

Waterbouwkundig Laboratorium
Borgerhout

BIBLIOTHEEK

**Resultaten van stromingsmetingen in de Zeeschelde te
Antwerpen**

**V.O.F. Aqua Vision
25 april 1996**

278116

Rapport nr. AV11

In opdracht van:

**Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Afdeling Maritieme Schelde
België**

INHOUDSOPGAVE

Inhoudsopgave	1
1. Inleiding	2
2. Basisgegevens	3
2.1. Conditie tijdens de metingen	3
2.2. De ADCP	3
3. De verwerking en resultaten	5
3.1. Verwerking	5
3.2. Resultaten	6
4. Discussie en conclusies	8
Bijlage 1: Figuren	
Bijlage 2: Wijze van berekenen	
Bijlage 3: Resultaten van de metingen	

1. INLEIDING

De Afdeling Maritieme Schelde van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap heeft op 26 november 1995 stromingsmetingen uitgevoerd op de Zeeschelde te Antwerpen. De metingen zijn uitgevoerd met een schip met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). Hiermee zijn al varende over de raai verticale stromingsprofielen gemeten.

De metingen zijn uitgevoerd om snel een beeld te krijgen van de stromingspatronen in een aantal bochten in de Zeeschelde. De metingen zijn gedaan bij vloed. Het doel van dit rapport is het presenteren van de meetresultaten.

In dit rapport worden in hoofdstuk twee de meetcondities en de instellingen van de ADCP beschreven. In hoofdstuk drie worden de meetresultaten van de ADCP in stromingsprofielen gepresenteerd. Hoofdstuk vier geeft een discussie over de resultaten en conclusies.

Dit rapport is geschreven in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Maritieme Schelde te België met als contactpersoon de heer ir. E. Taverniers.

2. BASISGEGEVENS

2.1. Condities tijdens de meting

De metingen zijn uitgevoerd op 26 november 1995 op de Zeeschelde te Antwerpen. Het doel is het stromingspatroon in de diverse bochten in de Zeeschelde te bekijken. Er is met de ADCP gemeten met het "MS Veremans".

De raaien waarop is gevaren zijn uitgezet in Figuur 2.1. Het nummer van de raaien is aangegeven in de Figuur. Raai 1 ligt helemaal stroomafwaarts bij de Drempel van Frederik, nabij de Zandvlietsluis. Verder zijn metingen uitgevoerd in de bochten bij Kruisschans, de Kallosluis en de Royerssluis. Raai 18 ligt stroomopwaarts van de Royerssluis. Elke meting is begonnen bij de linkeroever (t.o.v. stroomafwaarts met de rivier).

De waterstand op 26 november 1995 is weergegeven in Figuur 2.2. De waterstand is gemeten bij de Kallosluis. De tijdstippen van Hoog Water en Laag Water zijn vermeld in Tabel 2.1. Met de ADCP is gemeten vanaf 1 uur voor Laag Water tot 46 minuten voor Hoog Water. Tijdens de eerste metingen was het dus eb, later werd het vloed.

Tabel 2.1. Tijdstippen en waterstanden van Hoog Water en Laag Water.

	Tijd in MET	Waterstand t.o.v. TAW [m]
Hoog Water	4.13	5.91
Laag Water	11.46	-0.42
Hoog Water	16.35	5.65

De gegevens van de raaien en de waterstand zijn geleverd door de Afdeling Maritieme Schelde.

2.2. De ADCP

In Tabel 2.2. zijn de gegevens over de ADCP en de instellingen van de ADCP weergegeven.

De ADCP was gekoppeld met een dGPS plaatsbepalingssysteem en een girokompas. Parallel aan de metingen met de ADCP zijn geluidssnelheidsmetingen verricht. Al deze gegevens zijn opgeslagen in de bestanden die het besturingsprogramma TRANSECT produceert.

