



Modellering van de verticale verspreiding van slib in de Westerschelde deel2

L. Aalderink

Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ)
postbus 8039, 4330 EA Middelburg

A. Langerak

Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ)
postbus 8039, 4330 EA Middelburg

B. de Jong

Universiteit Twente, Faculteit Toegepaste Wiskunde
postbus 217, 7500 AE Enschede

Middelburg, 2 juli 1998

Voorwoord

Bij mijn stage en afstuderen bij het RIKZ was het niet mogelijk om de gegeven opdracht af te ronden. Na het afronden van mijn studie is mij toen gevraagd om dit alsnog te doen. Daartoe werd mij een vervolgopdracht van drie maanden aangeboden. Dat aanbod heb ik met dank aangenomen. Na enige tijd bleek het niet mogelijk te zijn om de vervolgopdracht in drie maanden af te ronden. De vervolgopdracht is toen met drie maanden verlengd. De personen die dat mogelijk gemaakt hebben wil ik hiervoor hartelijk danken. Het resultaat van de zes maanden durende vervolgopdracht ligt nu voor u. Ik hoop dat het een nuttig rapport zal blijken te zijn bij het verdere onderzoek van de slibmaterie.

Verder wil ik het RIKZ bedanken dat ik de cursussen WORD, EXCEL en WINDOWS 95 heb mogen volgen.

Daarnaast heb ik erg genoten de etentjes, de filmavonden, het (zaal) voetballen, het squashen en het tennissen met mede RIKZ-ers. Hiervoor wil ik ze allemaal hartelijk bedanken.

Tenslotte wil ik graag de volgende personen hartelijk bedanken. Ir A. Langerak voor zijn begeleiding en het mogelijk maken van deze vervolgopdracht. Ing. D. van Maldegem voor het verstrekken van de benodigde literatuur en gegevens. Dr Ir B. de Jong van de TU Twente bij wie ik met wiskundige vragen terecht kon. Mijn ouders, broers, nog niet genoemde vrienden voor hun morele ondersteuning en de desbetreffenden voor het nakijken van dit verslag.

Middelburg, 1 juli 1998.

Luc Aalderink

Samenvatting

In een eerder afstudeerverslag [1] is getracht meer te weten te komen over de verticale verspreiding van slib op een locatie in het Middelgat, in de Westerschelde. Met als uiteindelijk doel de volgende beheersvragen te kunnen oplossen

- Welke invloed heeft de verdieping van de Westerschelde op de hoogte van de slibgehalten. Dit in verband met de aanslibbing van havens, schorren en slikken.
- Welke gevolgen hebben de slibstoringen in de Westerschelde op de slibgehalten en daarmee op de aanslibbing.
- Welke invloed hebben de slibgehalten op de verspreiding van vervuilende stoffen, die aan slibdeeltjes kleven.

Om de verticale verspreiding van slib te kunnen simuleren is er destijds een 1D (imensi-onaal) V(erticaal)-model aangekocht van het Waterloopkundig Laboratorium. Als tijds-afhankelijke input voor dit model zijn een reeks met gemeten waterhoogten en diepte-gemiddelde stroomsnelheden gebruikt. De waarden van de invoerparameters zijn, voor zover mogelijk, uit de literatuur of uit metingen gehaald. Vervolgens zijn de modelresul-taten geverifieerd door de met het 1DV-model berekende slibconcentraties te vergelijken met de door het meetpontoon 'De Zeekat' gemeten slibconcentraties. Dit eerste onderzoek leverde niet het gewenste resultaat op omdat het beste verkregen globale patroon in de berekende slibconcentraties nog te veel bleek af te wijken van het patroon in de gemeten slibconcentraties. Om tot een gewenste verbetering te kunnen komen is een invers model (Extended Kalmanfilter) opgezet waarbij de gemeten slibconcentraties gebruikt worden om de instelparameters, de valsnelheid w_o en de sedimentatie min de erosie $D - E$, te schatten. Vanwege tijdsgebrek is bij het eerste onderzoek het testen van het Extended Kalmanfilter slechts ten dele geschied. Daarnaast bleek in dat onderzoek dat er een groot verschil zit tussen de door het 1DV-model berekende stroomsnelheidsprofiel en de door het meetpontoon 'De Zeekat' en omliggende schepen gemeten stroomsnelheidsprofiel.

Er is daarom een tweede onderzoek opgezet. De doelen van dit onderzoek zijn als volgt:

1. Het bepalen van de invloed van de afwijkingen in berekende verticale snelheids-profielen ten opzichte van de gemeten verticale snelheidsprofielen (zie [1]) op de uitkomsten van het 1DV-model.

2. Het uitgebreid testen van het Extended Kalmanfilter.
3. Het maken van de parameterschattingen van de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D - E$ met behulp van slibconcentratietingen op de locaties Middelgat, Schaar van Spijkerplaat en het Nauw van Bath .
4. Het, zo mogelijk, verklaren van het waargenomen patroon in de gemeten slibconcentraties.
5. Het vinden van verbeteringen voor het 1DV-model, waarmee de basis kan worden gelegd voor een succesvol 3D-model.

Het eerste punt is onderzocht met een aangepast 1DV-model dat werkt met over de diepte gemeten stroomsnelheidsverdelingen. Uit dat onderzoek blijkt dat vooral rond de kentering het 1DV-model met een logaritmische snelheidsverdeling, veel lagere eddy-viscositeitswaarden berekend dan wanneer een gemeten snelheidsverdeling opgegeven wordt. De hoogte van de toename van de eddy-viscositeitswaarden en de gevolgen hiervan op de te berekenen slibconcentraties in de waterkolom zijn daarbij afhankelijk van de oorzaak van het verschil in de snelheidsprofielen. Na het uitgebreid testen van het Extended Kalmanfilter zijn voor een gehele doortij/springtij cyclus schattingen gemaakt van de parameters w_o (valsnelheid slib) en $D(osition) - E(rosion)$, punt 2 en 3. Dit is gedaan met de metingen die met het meetpontoon 'De Zeekat' verkregen zijn op de locaties Middelgat, Nauw van Bath en Schaar van Spijkerplaat. De verkregen schattingen tot nu toe suggereren een verband tussen de valsnelheid en de hoogte van de slibconcentratie en een verband tussen de stroomsnelheid en de randvoorwaarde $D - E$, punt 4. Als voor deze verbanden de juiste vergelijkingen worden bepaald kunnen de uitkomsten van het 1DV-model verbeterd worden, punt 5. Wegens tijdsgebrek is hier niet aan toegekomen. Dit zal dus dienen te geschieden in een vervolgonderzoek. Tevens zijn er aanwijzingen gevonden dat advectie een niet verwaarloosbare rol speelt in de hoogte van de slibconcentraties op de bekeken locaties, wat in tegenspraak is met eerder onderzoek.

Inhoudsopgave

Lijst met symbolen	11
Lijst met figuren	13
Lijst met tabellen	17
1 Inleiding	19
2 Effecten verschil in snelheidsprofielen	23
2.1 Beschikbare metingen	23
2.2 Vergelijking uitkomsten 1DV-modellen	25
2.2.1 Testen zesde versie 1DV-model	25
2.2.2 Uitkomsten met gemeten snelheidsverdelingen	25
2.2.3 Oorzaak afwijkingen in de gemeten stroomsnelheden en berekende eddy-viscositeiten	26
2.3 Conclusies:	27
3 Het testen van het filter	31
3.1 De filtervergelijkingen	31
3.2 Het genereren van fictieve meetgegevens	34
3.3 Controlemiddel filtergedrag	35
3.4 Bestuderen filtergedrag	37
3.4.1 Bepalen onbekenden	37
3.4.2 Het schatten van de slibconcentraties c en de valsnelheid w_o	38
3.4.3 Het schatten van de slibconcentraties c en de randvoorwaarde $D - E$	40
3.4.4 Het schatten van slibconcentraties, w_o en $D - E$	42
3.5 Resultaten:	43

4	Het filteren van de gemeten slibconcentraties	45
4.1	Gebruikte meetreeksen	45
4.2	Controlemiddel filter	46
4.3	Het filteren van gemeten slibconcentraties	47
4.3.1	Schatten van alle parameters tegelijk	47
4.3.2	Verklaring Negatieve valsnelheid	49
4.3.3	Afsluitende controle filter	51
4.3.4	Integratie geschatte randvoorwaarde D-E	51
4.4	Schattingen parameters met werkelijk gemeten snelheidsprofiel	53
4.5	Conclusies	54
5	Lange reeks schattingen	59
5.1	Ingevoerde meetreeksen 1DV-model	59
5.1.1	Representativiteit tijdreeks waterhoogten	60
5.1.2	Representativiteit tijdreeks stroomsnelheden	61
5.1.3	Gebruikte slibconcentraties	64
5.2	Schattingen parameters doodtij/springtijcyclus	65
5.3	Te onderzoeken verbanden	71
5.3.1	Randvoorwaarde $D - E$	72
5.3.2	Valsnelheid w_o	72
5.4	Conclusies:	73
6	Conclusies & Aanbevelingen	75
6.1	Conclusies	76
6.2	Aanbevelingen	77
	Bibliografie	79
A	Vergelijkingen 1DV-Model	81
B	Fitting snelheidsveld	85
B.1	Probleemstelling	85
B.2	Gebruikte fittingsmethode	86
B.3	Sturing	87

C	Gebruikte invoerfile's	89
C.1	Gebruikte invoerfile bij versie 5	89
C.2	Gebruikte invoerfile bij versie 6	91
D	GISkaarten Westerschelde	95
E	Gemeten stroomsnelheidsprofielen	99
F	Meetdata stroomsnelheden op meerdere diepten	103
G	Testen aangepast 1DV-model	105
H	Uitkomsten filtertesten	115
I	Doodtij/springtij cyclus schattingen en metingen	131
J	Geschreven matlabprogramma's voor het filteren	161
J.1	Omzwhe.m	163
J.2	Omzsnel.m	165
J.3	Omzconc.m	167
J.4	Eved.m	170
J.5	Filteren.m	173
J.6	Ruistoe2.m	182
J.7	Reprocon.m	183
J.8	Inladen.m	186
J.9	Plotall.m	187
J.10	Vertalle.m	191

Lijst met symbolen

page

Symbol	Definitie	Dimensie
τ_d	Kritieke schuifspanning voor sedimentatie	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$
τ_e	Kritieke schuifspanning voor erosie	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$
τ_b	Bodemschuifspanning	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$
w_s	Valsnelheid slib	$\left[\frac{m}{s}\right]$
M	Erosieparameter	$\left[\frac{kg}{m^2 s}\right]$
D_{kv}	Moleculaire diffusiecoëfficiënt	$\left[\frac{m^2}{s}\right]$
D	Hoeveelheid slib die per seconde sedimenteert	$\left[\frac{kg}{m^2 s}\right]$
E	Hoeveelheid slib die per seconde erodeert	$\left[\frac{kg}{m^2 s}\right]$
Γ_T	Eddy-diffusiteit	$\left[\frac{m^2}{s}\right]$
ν_T	Eddy-viscositeit	$\left[\frac{m^2}{s}\right]$
ν	De kinematische viscositeit van water	$\left[\frac{m^2}{s}\right]$
c	Slibconcentratie	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
u_*	schuifspanningssnelheid	$\left[\frac{m}{s}\right]$
$\bar{u}$	diepte gemiddelde stroomsnelheid	$\left[\frac{m}{s}\right]$
Ch	Chézy-waarde	$\left[\frac{m^{1/2}}{s}\right]$
t	Tijd	$[s]$
z	Hoogte, met $z = z_0$ de bodem en $z = H$ het oppervlak	$[m]$
z_0	Ruwheidshoogte van de bodem	$[m]$
N	Aantal lagen waarin waterkolom is opgedeeld	-
Δz_b	Dikte van de eerste laag boven de bodem (numeriek)	$[m]$
H	De waterhoogte	$[m]$
σ_T	Turbulente Prandtl Schmidt nummer	-
σ	Standaard deviatie van de betreffende variabele	-
a	Tellercoëfficiënt in formule van Van Leussen	-
b	Noemercoëfficiënt in formule van Van Leussen	-
m_L	Machtscoëfficiënt in formule van Van Leussen	-

Filtersymbool	Definitie	Dimensie
X	Symbool geschreven als hoofdletter is een Matrix	
$\underline{X}$	Onderstreepte hoofdletter is stochastische vector variabele	
s	Aantal bekende toestanden per filterstap	
r	Aantal systeemruiscomponenten	
$\underline{X}_n$	Toestand op $t = t_n$	$N * 1$
$\hat{\underline{X}}_{n n}$	Toestandsschatting op $t = t_n$ gegeven $\underline{Z}_n$	$N * 1$
$\hat{\underline{X}}_{n+1 n}$	Toestandsschatting op $t = t_{n+1}$ gegeven $\underline{Z}_n$	$N * 1$
$\underline{Z}_n$	Meting op $t = t_n$	$s * 1$
$\underline{\underline{Z}}_n$	Meetreks $\{ \underline{Z}_0, \underline{Z}_1, \dots, \underline{Z}_n \}$	-
$P_{n n}$	Covariantiematrix van de fout in $\hat{\underline{X}}_{n n}$	$N * N$
$P_{n+1 n}$	Covariantiematrix van de fout in $\hat{\underline{X}}_{n+1 n}$	$N * N$
K_{n+1}	Kalmangainmatrix op $t = t_{n+1}$	$N * s$
F_n	Transpositiematrix van de toestand	$N * N$
G_n	Coëfficiëntenmatrix van de systeemruis	$N * r$
Q_{n+1}	Covariantiematrix van de systeemruis	$r * r$
M_n	Meetmatrix	$s * N$
R_{n+1}	Covariantiematrix van de meetruis	$s * s$

Lijst van figuren

2.1	Overzicht van de meetpunten van de Zeekat in de Westerschelde. Meetpunt 1: Schaar van Spijkerplaat nabij Vlissingen; Meetpunt 2: Middelgat nabij Hoedekenskerke; Meetpunt 3: Nauw van Bath nabij Bath.	24
2.2	Meetpunt Middelgat te Hoedekenskerke, met dieptelijnen in decimeters ten opzichte van NAP, zie figure 2.1 voor de ligging van het meetpunt in de Westerschelde.	28
4.1	Gemeten stroomsnelheid en integratie van E-D! waarden	52
4.2	Schattingen filter met opgegeven diepte gemiddelde stroomsnelheid	55
4.3	Schattingen filter met gemeten stroomsnelheden op 7 diepten	56
5.1	Gemeten Waterhoogten	62
5.2	Gemeten stroomsnelheden Zeekat	62
5.3	Gemeten waterhoogten (Hansweert), stroomsnelheden en gemiddelde van de drie gemeten slibconcentraties vanaf 0.00 uur 15-01-88 voor de locatie Middelgat. De diepte t.o.v. NAP is hier 18 meter	66
5.4	Gemeten waterhoogten (Bath), stroomsnelheden en gemiddelde van de drie gemeten slibconcentraties vanaf 0.00 uur 20-09-88 voor de locatie Nauw van Bath. De diepte t.o.v. NAP is hier 16 meter	67
5.5	Gemeten waterhoogten (Vlissingen), stroomsnelheden en gemiddelde van de drie gemeten slibconcentraties vanaf 0.00 uur 21-10-89 voor de locatie Schaar van Spijkerplaat. De diepte t.o.v. NAP is hier 13 meter	68
E.1	Gemeten stroomsnelheidsverticalen meetponton 'De Zeekat'.	100
E.2	Gemeten stroomsnelheidsverticalen meetvaartuig 'Lodijcke'.	101
E.3	Gemeten stroomsnelheidsverticalen meetvaartuig 'Wijtvliet'.	102
G.1	Uitkomsten van zesde versie 1DV-model, verkregen met gegenereerde test-file van stroomsnelheden, en die van versie 5 uitgezet tegen de waterhoogte boven de bodem.	107

G.2.A	Uitkomsten van versie 6, verkregen met de op 7 diepten gemeten stroomsnelheden, en die van versie 5 uitgezet tegen de waterhoogte boven de bodem.	108
G.2.B	Vervolg vorige figuur	109
G.2.C	Vervolg vorige figuur	110
G.2.D	Vervolg vorige figuur	111
G.2.E	Vervolg vorige figuur	112
G.2.F	Vervolg vorige figuur	113
G.2.G	Vervolg vorige figuur	114
H.1	Schatten van c en w_o m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_o en $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen van de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 tesamen met de standaarddeviaties uitgezet.	116
H.2	Vervolg van het schatten van c en w_o m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_o en $D - E$	117
H.3	Schatten van c en w_o m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en constante $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen van de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 tesamen met de standaarddeviaties uitgezet.	118
H.4	Vervolg van het schatten van c en w_o m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en constante $D - E$	119
H.5	Schatten van c en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_o en $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen van de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 tesamen met de standaarddeviaties uitgezet.	120
H.6	Vervolg van het schatten van c en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_o en $D - E$	121
H.7	Schatten van c en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_o en variabele $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen van de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 tesamen met de standaarddeviaties uitgezet.	122
H.8	Vervolg van het schatten van c en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_o en variabele $D - E$	123
H.9	Schatten van c, w_o en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen v.d. slibconcentraties v.d. lagen 5,30 en 44 tesamen met de st. dev. uitgezet.	124

H.10	Vervolg van het <i>schatten van c, w_o en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen van de valsnelheid w_o en de sedimentatie min de erosie $D - E$ tesamen met de bijbehorende standaarddeviaties uitgezet.</i>	125
H.11	Vervolg van het <i>schatten van c, w_o en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en $D - E$.</i>	126
H.12	<i>Schatten van c, w_o en $D - E$ m.b.v. de gemeten slibconcentraties. In de figuren zijn de afwijkingen v.d. slibconcentraties v.d. lagen 5,30 en 44 tesamen met de st. dev. uitgezet.</i>	127
H.13	Vervolg van het <i>schatten van c, w_o en $D - E$ m.b.v. de gemeten slibconcentraties.</i>	128
H.14	Vervolg van het <i>schatten van c, w_o en $D - E$ m.b.v. gemeten slibconcentraties, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en $D - E$.</i>	129
I.1.A	Middelgat, geschatte en berekende parameters	132
I.1.B	Middelgat, geschatte en berekende parameters	133
I.1.C	Middelgat, geschatte en berekende parameters	134
I.1.D	Middelgat, geschatte en berekende parameters	135
I.1.E	Middelgat, geschatte en berekende parameters	136
I.1.F	Middelgat, geschatte en berekende parameters	137
I.1.G	Middelgat, geschatte en berekende parameters	138
I.1.H	Middelgat, geschatte en berekende parameters	139
I.1.I	Middelgat, geschatte en berekende parameters	140
I.1.J	Middelgat, geschatte en berekende parameters	141
I.1.K	Middelgat, geschatte en berekende parameters	142
I.1.L	Middelgat, geschatte en berekende parameters	143
I.1.M	Middelgat, geschatte en berekende parameters	144
I.2.A	Middelgat, gemeten en berekende parameters doodtij	145
I.2.B	Middelgat, gemeten en berekende parameters gemiddeld getij	146
I.2.C	Middelgat, gemeten en berekende parameters springtij	147
I.3.A	Nauw van Bath, geschatte en berekende parameters doodtij	148
I.3.B	Nauw van Bath, gemeten en berekende parameters doodtij	149
I.4.A	Nauw van Bath, geschatte en berekende parameters gemiddeld getij	150
I.4.B	Nauw van Bath, gemeten en berekende parameters gemiddeld getij	151

I.5.A Nauw van Bath, geschatte en berekende parameters springtij	152
I.5.B Nauw van Bath, gemeten en berekende parameters springtij	153
I.6.A Schaar van Spijkerplaat, geschatte en berekende parameters doodtij . .	154
I.6.B Schaar van Spijkerplaat, gemeten en berekende parameters doodtij . .	155
I.7.A Schaar van Spijkerplaat, geschatte en berekende parameters gem. getij	156
I.7.B Schaar van Spijkerplaat, gemeten en berekende parameters gem. getij	157
I.8.A Schaar van Spijkerplaat, geschatte en berekende parameters springtij .	158
I.8.B Schaar van Spijkerplaat, gemeten en berekende parameters springtij .	159

Lijst van tabellen

5.1	<i>Handmatig bepaalde vermenigvuldigingsfactoren voor het verkrijgen van de beste reeks met dieptegemiddelde stroomsnelheden</i>	64
5.2	<i>Overzicht met nadere specificaties van de drie meetlocaties in de Westerschelde van het meetponton 'De Zeekat', zie de notitie van 24-11-'97 van Dirk van Maldegem.</i>	69
5.3	<i>Minimum, gemiddelde, maximum en standaarddeviatie waarden van de geschatte valsnelheid van slib voor de drie meetlocaties van de Zeekat . . .</i>	71
5.4	<i>Doodtij/Springtij data behorend bij de bekeken perioden van de drie meetlocaties van de Zeekat</i>	71
J.1	<i>De directorystructuur</i>	161

Hoofdstuk 1

Inleiding

Voor de beheerspraktijk is er behoefte aan een 3D-model dat in staat is om de slibconcentraties in de Westerschelde te kunnen voorspellen. Dit om onder andere de volgende drie belangrijke beheersvragen te kunnen beantwoorden, te weten:

- Welke invloed heeft de verdieping van de Westerschelde op de hoogte van de slibgehalten? Dit in verband met de aanslibbing van havens, schorren en slikken.
- Welke gevolgen hebben de slibstortingen in de Westerschelde op de slibgehalten en daarmee op de aanslibbing?
- Welke invloed hebben de slibgehalten op de verspreiding van vervuilende stoffen, die aan slibdeeltjes kleven.

Tot nu toe is er nog geen gangbaar 3D-model in omloop. Dit vanwege het feit dat een aantal belangrijke achterliggende fysische processen niet of slecht begrepen worden. Als eerste stap ter verbetering van het 3D-model heeft Sandra Konings als eerste poging in [7] getracht de slibconcentraties in horizontale richting te modelleren met behulp van een 1D(imensionaal) H(orizontaal) model. De conclusie van dat onderzoek was dat de verticale diffusie van slib een essentieel onderdeel van een slibmodel is. Besloten is toen om het gebruiksrecht van het 1D(imensionaal)V(erticaal)-model van het Waterloopkundig Laboratorium te kopen om de verticale diffusie nader te kunnen bestuderen. In [1] is dit 1DV-model zo goed mogelijk afgesteld door de berekende slibconcentraties van het 1DV-model te vergelijken met de door het meetpunt 'De Zeekat', gelegen te Middelgat, op drie hoogtes gemeten slibconcentraties en iteratief de modelparameters aan te passen. Het daarmee verkregen 'beste' resultaat was echter nog onbevredigend.

Om daar verandering in te brengen zijn in [1] met het Extended Kalmanfilter filtervergelijkingen afgeleid waarmee de waarden van twee invloedrijke parameters in het 1DV-model geschat kunnen worden. Deze twee parameters zijn de 'gemiddelde' valsnelheid (w_o) en de parameter Sedimentatie min Erosie ($D - E$). Het schatten van de genoemde parameters

diende tot verbeteringen van het 1DV-model te leiden, wat vervolgens kan dienen als basis voor een succesvol 3D-model. In [1] is een start gemaakt met het maken van schattingen van de genoemde parameters, er is echter niet tot een afronding gekomen. Daarnaast bleek uit het onderzoek dat vooral rond de kentering er een groot verschil bestaat tussen de door het 1DV-model berekende logaritmische snelheidsverdeling en de door het meetpunt 'De Zeekat' op 7 diepten gemeten stroomsnelheden. De vraag was wat voor gevolgen dit had voor de uitkomsten van het 1DV-model. Deze onopgeloste vraagstukken hebben geleid tot dit onderzoek met als opdracht de volgende doelen te realiseren:

Doelen onderzoek

1. Het bepalen van de invloed van de afwijkingen in berekende verticale snelheidsprofielen ten opzichte van de gemeten verticale snelheidsprofielen (zie [1]) op de uitkomsten van het 1DV-model.
2. Het uitgebreid testen van het Extended Kalmanfilter.
3. Het maken van de parameterschattingen van de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D - E$ met behulp van slibconcentratiemetingen op de locaties Middelgat, Schaar van Spijkerplaat en het Nauw van Bath.
4. Het, zo mogelijk, verklaren van het waargenomen patroon in de gemeten slibconcentraties.
5. Het vinden van verbeteringen voor het 1DV-model, waarmee de basis kan worden gelegd voor een succesvol 3D-model.

Indeling rapport

In hoofdstuk 2 wordt onderzocht welke gevolgen het verschil tussen het gemeten en door het 1DV-model berekende snelheidsprofiel oplevert. Daarna worden in hoofdstuk 3 de filtervergelijkingen, die in [1] verkregen zijn getest met behulp fictieve meetgegevens. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 aangegeven hoe de beste schattingen voor de slibconcentratie, de 'gemiddelde' valsnelheid (w_o) en de randvoorwaarde $D - E$ worden verkregen. Aan de hand van de bevindingen is een schema opgesteld dat tot optimale schattingen van de parameters leidt. In hoofdstuk 5 worden vervolgens voor de locaties Middelgat, Bath en Vlissingen schattingen van de slibconcentratie, de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D - E$ gepresenteerd voor een gehele doottij/springtijsyclus. Dit is gedaan op basis van de continu-metingen die op de genoemde locaties uitgevoerd zijn met het meetpunt 'De Zeekat' in de periode 1987-1990, zie de inleiding van [1]. Tot slot zijn in hoofdstuk 6 de conclusies van het onderzoek weergegeven en worden aanbevelingen gedaan voor een vervolg onderzoek.

Hoofdstuk 2

Effecten verschil in snelheidsprofielen

Ter controle van de continu-metingen, van het meetpontoon 'De Zeekat', zijn aanvullende 13-uurs metingen uitgevoerd. Bij deze 13-uurs metingen, die gedaan zijn met nabijgelegen meetvaartuigen en de Zeekat zelf, zijn op meerdere diepten de stroomsnelheid gemeten. Vergelijking van deze over de diepte gemeten en door het 1DV-model (versie 5) berekende logaritmische snelheidsprofielen levert een groot verschil op, zie [1]. Aangezien de stroomsnelheid de aansturende motor is van het 1DV-model is in [1] de aanbeveling gedaan om te onderzoeken of het verschil van wezenlijk belang is voor de uitkomsten van het 1DV-model. De vraag daarbij is of de eddy-viscositeit, die zorgt voor de verspreiding van slib in de verticale richting, wezenlijk zou veranderen. Om bij een willekeurige snelheidsverdeling de eddy-viscositeit te kunnen berekenen is het 1DV-model door het WL aangepast (versie 6). In deze aangepaste versie van het 1DV-model kan per tijdstap voor maximaal tien verschillende diepten de stroomsnelheid opgegeven worden. Hoe in het 1DV-model met deze opgegeven stroomsnelheden een vloeiende snelheidsgradatie over de diepte wordt verkregen wordt uitgelegd in bijlage B.

In §2.1 worden de metingen gepresenteerd waarbij op meerdere diepten de stroomsnelheden zijn gemeten. Daarna zijn in §2.2 de uitkomsten van de verschillende 1DV-modellen vergeleken. Tenslotte worden in §2.3 de conclusies weergegeven.

2.1 Beschikbare metingen

Zoals in [1] is vermeld zijn er met het meetpontoon 'De Zeekat' om de ongeveer 4 minuten een aantal gegevens continu gemeten op de locaties Middelgat, Nauw van Bath en Schaar van Spijkerplaat, voor de ligging van de locaties zie figuur 2.1. Bij die continu-metingen is op één hoogte, 1.5 meter onder het wateroppervlak, de stroomsnelheid gemeten. Naast deze continu-metingen zijn er op de Zeekat zelf en 2-5 nabij gelegen schepen op een aantal dagen 13-uurs metingen uitgevoerd. Bij deze 13-uurs metingen werden om de ongeveer 36 minuten de volgende drie parameters gemeten:



Figuur 2.1: *Overzicht van de meetpunten van de Zeekat in de Westerschelde. Meetpunt 1: Schaar van Spijkerplaat nabij Vlissingen; Meetpunt 2: Middelgat nabij Hoedekenskerke; Meetpunt 3: Nauw van Bath nabij Bath.*

- de slibconcentratie op aantal hoogten,
- de stroomsnelheid op aantal hoogten,
- en de diepte vanaf het wateroppervlak.

Het aantal hoogten waarop gemeten werd, was afhankelijk van de waterdiepte op de meetlocatie. Daarnaast duurde een meting van alle meethoogten, waarbij vanaf de bodem begonnen werd, rond de 20 minuten. In bijlage F is voor de drie meetlocaties weergegeven op welke dagen deze 13-uurs metingen hebben plaatsgevonden. Voor dit onderzoek zijn de meetgegevens van 17-03-88 van de locatie Middelgat opgevraagd bij de meetdienst van Directie Zeeland. Deze dag is uitgekozen om de volgende drie redenen:

- De gemeten slibconcentraties op de locatie Middelgat zijn relatief het hoogst en deze meting ligt dicht bij springtij.
- De meetreeks is voldoende lang en zonder storingen
- Op deze dag zijn van alledrie de meethoogten, waarop het meetponton 'De Zeekat' continu gemeten heeft, betrouwbare slibconcentraties beschikbaar.

In de rest van het hoofdstuk zal alleen met de meetdata van 17-03-'88 van de locatie Middelgat gewerkt worden.

2.2 Vergelijking uitkomsten 1DV-modellen

2.2.1 Testen zesde versie 1DV-model

Voordat proeven met de gemeten stroomsnelheden van 17-03-'88 zijn gedaan is de werking van de zesde versie van het 1DV-model getest door vergelijking van de uitkomsten met die van versie 5. Ten eerste is bepaald hoe goed de fitting is door een opgegeven reeks met stroomsnelheden. Ten tweede is gekeken of de met de versie 6 berekende eddy-viscositeiten overeenkomen met die van versie 5. De test is weergegeven in bijlage G. De uitkomsten van de test zijn als volgt:

- Versie 6 blijkt in staat te zijn om een goede lijn te fitten door de opgegeven stroomsnelheden.
- Het met versie 6 berekende snelheidsveld komt redelijk goed overeen met het berekende logaritmische snelheidsveld van versie 5. Alleen bij de bodem treedt een duidelijk verschil op. Dit verschil lijkt te worden veroorzaakt door een no-slip conditie in versie 6.
- De orde van grootte van de door versie 6 berekende eddy-viscositeiten zijn, in vergelijking met die van versie 5, over bijna de gehele diepte iets te laag. De oorzaak hiervan lijkt de 'no-slip' conditie in de fittingsprocedure van versie 6 te zijn. Voor het verkrijgen van betrouwbaardere eddy-viscositeitswaarden met versie 6 dient het aanbeveling het euvel door het WL te laten verhelpen.

2.2.2 Uitkomsten met gemeten snelheidsverdelingen

Vervolgens is een proef gedaan met de op meerdere hoogten gemeten stroomsnelheden om de invloed van het verschil in de snelheidsverdelingen op de eddy-viscositeit te bepalen. Hiervoor zijn de metingen van 17-03-88 gebruikt. Bij die meting is op 'De Zeekat' om de ongeveer 36 minuten op de volgende 7 hoogten de stroomsnelheid gemeten:

- 0.5 meter onder het wateroppervlak
- 1.5 meter onder het wateroppervlak
- 66% van de waterhoogte boven de bodem
- 33% van de waterhoogte boven de bodem
- 2.5 meter boven de bodem
- 1.5 meter boven de bodem
- 0.5 meter boven de bodem

De stroomsnelheden die daarbij gemeten zijn en de op die dag op 'De Zeekat' gemeten waterhoogten zijn als invoer gebruikt voor versie 6 van het 1DV-model. In de figuren G.2.A t/m G.2.G zijn de berekende eddy-viscositeiten, linker grafieken, en stroomsnelheden, rechter grafieken, tegen de waterhoogte boven de bodem uitgezet. In deze grafieken zijn:

- de doorgetrokken lijnen de uitkomsten van versie 5, zoals verkregen in §2.2.
- de sterretjes de op 7 diepten gemeten stroomsnelheden die als invoer zijn gebruikt bij versie 6.
- de streep punt lijnen de uitkomsten van versie 6.

In de rechter grafieken is te zien dat versie 6 redelijk goed in staat is om door de opgegeven stroomsnelheden, de sterretjes, een snelheidsveld te fitten. Alleen als er een sterk buigpunt in de opgegeven stroomsnelheden zit dan is versie 6 niet geheel in staat om er een goede lijn door heen te fitten. Net als in §2.2 valt op dat in de fittingsprocedure bij de bodem een soort no-slip conditie geldt. Af en toe gaat de gefitte lijn bij de bodem zelfs door de nullijn heen.

Verder wijken de op 7 diepten gemeten stroomsnelheden, de sterretjes sterk af van het met versie 5 berekende logaritmische snelheidsveld. Bij de gemeten stroomsnelheden is bij vloed (negatieve stroomsnelheid) de stroming bovenin de waterkolom, ten opzichte van het logaritmische profiel, zeewaarts gericht en onderin landinwaarts. Bij eb is de stroming bovenin de waterkolom, ten opzichte van het logaritmische profiel, ook zeewaarts gericht en onderin landinwaarts. Vermoedt wordt dat dit voornamelijk zo niet geheel te wijten is aan dichtheidsverschillen, veroorzaakt door het zoete rivierwater van de Schelde en het zoute zeewater.

Uit de in de linker grafieken weergegeven berekende eddy-viscositeiten zijn een paar opmerkelijke dingen af te leiden. Zo blijken rond beide kenteringen de met versie 6 berekende eddy-viscositeitswaarden vele malen groter zijn dan die berekend met versie 5. Ook verder van de kenteringen af is de orde van grootte van de met versie 6 berekende eddy-viscositeitswaarden veelal stukken groter dan die van versie 5.

2.2.3 Oorzaak afwijkingen in de gemeten stroomsnelheden en berekende eddy-viscositeiten

Over het algemeen wordt aangenomen dat de Westerschelde een goed gemengd estuarium is. De snelheidsverdeling over waterkolom zou in dat geval, uitgaande van een gering verhang, volgens de theorie een min of meer logaritmische verdeling dienen op te leveren. Worden echter de met de Zeekat gemeten stroomsnelheidsprofielen bekeken dan is tussen

de 5 tot 10 meter boven de bodem met enige regelmaat een groot verschil in stroomsnelheid te zien ten opzichte van de logaritmische verdeling. Dit verschil, wat grote gevolgen kan hebben, heeft drie mogelijke oorzaken, te weten:

- een meetfout of
- een groot verhang in de bodemhoogte in de nabije omgeving van de Zeekat en of,
- gelaagdheid.

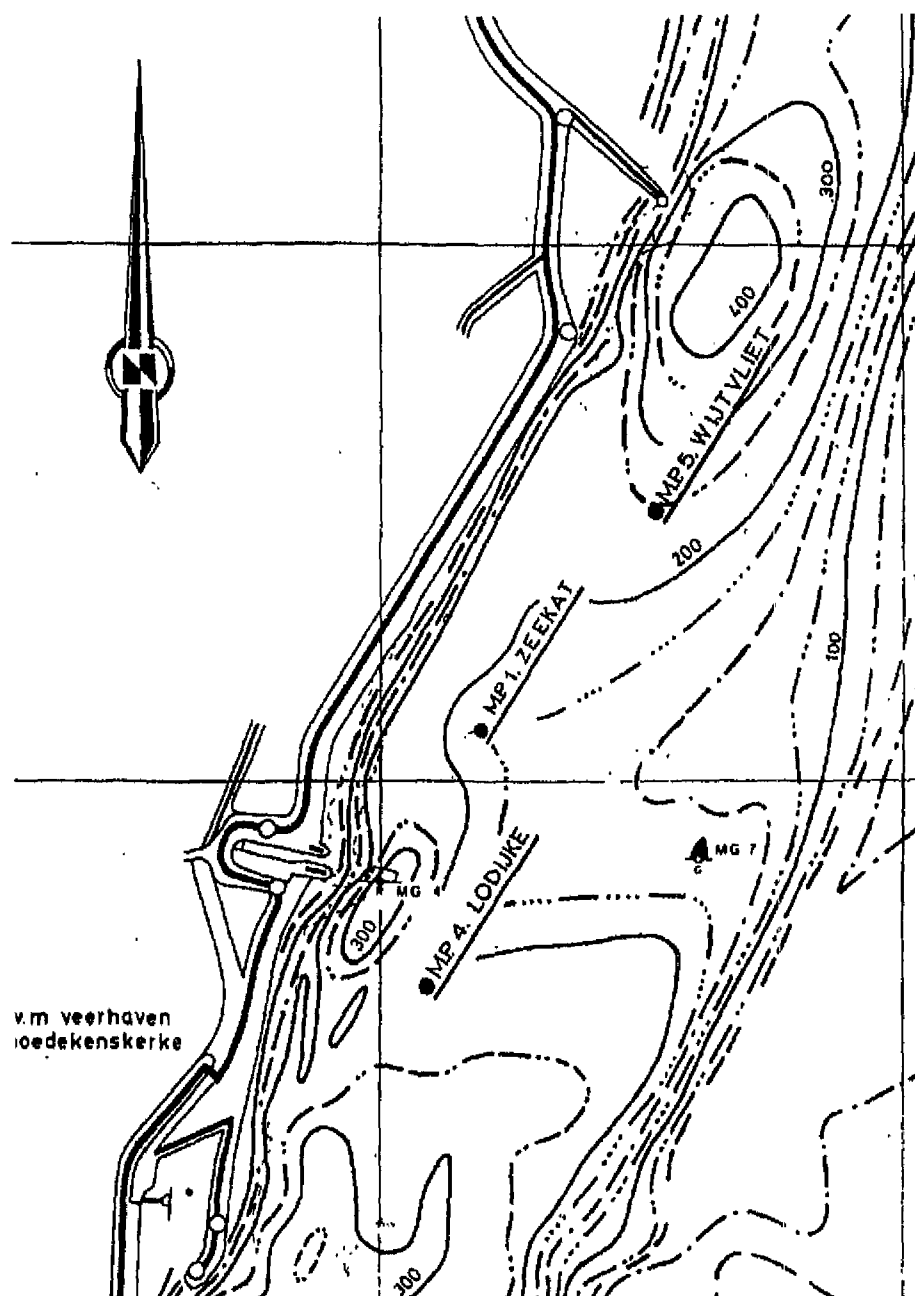
Vergelijking van de gemeten stroomsnelheden met die van de omliggende twee schepen, zie bijlage E, leveren duidelijke overeenkomsten op. Een meetfout lijkt daarom niet aanmerkelijk (maar is niet geheel uit te sluiten). Een groot bodemverhang zou bij vloed een kleine rol kunnen spelen, bij Hoedekenskerke ligt namelijk een ontgrondingsput zie figuur 2.2. Bij eb lijkt het verhang, gezien de figuur, van minder belang. Tevens vertonen de snelheidsmetingen van de twee nabijgelegen schepen, zowel bij eb als bij vloed, dezelfde verschijnselen. Terwijl je uitdamping zou verwachten als het verhang de oorzaak zou zijn. Afgaande op het voorgaande lijkt het derde punt, de gelaagdheid, het grootste aandeel hebben in het grote verschil in stroomsnelheid op 5 tot 10 meter boven de bodem. De juistheid hiervan dient nog nader onderzocht te worden. De benodigde metingen hiervoor, saliniteitsbepalingen door middel van geleidendheid, zijn beschikbaar. De mogelijke bijdrage die de dichtheidsverschillen aan de gemeten stroomsnelheden heeft geleverd hebben tot gevolg dat de eddy-viscositeitswaarden beduidend lager zullen zijn dan de nu berekende waarden. Tevens zal door de gelaagdheid slib in de onderste laag zich veel minder gemakkelijk verspreiden over de rest van de waterkolom.

Samenvattend:

- Vooral rond de kentering zijn de berekende eddy-viscositeitswaarden vele malen groter dan die berekend met versie 5. De schattingen van de valsnelheid zullen daarom vooral rond de kentering hoger zijn dan die verkregen zijn in hoofdstuk 4.
- Vanwege de vermoedde gelaagdheid zal de orde van de bij versie 6 berekende eddy-viscositeiten bij tijd en wijle in werkelijkheid beduidend kleiner zijn dan berekend. De verwachting is echter wel dat over het algemeen de waarden wel groter zullen zijn dan die berekend zijn met versie 5.

2.3 Conclusies:

In het hoofdstuk is onderzocht of het verschil tussen het gemeten en het logaritmisch berekende snelheidsveld van wezenlijk belang is voor de uitkomsten van het 1DV-model.



Figuur 2.2: Meetpunt Middelgat te Hoedekenskerke, met dieptelijnen in decimeters ten opzichte van NAP, zie figure 2.1 voor de ligging van het meetpunt in de Westerschelde.

Daarbij is gebruik gemaakt van versie 6 van het 1DV-model en van de door het meetpunt 'De Zeekat' op 17-03-'88 op zeven diepten gemeten stroomsnelheden. Uit het onderzoek blijkt dat:

- de in versie 6 gekozen methode voor het fitten van een lijn door de op meerdere diepten opgegeven stroomsnelheden redelijk werkte.
- in hoeverre de, met versie 6 en de op 7 diepten gemeten stroomsnelheden, berekende eddy-viscositeitswaarden overeenstemmen met de werkelijkheid hangt af van de oorzaak van ontstaan. Wordt het verschil tussen het gemeten en het logaritmische berekende stroomsnelheidsprofiel veroorzaakt door steile bodemhellingen dan kunnen de berekende eddy-viscositeitswaarden reëel zijn. Ontstaat het verschil echter door dichtheidsverschillen dan zijn deze waarden vermoedelijk te groot. Dit zorgt tevens voor een moeilijkere verspreiding van slib in de onderste laag naar de rest van de waterkolom.

Ondanks de genoemde onnauwkeurigheden kan geconcludeerd worden dat het verschil tussen het gemeten en het logaritmisch berekende snelheidsveld van wezenlijk belang is. De verwachting is dat de met versie 5 berekende eddy-viscositeitswaarden veelal groter dienen te zijn, vooral rond de kenteringen. Het berekenen van de snelheidsverdelingen in het 1DV-model zal daarom verbeterd dienen te worden, dit zou gedaan kunnen worden door gebruik te maken van een dichtheidsgradiënt.

Hoofdstuk 3

Het testen van het filter

In het stage/afstudeerverslag [1] zijn filtervergelijkingen afgeleid voor het schatten van zowel de slibconcentraties als de parameters w_o en $D - E$. w_o stelt hierbij de 'gemiddelde' valsnelheid van slib voor en de randvoorwaarde $D - E$ de sedimentatie (D) min de erosie (E). In dat verslag is het gedrag van het filter summier getest en zijn enkele schattingen gemaakt van de slibconcentraties, w_o en $D - E$ met behulp van de door het meetpunt 'De Zeekat' gemeten slibconcentraties. In het geschreven filterprogramma en weergave programma's bleken nog een paar kleine foutjes te zitten. Daarnaast bestonden nog twijfels of het schatten van de randvoorwaarde $D - E$ wel werkte. Bovendien was het filter slechts getest voor een constante w_o en $D - E$, terwijl bekend is dat hun waarde in werkelijkheid varieert. In dit hoofdstuk wordt het filtergedrag daarom nogmaals, en dit maal uitvoerig, getest met behulp van truthmodellen. Dit houdt in dat er fictieve meetgegevens gegenereerd worden om het gedrag van het filter mee te testen. Daarnaast wordt aangegeven hoe de begincondities gekozen dienen te worden om met het filter redelijk optimale schattingen te verkrijgen.

In §3.1 worden de in [1] verkregen filtervergelijkingen weergegeven. Voor het bestuderen van het filtergedrag zijn fictieve meetgegevens nodig, deze worden gegenereerd in §3.2. Of het filter goed werkt wordt gecontroleerd met een controlemiddel dat beschreven wordt in §3.3. Vervolgens wordt in §3.4 het filtergedrag onderzocht met de fictieve meetgegevens. Daarnaast worden waarden voor de standaarddeviaties van zowel de meet- als systeemruis bepaald. In §3.5 worden de resultaten van het hoofdstuk samengevat.

3.1 De filtervergelijkingen

In §5.5 van [1] zijn de filtervergelijkingen afgeleid voor het schatten van w_o , $D - E$ en de slibconcentraties. Omdat deze vergelijkingen gebruikt worden in de rest van het verslag worden ze hier nog een keer herhaald:

$$K_n = P_{n|n-1} M_n [M_n' P_{n|n-1} M_n + R_n]^{-1} \quad (3.1)$$

$$\text{correctiestap: } \hat{X}_{n|n} = \hat{X}_{n|n-1} + K_n[Z_n - M_n \hat{X}_{n|n-1}] \quad (3.2)$$

$$P_{n|n} = [I_{N+2} - K_n M_n'] P_{n|n-1} [I_{N+2} - K_n M_n']' + K_n R_n K_n' \quad (3.3)$$

$$\text{voorspelstep: } \hat{X}_{n+1|n} = A_{3n} \hat{X}_{n|n} \quad (3.4)$$

$$P_{n+1|n} = F_n P_{n|n} F_n' + G_n Q_n G_n' \quad (3.5)$$

Waarbij een dakje een schatting voorstelt en het subscript iets zegt over het tijdstip van de schatting en aan de hand van welke gegevens de schatting wordt gemaakt. De variabele $\hat{X}_{n|n-1}$ staat zodoende voor de schatting van de toestand X op $t = t_n$ aan de hand van de metingen Z_i , $0 \leq i \leq n-1$. De beginvoorwaarden zijn:

$$\hat{X}_{0|-1} = \hat{x}_0, \quad P_{0|-1} = \bar{P}_0 \quad (3.6)$$

In deze vergelijkingen zijn $Q(n)$ en $R(n)$ op te geven covariantiematrices van normaal verdeelde witte ($N(0, \sigma^2)$) systeemruis respectievelijk meetruis. Z_n is de vector met de waargenomen toestandsvariabelen op $t = t_n$. Daarnaast zijn F_n en G_n gelijk aan de inverse van F_{1n+1} . Met F_{1n+1} volgend uit:

$$F_{1n+1} = \begin{bmatrix} A_{n+1} & L_{n+1} \\ 0 & I_2 \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

met hierin L_{n+1} gelijk aan:

$$L_{n+1} = \begin{bmatrix} l_{n+1}^1 & \frac{k}{h} \\ l_{n+1}^2 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ l_{n+1}^N & 0 \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

en

$$A_{n+1} = \begin{bmatrix} \alpha_{r_{n+1}}^{\frac{1}{2}} & \beta_{r_{n+1}}^{\frac{1}{2}} & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ p_{n+1}^{\frac{1}{2}} & q_{n+1}^{\frac{1}{2}} & r_{n+1}^{\frac{2}{2}} & \ddots & & & \vdots \\ 0 & p_{n+1}^{\frac{1}{2}} & q_{n+1}^{\frac{2}{2}} & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \ddots & q_{n+1}^{N-2\frac{1}{2}} & r_{n+1}^{N-1\frac{1}{2}} & 0 \\ \vdots & & & \ddots & p_{n+1}^{N-2\frac{1}{2}} & q_{n+1}^{N-1\frac{1}{2}} & r_{n+1}^{N-\frac{1}{2}} \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & \alpha_{r_{n+1}}^{N-1\frac{1}{2}} & \beta_{r_{n+1}}^{N-\frac{1}{2}} \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

Verder is A_{3n} in (3.4) gelijk aan:

$$A_{3n} = \left(\begin{array}{cc} A_{n+1}^{-1}(\vartheta) & A_{n+1}^{-1}(\vartheta) B_n \\ 0 & I_2 \end{array} \right) \Big|_{\vartheta = \hat{\vartheta}_{n|n}} \quad (3.10)$$

met hierin (het dakje geeft aan dat de waarde van de parameter een schatting is):

$$\hat{\underline{\theta}}_{n|n} = \begin{pmatrix} w_{o_{n|n}} \\ (D - E)_{n|n} \end{pmatrix} \quad (3.11)$$

en

$$B_a = \begin{bmatrix} 0 & \frac{k}{h} \\ 0 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

Daarnaast is M_n in (3.2) en (3.3) de meetmatrix, waarmee aangegeven wordt welke toestandsvariabelen op $t = t_n$ bekend worden verondersteld. De waarden van p, q, r, α en β in A_{n+1} volgen uit, $m \in [1, \dots, N-1]$:

$$\begin{aligned} p_{n+1}^{m-\frac{1}{2}} &= \frac{k}{2h} w_{s_{n+1}}^{m-1} - \frac{k}{h^2} \Gamma_{T_{n+1}}^{m-1} \\ q_{n+1}^{m-\frac{1}{2}} &= 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{H_n}{H_{n+1}} - 1 \right) + \frac{k}{2h} (w_{s_{n+1}}^{m-1} - w_{s_{n+1}}^m) + \frac{k}{h^2} (\Gamma_{T_{n+1}}^{m-1} + \Gamma_{T_{n+1}}^m) \\ r_{n+1}^{m+\frac{1}{2}} &= - \left(\frac{k}{h^2} \Gamma_{T_{n+1}}^m + \frac{k}{2h} w_{s_{n+1}}^m \right) , \\ \alpha_{r_{n+1}}^{\frac{1}{2}} &= 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{H_n}{H_{n+1}} - 1 \right) + \frac{k}{h^2} \Gamma_{T_{n+1}}^1 - \frac{k}{2h} w_{s_{n+1}}^1 \\ \beta_{r_{n+1}}^{1\frac{1}{2}} &= - \left(\frac{k}{h^2} \Gamma_{T_{n+1}}^1 + \frac{k}{2h} w_{s_{n+1}}^1 \right) , \\ \alpha_{r_{n+1}}^{N-1\frac{1}{2}} &= \frac{k}{2h} w_{s_{n+1}}^{N-1} - \frac{k}{h^2} \Gamma_{T_{n+1}}^{N-1} \\ \beta_{r_{n+1}}^{N-\frac{1}{2}} &= 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{H_n}{H_{n+1}} - 1 \right) + \frac{k}{2h} w_{s_{n+1}}^{N-1} + \frac{k}{h^2} \Gamma_{T_{n+1}}^{N-1} \end{aligned} \quad (3.13)$$

Hierin zijn H_n en H_{n+1} de gemeten waterhoogten op de betreffende tijdstippen. Daarnaast wordt $\Gamma_{T_{n+1}}^m$ berekend door het 1DV-model en is $w_{s_{n+1}}^m$ gelijk aan:

$$w_{s_{n+1}}^m = w_{o_{n+1}} (c_{n+1}^m)^{m_L} \frac{1 + a G_{n+1}^m}{1 + b (G_{n+1}^m)^2} , \quad \text{voor } m = 1, \dots, N-1 \quad (3.14)$$

met a, b en m_L in te voeren coëfficiënten, $w_{o_{n+1}}$ de schatting van w_o in $X_{n|n}$ (vanwege $\tilde{\underline{\theta}}_{n+1} = \hat{\underline{\theta}}_{n|n}$) en de absolute snelheidsgradiënt G_{n+1}^m volgt uit:

$$G_{n+1}^m = \sqrt{\frac{\epsilon_{n+1}^m}{\nu_{T_{n+1}}^m}} , \quad \text{voor } m = 1, \dots, N-1 \quad (3.15)$$

De grootheden ϵ_{n+1}^m en ν_{n+1}^m uit deze vergelijking worden berekend door het 1DV-model. Dat γ_{n+1}^m , ϵ_{n+1}^m en ν_{n+1}^m bekend zijn voor de voorspelling van de toestand X_{n+1} is niet vanzelfsprekend. Als er geen sprake is van dichtheidsterugkoppeling dan zijn de waarden van deze grootheden niet afhankelijk van de schattingen van c , w_o en $D - E$. Daarom kunnen in dat geval de grootheden γ_{n+1}^m , ϵ_{n+1}^m en ν_{n+1}^m van te voren met het 1DV-model berekend worden.

Is er echter sprake van dichtheidsterugkoppeling dan zijn de genoemde grootheden afhankelijk van de slibconcentratie en daarmee van de geschatte toestand. De waarden van γ_{n+1}^m , ϵ_{n+1}^m en ν_{n+1}^m kunnen dan niet meer van te voren door het 1DV-model berekend worden. Dit kan opgelost worden door voor deze parameters de berekende waarden van een tijdstap terug te nemen. Verwacht wordt dat dit geen problemen oplevert bij het schatten van de toestandsparameters.

3.2 Het genereren van fictieve meetgegevens

Het testen van het filtergedrag wordt gedaan met behulp van truthmodellen. Dit houdt in dat het filtergedrag onderzocht wordt met behulp van fictieve meetgegevens. Vertaald naar dit onderzoek houdt dit het volgende in. Ten eerste worden voor $t=0,4,\dots,800$ de slibconcentraties van alle 50 lagen berekend met de deterministische oplossing van het systeem en bepaalde beginwaarden. Vervolgens worden de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 hieruit geselecteerd, deze lagen komen overeen met de hoogtes waarop de slibconcentraties door het meetpunt 'De Zeekat' te Middelgat gemeten zijn. Daarna wordt normaal verdeelde ruis aan deze reeks van slibconcentraties toegevoegd, met als resultaat fictieve meetgegevens. Door vervolgens te filteren met deze fictieve meetgegevens en met andere beginwaarden, kan bekeken worden of het filter in staat is om de slibconcentraties en de parameters w_o en $D - E$ naar behoren te schatten.

Allereerst zullen de fictieve meetgegevens gegenereerd worden. Bij het genereren van die meetgegevens blijven de volgende parameters in filtervergelijkingen ongemoeid en hebben de volgende waarde:

$$\sigma_T = 0.7, a = 0, b = 0, m_L = 0 \quad (3.16)$$

De slibconcentraties in het 1DV-model worden berekend met de transport- diffusievergelijking, zie (A.1c). De deterministische oplossing van dit systeem is, zie [1], gelijk aan de voorspelstap van de filtervergelijkingen (3.4):

$$\underline{X}_{n+1} = A_{3n} \underline{X}_n \quad (3.17)$$

In deze vergelijking volgt A_{3n} uit (3.10). Daarnaast zijn de dakjes weggelaten omdat het nu oplossingen in plaats van schattingen zijn. Als beginwaarde voor deze recursieve

vergelijking is gekozen voor:

$$\underline{X}_0 = \begin{pmatrix} c_0 \\ \theta_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_0^{\frac{1}{2}} \\ \vdots \\ c_0^{N-\frac{1}{2}} \\ w_0 \\ (D-E)_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.06 \\ \vdots \\ 0.06 \\ 0.0025 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.18)$$

Verder dienen voor A_{3n} en F_{n+1} (benodigd in de volgende stap van het truthmodel) de waarden van $\Gamma_{\tau_{n+1}}^m = \frac{\nu_{\tau_{n+1}}^m}{\sigma_T^m}$ en $\epsilon_{\tau_{n+1}}^m$ bekend te zijn, voor $m = 1, \dots, N-1$ en $n \geq 0$ (zie (3.7), (3.9) en (3.13) t/m (3.15)). Begonnen wordt met het filteren zonder dichtheidsterugkoppeling. De zojuist genoemde grootheden zijn daardoor onafhankelijk van de toestandsschatting en kunnen als gevolg daarvan berekend worden met het 1DV-model voordat er gefilterd wordt. De invoerfile die voor het 1DV-model is gebruikt, is te zien in bijlage C.1. Daarbij zijn de stroomsnelheden¹ en waterhoogten opgegeven die door het meetponton 'De Zeekat' gemeten zijn op de locatie Middelgat vanaf 0.00 uur 30-10-'87. Voor het berekenen van de toestand $\underline{X}_{n+1}$ met (3.17) zijn zodoende de waarden van $\Gamma_{\tau_{n+1}}$, $\nu_{\tau_{n+1}}$ en $\epsilon_{\tau_{n+1}}$ bekend. Verder zij opgemerkt dat in (3.17) geldt dat $\theta_{n+1} = \theta_0$ voor $n \geq 0$. De waarden van w_0 en $D-E$ in deze recursieve vergelijking blijven zodoende gelijk aan hun startwaarde.

Vervolgens zijn met (3.17) de waarden van de toestand berekend voor $t=0,4,\dots,800$ [min]. Uit elk van de berekende toestanden zijn de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 gehaald. Daarna is normaal-verdeelde witte ruis aan deze slibconcentraties toegevoegd met een standaarddeviatie van $0.005 [\frac{kg}{m^3}]$, dit is ongeveer 10 % van het gemiddelde van de drie gemeten slibconcentraties. Bij het toevoegen van de ruis is de absolute waarde van de ruis plus slibconcentratie genomen omdat anders de fictieve slibconcentratie negatief zou kunnen worden (wat fysisch gezien niet mogelijk is). Dit levert de benodigde fictieve meetgegevens op.

3.3 Controlemiddel filtergedrag

Om te kunnen controleren of de elementen in de toestandsschatting naar behoren naar hun correcte waarde convergeren wordt de afwijking $\zeta_{n+1|n+1}$ gedefinieerd als:

$$\zeta_{n+1|n+1} = \hat{X}_{n+1|n+1} - \underline{X}_{n+1} \quad (3.19)$$

Hierin is $\underline{X}_{n+1}$ de deterministische oplossing van (3.17), die gebruikt is voor het genereren van de fictieve meetgegevens. $\hat{X}_{n+1|n+1}$ is de gecorrigeerde schatting van de toestand

¹De continu gemeten stroomsnelheid van 1.5 meter onder het wateroppervlak maal de factor 0.86 is gebruikt als gemiddelde stroomsnelheid

$\underline{X}_{n+1}$. De afwijking $\zeta_{n+1|n+1}$ is zodoende de fout in de schatting van $\underline{X}_{n+1}$. Eenvoudig is af te leiden dat de verwachting van $\zeta_{n+1|n+1}$ gelijk is aan nul.

$$E(\zeta_{n+1|n+1}) = 0 \quad (3.20)$$

Vanwege het deterministisch zijn van $\underline{X}_{n+1}$ is de variantie van $\zeta_{n+1|n+1}$ gelijk aan de variantie van $\hat{\underline{X}}_{n+1|n+1}$, dat wil zeggen:

$$\text{Var } \zeta_{n+1|n+1} = E[(\zeta_{n+1|n+1})(\zeta_{n+1|n+1})'] = P_{n+1|n+1} \quad (3.21)$$

Volgens de tabel van de standaard normale verdeling dienen 68 % van de berekende afwijkingen binnen de grenzen van de standaarddeviatie $((P_{n+1|n+1})^{\frac{1}{2}})$ te liggen. Blijkt de afwijking $\zeta_{n+1|n+1}$ aan deze statistische eis te voldoen, dan is het systeem waarneembaar. Dit houdt in dat het filter dan in staat is de parameters te schatten.

Bij het onderzoeken van het filtergedrag wordt er geëxperimenteerd met de variantie van de systeemruis, de variantie van $\underline{X}_0$ en met de waarden van de elementen van $\underline{X}_0$. Daarbij is ter controle van de werking van het filter gekeken naar de grafieken van vijf elementen van $\zeta_{n+1|n+1}$ die tezamen met de bijbehorende varianties uitgezet zijn tegen de tijd. De afgebeelde elementen van $\zeta_{n+1|n+1}$ zijn:

- de afwijking van de schatting, t.o.v. de gegenereerde slibconcentratie, van laag 5. Deze laag komt ongeveer overeen met een diepte van 1.6 meter onder het wateroppervlak,
- de afwijking van de schatting, t.o.v. de gegenereerde slibconcentratie, van laag 30. Deze laag komt ongeveer overeen met een hoogte van 7.2 meter boven de bodem,
- de afwijking van de schatting, t.o.v. de gegenereerde slibconcentratie, van laag 44. Deze laag komt ongeveer overeen met een hoogte van 2.3 meter boven de bodem,
- de afwijking van de schatting, t.o.v. de werkelijke waarde, van de valsnelheid w_o ,
- en de afwijking van de schatting, t.o.v. de werkelijke waarde van de randvoorwaarde $D - E$.

Als bij alle vijf grafieken gemiddeld² 68 % of meer van de afwijkingen binnen de berekende standaarddeviaties liggen dan wordt verondersteld dat het systeem waarneembaar is. Er wordt dus aangenomen dat de percentages van de afwijkingen van de lagen 5,30 en 44 die binnen de standaarddeviaties liggen representatief zijn voor de rest van lagen.

²Alle proeven zijn vijf maal herhaald, dat wil zeggen het toevoegen van de meetruis bij het genereren van de meetgegevens vijf maal is herhaald waarnaar er weer gefilterd is.

3.4 Bestuderen filtergedrag

In de filtervergelijkingen (3.1) t/m (3.5) staan nog veel onbekenden. Hiervoor zullen waarden gekozen worden. Daarna wordt er meerdere malen gefilterd met de fictieve meetgegevens. Het filtergedrag zal daarbij met behulp van de uitgezette afwijkingen, zie §3.3, onderzocht worden.

3.4.1 Bepalen onbekenden

De nog onbekende variabelen in de filtervergelijkingen zijn:

$$R_n, \quad M_n, \quad Z_n, \quad Q_n$$

en de beginvoorwaarden X_0 en P_0 .

Zoals gezegd is bij het genereren van de fictieve meetgegevens $N(0,0.000025)$ -verdeelde meetruis toegevoegd. De covariantiematrix van de meetruis R_n in de filtervergelijkingen is zodoende voor iedere $n \geq 0$ gelijk aan:

$$R_n = \begin{bmatrix} 0.000025 & 0 & 0 \\ 0 & 0.000025 & 0 \\ 0 & 0 & 0.000025 \end{bmatrix} \quad (3.22)$$

Voor het bepalen van de meetmatrix M_n dient men het volgende te weten. Het meetpunt de Zeekat heeft op drie verschillende hoogtes in de verticaal de slibconcentratie gemeten. Dat wil zeggen dat om de vier minuten, van boven naar beneden, de slibconcentratie op één van de drie hoogtes gemeten werd. Zoals in [1] is aangetoond werkt het filter niet als per vier minuten slechts één slibconcentratie bekend wordt verondersteld. Daarom is er voor gekozen om per vier minuten drie slibconcentraties bekend te veronderstellen. Dit houdt in dat als er straks gefilterd gaat worden met de gemeten slibconcentraties er waarden gecreëerd dienen te worden. Dit zou kunnen door te interpoleren tussen opeenvolgende gemeten slibconcentraties van dezelfde meethoogte. Deze creatie van extra slibconcentraties zal naar verwachting het schatten van de toestand niet veel 'vervalsen' omdat de belangrijkste pieken in het signaal van de gemeten slibconcentraties minimaal twintig minuten duren. Het bekend veronderstellen van drie slibconcentraties in de correctiestap van het filter heeft tot gevolg dat de meetmatrix M_n er voor iedere $n \geq 0$ gelijk is aan:

$$M_n = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 0 & 1 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & 1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (3.23)$$

Hierin zijn de éénen zo gekozen dat ze overeenkomen met de drie hoogtes waarop het meetpunt 'De Zeekat' destijds de slibconcentraties gemeten heeft.

De vector Z_n , de vector met de waargenomen toestandsvariabelen, dient de gegenereerde fictieve slibconcentraties van de drie meethoogten op $t = t_n$ te bevatten.

De diagonaalelementen van de covariantiematrix Q_n zijn de systeemvarianties van de desbetreffende toestandsvariabelen op $t = t_n$. De rest van elementen wordt gelijk aan nul genomen. Zoals gezegd wordt er eerst gefilterd met de gegenereerde fictieve slibconcentraties. Deze slibconcentraties zijn gecreëerd met hetzelfde systeem als waarmee gefilterd wordt. In de fictieve meetgegevens zitten dus geen onbekende fysische processen verwerkt. De systeemvarianties van alle elementen van X_n zijn dan in principe gelijk aan nul. Nu zijn w_0 en $D - E$ volgens een wiskundige methode aan de toestand X_n toegevoegd zodat schattingen van deze parameters worden verkregen. Om ervoor te zorgen dat het filter genoeg bewegingsvrijheid heeft om w_0 en $D - E$ te kunnen schatten kan het nodig zijn dat er systeemruis voor die elementen moet worden toegevoegd. De benodigde grootte van deze systeemruis zal proefondervindelijk bepaald dienen te worden.

