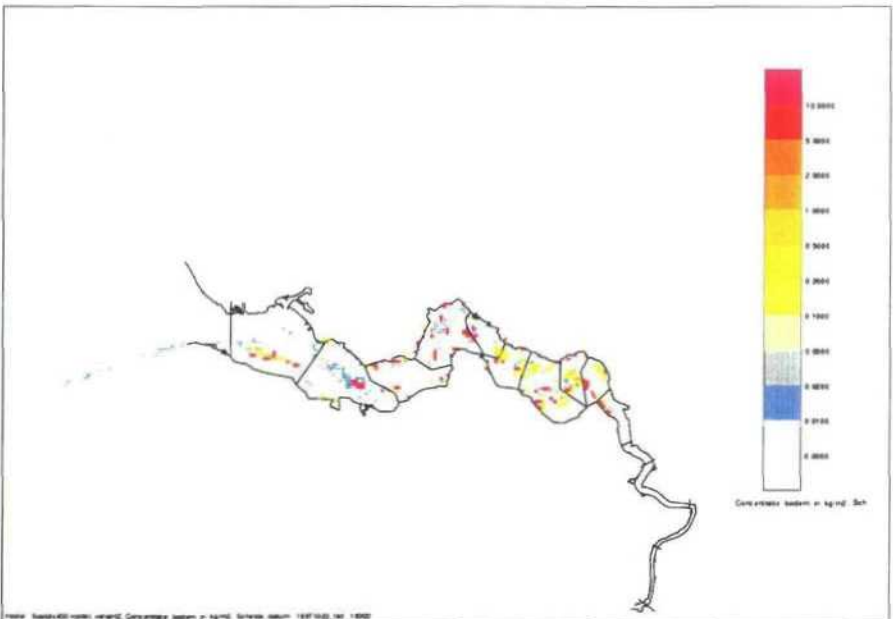
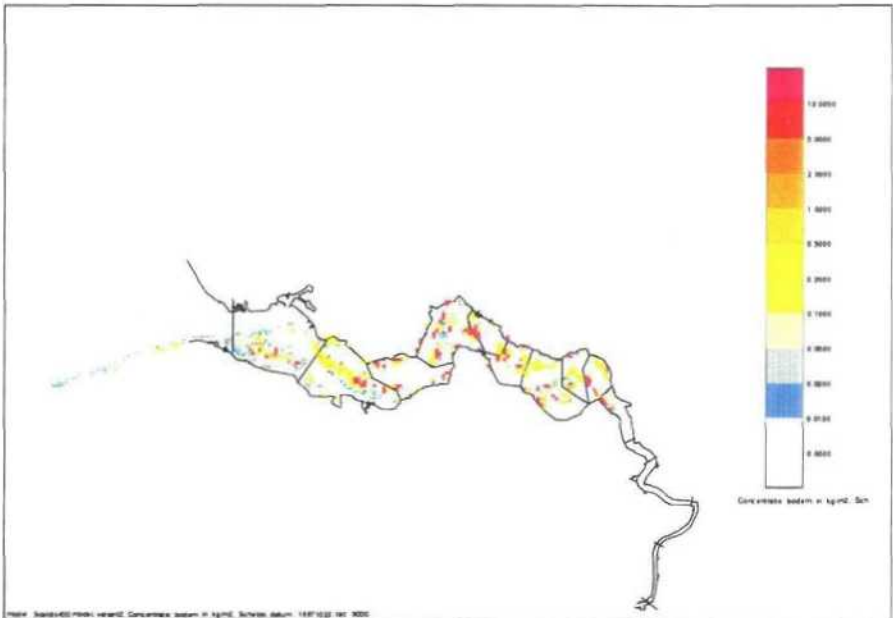
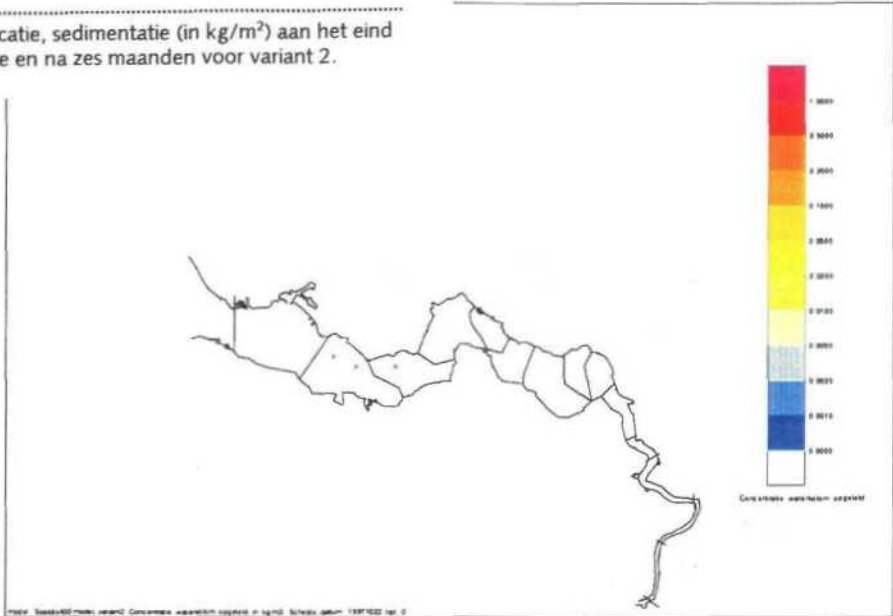
Figuur 1.3: Verloop van de slijbconcentratie (in g/l) in de tijd (in dagen) in elke SAWES-rooster cel voor variant 1. Het SAWES-rooster is o.a. gegeven in figuur 1.1.