Tabel 2.2: Instellingen van de ADCP

Frequentie	600 kHz
Bundelhoek	30 graden
Firmware versie	4.20
TRANSECT versie	2.72
Water Profiling Mode	4
Bin Lengte	0.50 m
Diepte eerste bin t.o.v. wateroppervlak	2.43 m
Aantal Pings per Ensemble	4

In Tabel 2.3 zijn de metingen met de ADCP vermeld.

Tabel 2.3: De metingen met de ADCP

Meting	Raai	Locatie	Tijd (MET)	Tijd (HW)
fred001	R1	Frederik	10h49	+6h36
fred002	R2	„	10h59	+6h46
fred003	R3	„	11h10	+6h57
fred004	R4	„	11h23	+7h10
xsch005	R5	Kruisschans	14h34	-2h01
xsch004	R6	„	14h23	-2h12
xsch003	R7	„	14h11	-2h24
xsch002	R8	„	13h57	-2h38
xsch001	R9	„	13h45	-2h50
kalo004	R10	Kallosluis	13h33	-3h02
kalo003	R11	„	13h15	-3h20
kalo002	R12	„	13h05	-3h30
kalo001	R13	„	12h54	-3h41
roy1005	R14	Royerssluis	15h49	-0h46
roy1004	R15	„	15h38	-0h57
roy1003	R16	„	15h30	-1h05
roy1002	R17	„	15h20	-1h15
roy1001	R18	„	15h13	-1h22

3. DE VERWERKING EN RESULTATEN

3.1. Verwerking

Het doel van de verwerking is het presenteren van de stroomsnelheden in het doorstroomoppervlak in de raaien en het berekenen van debieten voor elke meting. Hier wordt de verwerking beknopt beschreven.

Uitgegaan is van de '**Processed**'-bestanden. Deze bestanden zijn tijdens de meting gemaakt en bevatten informatie over de instellingen van de ADCP en, per ensemble, de stromingsgegevens en de gegevens van de overige sensoren.

Elke ADCP-meting is op de volgende wijze verwerkt. Het schip maakt aan het begin en aan het eind van de meting vaak een bocht. Hierdoor zijn de eerste en de laatste ensembles niet altijd goed. Indien dit het geval is worden deze ensembles verwijderd.

De geografische positie van elk ensemble is omgezet van geografische coördinaten (ED50) in UTM coördinaten. De geografische positie van het eerste ensemble, na verwijdering van de slechte ensembles, wordt als beginpunt van de meting genomen. Dit punt ligt bij alle metingen bij de linkeroever van de rivier. De meetresultaten zullen worden uitgezet als functie van de horizontale afstand tot het beginpunt. Deze afstand wordt berekend uit de geografische posities.

Daarna is bij elk ensemble van de ADCP-meting de **bodemdiepte** zoals gemeten met de Bottom Track van de ADCP berekend. Deze bodemdiepte is berekend door het gemiddelde te nemen van de diepte gemeten met de individuele akoestische bundels. De bodemdiepte is niet gecorrigeerd voor de waterstand op het moment van de meting.

De volgende stap is de berekening van **stroomsnelheidsprofielen**. De door de ADCP gemeten stroomsnelheden zijn geprojecteerd op een coördinaten stelsel xyz. De x-component wordt hier langs de rivier genomen. De y-component staat dwars op de rivier, in de raai-richting. De z-component is verticaal. De x-, y- en z-componenten van de stroming zijn respectievelijk u_x , v_y en w_z . De vloedstroom is in de positieve x-richting en de ebstroom is in de negatieve x-richting.

Nu zijn stroomsnelheidsprofielen beschikbaar voor een aantal ensembles en per ensemble voor een aantal bins. Bij elke bin van een ensemble horen drie stromingscomponenten. Deze componenten kunnen worden gebruikt voor presentaties. Echter, de ruwe waarden bevatten veel meetruis waardoor een

slecht beeld ontstaat. Er wordt daarom eerst een filter gebruikt. Het filter middelt de stromingscomponenten van dicht bij elkaar liggende bins en ensembles. Hierdoor zijn de echte stromingsvariaties beter zichtbaar.