De beginvoorwaarde X_0 wordt per experiment iets afwijkend genomen van (3.18). De andere beginvoorwaarde is de covariantiematrix P_0 . De diagonaalelementen van deze covariantiematrix komen overeen met de varianties van de elementen van X_0 , de rest van de elementen in de matrix worden gelijk aan nul genomen. De waarden van de varianties zijn afhankelijk van de afwijking van X_0 ten opzichte van de werkelijke waarde van de toestand op $t = t_0$. Hoe groot de varianties minimaal dienen te zijn zal proefondervindelijk bepaald worden.

3.4.2 Het schatten van de slibconcentraties c en de valsnelheid w_0

Het schatten van deze parameters is gedaan met de beginvoorwaarde X_0 gelijk aan:

$$X_0 = \begin{pmatrix} 0.051 \\ \vdots \\ 0.051 \\ 0.0015 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.24)$$

Voor het bepalen van de waarden van de covariantiematrixen P_0 en Q_n ($n \geq 0$) is op het volgende gelet:

Ten eerste dienen de afwijkingen van de vijf geobserveerde elementen van $\underline{z}$ voor 68 % of meer binnen de berekende standaarddeviaties liggen. (3.25a)

Ten tweede is het gewenst dat de schattingen van de parameters zo min mogelijk fluctueren. (3.25b)

Bij de gegeven X_0 wordt dan het beste resultaat verkregen als de diagonaalelementen van P_0 en Q_n ($n \geq 0$) gelijk genomen worden aan (Let op dit zijn varianties!):

$$\text{diag. } P_0 = \begin{pmatrix} 0.0009 \\ \vdots \\ 0.0009 \\ 0.000009 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \text{diag. } Q_n = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0.00000004 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.26)$$

De uitkomsten zijn uitgezet in de figuren H.1 en H.2. Opgemerkt wordt dat bij de uitgezette afwijkingen van de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 de berekende standaarddeviaties van laag 30 over het geheel genomen een stuk kleiner zijn dan die van de andere twee lagen. Het percentage afwijkingen van de slibconcentraties dat binnen de standaarddeviaties ligt is:

$$\text{laag 5 : 77\%} \quad \text{laag 30 : 69\%} \quad \text{laag 44 : 78\%} \quad w_o : 89\% \quad (3.27)$$

Het filter voldoet daarmee ruim aan de statische eis dat meer dan 68 % van de afwijkingen binnen de berekende standaarddeviatie dienen te liggen. Aan de hand daarvan wordt geconcludeerd dat het systeem waarneembaar is voor alle elementen van ζ uitgezonderd die van $D - E$ want die moet nog onderzocht worden.

Bij het genereren van de meetgegevens is gewerkt met een constante valsnelheid van 0.0025 m/s. Bij het filteren met de gemeten slibconcentraties in [1] bleek dat de valsnelheid van slib, o.a. als gevolg van vlokvorming dan wel vlokafbreking, over het getij sterk varieert. Om de gevolgen van het variëren van w_o op het filtergedrag te kunnen onderzoeken zijn opnieuw fictieve meetgegevens gegenereerd, maar nu met de volgende sinuswaarde voor w_o :

$$w_{on} = 0.0025 + 0.0015 * \sin(2 * \pi * \frac{n * 4}{100}) \quad (3.28)$$

De amplitude en frekwentie zijn hierbij ruwweg afgeleid van de reeds verkregen schattingen van w_o in [1]. Vervolgens is er weer gefilterd met de beginwaarden (3.24) en (3.26). Daarbij is geëxperimenteerd met de waarde van de systeemruis voor w_o . Het beste resultaat, waarbij gelet is op (3.25), wordt verkregen als de standaarddeviatie van de systeemruis voor w_o voor iedere $n \geq 0$ gelijk genomen wordt aan 0.001 g/l, dus de diagonaal van Q_n is gelijk aan:

$$\text{diag. } Q = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0.000001 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.29)$$

Opgemerkt zij dat de standaarddeviatie van de systeemruis van w_o ongeveer overeenkomt met de standaarddeviatie van de fictieve valsnelheid in (3.28). In de figuren H.3 t/m H.4 zijn de resultaten in grafieken uitgezet. De volgende percentages van de afwijkingen liggen daarbij binnen de berekende standaarddeviaties:

$$\text{laag 5 : 70\%} \quad \text{laag 30 : 70\%} \quad \text{laag 44 : 70\%} \quad w_o : 73\% \quad (3.30)$$

Er wordt dus aan de statistische eis voldaan. Uit de resultaten zijn de volgende **veranderingen** waar te nemen ten opzichte van het filteren met een constante valsnelheid:

- Om te blijven voldoen aan de statistische eis diende de systeemruis voor w_o vijf keer zo groot genomen te worden.
- Door het variabel zijn van w_o vindt er bij het schatten van w_o een *naijling* van ongeveer 10 minuten plaats. Deze *naijling* neemt toe als een kleinere systeemruis voor w_o wordt genomen.

3.4.3 Het schatten van de slibconcentraties c en de randvoorwaarde $D - E$

Voor beide parameters zijn de fictieve meetgegevens gebruikt die gegenereerd zijn met beginvoorwaarde (3.18). Vervolgens zijn de slibconcentraties en $D - E$, voor w_o wordt een constante waarde ingevoerd, geschat met de beginvoorwaarde $\underline{X}_0$ gelijk aan:

$$\underline{X}_0 = \begin{pmatrix} 0.051 \\ \vdots \\ 0.051 \\ 0.0025 \\ 0.0002 \end{pmatrix} \quad (3.31)$$

Net zoals bij het schatten van c en w_o is er weer geëxperimenteerd met de waarden van de diagonaalelementen van de beginvoorwaarde P_0 en met de systeemruis voor $D - E$. Het blijkt dat ook zonder het toevoegen van systeemruis voor $D - E$ voldaan kan worden (3.25). Het beste resultaat is verkregen met de diagonaalelementen van P_0 respectievelijk Q_0 gelijk aan:

$$\text{diag. } P_0 = \begin{pmatrix} 0.0009 \\ \vdots \\ 0.0009 \\ 0 \\ 0.00000064 \end{pmatrix}, \quad \text{diag. } Q = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.32)$$

De resultaten van deze proef zijn te zien in de figuren H.5 en H.6. Bij de uitgezette afwijkingen van de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 is te zien dat de berekende standaarddeviaties naar de bodem toe (van laag 5 naar laag 44) iets groter worden. Dit komt waarschijnlijk doordat de invloed van de randvoorwaarde $D - E$ op de slibconcentraties in de waterkolom van beneden naar boven afneemt. De volgende percentages van de uitgezette afwijkingen van de slibconcentraties en $D - E$ liggen binnen de berekende standaarddeviaties:

$$\text{laag 5 : 69\%} \quad \text{laag 30 : 68\%} \quad \text{laag 44 : 69\%} \quad D - E : 78\% \quad (3.33)$$

Zodoende kan geconcludeerd worden dat het systeem ook waarneembaar is als de slibconcentraties en $D - E$ tegelijk geschat worden.

Net zoals bij de valsnelheid w_o geldt dat de waarde van de randvoorwaarde $D - E$ gedurende een getij sterk zal variëren. Wat het effect is van een variërende $D - E$ op het filtergedrag wordt onderzocht door opnieuw fictieve meetgegevens te genereren, met deze keer de volgende sinuswaarde voor $D - E$:

$$(D - E)_n = 0.0002 * \sin(2 * \pi * \frac{n * 4}{100}) \quad (3.34)$$

De amplitude en frekwentie zijn hierbij globaal afgeleid van de reeds verkregen schattingen van w_o in [1]. Om aan (3.25) te voldoen dient de standaarddeviatie van de systeemruis voor $D - E$ gelijk genomen te worden aan 0.0002 ($\frac{2}{10^4}$). Dit levert de volgende diagonaal op voor de systeemruis Q :

$$\text{diag. } Q = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ 0.00000004 \end{pmatrix} \quad (3.35)$$

Het resultaat is te zien in figuur (H.7) en (H.8). De volgende percentages van de uitgezette afwijkingen van de slibconcentraties en $D - E$ liggen binnen de berekende standaarddeviaties:

$$\text{laag 5 : 72\%} \quad \text{laag 30 : 68\%} \quad \text{laag 44 : 72\%} \quad D - E : 71\% \quad (3.36)$$

Uit de resultaten zijn de volgende **veranderingen** waar te nemen ten opzichte van het filteren met een constante $D - E$:

- Om te blijven voldoen aan de statistische eis dient er systeemruis te worden toegevoegd. Dit heeft tot gevolg dat de fluctuatie van de schatting van $D - E$ sterk is toegenomen. De standaarddeviatie van de toegevoegde systeemruis diende verder groter genomen te worden dan de standaarddeviatie van de variabele $D - E$ (3.34), waarmee de meetgegevens gegenereerd zijn.

- Bij het schatten van $D - E$ treedt een faseverschuiving van ongeveer 12 minuten op. Deze neemt toe bij een kleinere systeemruis voor $D - E$.
- De grootte van de standaarddeviatie van de schatting van de slibconcentratie van laag 44, is in vergelijking met de andere twee standaarddeviaties sterk toegenomen. De verklaring hiervoor is dat de variaties van $D - E$ onderin de waterkolom de grootste gevolgen hebben.

Opmerking:

Vergelijking van het schatten van de parameters w_o en $D - E$ met het filter levert een paar opmerkelijke dingen op. Zijn voor het genereren van de fictieve meetgegevens constante waarden voor de parameters gebruikt, dan heeft het filter minder moeite met het schatten van $D - E$ dan met w_o . Dit wordt afgeleid uit de toe te voegen systeemruis van w_o . Zijn voor het genereren van de fictieve meetgegevens echter variabele waarden gebruikt dan heeft het filter meer moeite met het schatten van $D - E$ als w_o . Dit wordt afgeleid uit de grotere najling van $D - E$ en de benodigde grootte van de systeemruis van beide parameters.

3.4.4 Het schatten van slibconcentraties, w_o en $D - E$

Opnieuw zijn er fictieve meetgegevens gegenereerd, met deze keer de volgende sinuswaarden voor $D - E$ en w_o ($n = 0, 1, \dots, 200$):

$$w_{on} = 0.0025 + 0.0015 * \sin(2 * \pi * \frac{n * 4}{100}) \quad (3.37)$$

$$(D - E)_n = 0 + 0.0002 * \sin(2 * \pi * \frac{n * 4}{100}) \quad (3.38)$$

Als beginvoorwaarde voor $\underline{X}_0$ is genomen:

$$\underline{X}_0 = \begin{pmatrix} 0.051 \\ \vdots \\ 0.051 \\ 0.0015 \\ 0.0002 \end{pmatrix} \quad (3.39)$$

Gelet op (3.25) zijn vervolgens de beste schattingen verkregen met de diagonaalelementen van P_0 en Q gelijk aan:

$$\text{diag. } P_0 = \begin{pmatrix} 0.0009 \\ \vdots \\ 0.0009 \\ 0.000009 \\ 0.00000064 \end{pmatrix}, \quad \text{diag. } Q = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0.0000001 \\ 0.00000004 \end{pmatrix} \quad (3.40)$$

De resultaten zijn uitgezet in de figuren H.9 tot en met H.11. De volgende percentages van de uitgezette afwijkingen van de slibconcentraties en $D - E$ liggen binnen de berekende standaarddeviaties:

$$\text{laag 5 : 70\%} \quad \text{laag 30 : 72\%} \quad \text{laag 44 : 71\%} \quad w_o : 69\% \quad D - E : 75\% \quad (3.41)$$

Daarmee is aangetoond dat het filter waarneembaar is als zowel de slibconcentraties als w_o en $D - E$ geschat worden. Over het schatten van zowel de slibconcentraties als de parameters w_o en $D - E$ wordt het volgende opgemerkt:

- De beste resultaten worden verkregen als de systeemruis voor w_o en $D - E$ hetzelfde genomen worden als bij het afzonderlijk schatten in de paragrafen hiervoor.
- Gelet op de percentages afwijkingen die binnen de standaarddeviaties liggen wordt, vergeleken met die van het afzonderlijk schatten, blijven de schattingen van de slibconcentraties nagenoeg gelijk, wordt de schatting van w_o iets slechter en die van $D - E$ iets beter.
- De berekende standaarddeviaties van de drie afgebeelde afwijkingen van de slibconcentraties zijn iets kleiner dan de gesommeerde standaarddeviaties van de vorige twee paragrafen. De berekende standaarddeviaties van w_o en $D - E$ zijn nagenoeg gelijk gebleven. Dit komt doordat deze standaarddeviaties voornamelijk bepaald worden door de waarde van de toegevoegde systeemruis van de twee parameters.

3.5 Resultaten:

Aangetoond is dat het systeem, vergelijking (3.1) t/m (3.5), waarneembaar is als de slibconcentraties, de valsnelheid w_o als $D - E$ tegelijk of afzonderlijk³ geschat worden. De beste schattingen werden verkregen als de standaard deviaties van de elementen in $\underline{X}_0$ ongeveer drie maal zo groot genomen werden als hun afwijking van de gegenereerde meetwaarde, zonder meetruis, op $t = t_0$. Verder heeft het filter 'ruimte' nodig om de schatting van w_o en $D - E$ aan te kunnen passen. Daarom dient systeemruis voor deze twee parameters te worden toegevoegd. De grootte van de toe te voegen systeemruis is daarbij afhankelijk van:

1. de snelheid van het variëren van de werkelijke waarde van w_o dan wel $D - E$.
2. de standaarddeviatie van de werkelijke waarde van beide parameters.

³daarbij dient in ieder geval de slibconcentratie geschat te worden

Bij de getoonde proeven zijn een aantal maal fictieve meetgegevens gebruikt die gegenereerd zijn met sinuswaarden voor $D - E$ en w_o . De amplitude en frekwentie van die sinussen zijn handmatig afgeleid van de verkregen schattingen in [1]. Voor het verkrijgen van de beste schatting, gelet op (3.25), van w_o diende de standaarddeviatie van de systeemruis gelijk genomen te worden aan de standaarddeviatie van de fictieve w_o -waarde. Verder werd een naijling van ongeveer 10 minuten gevonden. Voor $D - E$ werd de beste schatting, gelet op (3.25), verkregen indien de standaarddeviatie van de systeemruis gelijk genomen werd aan de amplitude van de fictieve $D - E$ -waarde. De naijling bij deze schatting bedroeg ongeveer 12 minuten.

Opvoering van de frekwentie van de sinuswaarde van w_o had tot gevolg dat er meer systeemruis moest worden toegevoegd om te blijven voldoen aan (3.25). Bovendien wordt de naijling groter. Hetzelfde geldt voor $D - E$ met dit verschil dat de naijling sneller toeneemt en sneller het punt wordt bereikt dat niet meer voldaan kan worden aan (3.25). De reden dat het filter beter w_o als $D - E$ kan schatten, als de variatie van hun werkelijke waarde toeneemt, komt waarschijnlijk doordat in de filtervergelijkingen w_o in elke laag verwerkt zit en $D - E$ slechts in de onderste laag als randvoorwaarde.

Hoofdstuk 4

Het filteren van de gemeten slibconcentraties

In het vorige hoofdstuk is het filtergedrag nauwkeurig onderzocht en zijn 'optimale' waarden voor de varianties van de systeemruis van de parameters gevonden. In dit hoofdstuk wordt de opgedane kennis gebruikt bij het bepalen van de 'optimale' condities voor het filteren met de slibconcentraties die door het meetponton 'De Zeekat' gemeten zijn in het Middelgat op 15-01-'88.

In §4.1 Wordt weergegeven welke meetreeksen zijn gebruikt. Vervolgens is in §4.2 een controlemiddel gedefinieerd waarmee gecontroleerd kan worden of het filteren met de gemeten slibconcentraties naar wens verloopt. Daarna wordt er in §4.3 gefilterd met de gemeten slibconcentraties en wordt onderzocht welke waarde er aan de verkregen schattingen van de parameters w_o en $D - E$ gehecht kan worden. In §4.4 wordt vervolgens gekeken wat het verschil tussen het gemeten en door het 1DV-model berekende snelheidsprofiel voor gevolgen heeft voor de schatting van de valsnelheid. Tenslotte zullen in §4.5 de conclusies van dit hoofdstuk worden weergegeven.

4.1 Gebruikte meetreeksen

Voor het filteren zijn meetgegevens nodig. In dit hoofdstuk worden de meetgegevens gebruikt die met het meetponton 'De Zeekat' zijn gemeten vanaf 0.00 uur op 15-01-88. Voor het filter zelf zijn naast gemeten slibconcentraties meetreeksen met gemiddelde stroomsnelheden en waterhoogten nodig. Deze laatste twee meetreeksen zijn nodig voor het berekenen van de eddy-viscositeitswaarden en de energie dissipaties met behulp van het 1DV-model. Hieronder is weergegeven hoe deze meetreeksen verkregen zijn.

Reeks met gemeten slibconcentraties Door het meetponton 'De Zeekat' is op de locatie Middelgat op drie hoogten de slibconcentratie gemeten. De meting begon op

ongeveer 1.5 meter onder het wateroppervlak, vier minuten later werd de slibconcentratie op ongeveer 7.2 meter boven de bodem gemeten en nog eens vier minuten later werd de slibconcentratie op ongeveer 2.5 meter boven de bodem gemeten. Daarna werd weer van bovenaf begonnen met meten. Zoals reeds in §3.4 is vermeld werkt het filter niet als per vier minuten slechts één slibconcentratie bekend wordt verondersteld. Dit is opgelost door per vier minuten drie slibconcentraties bekend te veronderstellen, met als resultaat dat het filter in dat geval wel goed werkt.

Voor het filteren met de gemeten slibconcentraties zijn dus per vier minuten drie slibconcentraties nodig, terwijl er slechts één per vier minuten gemeten is. De ontbrekende slibconcentraties worden verkregen door interpolatie tussen opeenvolgende slibconcentraties van dezelfde meethoogte. Dit zal naar verwachting de schattingen niet veel geweld aan doen aangezien de belangrijkste pieken in de gemeten slibconcentraties minimaal 20 minuten duren.

Reeks met gemeten 'gemiddelde' stroomsnelheden In de invoerfile van het 1DV-model wordt om een reeks met gemiddelde stroomsnelheden gevraagd. Met het meetpunt 'De Zeekat' is echter alleen de snelheid van 1.50 meter onder het wateroppervlak gemeten. Om toch zo goed mogelijk aan het gevraagde te voldoen is, uitgaande van een logaritmische snelheidsverdeling, de gemeten snelheid met de factor 0.86 vermenigvuldigd.

Reeks met gemeten waterhoogten In de invoerfile van het 1DV-model wordt tevens om een reeks met waterhoogten gevraagd. Deze reeks is nodig voor het per tijdstap bepalen van de laagdikte van de 50 lagen waarin de waterkolom wordt opgedeeld. In dit onderzoek zijn de waterhoogten ten opzichte van N.A.P. gebruikt die gemeten zijn bij Hansweert. Nu is het getij een lopende watergolf, om de juiste fase van de waterhoogte bij Middelgat te krijgen is daarom een kwartier van het meettijdstip afgetrokken. Dit kwartier werd afgeleid uit het faseverschil tussen de gemeten waterhoogten te Hansweert en Terneuzen. Daarnaast is 18 meter bij de waterhoogten ten opzichte van N.A.P. opgeteld om de waterdiepte te verkrijgen.

4.2 Controlemiddel filter

In het vorige hoofdstuk is het filtergedrag onderzocht met behulp van gegenereerde fictieve meetgegevens. Daarbij zijn de afwijkingen van de schattingen ten opzichte van de fictieve waarden, zonder meetruis, uitgezet. Voor deze afwijking kon de eis worden opgesteld dat het systeem waarneembaar is als meer dan 68 % van deze afwijkingen binnen de berekende standaarddeviaties ligt. Bij het filteren met gemeten slibconcentraties zijn de werkelijke waarden van w_o en $D - E$ niet bekend. Bovendien zijn van de slibconcentraties niet de waarden zonder meetruis bekend. Om toch het filtergedrag bij het filteren met gemeten slibconcentraties te kunnen onderzoeken is het volgende controlemiddel gedefinieerd,

bijgenaamd het voorspelde residu zie [4]:

$$\underline{r}_{n+1|n} = \underline{Z}_{n+1} - E[\underline{Z}_{n+1}|\underline{\bar{Z}}_n] = \underline{Z}_{n+1} - H_{n+1}\hat{\underline{X}}_{n+1|n} \quad (4.1)$$

Bij Middelgat zijn door het meetpunt 'De Zeekat' op drie dieptes de slibconcentraties gemeten. Deze diepten komen ongeveer overeen met de lagen 5,30 en 44. In (4.1) bestaat de vector $\underline{Z}$ uit de gemeten slibconcentraties. Daarom kunnen met het residu alleen de schattingen van de drie genoemde lagen gecontroleerd worden. Van het residu is eenvoudig te berekenen dat de verwachting nul is. De variantie ervan is als volgt:

$$\text{Var } \underline{r}_{n+1|n} = E[\underline{r}_{n+1|n}\underline{r}_{n+1|n}'] = H_{n+1}P_{n+1|n}H_{n+1}' + R_{n+1} \quad (4.2)$$

Ook hier geldt weer dat de schatting betrouwbaar is als de berekende residuen voor 68 % of meer binnen het gebied van de standaarddeviaties liggen.

4.3 Het filteren van gemeten slibconcentraties

In deze paragraaf worden zo goed mogelijke schattingen bepaald van de slibconcentraties, de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D - E$. Voor de gebruikte meetgegevens zie §4.1. De meetdiepten waarop de gebruikte slibconcentraties gemeten zijn komen overeen met de lagen 5, 30 en 44. Verder is bij het bepalen van de beste schattingen gebruik gemaakt van de resultaten van hoofdstuk 3. Tenslotte wordt zo goed mogelijk aangegeven welke waarde er gehecht kan worden aan de verkregen schattingen.

4.3.1 Schatten van alle parameters tegelijk

Aan de hand van de gemeten slibconcentraties op 0.00 uur is de diepte gemiddelde slibconcentratie, die de beginwaarde vormt op $t = t_0$, bepaald op 0.024 [$\frac{g}{l}$]. Opgemerkt zij dat voor een tijdstip is gekozen dat de drie slibconcentraties redelijk met elkaar overeenkomen. Voor de valsnelheid w_o op $t = t_0$ is 0.0025 [$\frac{m}{s}$] genomen omdat de schattingen van de valsnelheid in [1] in die buurt lagen. Achteraf gezien bleek dit een goede keuze te zijn geweest. Voor de randvoorwaarde $D-E$ is de waarde 0 [$\frac{kg}{m^2s}$] gekozen, omdat deze waarde het meest logisch is. Dit levert de volgende begintoestand $\underline{X}_0$ op:

$$\underline{X}_0 = \begin{pmatrix} 0.024 \\ \vdots \\ 0.024 \\ 0.0025 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

Als uitgangspunt van de diagonaalelementen van P_0 en Q zijn de gevonden waarden in hoofdstuk 3 genomen, zie (3.40). Bij het vinden van betere waarden is gelet op het volgende:

- De residuen dienen zoveel mogelijk binnen de berekende standaarddeviaties te liggen.
- De schattingen dienen zo min mogelijk te schommelen.

Uit de proeven bleken de in hoofdstuk 3 gevonden waarden van P_0 en Q goed te voldoen. Er werd daarom, gelet op de bovengenoemde punten, geen reden gevonden om van deze waarden af te wijken. De diagonaalelementen van de covariantiematrix P_0 en Q zien er dus als volgt uit:

$$\text{diag. } P_0 = \begin{pmatrix} 0.0009 \\ \vdots \\ 0.0009 \\ 0.000009 \\ 0.00000064 \end{pmatrix}, \quad \text{diag. } Q = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0.000001 \\ 0.00000004 \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

Vervolgens is de standaarddeviatie van de systeemruis zodanig klein gemaakt dat nog voldaan werd aan de statische eis dat 68 % van residuen binnen de standaarddeviaties dienen te liggen. Als minimum wordt een standaarddeviatie van $0.0075 \left[\frac{g}{l}\right]$ gevonden voor alle drie gemeten slibconcentraties. Voor de onderste en bovenste gemeten slibconcentratie hadden lagere standaarddeviaties ingevuld kunnen worden. Gekozen is echter voor gelijke standaarddeviaties. De covariantiematrix van de meetruis R ziet er daarmee als volgt uit

$$R_n = \begin{bmatrix} 0.00005625 & 0 & 0 \\ 0 & 0.00005625 & 0 \\ 0 & 0 & 0.00005625 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

De schattingen die bij deze 'optimale' filtering zijn verkregen zijn uitgezet in de figuren H.12 t/m H.14. De verticale lijnen zijn de tijdstippen waar de stroming kentert op 1.5 meter onder het wateroppervlak. De lange periode is eb en de korte periode vloed. De volgende percentages van de residuen liggen dan binnen de berekende standaarddeviaties:

$$\text{laag 5 :90\%} \qquad \text{laag 30 :70\%} \qquad \text{laag 44 :88\%} \quad (4.6)$$

Het filter voldoet hiermee aan de statische eis van 68 %, waaruit volgt dat het filter in staat is om de geschatte parameters naar behoren te schatten. Uit de figuren volgt verder dat de schatting van de valsnelheid tussen de $-0.0005 \left[\frac{m}{s}\right]$ en $0.005 \left[\frac{m}{s}\right]$ ligt. Afgezien van het negatief worden van de valsnelheid, wat fysisch gezien niet kan, komen de waarden goed overeen met de valsnelheden die van Leussen vond met zijn onderwatercamera VIS in de Eems Dollard. Hij vond namelijk valsnelheden variërend van 0.0005 tot $0.007 \left[\frac{m}{s}\right]$, zie [10]. Het Waterloopkundig Laboratorium vindt echter dat de geschatte valsnelheden aan de hoge kant zijn (persoonlijke communicatie).

4.3.2 Verklaring Negatieve valsnelheid

Zoals gezegd wordt de schatting van de valsnelheid w_o af en toe negatief. Vergelijking van de figuur met de drie gemeten slibconcentraties en die van de valsnelheid, zie H.14a respectievelijk H.13a, toont dat de valsnelheid negatief wordt na het vooral bovenin de waterkolom fors toenemen van de slibconcentratie. Dit gebeurt na maximum stroomkentering en heeft als resultaat dat de slibconcentraties van de drie meetdiepten na korte tijd nagenoeg gelijk worden en af en toe bovenin in de waterkolom zelfs hoger is dan onderin.

Het filter gebruikt de transportdiffusievergelijking van het 1DV-model en de gemeten slibconcentraties voor het verkrijgen van schattingen van de slibconcentraties de valsnelheid w_o en de sedimentatie min erosie $D - E$. Waarbij de turbulentie (eddy-viscositeit, opwaartse kracht), de zwaartekracht (valsnelheid van slib, neerwaartse kracht) en mogelijke dichtheidverschillen (afname turbulentie) de krachten zijn die verantwoordelijk zijn voor de verspreiding van het slib over de waterkolom. Om met het filter de gemeten toename in de gemeten slibconcentraties na maximum stroomkentering te krijgen dient er slib geerodeerd te worden. Dit is te zien in de schatting van $D - E$. Daarnaast dient de opwaartse kracht groot genoeg te zijn om het slib snel genoeg over de waterkolom te verspreiden. Als de berekende eddy-viscositeitswaarden lager zijn dan de werkelijke opwaartse kracht, dan kan het filter dit compenseren door de schatting van w_o negatief te maken.

Mogelijke oorzaken van de negatieve valsnelheid

1. De door het 1DV-model berekende eddy-viscositeiten zijn (af en toe) te laag.
2. Advectie van slib boven in de waterkolom.
3. Turbelentieafbraak door hoge sedimentconcentraties

De eddy-viscositeitswaarden die bij het filteren zijn gebruikt zijn berekend met de vijfde versie van het 1DV-model. In dat model worden eddy-viscositeitswaarden berekend met het $k - \epsilon$ model in samenwerking met het berekende logaritmische snelheidsprofiel. In hoofdstuk 2 is met versie 6 en de op 7 diepte gemiddelde stroomsnelheden aangetoond dat de eddy-viscositeitswaarden over het algemeen hoger liggen dan die berekend met versie 5. Dit staft de eerste oorzaak. In §4.4 is onderzocht of dit de gehele oorzaak is van het negatief worden van w_o . Uit dat onderzoek bleek dat de schatting van w_o met de met versie 6 berekende hogere eddy-viscositeitswaarden voor eb niet meer negatief werd. Terwijl bij vloed de schatting nog iets negatiever werd. Dus het negatief worden van w_o kan soms liggen aan het te laag zijn van ν_T echter het is niet altijd dan wel niet de gehele oorzaak van het negatief worden van w_o .

Tot nu toe werd aangenomen dat de advectionsterm verwaarloosbaar was. Dit volgde namelijk uit het onderzoek van H.Hilberink [3]. In figuur H.14a is echter te zien dat de slibconcentratie bovenin de waterkolom af en toe zelfs groter wordt dan de slibconcentratie

onderin Dit verschijnsel is ook waargenomen in de Eems-Dollard door Christopher M. Day, zie [2]. De verklaring voor het verschijnsel hebben ze niet kunnen geven.. Zoals uit de figuren blijkt kan het filter dit verschijnsel alleen evenaren door de schatting van w_o negatief te laten worden. Vermoedt wordt het verschijnsel veroorzaakt wordt doordat slib van nabijgelegen platen als het ware bovenin de waterkolom wordt geïnjecteerd. Om de juistheid hiervan te onderzoeken zou gekeken kunnen worden of bij het tijdstip waarop een forse toename plaatsvindt de gemeten waterhoogte overeenkomt met de inundatie van nabijgelegen platen. Uit de twee GISkaarten die in bijlage D zijn afgebeeld kan afgeleid worden van welke platen het slib mogelijk afkomstig zou kunnen zijn geweest. In de eerste kaart is de gemiddelde korrelgrootte in de bovenste laag van de Westerscheldebodembodem weergegeven. De tweede kaart is een verschilkaart in bodemhoogte van de Westerschelde van 1972-1990.

Aan de andere kant zou het soms bovenin de waterkolom groter zijn van de slibconcentratie dan onderin veroorzaakt kunnen worden door turbulentieafbraak als gevolg van het opnemen van grote hoeveelheden slib bij de bodem. Volgens het Waterloopkundig laboratorium kan dit een belangrijke rol spelen bij hoge slibconcentraties. In het 1DV-model heeft het WL dit fysische proces verwerkt door middel van de mogelijkheid van dichtheidsterugkoppeling. In [1] zijn de beste resultaten van het 1DV-model met gebruikmaking van deze dichtheidsterugkoppeling te zien, hierbij is echter geen rekening gehouden met de zandconcentratie. Later is van het WL de volgende formule ontvangen voor het berekenen van de sedimentconcentratie, C_s , vanaf waar turbulentieafbraak op kan treden:

$$C_s \propto \frac{\rho u^{\frac{8}{3}}}{g H W_s^{\frac{2}{3}}} \quad (4.7)$$

Hierin is ρ de dichtheid van zeewater die ongeveer gelijk is aan $1030 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$. g de gravitatieconstante gelijk aan $9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$. U de amplitude van de getijafhankelijke diepte gemiddelde stroomsnelheid is voor de meetlocatie in het Middelgat ten tijde van deze schatting van $D - E$ ongeveer $1.0 \left[\frac{m}{s} \right]$. H is de waterdiepte welke voor de meetlocatie in het Middelgat ongeveer 18 meter is. W_s ($=w_o$ omdat $a, b, m_L = 0$) is valsnelheid. Uit de schatting van w_o volgt dat als de slibconcentratie bovenin de waterkolom groter is dan onderin dat dan de valsnelheid kleiner is dan $3 \left[\frac{mm}{s} \right]$, zie figuur I.1.B. De minimumwaarde van C_s waarbij turbulentieafbraak optreedt volgens het WL is dan $0.28 \left[\frac{g}{l} \right]$. De slibconcentratie die op dat tijdstip is gemeten is ongeveer gelijk aan $0.05 \left[\frac{g}{l} \right]$ op alledrie de meethoogtes, zie figuur I.1.B. De zandconcentratie varieert in het Middelgat, tot een hoogte van ongeveer 8 meter boven de bodem, van 0.01 tot $1.0 \left[\frac{g}{l} \right]$. Boven de 8 meter is de zandconcentratie hooguit $0.03 \left[\frac{g}{l} \right]$. De zandconcentratie is rechtevenredig met de stroomsnelheid, bij de meetlocatie in het Middelgat zal zodoende volgens de formule van het WL alleen rond maximum stroomsnelheid in de onderste helft van de waterkolom turbulentieafbraak op kunnen treden. Echter de slibconcentratie bovenin de waterkolom wordt pas hoger ver na maximum stroomsnelheid, zie I.2.A. Bovendien neemt de slibconcentratie over de ge-

hele waterkolom pas enorm toe na maximumstroomsnelheid. Zodoende lijkt advection een waarschijnlijker dan turbulentieafbraak door dichtheidsverschillen.

4.3.3 Afsluitende controle filter

Ter afsluiting van de filtertesten zijn de schattingen van de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D - E$ gebruikt als invoer voor het 1DV-model. De hiermee berekende slibconcentraties zijn uitgezet in figuur H.14c. Vergelijking van deze figuur met die van de gemeten slibconcentraties in figuur H.14a levert het sluitende bewijs dat het filter in staat is om de valsnelheid w_o en $D - E$ naar tevredenheid te schatten. Wel dient gezegd te worden dat aan het einde van de twee getoonde getijden de hoeveelheid slib in de waterkolom te veel toeneemt en dit ook niet meer verdwijnt. Blijkbaar heeft het filter meer moeite met het schatten van $D - E$ als de slibconcentraties veel fluctueren. Omdat de schattingen van de slibconcentraties, c , met de metingen overeenkomen kan de fout in $D - E$ (waarschijnlijk) weggewerkt worden door voor $(D - E)_{n+1} [\frac{kg}{m^2s}]$ de som van het verschil tussen $c_{n+1} [\frac{kg}{m^3}]$ en c_n maal laagdikte h gedeeld door de tijdstap van $4 \cdot 60$ seconden te nemen. In dit rapport is dit echter nog niet gedaan.

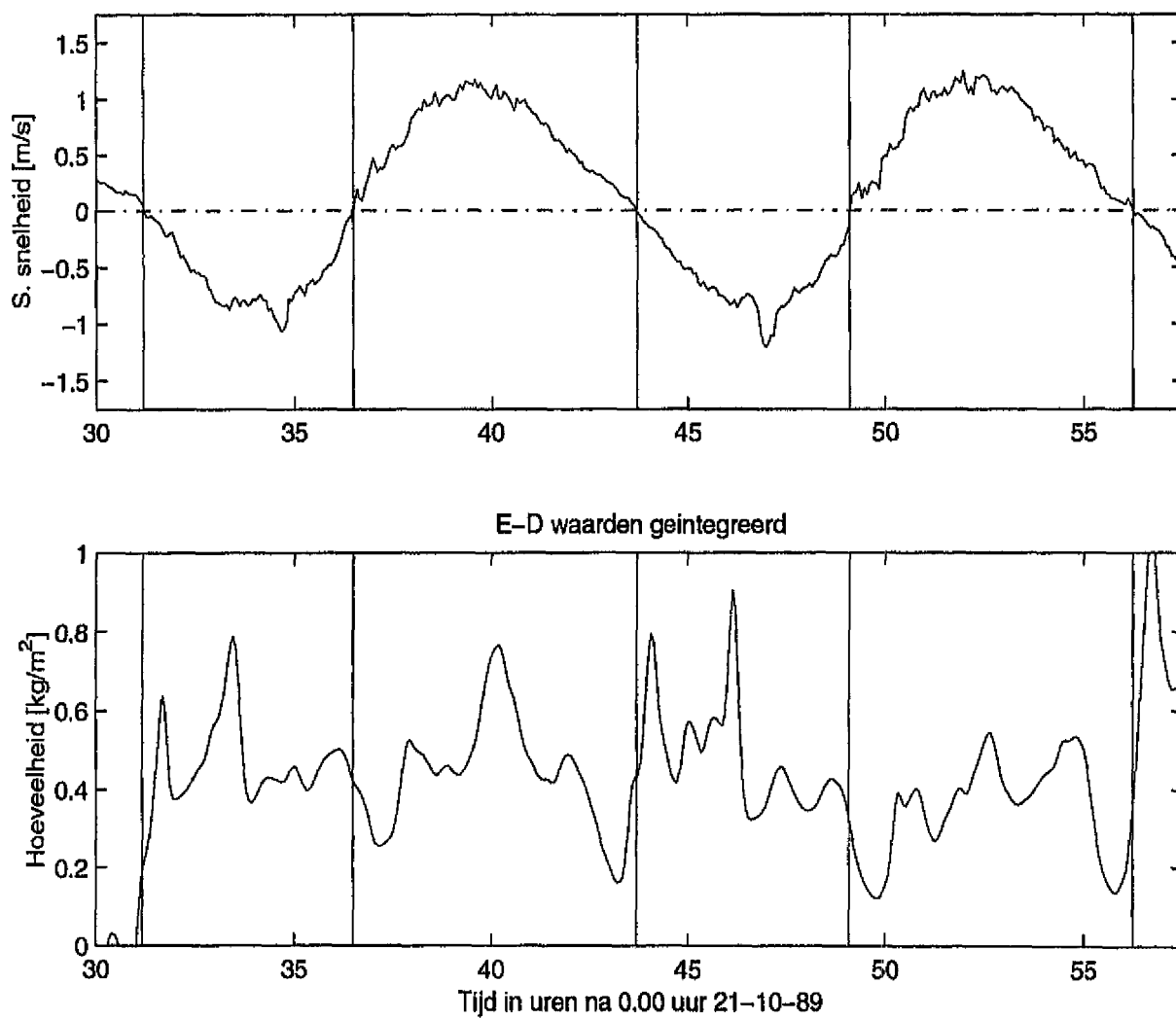
4.3.4 Integratie geschatte randvoorwaarde D-E

Tevens is de schatting van de sedimentatie min de erosie geïntegreerd over de tijd. Dit is gedaan om een beter overzicht te krijgen van het erosie en sedimentatie gebeuren. Het resultaat is te zien in figuur 4.1. De figuur lijkt voor zowel eb als vloed voornamelijk opgebouwd te zijn uit drie verschillende 'processen'. Het eerste proces zorgt voor een lineair verband tussen de toename van de hoeveelheid slib en de stroomsnelheid. Het tweede proces zorgt voor een snelle toename en vervolgens afname van de hoeveelheid slib direct na de stroomkentering. Hierbij zij vermeld dat de lange periode eb is en dat de verticale kenteringlijnen afkomstig zijn van het kenteren van de stroomsnelheid op 1.5 meter onder het wateroppervlak. Vanwege het verschil in stroomkenteringen betekent het laatste dat onderin de waterkolom de kentering van vloed naar eb ongeveer 50 minuten later plaatsvindt en bij de kentering van eb naar vloed ongeveer 10 minuten eerder dan de aangegeven streep. De vermoede oorzaken van de piek(en) direct na stroomkentering zijn:

- Directe opname van het rond de kentering uitgezakte slib. Dit geeft echter geen verklaring voor de afname daarna.
- Het van een nabijgelegen ontgrondingsput afkomen van slib, dit kan voor zowel eb als vloed. Zie de figuur 2.2 en de giskaarten in bijlage D

Het derde proces zorgt voor een forse toename van de hoeveelheid slib na maximum stroomsnelheid. Vermoede oorzaak hiervan is:

Figuur 4.1: Gemeten stroomsnelheid en integratie van E-D! waarden



- Het van nabij gelegen platen afstromen van slib. Bij vloed dus het begin van het overstromen van de platen en bij eb het droogvallen van de platen. De juistheid hiervan zou onderzocht kunnen worden door bij het tijdstip van deze toename de waterhoogte te vergelijken met inundatie van de platen.

4.4 Schattingen parameters met werkelijk gemeten snelheidsprofiel

In hoofdstuk 2 is onderzocht of het verschil tussen het gemeten stroomsnelheidsprofiel en het door het 1DV-model berekende logaritmische profiel grote gevolgen heeft voor de eddy-viscositeitswaarde. Uit dat onderzoek bleek dat de waarde van de eddy-viscositeit op enige tijdsintervallen van het getij sterk afweek van de waarde zoals die berekend was bij een logaritmisch profiel. De vraag die dan overblijft is wat heeft het verschil in de snelheidsprofielen voor gevolgen voor de schatting van de valsnelheid. De schatting van $D - E$ is zal weinig veranderen omdat de gemeten slibconcentraties, en daarmee de hoeveelheid slib in de waterkolom, bij het filteren niet zullen veranderen.

Als eerste in het onderzoek zijn eddy-viscositeitswaarden berekend met versie 5 van het 1DV-model. Dus met het logaritmisch snelheidsprofiel waarbij voor de diepte gemiddelde snelheid de gemeten stroomsnelheden van 17-03-88 zijn gebruikt. Vervolgens is er gefilterd met de volgende beginvoorwaarde:

$$X_0 = \begin{pmatrix} 0.07 \\ \vdots \\ 0.07 \\ 0.0025 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (4.8)$$

De covariantiematrices P_0 en Q zijn gelijk genomen aan 4.4. Het resultaat is te zien in figuur 4.2. Daarna zijn de op zeven diepten gemeten stroomsnelheden gebruikt van 17-03-88 voor het verkrijgen van eddy-viscositeitswaarden met versie 6 van het 1DV-model. Hierbij dient overigens opgemerkt te worden dat nog niet bekend is of de berekende eddy-viscositeitswaarden niet te groot zijn vanwege dichtheidsverschillen in verticale richting (gelaagdheid). De waarden van X_0 , P_0 en Q blijven bij het filteren hetzelfde. De schatting van de valsnelheid die dan met het filter wordt verkregen is te zien in figuur 4.3 (Let op de schaling).

De schatting van de valsnelheid met het filter en de op 7 diepten gemeten stroomsnelheden levert de volgende verschillen ten opzichte van het schatten met het logaritmische snelheidsprofiel:

- De schatting van de valsnelheid is gemiddeld ongeveer twee keer zo groot geworden. Dit terwijl de waarde van de valsnelheden die gevonden werden met het logaritmisch profiel volgens het WL al aan de hoge kant waren.

- Het patroon in de schatting blijft voor eb nagenoeg gelijk.
- Het patroon in de schatting voor vloed verandert sterk. Vooral aan het begin van de vloed en halverwege de vloed is de schatting een stuk groter geworden. De hogere waarde aan het begin lijkt reëel, de verhoging halverwege en dan wel vloed lijkt sterk overtrokken. De enorme toename van de eddy-viscositeitswaarde daar lijkt zeer onwaarschijnlijk.
- De schatting wordt bij eb niet meer negatief. Dit was verwacht vanwege de hogere eddy-viscositeitswaarden. Opgemerkt wordt dat de slibconcentraties bovenin lager blijven dan onderin!
- Bij vloed daarentegen is de schatting van de valsnelheid om onverklaarbare redenen nog negatiever geworden. Gezien de hoge eddy-viscositeitswaarden werd verwacht dat de schatting van de valsnelheid tenminste positief zou worden. Overigens is de slibconcentratie, in de periode dat de schatting negatief is, bovenin de waterkolom groter is dan onderin. Blijkbaar is dit hier belangrijker dan het mogelijk te laag zijn van de eddy-viscositeit.
- Het verschil in grootte van de schatting van de valsnelheid bij eb en bij vloed is kleiner geworden.

Zoals reeds verwacht werd verandert de schatting van de $D - E$ weinig.

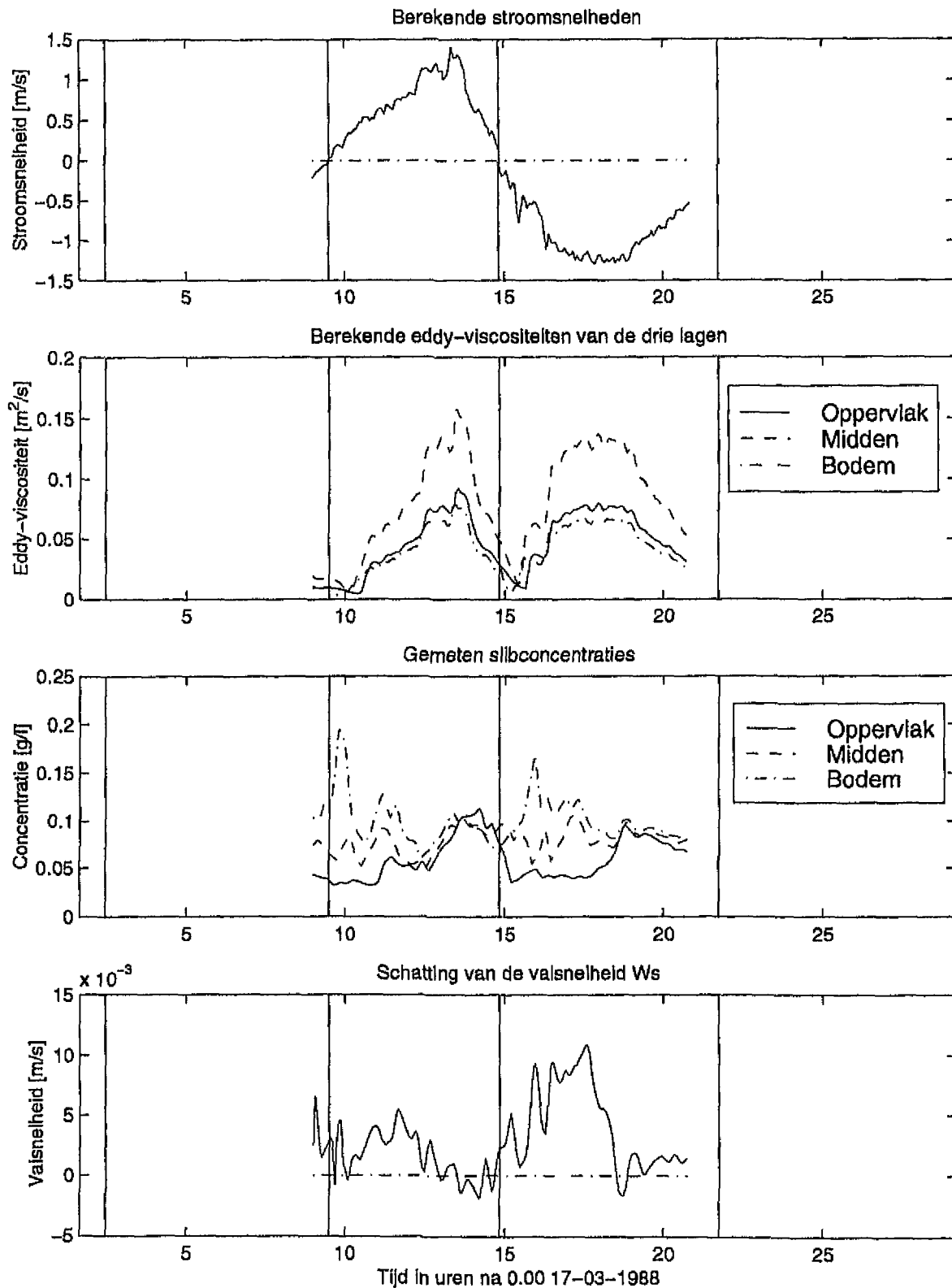
In het volgende hoofdstuk zullen voor langere perioden met het filter schattingen worden gemaakt van de valsnelheid en $D - E$ aan de hand van gemeten slibconcentraties, waterhoogten en gemeten stroomsnelheden van 1.5 meter onder het wateroppervlak. In deze paragraaf is tevens onderzocht welke waarde aan die schattingen gehecht kan worden. Alhoewel slechts schattingen zijn vergeleken over een halve dag is duidelijk geworden dat de schatting van de valsnelheid groter dient te zijn dan zoals die verkregen wordt met het filter en de op 1.5 meter onder het wateroppervlak gemeten stroomsnelheid. Als er tenminste vanuit wordt gegaan dat het 1DV-model, afgezien van de valsnelheid, de sedimentatie en de erosie, de werkelijkheid goed beschrijft.

4.5 Conclusies

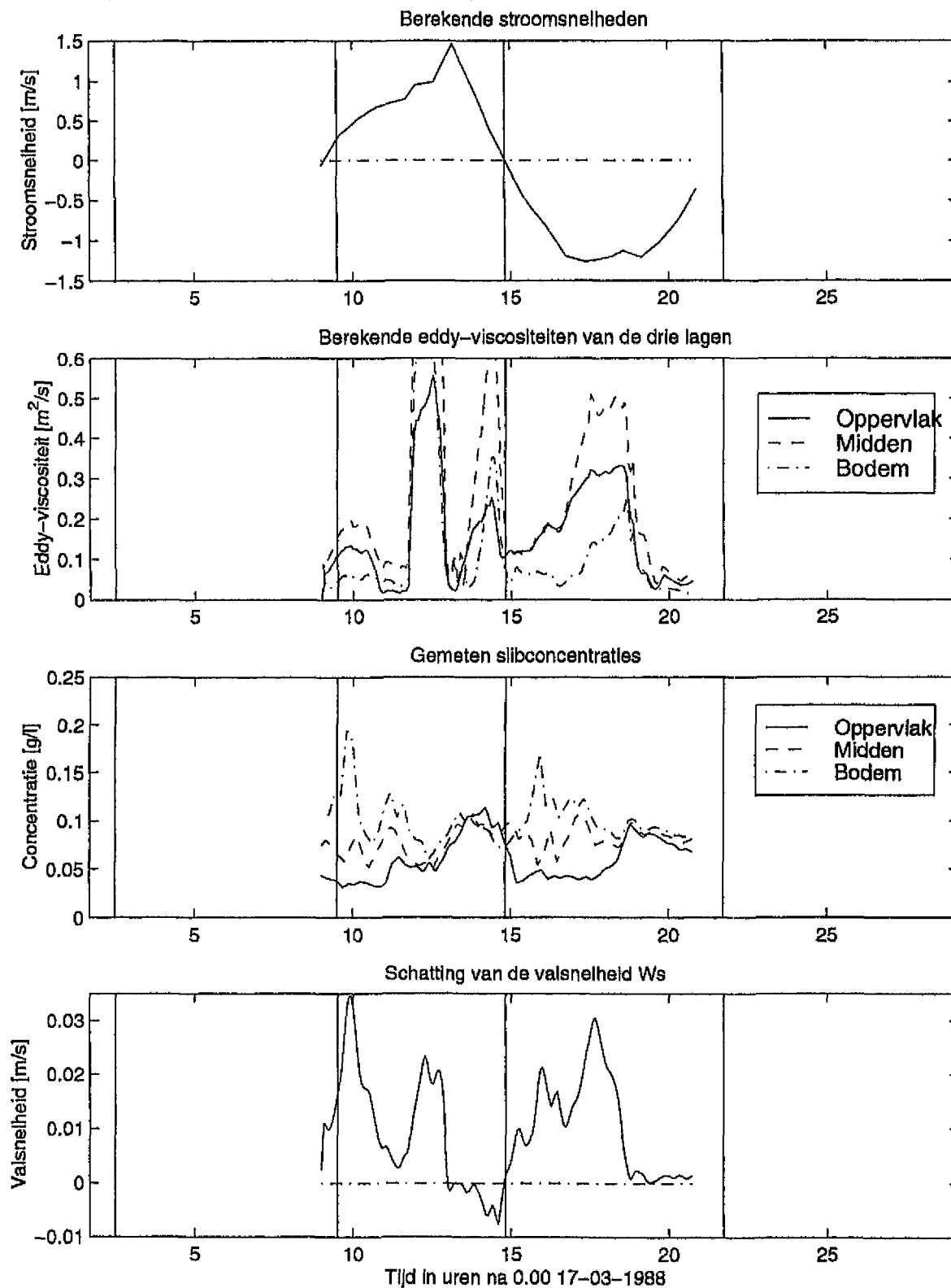
Uit de voorgaande paragrafen zijn de volgende conclusies op te maken:

- Het Extended Kalmanfilter is goed in staat om de slibconcentraties, de valsnelheid w_o en de sedimentatie min de erosie $D - E$ te schatten. Als bij het filteren het volgende schema wordt gevolgd dan zullen goede schattingen van de genoemde parameters worden verkregen:

Figuur 4.2: Schattingen filter met opgegeven diepte gemiddelde stroomsnelheid



Figuur 4.3: Schattingen filter met gemeten stroomsnelheden op 7 diepten



- Begin met het filteren op een tijdstip dat de drie gemeten slibconcentraties redelijk dicht bij elkaar liggen.
 - Schat de gemiddelde beginconcentratie aan de hand van de gemeten drie gemeten slibconcentraties op t_0 . Gebruik deze als invoer voor c_0 .
 - Kies de randvoorwaarde $D - E$ op t_0 gelijk aan 0.
 - Neem voor de valsnelheid w_0 op t_0 een waarde liggend in het bereik van de valsnelheid. Dit bereik kan bepaald worden door 'trial and error'.
 - Kies de standaarddeviatie voor de begintoestand X_0 , dit is $[c_0, (w_0)_0, (D-E)_0]'$, gelijk aan $[0.03(\frac{g}{l}), 0.003(\frac{m}{s}), 0.0008(\frac{kg}{m^2s})]$.
 - Bepaal door te filteren zo goed mogelijk de standaarddeviaties van de schattingen van w_0 respectievelijk $D - E$. Neem deze waarden als standaarddeviatie van de systeemruis van w_0 respectievelijk $D - E$. Voor Middelgat zijn de waarden $0.001 [\frac{m}{s}]$ respectievelijk $0.0002 [\frac{kg}{m^2s}]$ gevonden.
 - Kies de standaarddeviatie van de meetruis zo klein dat nog voldaan wordt aan de statische eis van 68 %. De gevonden waarde dient in de buurt liggen van de waarde die men voor mogelijk acht. Zo niet dan klopt er iets niet.
- Verder blijkt het werkelijke snelheidsprofiel sterk af te wijken van het in het 1DV-model gebruikte logaritmische snelheidsprofiel, zie [1]. Uit het onderzoek blijkt dat de schatting van de valsnelheid bij het opgeven van het werkelijke snelheidsprofiel aanmerkelijk groter te zijn dan bij een logaritmisch snelheidsprofiel. In hoeverre deze verhoging juist is is afhankelijk in welke mate het gemeten snelheidsprofiel veroorzaakt wordt door dichtheidsverschillen. Verder blijft het globale patroon in de schatting van de valsnelheid voor eb redelijk gelijk. Bij vloed treden er veranderingen in het patroon op.
 - De schatting van de valsnelheid wordt na maximum stroomkentering af en toe negatief. Dit blijkt op te treden na maximumstroomkentering wanneer er een behoorlijke toename van slib in de waterkolom plaatsvindt. Vermoedelijke oorzaken hiervan zijn:
 - Het $k - \epsilon$ model berekent te lage eddy-viscositeitswaarden. Dit wordt veroorzaakt door het verschil tussen het werkelijke en door het 1DV-model berekende stroomsnelheidsprofiel.
 - In het 1DV-model is geen advectieterm aanwezig, terwijl die waarschijnlijk niet verwaarloosbaar is. Dit vermoeden wordt verkregen uit het soms boven in de waterkolom hoger zijn dan onderin van de slibconcentratie en de figuur met de integratie van $D - E$. Het geadvecteerde slib zou mogelijk afkomstig kunnen zijn van nabijgelegen platen en/of ontgrondingspunten.

Hoofdstuk 5

Lange reeks schattingen

Voor het herkennen van patronen zijn lange reeksen met schattingen van de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D - E$ nodig. In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe aan de hand van het afgeleide Extended Kalmanfilter en de gemeten snelheden en waterhoogten schattingen zijn gemaakt van de slibconcentraties, de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D - E$ voor een gehele doodtij/springtijcyclus. Dit is gedaan voor de locaties Middelgat, Schaar van Spijkerplaat en het Nauw van Bath. In dit hoofdstuk wordt verder een aanzet gegeven voor onderzoek naar mogelijke verbanden.

In §5.1 worden voor de drie genoemde locaties de best mogelijke meetreeksen bepaald, benodigd voor het filteren, ter lengte van een gehele doodtij/springtijcyclus. Vervolgens wordt in §5.2 aangegeven hoe voor de drie de meetlocaties beste schattingen zijn verkregen. Daarna wordt in §5.3 aangegeven welke verbanden er in een vervolgonderzoek nader onderzocht dienen te worden ter verbetering van het 1DV-model. Tenslotte worden in §5.4 de conclusies van het hoofdstuk weergegeven.

5.1 Ingevoerde meetreeksen 1DV-model

Het 1DV-model berekent de eddy-viscositeiten en energie-dissipaties aan de hand van drie soorten invoer, te weten:

- de op te geven parameterwaarden,
- een tijdreeks met waterhoogten en
- een tijdreeks met diepte gemiddelde stroomsnelheden.

Een probleem is dat op het meetponton 'De Zeekat' de waterhoogten en diepte gemiddelde stroomsnelheid niet continu gemeten zijn.

In [1] zijn daarom, voor de locatie Middelgat, de waterhoogten¹ gebruikt die om de 10 minuten gemeten worden door het nabijgelegen meetstation van Hansweert. Omdat er ongeveer een tijdverschuiving van een half uur zit tussen de gemeten waterhoogte te Hansweert en Terneuzen, waar de Zeekat tussen gelegen heeft, is van de tijdstippen waarop te Hansweert de waterhoogten gemeten zijn een kwartier afgetrokken om de overeenkomende waterhoogten in het Middelgat te krijgen.

Voor het verkrijgen van de benodigde meetreeks met diepte gemiddelde stroomsnelheden is op het meetponton 'De Zeekat' om de ongeveer vier minuten de stroomsnelheid op 1.5 meter onder het wateroppervlak gemeten. Omdat in [1] werd uitgegaan van een logaritmisch stromingsprofiel zijn deze stroomsnelheden met de factor 0.86 vermenigvuldigd, zodat de gemeten snelheden zo goed mogelijk met de 'diepte gemiddelde' stroomsnelheid overeen zouden komen.

Zoals in hoofdstuk 2 is beschreven zijn op een aantal dagen, onder andere op 'De Zeekat', metingen uitgevoerd bij de Schaar van Spijkerplaat, het Middelgat en het Nauw van Bath. Daarbij zijn om de 30-40 minuten onder andere de slibconcentraties, de waterdiepte en op meerdere dieptes de stroomsnelheid gemeten. In de volgende twee subparagrafen wordt gecontroleerd of de gedane aannames in [1] terecht zijn dan wel aangepast dienen te worden.

5.1.1 Representativiteit tijdreeks waterhoogten

Bekeken wordt of de voor het filteren gebruikte gemeten waterhoogten van het meest nabijgelegen meetstation Hansweert overeenkomen met, en dus representatief zijn voor, de waterhoogten die op de Zeekat in het Middelgat gemeten zijn op 17-03-88. In figuur 5.1 zijn de twee sets gemeten waterhoogten uitgezet tegen de tijd:

- De doorgetrokken lijn geeft de bij Hansweert om de 10 minuten gemeten waterdiepten weer. Deze waterdiepte is samengesteld uit de gemeten waterhoogte, ten opzichte van NAP, bij Hansweert en de uit lodingen afgeleide gemiddelde diepte van 18 meter op de meetlocatie van 'De Zeekat' in het Middelgat.
- De sterretjes geven de op 'De Zeekat' om de 30-40 minuten gemeten waterdiepten weer.

In de figuur is een behoorlijk verschil te zien tussen beide gemeten waterhoogten. Dit verschil is te verklaren uit de toegepaste verankering die voor een bepaalde bewegingsvrijheid van de Zeekat zorgt en het voorkomen van zandribbels in het gebied.

Toelichting verklaring:

Om het meetponton zo goed mogelijk op zijn plek te houden was elk hoekpunt van het

¹Deze waterhoogten zijn nodig voor het bepalen van de totale waterdiepte

ponton verbonden met een lange ketting en met daaraan een ankerblok. Door deze constructie zal het meetponton zich door het draaien van de stroming, het veranderen van de waterhoogte en de windrichting zeker een tiental meters kunnen verplaatsen. Daarnaast is uit de lodingen in [13] op te maken dat op de meetlocatie zandribbels aanwezig zijn met een hoogte variërend van 0.25-1.0 meter en een lengte van 8.4-14.1 meter. Wordt daarbij het aanwezige verhang in de bodem opgeteld dan is hiermee het verschil geheel, zo niet grotendeels, verklaard.

Als bij alle 'continu'-metingen in het Middelgat dit verschil optreedt dan levert dit een systematische fout op. De hoeveelheid slib die in het 1DV-model bij de bodem opgenomen wordt en de hoeveelheid slib die zich al in de waterkolom bevindt verspreidt zich over een dan wel grotere of kleinere hoeveelheid water dan in werkelijkheid. Aangezien het hier slechts één meting betreft en omdat er geen eenvoudige omrekening voor handen is wordt noodgedwongen aangenomen dat het verschoven getij van Hansweert representatief is voor het Middelgat. De fout heeft echter wel een grotere onbetrouwbaarheid/standaarddeviatie van de schattingen van w_0 en $D - E$ met het Extended Kalmanfilter tot gevolg. Een zelfde probleem treedt op voor de meetlocaties van Bath en Vlissingen.