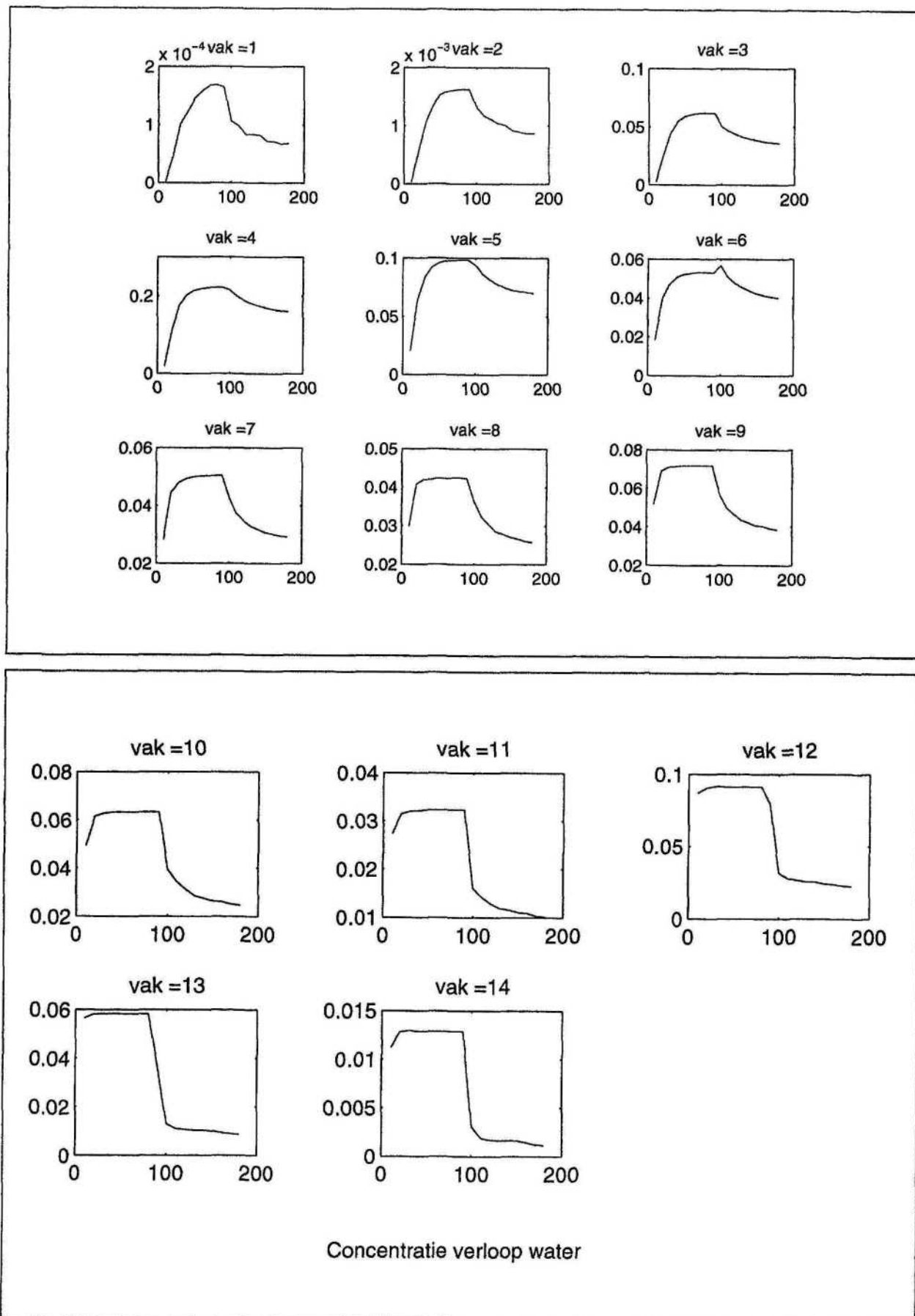
Figuur 2.1: Stortlocatie, slibconcentratie (in g/l) aan het eind van de stortperiode en na zes maanden voor variant 2.