Van elke meting is het **debiet** berekend. Hiervoor is verondersteld dat de stroomsnelheid onder het oppervlak, waar de ADCP niet meet, gelijk is aan de stroomsnelheid in de eerste bin. De stroomsnelheid aan de bodem is nul verondersteld.

3.2. Resultaten

In **Bijlage 3** zijn de resultaten van de ADCP-metingen gepresenteerd.

Van elke meting is een figuur opgenomen. Bovenaan de pagina staat vermeld waar de meting is verricht en op welke tijd. De figuur geeft een globaal beeld van de stroming in het doorstroomoppervlak.

In kleur is de stromingscomponent in de richting van de rivier (x-richting) weergegeven als functie van de diepte onder het wateroppervlak en de afstand tot het beginpunt van de meting. De kleurenbalk geeft de relatie tussen de kleur en de stroomsnelheid. De kleurenbalk verschilt voor de eb- (de eerste vier) en de vloedmetingen.

De pijlen in de figuur zijn stromingsvectoren als functie van de diepte en de afstand langs de raai tot het nulpunt. De vectoren geven de stromingscomponent v_y dwars op de raai (y-component) en de verticale stromingscomponent w_z weer. Als referentie is rechts onderin de figuur een stromingsvector getekend met een v_y én een w_z component van 0.25 m/s.

Bij elke meting is het doorstroomoppervlak, het debiet en de gemiddelde stroomsnelheid over het doorstroomoppervlak berekend. De resultaten staan in Tabel 3.1. Het debiet als functie van de tijd is uitgezet in Figuur 3.1. De gemiddelde stroomsnelheid als functie van de tijd is uitgezet in Figuur 3.2.

Tabel 3.1: Het doorstroomoppervlak, het debiet en de gemiddelde stroomsnelheid voor elke meting.

Raai	Tijd (MET)	Tijd (HW)	Doorstroom- oppervlak [m ²]	Debiet [m ³ /s]	v [m/s]
R1	10h49	+6h36	5226	-4496	-0.86
R2	10h59	+6h46	6516	-4483	-0.69
R3	11h10	+6h57	6790	-4154	-0.61
R4	11h23	+7h10	7195	-3771	-0.52
R5	14h34	-2h01	7252	5562	0.77
R6	14h23	-2h12	7561	5067	0.67
R7	14h11	-2h24	7083	5084	0.72
R8	13h57	-2h38	7341	4552	0.62
R9	13h45	-2h50	6551	4530	0.69
R10	13h33	-3h02	6506	4278	0.66
R11	13h15	-3h20	5342	3561	0.67
R12	13h05	-3h30	5610	3707	0.66
R13	12h54	-3h41	4873	3259	0.67
R14	15h49	-0h46	5774	7534	1.30
R15	15h38	-0h57	5002	5798	1.16
R16	15h30	-1h05	4670	4490	0.96
R17	15h20	-1h15	4943	4219	0.85
R18	15h13	-1h22	5122	3646	0.71

4. DISCUSSIE EN CONCLUSIES

In feite meet de ADCP de stroming van het water t.o.v. het schip en niet t.o.v. de aarde. Daarom wordt ook de snelheid van het schip t.o.v. de aarde gemeten. Door optelling van deze twee snelheden kan de stroming van het water t.o.v. de aarde worden berekend. De snelheid van het schip kan het meest nauwkeurig worden gemeten met de Bottom Track van de ADCP. Een alternatief is het afleiden van de scheepssnelheid uit de opeenvolgende geografische posities. De Bottom Track functioneert over het algemeen goed. Soms komt het voor dat de Bottom Track niet functioneert doordat over de bodem een dichte sedimentlaag beweegt. In dit geval wordt voor betreffende ensembles uit het alternatief, de geografische posities, de scheepssnelheid berekend. Bij de meeste metingen gaat dit goed, alleen bij de meting op Raai 8 werkt deze methode niet. Door te snelle draaiing van het schip kan de stromings-richting niet goed worden berekend. Dit leidt tot grote dwarssnelheden en te grote vectoren in de figuur. Op de berekening van het debiet heeft dit nauwelijks invloed.