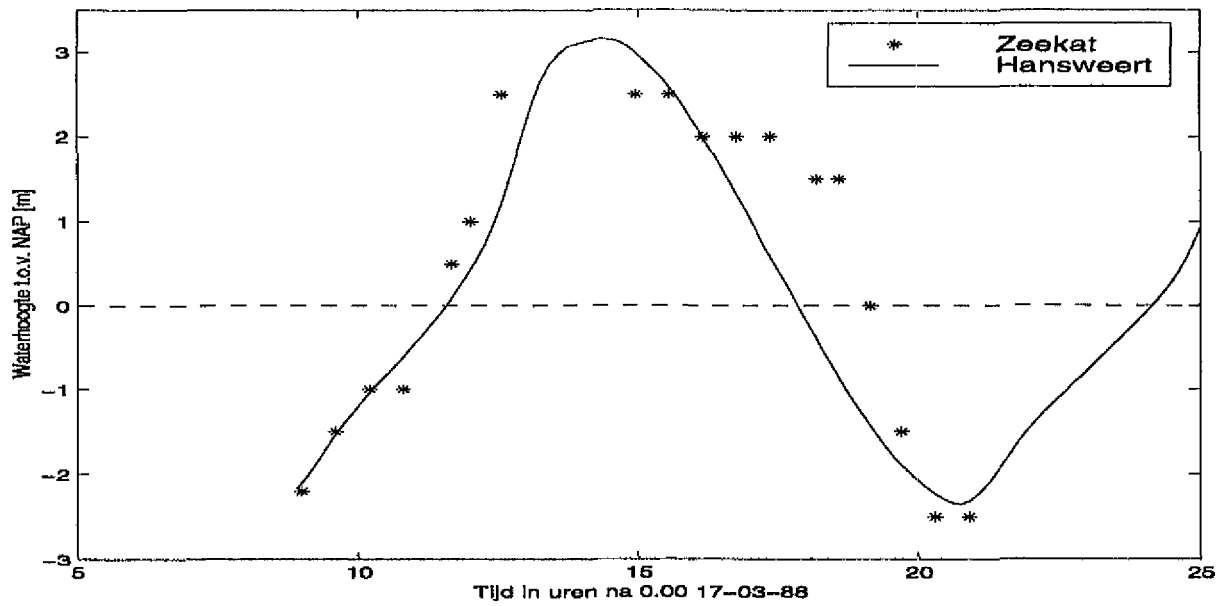
5.1.2 Representativiteit tijdreeks stroomsnelheden

In figuur 5.2 zijn drie stroomsnelheden uitgezet die gemeten zijn op het meetponton 'De Zeekat' op 17-03-88, te weten:

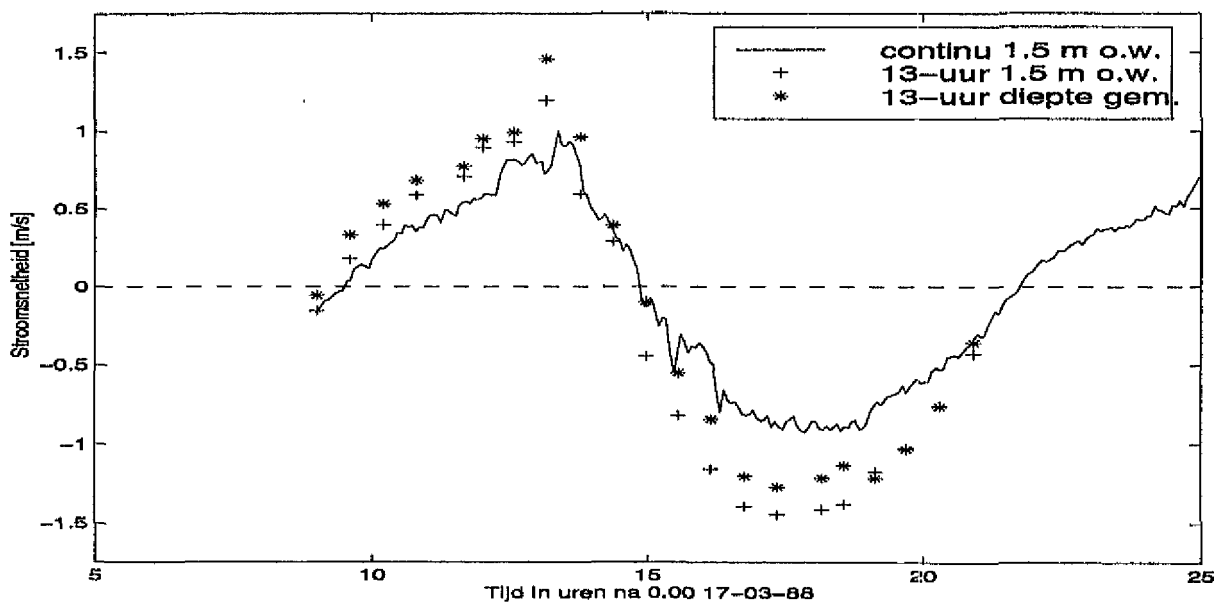
- De doorgetrokken lijn geeft de continu om de vier minuten, op 1.5 meter onder het wateroppervlak, in het beun gemeten stroomsnelheid weer. Deze snelheid is vermenigvuldigd met de factor 0.86 om een goede gemiddelde snelheid te krijgen uitgaande van een logaritmisch profiel.
- De plusjes zijn de om de 30-40 minuten, op ongeveer 1.5 meter onder het wateroppervlak gemeten stroomsnelheden. Deze snelheden zijn eveneens vermenigvuldigd met 0.86. Dit was één van de zeven dieptes waar op een aantal dagen naast 'De Zeekat' om de 30-40 minuten is gemeten.
- De sterretjes zijn de diepte gemiddelde stroomsnelheden, die berekend zijn aan de hand van de om de 35 minuten op zeven diepten gemeten stroomsnelheden naast 'De Zeekat'.

In de figuur is een groot verschil te zien tussen de twee stroomsnelheden (doorgetrokken lijn en plusjes) die beiden op 'De Zeekat' op 1.5 meter onder het wateroppervlak gemeten zijn. Het verschil is het grootst voor eb, de negatieve stroomsnelheden. De oorzaak van dit verschil is moeilijk te achterhalen. Waarschijnlijk is het het gevolg van de stroming rondom het meetponton en de plek waar de stroomsnelheden bij het meetponton gemeten werden. Welke meting het beste overeenkomt met de werkelijke stroomsnelheid op deze hoogte is moeilijk te achterhalen. Het waargenomen verschil geeft echter aan dat bij een

Figuur 5.1: Gemeten Waterhoogten



Figuur 5.2: Gemeten stroomsnelheden Zeekat



volgende meting er goed onderzocht moet worden waar onder of naast het meetvaartuig de stroomsnelheid het beste gemeten kan worden.

Voor het 1DV-model is een tijdreeks met diepte gemiddelde stroomsnelheden nodig. Deze stroomsnelheid is de aandrijvende motor van het 1DV-model. Het is daarom van belang dat de continu gemeten stroomsnelheden (doorgetrokken lijn) zo goed mogelijk overeenkomen met de diepte gemiddelde stroomsnelheden (sterretjes). Uit de figuur volgt dat deze stroomsnelheden niet met elkaar overeenkomen. Het profiel van de lijnen lijkt echter wel aardig met elkaar overeen te komen. In de figuur is de berekende dieptegemiddelde stroomsnelheid gebaseerd op 7 over de diepte gemeten stroomsnelheden waardoor meetfouten worden uitgemiddeld over de diepte. Dat dit reële resultaten levert blijkt uit diepte gemiddelde stroomsnelheden van de twee nabijgelegen schepen, die op die dag in dezelfde stromingsrichting lagen, en goed met die van de Zeekat overeenkomen, zie bijlage E. Daarom wordt aangenomen dat de uit de 7 punten berekende dieptegemiddelde stroomsnelheid betrouwbaarder is dan de continu op 1.50 onder het wateroppervlak gemeten stroomsnelheid die vermenigvuldigd is met de factor 0.86. Uit de kleinste kwadratenmethode volgt dan dat als de doorgetrokken lijn voor eb met de factor 1.35 vermenigvuldigd wordt en voor vloed met de factor 1.47 dat dan de beste fitting door de dieptegemiddelde stroomsnelheden wordt verkregen voor de metingen van 17-03-88.

Voor de andere dagen met 13-uurs metingen, voor zowel de locaties Middelgat, Schaar van Spijkerplaat en het Nauw van Bath, zijn vervolgens handmatig de vermenigvuldigingsfactoren bepaald. Deze factoren zijn tezamen met die van 17-03-88 weergegeven in tabel 5.1. Ook bij de genoemde dagen is gekeken of de gemeten dieptegemiddelde stroomsnelheden van de nabijgelegen schepen met die van de Zeekat overeenkomen. Het blijkt dat als de nabijgelegen schepen in dezelfde stromingsrichting liggen dat dan de stroomsnelheden qua grootte en profiel goed met elkaar overeenkomen. Dit bevestigt de aanname dat de 13-uurs gemeten diepte gemiddelde snelheid op 'De Zeekat' betrouwbaar is. Liggen de schepen evenwijdig van elkaar ten opzichte van de stromingsrichting dan treden er qua grootte en/of profiel meestal verschillen op.

Conclusie

De tot nu toe gebruikte diepte gemiddelde stroomsnelheden vermenigvuldigd met de factor 0.86 zijn niet representatief voor de diepte gemiddelde stroomsnelheid. Deze representativiteit kan verbeterd worden door de continu op de Zeekat gemeten stroomsnelheden van 1.5 meter onder het wateroppervlak te vermenigvuldigen met de berekende factorgemiddelden² in tabel 5.1. In het vervolg van het hoofdstuk zullen de hiermee verkregen tijdreeksen met stroomsnelheden gebruikt worden als diepte gemiddelde stroomsnelheden. Opgemerkt wordt dat de betrouwbaarheid van vermenigvuldigingsfactoren van de Schaar van Spijkerplaat en het Nauw van Bath vanwege het geringe aantal metingen te wensen overlaat.

²Let op: dit zijn vermenigvuldigingsfactoren voor de gemeten stroomsnelheden maal de factor 0.86!

Locatie Middelgat		
Datum	factor eb	factor vloed
03-03-88	–	1.49
17-03-88	1.35	1.47
19-05-88	1.51	1.48
26-05-88	1.92	1.35
10-06-88	1.49	1.34
21-06-88	1.67	1.55
Gemiddelde	1.56	1.45

Schaar van Spijkerplaat		
Datum	factor eb	factor vloed
08-05-90	1.1	1.40

Nauw van Bath		
Datum	factor eb	factor vloed
25-10-88	1.3	1.4

Tabel 5.1: *Handmatig bepaalde vermenigvuldigingsfactoren voor het verkrijgen van de beste reeks met dieptegemiddelde stroomsnelheden*

5.1.3 Gebruikte slibconcentraties

Om meer inzicht in het systeem te krijgen en relaties tussen parameters te kunnen leggen zullen schattingen van w_0 en $D - E$ worden gemaakt voor een gehele dood-tij/springtijcyclus. Ondanks de lange meetreeksen (bijna 3/4 jaar) die met het meetponton 'De Zeekat' verkregen zijn op de locaties Middelgat, Nauw van Bath en Schaar van Spijkerplaat, bleek het moeilijk om een aaneengesloten periode van twee weken betrouwbare slibconcentraties te vinden, zie [6]. Het bleek onder andere dat er nogal wat meetdata onbruikbaar waren door het ontbreken van ijklijnen. Uiteindelijk zijn de volgende perioden gekozen:

- 15-01-88 t/m 30-01-88 : Middelgat
- 20-09-88 t/m 05-10-88 : Nauw van Bath
- 21-10-89 t/m 07-11-89 : Schaar van Spijkerplaat (Er zit een gat van een dag in de metingen, die is opgevuld met constante waarden. Dit aangezien er van deze meetlocatie helaas geen aangesloten reeks van 2 weken met betrouwbare metingen beschikbaar is.)

Om een goed beeld te kunnen krijgen van de gebruikte meetdata zijn in de figuren 5.3 t/m 5.5 voor de drie de locaties de volgende gegevens uitgezet:

- De om de vier minuten gemeten stroomsnelheden op 1.5 meter onder het wateroppervlak. Vermenigvuldigd met de in de vorige paragraaf bepaalde vermenigvuldigingsfactoren.
- De gemeten waterhoogten van de nabijgelegen meetstations.
- Het gemiddelde van de op drie hoogten gemeten slibconcentraties voor verdere gegevens zie tabel 5.2.

Uit deze figuren blijkt dat:

- bij alledrie locaties doottij en springtij een belangrijke rol spelen. Voor Middelgat en het Nauw van Bath lijkt die invloed een duidelijk sinus patroon op te leveren. Bij de Schaar van Spijkerplaat blijkt het sinuspatroon sterk te worden verstoord door een constante achtergrondconcentratie.
- de stroming bij Middelgat eb dominant is, bij het Nauw van Bath vloed dominant en bij de Schaar van Spijkerplaat geen van beiden.
- De stroomsnelheid voornamelijk de drijvende factor van de hoogte van de slibconcentraties is.

5.2 Schattingen parameters doottij/springtijcyclus

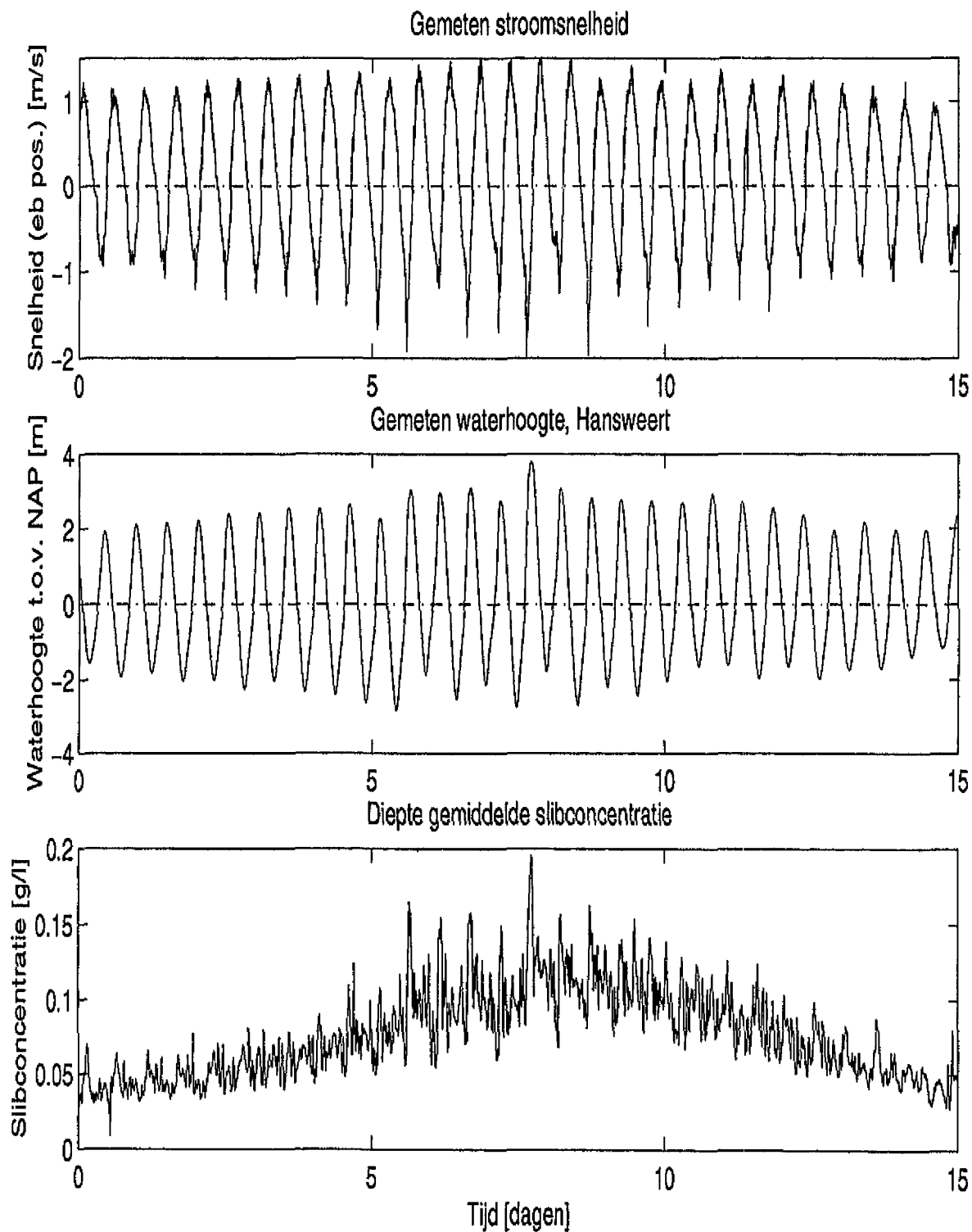
De slibconcentraties die gemeten zijn bij de in de vorige paragraaf aangegeven perioden zijn gebruikt bij het filteren met het Extended Kalmanfilter. Allereerst is er gefilterd met de meetdata van de meetlocatie in het Middelgat. Door het schema in §4.5 te volgen werden goede resultaten verkregen met de volgende beginvoorwaarde X_0 en diagonalen voor covariantiematrices P_0 en Q .

$$\underline{X}_0 = \begin{pmatrix} 0.024 \\ \vdots \\ 0.024 \\ 0.0025 \\ 0 \end{pmatrix}, \text{diag. } P_0 = \begin{pmatrix} 0.0009 \\ \vdots \\ 0.0009 \\ 0.000009 \\ 0.00000064 \end{pmatrix}, \text{diag. } Q = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0.000001 \\ 0.00000004 \end{pmatrix} \quad (5.1)$$

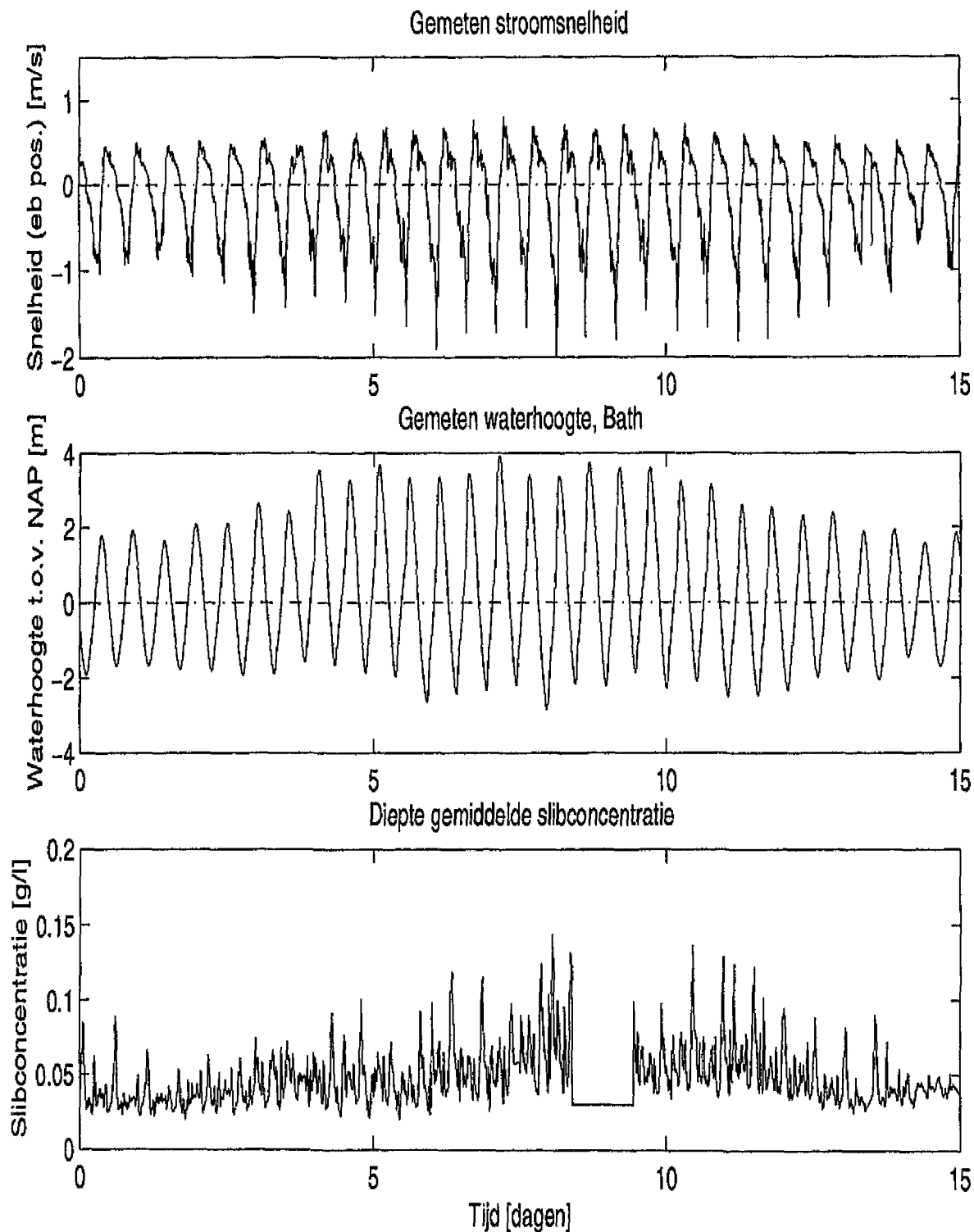
en voor de covariantiematrix van de meetruis R diende het volgende genomen te worden:

$$R_n = \begin{bmatrix} 0.00005625 & 0 & 0 \\ 0 & 0.00005625 & 0 \\ 0 & 0 & 0.00005625 \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

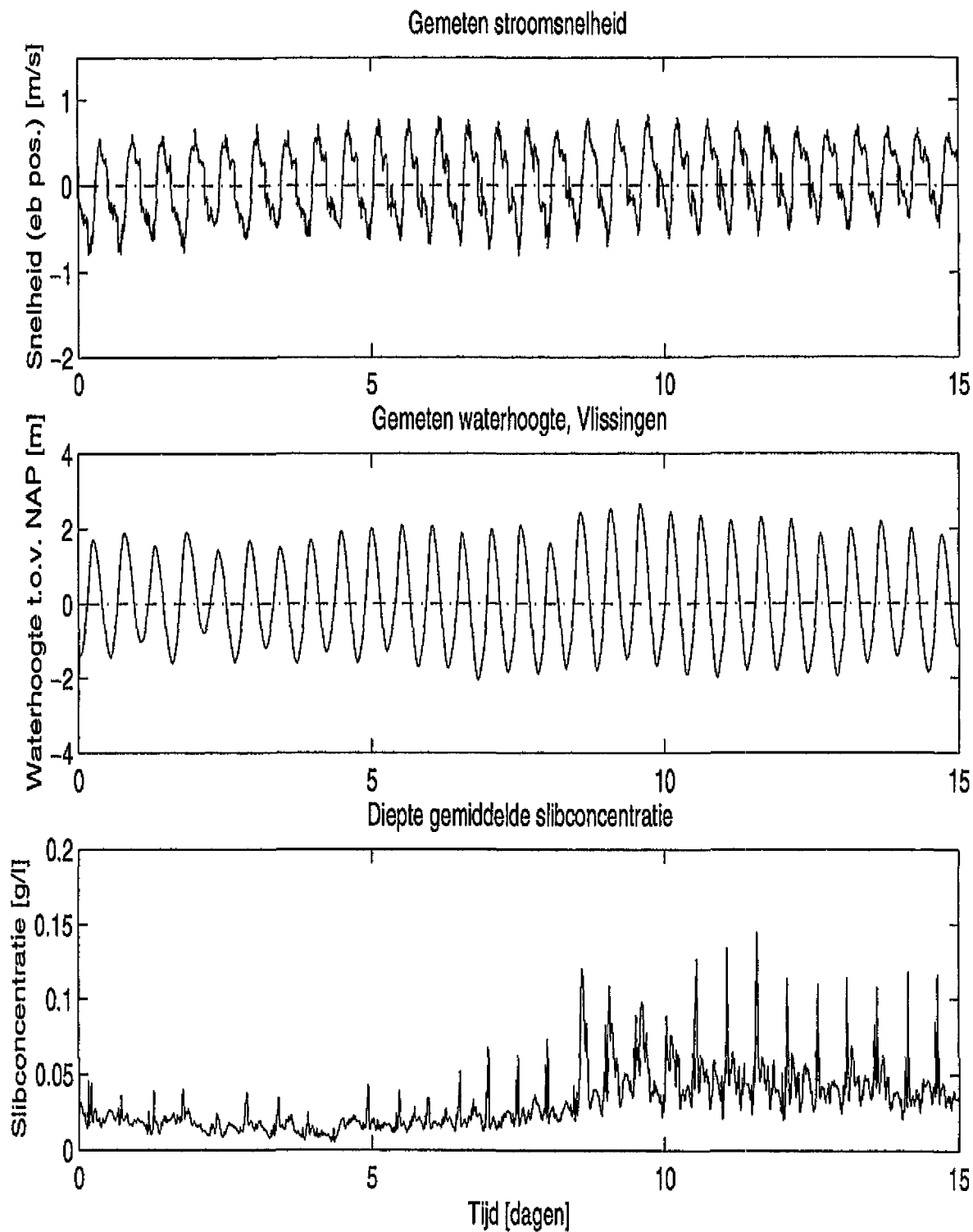
Figuur 5.3: Gemeten waterhoogten (Hansweert), stroomsnelheden en gemiddelde van de drie gemeten slibconcentraties vanaf 0.00 uur 15-01-88 voor de locatie Middelgat. De diepte t.o.v. NAP is hier 18 meter



Figuur 5.4: Gemeten waterhoogten (Bath), stroomsnelheden en gemiddelde van de drie gemeten slibconcentraties vanaf 0.00 uur 20-09-88 voor de locatie **Nauw van Bath**. De diepte t.o.v. NAP is hier 16 meter



Figuur 5.5: Gemeten waterhoogten (Vlissingen), stroomsnelheden en gemiddelde van de drie gemeten slibconcentraties vanaf 0.00 uur 21-10-89 voor de locatie **Schaar van Spijkerplaat**. De diepte t.o.v. NAP is hier 13 meter



Tabel 5.2: Overzicht met nadere specificaties van de drie meetlocaties in de Westerschelde van het meetpontoon 'De Zeekat', zie de notitie van 24-11-'97 van Dirk van Maldegem.

Meet-periode	Lokatie	Pos. XY tov Parijs	WN	Meethoogte (m)			Meet-instrument
				OPP	MID	BOD	
1-9-'87 t/m 27-6-'88	Middelgat bij Hoede- kenskerke	53195 383100	18	-1.5	7.25 tot 7.75	2.25 tot 2.75	alles 1 Monitek
22-8-'88 t/m 30-6-'89	Schaar v.d. Noord bij Bath	70670 378237	16	-1.5	6.75 tot 7.25	2.25 tot 2.75	alles 2 Monitek
				Hieronder MSS			
1-9-'89 t/m 30-6-'90	Schaar van Sp.pl bij Vlissingen	32878 383780	13	-1.5	-6.0	>1.5 of -9.0	alles 2 Monitek

Verklaring van de meethoogten en de betekenis van WN:

OPP = Bovenste meetpunt: beneden waterspiegel (-).

MID = Middelste meetpunt: beneden waterspiegel (-) / boven de bodem (+).

BOD = Onderste meetpunt: beneden waterspiegel (-) / boven de bodem (+).

MSS = Meethoogte van de drie meetpunten in meters onder het wateroppervlak.

WN = Waterdiepte ten opzichte van N.A.P.

In het Middelgat en de Schaar van de Noord (Nauw van Bath) werd het Middelste meetpunt op een vast percentage van de totale waterhoogte gehouden. Het onderste meetpunt werd op beide locaties opdezelfde hoogte gehouden. Bij de Schaar van Spijkerplaat zaten de drie meethoogten vast aan het meetpontoon. Op elke locatie werden de volgende parameters gemeten: troebelheid, stroomsnelheid in X en Y richting, fluorescentie, windsnelheid, geleidendheid, watertemperatuur en radioactiviteit.

In bijlage I zijn voor de meetlocatie in het Middelgat de berekende parameters uitgezet tegen de tijd in de figuren I.1.A t/m I.1.M. Verder zijn de minimum, gemiddelde, maximum en standaarddeviatie waarden van de valsnelheid weergegeven in tabel 5.3. Daarnaast zijn voor doottij, gemiddeld getij en springtij (voor de data zie tabel 5.4) de gemeten waterhoogte, de stroomsnelheid, de drie slibconcentraties en de berekende eddy-viscositeitswaarden van de drie lagen die overeenkomen met de meethoogten, uitgezet tegen de tijd in de figuren I.2.A t/m I.2.C.

Hetzelfde is gedaan voor de meetlocatie: Het Nauw van Bath. Het schema in §4.5 volgend leidt tot de volgende beginvoorwaarde X_0 en diagonalen van de covariantiematrices P_0 en Q :

$$\underline{X}_0 = \begin{pmatrix} 0.04 \\ \vdots \\ 0.04 \\ 0.0020 \\ 0 \end{pmatrix}, \text{diag. } P_0 = \begin{pmatrix} 0.0009 \\ \vdots \\ 0.0009 \\ 0.000009 \\ 0.00000064 \end{pmatrix}, \text{diag. } Q = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0.0000005625 \\ 0.0000000225 \end{pmatrix} \quad (5.3)$$

en voor de covariantiematrix van de meetruis R diende het volgende genomen te worden:

$$R_n = \begin{bmatrix} 0.000025 & 0 & 0 \\ 0 & 0.000025 & 0 \\ 0 & 0 & 0.000025 \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

Voor deze locatie zijn de berekende en gemeten parameterwaarden voor doottij, gemiddeld getij en springtij uitgezet in de figuren I.3.A t/m I.5.B. De gevonden minimum, gemiddelde, maximum en standaarddeviatie waarden van de valsnelheid zijn weergegeven in tabel 5.3. Opvalt is dat het minimum van de valsnelheid weer negatief is en zelfs lager is dan dat van Middelgat. De oorzaak van het negatief worden van de valsnelheid is hoogstwaarschijnlijk het bovenin de waterkolom groter worden dan onderin van de slibconcentratie.

Ook bij het filteren met de data van de Schaar van Spijkerplaat is het schema in 4.5 gevolgd. Dit leidt tot de volgende beginvoorwaarde X_0 en diagonalen van de covariantiematrices P_0 en Q :

$$\underline{X}_0 = \begin{pmatrix} 0.025 \\ \vdots \\ 0.025 \\ 0.0010 \\ 0 \end{pmatrix}, \text{diag. } P_0 = \begin{pmatrix} 0.0009 \\ \vdots \\ 0.0009 \\ 0.000009 \\ 0.00000064 \end{pmatrix}, \text{diag. } Q = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0.00000025 \\ 0.00000001 \end{pmatrix} \quad (5.5)$$

en voor de covariantiematrix van de meetruis R diende het volgende genomen te worden:

$$R_n = \begin{bmatrix} 0.00000625 & 0 & 0 \\ 0 & 0.00000625 & 0 \\ 0 & 0 & 0.00000625 \end{bmatrix} \quad (5.6)$$

Locatie \ Valsnelheid(mm/s)	min.	gem.	max.	st. dev.
Middelgat	-5.2	3.3	18.1	3.1
Nauw van Bath	-5.6	2.0	12.8	2.1
Schaar van Spijkerplaat	-7.3	1.0	7.7	1.3

Tabel 5.3: Minimum, gemiddelde, maximum en standaarddeviatie waarden van de geschatte valsnelheid van slib voor de drie meetlocaties van de Zeekat

Locatie \ Datum	Doodtij (2 dagen na EK/LK)	Springtij (2 dagen na VM/NM)
Middelgat	12-01-88 08.04 LK	19-01-88 06.25 NM
	25-01-88 22.53 EK	02-02-88 21.51 VM
Nauw van Bath	19-09-88 04.18 EK	25-09-88 20.07 VM
	02-10-88 17.58 LK	10-10-88 22.49 NM
Schaar van Spijkerplaat	21-10-89 14.19 LK	29-10-89 16.27 NM
	06-11-89 15.11 EK	13-11-89 06.52 VM

Tabel 5.4: Doodtij/Springtij data behorend bij de bekeken perioden van de drie meetlocaties van de Zeekat

Voor deze locatie zijn de berekende en gemeten parameterwaarden voor doodtij, gemiddeld getij en springtij uitgezet in de figuren I.3.A t/m I.5.B. Uit de figuren blijkt dat de slibconcentraties rond doodtij en gemiddeld getij vrij constant zijn. Met andere woorden er vind nagenoeg geen erosie en sedimentatie van slib plaats waardoor de slibconcentratie voornamelijk bepaald wordt door de achtergrondconcentratie. De achtergrondconcentratie is daarbij kleiner dan die van de andere twee locaties. Daarentegen worden bij springtij veel hogere slibconcentraties gemeten. Vreemd genoeg treedt dit vooral op rond de stroomkentering van vloed (neg) naar eb. Het feit dat het slib gelijkelijk over de hele waterkolom verdeeld is (afgezien van het begin bij vloed), zelfs bij flinke toename van de slibconcentraties, doet vermoeden dat bij het toenemen van de slibconcentraties het slib van elders komt. Verder is het gevonden bereik van de valsnelheid weergegeven in tabel 5.3. Opvalt is dat ook op deze locatie de schatting van de valsnelheid negatief wordt. Dit lijkt ook weer het gevolg te zijn van het bovenin de waterkolom groter worden dan onderin van de slibconcentratie. Het minimum van de valsnelheid is zelfs lager dan die van de andere twee locaties.

5.3 Te onderzoeken verbanden

Voor het kunnen verbeteren van de uitkomsten van het 1DV-model en daarmee het 3D-model is het gewenst voor in ieder geval één van de belangrijke onbekende parameters, de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D-E$, een functie te vinden. Er zal dus een verband

gevonden dienen te worden tussen deze onbekende parameters en de stroomsnelheid, de slibconcentratie en/of de waterhoogte.

5.3.1 Randvoorwaarde $D - E$

In [1] is begonnen met een 1DV-model waarbij de D-E berekend werd met de formules van Krone en Partheniades. Uit de resultaten in [1] bleek dat de hiermee verkregen waarden van D-E niet tot tevredenheid stemden. Zodoende was besloten om deze formules uit het 1DV-model te halen en de waarden van D-E te gaan schatten. Door middel van het integreren van de schattingen van D-E werd in §4.3.4 voor het Middelgat het vermoeden verkregen dat de schatting van D-E beïnvloed wordt door:

1. Advectie van slib afkomstig van ontgrondingsputten en
2. Injectie van slib, afkomstig van nabijgelegen platen, bovenin de waterkolom.
3. De stroomsnelheid,

De eerste twee punten zijn plaatsafhankelijk en zijn daarom het moeilijkst te bepalen. Wel lijkt punt 2 ook voor de andere twee locaties te gelden aangezien ook daar af en toe de slibconcentratie bovenin de waterkolom hoger wordt dan onderin. Het derde punt is het meest algemene en daarom het belangrijkste proces voor het vinden van een verband met D-E. Vermoedt wordt dat het een lineair verband is maar hoe het verband er werkelijk uitziet dient nog nader onderzocht te worden.

5.3.2 Valsnelheid w_o

In [1] bleek een constante valsnelheid van slib niet te voldoen. Nu had Van Leussen veel onderzoek gedaan naar de valsnelheid van slib door met een onderwatercamera de vloggroottes en de bijbehorende valsnelheden te meten. Aan de hand van zijn bevindingen stelt hij in zijn proefschrift [10] de volgende valsnelheidsformule van slib voor:

$$w_s = w_o c^{m_L} \frac{1 + aG}{1 + bG^2} \quad (5.7)$$

Hierin zijn a, b, w_o en m_L empirische constanten en is G de absolute snelheidsgradiënt G die gedefinieerd wordt door:

$$G = \sqrt{\frac{\epsilon}{\nu_T}}$$

met ϵ de energie dissipatie en ν_T de moleculaire viscositeit. In deze vergelijking van de valsnelheid zitten zodoende een relatie met de slibconcentratie en de turbulentie (afhankelijk van de stroomsnelheid) verwerkt. Door A.Malcherak (informatie uit toegestuurde

fax) zijn de empirische constanten in van Leussen's formule bepaald. Deze leverden voor een geschematiseerd Weser Estuarium goede resultaten op. Besloten is toen om in het 1DV-model de constante valsnelheid te vervangen door die van (5.7), zie [1]. De resultaten met de formule en de bepaalde empirische constanten bleken voor de meetlocatie Middegat echter nog niet tot het gewenste resultaat te leiden. Mogelijk kwam dit door een, zoals gebleken is, niet met de werkelijkheid overeenstemmende stroomsnelheidsverdeling over de diepte en een niet met de werkelijkheid overeenstemmende randvoorwaarde D-E.

Daarnaast is W. van der Lee momenteel bezig met een onderzoek naar de vloggrootte en daarmee naar de valsnelheid van slib. Voor zijn onderzoek heeft hij met de onderwatercamera 'VIS' vloggrootte gemeten in de Eems/Dollard. Gelijktijdig zijn om de zoveel tijd de slibconcentraties en stroomsnelheid gemeten. De resultaten tot nu toe zijn dat het uitzetten van de bij de vloggrootte behorende 'gemiddelde' valsnelheid en de slibconcentraties tegen de tijd een duidelijk verband aantoonde tussen beide parameters, zie [9]. Er is echter nog geen formule voor de valsnelheid afgeleid.

Verder heeft het WL een tijdsafhankelijke formule voor de valsnelheid afgeleid in [14]. De afgeleide formule is enigszins ondoorzichtig en ingewikkeld.

In [1] is besloten om eerst over te gaan tot het schatten van onder andere w_o . Dat is in dit onderzoek voortgezet. Doordat de andere empirische constanten, a , b , m_L gelijk aan nul genomen zijn is w_o gelijk aan w_s en de waarde van w_o is dus onafhankelijk van de diepte. Het resultaat van het onderzoek zijn de schattingen van w_o voor de drie meetlocaties waarvan de tot standkoming in dit hoofdstuk is beschreven. Daarbij zij opgemerkt dat de schattingen van de valsnelheid slechts een indicatie geven van wat de werkelijke valsnelheid is vanwege het vooral rond de kentering afwijken van de stroomsnelheidsverdeling, zie §4.4, en niet gemodelleerde fysische processen die in de schattingen verwerkt zitten. De nadere bestudering van de schattingen, zie de figuren in bijlage I, doen echter wel vermoeden dat er werkelijk een verband bestaat tussen de slibconcentratie en turbulentie/stroomsnelheid. Hoe de vergelijking van de valsnelheid er werkelijk uit ziet dient nog nader onderzocht te worden.

5.4 Conclusies:

- De voor het filteren gebruikte waterhoogten van nabijgelegen meetstations zijn niet optimaal. De afwijkingen van de werkelijke meethoogte zullen echter niet tot grote afwijkingen van de uitkomsten leiden.
- Voor het 1DV-model is een reeks met gemiddelde stroomsnelheden nodig. Tot dit hoofdstuk en in [1] is hiervoor de door het meetponton 'De Zeekat' gemeten stroomsnelheid van 1.5 meter onder het wateroppervlak vermenigvuldigd met de factor 0.86 gebruikt. Uit 13-uurs metingen waarbij de stroomsnelheid op 6 tot 7 dieptes is gemeten bleek dat de hieruit berekende diepte gemiddelde stroomsnelheid sterk afweek

van de gebruikte continu gemeten stroomsnelheden. Vermenigvuldiging van de continu gemeten stroomsnelheden (vermenigvuldigd met 0.86) van 1.5 meter onder het wateroppervlak met de factoren in tabel 5.1 zorgt ervoor dat deze stroomsnelheden beter met de werkelijke diepte gemiddelde stroomsnelheid overeenkomen. Aangezien voor de meetlocaties het Nauw van Bath en de Schaar van Spijkerplaat slechts één 13-uurs meting beschikbaar was zijn de berekende vermenigvuldigingsfactoren hiervan in tabel 5.1 niet optimaal te noemen, die van Middelgat wel. De met de tabel verkregen continu gemeten 'diepte gemiddelde' stroomsnelheden zijn in dit hoofdstuk gebruikt het verkrijgen van de schattingen van w_o en $D - E$.

- De verkregen schattingen van w_o en $D - E$ geven aanleiding tot de volgende verbanden
 - Lineair verband tussen $D - E$ en de slibconcentratie
 - Verband tussen de valsnelheid, de slibconcentratie en de turbulentie/stroomsnelheid.

Voordat een goede vergelijking van de valsnelheid wordt afgeleid dient het aanbeveling eerst de stroomsnelheidsverdeling over de diepte te verbeteren.

Hoofdstuk 6

Conclusies & Aanbevelingen

Het 'locale' doel van het onderzoek is het verbeteren van het inzicht in de verticale verspreiding van slib in de Westerschelde. Het 'globale' doel van het onderzoek is het verbeteren van de 3-Dimensionale modellering van slib in de Westerschelde. Ter realisering van het locale doel is een 1DV-model aangekocht van het Waterloopkundig Laboratorium, waarmee onder andere slibconcentraties kunnen worden berekend. Het model is in een eerder onderzoek [1] afgesteld door de slibconcentraties berekend met het 1DV-model te vergelijken met slibconcentraties die door het meetpunt 'De Zeekat' gemeten zijn. De berekende slibconcentraties bleken ondanks de afstelling nog veel af te wijken van de gemeten slibconcentraties. Ter verbetering van de modellering zijn vervolgens Extended Kalmanfiltervergelijkingen afgeleid, om schattingen van de slibconcentraties, de valsnelheid w_o , en de sedimentatie min de erosie $D - E$ te krijgen. Tot het vinden van verbeteringen is het toen niet gekomen. Bij het voorafgaande onderzoek werd tevens een groot verschil gevonden tussen de gemeten snelheidsverdeling over de diepte en de door het 1DV-model berekende stroomsnelheidsveld. Aanbevolen werd om na te gaan wat de gevolgen hiervan zijn voor de uitkomsten van het 1DV-model. Dit alles heeft geleid tot dit vervolgonderzoek.

In hoofdstuk 2 is onderzocht of het verschil tussen het over de diepte gemeten en door het 1DV-model berekende logaritmische stroomsnelheidsprofiel een aantoonbaar verschil oplevert in de uitkomsten van het 1DV-model. Hiervoor is gebruik gemaakt van een aangepaste versie van het 1DV-model. Bij deze aangepaste versie is het mogelijk om op meerdere dieptes de stroomsnelheid op te geven, waarna het model een lijn door deze punten heen fit voor het verkrijgen van een mooie snelheidsverdeling. Het blijkt dat de fitting in het aangepaste 1DV-model af en toe niet optimaal is, één van de oorzaken hiervoor is een no-slip in plaats van slip conditie bij de bodem. Deze fout doet volgens het WL (mondelinge communicatie) weinig af aan de uitkomsten van de proeven.

Uit de proeven die gedaan zijn volgt dat het verschil tussen de over de diepte gemeten en de door het 1DV-model berekende logaritmische stroomsnelheidsprofiel een aanzienlijk verschil oplevert in de uitkomsten van het 1DV-model. Vooral rond de stroomkenteringen

blijken de berekende eddy-viscositeitswaarden velen malen groter te zijn dan die berekend met het logaritmische profiel. Ondanks dat het fitten niet optimaal verloopt zullen, naar verwachting, globaal gezien de berekende eddy-viscositeitswaarden redelijk met de werkelijkheid overeenkomen als er geen sprake is van meetfouten of grote dichtheidsverschillen. Daarom kan worden vastgesteld dat de in het 1DV-model gebruikte logaritmische snelheidsprofiel voor het berekenen van het stroomsnelheidsveld over de diepte tot aanzienlijke fouten leidt.

In hoofdstuk 3 en 4 is het filter getest met zowel fictieve meetgegevens als gemeten slibconcentraties. In alle gevallen blijken 68 % of meer van de afwijkingen van de geschatte parameters binnen de berekende standaarddeviaties te liggen. Daarmee wordt voldaan aan de statische eis, hieruit volgt dat het systeem waarneembaar is. Worden de fictieve meetgegevens gegenereerd met sinuswaarden voor de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D - E$ dan treedt bij het schatten van deze parameters een faseverschuiving van ongeveer 10 minuten op. Verder is er aan de hand van de proeven een schema opgesteld, dat bij naleving ervan tot redelijke optimale schattingen leidt. Daarnaast is getracht aan te geven welke waarde gehecht kan worden aan de schattingen van w_o en $D - E$, die verkregen worden met het filter en de gemeten slibconcentraties.

Tenslotte zijn in hoofdstuk 5, voor het vinden van mogelijke verbanden ter verbetering van het 1DV-model, schattingen gemaakt van de parameters w_o en $D - E$ voor een gehele doortij/springtijcyclus. Dit is gedaan met het filter en de metingen die met het meetpon-ton 'De Zeekat' verkregen zijn op de locaties Middelgat, Nauw van Bath en Schaar van Spijkerplaat. Aan de hand van deze schattingen en bevindingen in de literatuur wordt een verband vermoed tussen de valsnelheid en de hoogte van de slibconcentratie en een verband tussen de stroomsnelheid en de randvoorwaarde $D - E$. Om het model te kunnen verbeteren is het van belang deze verbanden nader te onderzoeken. Tevens zijn er aanwijzingen dat advectie een niet verwaarloosbare rol speelt in de hoogte van de slibconcentraties. Hieronder worden de conclusies die uit het onderzoek volgen weergegeven. Daarna worden aanbevelingen gedaan voor een vervolgonderzoek.

6.1 Conclusies

- Het verschil tussen de over de diepte gemeten en de door het 1DV-model berekende logaritmische stroomsnelheidsprofiel leidt tot aanzienlijke fouten in de uitkomsten van het 1DV-model. Vooral rond de stroomkenteringen blijken de berekende eddy-viscositeitswaarden velen malen groter te zijn dan die berekend met het logaritmische profiel. Het dient daarom aanbeveling het 1DV-model op dit punt te verbeteren.
- Het systeem is waarneembaar. Dit houdt in dat het met het filter mogelijk is om de slibconcentraties, de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D - E$ te schatten. Zijn de waarden van w_o en $D - E$ niet constant dan treedt er een naijling op in de schatting van deze waarde. Bij de proeven die gedaan zijn lag dit voor beide parameters in de buurt van 10 minuten.

- Voor de meetlocaties in het Middelgat, het Nauw van Bath en de Schaar van Spijkerplaat zijn schattingen van de valsnelheid w_o en $D - E$ verkregen. Vanwege het vooral rond de kentering afwijken van de stroomsnelheidsverdeling, zie §4.4, en niet gemodelleerde fysische processen die in de schattingen verwerkt zitten geven de schattingen van de valsnelheid slechts een indicatie van de werkelijke valsnelheid. Ondanks dat geven de schattingen de aanleiding tot de volgende mogelijke verbanden
 - Lineair verband tussen $D - E$ en de slibconcentratie
 - Verband tussen de valsnelheid, de slibconcentratie en de turbulentie/ stroomsnelheid.

Deze verbanden dienen nog bewezen te worden.

6.2 Aanbevelingen

- Zoals uit de eerste conclusie volgt, leidt het berekenen van het snelheidsveld over de diepte met behulp van de gebruikte logaritmischeverdeling tot grove fouten. Voor het verbeteren van deze snelheidsverdeling is volgens het WL (mondelinge communicatie) een horizontale drukgradiënt nodig, die berekend kan worden met een 2D-model. Het WL heeft een 2D-model dat gekoppeld kan worden aan het 1DV-model. Het aanpassen van de no-slip conditie in het aangepaste 1DV-model door een slip-conditie, voor het verkrijgen van een reëelere stroomsnelheid en eddy-viscositeitswaarde bij de bodem, is in dat geval niet perse nodig.
- Een mogelijkheid tot het verbeteren van het 1DV-model is het vinden van een betere vergelijking voor w_s , met daarin verwerkt de slibconcentratie en turbulentie/stroomsnelheid. De verkregen schattingen van w_o kunnen hierbij van dienst zijn. Zoals bij de conclusies reeds vermeld werd geven de schattingen van de valsnelheid slechts een indicatie van de werkelijke valsnelheid. Voor het verbeteren van de schatting dient het aanbeveling de stroomsnelheidsverdeling over de diepte te verbeteren.
- Een andere mogelijkheid tot het verbeteren van het 1DV-model is het vinden van een goede vergelijking voor D-E. De in dit verslag verkregen schattingen van $D - E$ kunnen hierbij van dienst zijn. Zoals in §4.3.3 bleek is de schatting van $D - E$ niet geheel correct als de gemeten slibconcentraties sterk fluctueren. Ter verbetering hiervan zou bij een vervolgopdracht voor $(D - E)_{n1} [\frac{kg}{m^3s}]$ de som van het verschil tussen $c_{n+1} [\frac{kg}{m^3}]$ en c_n maal laagdikte h gedeeld door de tijdstap van 4*60 seconden genomen kunnen worden.
- Om te bepalen of de met versie 6 berekende eddy-viscositeitswaarden plausibel zijn dient onderzocht te worden wat de oorzaken zijn van de getoonde grote verschillen

in stroomsnelheid tussen de 5 en 10 meter. In hoeverre dichtheidsverschillen de oorzaak hiervan zijn kan onderzocht worden met behulp van de beschikbare saliniteitsmetingen.

- Om te onderzoeken of de schattingen van de valsnelheid juist zijn dient het aanbeveling om bij volgende metingen tijdens de metingen met een onderwatercamera de valsnelheden van de slibvlokken te meten.
- Zoals aan het begin het hoofdstuk is vermeld zijn er aanwijzingen dat de advection van slib niet te verwaarlozen is. Om deze vermoedens te staven kan onderzocht worden of de toename van de slibconcentraties na de maximum stroomsnelheid niet het gevolg zijn van de inundatie van platen. Dit kan gedaan worden door de waterhoogte bij de sterke toename van de slibconcentratie (vooral na maximum stroomsnelheid) te vergelijken met de inundatie van de platen in de omgeving.

Bibliografie

- [1] Aalderink, L., *Modellering van de verticale verspreiding van slib in de Westerschelde*, stage/afstudeerverslag Universiteit Twente, faculteit Toegepaste Wiskunde / Rijksinstituut voor Kust en Zee Middelburg, 1997.
- [2] Day, C.M., *Analysis of observed silt concentrations on the edge of a tidal flat*, thesis University of Miami, Florida, 1996.
- [3] Hilberink, H., Jong, de B., *Het normeren van slibgegevens in de Westerschelde en het uitvoeren van een trendanalyse over de periode 1970-1990 op basis van deze genormeerde slibgegevens*, rapportage Universiteit Twente, faculteit Toegepaste Wiskunde, 1996.
- [4] Jazwinski, A.H., *Stochastic processes and filtering theory*, Volume 64, Academic Press, Maryland, 1970.
- [5] Jones, W.P. & Launder, B.E., 'The prediction of laminarisation with a two-equation model of turbulence', *J. Heat Mass Transfer*, volume 15 (1972), pag. 312-314.
- [6] Jong, de B., Langerak, A., *Het normeren van slibgegevens in de Westerschelde en het uitvoeren van een trendanalyse over de periode 1970-1990 op basis van deze genormeerde slibgegevens*, Tussenverslag fase 2, Universiteit Twente, faculteit Toegepaste Wiskunde, 4 december 1997.
- [7] Konings, S.J.C., *Tidal effects on cohesive sediment transport in the Western Scheldt*, doctoraalverslag Universiteit Twente, faculteit Toegepaste Wiskunde / Rijksinstituut voor Kust en Zee Middelburg, 1994.
- [8] Launder, B.E. & Spalding, B.D., 'The numerical computation of turbulent' flow, *Comp. Meth. in Appl. Mech. and Eng.*, 3 (1974), pag. 269.
- [9] Lee van der, W.T.B., *The impact of fluid shear and the suspended sediment concentration on the mud floc size variation in the Dollard estuary*, Sedimentary Processes in the Intertidal Zone, London, 139 (1998), pag. 187.
- [10] Leussen van, W., *Estuarine macroflocs and their role in fine-grained sediment transport*, Proefschrift universiteit utrecht, 1994.

- [11] Uittenbogaard, R.E., Kester van, J.A.Th.M. & Stelling, G.S., *Implementation of an Algebraic eddy-viscosity, a k -L and the k - ϵ turbulence model in TRISULA for rectangular horizontal grids. Including 2DV-testcases*, Delft Hydraulics, rapport Z78, 1992.
- [12] Uittenbogaard, R.E., Winterwerp, J.C., Kester, van J.A.Th.M en Leepel, H., *3D Cohesive Sediment Transport*, Documentatie 1DV-model, maart 1996.
- [13] Wege, van de R., Potappel, P., *Zandribbelatlas Westerschelde*, RIKZ Middelburg, 1991.
- [14] Winterwerp, J.C., *A simple model for turbulence induced flocculation of cohesive sediment*, Cohesive sediments report 49 Delft Hydraulics, oktober 1996.

Bijlage A

Vergelijkingen 1DV-Model

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ (\nu + \nu_T) \frac{\partial u}{\partial z} \right\} + T(u, z, t) \quad , \quad (\text{A.1a})$$

$$\frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{u_{*s}^2 - u_{*b}^2}{H} + \frac{\bar{u}(t) - u_o(t)}{T_{rlx}} \quad ; \quad \bar{u}(t) = \frac{1}{H - z_o} \int_{z_o}^H u(z', t) \partial z' \quad , \quad (\text{A.1b})$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} - \frac{\partial w_s^{(\phi)} \phi}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ (D_{kv}^{(\phi)} + \Gamma_T^{(\phi)}) \frac{\partial \phi}{\partial z} \right\} + S^{(\phi)} \quad , \quad (\text{A.1c})$$

$$\nu_T = c_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad ; \quad \Gamma_T^{(\phi)} = \frac{\nu_T}{\sigma_T^{(\phi)}} \quad , \quad (\text{A.1d})$$

$$\frac{\partial k}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ (\nu + \Gamma_T^{(k)}) \frac{\partial k}{\partial z} \right\} + P - B - \epsilon \quad , \quad (\text{A.1e})$$

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ (\nu + \Gamma_T^{(\epsilon)}) \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \right\} + P_\epsilon - B_\epsilon - c_{2\epsilon} \frac{\epsilon^2}{k} \quad , \quad (\text{A.1f})$$

$$P = \nu_T \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 \quad ; \quad B = \Gamma_T^{(\rho)} N^2 \quad ; \quad P_\epsilon = c_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} P \quad ; \quad B_\epsilon = (1 - c_{3\epsilon}) \frac{\epsilon}{k} B \quad , \quad (\text{A.1g})$$

$$N^2 = -\frac{g}{\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial z} \quad ; \quad \rho = \rho(\phi_1, \phi_2, \dots) \quad , \quad (\text{A.1h})$$

$$z_o = H \exp \left(-1 - \frac{\kappa}{\sqrt{c_b}} \right) \quad ; \quad u_{*b} = \frac{u(z_o + \frac{1}{2} \Delta z_b)}{\kappa \log(1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta z_b}{z_o})} \quad ;$$

$$u_{*b} = \frac{u(\frac{1}{2} \Delta z_b)}{\kappa \log(\frac{1}{2} \frac{\Delta z_b E u_{*b}}{\nu})} \quad ; \quad u_{*s} = \left(\frac{|\tau_s|}{\rho_w} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{A.1i})$$

$$\text{voor } Re_+ \equiv \frac{\Delta z_b u(\frac{1}{2} \Delta z_b)}{2\nu} < 122.4 \quad : \quad u_{*b} = \frac{u(\frac{1}{2} \Delta z_b)}{\sqrt{Re_+}}$$

$$\left\{ (\nu + \nu_T) \frac{\partial u}{\partial z} \right\} \Big|_{z=z_o} = u_{*b}^2 \quad ; \quad \left\{ (\nu + \nu_T) \frac{\partial u}{\partial z} \right\} \Big|_{z=H} = \frac{\tau_s}{\rho_w} \quad , \quad (\text{A.1j})$$

$$k|_{z=z_o} = \frac{u_{*b}^2}{\sqrt{c_\mu}} \quad ; \quad \epsilon|_{z=z_o} = \frac{u_{*b}^3}{\kappa z_o} \quad ; \quad k|_{z=H} = \frac{u_{*s}^2}{\sqrt{c_\mu}} \quad ; \quad \epsilon|_{z=H} = \frac{u_{*s}^3}{\kappa z_s} \quad , \quad (\text{A.1k})$$

$$\left\{ w_s^{(\phi)} \phi + (D_{kv}^{(\phi)} + \Gamma_T^{(\phi)}) \frac{\partial \phi}{\partial z} \right\} \Big|_{z=z_o} = D^{(\phi)} - E^{(\phi)} ;$$

$$\left\{ w_s^{(\phi)} \phi + (D_{kv}^{(\phi)} + \Gamma_T^{(\phi)}) \frac{\partial \phi}{\partial z} \right\} \Big|_{z=H} = 0 \quad (\text{A.1l})$$

$$c_\mu = 0.09 ; \quad c_{1\epsilon} = 1.44 ; \quad c_{2\epsilon} = 1.92 ; \quad \sigma_T^{(k)} = 1.0 ; \quad \sigma_T^{(e)} = 1.3 ;$$

$$\sigma_T^{(\rho)} = 0.7 ; \quad \kappa = 0.41 ; \quad E = 8.8 \quad (\text{A.1m})$$

$$N^2 \geq 0 : c_{3\epsilon} = 1 ; \quad N^2 < 0 : c_{3\epsilon} = 0. \quad (\text{A.1n})$$

In (A.1a) is T een toegevoegde volume kracht. Deze is toegepast voor de ruwe simulatie van de wrijving aan de zijkanen. De drukgradiënt in (A.1a) volgt uit (A.1b). De eerste term van het rechterlid van de eerste vergelijking van (A.1b) is het gevolg van de integratie over de diepte van de momentenbalans. De tweede term van het rechterlid is een simpele drukcorrectie. In de tijd staat deze drukcorrectie toe dat de diepte gemiddelde snelheid $u_o(t)$ wordt voorgeschreven door de gebruiker. Uit de ervaring van het WL blijkt dat de relaxatietijd T_{rtx} , voor het netjes volgen van $u_o(t)$, ongeveer twee keer zo groot dient te zijn als de grootte van de tijdstap van de numerieke oplossings procedure. In het door het WL geleverde model wordt (A.1b) gebruikt met $u_o(t)$ voorgeschreven door de gebruiker d.m.v. een tijdserie of d.m.v. een harmonische reeks.

In (A.1c) wordt met ϕ een scalaire hoeveelheid aangeduid zoals zout, temperatuur (eigenlijk warmte inhoud) en sediment(fracties). De input en de berekening van de temperatuur en de zoutconcentratie zijn gescheiden van het sediment. Sediment krijgt een aparte behandeling omdat het discrete deeltjes zijn die een valsnelheid ongelijk aan nul hebben. Om die reden kan voor sediment een ander turbulent Prandtl/Schmidt nummer en kunnen speciale opties voor de bodemflux gebruikt worden, zie appendix B deel 2 [12].

De temperatuur en het zout komen de toestandsvergelijking binnen voor de dichtheid van zeewater. Deze procedure is gecopieerd van het hydronamische gedeelte van het DELFT3D systeem. Daarna wordt de dichtheid van het mengsel van water en sediment bepaald in overeenstemming met

$$\rho(S, \theta, c_k) = \rho_w(S, \theta) + \sum_k \left(1 - \frac{\rho_w(S, \theta)}{\rho_{s,k}} \right) c_k$$

met ρ_w de dichtheid van natuurlijk water zonder sediment maar afhankelijk van het zoutgehalte S en de temperatuur θ , $\rho_{s,k}$ de dichtheid van het sediment en k het aantal sedimentfracties. Waarbij $\rho_{s,k}$ voor iedere sedimentfractie k door de gebruiker gedefinieerd dient te worden en de sedimentconcentratie c_k berekend wordt.

De bronterm $S^{(\phi)}$ in (A.1c) is nog niet in dit model verwerkt. In de toekomst zou deze bron/putterm gebruikt kunnen worden voor de wederzijdse uitwisseling van concentratie door flocculatie en deflocculatie wanneer het cohesieve sediment onderverdeeld is in meerdere fracties.

De moleculaire diffusie coëfficiënt $D^{(\phi)}$ is voor warmte gelijk genomen aan de kinematische viscositeit van water, dit is $\nu = 10^{-6} [\frac{m^2}{s}]$. De verspreiding van deeltjes veroorzaakt door de Brownse beweging of door dispersie, als gevolg van verschillen in de valsnelheid van de individuele deeltjes, kan de $D_a^{(\phi)}$ van sediment verhogen in vergelijking tot de $D_a^{(\phi)}$ voor opgeloste stoffen. In het model is het momenteel nog niet mogelijk om dit proces fysische te simuleren. In de eerste versies van het 1DV-model werd w_s constant verondersteld. In de laatste twee geleverde versies wordt voor het berekenen van de valsnelheid de formule van Van Leussen gebruikt, zie (5.7).

In (A.1d) worden de eddy-viscositeit en de verschillende eddy-diffusiteiten gerelateerd aan k en ϵ . Het k - ϵ model in dit 1DV-model is beschreven in (A.1e) en (A.1f) met de bronnen en putten gedefinieerd in (A.1g).

De gebruiker kan kiezen tussen een hydraulisch-ruwe (IRO=1) of een hydraulisch-gladde bodem (IRO=0). De in [11] beschreven procedure is toegepast voor het berekenen van bodemwrijvingssnelheid u_{*b} .

Voor IRO=1 is de hoogte van de bodemruwheid z_o gekoppeld aan de bodemwrijving c_b zoals beschreven in (A.1i). Bij diepte gemiddelde berekeningen volgt de schuifspanning τ_b uit de kwadratische wrijvingswet $\tau_b = \rho_0 u_{*b}^2 = \rho_0 c_b |\bar{u}| \bar{u}$ met bodemwrijving c_b waarbij geldt dat $c_b \equiv g/Ch^2$ met Ch de Chézy-coëfficiënt (hier is het symbool Ch gebruikt om verwarring met het symbool C voor de genormaliseerde concentratie te vermijden). Met de eerder gedefinieerde bodemwrijvingscoëfficiënt c_b volgt z_o uit de eerste vergelijking van (A.1i). Deze vergelijking zorgt ervoor dat zowel de bodemwrijving als de totale energiedissipatie van het 1DV-model gelijk is aan die van de diepte gemiddelde stromings berekeningen. Deze verbinding zorgt voor een stationaire of semi-stationaire waterbeweging. Deze aanname is niet juist voor windgedreven en/of gelaagde stromingen.

Voor een ruwe bodem (IRO=1) wordt de bodem schuifspanningssnelheid u_{*b} bepaald door de tweede vergelijking van (A.1i), waarin Δz_b de dikte van de eerste laag boven de bodem voorstelt; de bodemhoogte is gedefinieerd als $z = z_o$. Deze formulering zorgt, bij het verdwijnen van Δz_b , voor convergentie naar een logaritmisch snelheidsprofiel in de bodem grenslaag.

Voor een gladde bodem (IRO=0) wordt de derde vergelijking van (A.1i) toegepast, voor de waarde van de coëfficiënten zie (A.1m). Deze vergelijking wordt iteratief opgelost. De gebruiker wordt door het WL geadviseerd om $z_o = \frac{1}{2} \Delta z_b$ te nemen, ondanks zijn keuze voor een gladde bodem. De reden hiervoor is dat de waarde gebruikt wordt voor het initialiseren van het verticale profiel van k en ϵ , dit is alleen van belang voor de eerste tijdstap.

De tweede regel van (A.1i) is van toepassing als sprake is van een hydraulisch gladde bodem. Als verder geldt dat het locale Reynoldsgetal $z_+ < 122.4$ dan zit de hoogte $\frac{1}{2} \Delta z_b$ in de viskeuze sublaag zie pagina 92-95 [11] voor de relevante afleidingen. De geïmplementeerde versie van het k - ϵ model is echter niet uitgerust met termen die reke-

kening houden met de directe visceuze dissipatie.

De laatste vergelijking van (A.1i) relateert de windschuifspanningssnelheid u_{*s} aan het wateroppervlak voor een op te geven constante windschuifspanning τ_s , welke gedefinieerd wordt door:

$$\tau_s = \rho_{air} C_D |U_{10}| U_{10} \quad , \quad (A.2)$$

met sleep coëfficiënt C_D en windsnelheid U_{10} gedefinieerd op 10 meter boven de vrije oppervlakte. Het is overigens eenvoudig om een tijdsafhankelijke windsnelheid te genereren of te interpoleren.

Voor zout zijn de rechterleden van de randvoorwaarden in (A.1i) nul gesteld. Bovendien is voor zout de valsnelheid gelijk aan nul. In het geval van sediment transport wordt de flux aan het oppervlak gelijk aan nul genomen. Voor de flux bij de bodem is in eerste instantie de depositieflux D en de erosieflux E berekend met de formules van Krone en Partheniades.

In (A.1j) zijn de bodem- en oppervlakteschuifspanning voorgeschreven.

In (A.1k) zijn de Dirichlet voorwaarden voorgeschreven voor k en ϵ aan het oppervlak en bij de bodem. De lengte van de oppervlakteruwheid z_s kan door de gebruiker gekozen worden.

De standaard instellingen voor de coëfficiënten van het k - ϵ model volgens [8] zijn gedefinieerd in (A.1m). Met als uitzondering dat de coëfficiënt $c_{3\epsilon}$, in het ϵ -equation, in het geval van een instabiele gelaagdheid omgeswitched wordt, zie (A.1n). Deze wissel is in overeenstemming met de theoretische overwegingen die laten zien dat in het geval van een instabiele gelaagdheid Rayleigh-Taylor instabiliteiten worden geproduceerd op de kleine schalen waar ϵ van belang is.

Bijlage B

Fitting snelheidsveld

B.1 Probleemstelling

In de versies 1 t/m 5 van het 1DV-model wordt voor het berekenen van het verticale stroomsnelheidsprofiel de volgende impulsvergelijking opgelost (zie (A.1a)):

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial z} \left\{ (\nu + \nu_T) \frac{\partial u}{\partial z} \right\} = - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (\text{B.1})$$

waarbij de horizontale drukgradiënt wordt aangepast volgens (zie (A.1b)):

$$\frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\tau_w - \tau_b}{\rho_w H} + \frac{\bar{u}(t) - u_o(t)}{T_{rix}} \quad (\text{B.2})$$

teneinde de dieptegemiddelde snelheid

$$\bar{u}(t) = \frac{1}{H - z_o} \int_{z_o}^H u(z', t) dz' \quad (\text{B.3})$$

de gewenste waarde $u_o(t)$ te laten volgen.