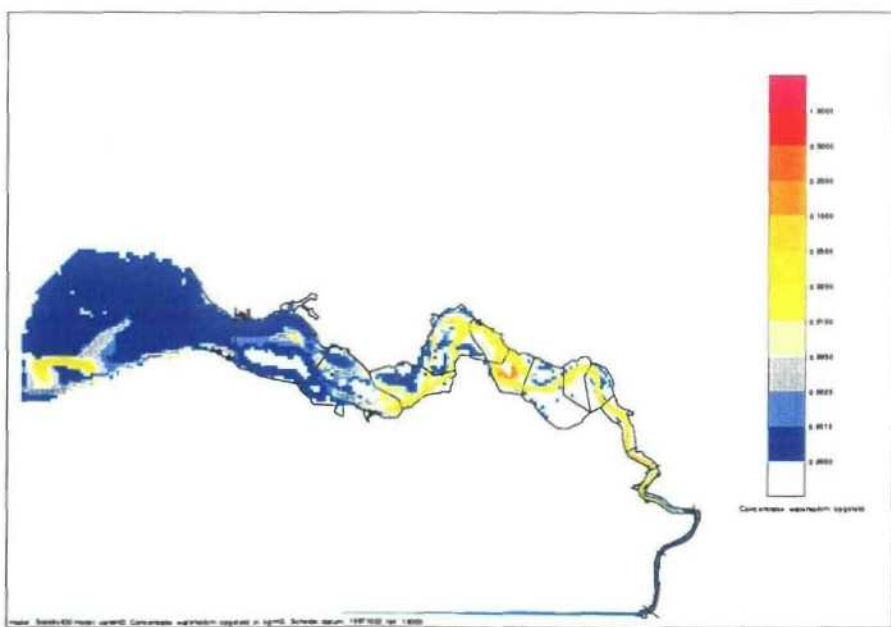
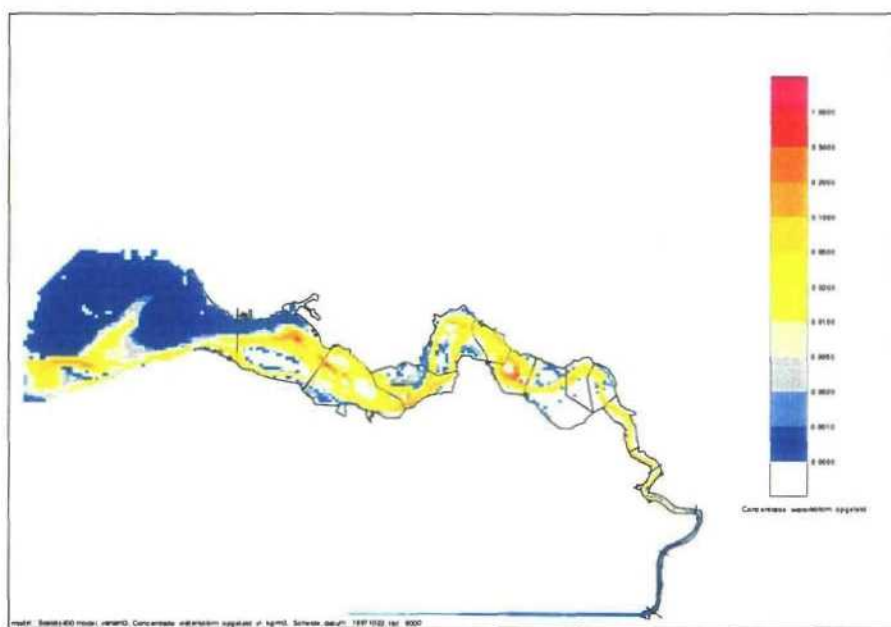
Figuur 2.2: Stortlocatie, sedimentatie (in kg/m²) aan het eind van de stortperiode en na zes maanden voor variant 2.