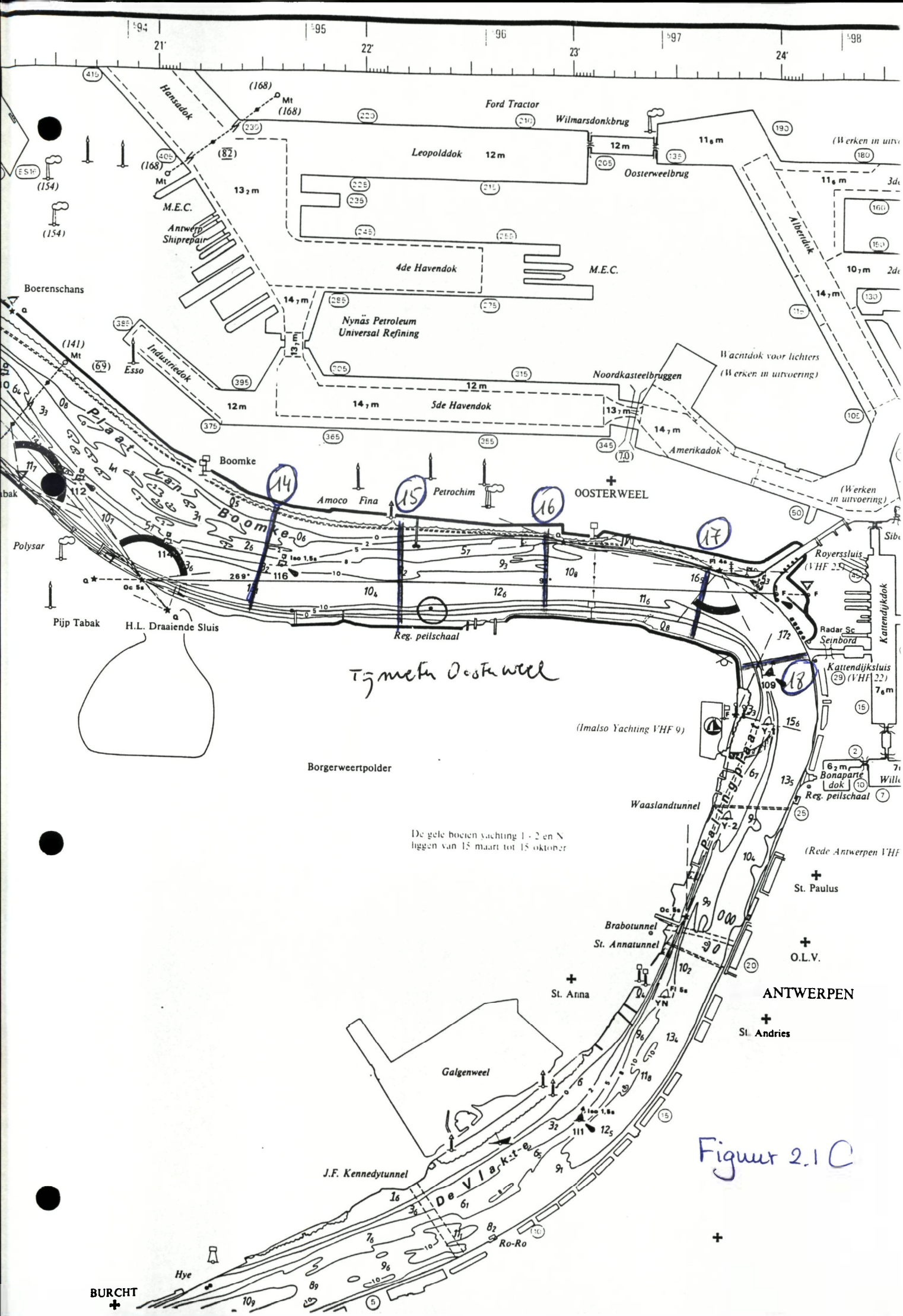
De meetraaien zijn zo goed mogelijk dwars op de rivier uitgezet. Met name in een bocht van de rivier is dit echter lastig. Bij meting 14 lijkt de raai niet precies dwars op de rivier te liggen. Dit blijkt uit de sterke dwarsstroming, zie Figuur E.14 in Bijlage 3.