In deze formules wordt de eddy viscositeit ν_T berekend met het $k - \epsilon$ model. De ruwheidshoogte is z_o , p is de druk, ρ_w de dichtheid van water, de totale waterhoogte is H . De windschuifspanning is τ_w en τ_b de bodemschuifspanning.

Om het verschil tussen het gemeten en het berekende snelheidsprofiel als mogelijke foutbron uit te schakelen is het WL gevraagd in de zesde versie van het 1DV-model het berekende $u(z)$ profiel te vervangen door het in N punten gemeten snelheidsprofiel:

$$U_r[z_n(t), t]; z_n(t) = H - \Delta z_n(t); n = 1, 2, \dots, N \quad (\text{B.4})$$

Voor het berekenen van de snelheid van elke laag is door het WL in eerste instantie gedacht aan het interpoleren van $U_r(z_n, t)$. De gekozen orde van de interpolatiemethode is daarbij van invloed op de verticale snelheidsgradiënt. Deze gradiënt uit zich mede in de Turbelente Kinetische Energie (TKE) die door $(\partial U_r / \partial z)^2$ wordt bepaald. Het bleek dat het verhogen van de orde van de interpolatiemethode een veelal grilliger U_r -profiel opleverde wat onbedoeld de TKE productie vergroot. Daarom is voor een andere methode gekozen die hieronder beschreven wordt.

B.2 Gebruikte fittingsmethode

Om problemen met de fitting te vermijden is door het WL voor een 'interpolatie'methode gekozen die gebaseerd is op de oplossingen van de impulsvergelijking. Hierdoor is oplossing intern consistent met de berekende eddy viscositeit ν_r en de bodemwrijving. Het WL is er vanuit gegaan dat een aantal advection- en turbulentietermen in het 1DVmodel niet gemodelleerd zijn waardoor de Reynolds-gemiddelde vergelijkingen er als volgt uitzien:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial z} \left\{ (\nu + \nu_r) \frac{\partial u}{\partial z} \right\} = f(z, t), \quad (\text{B.5})$$

met f de kracht per eenheid van massa (versnelling) volgens

$$f = -\frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} - u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial R_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial R_{xy}}{\partial y} \quad (\text{B.6})$$

Wanneer f alleen door de druk wordt bepaald dan is f onafhankelijk van z als de drukverdeling hydrostatisch is. Het vermoeden is dat op de meetlocatie in de Westerschelde, de overige termen in het rechterlid van (B.6) niet verwaarloosbaar zijn en dus voor een z -afhankelijke f kunnen zorgen. Vanuit deze hydrodynamische overwegingen kan beter gezocht worden naar een approximatie voor f dan voor het snelheidsveld zelf. Bij het gegeven f -profiel wordt (B.5) in samenhang met het $k - \epsilon$ model opgelost waardoor, volgens het WL, een consistente snelheidsgradiënt verkregen wordt.

Als oplossing voor $f(z)$ in (B.5) is een stuksgewijs lineair profiel genomen, met constante f -waarden bij de bodem en het oppervlak. De constante f -waarden bij het wateroppervlak (met wind) en de bodem (met stroming) zijn zo gekozen dat logaritmische snelheidsprofielen worden verkregen.

De meetposities z_n vormen de steunpunten van $f(z)$. Verder wordt $f(z_n)$ analoog berekend met de drukcorrectie procedure (B.2):

$$f(z_{k_n}, t) = \frac{R_{xz}^+ - R_{xz}^-}{\rho_w \Delta z_{k_n}} + \frac{u(z_{k_n}, t) - U_r(z_n, t)}{T_{rtx}}, \quad (\text{B.7})$$

Hierin zijn de Reynolds schuifspanningen gelijk aan:

$$R_{xz}^{\pm} = (\nu + \nu_r) \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{z_{k_n} \pm \frac{1}{2} \Delta z_{k_n}} \quad (\text{B.8})$$

De schuifspanningen zijn afkomstig van de interfaces van de laag met nummer k_n en dikte Δz_{k_n} van het 1DV-model. k_n wordt zodanig berekend dat $|z_k - z_n|$ minimaal is voor $k = k_n$. Met de waarden van f in de steunpunten wordt vervolgens het stuksgewijze lineaire profiel van f opgesteld waarna (B.1) en het $k - \epsilon$ model samen worden opgelost. Door een time marching procedure worden de waarden van f in de steunpunten zo aangepast dat geldt:

$$\max |u(z_{k_n}, t) - U_r(z_n, t)| \leq \epsilon_{tol} U_{rms}, \quad (\text{B.9})$$

met

$$U_{rms} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N U_r^2(z_n, t), \quad (\text{B.10})$$

B.3 Sturing

De convergentie tot (B.9) kan in de invoerfile van het 1DV-model beïnvloed worden door het stopcriterium ϵ_{tol} (EPSFIT) te vergroten, het aantal iteratiestappen (MAXIT) te vergroten en/of de subtijdstap van het time marching proces te verkleinen met de factor INCTIM t.o.v. de tijdstap waarmee het verticale sedimenttransport wordt berekend. De fitting wordt per tijdstap van sedimenttransport uitgevoerd en een speciale uitvoerfile FITDIA.EXT bevat de diagnose van de fitting.

Wanneer aan (B.9) wordt voldaan dan wordt in FITDIA.EXT alleen het aantal iteratiestappen vermeld, anders wordt ook de fout per meetpunt gegeven. De relaxatietijd in (B.3) heeft dezelfde verhouding tot de subtijdstap (INCTIM) als $T_{r,tx}$ in (B.2) voor de totale tijdstap (TIMEST)!

Voor een consistente aanpak in relatie tot sedimenttransport verdient het **aanbeveling** de subtijdstap voldoende klein te maken en in het ideale geval de totale tijdstap zo te kiezen dat met INCTIM=1 conditie (B.9) binnen enkele iteraties wordt bereikt.

Naast de parameters EPSFIT, MAXIT en INCTIM is de parameter FILTFI in de invoerfile toegevoegd. Bij deze parameter dient een file opgegeven te worden met daarin de op meerdere diepten gemeten stroomsnelheden. De inhoud van deze file dient er als volgt uit te zien:

```
3
12.0 4.00 6.40 8.40
12.0 0.34 0.84 0.13
```

20.0 1.00 3.40 7.90
20.0 0.40 0.23 0.12

Het getal op de eerste regel is het aantal diepten waarvan de stroomsnelheid per tijdstip bekend wordt verondersteld. Dit getal dient **zonder decimalen** te worden weergegeven en mag niet groter zijn dan 10!

Vanaf de tweede regel geldt het volgende:

Het eerste getal van elke regel is de tijd in de eenheid van TUNIT (minuten of seconden), zoals opgegeven in de invoerfile. Na de eerst rijwaarde, de tijd, staat op de even regels de diepte in meters vanaf het wateroppervlak. Deze diepte dient **oplopend** te zijn, dus de waarde in $(n + 1)^{de}$ kolom dient groter te zijn de waarde in de n^{de} kolom! Bij de oneven regels staat na de eerste rijwaarde, de tijd welke hetzelfde dient te zijn als die bij de regel erboven, de stroomsnelheid in m/s behorend bij de in de regel erboven staande diepte. De profielen in het voorbeeld worden lineair geïnterpoleerd als de gewenste tijd binnen het gegeven tijdsbereik valt, anders wordt met de eerste waarden gestart dan wel worden de laatste waarden van U_r en z_n vastgehouden.

Bijlage C

Gebruikte invoerfile's

In deze bijlage zijn de invoerfile's weergegeven die gebruikt zijn bij het onderzoek van dit rapport. Waarbij

:

(KMAX maal) :

inhoudt dat er in totaal 50 van deze waarden onder elkaar dienen te staan.

C.1 Gebruikte invoerfile bij versie 5

*****General Input*****

0.00
0.00
880115m1.whe

0.0
880115m3.snl

Y
MIN
0.1
0.0
40
0.2
0.0 100. 2000.
1.0
ZO
0.0095
1
0.0
0.01
1000.0
N

*****Layer Input*****

50
0.020
0.020
0.020
:

DP : depth
ZETA : water-level (or)
FILTSZ: file time serie ZETA (or)
FILFOZ: file harmonic comp. ZETA (or)
UMEAN : depth averaged velocity (or)
FILTSU: file time serie UMEAN (or)
FILFOU: file harmonic comp. UMEAN (or)
KALMAN: flag Kalman filter (Y/N)
TUNIT : time unit (SEC/MIN)
TIMEST: time step (in TUNIT)
TSTART: time to start simulation
NUMTIM: number of timestep simulation
RELTIM: relaxationtime (in TUNIT)
TIMHIS: STRT-INC-STOP (INCH) time frame to write histories (in TUNIT)
TETA : par. theta-method (rec: theta = 1)
ROUMET: roughness meth. MANN/CHEZ/ZO
ROUCOF: roughness height (ROUMET)
IRO : IRO=0: hydr.smooth, IRO=1: hydr.rough
TSWIND: windstress
ZS : roughness height water surface
RHOW : reference density
SEDRHO: flag Coupling sediment density (Y/N)

KMAX : number of layers
THICK(1-KMAX): layer distribution
1 = free surface, KMAX = bottom

```

(KMAX maal)
:
0.020
*****Constituent Input*****
2
1
2
10.0
5.0
10.0      5.0
10.0      5.0
:
(KMAX maal)
:
10.0      5.0
*****Sediment      Input*****
3
SAND
0.7
2650
0.0002
0.5
FLOC
0.7
2650
2.0
0.002e-3
0.0075
0.07
0.12
0.0000025
0.0 0.0
0.
FINE SEDIMENT
0.7
2650
0.00750
STRESS
0.07
0.12
0.0000025
0.0 0.0
0.
0.01      0.03      0.06
0.01      0.03      0.06
0.01      0.03      0.06
:
(KMAX maal)
:
0.01      0.03      0.06
*****End      Input*****
File description for time series water-level:
At least one record containing:
    time (in TUNIT) water-level (m)
For first time > 0. or last time < NUMTIM * TIMEST the water-level will
be assumed constant

File description for harmonic components water-level
NF  number of harmonic components (exclusive A0)
NF  records omega values      (OME(I),I=1,NF)) in degrees / hour
NF+1 records amplitudes      A0 + (AMP(I),I=1,NF)) in meters
NF  records phases           (PHA(I),I=1,NF)) in degrees

```

LMAX : number of constituents
 LSAL : index nr for salinity
 LTEM : index nr for temperature
 SALEQS: eq. of state salinity (always input)
 TEMEQS: eq. of state temperature (always input)
 (RO(1-KMAX,L),L=1,LMAX) :
 initial concentration per layer

LSED : number of sediment
 SEDTYP(L): type of sediment
 SIGSED(L): prandtl schmidt number
 RHOSOL(L): density sand
 SEDDIA(L): median diameter
 TCRERO(L): critical bed stress Shields
 SEDTYP(L): type of sediment
 SIGSED(L): prandtl schmidt number
 RHOSOL(L): density sediment
 SALMAX(L): max salinity Sc in flocculation equ.
 WSO(L) : settling s=0
 WSM(L) : settling s=Sc
 TCRDEP(L): stress deposition
 TCRERO(L): stress erosion
 EROPAR(L): erosion parameter
 A-BPAR(L): destruction parameters
 EXPO M(L): concentration depended settling exp.
 SEDTYP(L): type of sediment
 SIGSED(L): prandtl schmidt number
 RHOSOL(L): density sediment
 WSO(L) : settling velocity
 DEFLUX : flag for flux or stress D-E
 TCRDEP(L): stress deposition
 TCRERO(L): stress erosion
 EROPAR(L): erosion parameter
 A-BPAR(L): destruction parameters
 EXPO M(L): concentration depended settling exp.
 RSED0(1-KMAX,1-LSED)
 initial sediment concentrations per layer (gr/l)

For depth averaged velocity the UMEAN between T=0 till T=RELTIM will be set at the value of UMEAN at T=RELTIM (for time series and for harmonic components)

File description for time series depth averaged velocity:

At least one record containing:

time (in TUNIT) depth averaged velocity (m/s)

For first time > 0. or last time < NUMTIM * TIMEST the velocity will be assumed constant

File description for harmonic components velocity

NF , KSEC number of harmonic components (exclusive A0);

number of vertical sections

1 records weigh factors (WEIGH(K),K=1,KSEC)

Summation of WEIGH should be 1.

NF records omega values (OME (I),I=1,NF) in degrees / hour

NF+1 records KSEC amplitudes ([A0 + (AMP (I,K),I=1,NF)],K=1,KSEC) in m/s

NF records KSEC phases ((PHA (I,K),I=1,NF)K=1,KSEC) in degrees

File description for time series for temperature model (LTEM > 0 & KTEMP > 0):

KTEMP = 1 time depended input: TIME ,RHUM ,TDRYB ,QSUN

KTEMP = 2 time depended input: TIME ,RHUM ,TDRYB ,QRADIN

KTEMP = 3 time depended input: TIME ,TBACK

KTEMP = 4 time depended input: TIME ,TSURF

where: TIME = time expressed in TUNIT

RHUM = relative humidity

TDRYB = dry bulb temperature

QSUN = radiation flux from sun

QRADIN = incident radiation flux

TBACK = background temperature

TSURF = surface temperature

At least one record containing:

time (in TUNIT) z-values (depending on KTEMP)

For first time > 0. or last time < NUMTIM * TIMEST the z-values will be assumed constant

C.2 Gebruikte invoerfile bij versie 6

*****General Input*****

0.00	DP : depth
0.00	ZETA : water-level (or)
d880317g.whe	FILTSZ: file time serie ZETA (or)
	FILFOZ: file harmonic comp. ZETA (or)
0.0	UMEAN : depth averaged velocity (or)
	FILTSU: file time series UMEAN (or)
d880317g.snl	FILTFI: file time series for fitting to U(z_n)
0.05 100 1	if (FILTFI.ne. blank) EPSFIT,MAXIT, INCTIM else
	FILFDO: file harmonic comp. UMEAN (or)
Y	KALMAN: flag Kalman filter (Y/N)
MIN	TUNIT : time unit (SEC/MIN)
0.1	TIMEST: time step (in TUNIT)
0.0	TSTART: time to start simulation
40	NUMTIM: number of timestep simulation
2	RELTIM: relaxationtime (in TUNIT)
0.0 100. 2000.	TIMHIS: STRT-INC-STOP (INCH) time frame to write histories (in TUNIT)
1.0	TETA : par. theta-method (rec: theta = 1)
Z0	ROUMET: roughness meth. MANN/CHEZ/Z0
0.0095	ROUCOF: roughness height (ROUMET)
1	IRO : IRO=0: hydr.smooth, IRO=1: hydr.rough

```

0.0
0.01
1000.0
N
*****Layer      Input*****
50
0.020
0.020
0.020
:
(KMAX maal)
:
0.020
*****Constituent Input*****
2
1
2
10.0
5.0
10.0      5.0
10.0      5.0
10.0      5.0
:
(KMAX maal)
:
10.0      5.0
*****Sediment    Input*****
3
SAND
0.7
2650
0.0002
0.5
FLOC
0.7
2650
2.0
0.002e-3
0.0075
0.07
0.12
0.0000025
0.0 0.0
0.
FINE SEDIMENT
0.7
2650
0.00750
STRESS
0.07
0.12
0.0000025
0.0 0.0
0.
0.01      0.03      0.06
0.01      0.03      0.06
0.01      0.03      0.06
:
(KMAX maal)
:
0.01      0.03      0.06
*****End          Input*****

TSWIND: windstress
ZS      : roughness height water surface
RHOW     : reference density
SEDRHO: flag Coupling sediment density (Y/N)

KMAX      : number of layers
THICK(1-KMAX): layer distribution
1 = free surface, KMAX = bottom

LMAX      : number of constituents
LSAL      : index nr for salinity
LTEM      : index nr for temperature
SALEQS: eq. of state salinity (always input)
TEMEQS: eq. of state temperature (always input)
(RO(1-KMAX,L),L=1,LMAX) :
initial concentration per layer

LSED      : number of sediment
SEDTP(L): type of sediment
SIGSED(L): prandtl schmidt number
RHOSOL(L): density sand
SEDDIA(L): median diameter
TCRERO(L): critical bed stress Shields
SEDTP(L): type of sediment
SIGSED(L): prandtl schmidt number
RHOSOL(L): density sediment
SALMAX(L): max salinity Sc in flocculation equ.
WSO(L)    : settling s=0
WSM(L)    : settling s=Sc
TCRDEP(L): stress deposition
TCRERO(L): stress erosion
EROPAR(L): erosion parameter
A-BPAR(L): destruction parameters
EXPO M(L): concentration depended settling exp.
SEDTP(L): type of sediment
SIGSED(L): prandtl schmidt number
RHOSOL(L): density sediment
WSO(L)    : settling velocity
DEFLUX    : flag for flux or stress D-E
TCRDEP(L): stress deposition
TCRERO(L): stress erosion
EROPAR(L): erosion parameter
A-BPAR(L): destruction parameters
EXPO M(L): concentration depended settling exp.
RSEDO(1-KMAX,1-LSED)
initial sediment concentrations per layer (gr/l)

```

File description for time series water-level:

At least one record containing:

time (in TUNIT) water-level (m)

For first time > 0. or last time < NUMTIM * TIMEST the water-level will be assumed constant

File description for harmonic components water-level

NF number of harmonic components (exclusive A0)

NF records omega values (OME(I),I=1,NF) in degrees / hour

NF+1 records amplitudes A0 + (AMP(I),I=1,NF) in meters

NF records phases (PHA(I),I=1,NF) in degrees

For depth averaged velocity the UMEAN between T=0 till T=RELTIM will be set at the value of UMEAN at T=RELTIM (for time series and for harmonic components)

File description for time series depth averaged velocity:

At least one record containing:

time (in TUNIT) depth averaged velocity (m/s)

For first time > 0. or last time < NUMTIM * TIMEST the velocity will be assumed constant

File description for harmonic components velocity

NF , KSEC number of harmonic components (exclusive A0);

number of vertical sections

1 records weigh factors (WEIGH(K),K=1,KSEC)

Summation of WEIGH should be 1.

NF records omega values (OME (I),I=1,NF) in degrees / hour

NF+1 records KSEC amplitudes ([A0 + (AMP (I,K),I=1,NF)],K=1,KSEC) in m/s

NF records KSEC phases ((PHA (I,K),I=1,NF)K=1,KSEC) in degrees

File description for time series for temperature model (LTEM > 0 & KTEMP > 0):

KTEMP = 1 time depended input: TIME ,RHUM ,TDRYB ,QSUN

KTEMP = 2 time depended input: TIME ,RHUM ,TDRYB ,QRADIN

KTEMP = 3 time depended input: TIME ,TBACK

KTEMP = 4 time depended input: TIME ,TSURF

where: TIME = time expressed in TUNIT

RHUM = relative humidity

TDRYB = dry bulb temperature

QSUN = radiation flux from sun

QRADIN = incident radiation flux

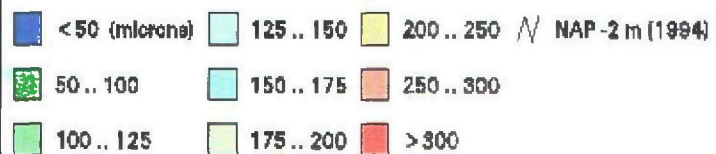
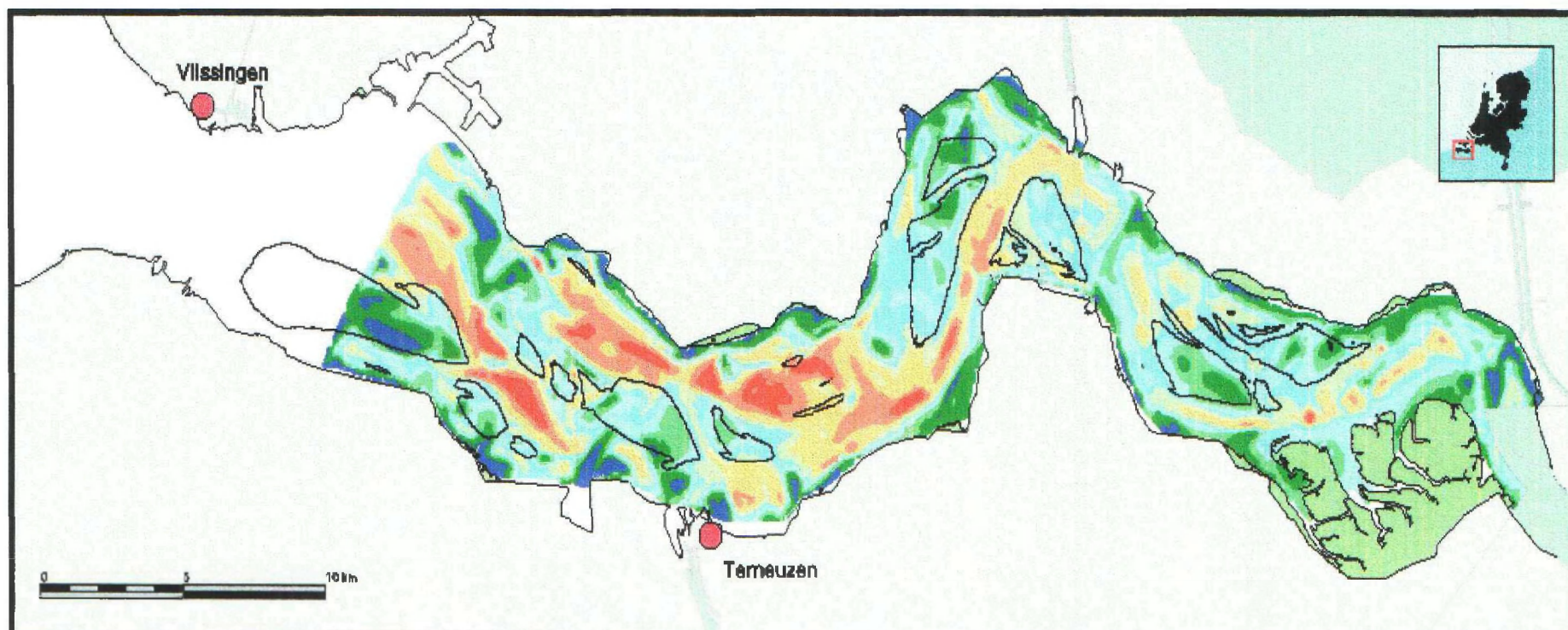
TBACK = background temperature

TSURF = surface temperature

At least one record containing:

time (in TUNIT) z-values (depending on KTEMP)

For first time > 0. or last time < NUMTIM * TIMEST the z-values will be assumed constant



Bron: Molanen onderzoek 1992-1993

D50 WESTERSCHELDE 1992-1993

Datum: 16-APR-1998

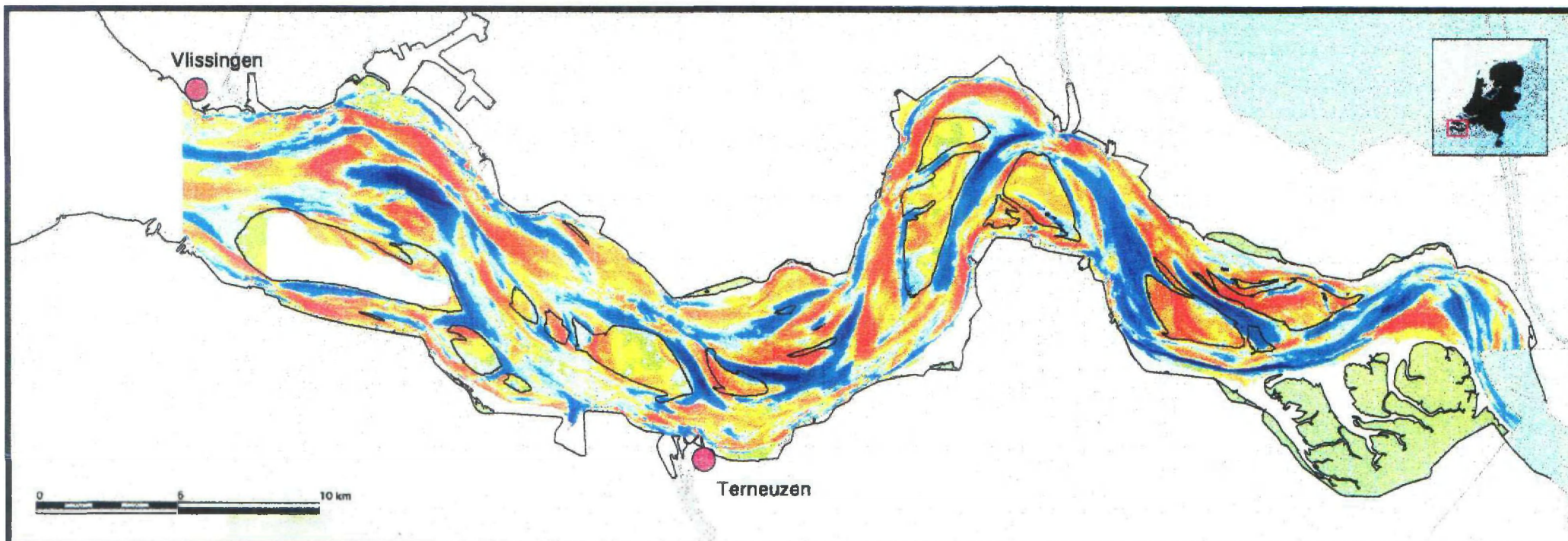


H.T. de Haan
Ministerie van Verkeer en Waterbouw
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RWS Middelburg

Bijlage D

GISkaarten Westerschelde

In deze bijlage worden twee GISkaarten getoond. De eerste kaart geeft de gemiddelde korrelgrootte in de bovenste laag van de Westerscheldebodem weer. De tweede kaart geeft weer hoeveel de bodemhoogte van de Westerschelde in 1990 toe dan wel af is genomen ten opzichte van de bodemhoogte in 1972.



Bron: Vaklodingen RWS 1971, 1972 en 1990

Sedimentatie/erosie WESTERSCHELDE 1972-1990

Datum: 02-APR-1998



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

Bijlage E

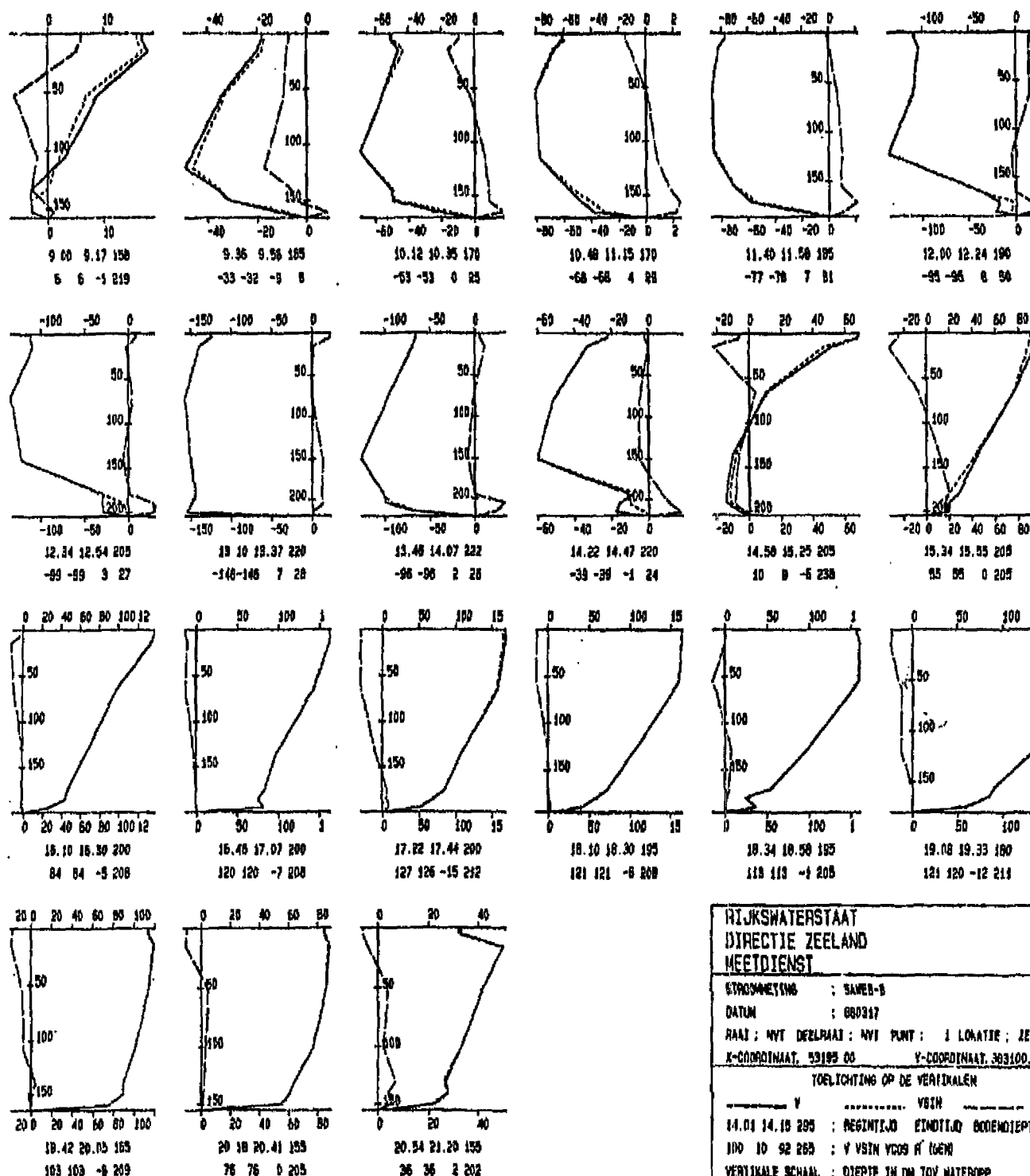
Gemeten stroomsnelheidsprofielen

Op de drie hierna volgende pagina's zijn de op zeven diepten gemeten stroomsnelheden tegen de diepte weergegeven. Deze stroomsnelheden, de doorgetrokken lijnen, zijn gemeten door:

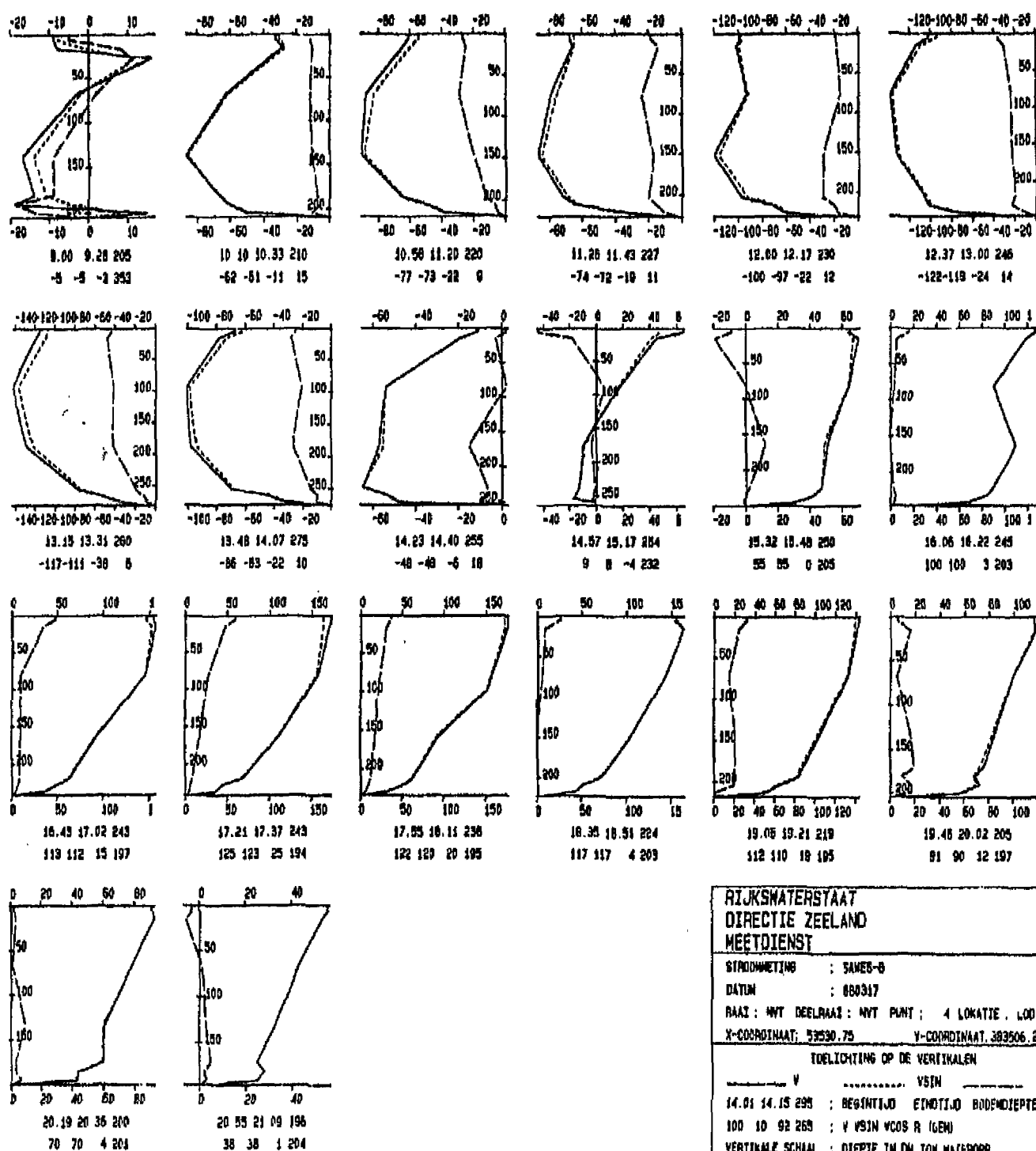
- Eerste pagina het meetponton 'De Zeekat'
- Tweede pagina het meetvaartuig 'Lodijcke'
- Derde pagina het meetvaartuig 'Wijtvliet'

In figuur 2.2 zijn de meetlocaties van de drie meetvaartuigen in het Schelde estuarium weergegeven.

Figuur E.1: Gemeten stroomsnelheidsverticalen meetpunt 'De Zeekat'.

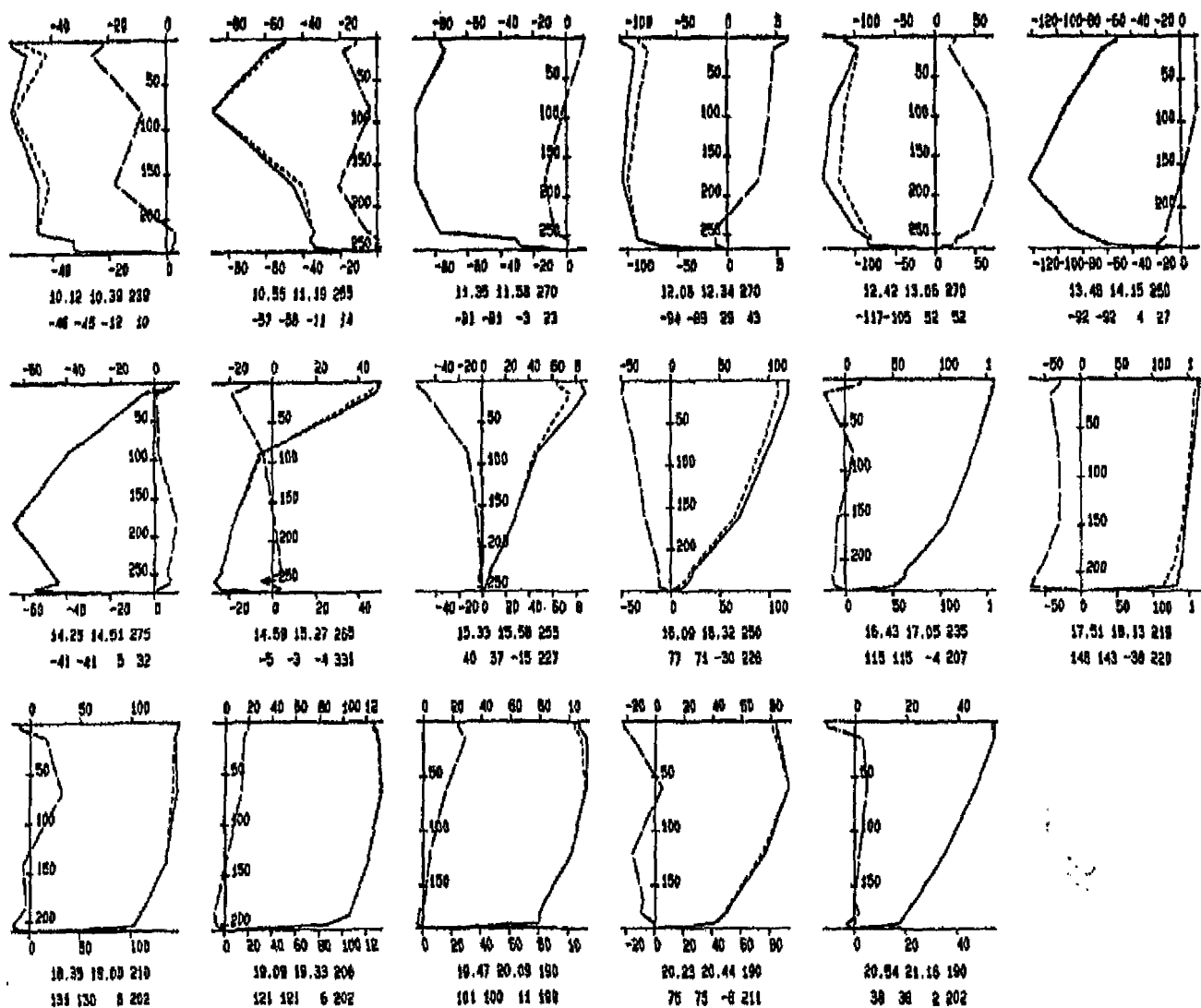


Figuur E.2: Gemeten stroomsnelheidsverticalen meetvaartuig 'Lodijcke'.



RIJKSWATERSTAAT	
DIRECTIE ZEELAND	
MEETDIENST	
STROMINGSMETING	: SAKES-8
DATUM	: 080317
RAAI	: NWT DEELRAAI : NWT PUNT : 4 LOKATIE : L001(-104)
X-COORDINAAT	: 53530.75
Y-COORDINAAT	: 383506.23
TOELICHTING OP DE VERTIKALEN	
— V —	— VSIN — VCOS
14.01 14.15 295	: BEGINTIJD EINDTIJD BODEMDIEPTE
100 10 92 265	: V VSIN VCOS R (GEN)
VERTIKALE SCHAAI : DIEPTE IN DM TOV WATEROPP.	
HORIZONTALE SCHAAI : SNELHEDEN IN CM/S.	

Figuur E.3: Gemeten stroomsnelheidsverticalen meetvaartuig 'Wijtvliet'.



RIJKSWATERSTAAT		
DIRECTIE ZEELAND		
MEETDIENST		
STROOMMETING	: SAMES-8	
DATUM	: 080317	
RAAI : MVT DEELRAAI : MVT PUNT :	3 LOKATIE : WJ11(-110)	
X-COORDINAAT : 93090.73	Y-COORDINAAT : 382610.45	
TOELICHTING OP DE VERTIKALEN		
_____ V	_____ VSIN	_____ VCOS
14.04 14.16 295	: BEGINTIJD EINDTIJD BOODHOOGTE	
100 10 92 265	: V VSIN VCOS R (SEN)	
VERTIKALE SCHAAI : DIEPTE IN DM TOV WATEROPP.		
HORIZONTALE SCHAAI : SNEIJDEN IN CM/S.		

Bijlage F

Meetdata stroomsnelheden op meerdere diepten

Bij de meetlocatie in het Middelgat zijn op de volgende dagen '13-uurs' metingen uitgevoerd:

- 03-03-88 van 10.00 - 16.30 uur (17.01 uur 03-03-88 VM¹).
- 17-03-88 van 09.00 - 21.00 uur (03.02 uur 18-03-88 NM).
- 19-05-88 van 08.00 - 19.20 uur (23.10 uur 15-05-88 NM).
- 26-05-88 van 07.00 - 19.20 uur (17.49 uur 23-05-88 EK).
- 10-06-88 van 06.30 - 19.20 uur (07.21 uur 07-06-88 LK).
- 21-06-88 van 06.30 - 10.30, 11.50 - 19.20 uur (11.23 uur 22-06-88 EK).

Bij het Nauw van Bath op de dagen:

- 25-10-88 van 06.00 - 19.00 uur (05.35 uur 25-10-88 VM).
- 12-04-89 van 06.20 - 18.40 uur (00.13 uur 13-04-89 EK).

En bij de Schaar van Spijkerplaat op de dagen:

- 10-04-89 van 05.40 - 19.40 uur (04.33 uur 06-04-89 NM). Zeekat lag er niet
- 02-11-89 van 07.00 - 19.40 uur (16.27 uur 29-10-89 NM).

¹Springtij treedt ongeveer twee dagen na VM en NM op, en doodtij ongeveer twee dagen na EK en LK.

- 08-05-90 van 06.30 - 18.40 uur (20.31 uur 09-05-90 VM).

Vanwege storingen die tijdens de metingen zijn opgetreden zijn niet alle reeksen compleet. Bij deze semi-continu metingen werd ongeveer voor de duur van een getij om de 30-40 minuten de volgende drie parameters gemeten:

- de slibconcentratie op meerdere hoogtes,
- de stroomsnelheid op meerdere hoogtes,
- en de diepte vanaf het wateroppervlak.

Het aantal hoogten waarop gemeten werd, was afhankelijk van de waterdiepte op de meetlocatie. Daarnaast duurde een meting van alle meethoogten, waarbij vanaf de bodem begonnen werd, rond de 20 minuten.

Bijlage G

Testen aangepast 1DV-model

De werking van het aangepaste 1DV-model (versie 6) is getest met behulp van de met versie 5 berekende logaritmische stroomsnelheden. In een testfile zijn daartoe om de 32 minuten de berekende stroomsnelheden en bijbehorende waterdiepten van de lagen 5,10,20,25,30,40 en 45 van versie 5 opgeslagen. De gebruikte invoerfile hiervoor is weergegeven in bijlage C.1, met als ingevoerde tijdreeksen de op 17-03-'88 gemeten waterhoogtes en diepte gemiddelde stroomsnelheden. Deze diepte gemiddelde stroomsnelheden zijn daarbij verkregen uit de op 7 hoogten gemeten stroomsnelheden.

De aldus gegenereerde testfile en de op 'De Zeekat' gemeten waterhoogtes zijn gebruikt voor de invoerfile van versie 6, welke is weergegeven in bijlage C.2. Vervolgens zijn in de figuur G.1 voor een aantal tijdstippen de met versie 6 berekende stroomsnelheden, rechter grafieken, en eddy-viscositeiten, linker grafieken, uitgezet tegen de waterhoogte boven de bodem. In deze grafieken zijn:

- de doorgetrokken lijnen verkregen met versie 5.
- de sterretjes de met versie 5 op 7 diepten gegenereerde stroomsnelheden die als invoer zijn gebruikt bij versie 6.
- de streep punt lijnen verkregen met versie 6.

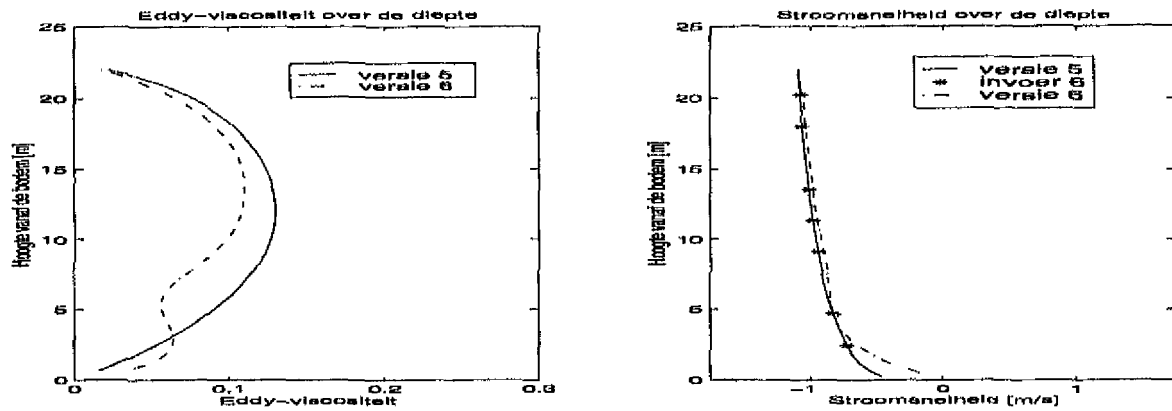
Uit de rechter grafieken blijkt dat versie 6 in staat is om een correcte lijn, de streep punt lijn, te fitten door de op 7 hoogten opgegeven stroomsnelheden. Worden de berekende stroomsnelheidsvelden van versie 5 (doorgetrokken lijnen) en die van versie 6 (streep punt lijnen) vergeleken dan blijken die goed met elkaar overeen te stemmen alleen vlak boven de bodem is er een afwijking te constateren. Het lijkt alsof er bij versie 6 een no-slip conditie geldt die ervoor zorgt dat de stroomsnelheid bij de bodem nul blijft.

In de linker grafieken is te zien dat de berekende eddy-viscositeiten in versie 6 over de gehele diepte gezien iets achter blijven bij die van versie 5. De oorzaak hiervan lijkt het verschil te zijn tussen het berekende stroomsnelheidsveld bij de bodem van versie 5 en die

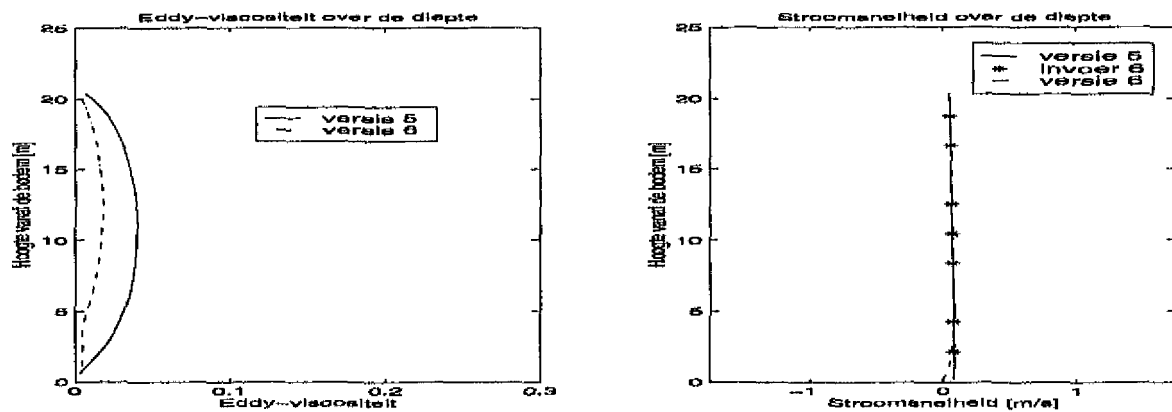
van versie 6. De eddy-viscositeit (mate van turbulentie) en de valsnelheid zijn de voornaamste bronnen voor de verspreiding van het slib over de waterkolom. Het dient daarom aanbeveling om het euvel in de fittingsprocedure door de opgegeven stroomsnelheden bij de bodem door het WL aan te laten passen.

De figuren G.2.A tot en met G.2.G zijn de uitkomsten van versie 6 met als invoer de op 7 diepten gemeten stroomsnelheden, zie §2.2.

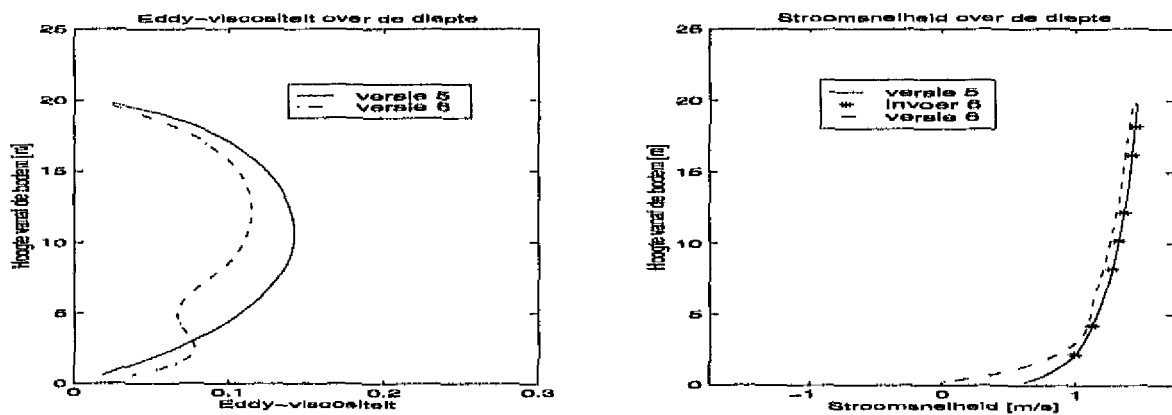
Figuur G.1: Uitkomsten van zesde versie 1DV-model, verkregen met gegenereerde testfile van stroomsnelheden, en die van versie 5 uitgezet tegen de waterhoogte boven de bodem.



(a) maximum vloed

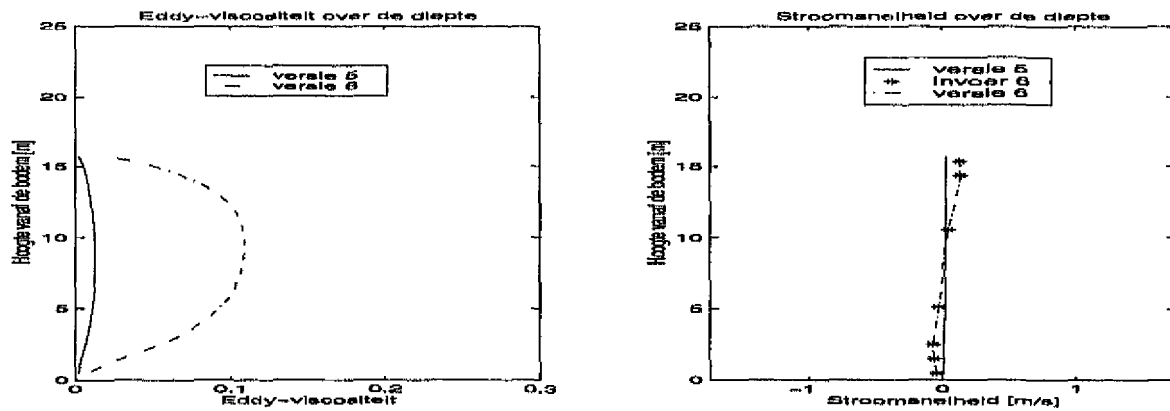


(b) kentering van vloed naar eb

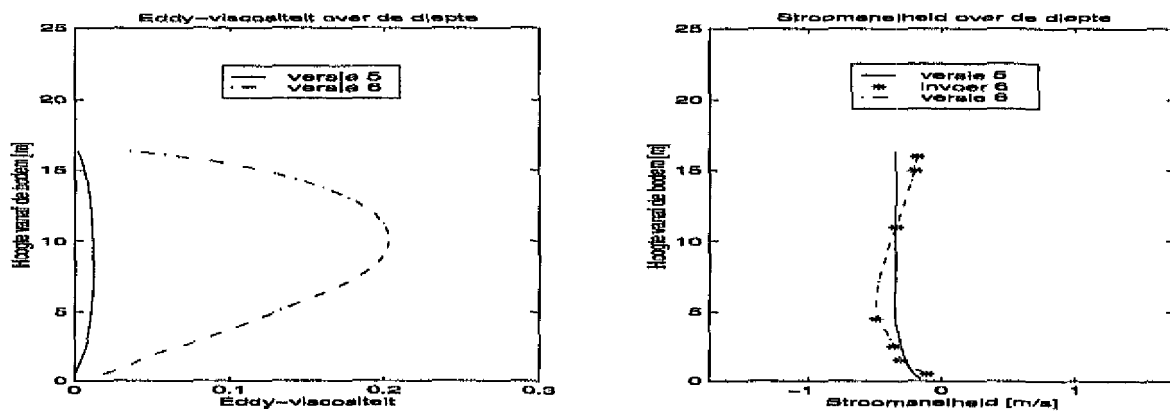


(c) maximum eb

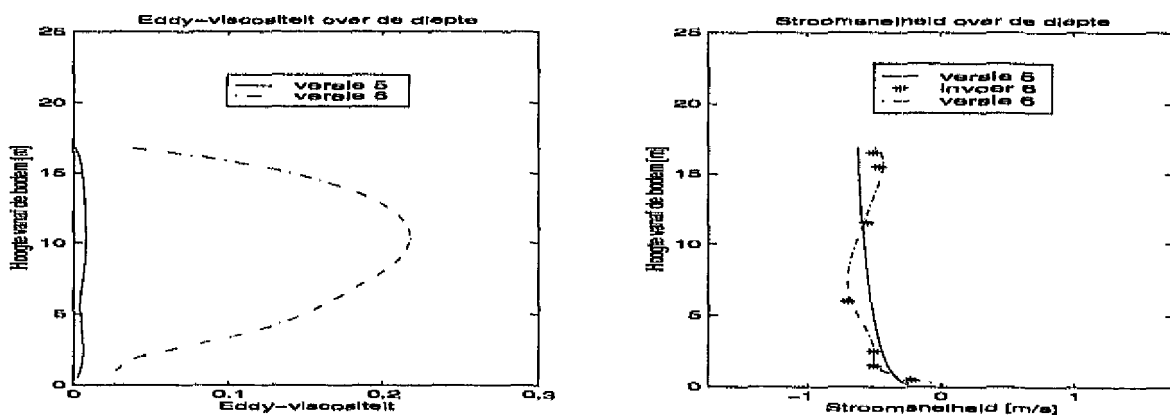
Figuur G.2.A: Uitkomsten van versie 6, verkregen met de op 7 diepten gemeten stroomsnelheden, en die van versie 5 uitgezet tegen de waterhoogte boven de bodem.