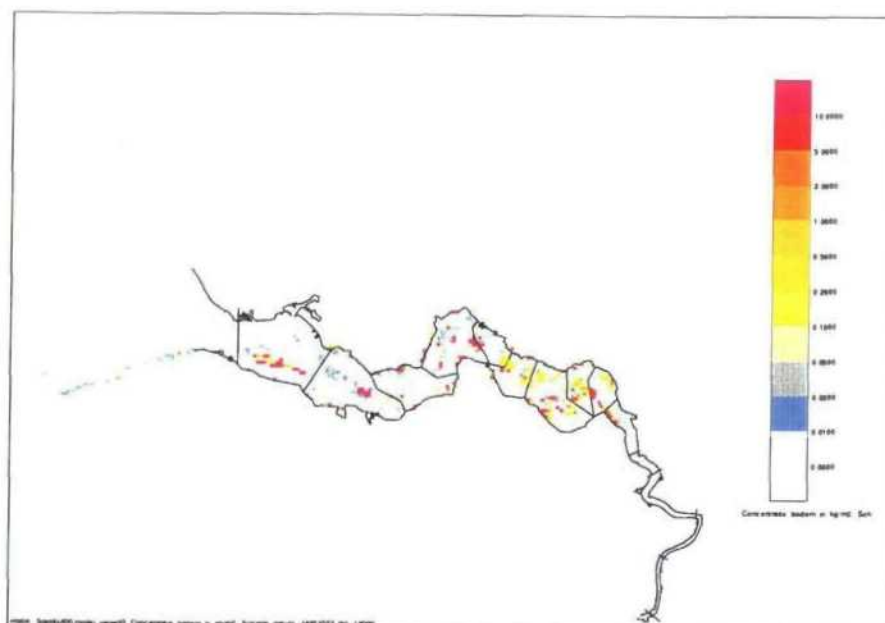
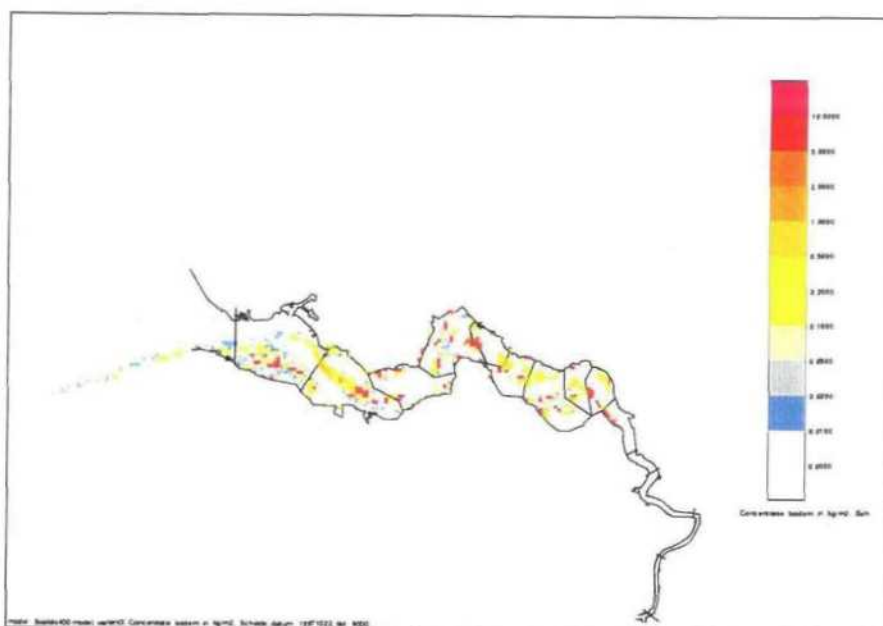
Figuur 2.3: Verloop van de slibconcentratie (in g/l) in de tijd (in dagen) in elke SAWES-rooster cel voor variant 2. Het SAWES-rooster is o.a. gegeven in figuur 1.1.