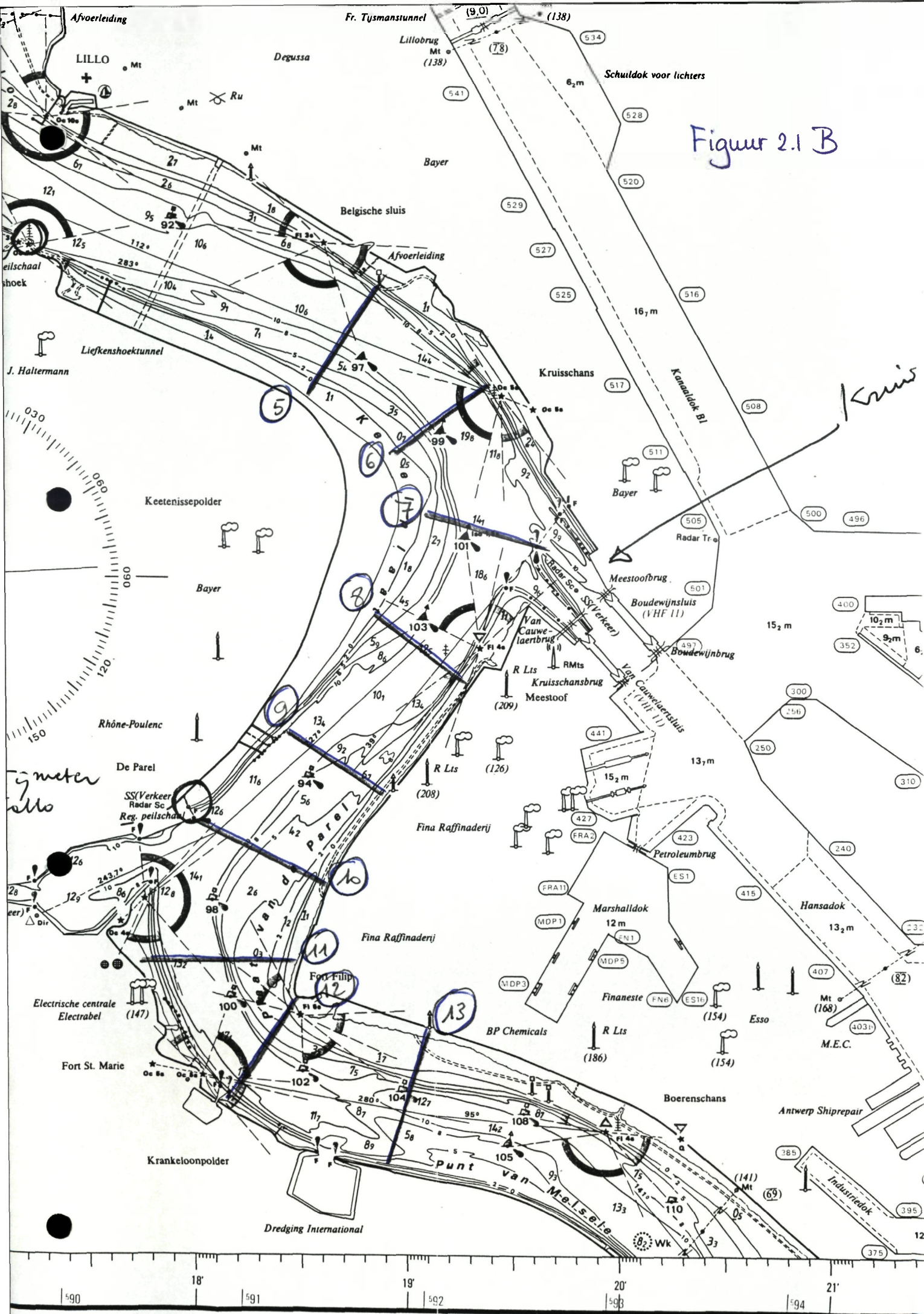
De Figuren 3.1. en 3.2 geven respectievelijk het debiet en de over de raai gemiddelde stroomsnelheid als functie van de tijd. De figuren zijn moeilijk te interpreteren omdat in de tijd opeenvolgende metingen niet altijd op naast elkaar liggende raaien zijn uitgevoerd. In Figuur 3.1. valt op dat in het debiet om ongeveer 15 uur een grote sprong optreedt. Opgemerkt wordt dat de laatste meting voor 15 uur plaatsvond op Raai 5, en de eerste meting na 15 uur op Raai 18.