(a) kentering van eb naar vloed

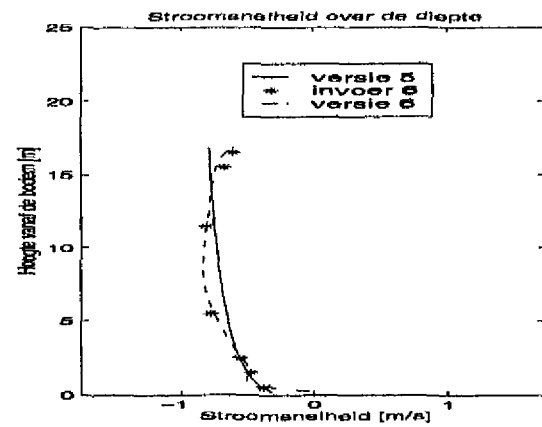
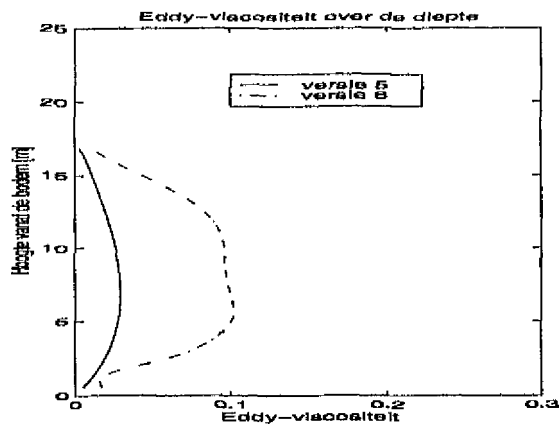


(b) Vloed

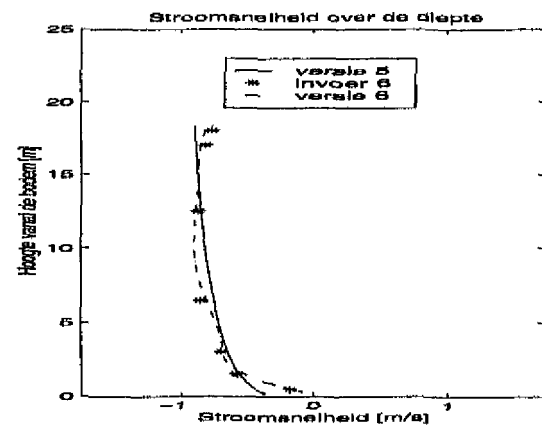
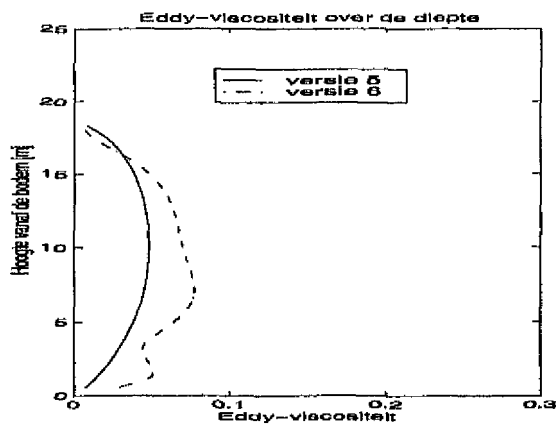


(c) Vloed

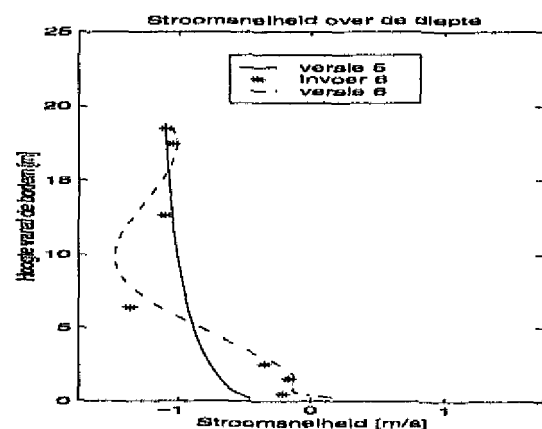
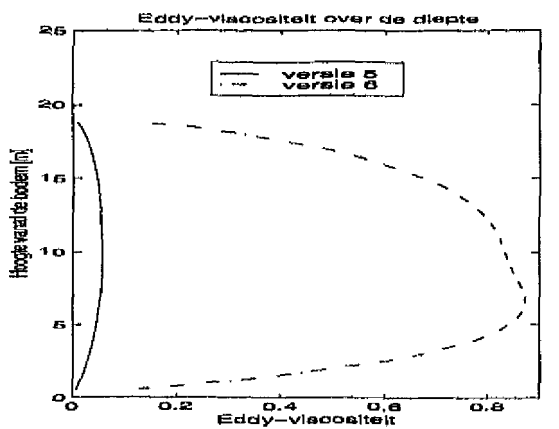
Figuur G.2.B: Vervolg vorige figuur



(a) vloed

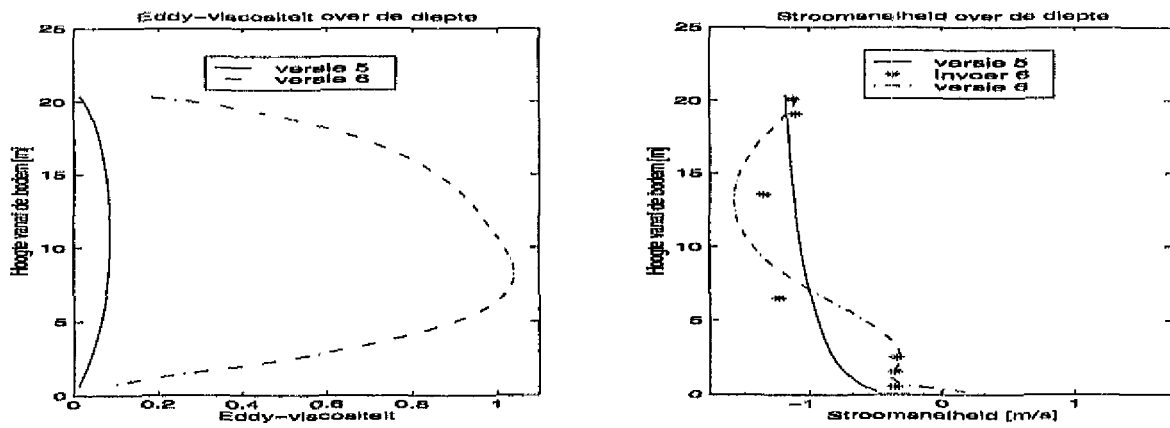


(b) vloed

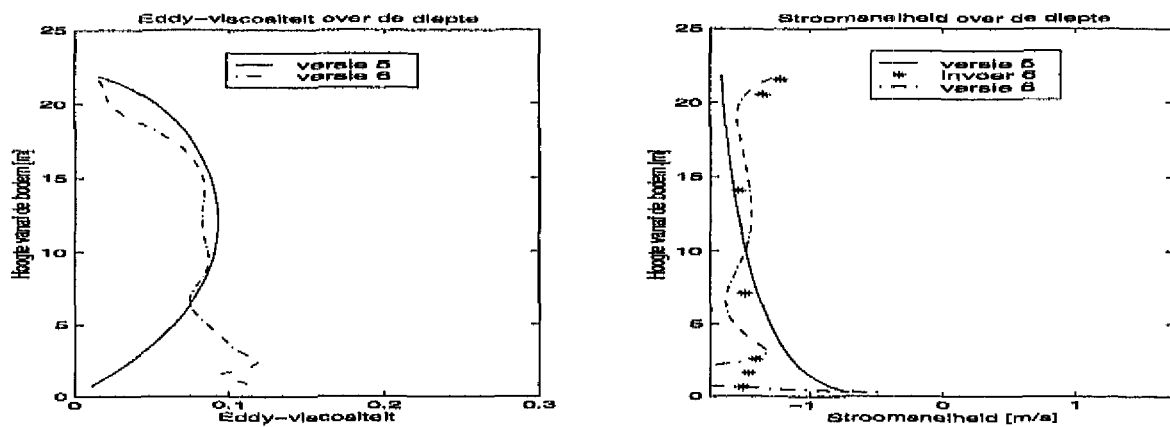


(c) vloed

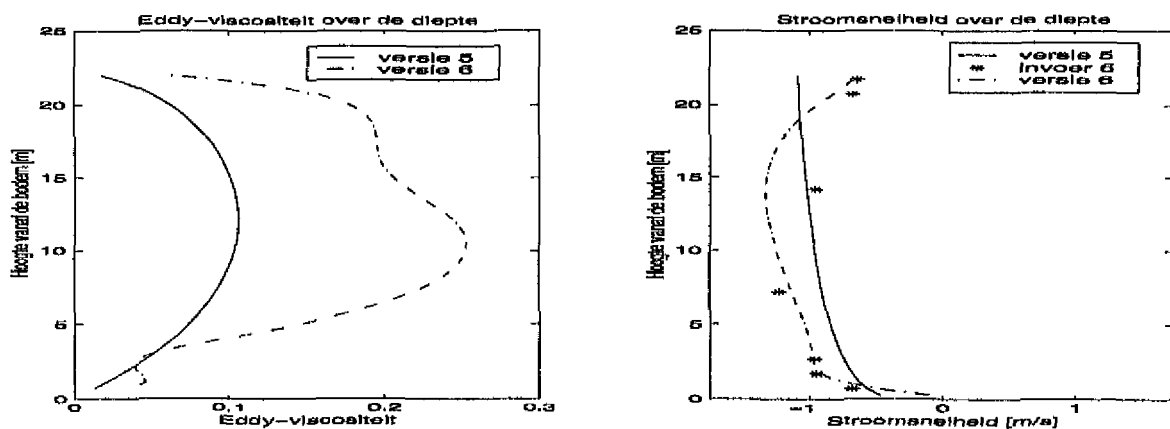
Figuur G.2.C: Vervolg vorige figuur



(a) vloed

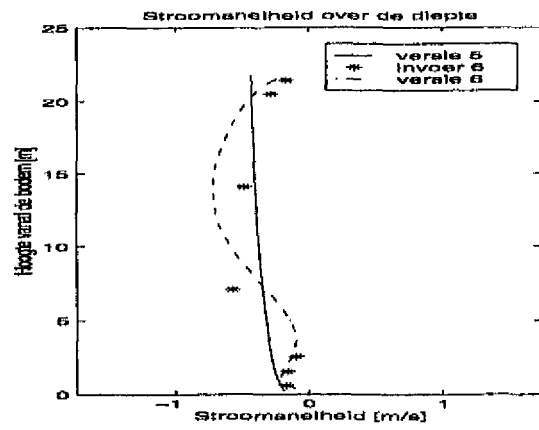
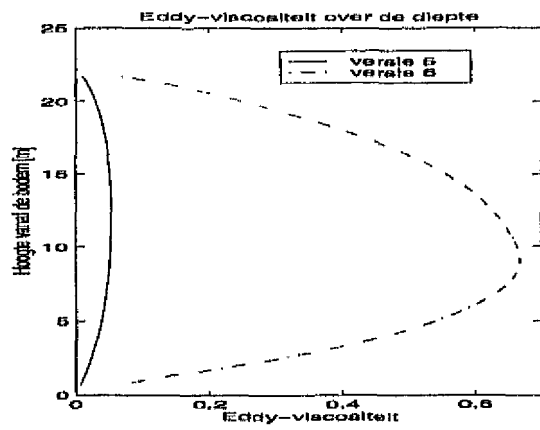


(b) maximum vloed

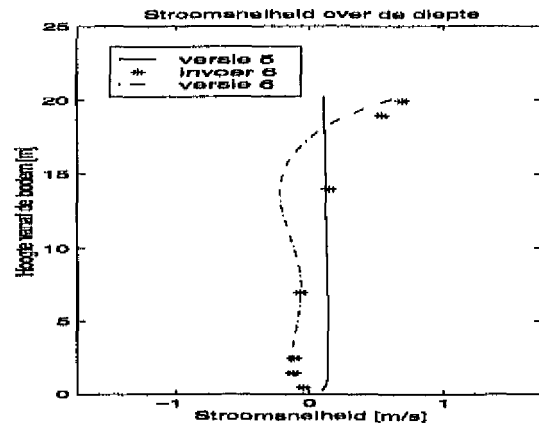
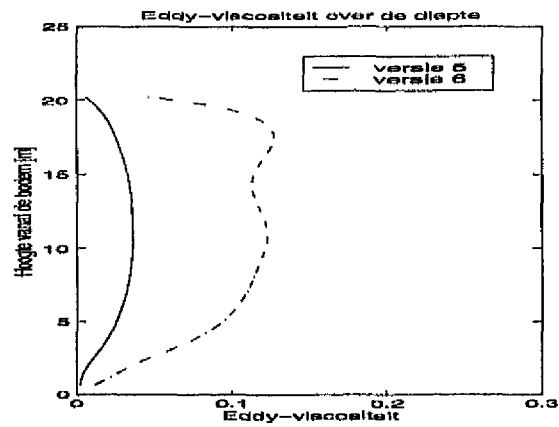


(c) vloed

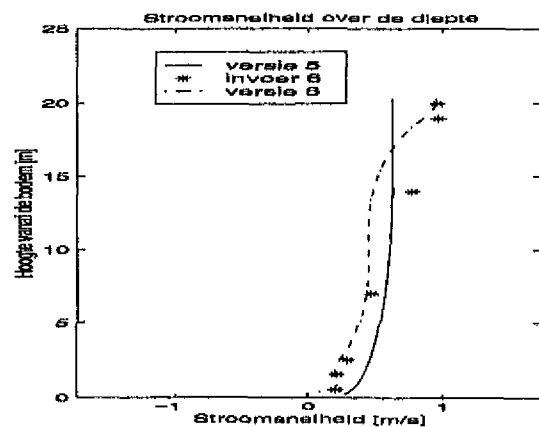
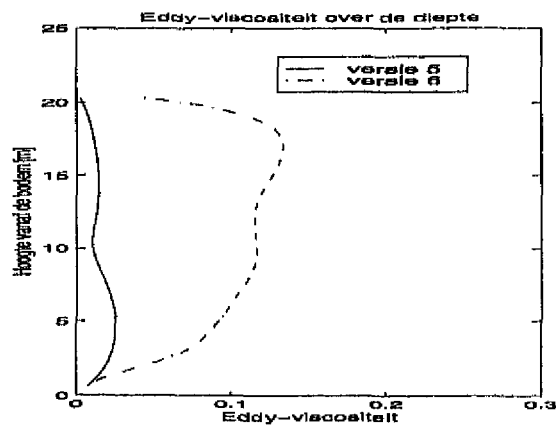
Figuur G.2.D: Vervolg vorige figuur



(a) vloed

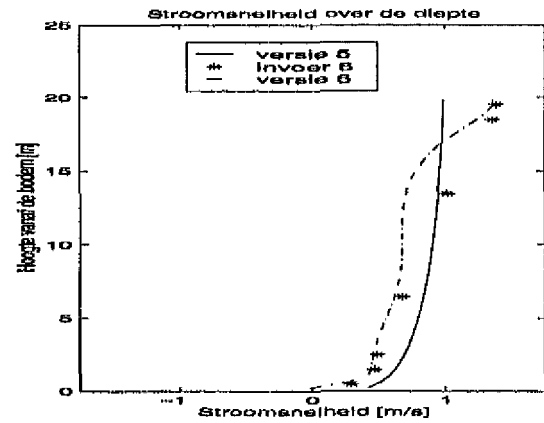
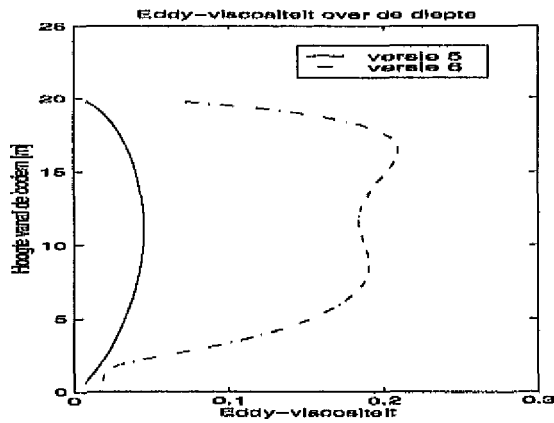


(b) kentering van vloed naar eb

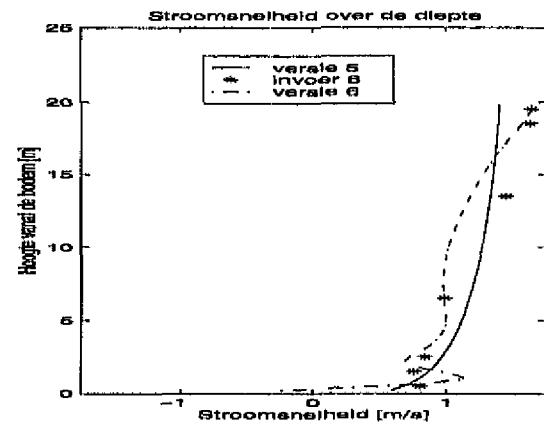
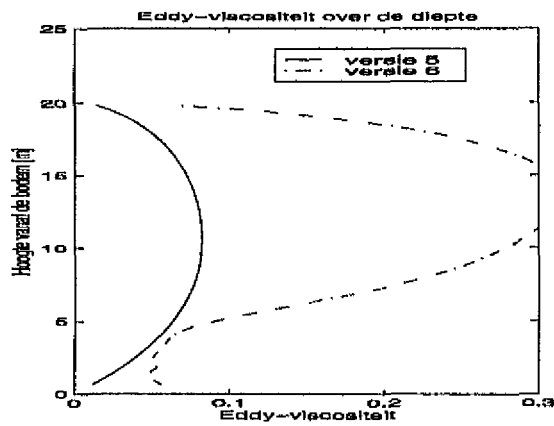


(c) eb

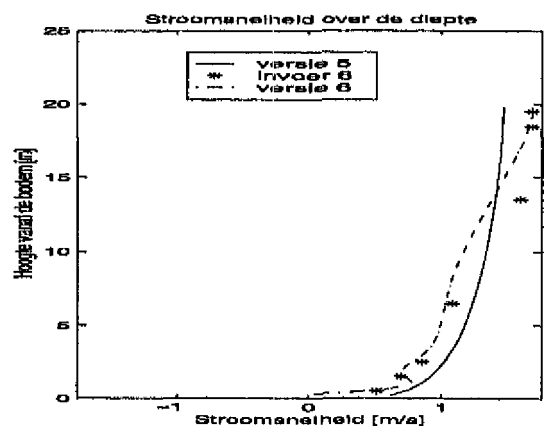
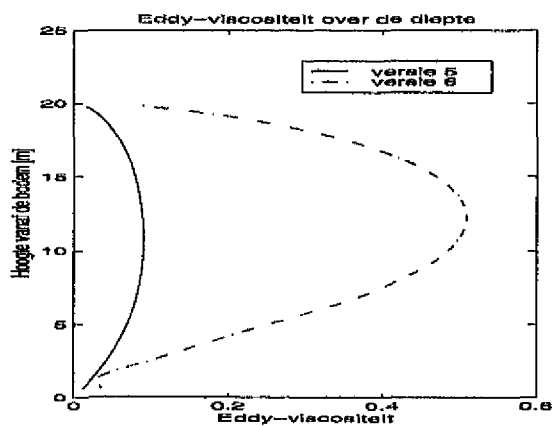
Figuur G.2.E: Vervolg vorige figuur



(a) eb

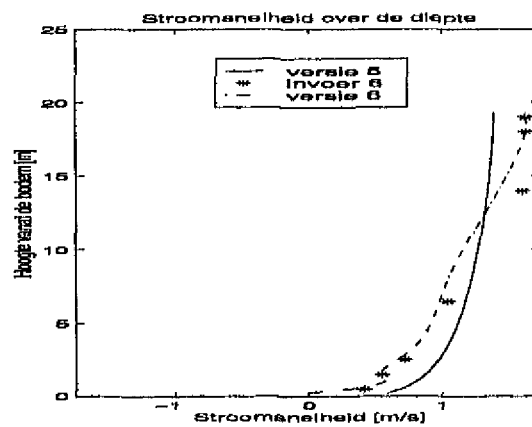
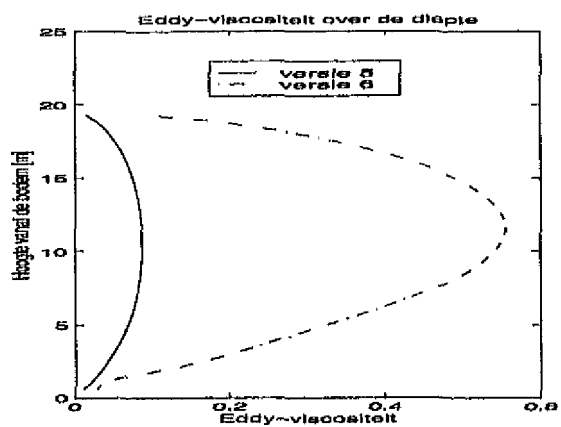


(b) eb

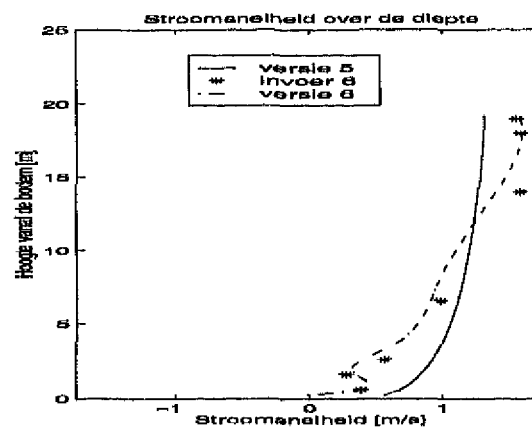
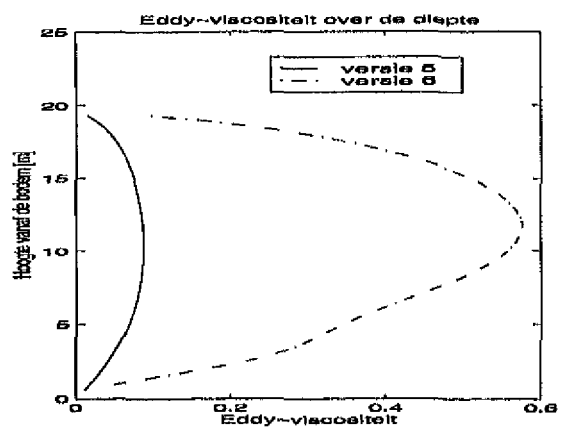


(c) maximum eb

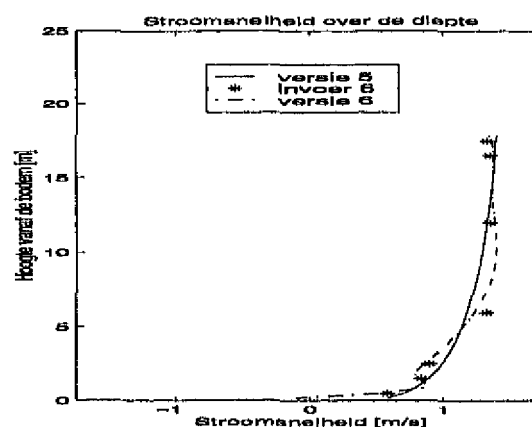
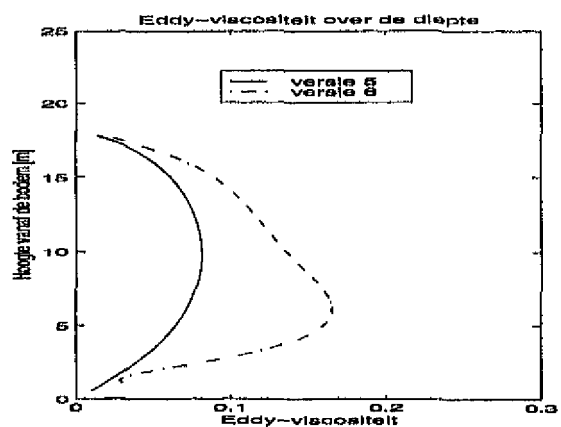
Figuur G.2.F: Vervolg vorige figuur



(a) eb

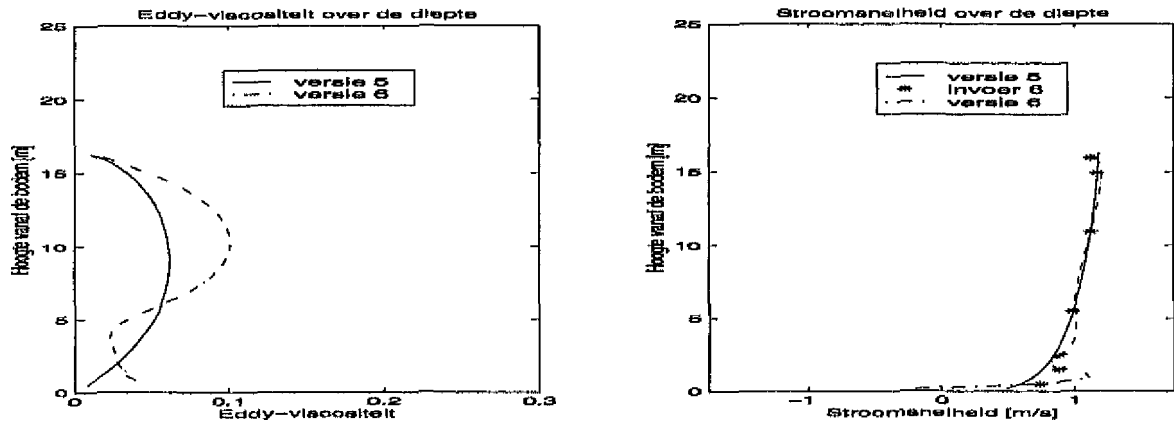


(b) eb

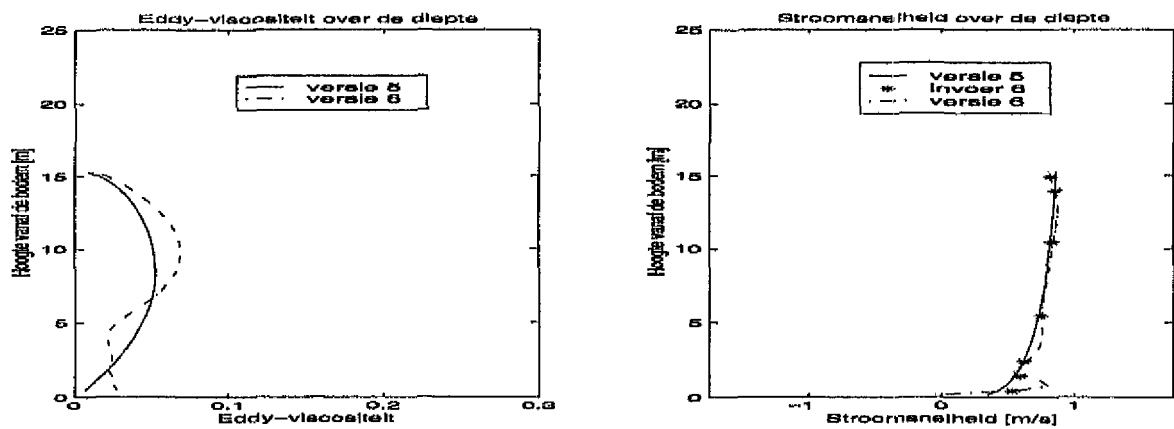


(c) eb

Figuur G.2.G: Vervolg vorige figuur



(a) eb



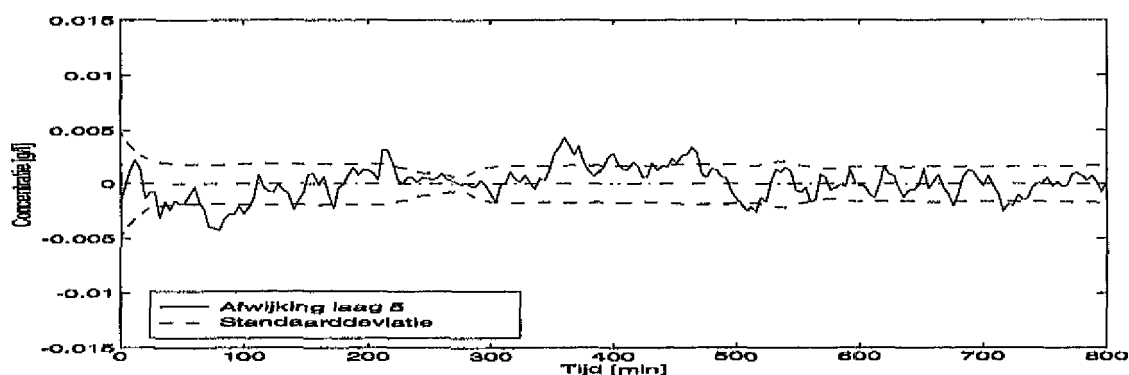
(b) eb

Bijlage H

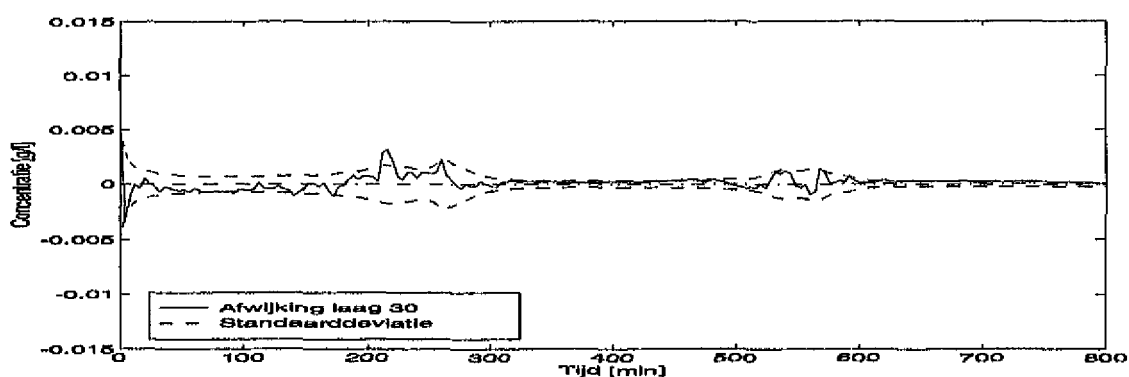
Uitkomsten filtertesten

In deze bijlage zijn de figuren weergegeven die verkregen zijn met het testen van het filter. Begonnen is met de uitkomsten van het filteren met fictieve meetgegevens. Daarna zijn de figuren te zien die verkregen zijn met het filteren met de gemeten slibconcentraties.

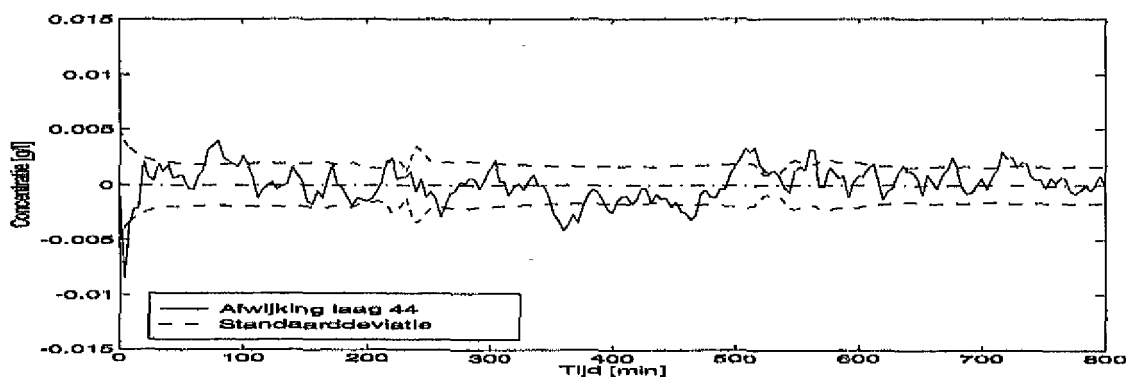
Figuur H.1: Schatten van c en w_0 m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_0 en $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen van de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 tesamen met de standaarddeviaties uitgezet.



(a) Deze laag komt ong. overeen met 1.5 m onder wateroppervlak

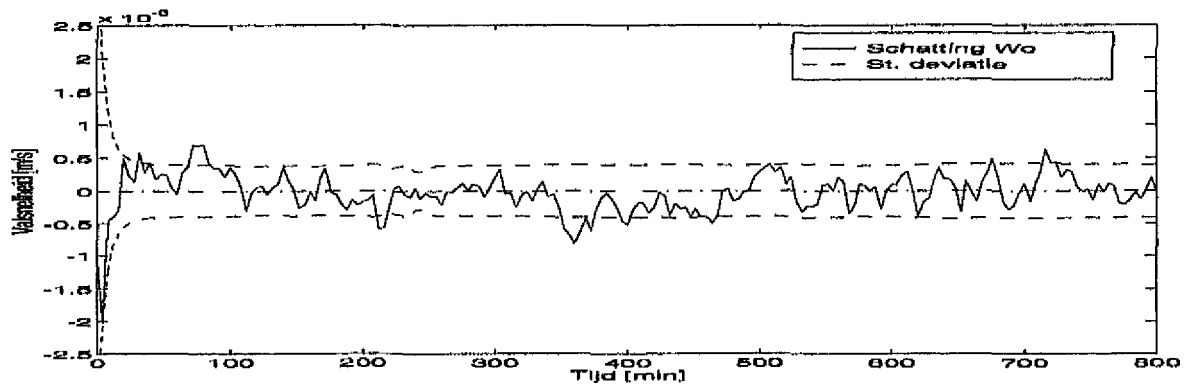


(b) Deze laag komt ong. overeen met 7.2 m boven de bodem

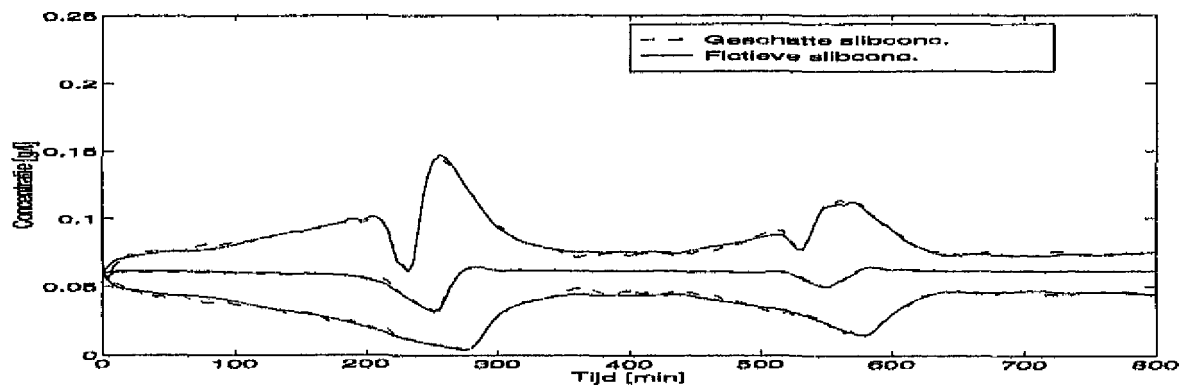


(c) Deze laag komt ong. overeen met 2.5 m boven de bodem

Figuur H.2: Vervolg van het **schatten van c en w_o** m.b.v. **fictieve meetgegevens**, die gegenereerd zijn met een **constante w_o en $D - E$** .

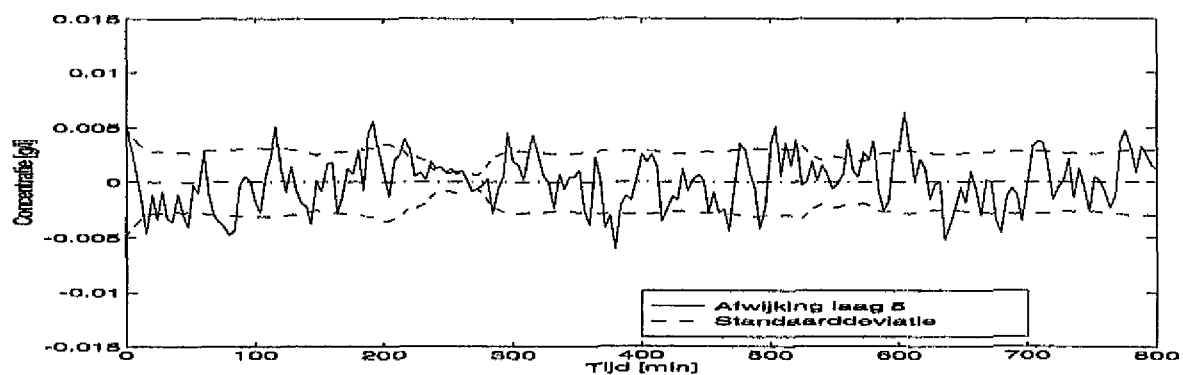


(a) De afwijking van de schatting van de valsnelheid w_o .

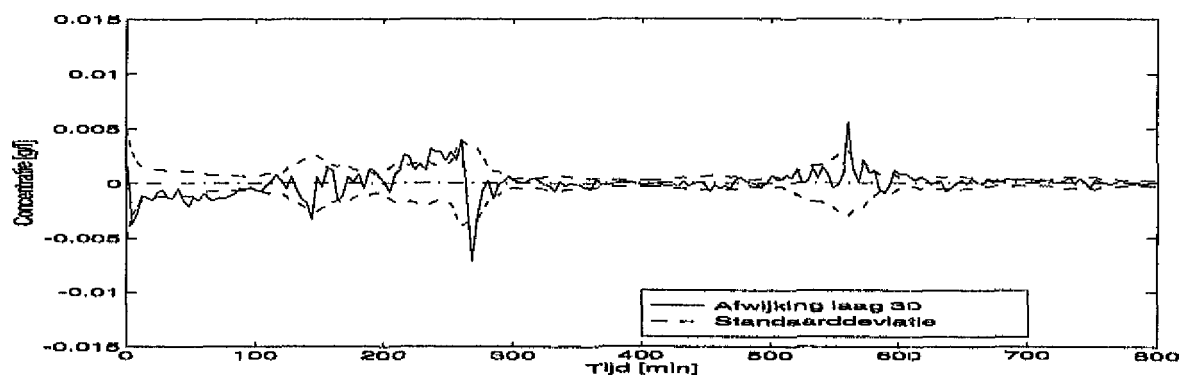


(b) De fictieve slibconcentraties (zonder ruis!) tesamen met de geschatte slibconcentraties uitgezet tegen de tijd, met van boven naar beneden de slibconcentraties van lagen de 44, 30 en 5.

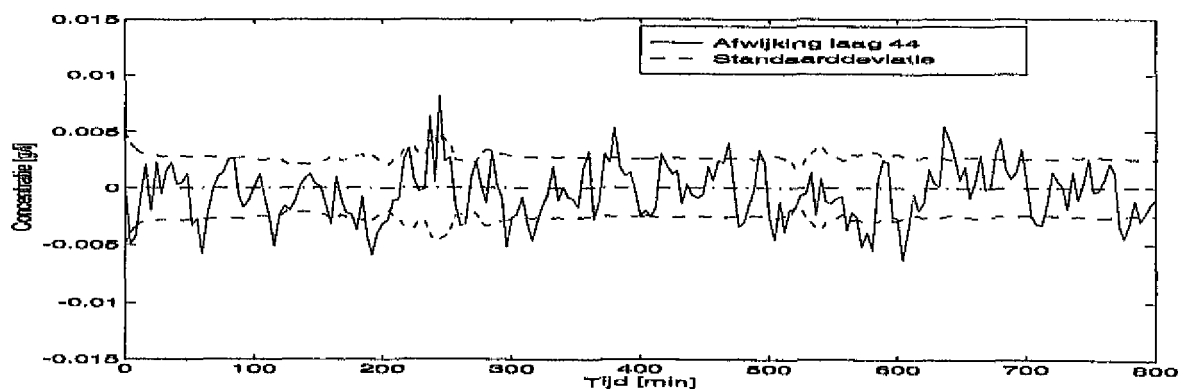
Figuur H.3: *Schatten van c en w_0 m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een variabele w_0 en constante $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen van de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 tesamen met de standaarddeviaties uitgezet.*



(a) *Deze laag komt ong. overeen met 1.5 m onder wateroppervlak*

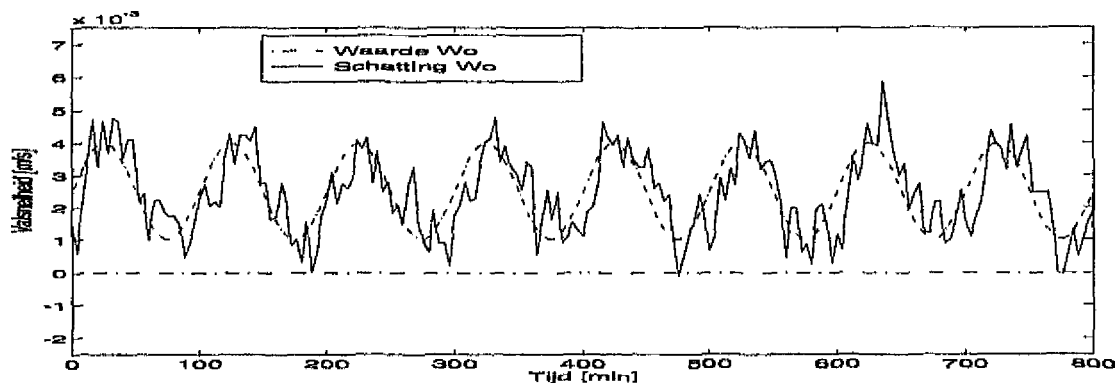


(b) *Deze laag komt ong. overeen met 7.2 m boven de bodem*

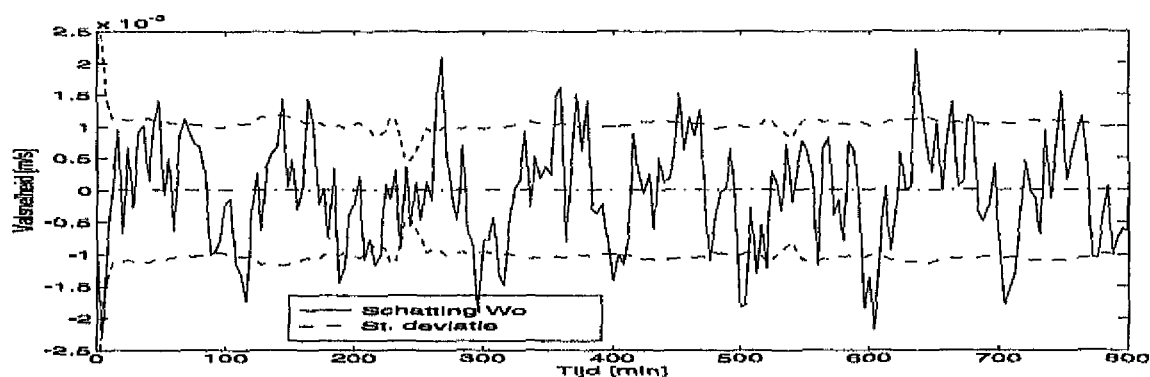


(c) *Deze laag komt ong. overeen met 2.5 m boven de bodem*

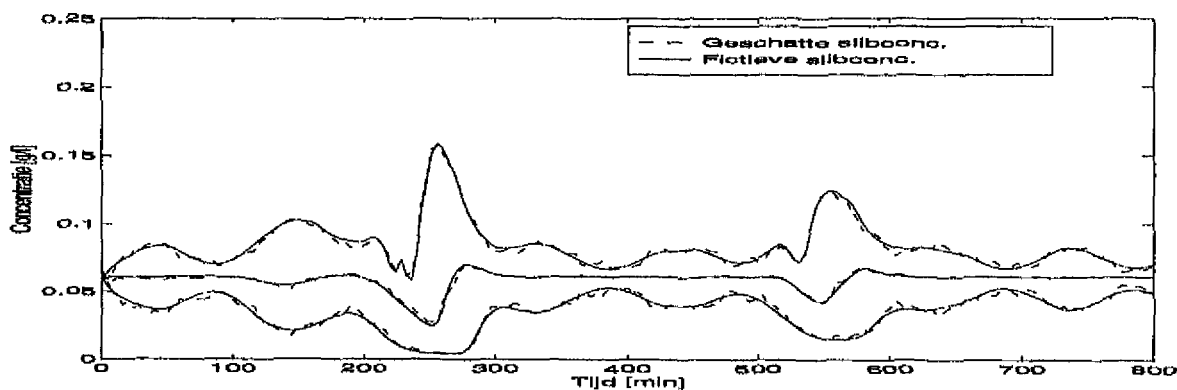
Figuur H.4: Vervolg van het schatten van c en w_o m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en constante $D - E$.



(a) De schatting de werkelijke waarde van de valsnelheid w_o .

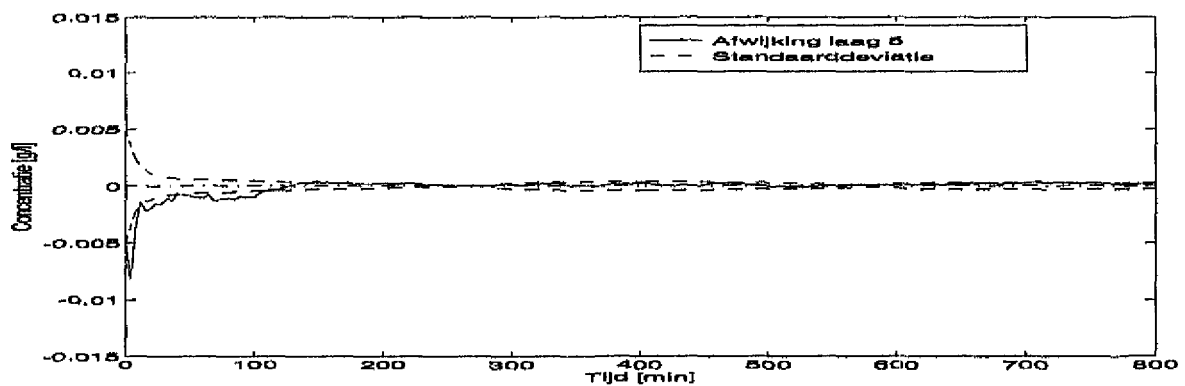


(b) De afwijking van de schatting van de valsnelheid w_o .

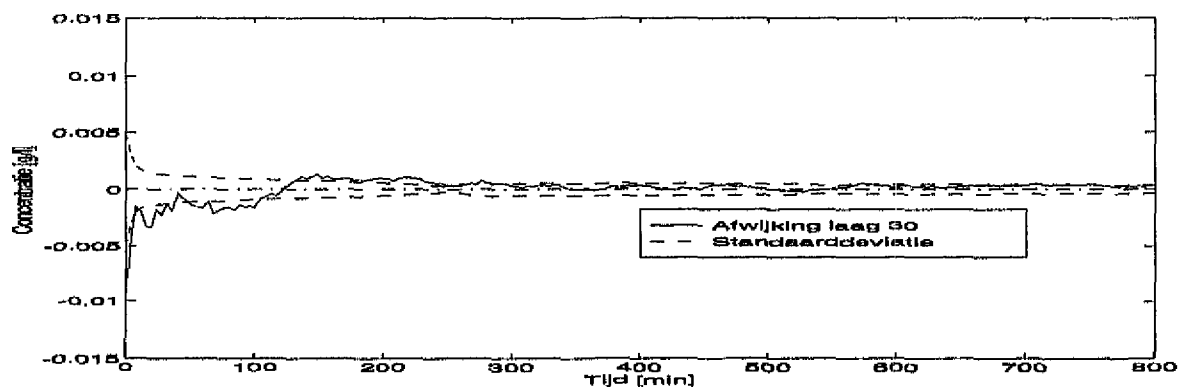


(c) De fictieve slijbconcentraties (zonder ruis!) tesamen met de geschatte slijbconcentraties uitgezet tegen de tijd, met van boven naar beneden de slijbconcentraties van lagen de 44,30 en 5.

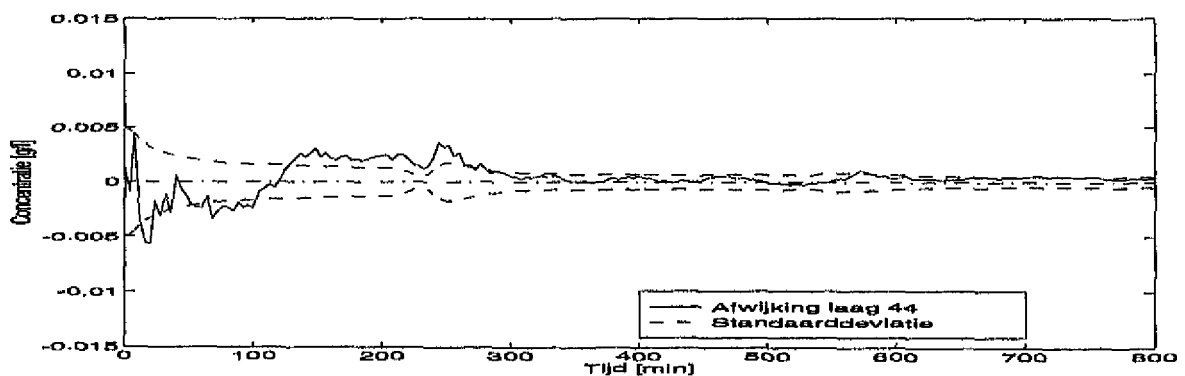
Figuur H.5: *Schatten van c en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_o en $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen van de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 tesamen met de standaarddeviaties uitgezet.*



(a) Deze laag komt ong. overeen met 1.5 m onder wateroppervlak

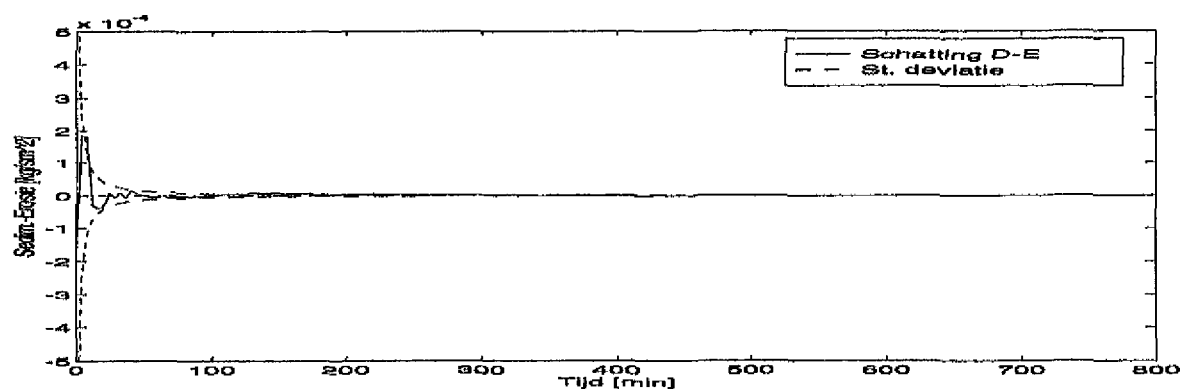


(b) Deze laag komt ong. overeen met 7.2 m boven de bodem

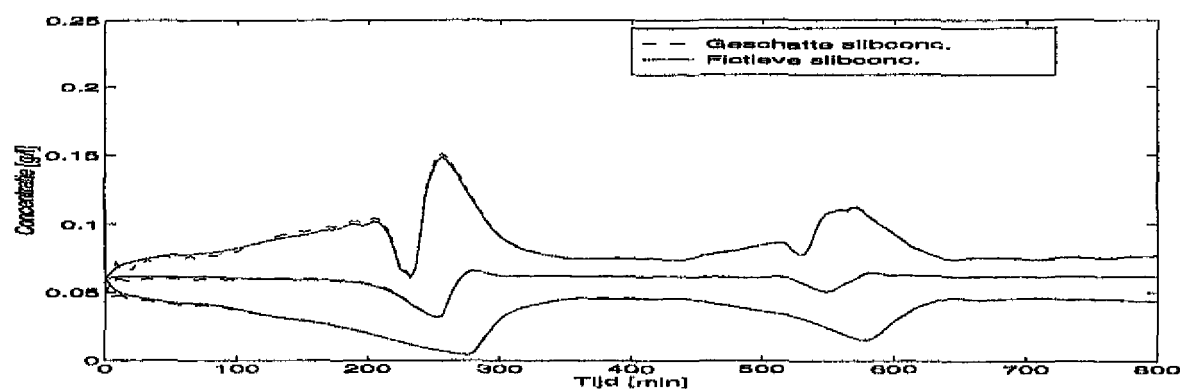


(c) Deze laag komt ong. overeen met 2.5 m boven de bodem

Figuur H.6: Vervolg van het schatten van c en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_o en $D - E$.

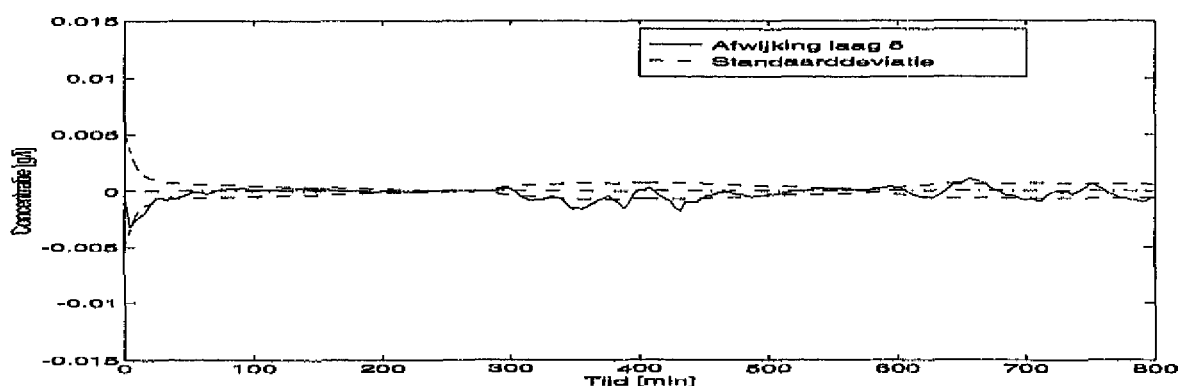


(a) De afwijking van de schatting van de sedimentatie min erosie $D - E$.

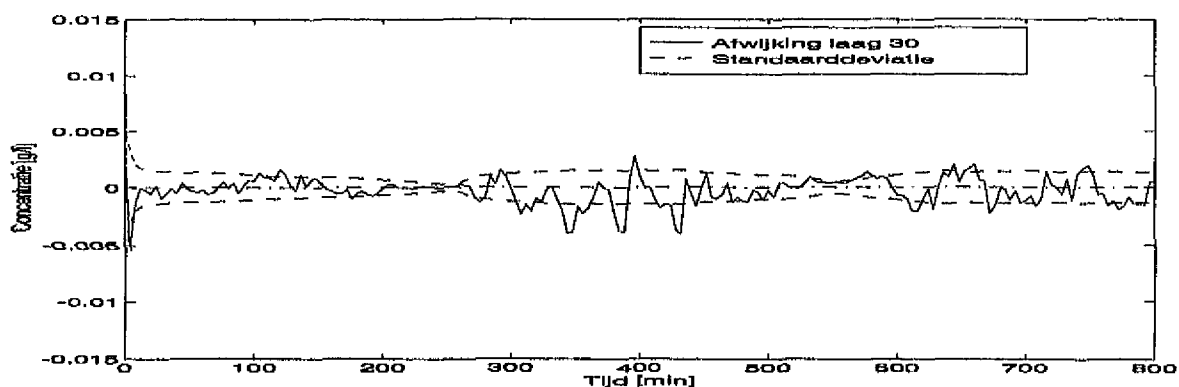


(b) De fictieve slibconcentraties (zonder ruis!) tesamen met de geschatte slibconcentraties uitgezet tegen de tijd, met van boven naar beneden de slibconcentraties van lagen de 44,30 en 5.

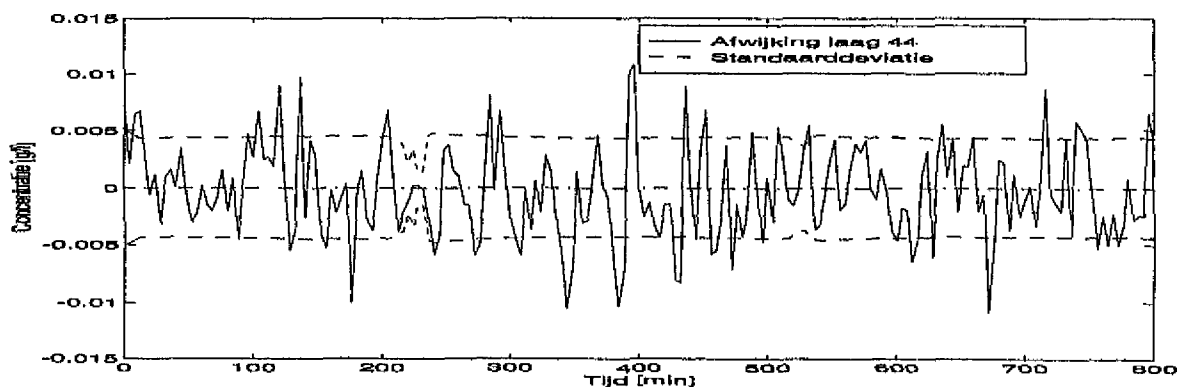
Figuur H.7: *Schatten van c en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_0 en variabele $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen van de slibconcentraties van de lagen 5,30 en 44 tesamen met de standaarddeviaties uitgezet.*



(a) Deze laag komt ong. overeen met 1.5 m onder wateroppervlak

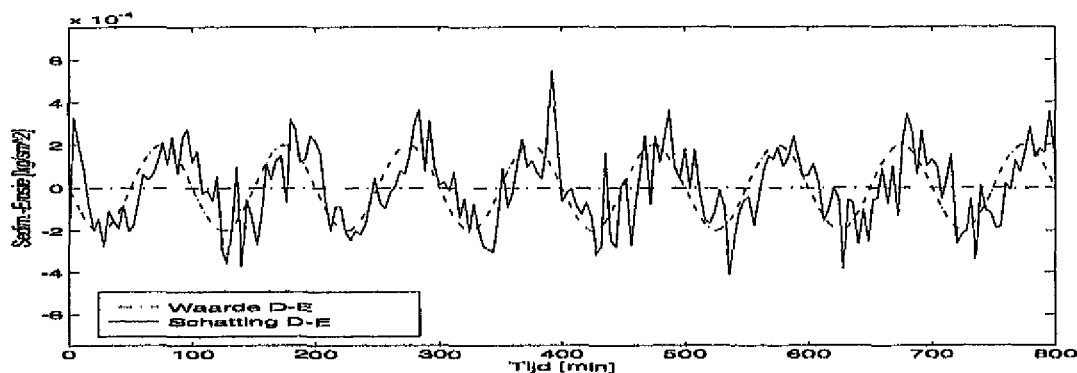


(b) Deze laag komt ong. overeen met 7.2 m boven de bodem

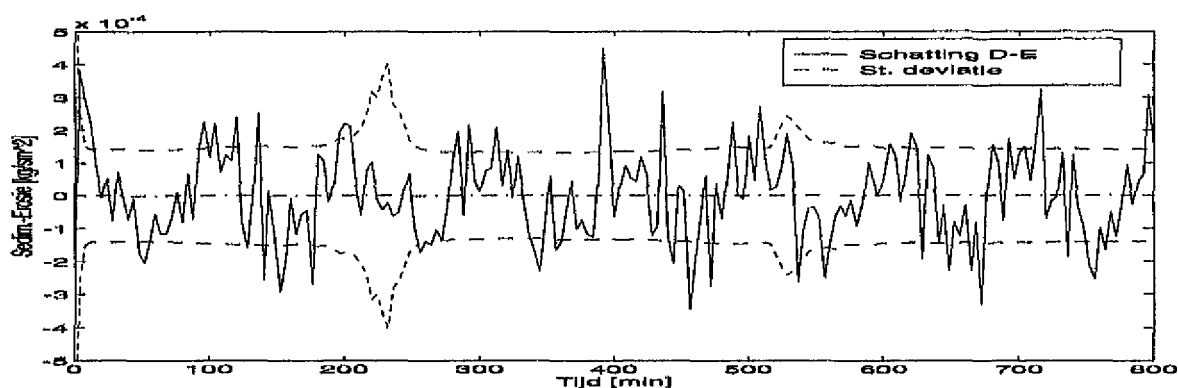


(c) Deze laag komt ong. overeen met 2.5 m boven de bodem

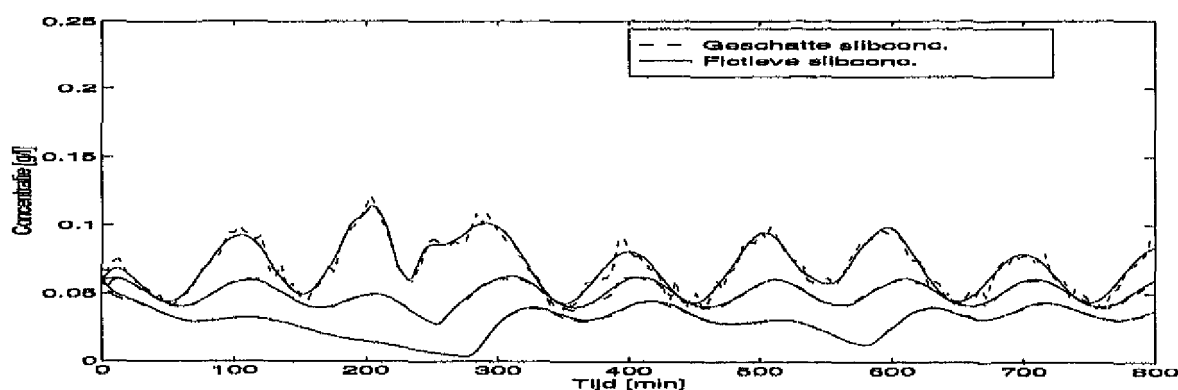
Figuur H.8: Vervolg van het **schatten van c en $D - E$** m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een constante w_o en variabele $D - E$.



(a) De schatting en de werkelijke waarde van de sedimentatie min de erosie $D - E$.

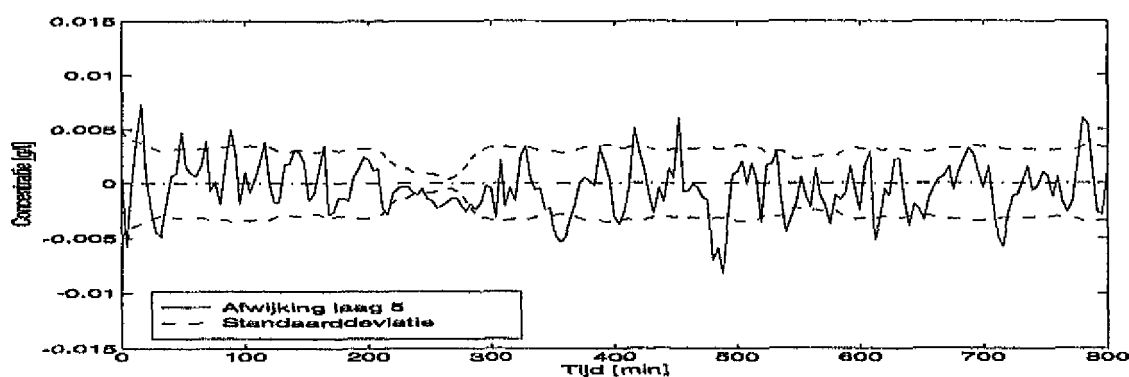


(b) De afwijking van de schatting van de sedimentatie min de erosie $D - E$.

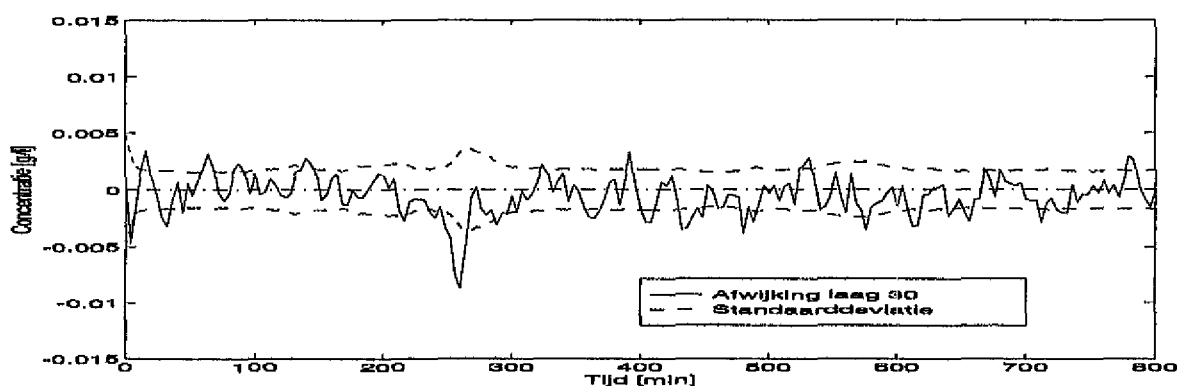


(c) De fictieve slibconcentraties (zonder ruis!) tesamen met de geschatte slibconcentraties uitgezet tegen de tijd, met van boven naar beneden de slibconcentraties van lagen de 44,30 en 5.

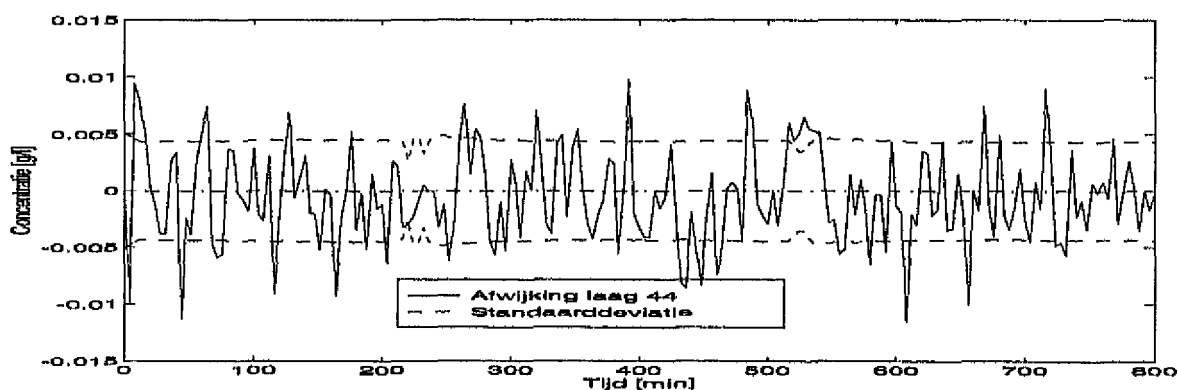
Figuur H.9: *Schatten van c , w_o en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen v.d. slibconcentraties v.d. lagen 5,30 en 44 tesamen met de st. dev. uitgezet.*



(a) Deze laag komt ong. overeen met 1.5 m onder wateroppervlak

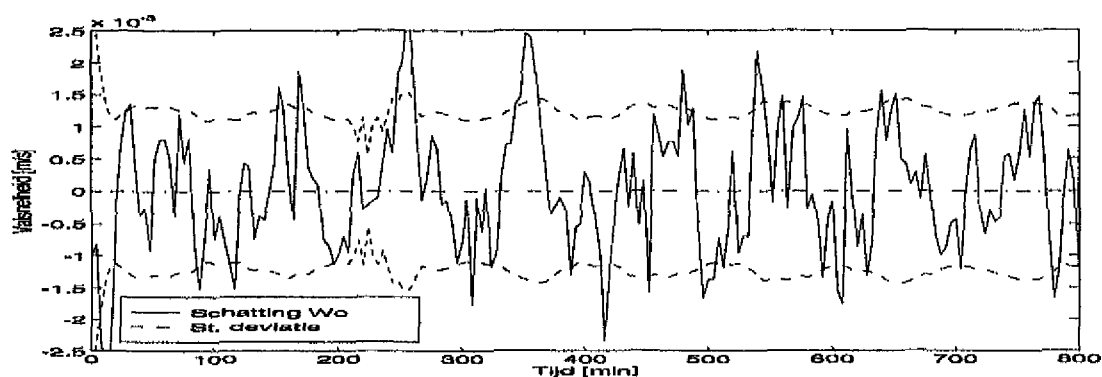


(b) Deze laag komt ong. overeen met 7.2 m boven de bodem

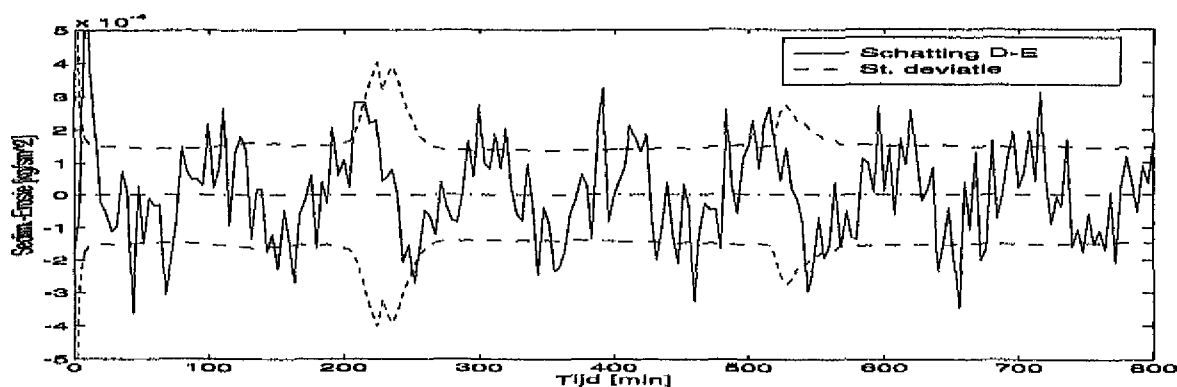


(c) Deze laag komt ong. overeen met 2.5 m boven de bodem

Figuur H.10: Vervolg van het schatten van c , w_o en $D - E$ m.b.v. fctieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en $D - E$. In de figuren zijn de afwijkingen van de valsnelheid w_o en de sedimentatie min de erosie $D - E$ tesamen met de bijbehorende standaarddeviaties uitgezet.

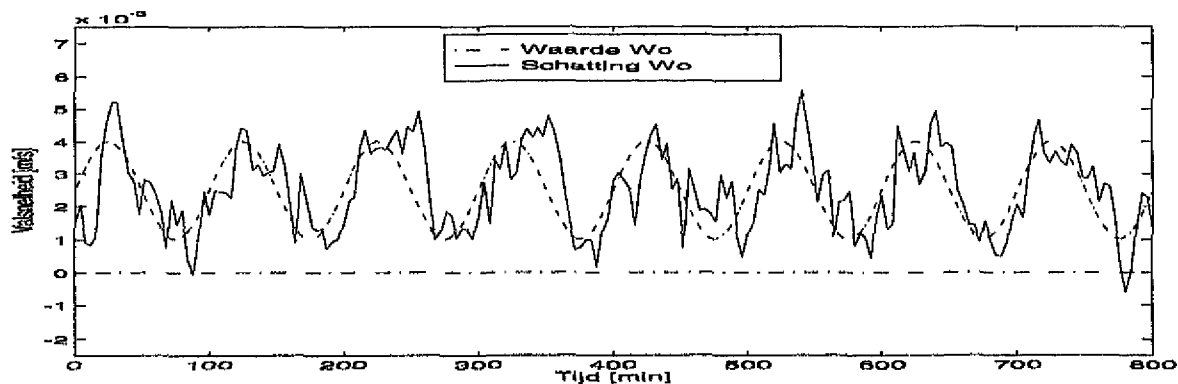


(a) De afwijking van de schatting van de valsnelheid w_o .

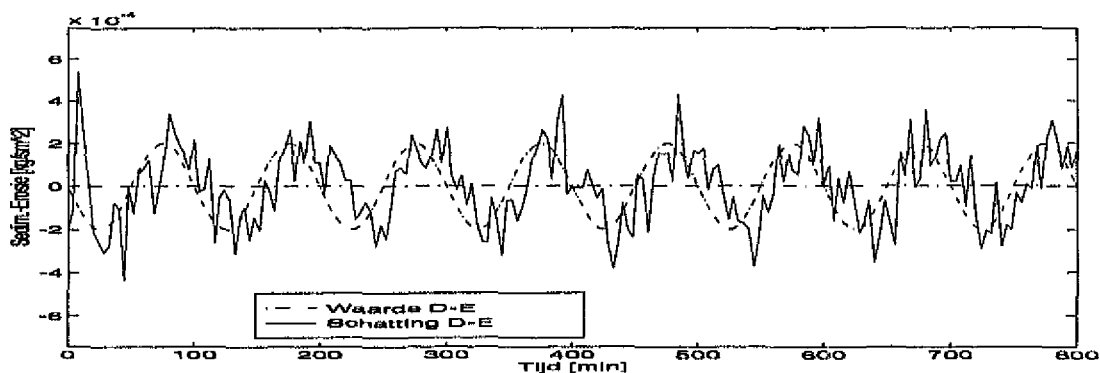


(b) De afwijking van de schatting van de sedimentatie min erosie $D - E$.