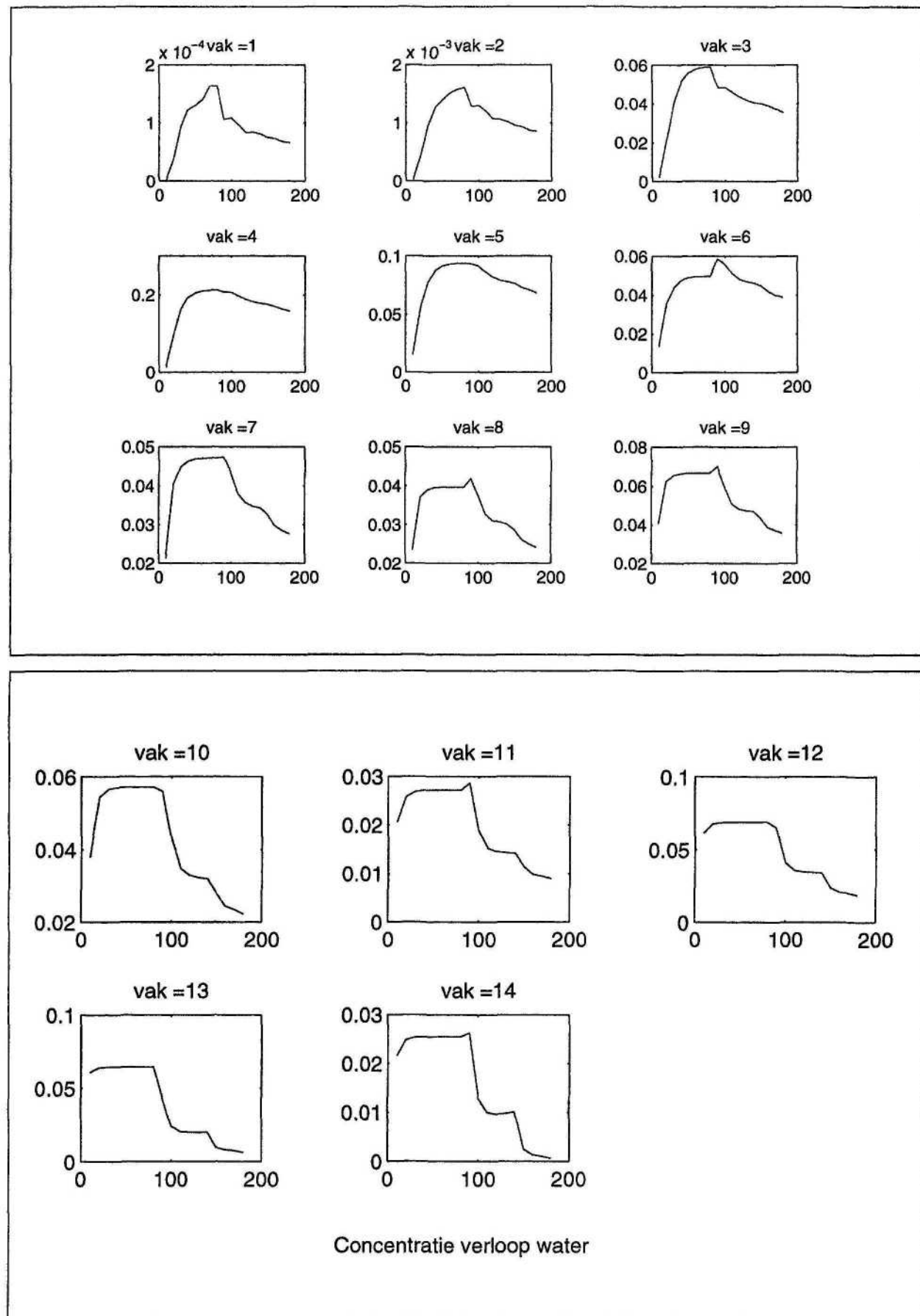
Figuur 3.1: Stortlocatie, slibconcentratie (in g/l) aan het eind van de stortperiode en na zes maanden voor variant 3.