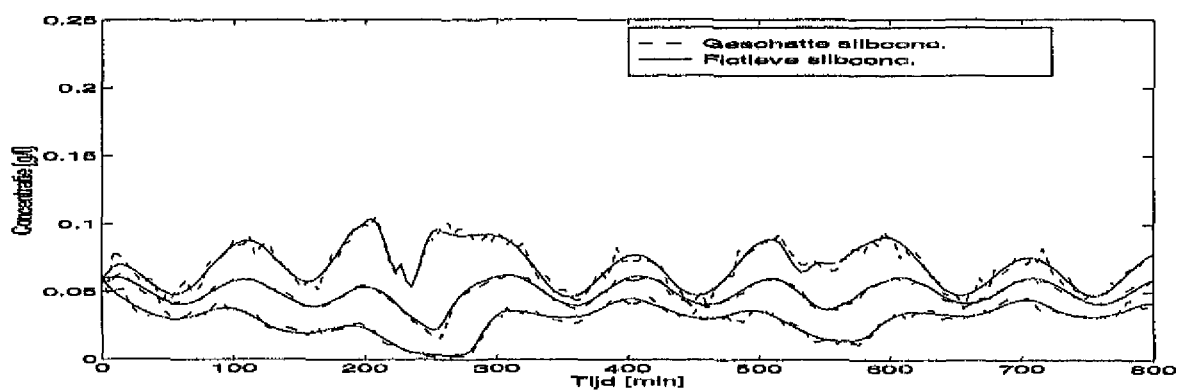
Figuur H.11: Vervolg van het schatten van c , w_o en $D - E$ m.b.v. fictieve meetgegevens, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en $D - E$.



(a) De schatting en de werkelijke waarde van de valsnelheid w_o .

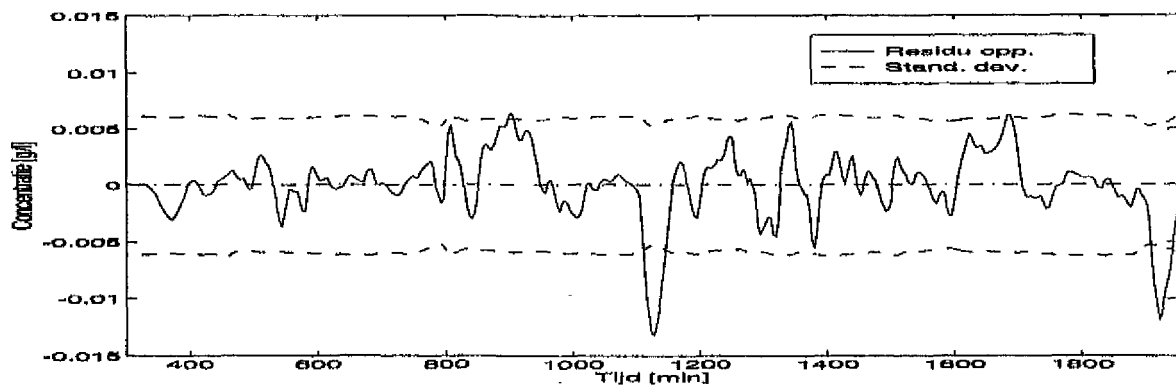


(b) De schatting en de werkelijke waarde van de sedimentatie min erosie $D - E$.

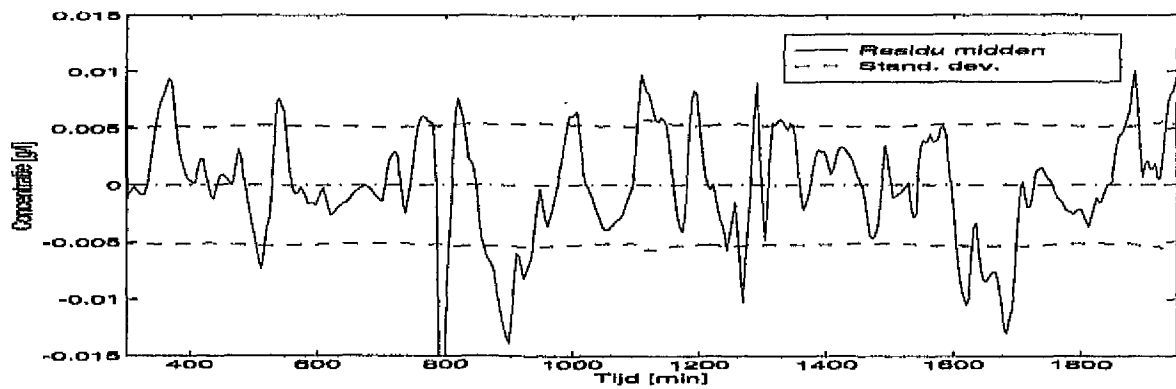


(c) De fictieve slibconcentraties (zonder ruis!) tesamen met de geschatte slibconcentraties uitgezet tegen de tijd, met van boven naar beneden de slibconcentraties van lagen de 5,30 en 44.

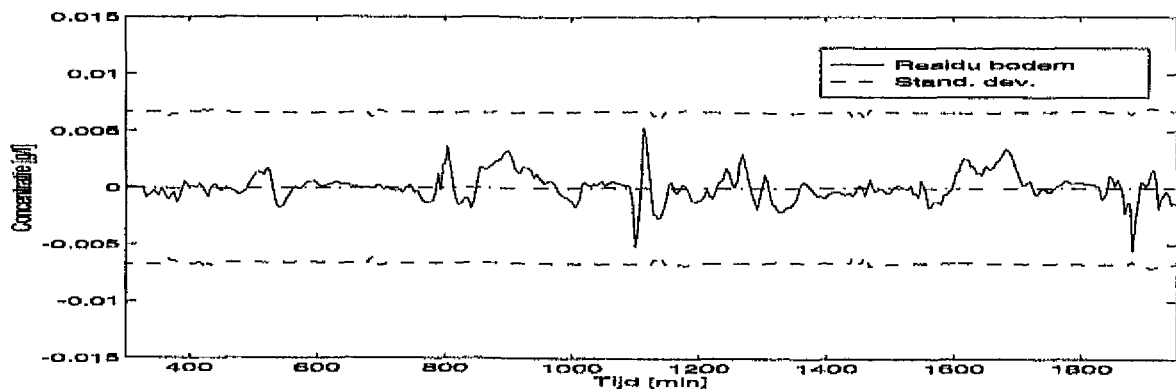
Figuur H.12: Schatten van c , w_o en $D - E$ m.b.v. de gemeten slibconcentraties. In de figuren zijn de afwijkingen v.d. slibconcentraties v.d. lagen 5,30 en 44 tesamen met de st. dev. uitgezet.



(a) Deze laag komt ong. overeen met 1.5 m onder wateroppervlak

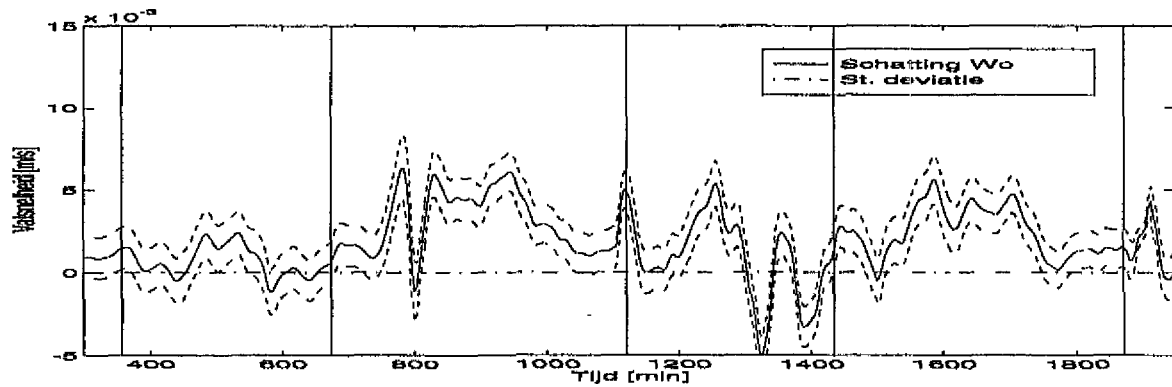


(b) Deze laag komt ong. overeen met 7.2 m boven de bodem

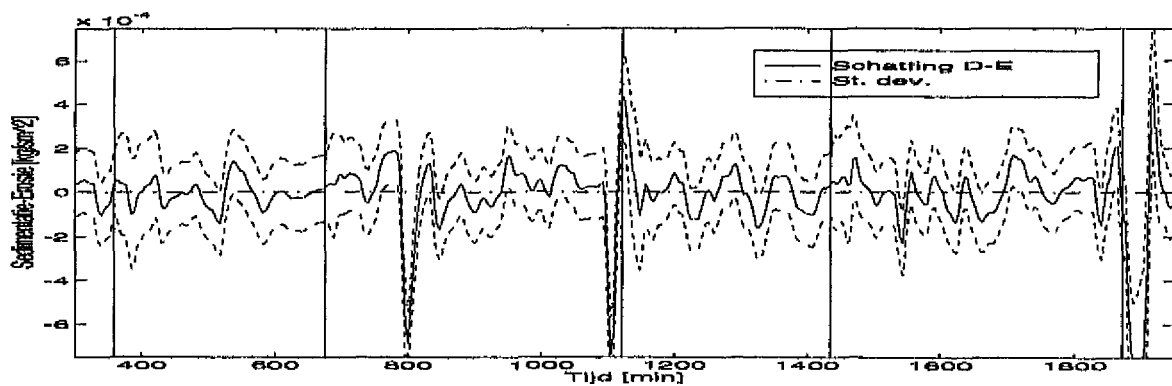


(c) Deze laag komt ong. overeen met 2.5 m boven de bodem

Figuur H.13: Vervolg van het schatten van c , w_o en $D - E$ m.b.v. de gemeten slibconcentraties.

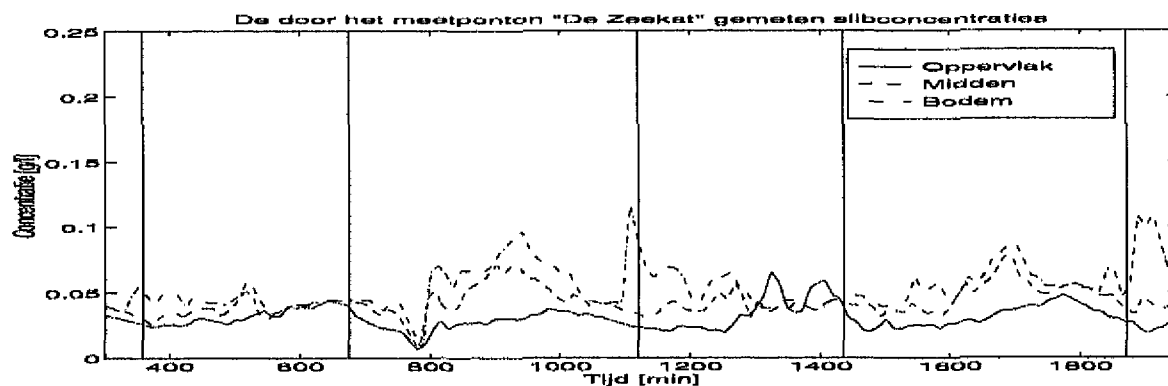


(a) De schatting van de valsnelheid w_o .

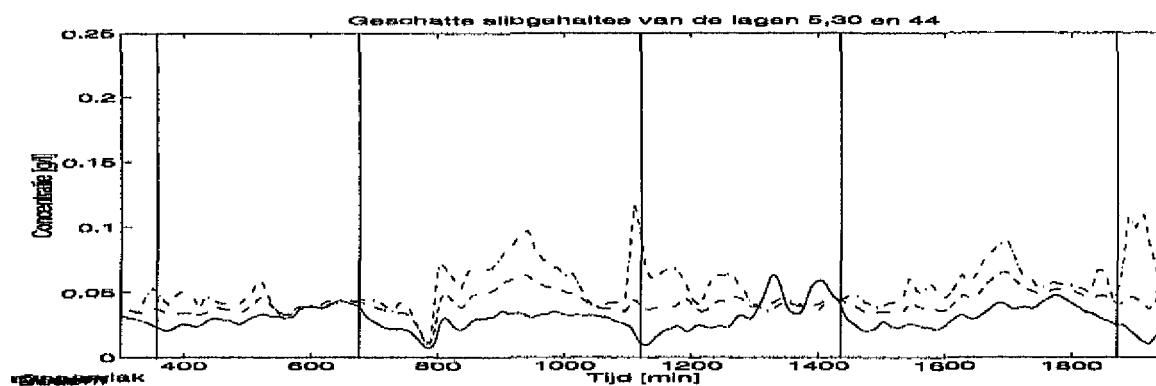


(b) De schatting van de sedimentatie min erosie $D - E$.

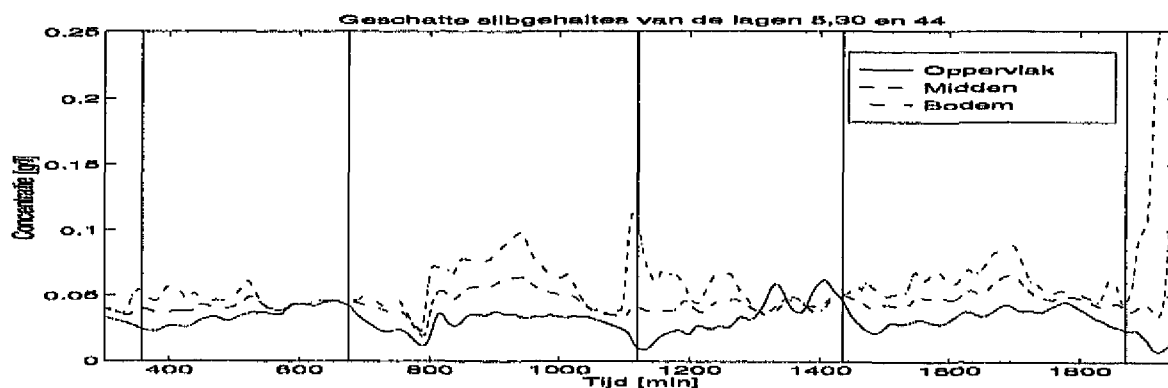
Figuur H.14: Vervolg van het schatten van c , w_o en $D - E$ m.b.v. gemeten slibconcentraties, die gegenereerd zijn met een variabele w_o en $D - E$.



(a) De gemeten slibconcentraties van 1.5 m onder het opp. 7.2 m boven de bodem en 2.5 m boven de bodem.



(b) De geschatte slibconcentraties uitgezet tegen de tijd, met van boven naar beneden de slibconcentraties van lagen de 44,30 en 5.



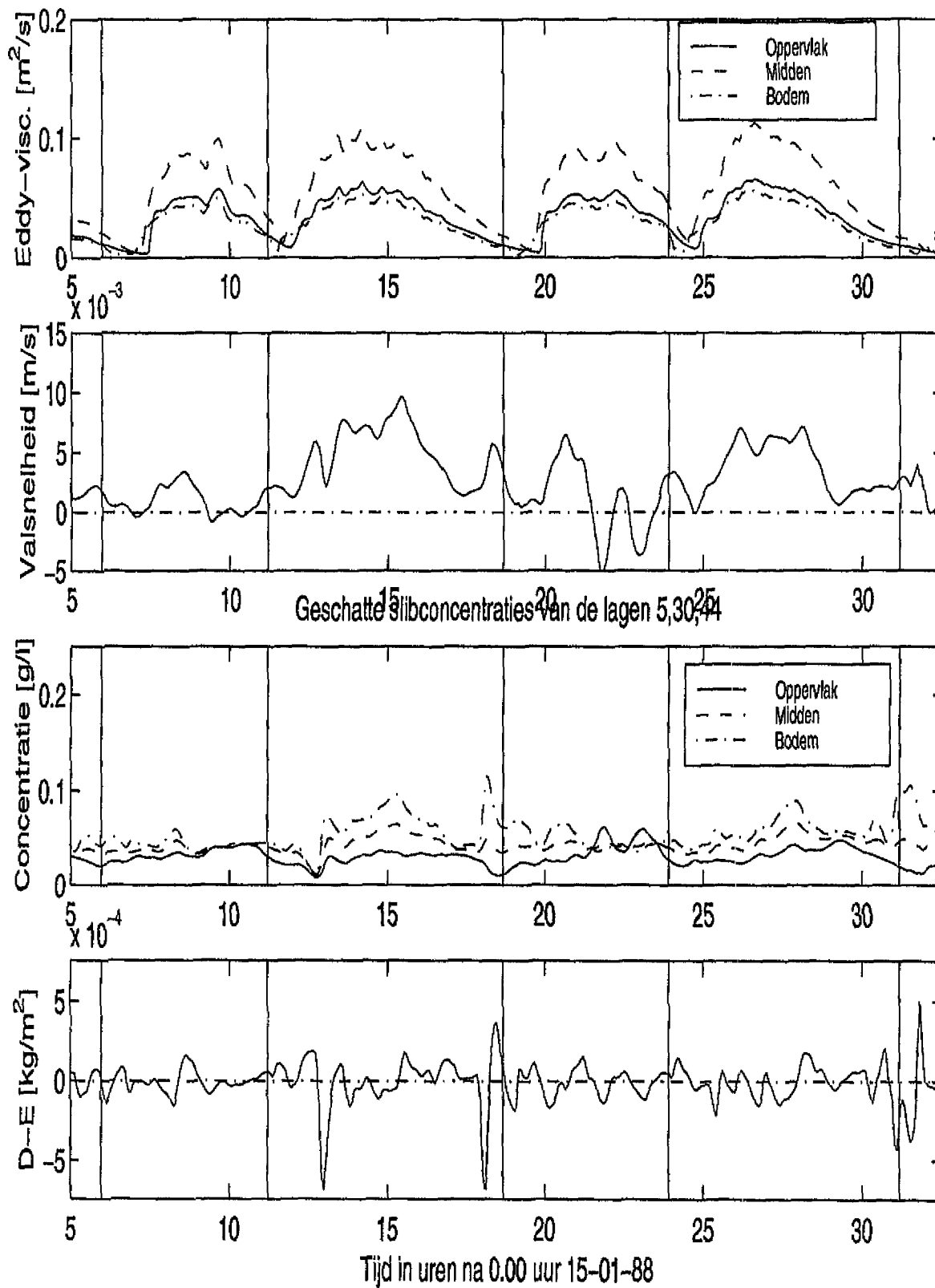
(c) De door het 1DV-model berekende slibconcentraties van de lagen de 44,30 en 5 met als invoer de schattingen van w_o en $D - E$.

Bijlage I

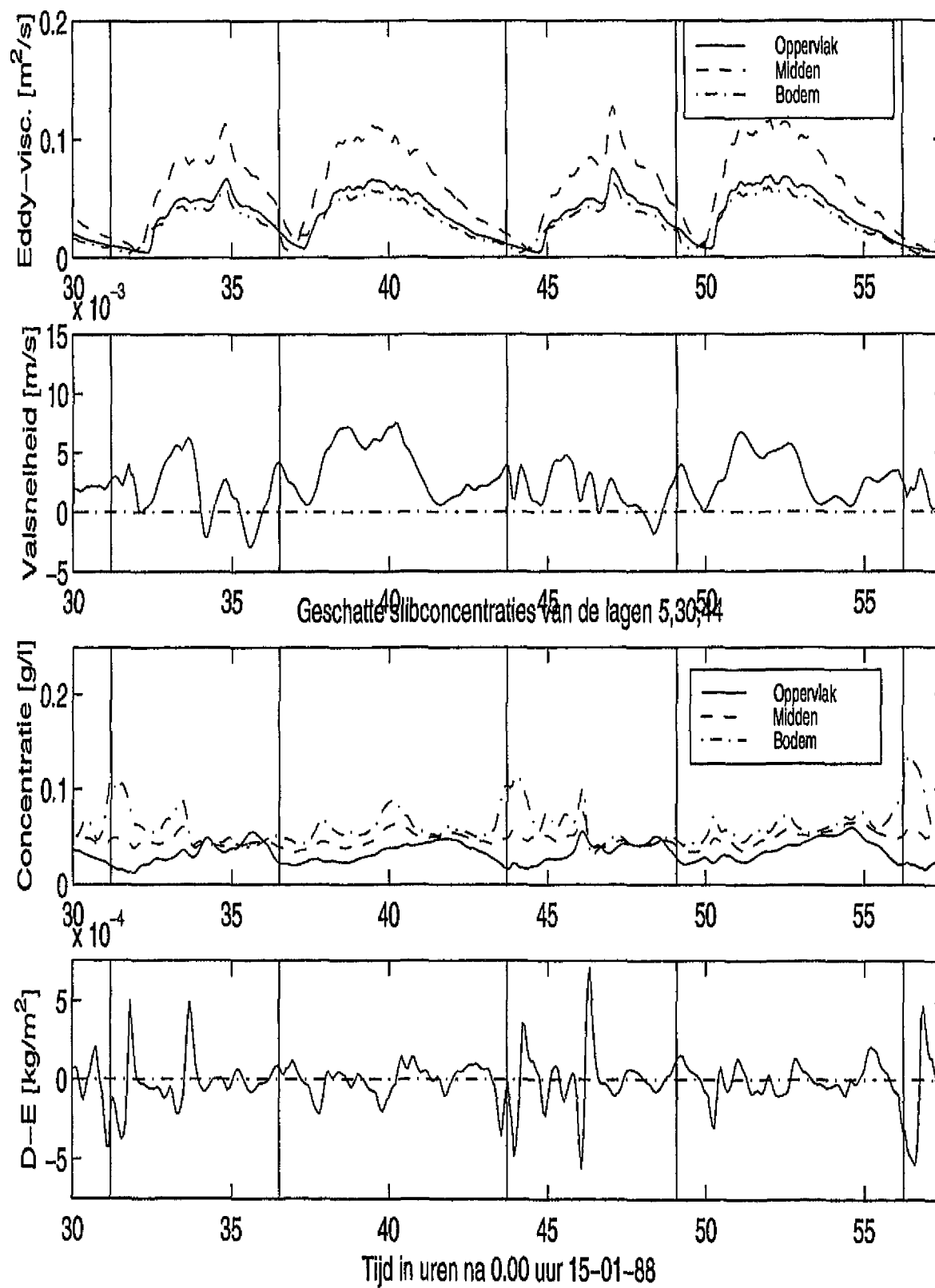
Doodtij/springtij cyclus schattingen en metingen

In deze bijlage zijn de uitkomsten van het 1DV-model, de schattingen verkregen met het filter en de gemeten slibconcentraties en waterhoogtes, uitgezet in grafieken. Voor de meetlocatie in het Middelgat is dit gedaan voor een gehele doodtij-springtijcyclus. Voor de meetlocaties in het Nauw van Bath en de Schaar van Spijkerplaat zijn de uitkomsten gevisualiseerd voor een doodtij, een gemiddeld getij en een springtij.

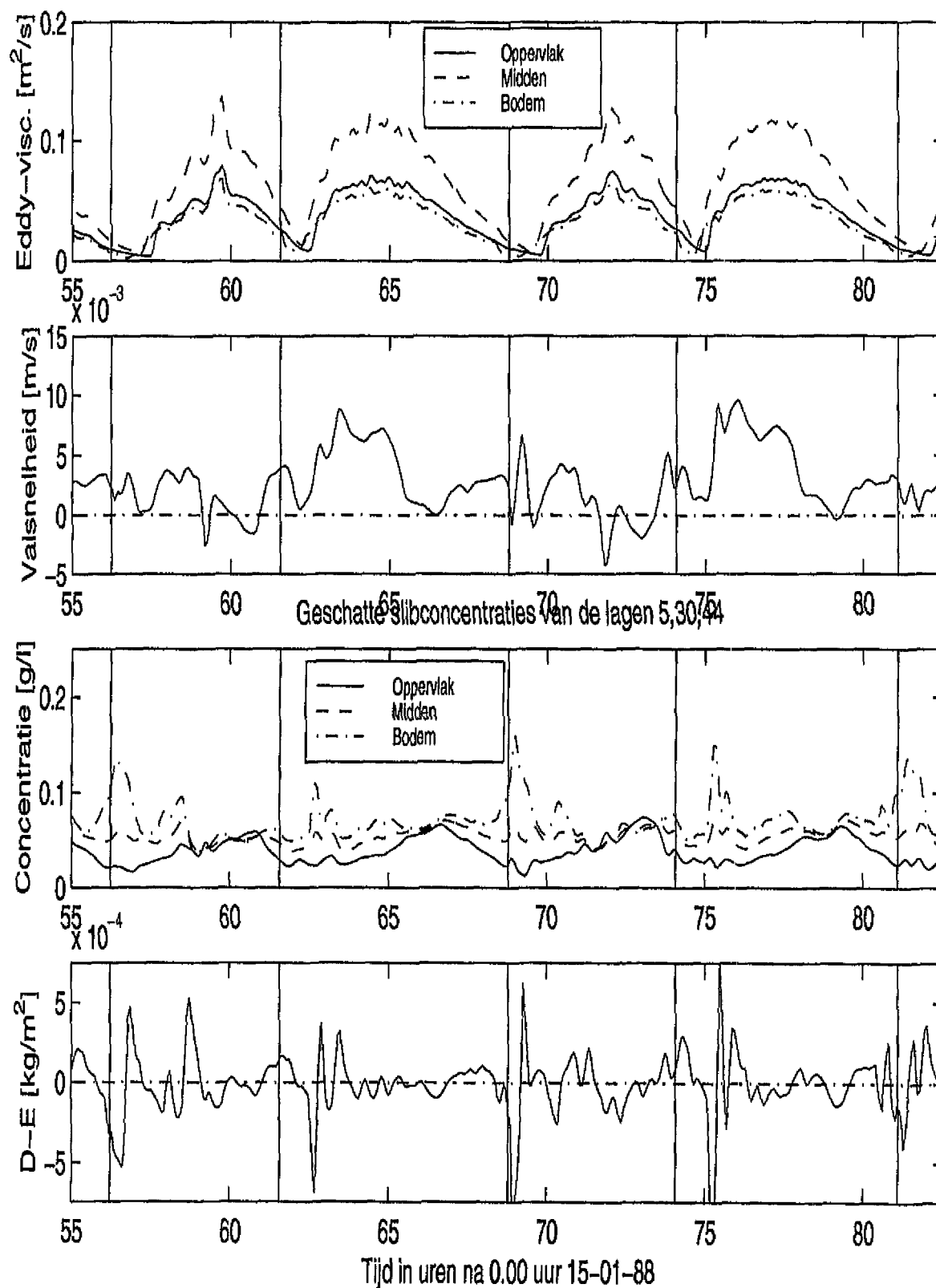
Figuur I.1.A: Middelgat, geschatte en berekende parameters



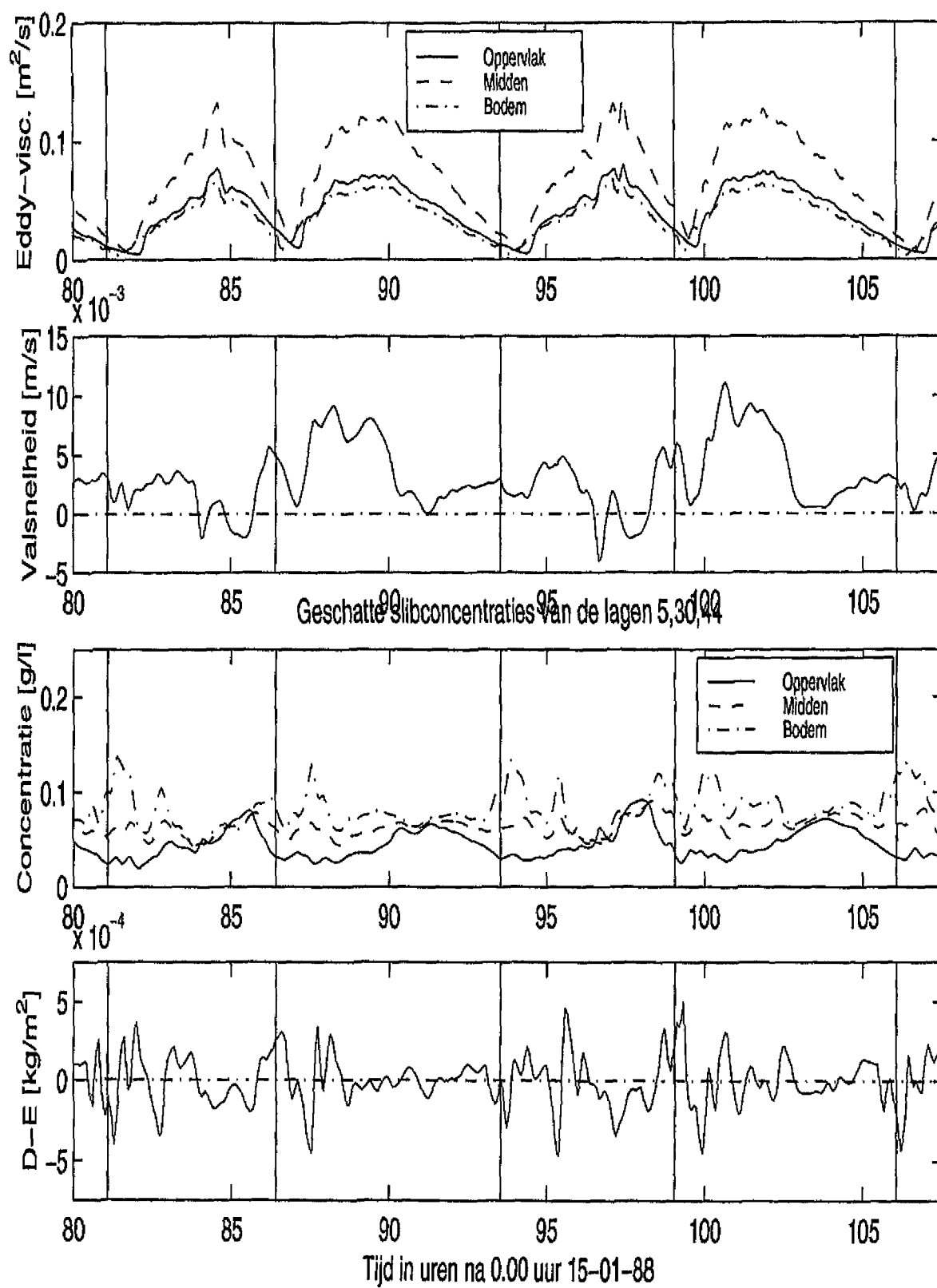
Figuur I.1.B: Middelgat, geschatte en berekende parameters



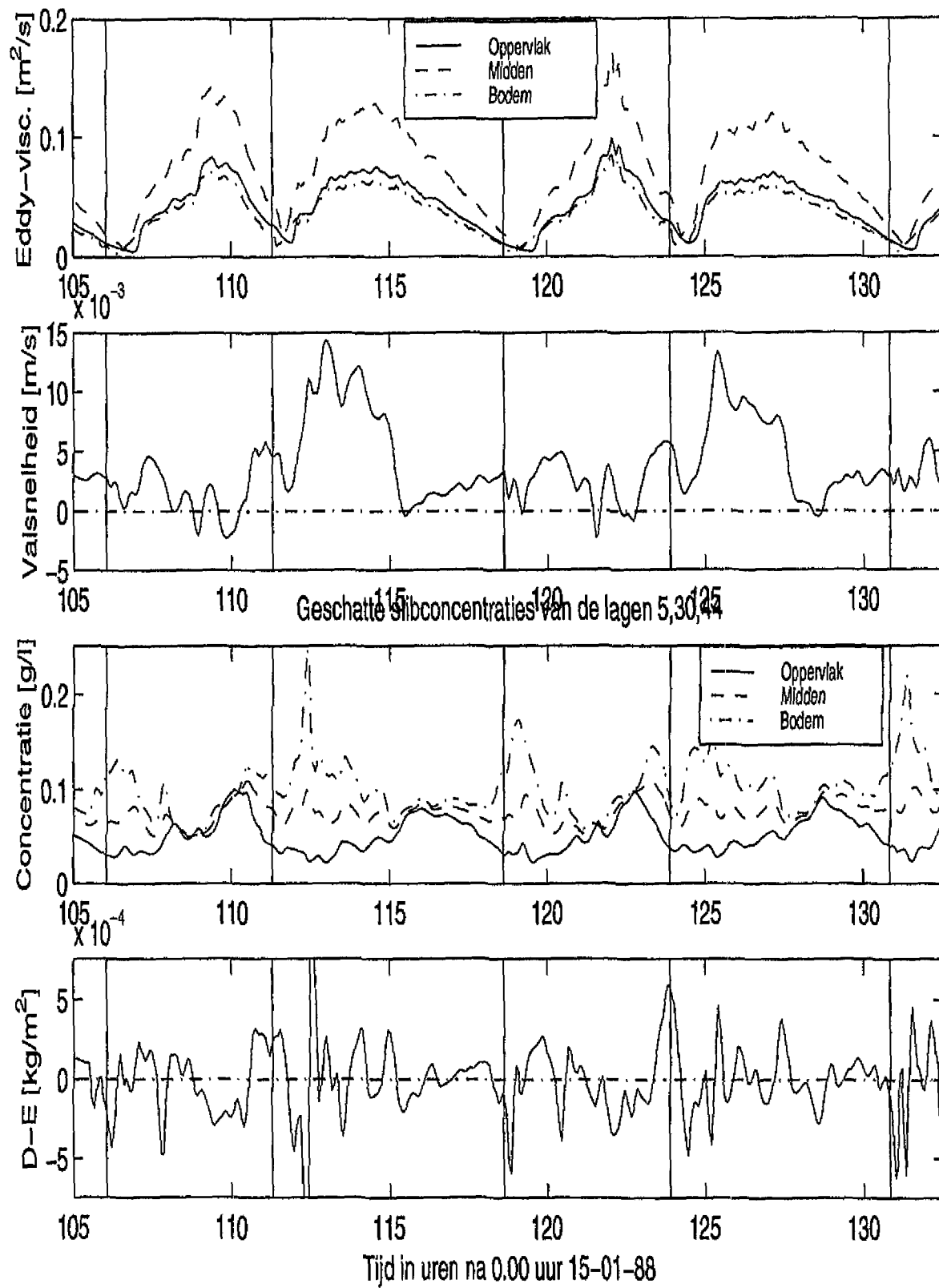
Figuur I.1.C: Middelgat, geschatte en berekende parameters



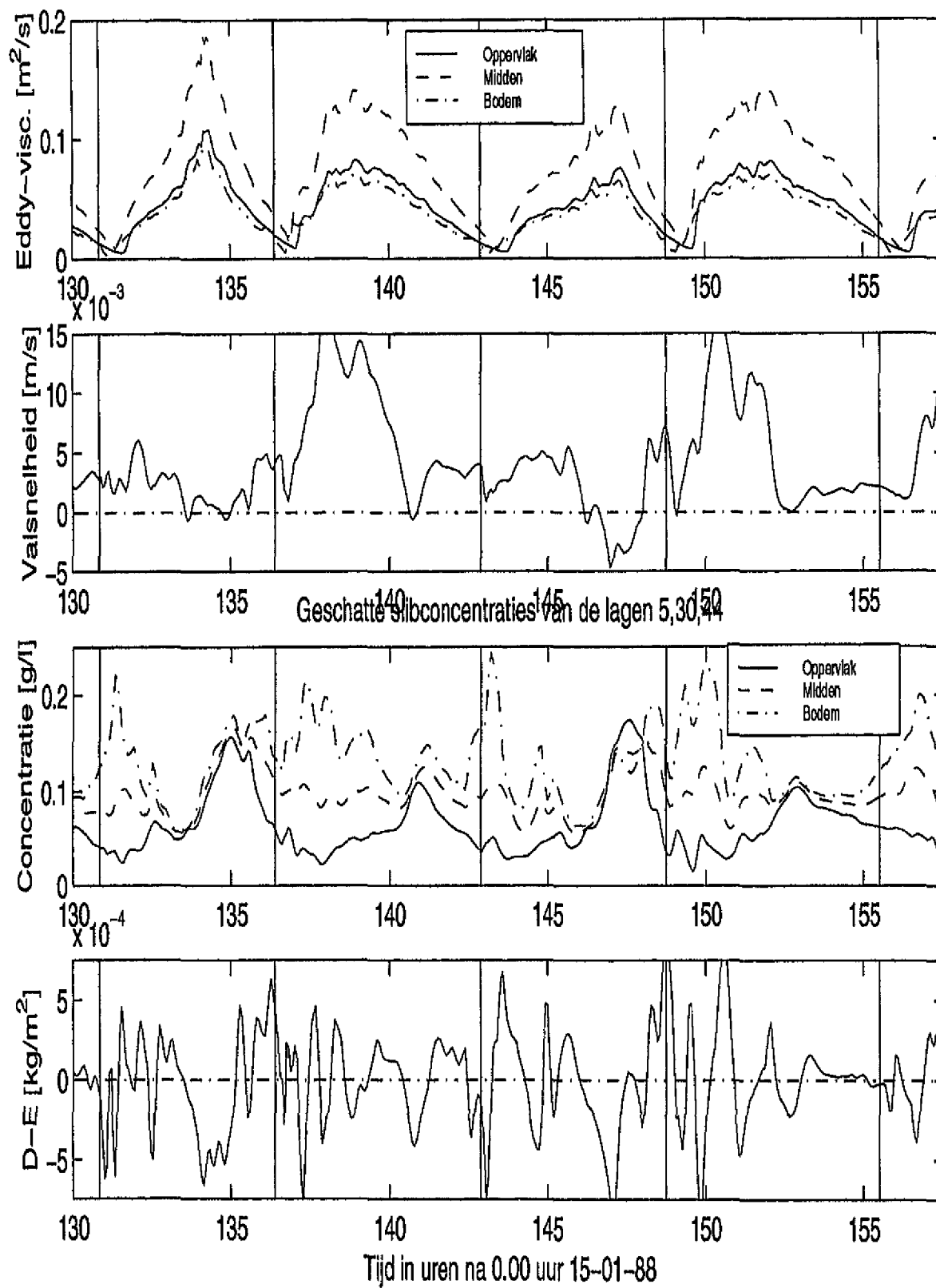
Figuur I.1.D: Middelgat, geschatte en berekende parameters



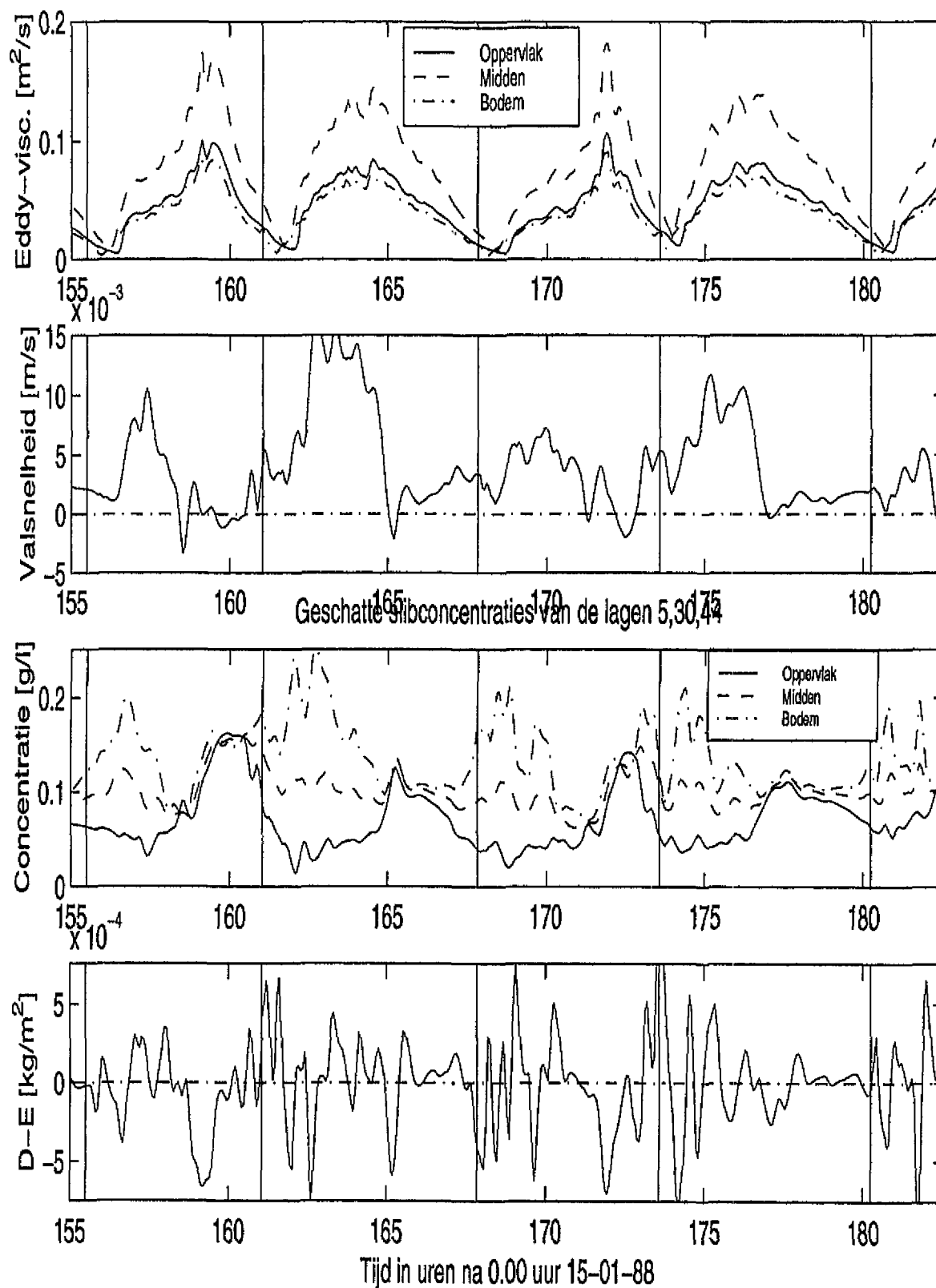
Figuur I.1.E: Middelgat, geschatte en berekende parameters



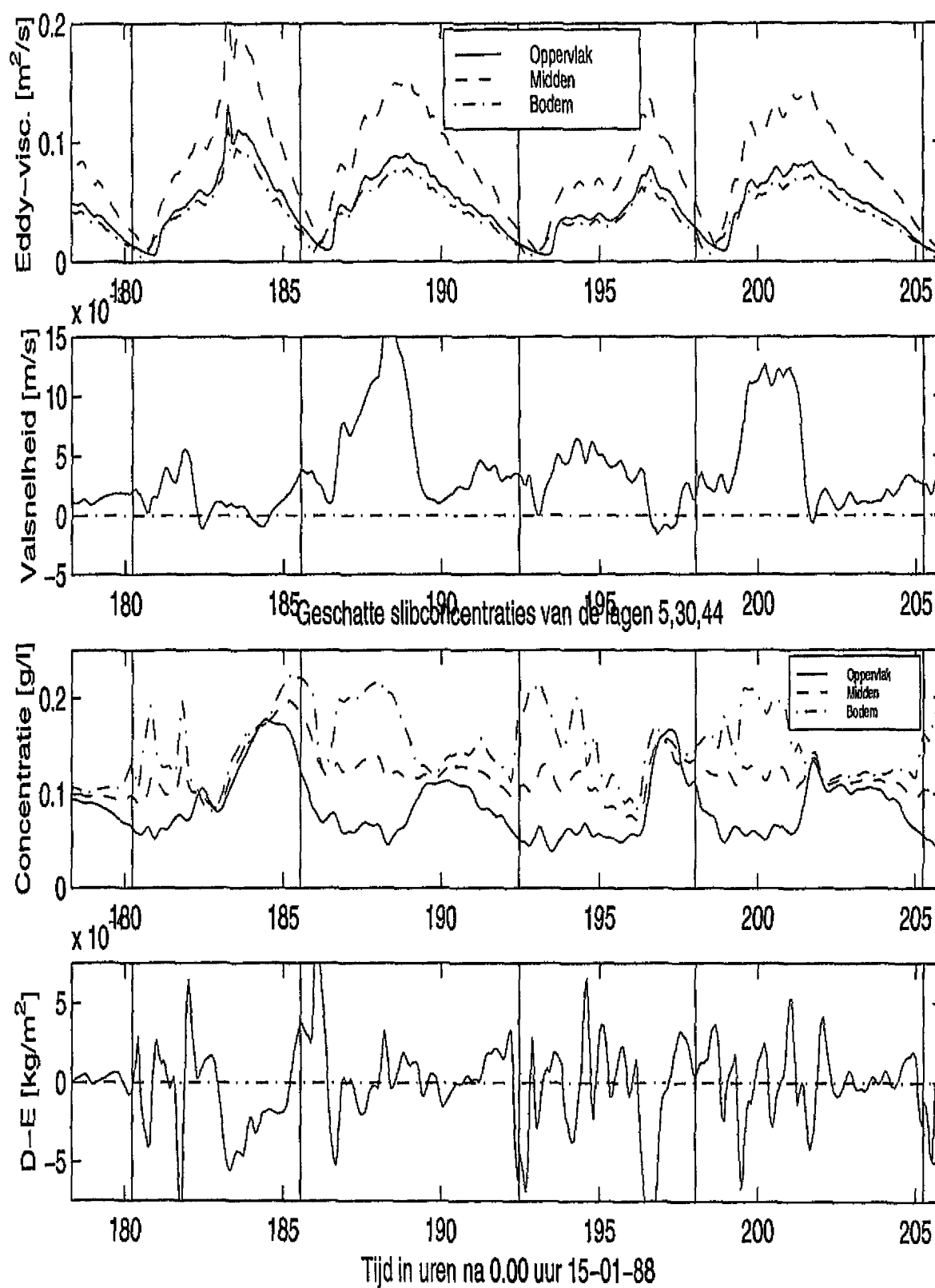
Figuur I.1.F: Middelgat, geschatte en berekende parameters



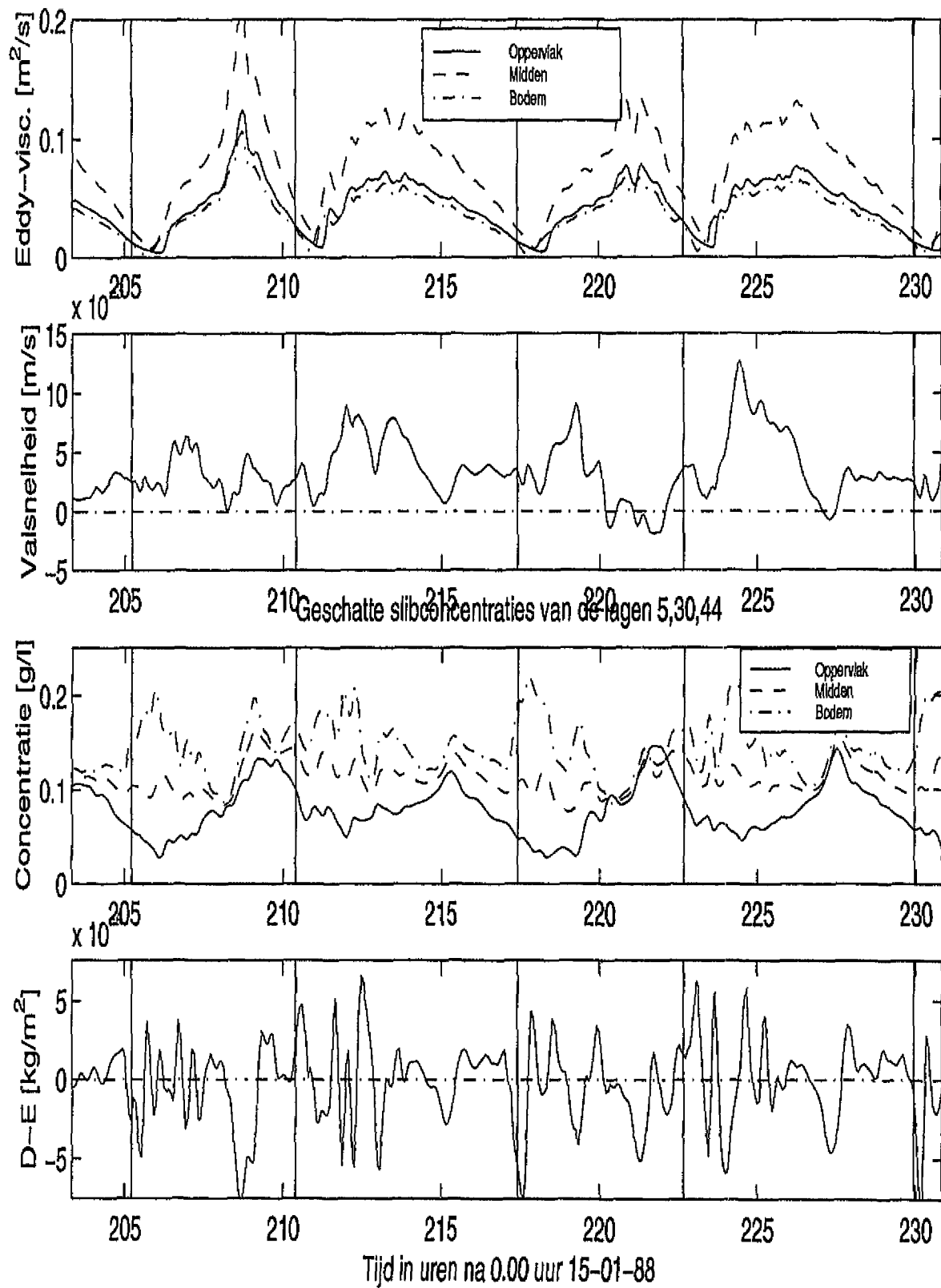
Figuur I.1.G: Middelgat, geschatte en berekende parameters



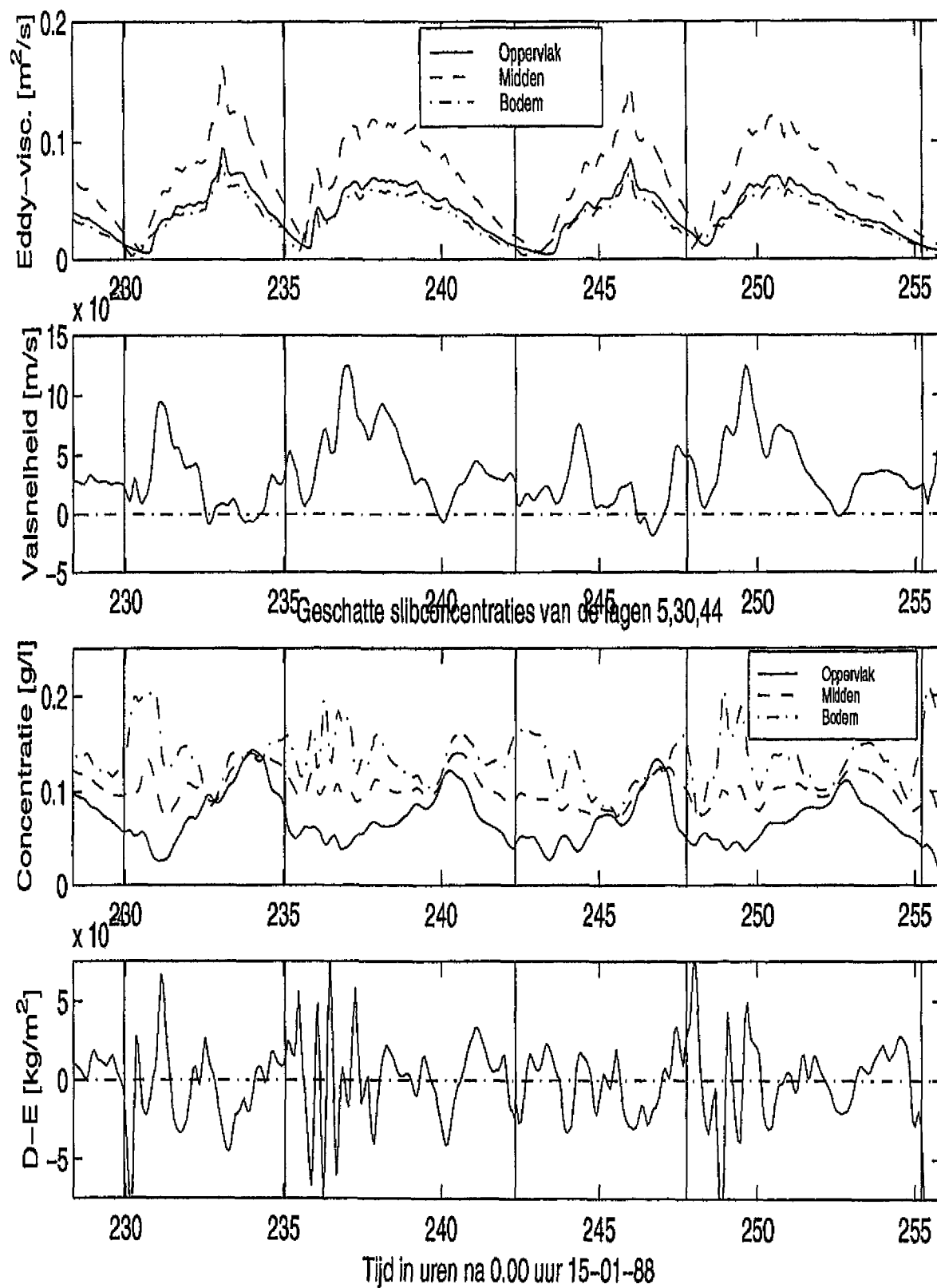
Figuur I.1.H: Middelgat, geschatte en berekende parameters



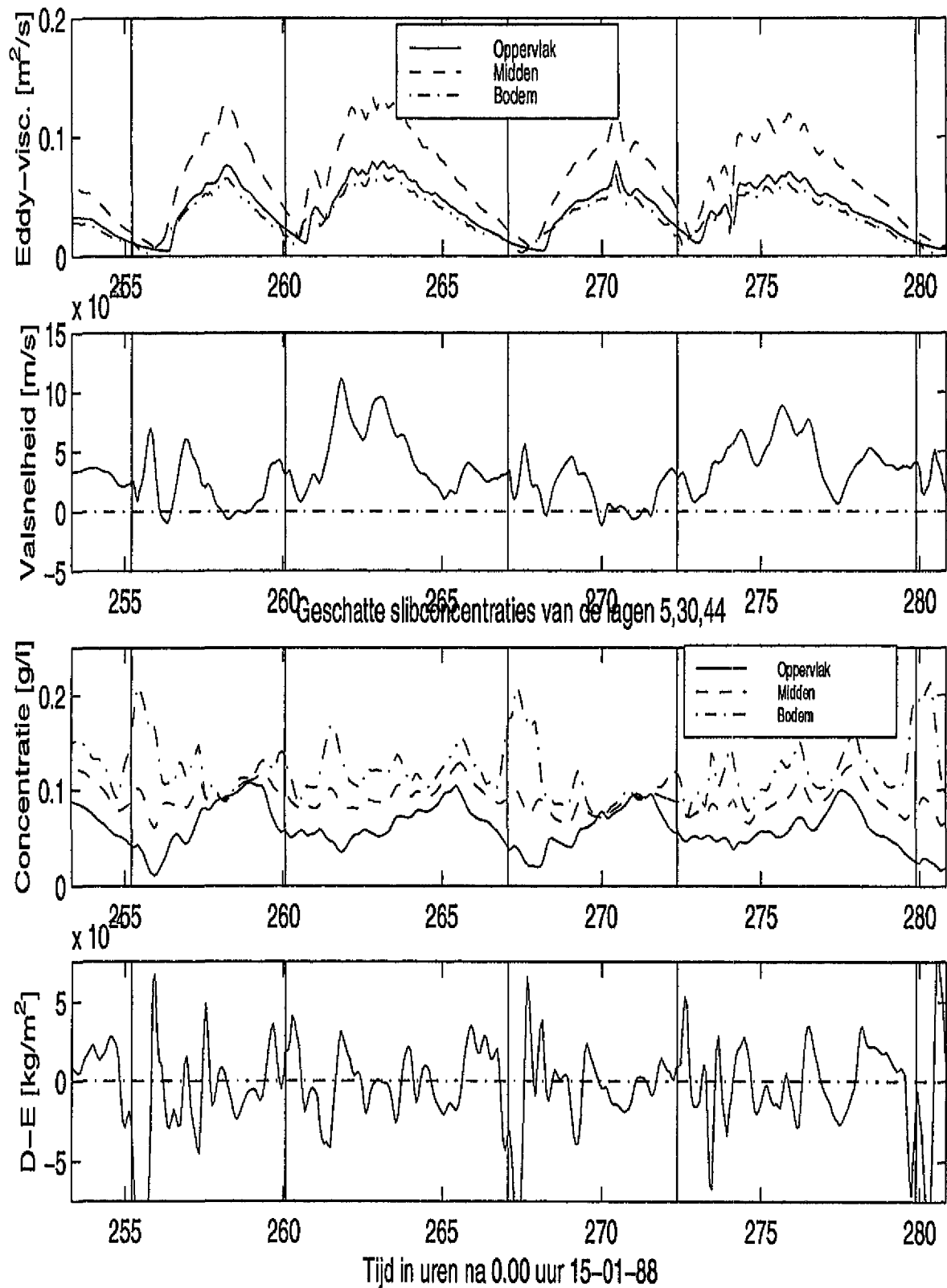
Figuur I.1.I: Middelgat, geschatte en berekende parameters



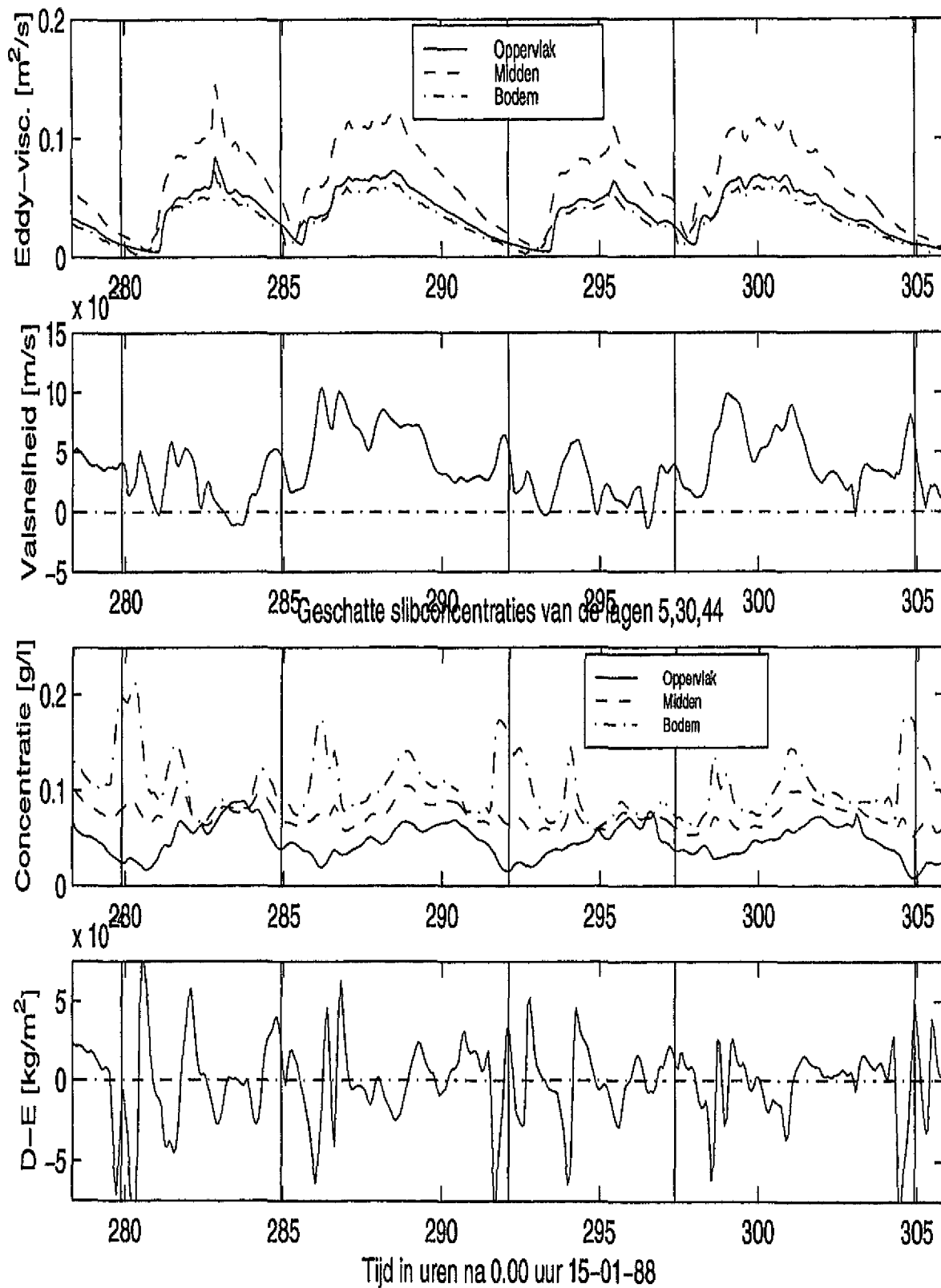
Figuur I.1.J: Middelgat, geschatte en berekende parameters



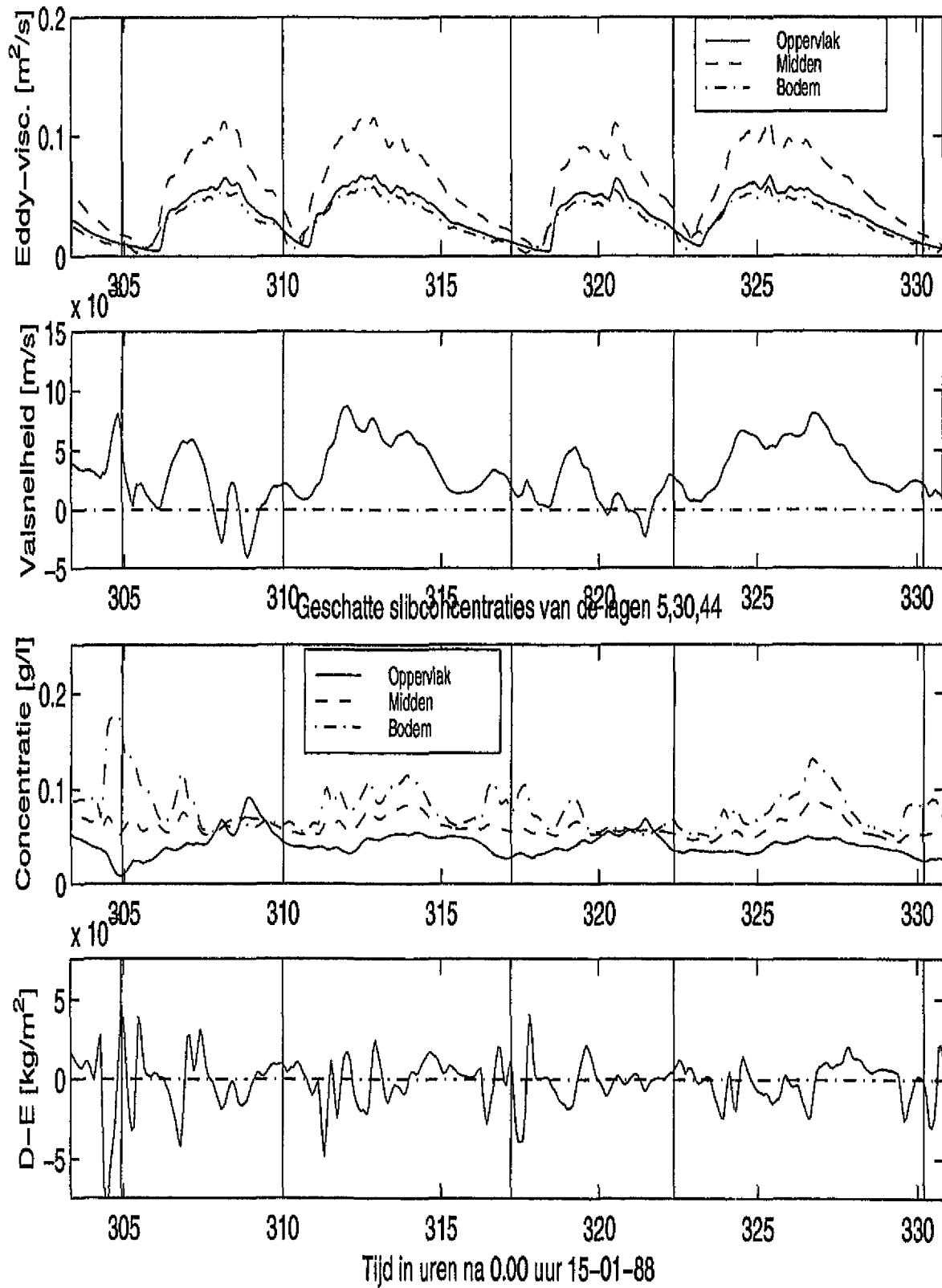
Figuur I.1.K: Middelgat, geschatte en berekende parameters