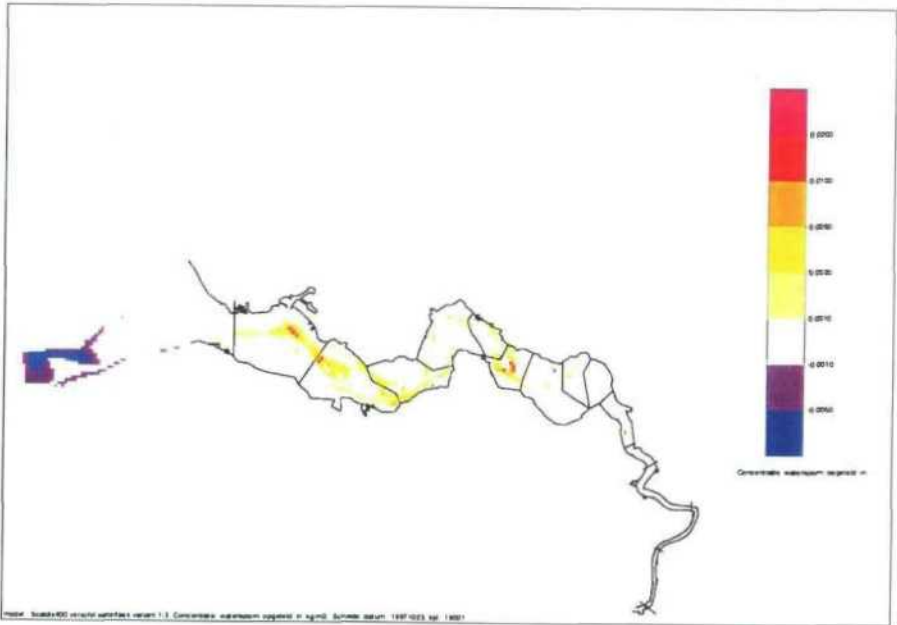
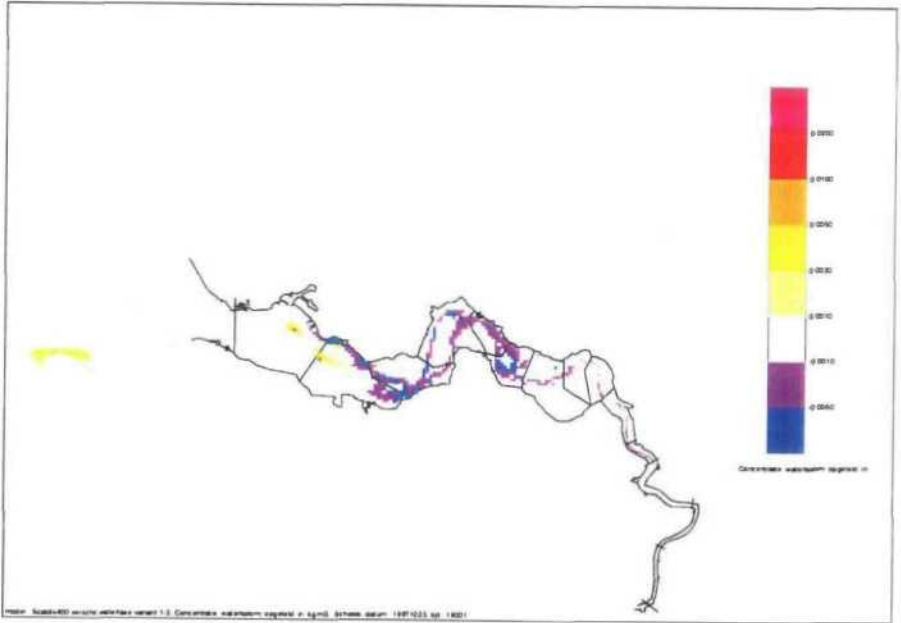
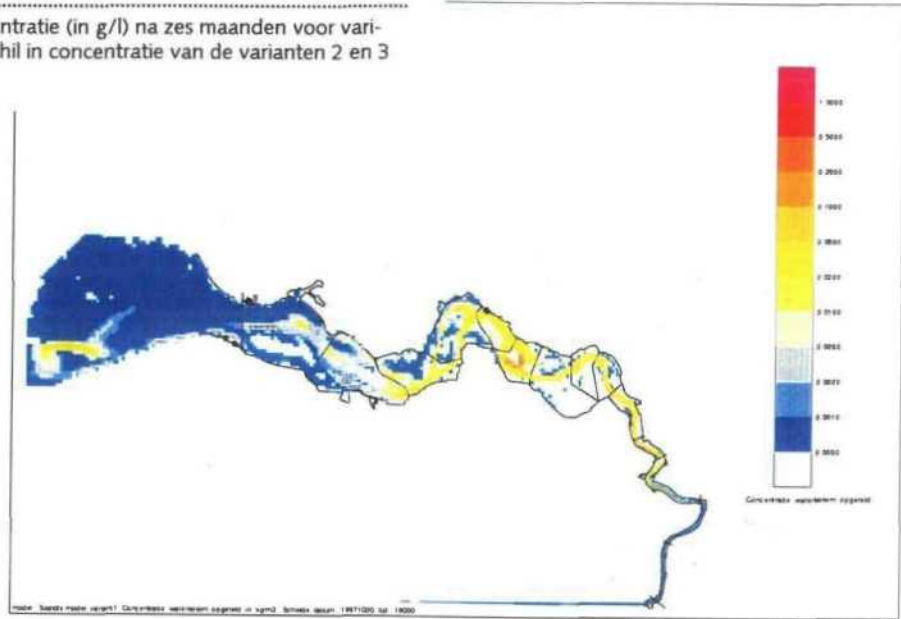
Figuur 3.2: Stortlocatie, sedimentatie (in kg/m^2) aan het eind van de stortperiode en na zes maanden voor variant 3.