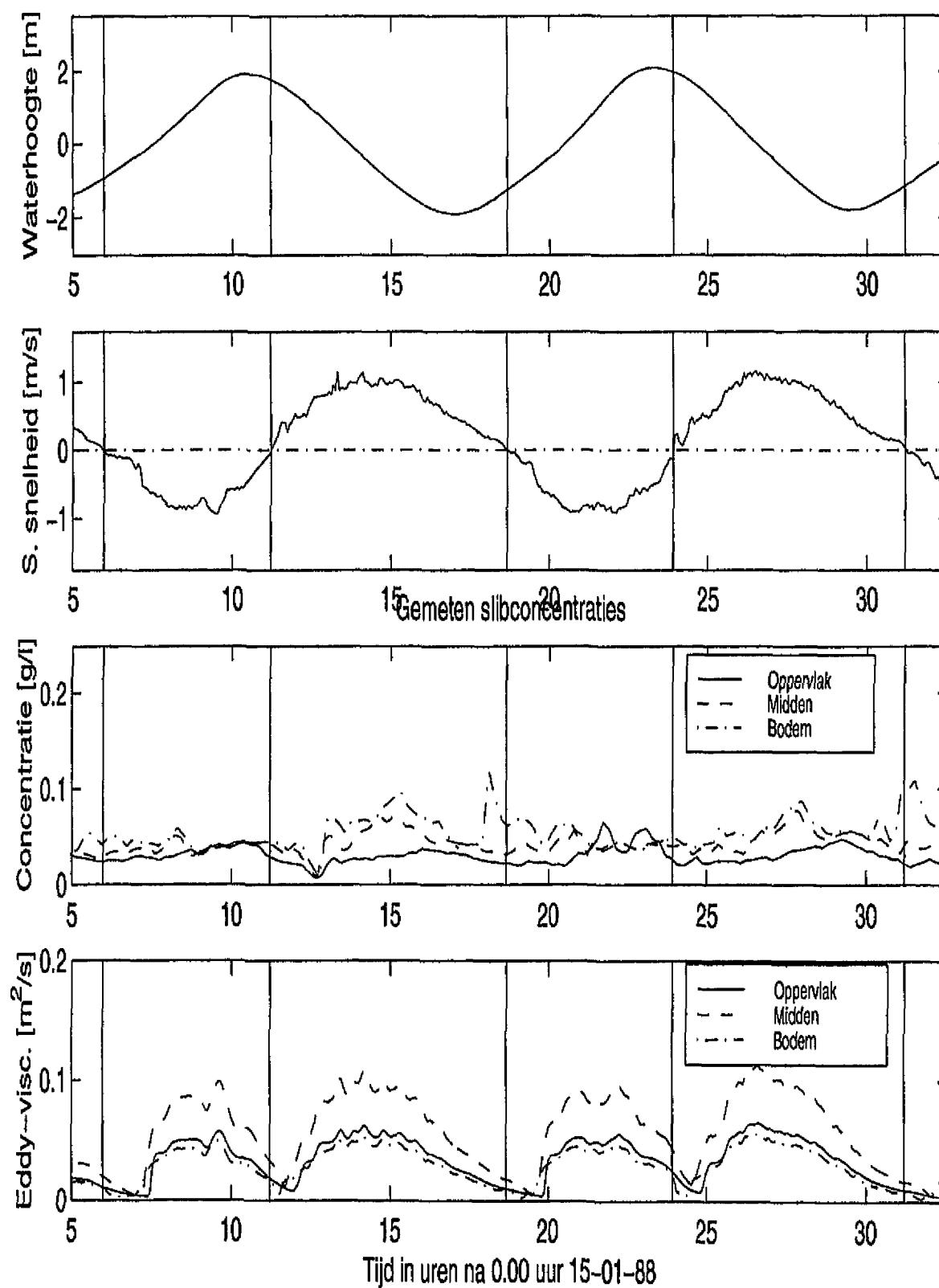
Figuur I.1.L: Middelgat, geschatte en berekende parameters



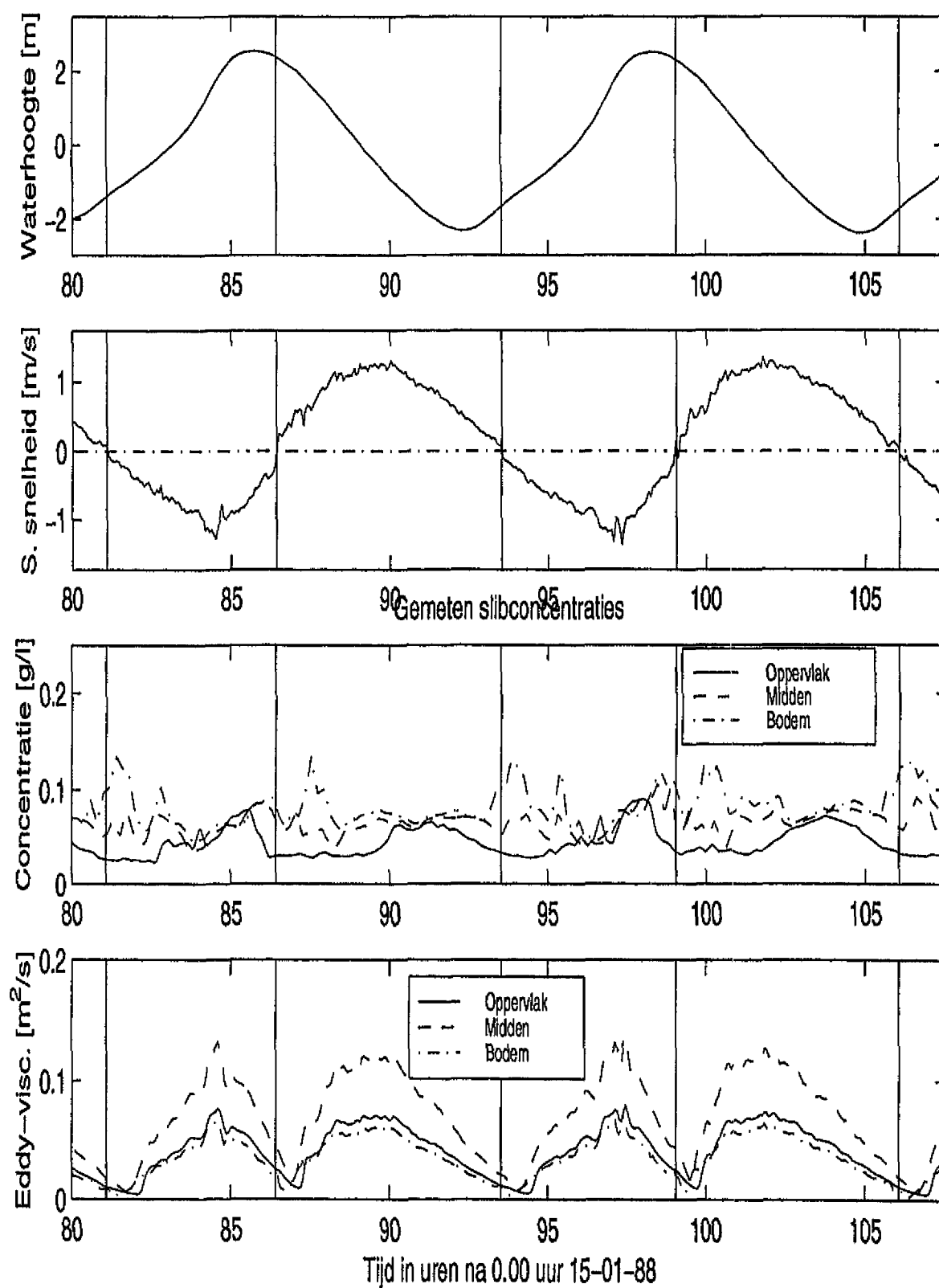
Figuur I.1.M: Middelgat, geschatte en berekende parameters



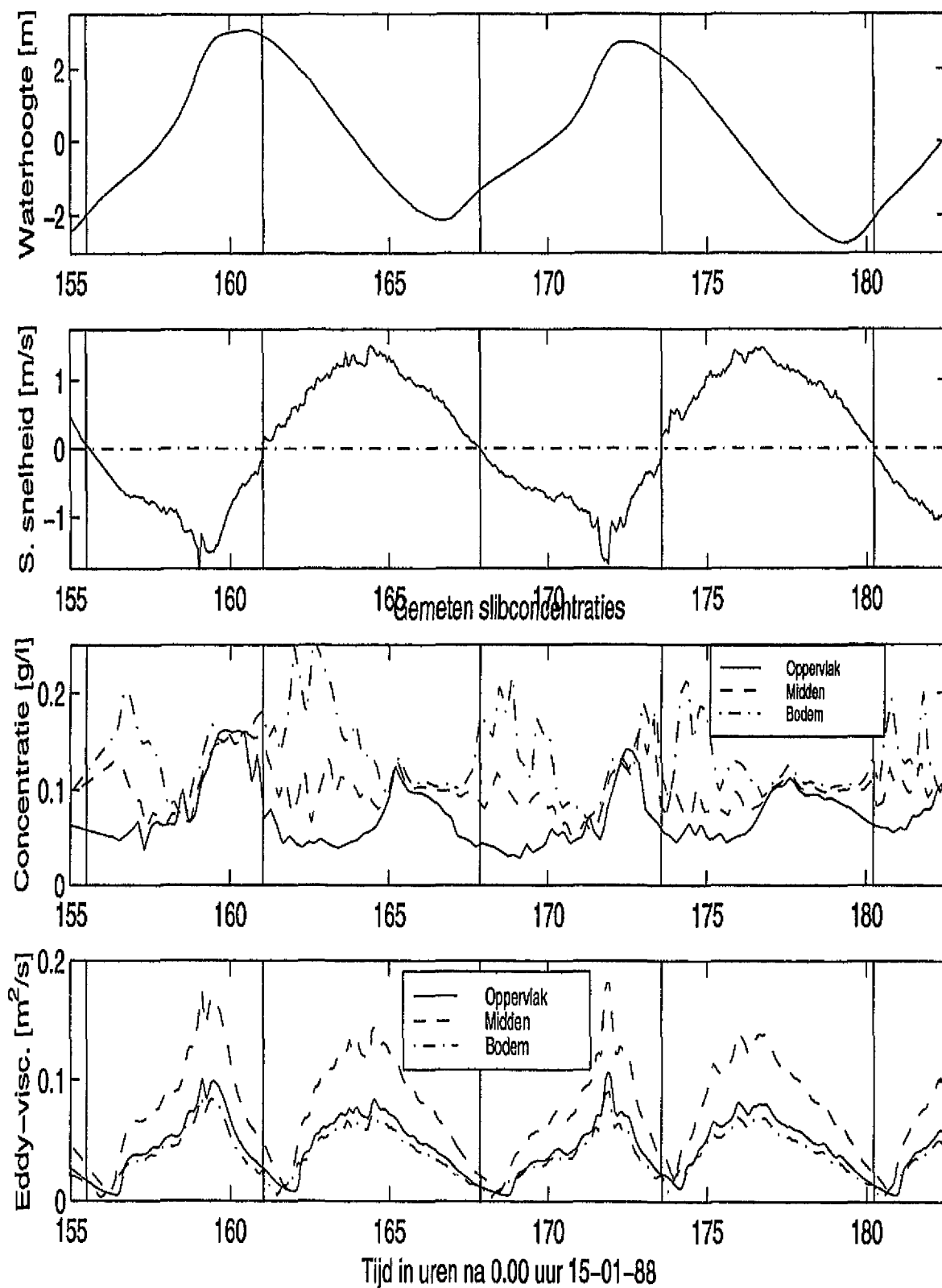
Figuur I.2.A: Middelgat, gemeten en berekende parameters dooftij



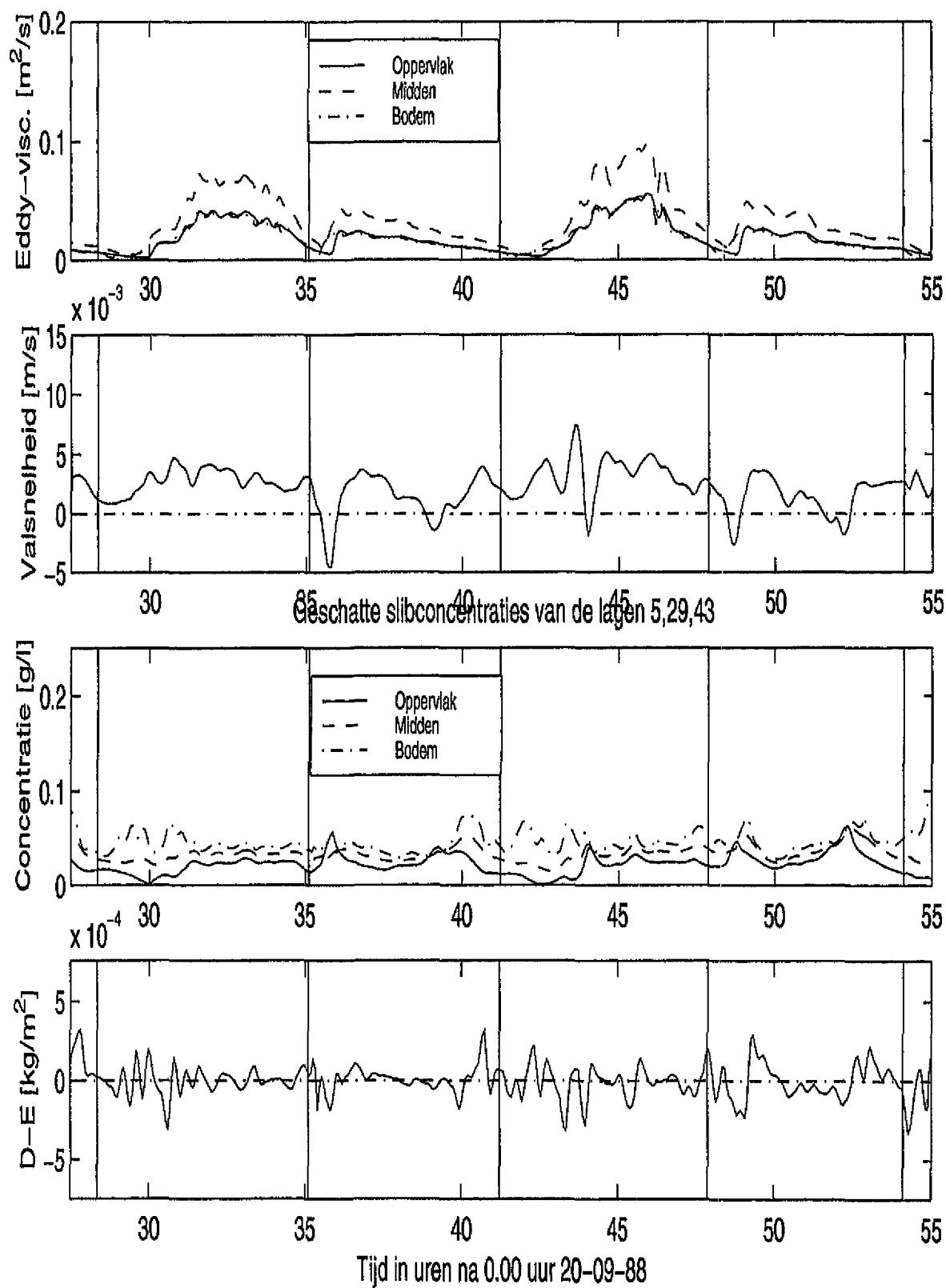
Figuur I.2.B: Middelgat, gemeten en berekende parameters gemiddeld getij



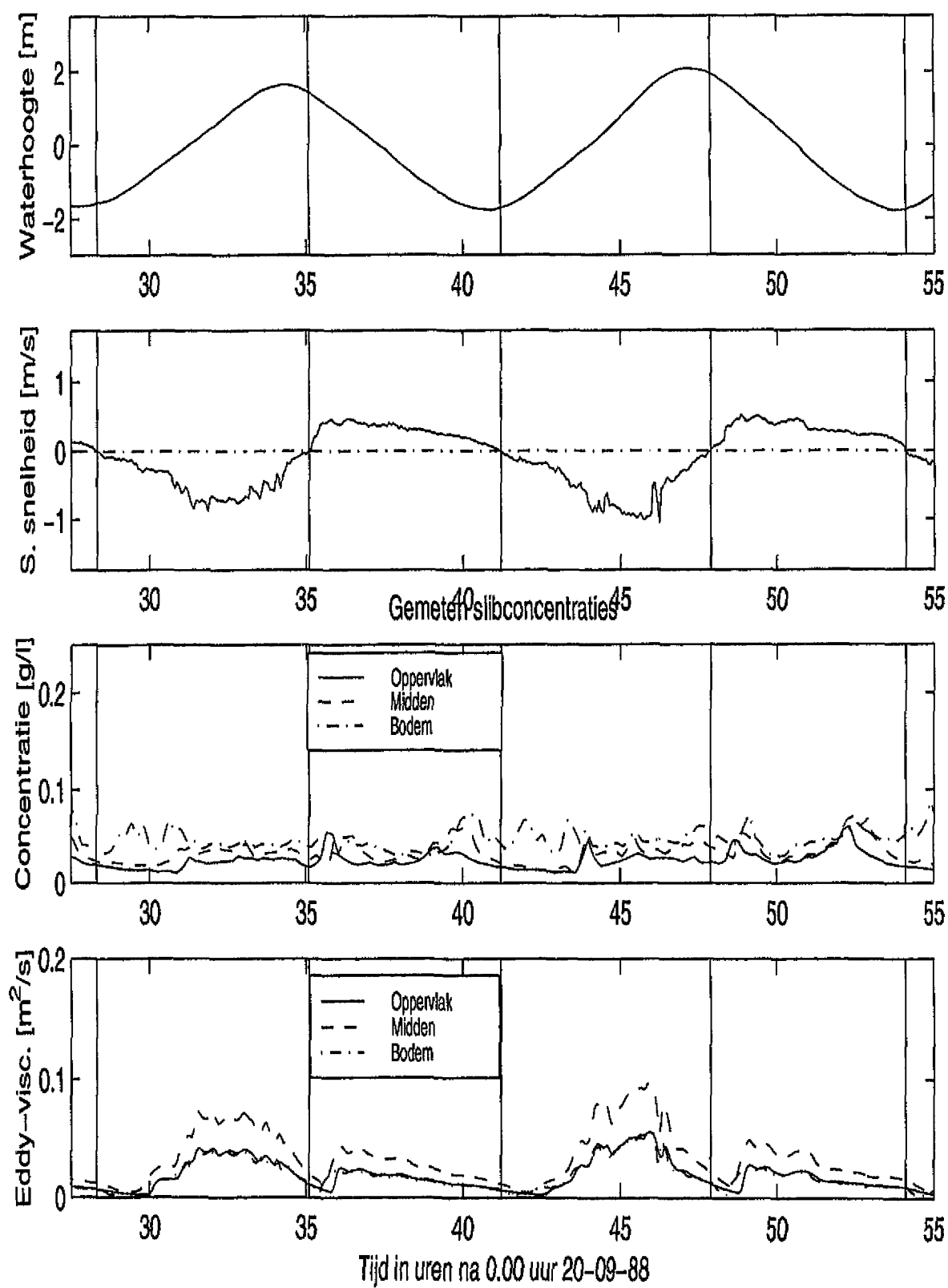
Figuur I.2.C: Middelgat, gemeten en berekende parameters springtij



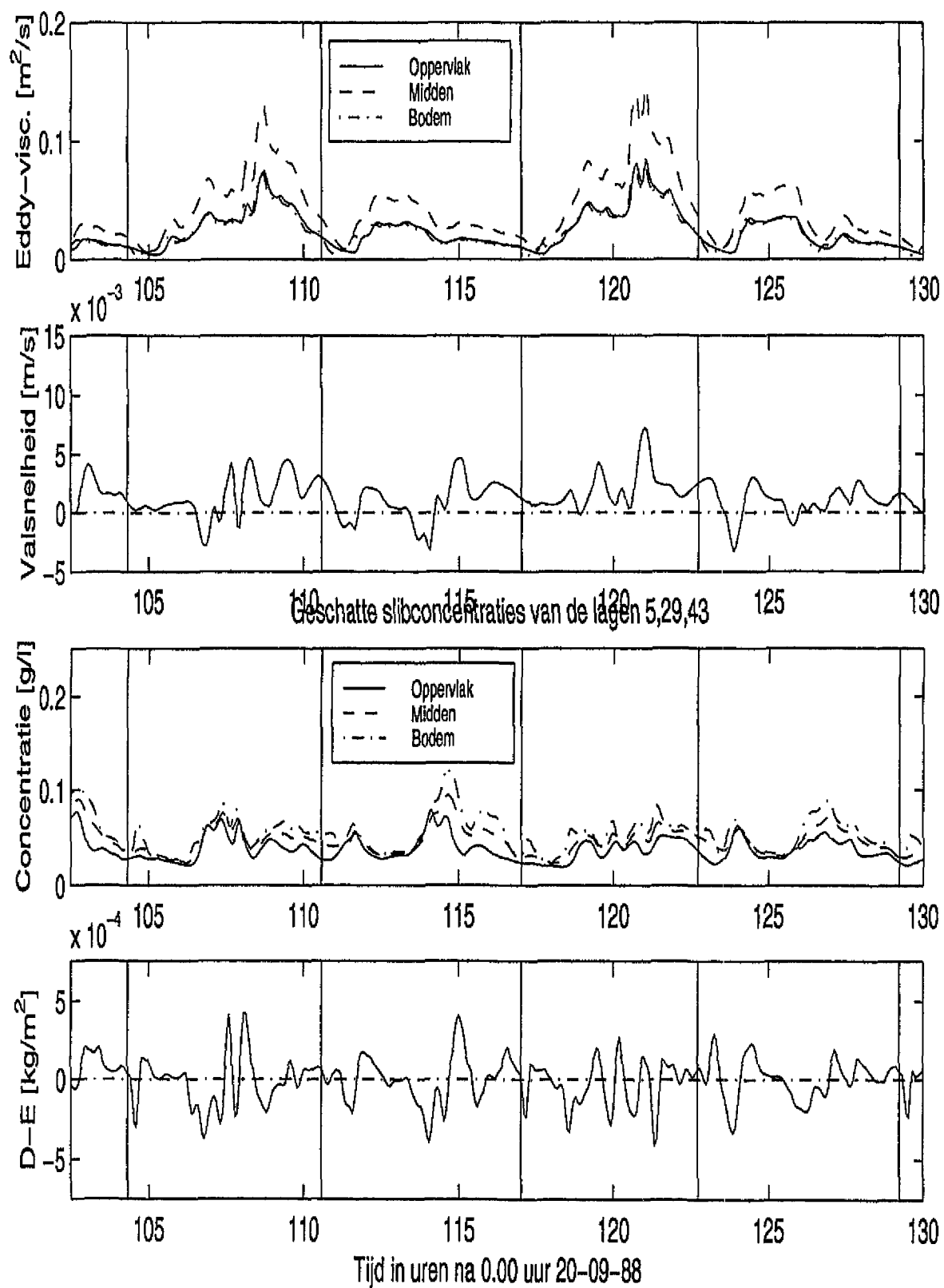
Figuur I.3.A: Nauw van Bath, geschatte en berekende parameters doortij



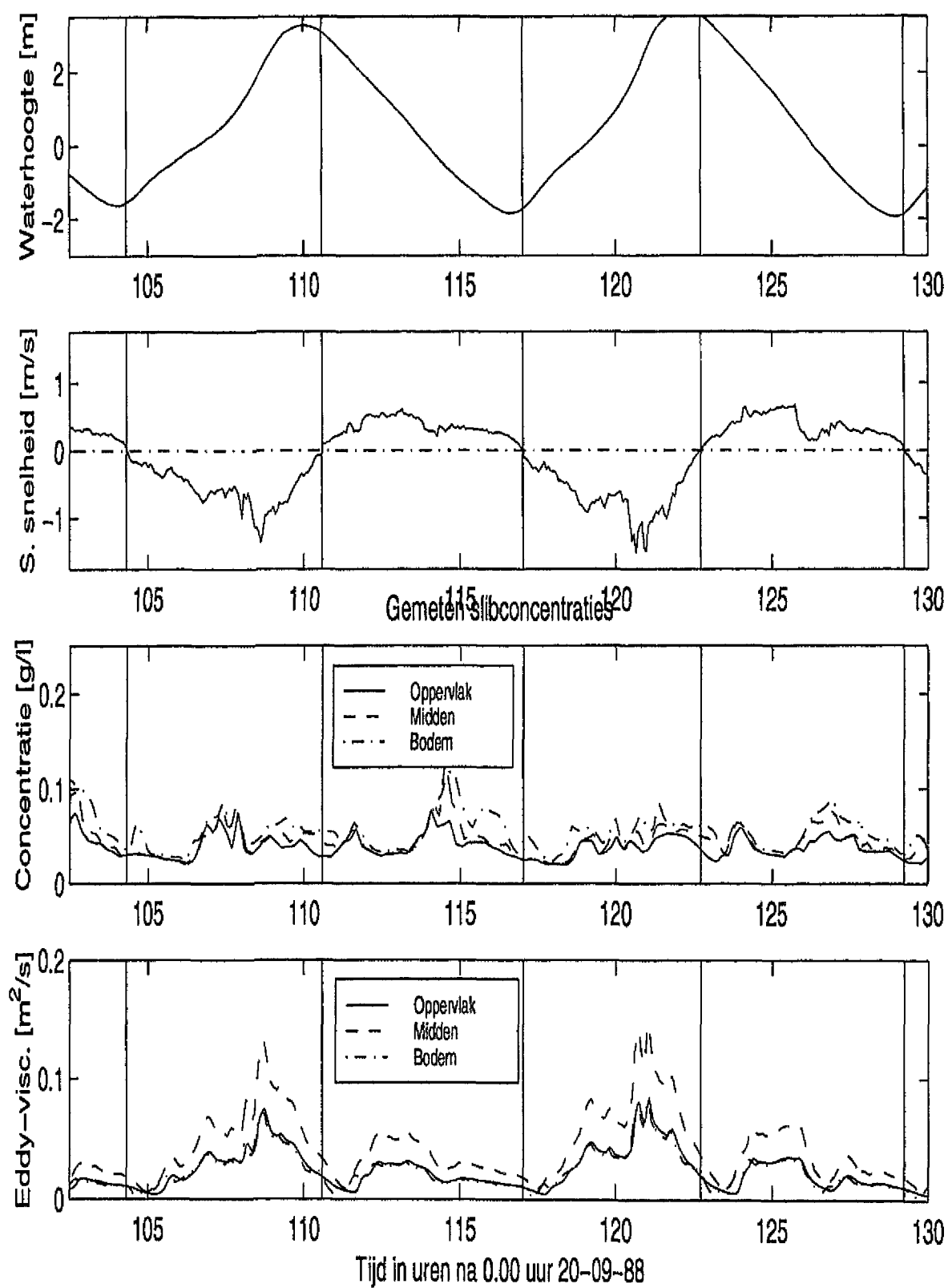
Figuur I.3.B: Nauw van Bath, gemeten en berekende parameters doodtij



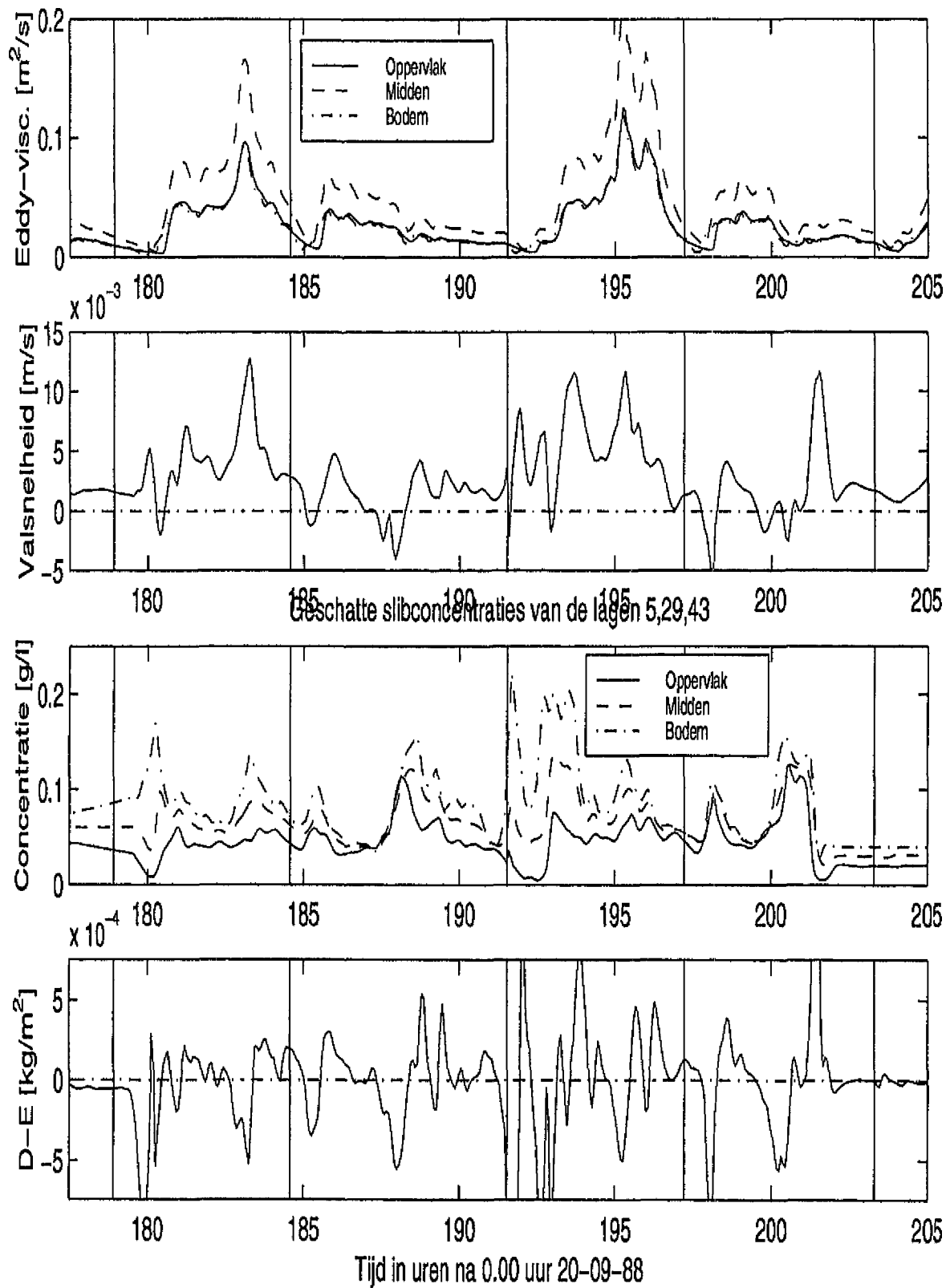
Figuur I.4.A: Nauw van Bath, geschatte en berekende parameters gemiddeld getij



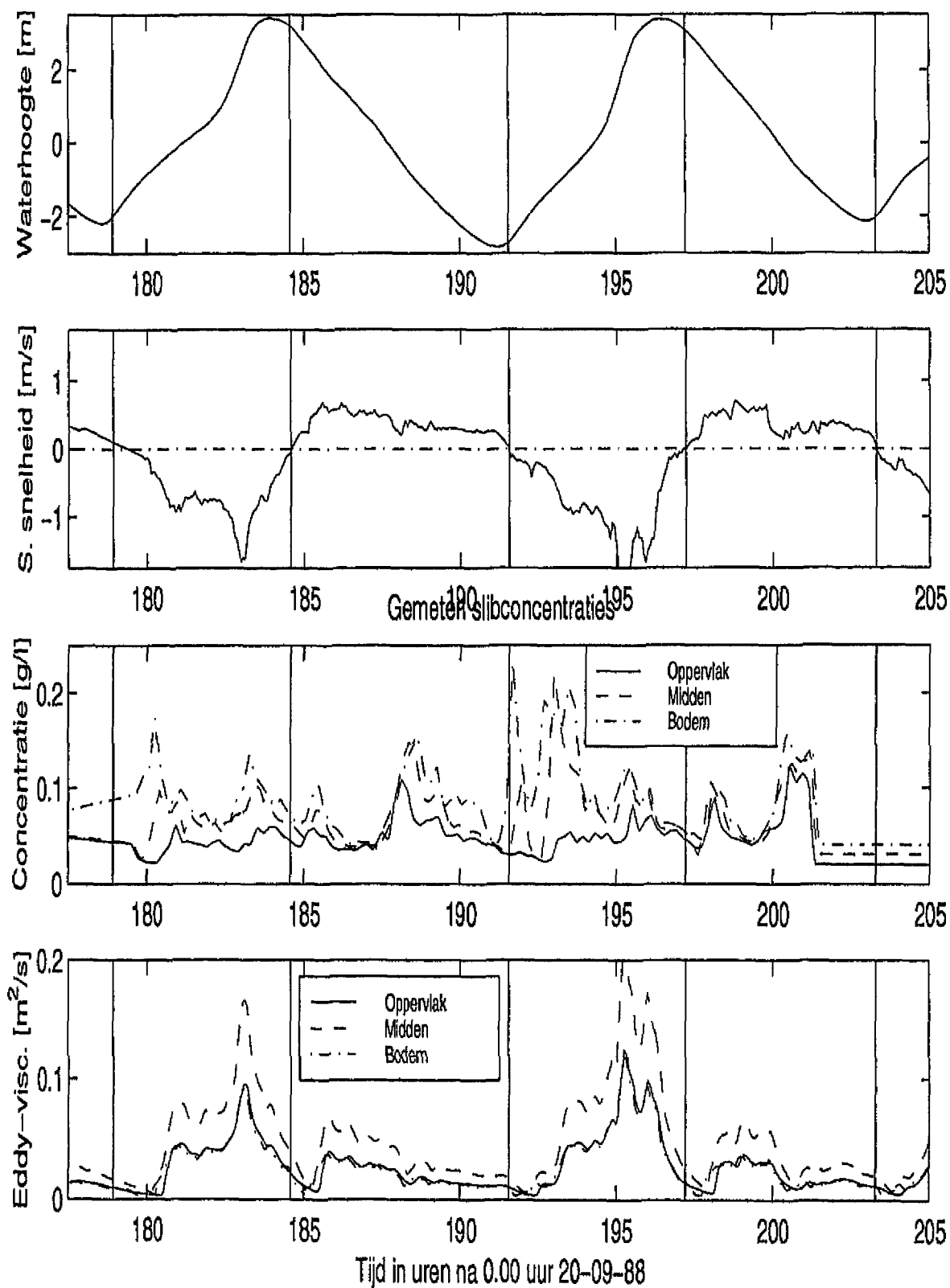
Figuur I.4.B: Nauw van Bath, gemeten en berekende parameters gemiddeld getij



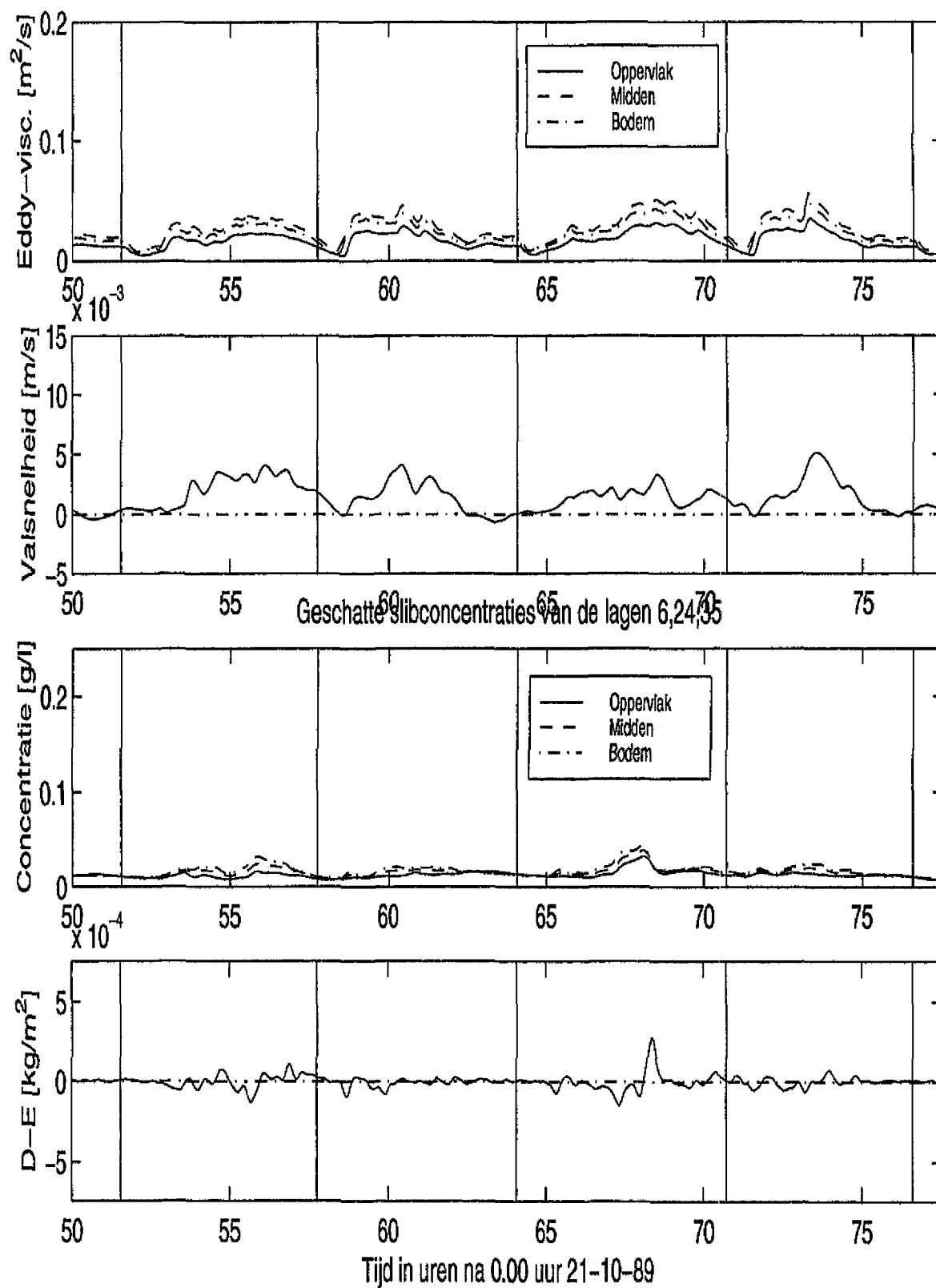
Figuur I.5.A: Nauw van Bath, geschatte en berekende parameters springtij



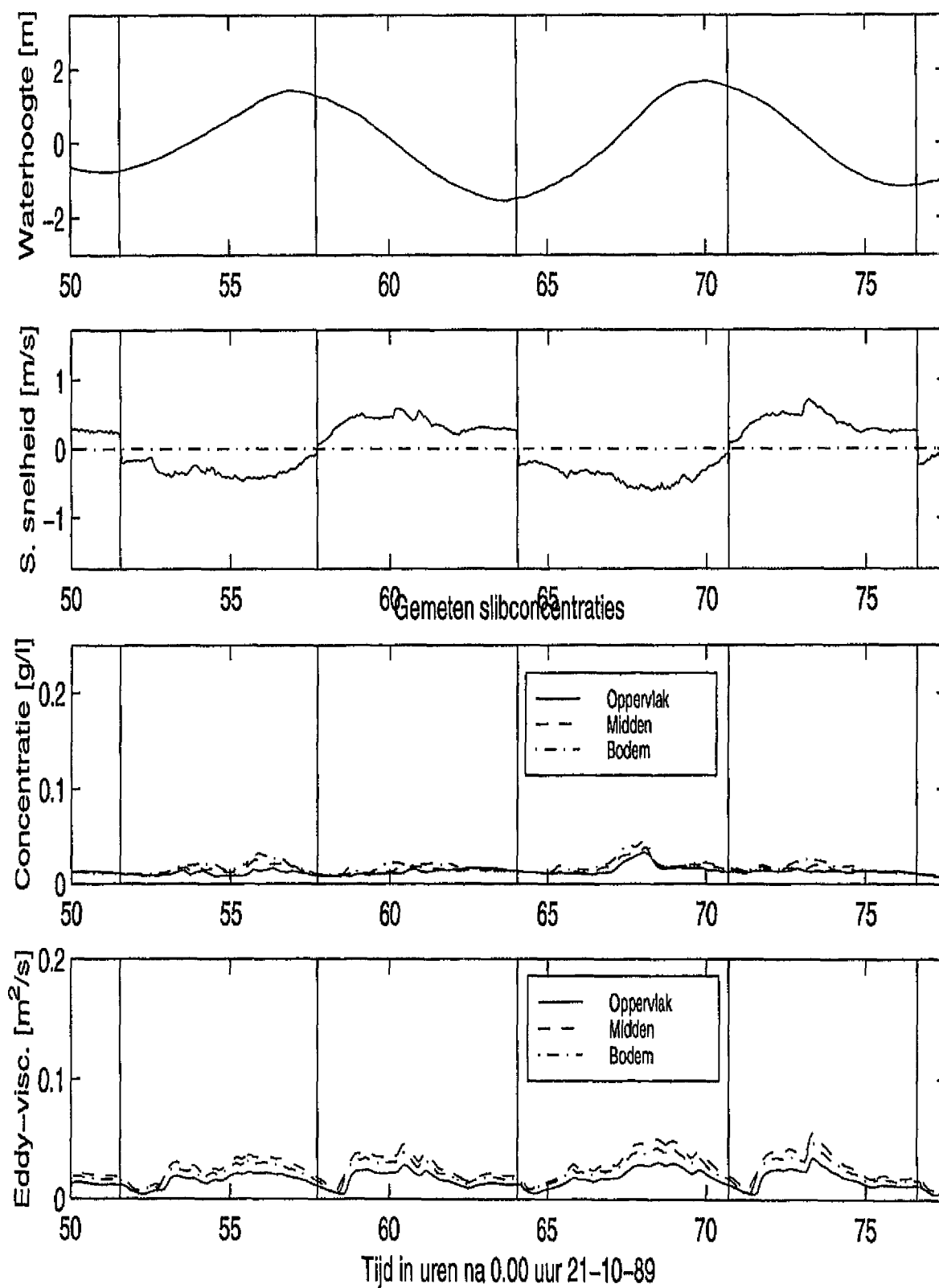
Figuur 1.5.B: Nauw van Bath, gemeten en berekende parameters springtij



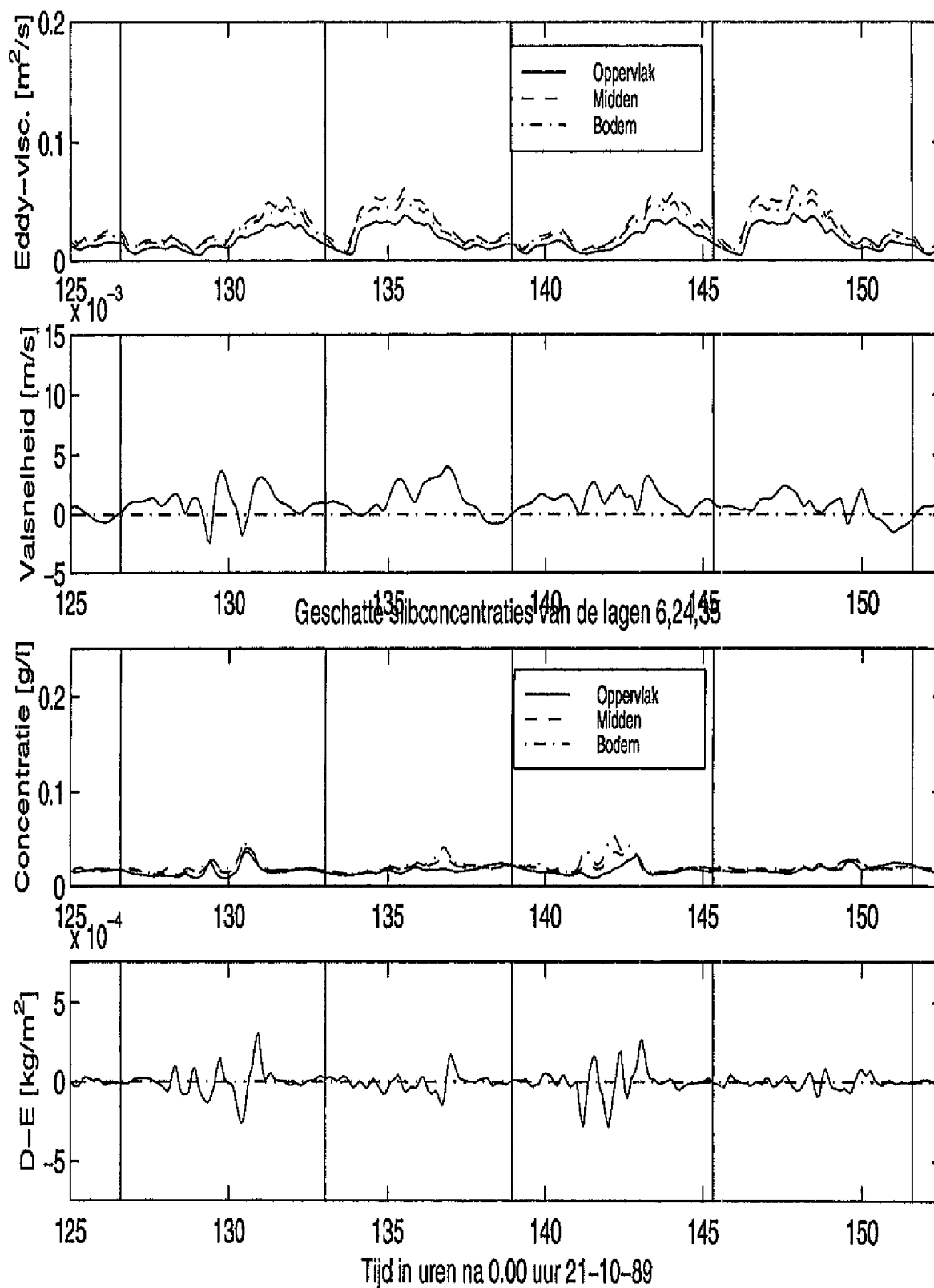
Figuur I.6.A: **Schaar van Spijkerplaat**, geschatte en berekende parameters doortij



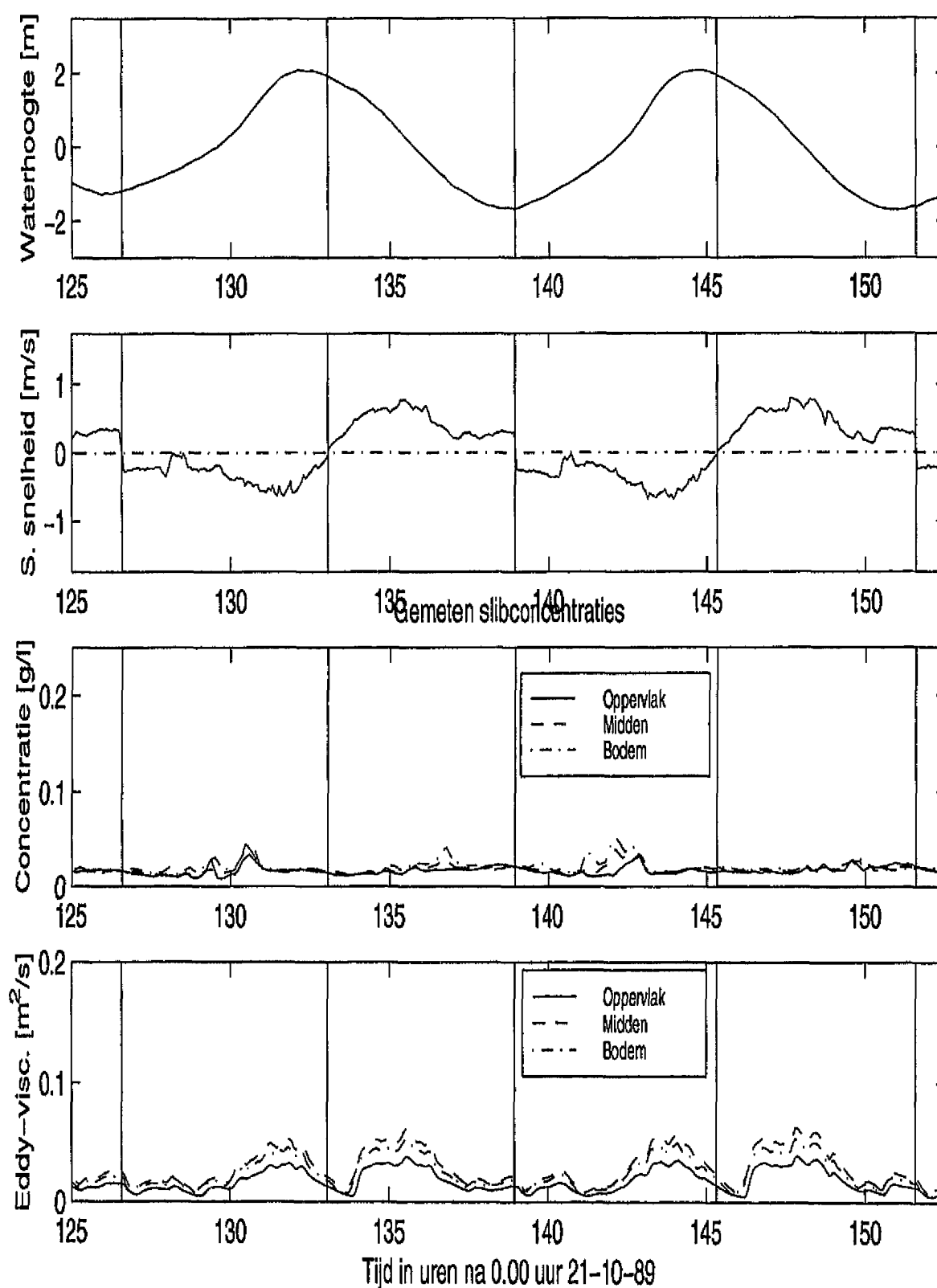
Figuur I.6.B: Schaar van Spijkerplaat, gemeten en berekende parameters doortij



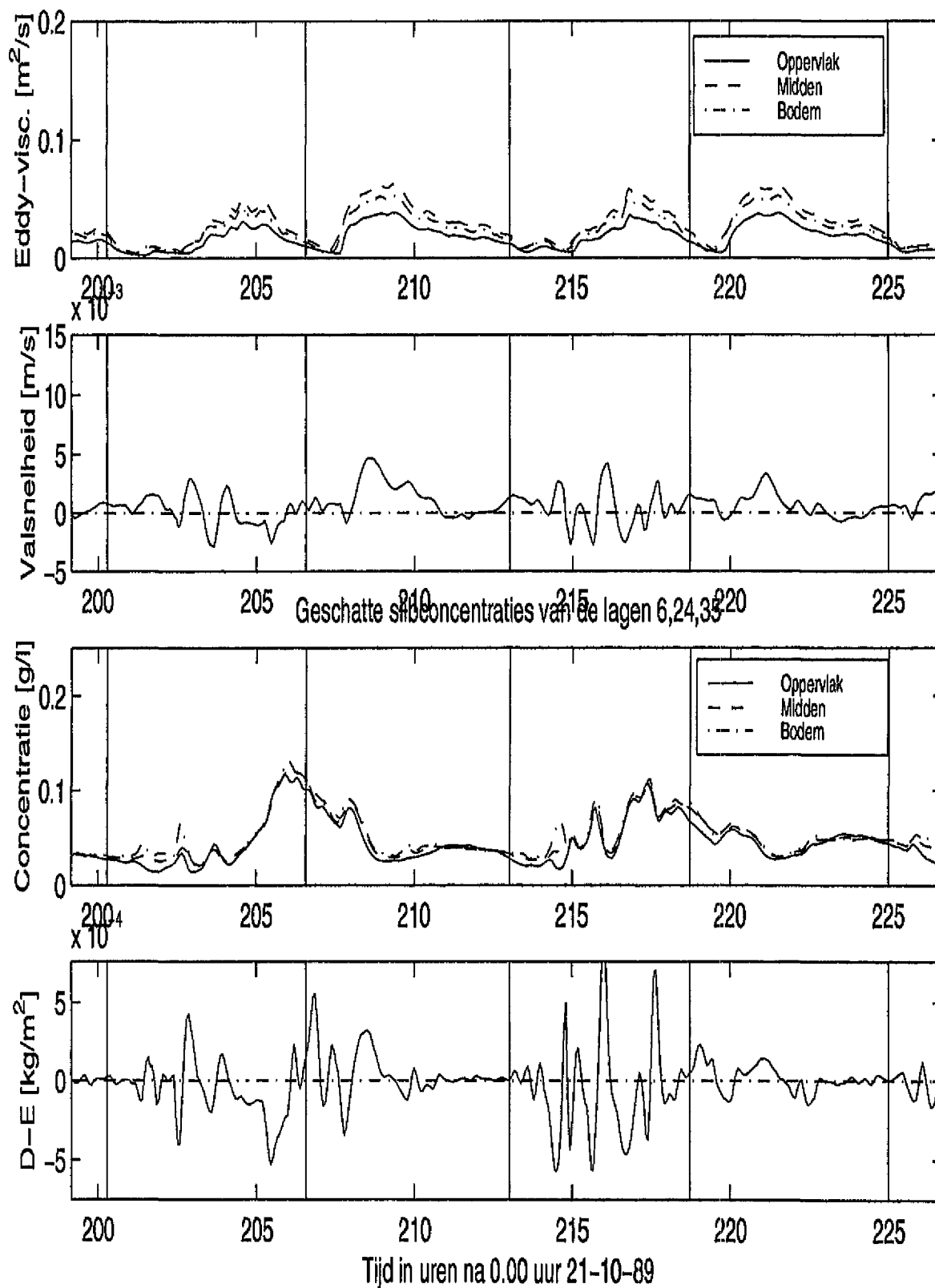
Figuur I.7.A: Schaar van Spijkerplaat, geschatte en berekende parameters gem. getij



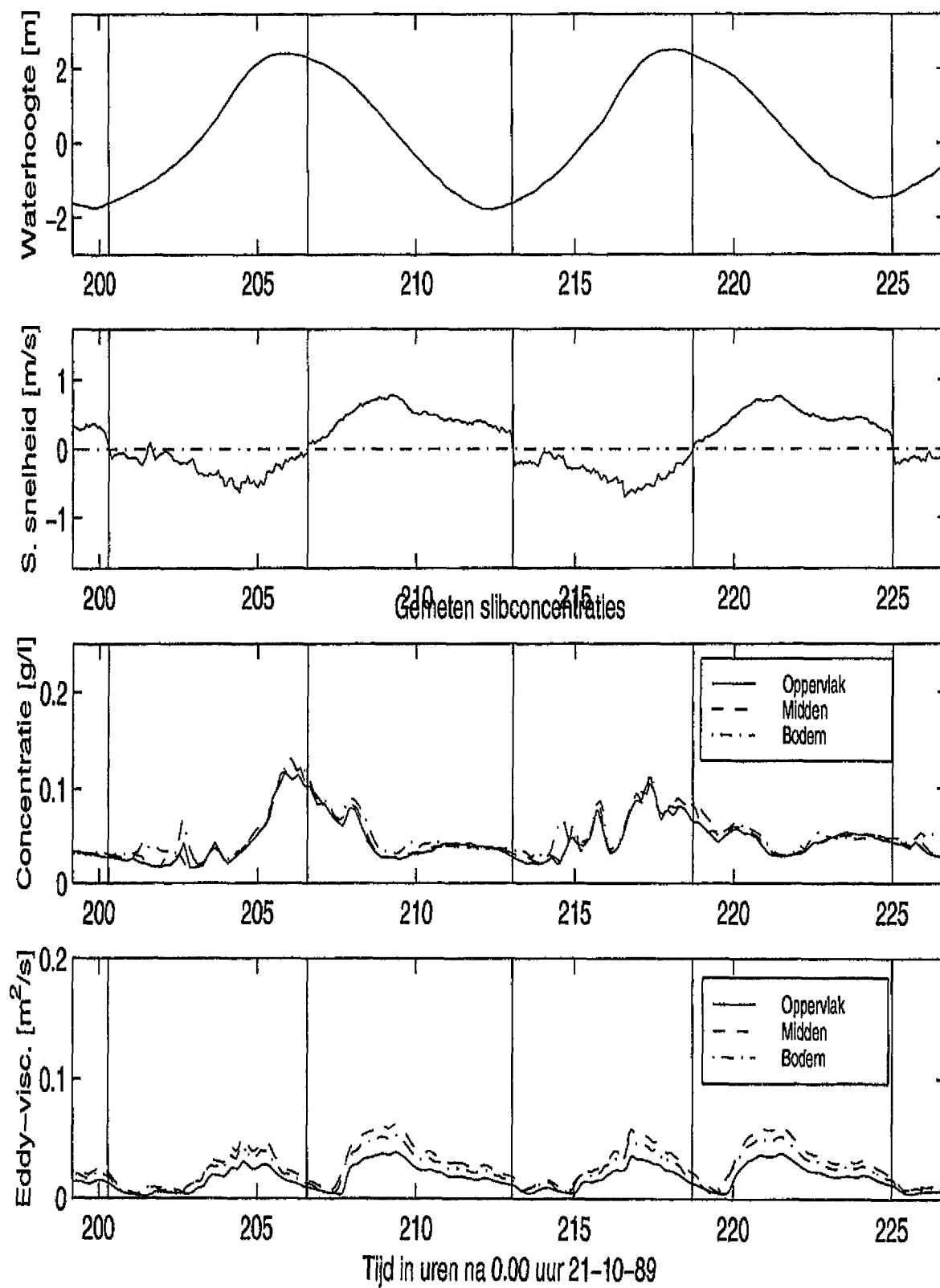
Figuur I.7.B: **Schaar van Spijkerplaat**, gemeten en berekende parameters gem. getij



Figuur I.8.A: **Schaar van Spijkerplaat**, geschatte en berekende parameters springtij



Figuur I.8.B: Schaar van Spijkerplaat, gemeten en berekende parameters springtij



Bijlage J

Geschreven matlabprogramma's voor het filteren

De resultaten van het onderzoek alsmede de figuren die in het verslag geschreven staan zijn verkregen met het programma MATLAB¹. In deze bijlage zijn de belangrijkste zelfgeschreven programma's weergegeven die gebruikt kunnen worden voor het doen van berekeningen en het reproduceren van de figuren. Gewerkt is met de directorystructuur zoals die is weergegeven in tabel J.1. Hoe de hoofddirectorie genoemd wordt is niet van

Hoofddirectorie	Subdirectorie	Subsubdirectorie
aalderin	1DVprog	Source Include
	Mfiles Plot Data	Midd Bath Vlis
	Figuren Oud	

Tabel J.1: De directorystructuur

belang. In de hoofddirectorie staat de file STARTUP.M . Start MATLAB altijd op in deze hoofddirectorie! Wordt dit gedaan dan zorgt de file STARTUP.M ervoor dat MATLAB de files in de directories: 'Mfiles, Plot en Data' altijd kan vinden. De betekenis van de file's in de directories zijn:

- **aalderin** bevat filterprogramma's en andere specifieke programma's.

¹Dit is een uitgebreid softwarepakket waarmee bijna alles kan, maar vooral gespecialiseerd is in bewerkingen met matrices

- **aalderin/1DVprog** bevat de 1DVmodellen (FORTRAN-programma's) en de data die het 1DV-model nodig heeft.
- **aalderin/Mfiles** bevat algemene programma's die in andere programma's gebruikt (kunnen) worden.
- **aalderin/Plot** bevat programma's waarmee de figuren in dit verslag zijn verkregen.
- **aalderin/Data** de subdirectories Midd, Bath en Vlis bevatten de data die gemeten zijn met het meetpunt 'De Zeekat' op de locaties Middelgat, Nauw van Bath respectievelijk Schaar van Spijkerplaat.
- **aalderin/Figuren** bevat een aantal belangrijke figuren die als *.eps files zijn opgeslagen.
- **oud** bevat oude files.

Aan het begin van elke *.m file staat aangegeven wat de functie van de file is en hoe het programma gebruikt dient te worden. De tekst die aan het begin van elke *.m file staat kan in MATLAB verkregen worden door 'help programmaam' in te tikken, als de files tenminste in het 'PATH' of de huidige directory staan.

Hieronder wordt in het kort beschreven wat met de belangrijkste programma's, die in deze bijlage zijn afgedrukt en staan onder de hoofddirectory, gedaan kan worden. Voor de eerste drie files zijn de data nodig die in de subdirectories staan van de directory DATA.

- **OMZWHE.M (J.1)** Hiermee wordt de file met waterhoogten gecreëerd, die als invoer dient voor het 1DV-model.
- **OMZSNEL.M (J.2)** Hiermee wordt de file met stroomsnelheden gecreëerd, die als invoer dient voor het 1DV-model.
- **OMZCONC.M (J.3)** Hiermee wordt de file met (de door het meetpunt 'De Zeekat' gemeten) slibconcentraties gecreëerd, die nodig is voor het filteren met het programma FILTEREN.M.
- **EVED.M (J.4)** Dit programma berekent met behulp van het 1DV-model voor een reeks opeenvolgende tijdstippen de eddy-viscositeitswaarden en energy dissipaties van alle lagen. De berekende waarden worden weggeschreven in een file. Deze file is nodig voor het filteren met het programma FILTEREN.M.
- **FILTEREN.M (J.5)** Dit is het hoofdprogramma dat alleen werkt onder UNIX. Hiermee kunnen schattingen worden verkregen van de slibconcentraties, de valsnelheid w_o en de randvoorwaarde $D - E$. De verkregen uitkomsten worden weggeschreven in een op te geven file. Deze file met uitkomsten kunnen gevisualiseerd worden met PLOTALL.M, hiervoor dienen wel de 16 regels tekst uit teksten.txt aan het begin van de file gezet te worden. Verder kan de uitkomstenfile dienen als invoer voor

REPROCON.M . Daarnaast kunnen er met het programma fictieve meetgegevens, bestaande uit slibconcentraties, valsnelheden en $D - E$ waarden, worden gegenereerd die na toevoeging van meetruis met RUISTOE2.M gebruikt kunnen worden voor het testen van het filter.