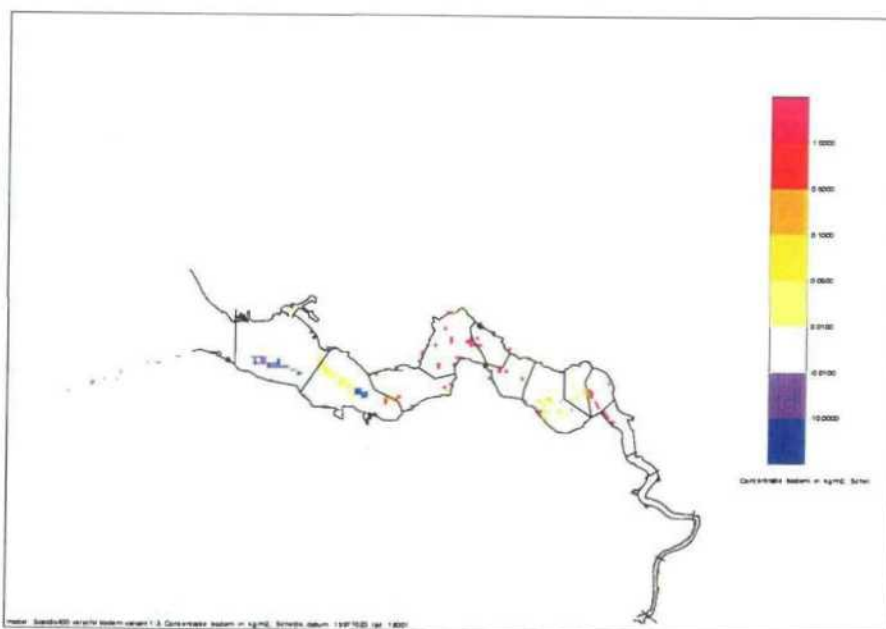
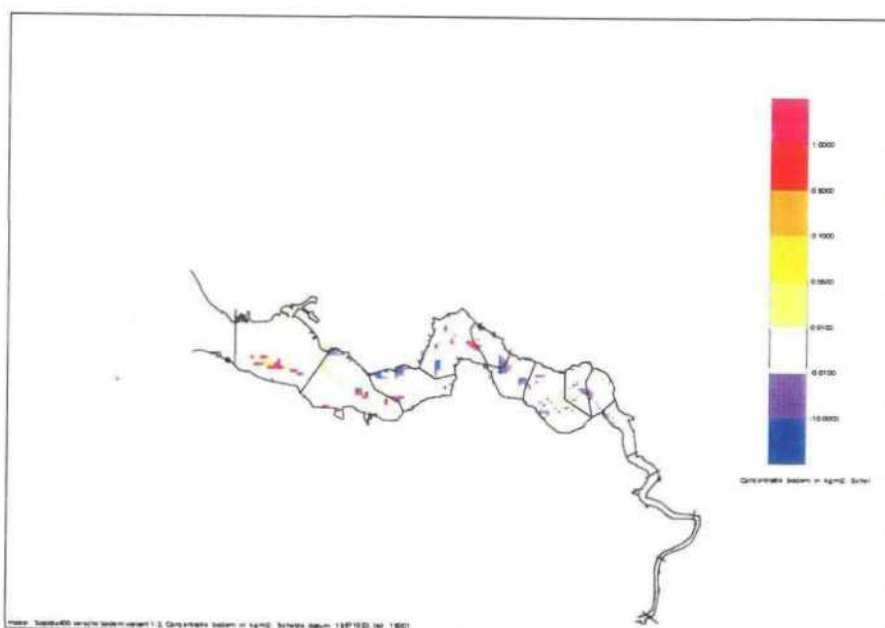
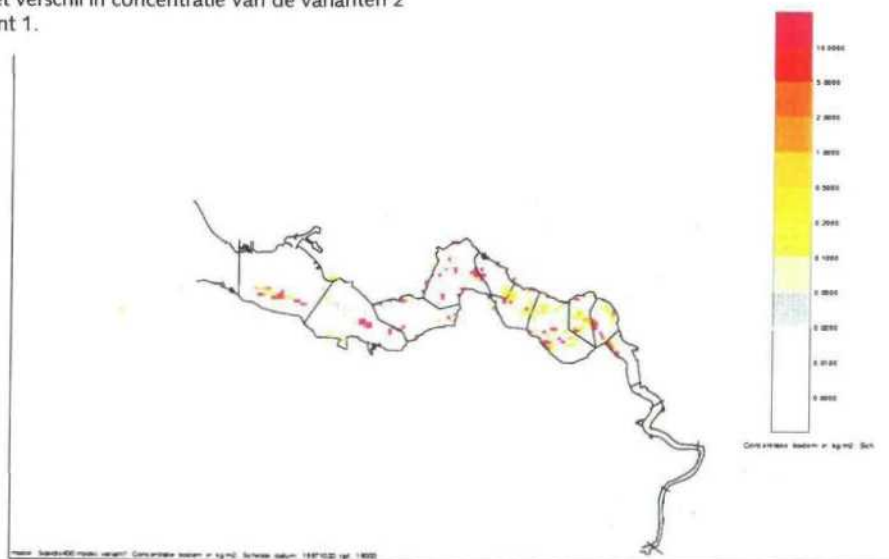
Figuur 3.3: Verloop van de slibconcentratie (in g/l) in de tijd (in dagen) in elke SAWES-rooster cel voor variant 3. Het SAWES-rooster is o.a. gegeven in figuur 1.1.

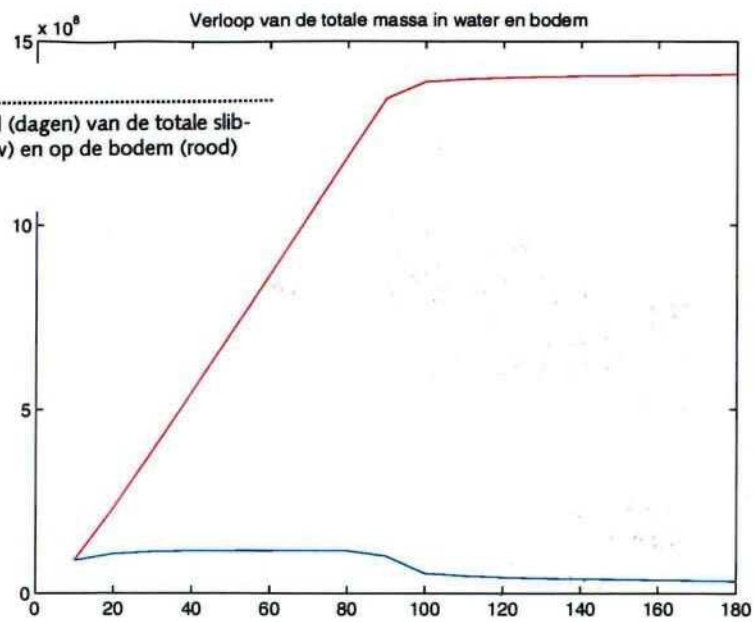


Figuur 4.1: Concentratie (in g/l) na zes maanden voor variant 1 en het verschil in concentratie van de varianten 2 en 3 met variant 1.



Figuur 4.2: Sedimentatie (in kg/m^2) na zes maanden voor variant 1 en het verschil in concentratie van de varianten 2 en 3 met variant 1.





Figuur 4.3: Het verloop in de tijd (dagen) van de totale slib-massa (in kg) in suspensie (blauw) en op de bodem (rood) voor varianten 1,2 en 3.