- **RUISTOE2.M (J.6)** Hiermee wordt standaardnormale ruis toegevoegd aan de file, die verkregen kan worden met FILTEREN.M, met gegenereerde fictieve slibconcentraties.
- **REPROCON.M (J.7)** Bij dit programma dient een matrix met waarden voor w_o en $D - E$ te worden opgegeven, bijvoorbeeld de file met uitkomsten van FILTEREN.M. Deze waarden worden vervolgens gebruikt bij het 'doorstarten' van het 1DV-model. Zodoende kan bijvoorbeeld onderzocht worden of met de schattingen van w_o en $D - E$ de slibconcentraties gereproduceerd kunnen worden.
- **Mfiles/INLADEN.M (J.8)** Hiermee, en de op te geven uitkomstenfile van FILTEREN.M, kunnen een aantal matrices verkregen worden die nodig zijn voor het visualiseren van de uitkomsten met PLOTALL.M .
- **Plot/PLOTALL.M (J.9)** In dit programma worden de filteruitkomsten en invoerdata gevisualiseerd. De meeste matrices die hiervoor nodig zijn kunnen verkregen worden met INLADEN.M.
- **Plot/VERTALLE.M (J.10)** Hiermee kunnen de met EVED.M en FILTEREN.M berekende stroomsnelheden en eddy-viscositeiten over de diepte uitgezet worden voor meerdere tijdstappen achter elkaar.

J.1 Omzwhe.m

```
function [] = omzwhe(f_whe, datum, da, uu, min, diepte, f_bew)
%OMZWHE Zet de gemeten stroomsnelheden om in een file
% met stroomsnelheden die nodig is voor het 1DV-model.
% CALL
% OMZWHE(F_WHE,DATUM,DA,UU,MIN,DIEPTE,F_BEW) Zet de
% waterhoogten in F_WHE om in een file met
% waterhoogten t.o.v. de bodem. Dit wordt gedaan
% voor de waterhoogtes vanaf UU-uur DATUM voor
% DA-dagen. De filenaam waarin de waterhoogten
% worden opgeslagen is F_BEW.
% INPUT
% F_WHE - File met waterhoogten. In deze file dienen de
% volgende kolommen te staan:
% kolom1 : Datum in (jjmdd !!!)
% kolom2 : Tijd in (uum !!!)
% kolom3 : waterhoogte t.o.v. NAP ! in (cm)
% DATUM - Datum aan elkaar geschreven (jjmdd !!!), bijv:
% 880115 (=15 jan 1988)
% UU - Aantal uren na DATUM vanaf waar de waterhoogten
% moeten worden weggeschreven naar de file F_BEW
% DA - Is het aantal dagen aan waterhoogten dat wordt
```

```

% opgeslagen in de file F_BEW.
% MIN - Het aantal minuten dat van de meettijd moet
% worden afgetrokken. Bijv. om de waterhoogten te
% Middelgat te krijgen m.b.v. de waterhoogten
% gemeten te Hansweert dient MIN = -15 genomen te
% worden!
% DIEPTE - Ligging bodem (positief getal) t.o.v. NAP in (m)
% F_BEW - Filenaam waarnaar de waterhoogten worden
% weggeschreven. Deze file bevat de volgende
% kolommen:
% kolom1 : Tijd in min.
% kolom2 : Waterhoogte in (meters boven de bodem)
% kolom3 : Datum
% kolom4 : Tijd waarop de waterhoogte bij het
% meetstation gemeten is.

% L.Aalderink
% 24-02-1998
% Versie 1.0
% RIKZ, Middelburg

tw=10; % Delta T tussen twee opeenvolgende gemeten waterhoogtes.

% inlezen van de file met waterhoogten
M=leesin(f_whe,4,inf);
[ar,ak]=size(M);

% het bepalen vanaf waar de juiste datum begint
tal=1;
while datum~=M(tal,1)
    tal=tal+1;
end

M(:,ak+1)=floor(M(:,2)/100)*60+M(:,2)-floor(M(:,2)/100)*100;

while uu*60~=M(tal,ak+1);
    tal=tal+1;
end
t=da*24*60/tw;

get=tal-ceil(min/tw);
WM=M(get:ar,:);

if t > (ar-get+1)
    t=ar-get+1;
end

Mv(1,1)=-mod1(min,tw);
for i=2:t
    Mv(i,1)=mod1(WM(i,ak+1)-WM(i-1,ak+1),1440)+Mv(i-1,1);
end
Mwhe(1:t,1)=Mv(1:t);
Mwhe(1:t,2)=diepte+WM(1:t,3)/100;
Mwhe(1:t,3)=WM(1:t,1);
Mwhe(1:t,4)=WM(1:t,2);

fid=fopen(f_bew,'w+');
fprintf(fid,'%7.0f %7.2f %9.0f %7.0f\n',[Mwhe]);
fclose(fid);

```

J.2 Omzsnel.m

```
function[]=omzsnel(f_snl,vanaf,da,uu,f_bew)
%OMZSNEL Zet de gemeten stroomsnelheden om in een file
% met stroomsnelheden die nodig is voor het 1DV-model.
% CALL
% OMZSNEL(F_SNL,VANAF,DA,UU,F_BEW) Zet de stroomsnelheden
% in F_SNL om in een file met stroomsnelheden, die
% begint vanaf VANAF-dagen en UU-uur na 0.00uur
% 30-10-1987. Het aantal dagen aan stroomsnelheden
% dat wordt opgeslagen is DA. De filenaam waarin
% de stroomsnelheden worden opgeslag is F_BEW.
% INPUT
% F_SNL - File met stroomsnelheden. In deze file dienen de
% volgende kolommen te staan:
% kolom1 : Tijd in dagen na het jaar 0
% kolom2 : Stroomsnelheid in langsricting in cm/s
% kolom3 : Stroomsnelheid in dwarsrichting in cm/s
% VANAF,UU - Na VANAF dagen en UU uur na 0.00 uur 30-10-87
% worden de gemiddelde stroomsnelheden weggeschreven
% naar de file F_BEW.
% VANAF=77 : snelheden na 0.00 uur 15-01-88 worden
% weggeschreven.
% VANAF=139 : snelheden na 0.00 uur 17-03-88 worden
% weggeschreven.
% VANAF=326 : snelheden na 0.00 uur 20-09-88
% worden weggeschreven.
% VANAF=722 : snelheden na 0.00 uur 21-10-89
% worden weggeschreven
% DA - Is het aantal dagen aan stroomsnelheden dat wordt
% opgeslagen in de file F_BEW.
% F_BEW - Filenaam waarnaar de stroomsnelheden worden
% weggeschreven. Deze file bevat de volgende
% kolommen:
% kolom1 : Tijd in min.
% kolom2 : Gemiddelde stroomsnelheid
% kolom3 : Stroomsnelheid in dwarsrichting in m/s
% kolom4 : Datum
% kolom5 : Tijd in dagen na het jaar 0

% L.Aalderink
% 24-02-1998
% Versie 1.0
% RIKZ, Middelburg

% inlezen van de file met stroomsnelheden
Msn=leesin(f_snl,0,inf);
Le=length(Msn);
Ma(:,1)=(Msn(:,1)-(1987*365+floor(1987/4)+289+vanaf))*24-uu;
% Ma(:,1) is in uren na 0.00 uur 15-01-88
ge=Ma(1,1);
co=0;
while ge<0
    co=co+1;
    ge=Ma(co+1,1);
end
m=1;
i=1;

% bepalen extensie
[mvb1,mvb2]=splitln(f_snl,',' );
if mvb2(1,1:2)=='mi'
```

```

    feb=1.56;fv1=1.45;tek=-1;
elseif mvb2=='vli'
    feb=1.4;fv1=1.3;tek=1;
elseif mvb2=='bat'
    feb=1.1;fv1=1.4;tek=1;
else
    display('extensie fout bij het bepalen van de meethoogtes !')
end

while m==1
% Ms(i,1 is in minuten na 0.00 uur 15-01-88
    Ms(i,1)=Ma(i+co,1)*60;

% Het berekenen van de gemiddelde stroomsnelheid
    if tek*Msn(i+co,2)>0
        Ms(i,2)=0.86*feb*sign(tek*Msn(i+co,2))*sqrt((Msn(i+co,2)/100)^2+(Msn(i+co,3)/100)^2);
    else
        Ms(i,2)=0.86*fv1*sign(tek*Msn(i+co,2))*sqrt((Msn(i+co,2)/100)^2+(Msn(i+co,3)/100)^2);
    end

% De stroomsnelheid in dwarsrichting in m/s
    Ms(i,3)=Msn(i+co,3)/100;
% Ms(i,4)=880115+floor(Ma(i+co,1)/24);

% De tijd in dagen na het jaar nul
    Ms(i,4)=Msn(i+co,1);

    if Ms(i,1)>da*24*60
        m=0;
    end
    i=i+1;
end

fid=fopen(f_baw,'w+');
fprintf(fid,'%7.2f %4.5f %4.5f %6.4f\n',[Ms]);
fclose(fid);

```

J.3 Omzconc.m

```
function []=omzconc(ext,vanaf,da,um,f_bew)
%OMZCONC Voor het maken van de file met de drie gemeten
%      slibconcentraties benodigd voor de functie FILTEREN.M
%      CALL
% OMZCONC(EXT,VANAF,DA,UM,F_BEW) Het inlezen van
% van de drie files met de extensie EXT met de gemeten
% slibconcentraties. Vervolgens bepalen van de drie
% gemeten slibconcentraties vanaf VANAF dagen en UM uur
% na 0.00 uur 30-10-87. Het meettijdstip plus de drie
% slibconcentraties worden vervolgens opgeslagen in
% F_BEW.
% INPUT
% EXT - Extensie van de drie in te lezen files met
%      slibconcentraties (mid,vli of bat). De dienen
%      in ieder geval de volgende twee kolommen te
%      bevatten:
%      kolom1 : De tijd in dagen na het jaar nul
%      kolom2 : Slibconcentratie in (mg/l)
% VANAF,UM - Na VANAF dagen en UM uur na 0.00 uur 30-10-87
% worden de slibconcentraties weggeschreven
% naar de file F_BEW.
% VANAF=77 : slibconc. na 0.00 uur 15-01-88
% worden weggeschreven.
% VANAF=139 : slibconc. na 0.00 uur 17-03-88
% worden weggeschreven.
% VANAF=326 : slibconc. na 0.00 uur 20-09-88
% worden weggeschreven.
% VANAF=722 : slibconc. na 0.00 uur 21-10-89
% worden weggeschreven
% DA - Is het aantal dagen aan gemeten slibconc. dat
% wordt opgeslagen in de file F_BEW.
% F_BEW - Filenaam waarin de slibconcentraties worden
% weggeschreven. Deze file bevat de volgende
% kolommen:
% kolom1 : slibconc. bovenste meetpunt (g/l)
% kolom2 : slibconc. middelste meetpunt (g/l)
% kolom3 : slibconc. onderste meetpunt (g/l)
% kolom4 : tijd in min

% L.Aalderink
% 24-02-1998
% Versie 1.0
% RIKZ, Middelburg

tav1=0;
tav2=0;
tav3=0;

% Inlezen van de drie files met de gemeten slibconcentraties
M1=leesin(['concopp.',ext],0,inf);
M2=leesin(['concmid.',ext],0,inf);
M3=leesin(['concbot.',ext],0,inf);

% Opvullen van lege stukken
for i=1:length(M1)
    if M1(i,2)==0
        M1(i,2)=20;
    end
end
for i=1:length(M2)
```

```

    if M2(i,2)==0
        M2(i,2)=30;
    end
end
for i=1:length(M3)
    if M3(i,2)==0
        M3(i,2)=40;
    end
end

% Tijd in dagen na het jaar nul omzetten in minuten na UM uur
% VANAF+30-10-88.
Ma1(:,1)=(M1(:,1)-(1987*365+floor(1987/4)+289+vanaf))*24*60-um*60;
Ma2(:,1)=(M2(:,1)-(1987*365+floor(1987/4)+289+vanaf))*24*60-um*60;
Ma3(:,1)=(M3(:,1)-(1987*365+floor(1987/4)+289+vanaf))*24*60-um*60;

% Bepalen van de rijnummers vanaf waar de 1e kolom van Ma1>0 is.
ge=Ma1(1,1);
while ge<0
    tav1=tav1+1;
    ge=Ma1(tav1+1,1);
end
ge=Ma2(1,1);
while ge<0
    tav2=tav2+1;
    ge=Ma2(tav2+1,1);
end
ge=Ma3(1,1);
while ge<0
    tav3=tav3+1;
    ge=Ma3(tav3+1,1);
end

% bepalen van de drie slibconcentraties per 4 minuten
for i=1:(da*24*15+1)
    Mz(i,4)=(i-1)*4;
end
tel=1;
ts1=Ma1(tav1+tel-1,1); % =<0
ts2=Ma1(tav1+tel,1); % >0
for i=1:(da*24*15+1)
    ti=Mz(i,4);
    if ti>ts2
        tel=tel+1;
        ts1=ts2;
        ts2=Ma1(tav1+tel,1);
    end
    Mz(i,1)=((ts2-ti)*M1(tav1+tel-1,2)+(ti-ts1)*M1(tav1+tel,2))/(ts2-ts1);
end
tel=1;
ts1=Ma2(tav2+tel-1,1); % =<0
ts2=Ma2(tav2+tel,1); % >0
for i=1:(da*24*15+1)
    ti=Mz(i,4);
    if ti>ts2
        tel=tel+1;
        ts1=ts2;
        ts2=Ma2(tav2+tel,1);
    end
    Mz(i,2)=((ts2-ti)*M2(tav2+tel-1,2)+(ti-ts1)*M2(tav2+tel,2))/(ts2-ts1);
end
tel=1;

```

```

ts1=Ma3(tav3+tel-1,1); % =<0
ts2=Ma3(tav3+tel,1); % >0
for i=1:(da*24*15+1)
    ti=Mz(i,4);
    if ti>ts2
        tel=tel+1;
        ts1=ts2;
        ts2=Ma3(tav3+tel,1);
    end
    Mz(i,3)=((ts2-ti)*M3(tav3+tel-1,2)+(ti-ts1)*M3(tav3+tel,2))/(ts2-ts1);
end

% Wegschrijven de de slibconcentraties
fid=fopen(f_bew,'w+');
fprintf(fid,'%9.5f %9.5f %9.5f %9.0f\n',[Mz]);
fclose(fid);

```

J.4 Eved.m

```

function [] = eved(f_snl,f_whe,versie,f_edv,f_bewsnl,f_bewwhe)
%EVED   Functie voor het maken de file met eddy-visc. en energie
%   dissipaties welke nodig is voor de functie FILTEREN.M
%   CALL
% EVED(F_SNL,F_WHE,VERSIE,F_EDV) Deze functie past de invoerfile
%   van het 1DV-model naar wens aan. Vervolgens wordt voor een
%   op te geven aantal stappen de eddy-viscositeiten en
%   energy dissipaties bepaald. Deze data wordt vervolgens
%   opgeslagen in de file F_EDV
%   INPUT
% F_SNL   - File met stroomsnelheden. In de eerste twee
%   kolomen van deze file dient het volgende te
%   staan:
%   kolom 1: tijd in min
%   kolom 2: stroomsnelheid in m/s
% F_WHE   - File met de waterhoogten (per 10 minuten). Deze file
%   dient in ieder geval uit de volgende twee kolomen te
%   bestaan:
%   kolom 1: tijd in min
%   kolom 2: waterhoogte in meters (boven de bodem)
% VERSIE   - Versienummer van het 1DV-model
%   50: onedv5.exe
%   51: onedvhp5.exe
%   60: onedv6.exe
%   61: onedvhp6.exe
%   (OUTPUT)
% F_EDV   - De de eddy-visc. en energie dissipaties worden als
%   volgt in de file F_EDV weggeschreven
%   kolom 1:   tijd in min
%   kolom 2:50 kolommen met energie dissipaties
%   kolom2=laag49, kolom50=laag1
%   kolom 51:99 kolommen met eddy-viscositeiten
%   kolom51=laag49, kolom99=laag1
% F_BEWSNL- Hier worden de berekende stroomsnelheden naar
%   weggeschreven.
%   kolom 1:   tijd in min
%   kolom 2:51 snelheid in m/s
% F_BEWWHE- Hier worden de waterhoogten naar weggeschreven
%   kolom 1:   tijd in min
%   kolom 2:51 waterhoogtes in [m]

% L.Aalderink
% 20-02-1998
% Versie 2.0
% RIKZ, Middelburg

% Consequenties te gebruiken 1DV-versie
if versie==50
    cd 1DVprog
    dos('del *.kk5');
    dos('copy in1dv.cop in1dv.kk5');
    ve=0;
    w1dv='onedv5.exe';
elseif versie==51
    cd 1DVprog
    unix('/bin/rm *.kk5');
    unix('cp in1dv.cop in1dv.kk5');
    ve=0;
    w1dv='./onedvhp5.exe';
elseif versie==60

```

```

cd 1DVprog
dos('del *.kk5');
dos('copy in1dv.f7s in1dv.kk5');
ve=2;
w1dv='onedv6.exe';
elseif versie==61
cd 1DVprog
unix('/bin/rm *.kk5');
unix('cp in1dv.f7s in1dv.kk5');
ve=2;
w1dv='./onedvhp6.exe';
else
disp('Onbekend versie nummer');
end

N=50; % Aantal lagen waar het model mee rekent
ts=4; % De tijdsduur [in min] die het 1DV-model berekent
u0=0; % u0*ts is het tijdstip vanaf waar gekalmanfiltert wordt
k=ts*60; % [in sec] dit is de dimensioneloze grote van de kalman tijdstap
THV=input('Hoeveel stappen moet er geextended kalmanfiltert worden THV : ');

% Aanpassen NUMTIM voor het draaien van normale 1DV-Model tot
% tijdstip vanaf waar het Extended Kalmanfilteren begint.
voegtoe('in1dv.kk5',u0*ts/0.1,13+ve,'%1.0f ');

% Juiste data files in in1dv.kk5 zetten f_whe en f_snl
voegtoe('in1dv.kk5',1,4,f_whe)
voegtoe('in1dv.kk5',1,7+ve/2,f_snl)

% Het draaien van het 1DV-model om waarden voor V,E etc. te krijgen
% op t=0.
if versie==50 | versie==60
dos(w1dv)
if u0==0
dos('delikk5');
end
else
unix(w1dv);
if u0==0
unix('./rm1kk5');
end
end

% Op goede tijd zetten NUMTIM
voegtoe('in1dv.kk5',ts/0.1,13+ve,'%1.0f ');

THV=THV+u0;

% BEGIN VAN HET DOORSTARTEN

for u=(1+u0):THV
u

% inlezen van v,e [in kg/m^3 !!] uit de uitvoerfiles met fscanf
M1=leesin('kalman.kk5',4,N+1);
for j=1:N-1
E(j)=M1(N-j+1,3);
V(j)=M1(N-j+1,4);
end

% Voor het afdrukken van de energie diss. E en eddy-visc. V
GD(1,u-u0)=ts*(u-1);
for j=1:N-1

```


J.5 Filteren.m

```
function[TS]=filteren(f_snl,f_whe,f_con,f_edv,versie,wat,f_bew)
%FILTEREN   Berekent m.b.v. Extended Kalmanfilter schattingen van
%           de slibconcentraties, de valsnelheid  $W_0$  en de
%           randvoorwaarde D-E.
%           CALL
% TS=FILTEREN(F_SNL,F_WHE,F_CON,F_EDV,VERSIE,WAT,F_BEW)
% INPUT
% F_SNL   -   File met stroomsnelheden. In de eerste twee
%             kolomen van deze file dient het volgende te
%             staan:
%             kolom 1: tijd in min
%             kolom 2: stroomsnelheid in m/s
% F_WHE   -   File met de waterhoogten (per 10 minuten). Deze file
%             dient in ieder geval uit de volgende twee kolomen te
%             bestaan:
%             kolom 1: tijd in min
%             kolom 2: waterhoogte in meters (boven de bodem)
% F_CON   -   File met de drie gemeten slibconcentraties:
%             kolom 1: slibconc. in g/l van bovenste meetpunt
%             kolom 2: slibconc. in g/l van middelste meetpunt
%             kolom 3: slibconc. in g/l van onderste meetpunt
%             kolom 4: tijd in min.
%           Als slechts 1 slibconcentratie bekend is:
%           kolom 1: Nr. meetpunt waarop conc. gemeten is
%           kolom 2: tijd in min.
%           kolom 3: De gemeten slibconcentratie
% F_EDV   -   File met de eddy-visc. en energie dissipaties
%             kolom 1:   tijd in min
%             kolom 2:50 kolommen met energie dissipaties
%           kolom2=laag49, kolom50=laag1
%             kolom 51:99 kolommen met eddy-viscositeiten
%           kolom51=laag49, kolom99=laag1
% VERSIE   -   Versienummer van het 1DV-model
%           50: onedv5.exe
%           51: onedvhp5.exe
%           60: onedv6.exe
%           61: onedvhp6.exe
% WAT      -   Vul hier 1 van de volgende getallen voor in:
%           1: Filteren met 1 slibconc.
%           werkt nog niet   2: Filteren met 1 slibconc. en dichtheidster.
%           3: Filteren met 3 slibconc.
%           werkt nog niet   4: Filteren met 3 slibconc. en dichtheidster.
%           5: Genereren meetg. van 3 slibconc.
%           werkt nog niet   6: Genereren meetg. van 3 slibconc. en d.h.ter.
%           (OUTPUT)
% F_BEW   -   File waarin de verkregen schattingen worden
%             weggeschreven
% TS      -   matrix met de verkregen schattingen

% L.Aalderink
% Versie 1.0
% 13-02-1998
% RIKZ, Middelburg

% wat wil men
if wat==1
    flag=[0,2,3,4,5,6];
elseif wat==2
    flag=[1,0,3,4,5,6];
elseif wat==3
```

```

    flag=[1,2,0,4,5,6];
elseif wat==4
    flag=[1,2,3,0,5,6];
elseif wat==5
    flag=[1,2,3,4,0,6];
elseif wat==6
    flag=[1,2,3,4,5,0];
else
    disp('Invoer van WAT voldoet niet');
end

% Consequenties te gebruiken 1DV-versie
if versie==50
    cd 1DVprog
    dos('del *.kk5');
    dos('copy in1dv.cop in1dv.kk5');
    ve=0;
    w1dv='onedv5.exe';
elseif versie==51
    cd /users/infomeet/aalderin/1DVprog
    unix('/bin/rm *.kk5');
    unix('cp in1dv.cop in1dv.kk5');
    ve=0;
    w1dv='./onedvhp5.exe';
elseif versie==60
    cd 1DVprog
    dos('del *.kk5');
    dos('copy in1dv.f7s in1dv.kk5');
    ve=2;
    w1dv='onedv6.exe';
elseif versie==61
    cd /users/infomeet/aalderin/1DVprog
    unix('/bin/rm *.kk5');
    unix('cp in1dv.f7s in1dv.kk5');
    ve=2;
    w1dv='./onedvhp6.exe';
else
    disp('Onbekend versie nummer');
end

% Algemene parameterwaarden
ss=0.7; % Prandtl-Schmidt nummer
N=50; % Aantal lagen waar het model mee rekent
ts=4; % Stapgrootte [min]
n=2; % Aantal (naast slibconc.) te schatten param.
u0=0; % u0*ts begintijdstip filtering
% Middelgat: opp=5 , mid=30 , bod=44
% Vlissingen: opp=6 , mid=24 , bod=35
% Bath: opp=5 , mid=29 , bod=43
[mvb1,mvb2]=splitlin(f_snl, '.');
if mvb2(1,1:2)=='mi'
    opp=5; mid=30; bod=44;
elseif mvb2=='vli'
    opp=6; mid=24; bod=35;
elseif mvb2=='bat'
    opp=5; mid=29; bod=43;
else
    display('extensie fout bij het bepalen van de meethoogtes !')
end
agl=3; % Is het aantal in werkelijkheid gemeten lagen
h=0.35; % Dit is de stapgrootte in de hoogte
beta=1/ss; % Dimensieloze parameter

```

```

alfa=1; % Dimensieloze parameter
k=ts*60; % [in sec] dimensieloze grote kalman tijdstap
a=0; % Beginwaarde voor 'a' in de van Leussen-formule
b=0; % Beginwaarde voor 'b' in de van Leussen-formule
Sde=0; % Waarde FLUX IDV-model

if all(flag+[1,2,0,0,0,0])
    lb=1; % Is aantal laagconc. bekend per tijdstap
end
if all(flag+[0,0,3,4,5,6])
    lb=3; % Is aantal laagconc. bekend per tijdstap
end

% Voor het genereren van meetgegevens zijn een aantal gegevens
% nodig deze worden nu gevraagd
if all(flag+[0,0,0,0,5,6])
    swo =input('Gemiddelde waarde Wo in [m/s] : ');
    cvwo =input('Wo constante (0) of variabele (1)? : ');
    if cvwo==1
        cwo =input('Max. afwijking wo van gemiddelde in [m/s] : ');
        perwo=input('Periode van de sinus van wo in [min] : ');
    end
    gde =input('D-E(0) in [g/l] : ');
    cvde =input('DminE const. (0), var. (1) of +-waarde. (2)? : ');
    if cvde==1
        cde =input('Max. afwijking D-E van D-E(0) in [g/l] : ');
        perde=input('Periode van de sinus van DminE in [min] : ');
    end
end
if all(flag+[1,2,3,4,0,0])
    Wo =input('Wo(0) in m/s: ');
    DminE=input('D-E(0) in kg/sm^2: ');
else
    Wo =swo;
    DminE=-gde;
end
if all(flag+[1,0,3,0,5,0])
    fa=input('C(0) in g/l : ');
end

% Gevraagd worden parameterwaarden benodigd voor het filteren
if all(flag+[1,2,3,4,0,0])
    P1=0.03^2; % input('St. dev. PC1(0) in [g/l] : ')^2;
    PN=0.03^2; % input('St. dev. PCN(0) in [g/l] : ')^2;
    Pwo=0.003^2; % input('St. dev. Pwo(o) in [m/s] : ')^2;
    Pde=0.0008^2; % input('St. dev. P(D-E)(0) : ')^2;
    Q1=0; % input('St. dev. systeemruis Q1 in [g/l] : ')^2;
    QN=0; % input('St. dev. systeemruis QN in [g/l] : ')^2;
    Qwo=0.002^2; % input('St. dev. systeemruis Qwo : ')^2;
    Qde=0.0002^2; % input('St. dev. systeemruis Q(D-E) : ')^2;
    RuOpp=0.0075^2; % input('St. dev. meetruis bovenste meetpunt in (g/l) : ')^2;
    RuMid=0.0075^2; % input('St. dev. meetruis middelste meetpunt in (g/l) : ')^2;
    RuBod=0.0075^2; % input('St. dev. meetruis onderste meetpunt in (g/l) : ')^2;
    % display(['P1 =',sqrt(P1);'PN =',sqrt(PN);'Pwo =',sqrt(Pwo);'Pde =',sqrt(Pde);'Q1 =',sqrt(Q1);'QN
    display(['sqrt(P1),sqrt(PN),sqrt(Pwo),sqrt(Pde),sqrt(Q1),sqrt(QN),sqrt(Qwo),sqrt(Qde),sqrt(RuOpp),sqrt(RuMi
end
if all(flag+[0,0,0,0,5,6])
    P1=0; PN=0; Pwo=0; Pde=0; Q0=0; Q1=0; QN=0; Qwo=0; Qde=0; RuBod=1; RuOpp=1; RuMid=1;
end
THV=input('Hoeveel stappen moet er geextended kalmanfiltert worden THV : ');

if all(flag+[0,2,0,4,0,6])

```

```

% Aanpassen NUMTIM voor het draaien van normale 1DV-Model tot
% tijdstip vanaf waar het Extended Kalmanfilteren begint.
voegtoe('inidv.kk5',u0*ts/0.1,13+ve,'%1.0f ');

% Juiste data files in inidv.kk5 zetten f_whe en f_snl
voegtoe('inidv.kk5',1,4,f_whe)
voegtoe('inidv.kk5',1,7+ve/2,f_snl)

% Flag van STRESS/FLUX op FLUX zetten
voegtoe('inidv.kk5',1,2*N+54+ve,'FLUX ');
end

% Het aanmaken van de covariantiematrices Q, P0 en R
for i=1:N
    P0(i,i)=(N-i)*(PN-P1)/(N-1)+P1;
    Q(i,i)=(N-i)*(QN-Q1)/(N-1)+Q1;
end
P0(N+1,N+1)=Pwo;
P0(N+2,N+2)=Pde;
Q(N+1,N+1)=Qwo;
Q(N+2,N+2)=Qde;
if all(flag+[1,2,0,0,0,0])
    R(1,1)=RuBod;
end
if all(flag+[0,0,3,4,5,6])
    R(1,1)=RuBod;
    R(2,2)=RuMid;
    R(3,3)=RuOpp;
end

% Het aanmaken van de waarneembaarheidsmatrix H
H0(N+n,ag1)=0;
H0(N+1-opp,3)=1;
H0(N+1-mid,2)=1;
H0(N+1-bod,1)=1;
if all(flag+[0,0,3,4,5,6])
    H=H0;
end

% Het aanpassen van de starttijd, valsnelheid, [a,b] en
% randvoorwaarde DminE in de invoerfile van het 1DV-model
aanpas('inidv.kk5',u0,Wo,[a,b],DminE,N,ve)

if all(flag+[0,2,0,4,0,6])

    % Het draaien van het 1DV-model voor beginwaarden van V en E
    % Dit is alleen nodig indien er dichtheidsterugkoppeling
    % plaatsvindt, omdat dan de slibconc. (berekend door het
    % 1DV-model nodig zijn.
    if versie==50 | versie==60
        dos(wl1dv);
    else
        unix(wl1dv);
    end
    if u0==0
        unix('/bin/rm restart.kk5');
    end

    % Op goede tijd zetten NUMTIM
    voegtoe('inidv.kk5',ts/0.1,13+ve,'%1.0f ');
end

```

```

THV=THV+u0;

% Inlezen van de gemeten waterhoogtes [in m]
M4=leesin(f_whe,0,THV+1);

% Inlezen van de gemeten slibconcentraties [in g/m^3 !!!]
if all(flag+[1,2,0,0,0,0])
    M3=leesin('rugenka2.dat',0,THV+1)./1000;
end
if all(flag+[0,0,3,4,5,6])
    M3=leesin(f_con,5,THV+1)./1000;
end

% Inlezen van matrix met waarden van de eddy-viscositeit V en
% energie dissipatie E
if all(flag+[1,0,3,0,5,0])
    M1=leesin(f_edv,4,THV+1);
end
if all(flag+[0,2,0,4,0,6])

    % inlezen van c [in kg/m^3 !!] vanuit de uitvoerfile
    % Dit is alleen nodig indien er dichtheidster. plaatsvind,
    % omdat dan de slibconc. (berekend met 1DV-model) nodig zijn.
    M2=leesin('kalman.kk5',11+N+1,N);
    for j=1:N
        CV(j)=M2(N+1-j,7);
        BewCV(j)=CV(j);
    end
    BewCV=BewCV';
end

% Beginwaarde slibconcentraties
if all(flag+[1,0,3,0,5,0])
    for j=1:N
        C(j)=fa;
    end
end

% Beginwaarden gemeten slibconcentraties
if all(flag+[0,0,3,4,5,6])
    for j=1:lb
        Z(j)=M3(u0+1,lb+1-j);
    end
end

% Dit van belang voor het bepalen van de waarneembaarheidsmatrix H
% als slechts 1 slibconc. per tijdstip bekend wordt verondersteld.
if all(flag+[1,2,0,0,0,0])
    H(:,1)=H0(:,4-M3(u0+1,1));
    for j=1:lb
        Z(j)=M3(u0+1,lb+3-j);
    end
end

Teta=[Wo,DminE];

% Toepassing van het Extended Kalmanfilter
%[Xkk,Pkk]=extkal([C';Teta'],Fk,G,P0,Q,R,H,Z');
Xk1k=[C';Teta'];
Pk1k=P0;
Kk=Pk1k*H*(H'*Pk1k*H+R)^(-1);

```

```

Xkk=Xk1k+Kk*[Z'-H'*Xk1k];
Pkk=[eye(N+n)-Kk*H']*Pk1k*[eye(N+n)-Kk*H']'+Kk*R*Kk';

Teta=[Xkk(N+1),Xkk(N+2)];

% Bewaren van verscheidene data
XC=Xkk; % Bewaren berekende slibconc. van deze tijdstap
Bewteta=Teta;
BewPteta=[Pkk(N+1,N+1),Pkk(N+2,N+2)];
BewPc=[Pkk(N+1-opp,N+1-opp),Pkk(N+1-mid,N+1-mid),Pkk(N+1-bod,N+1-bod)];

% Aanpassen van Teta
if all(flag+[1,2,3,4,0,0])
    Wo=Xkk(N+1);
    DminE=Xkk(N+2);
end

% BEGIN VAN HET DOORSTARTEN
for u=(1+u0):THV
    u
    % if all(flag+[0,2,0,4,0,0])

        % Aanpassen van de slibconcentraties in het 1DV-model
        % [fid,message1]=fopen('????.kk5');
        % fseek(fid,???,-1);
        % for i=1:N
        %     fprintf(fid,'%??f\n',');
        %     fclose(fid);
        % end
        if all(flag+[0,2,0,4,0,6])

            % Het aanpassen van de starttijd, valselheid, [a,b] en
            % randvoorwaarde DminE in de invoerfile van het 1DV-model
            aanpas('inldv.kk5',ts*(u-1),Wo,[a,b],DminE,N,ve)

            % Het runnen van het 1dvmodel
            if versie==50 | versie==60
                dos(wl1dv);
            else
                unix(wl1dv);
            end

            % Bepalen van v,e
            M1=leesin('kalman.kk5',5,N+1);
            for j=1:N-1
                E(j)=M1(N-j+1,3);
                V(j)=M1(N-j+1,4);
            end
        end
    if all(flag+[1,0,3,0,5,0])
        for j=1:N-1
            E(j)=M1(u+1,1+j);
            V(j)=M1(u+1,N+j);
        end
    end
    if all(flag+[0,0,0,0,0,6])

        % Inlezen van de slibconcentratie c uit de uitvoerfiles
        M2=leesin('kalman.kk5',11+N+1,N);
        for j=1:N
            CV(j)=M2(N+1-j,7);
        end
    end
end

```

```

    BewCV=[BewCV,(CV)'];
end
for i=1:N
    C(i)=Xkk(i);
end

% Bepalen van de discrete waterhoogtes
% WH1=M4(u,2); % WH1 is waterhoogte op t=t_n
% WH2=M4(u+1,2); % WH2 is waterhoogte op t=t_{n+1}
teller=round((u*ts+13)/10);
h=M4(teller,2)/N;

% bepalen van de matrices F,G en Cs
[Fk,G,Cs]=bepfgc(E,V,Wo,DminE,flag,alfa,beta,a,b,k,h,C,n);

if all(flag+[0,0,3,4,5,6])
    for j=1:lb
        Z(j)=M3(u+1,lb+1-j);
    end
end
if all(flag+[1,2,0,0,0,0])
    for i=1:(N+n)
        H(i,1)=HO(i,4-M3(u+1,1));
    end
    for j=1:lb
        Z(j)=M3(u+1,lb+3-j);
    end
end

% Toepassen van het Extended Kalmanfilter
[Xkk,Pkk]=extkal([Cs;Teta'],Fk,G,Pkk,Q,R,H,Z');

% Voorspelstap Extended Kalmanfilter
Xk1k=[Cs;Teta'];
Pk1k=Fk*Pkk*Fk'+G*Q*G';

% Correctiestap Extended Kalmanfilter
Kk=Pk1k*H*[H'*Pk1k*H+R]^-1;
Xkk=Xk1k+Kk*[Z'-H'*Xk1k];
Pkk=[eye(N+n)-Kk*H']*Pk1k*[eye(N+n)-Kk*H']'+Kk*R*Kk';

Teta=[Xkk(N+1),Xkk(N+2)];

% Hierna wordt de waarde van DminE bepaald, wanneer er fictieve
% meetgegevens worden gegenereerd.
if all(flag+[0,0,0,0,5,6])
    if cvwo==1
        Wo=swo+cwo*sin(2*pi*ts*u/perwo);
    end
    if cvde==2
        if round(u*ts/200) < (u*ts/200)
            DminE=-gde;
        else
            DminE=gde;
        end
    elseif cvde==1
        DminE=gde+cde*sin(2*pi*ts*u/perde);
    end
end

% Bewaren van de toestand en de covarianties van teta
XC=[XC,Xkk];

```

```

Bewteta=[Bewteta;Teta];
BewPteta=[BewPteta;[Pkk(N+1,N+1),Pkk(N+2,N+2)]];
BewPc=[BewPc;[Pkk(N+1-opp,N+1-opp),Pkk(N+1-mid,N+1-mid),Pkk(N+1-bod,N+1-bod)]];

% Aanpassen van Teta
if all(flag+[1,2,3,4,0,0])
    Wo=Xkk(N+1);
    DminE=Xkk(N+2);
end
end
for i=1:(THV+1-u0)
    GD(1,i)=XC(N+1-opp,i);
    GD(2,i)=XC(N+1-mid,i);
    GD(3,i)=XC(N+1-bod,i);
    % GD(4,i)=ts*(i-1)+u0*4;
    DT(1,i)=ts*(i-1)+u0*4;
end
clear M1
clear M2
clear M4
TS(:,2)=DT(1,:);
TS(:,3)=Bewteta(:,1);
TS(:,4)=sqrt(BewPteta(:,1));
TS(:,5)=Bewteta(:,2);
TS(:,6)=sqrt(BewPteta(:,2));
TS(:,7)=GD(1,:);
TS(:,8)=sqrt(BewPc(:,1));
TS(:,9)=GD(2,:);
TS(:,10)=sqrt(BewPc(:,2));
TS(:,11)=GD(3,:);
TS(:,12)=sqrt(BewPc(:,3));
TS(:,13:15)=M3(:,1:3);
clear M3

cd ..

if all(flag+[1,2,3,4,0,0])
    fid=fopen(f_bew,'w');
    % if wat==1
    % fprintf(fid,'Filteren met 1 slibconc.\n');
    % elseif wat==2
    % fprintf(fid,'Filteren met 1 slibconc. en dichtheidsterugk.\n');
    % elseif wat==3
    % fprintf(fid,'Filteren met 3 slibconc.\n');
    % elseif wat==4
    % fprintf(fid,'Filteren met 3 slibconc. en dichtheidsterugk.\n');
    % else
    % fprintf(fid,'Onbekende filtering !!!!!\n');
    % end
    % fprintf(fid,'Kolom 1 : (NUL) Nullen voor tekenen nullijn.\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 2 : (DT) Tijd in [min].\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 3 : (Wo) Schatting v.d. valsnelheid in [m/s]\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 4 : (Pwo) St.dev. schatting Wo in [m/s]\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 5 : (D-E) Schatting v.d. randvoorwaarde D-E\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 6 : (P_D-E) St.dev. schatting D-E\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 7 : (Copp) Schatting slibconc. opp in [g/l]\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 8 : (PCopp) St.dev. schatting Copp in [g/l]\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 9 : (Cmid) Schatting slibconc. mid in [g/l]\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 10 : (PCmid) St.dev. schatting Cmid in [g/l]\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 11 : (Cbod) Schatting slibconc. bod in [g/l]\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 12 : (PCbod) St.dev. schatting Cbod in [g/l]\n');
    % fprintf(fid,'Kolom 13 : (Gopp) Gemeten slibconc. opp in [g/l]\n');

```

```

% fprintf(fid,'Kolom 14 : (Gmid)  Gemeten slibconc. mid in [g/l]\n');
% fprintf(fid,'Kolom 15 : (Gbod)  Gemeten slibconc. bod in [g/l]\n');
fprintf(fid,'%2.0f %7.1f %7.5f %7.5f %8.6f %8.6f %7.5f %7.5f %7.5f %7.5f %7.5f %7.5f %7.5f %7.5f %7.5f %7.5f\n',
fclose(fid);
end

if all(flag+[0,0,0,0,5,0])
    [fid,message]=fopen('Data/gendanie.dat','w');
    fprintf(fid,'%7.2f %7.2f %7.2f %7.1f\n',[GD*1000;DT]);
    fclose(fid);
    [fid1,message]=fopen('Data/tetadan.dat','w');
    fprintf(fid1,'%9.7f %9.7f\n',[Bewteta]);
    fclose(fid1);
end

if all(flag+[0,0,0,0,0,6])
    for i=1:(THV-1-u0)
        GD(1,i)=BewCV(N+1-opp,i);
        GD(2,i)=BewCV(N+1-mid,i);
        GD(3,i)=BewCV(N+1-bod,i);
    end
    [fid,message]=fopen('Data/gen1Dnie.dat','w');
    fprintf(fid,'%7.2f %7.2f %7.2f %7.1f\n',[GD*1000;DT]);
    fclose(fid);
end

```

J.6 Ruistoe2.m

```
%
% *****
% *
% * RUISTOE2.M *
% * programmetje waarmee ruis aan fictieve meetgegevens *
% * toegevoegd kan worden, waarbij per tijdstap alledrie *
% * de concentraties bekend blijven. *
% *
% *****
%
R=0; M2=0; Mu=0; MD=0; Mz=0; Mt=0;
srb=1000*input('Wat is de st. dev.!!!! van de ruis die bij het bovenste meetpunt moet worden toegevoegd (g/l)');
sro=1000*input('Wat is de st. dev.!!!! van de ruis die bij het onderste meetpunt moet worden toegevoegd (g/l)');
R(1)=srb; % st. dev. ruis in (mg/l)!
R(2)=(srb+sro)/2; % st. dev. ruis in (mg/l)!
R(3)=sro; % st. dev. ruis in (mg/l)!
kk=4; % Is tijd + aantal geselecteerde concentraties per tijdstap
du=1; % mg/l --> g/l neem du=1000 (omg. du=0.001), onverandert neem du=1
THV=input('Over hoeveel stappen moet ruis geplaatst worden: ');
%
THV=THV+1;
cd Data
[fid1,message]=fopen('gendanie.dat','r+');
[Mz,count]=fscanf(fid1,'%g',[kk,THV]);
Mz=Mz';
fclose(fid1);
cd /users/infomeet/aalderin
Ru=randn(THV,kk);
Mt=Mz;
for j=1:(kk-1)
    for i=1:THV
        Mt(i,j)=abs(Mz(i,j)/du + R(j)*Ru(i,j)/du) ;
    end
end
MD=Mt';
[fid2,message]=fopen('Data/rugendan.dat','w+');
fprintf(fid2,'%8.4f %8.4f %8.4f %5.0f\n',MD);
fclose(fid2);
```

J.7 Reprocon.m

```
function[MS]=reprocon(f_snl,f_whe,TS,versie)
%REPROCON Het berekenen van de slibconcentraties met het 1DV-model
% waarbij voor Ws en D-E de schattingen verkregen met
% FILTEREN.M worden ingevoerd
% CALL
% MS=REPROCON(F_SNL,F_WHE,TS,VERSIE)
% INPUT
% F_SNL - File met gemeten stroomsnelheden. Deze file
% dient in ieder geval uit de volgende twee kolomen te
% bestaan:
% kolom 1: tijd in min
% kolom 2: snelheid in m/s
% F_WHE - File met de waterhoogten (per 10 minuten). Deze file
% dient in ieder geval uit de volgende twee kolomen te
% bestaan:
% kolom 1: tijd in min
% kolom 2: waterhoogte in meters (boven de bodem)
% TS - Matrix die verkregen wordt door het draaien van
% FILTEREN.M
% kolom 3: Wo waarden per 4 minuten
% kolom 5: D-E waarden per 4 minuten
% VERSIE - Versienummer van het 1DV-model
% 50: onedv5.exe
% 51: onedvhp5.exe
% 60: onedv6.exe
% 61: onedvhp6.exe
% OUTPUT
% MS - Matrix met de resultaten:
% kolom 1: De tijd in min
% kolom 2: Berekende slibconc. bovenste meetpunt
% kolom 3: Berekende slibconc. middelste meetpunt
% kolom 4: Berekende slibconc. onderste meetpunt

% L.Aalderink
% 19-02-1998
% Versie 1.0
% RIKZ, Middelburg

cd 1DVprog

% Consequenties te gebruiken 1DV-versie
if versie==50
    dos('del *.kk5');
    dos('copy in1dv.cop in1dv.kk5');
    ve=0;
    w1ldv='onedv5.exe';
elseif versie==51
    unix('/bin/rm *.kk5');
    unix('cp in1dv.cop in1dv.kk5');
    ve=0;
    w1ldv='./onedvhp5.exe';
elseif versie==60
    dos('del *.kk5');
    dos('copy in1dv.f7s in1dv.kk5');
    ve=2;
    w1ldv='onedv6.exe';
elseif versie==61
    unix('/bin/rm *.kk5');
    unix('cp in1dv.f7s in1dv.kk5');
```

```

    ve=2;
    w1ldv='./onedvhp6.exe';
else
    disp('Onbekend versie nummer');
end

% Algemene parameterwaarden
a=0.3; % Parameter valsnelheidsformule van van Leusen
b=0.03; % Parameter valsnelheidsformule van van Leusen
N=50; % Aantal lagen waar het model mee rekent
ts=4; % De tijdsduur [in min] die het 1DV-model berekent
u0=0; % u0*ts is het tijdstip vanaf waar gekalmanfiltert wordt
k=ts*60; % [in sec] dit is de dimensieloze grote van de kalman tijdstap
opp=5; % nr. laag van 1.50 m onder het wateropp.
mid=30; % nr. laag van 40 procent boven de bodem.
bod=44; % nr. laag van 1.00 m boven de bodem.
THV=input('Hoeveel stappen moet er geextended kalmanfiltert worden THV : ');

% Aanpassen NUMTIM voor het draaien van normale 1DV-Model tot
% tijdstip vanaf waar het Extended Kalmanfilteren begint.
voegtoe('inldv.kk5',u0*ts/0.1,13+ve,'%1.0f    ');

% Aanpassen inldv.kk5 voor de waterhoogtes en stroomsnelheden
voegtoe('inldv.kk5',1,4,f_whe)
voegtoe('inldv.kk5',1,7+ve/2,f_snl)

% Berekenen beginconcentraties
bcon=input('Wat is de beginconcentratie in (g/l)? : ');
for i=1:N
    BC(i,1)=0.01;
    BC(i,2)=0.03;
    BC(i,3)=bcon;
end

% Aanpassen van de beginconcentraties
voegtoe('inldv.kk5',BC,2*N+60+ve,'%4.3f    %6.3f    %6.3f');

% Veranderen van de flag STRESS/FLUX
voegtoe('inldv.kk5',1,2*N+54+ve,'FLUX    ');

% Het aanpassen van de starttijd, valsnelheid, [a,b] en
% randvoorwaarde DminE in de invoerfile van het 1DV-model
aanpas('inldv.kk5',u0,TS(1,3),[a,b],TS(1,5)*0.1*60,N,ve)

% Het draaien van het 1DV-model om waarden voor V,E etc. te krijgen
% op t=0.
if versie==50 | versie==60
    dos(w1ldv);
    if u0==0
        dos('del1kk5');
    end
else
    unix(w1ldv);
    if u0==0
        unix('./rm1kk5');
    end
end

% Op goede tijd zetten NUMTIM
voegtoe('inldv.kk5',ts/0.1,13+ve,'%1.0f    ');

THV=THV+u0;

```

```

% Begin van het Doorstarten
for u=(1+u0):THV+1
    u

% inlezen van c [in g/l !!] uit de uitvoerfiles met fscanf
M1=leesin('kalman.kk5',11+N+1,N);
for j=1:N
    C(j)=M1(j,7);
end
% Voor het afdrukken van de energie dissipatie E en eddy-viscositeit V
DT(1,u-u0)=ts*(u-1);
GD(1,u-u0)=C(opp);
GD(2,u-u0)=C(mid);
GD(3,u-u0)=C(bod);

% Het aanpassen van de starttijd, valsnelheid, [a,b] en
% randvoorwaarde DminE in de invoerfile van het 1DV-model
aanpas('in1dv.kk5',ts*(u-1),TS(1+u,3),[a,b],TS(1+u,5)*0.1*60,N,ve)

%
% Het runnen van het 1dvmodel
%
if versie==50 | versie==60
    dos(wl1dv);
    dos('del2kk5');
else
    unix(wl1dv);
    unix('./rm2kk5');
end
end
cd ..
MS(:,2)=DT';
MS(:,3:5)=GD(1:3,:);

```

J.8 Inladen.m

```
function[Mts,Msnl,Mwhe,Med,Mkt,Mbe]=inladen(datum,ext,min,N)
%INLADEN Voor het laden van verscheidene matrices
% CALL
% [MTS,MSNL,MWHE,MED,MKT,MBE]=INLADEN(DATUM,EXT,MIN,N)
% INPUT
% DATUM - datum in (jjmmdd)
% EXT - extentie van de datafiles ('vli','mid' of 'bat')
% MIN - minuten na 0.00 uur waarop is begonnen te filteren
% N - Aantal lagen waar kolom in is opgedeeld
% OUTPUT
% MTS - file met de schattingen
% MSNL - file met de stroomsnelheden
% MWHE - file met de waterhoogten
% MED - file met de eddy-visc. van de drie lagen
% MKT - file met kentertijdstippen en waarden
% MBE - file met begin en eindtijdstippen

ts=[datum,'ts.','ext'];
snl=[datum,'ss.','ext'];
whe=[datum,'wh.','ext'];
ee=[datum,'ec.','ext'];
kt=[datum,'kt.','ext'];
be=[datum,'be.','ext'];

% DE LAGEN DIE OVEREENKOMEN MET DE MEETHOOGTES
% Middelgat: opp=5 , mid=30 , bod=44
% Vliissingen: opp=6 , mid=24 , bod=35
% Bath: opp=5 , mid=29 , bod=43
if ext=='mid'
    opp=5; mid=30; bod=44;
elseif ext=='vli'
    opp=6; mid=24; bod=35;
elseif ext=='bat'
    opp=5; mid=29; bod=43;
end

Mts=leesin(ts,16,inf);
if Mts(1,2)~=0
    disp('Eerste tijdwaarde ongelijk aan nul, klopt dat?!!!!!!');
end
[ar,ak]=size(Mts);
Msnl=leesin(snl,0,inf);
Mwhe=leesin(whe,0,inf);
Mee=leesin(ee,4,ar);

% halen goede eddy-viscositeiten
for i=1:ar
    Med(i,1)=Mee(i,N+N-opp);
    Med(i,2)=Mee(i,N+N-mid);
    Med(i,3)=Mee(i,N+N-bod);
end

% het laden van de stroomkenteringslijnen
[kt,k1]=klijnen(kt,min);
Mkt=[kt,k1];
Mbe=leesin(be,0,inf);
```

J.9 Plotall.m

```
function []=plotall(M,Msnl,Mwhe,Med,Mkt,Mbe,k,min,sdr,ext)
%PLOTALL Voor het plotten van alle gegevens in de matrix M
% die verkregen wordt met FILTEREN.M . In twee figuren
% worden 8 gegevens geplot!!!!
%
% !!!!!!!!! EERST INLADEN.M GEBRUIKEN !!!!!!!!!
%
% CALL
% PLOTALL(M,Msnl,Mwhe,Mee,Mkt,Mbe,K,MIN,SDR,EXT)
% INPUT
% M - Matrix met data verkregen met FILTEREN.M
% Msnl - Matrix met de stroomsnelheden
% Mwhe - Matrix met de waterhoogten
% Med - Matrix met de eddy-visc.
% Mkt - Matrix met kenteringstijdstippen + waarden
% Mbe - Matrix met begin en eindtijdstippen voor afdrucken
% K - Voer een van de volgende getallen in:
% 1: Plotten alle plaatjes bij filteren met
% gegenereerde meetgegevens
% 2: Plotten alle plaatjes bij filteren met
% gemeten slibconcentraties
% 3: Plot alles
% MIN - Tijdstip na 0.00 uur waarop is begonnen te filteren (in min)
% SDR - Standdeviatie meetruis
% EXT - Een van de volgende extensies invoeren:
% 'mid','bat' of 'vli'

% L.Aalderink
% 18-02-1998
% Versie 1.0
% RIKZ, Middelburg

tm=60; % tm=1 is in minuten, t=60 is in uren
Nul=M(:,1);
DT =(M(:,2)+min)/60;
Le=length(DT);

% het laden van de stroomkenteringslijnen
KT=Mkt(:,1)/tm;
LN=Mkt(:,2);

% extensie bepaling
if ext=='mid'
    gwd=18;
    lnr=' 5,30,44';
elseif ext=='bat'
    gwd=16;
    lnr=' 5,29,43';
elseif ext=='vli'
    gwd=13;
    lnr=' 6,24,35';
else
    display('De extensie is niet (goed) opgegeven')
end

% Het toekennen van flag-waarden
if k==1
    flag=[0,2,3,4];
elseif k==2
    flag=[1,0,3,4];
```

```

% laden van de gegenereerde meetgegevens zonder ruis
F=leesdata('gendakal.dat',0,[Le,4]);
else
    flag=[1,2,3,4];
end

% integratie van D-E is opgenomen slib in kg/m^2
totde(1,1)=4*60*M(1,5);
for i=2:Le
    totde(i,1)=totde(i-1,1)+4*60*M(i,5);
end

% differentiatie eddy-viscositeit

% Begin en eindwaarden voor afbeeldingen
kent2dat=Mbe/tm;

% Dit is voor de totale D-E waarden
%for i=1:Le
% dday(i,1)=-0.05*cos(2*pi*4*i/(20*24*60))+0.05;
%end

% Het verkrijgen van de variabelen met tittel, legenda en
% label teksten. Hiervoor zijn TB en TE nodig !!!!
TB=0;TE=1200;tittels;

% plotten van totde
figure(20),
plot(DT,totde,'b-',KT,LN*0.05,'k-'),legtd2;

minim=min(M(:,3))
maxim=max(M(:,3))
stdev=std(M(:,3))

% plotten van verschillende tijdreeksen
for i=1:length(kent2dat)
    TB=kent2dat(i,1)
    TE=kent2dat(i,2)

    % Het verkrijgen van de variabelen met tittel, legenda en
    % label teksten. Hiervoor zijn TB en TE nodig !!!!
    tittels;

    % Plotten van het residu van het oppervlak
    SD=[sqrt(M(:,8).^2+sdR^2),-sqrt(M(:,8).^2+sdR^2)];
    figure(3),plot(DT,M(:,7)-M(:,13),'g-',DT,SD,'k--',DT,Nul,'k-.'),leggoopp;
    percklg(M(:,7)-M(:,13),SD(:,1));

    % Plotten van het residu van het midden
    SD=[sqrt(M(:,10).^2+sdR^2),-sqrt(M(:,10).^2+sdR^2)];
    figure(4),plot(DT,M(:,9)-M(:,14),'g-',DT,SD,'k--',DT,Nul,'k-.'),leggmidd;
    percklg(M(:,9)-M(:,14),SD(:,1));

    % Plotten van het residu van het bodem
    SD=[sqrt(M(:,12).^2+sdR^2),-sqrt(M(:,12).^2+sdR^2)];
    figure(5),plot(DT,M(:,11)-M(:,15),'g-',DT,SD,'k--',DT,Nul,'k-.'),leggbod;
    percklg(M(:,11)-M(:,15),SD(:,1));

    % plotten van de eddy-viscositeiten van de drie lagen
    figure(1),
    subplot(411),
    plot(DT,Med(:,1),'g-',DT,Med(:,2),'r--',DT,Med(:,3),'b-.',KT,LN*0.20,'k-'),legteddy;

```

```

% Plotten van de geschatte valsnelheid Wo
subplot(412),
plot(DT,M(:,3),'m-',DT,Nul,'k-.',KT,LN*0.020,'k-'),legwo;

% Plotten van de geschatte D-E
figure(2),
subplot(414),
plot(DT,M(:,5),'c-',DT,Nul,'k-.',KT,LN*0.001,'k-'),legde;

% plotten van de geschatte slibconcentraties
figure(6),
subplot(413),
plot(DT,M(:,7),'g-',DT,M(:,9),'r--',DT,M(:,11),'b-.',KT,LN*0.3,'k-'),legscon;

% plotten waterhoogtes
figure(7),
subplot(411),
plot((Mwhe(:,1)+min)/tm,Mwhe(:,2)-gwd,'k-',KT,LN*27,'k-'),legwhe;

% plotten stroomsnelheid
subplot(412),
plot((Msnl(:,1)+min)/tm,Msnl(:,2),'k-',DT,Nul,'k-.',KT,LN*2,'k-'),leglstr;

% plotten van de gemeten slibconcentraties
subplot(413),
plot(DT,M(:,13),'g-',DT,M(:,14),'r--',DT,M(:,15),'b-.',KT,LN*0.3,'k-'),leggcon;

% plotten van de eddy-viscositeiten van de drie lagen
subplot(414),
plot(DT,Med(:,1),'g-',DT,Med(:,2),'r--',DT,Med(:,3),'b-.',KT,LN*0.20,'k-'),
xlabel(xlab1),legteddy;

% plotten van de gegenereerde slibconcentraties zonder ruis!
figure(8),plot(DT,F(:,1),'g-',DT,F(:,2),'r--',DT,F(:,3),'b-.',KT,LN*0.3,'k-');
figure(6),plot(DT,M(:,3),'m-',DT,Nul,'k-.');

% grafieken die alleen nodig zijn bij filteren met gegenereerde
% meetgegevens
if all(flag+[1,0,0,0])
end

% grafieken die alleen nodig zijn bij filteren met GEMETEN
% slibconcentraties
if all(flag+[1,0,0,0])
end

% plotten stroomsnelheid
figure(21)
subplot(211),
plot((Msnl(:,1)+min)/tm,Msnl(:,2),'k-',DT,Nul,'k-.',KT,LN*2,'k-'),leglstr;

% plotten van totde
deint=-totde-(0.6+(DT-30)*0.02);
subplot(212),
plot(DT,deint,'b-',KT,LN*5,'k-'),legtdel;

pause

% opt=input('Printen ?[y(1)/n(0)]: ');
opt=1;

```

```
if opt==1
    figA=['ds',ext,num2str(i),'a'];
    figure(1),print('-deps',figA)
    figB=['ds',ext,num2str(i),'b'];
    figure(7),print('-deps',figB)
end
end
```

J.10 Vertalle.m

```
function []=vertalle(Meddy,Meddy2,Msnl,Mgsnl,Mgs50,Mwhe,ag,sg)

%VERTALLE Uitzetten van de stroomsnelheid en eddy-viscositeit
% tegen de diepte voor meerdere tijdstappen achter
% elkaar.
% CALL
% VERTALLE [MEDDY,MEDDY2,MSNL,MGSNL,MGS50,MWHE,AG,SG] zet om de AG*4 min de
% berekende (en de gemeten) stroomsnelheden en de eddy-visc.
% uit tegen de waterhoogten in MWHE, die om de SG minuten
% weergegeven zijn.
% INPUT
% MEDDY - Matrix met de eddy-viscositeiten (1e kolom
% tijd in (i-1)*4 min, 2e kolom de eddy-v.).
% MEDDY2 - Matrix met de eddy-viscositeiten (1e kolom
% tijd in (i-1)*4 min, 2e kolom de eddy-v.).
% MSNL - Matrix met de stroomsnelheden (1e kolom
% tijd in (i-1)*4 min, 2-51 kolom de str. snelh.).
% MGSNL - Matrix met de gemeten stroomsnelheden
% (file moet voldoen aan de voorwaarden van het
% aangepaste 1DV-model, versie 6.). Als men de
% gemeten stroomsnelheden er niet in wil hebben
% dan dient een letter in te worden gevoerd.
% MGS50 - Matrix met de gegenereerde gemeten stroomsnelheden (1e kolom
% tijd in (i-1)*4 min, 2-51 kolom de str. snelh.).
% Als tekst wordt ingevoerd dan MGS50 niet afgebeeld.
% MWHE - Matrix met de waterhoogten (1e kolom tijd
% in (i-1)*SG min, 2e kolom de waterhoogte (m).
% AG - Om de AG*4 minuten wordt de str. snelh. uitgezet
% tegen de diepte.
% SG - Tijdsinterval tussen opeenvolgende waterhoogten. [min]

% L.Aalderink
% 04-02-1998
% RIKZ, Middelburg

N=50;
k=1;
n=1;
%figure(1),axis([-1.75 1.75 0 25]),
%title('Verticale stroomsnelheid'),
%xlabel('Stroomsnelheid'),
%ylabel('Hoogte vanaf de bodem');
%figure(2),axis([0 0.5 0 25]),
%title('Verticale eddy-viscositeit'),
%xlabel('Eddy-viscositeit'),
%ylabel('Hoogte vanaf de bodem');
hoe=input('Hoeveel tijdstappen? : ');

% Tijdstippen bij gemeten stroomsnelheden
if ~isstr(Mgsnl)
    agm=Mgsnl(1,1);
    ts1=Mgsnl(k*2+1,1);
    ts2=Mgsnl((k+1)*2+1,1);
end

% Tijdstippen bij waterhoogten
twh1=Mwhe(n,1);
twh2=Mwhe(n+1,1);

% Het creëren van een matrix met grafieken
```

```

%M=moviein(hoe);

% Het maken van de grafieken
for j=1:hoe
    rr=j*ag;
    wt=(rr-ag)*4
    if wt>twh2
        n=n+1;
        twh1=Mwhe(n,1);
        twh2=Mwhe(n+1,1);
    end
    wh=Mwhe(n,2)*(twh2-wt)/(twh2-twh1)+Mwhe(n+1,2)*(wt-twh1)/(twh2-twh1);

% Het bepalen van de gemeten stroomsnelheden
if ~isstr(Mgsnl)
    if wt>ts2
        k=k+1;
        ts1=Mgsnl(k*2+1,1);
        ts2=Mgsnl((k+1)*2+1,1);
    end
    for i=1:agm
        Dpgs(1,i)=wh-(Mgsnl(k*2,i+1)*(ts2-wt)/(ts2-ts1)+Mgsnl((k+1)*2,i+1)*(wt-ts1)/(ts2-ts1));
        gss(1,i)=Mgsnl(k*2+1,i+1)*(ts2-wt)/(ts2-ts1)+Mgsnl((k+1)*2+1,i+1)*(wt-ts1)/(ts2-ts1);
    end
end

% Het bepalen van de berekende eddy-viscositeiten
for i=1:N-1
    Dpe(1,i)=wh-wh/N*(i-0.5);
    ed(1,i)=Meddy(rr,N+N-i);
    ed2(1,i)=Meddy2(rr,N+N-i);
end

% Het bepalen van de berekende stroomsnelheden
for i=1:N
    Dps(1,i)=wh-wh/N*(i-0.5);
    ss(1,i)=Msnl(rr,i+1);
    s50(1,i)=Mgs50(rr,i+1);
end

% Het plotten van de eddy-viscositeit, uitgezet tegen de
% waterhoogte
subplot(1,2,1),plot(ed,Dpe,'k-',ed2,Dpe,'r-'),axis([0 0.30 0 25]),
title('Eddy-viscositeit over de diepte'),xlabel('Eddy-viscositeit'), ylabel('Hoogte vanaf de bodem [m]'),
ax=legend('versie 5','versie 6'); set(ax,'ButtonDownFcn','selectmoveresize');
;

% Het plotten van de stroomsnelheden, uitgezet tegen de
% waterhoogte
if ~isstr(Mgsnl) & ~isstr(Mgs50)
    subplot(1,2,2),plot(ss,Dps,'b-',gss,Dpgs,'r*',s50,Dps,'r-'),
    ax=legend('versie 5','invoer 6','versie 6'); set(ax,'ButtonDownFcn','selectmoveresize');
elseif ~isstr(Mgsnl)
    subplot(1,2,2),plot(ss,Dps,'b-',gss,Dpgs,'r*'),
else
    subplot(1,2,2),plot(ss,Dps),
end
axis([-1.75 1.75 0 25]),
title('Stroomsnelheid over de diepte'),
xlabel('Stroomsnelheid [m/s]'),
ylabel('Hoogte vanaf de bodem [m]');
% pause (0.1)

```

```
% Grafiek in grafiekenmatrix stoppen  
% M(:,j)=getframe;  
end  
%movie(M)
```