Aanbevelingen

Bij een aantal metingen zijn problemen opgetreden met de Bottom Track van de ADCP. Gedeeltelijk zijn deze problemen opgevangen door gebruik te maken van de plaatsbepalingsgegevens. Door de instellingen van de ADCP en van de overige sensoren te optimaliseren kunnen de problemen wellicht helemaal worden vermeden.

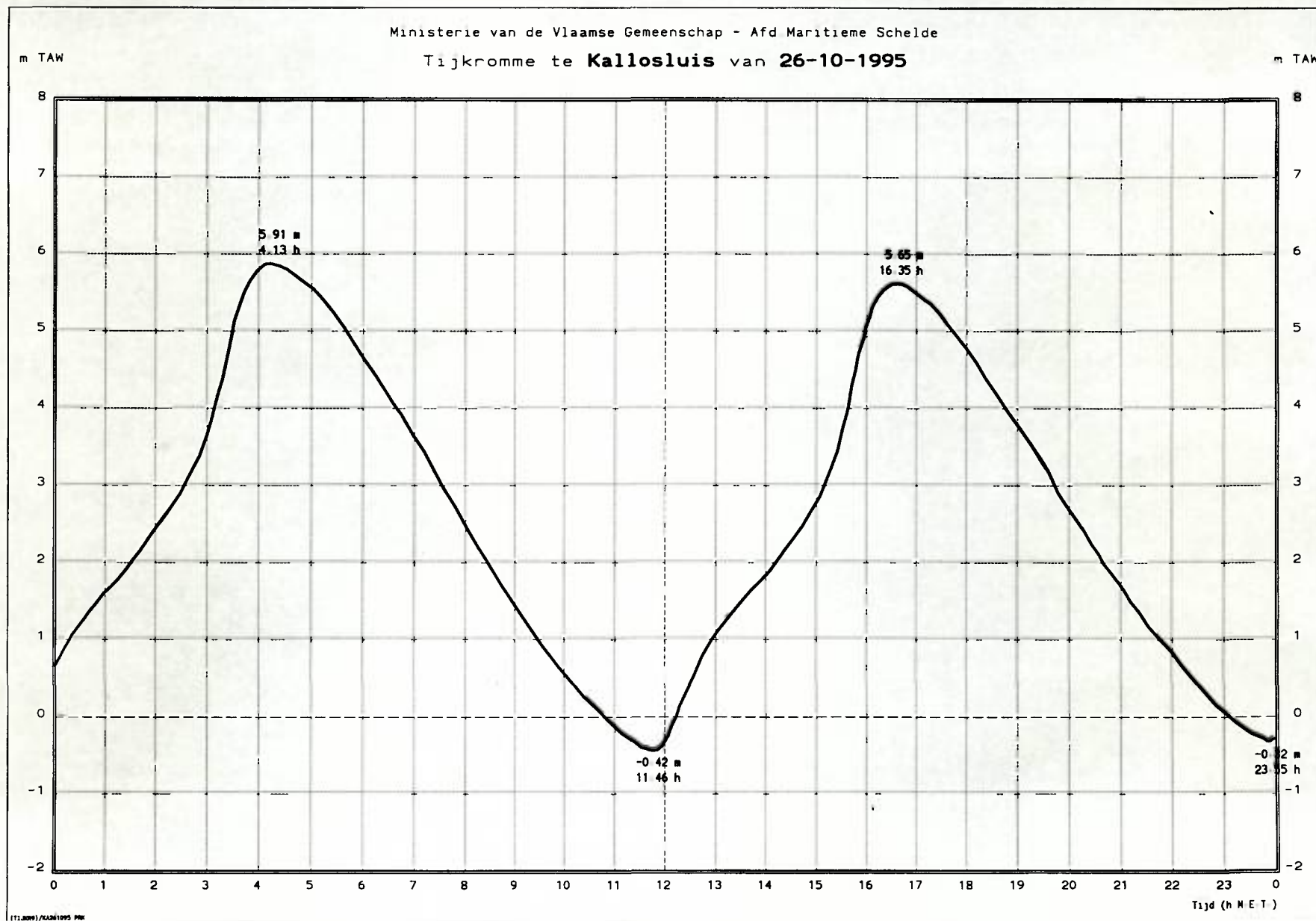
Bijlage 1: Figuren

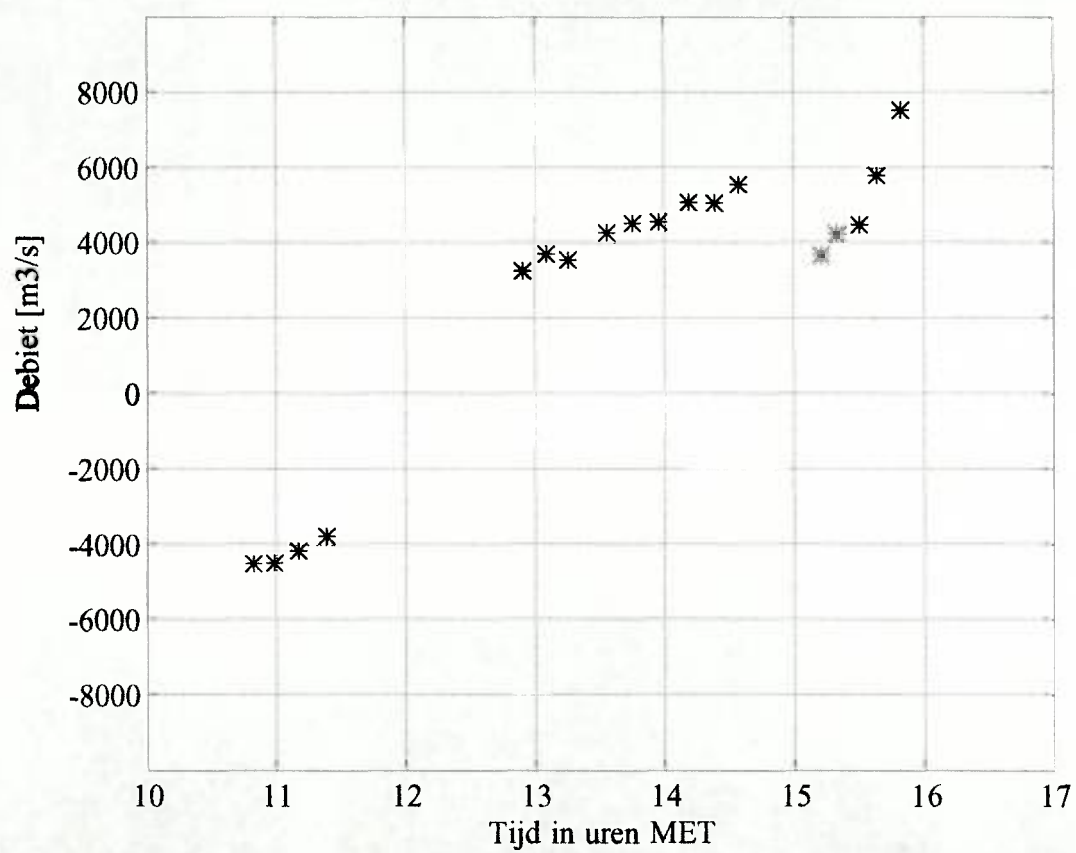




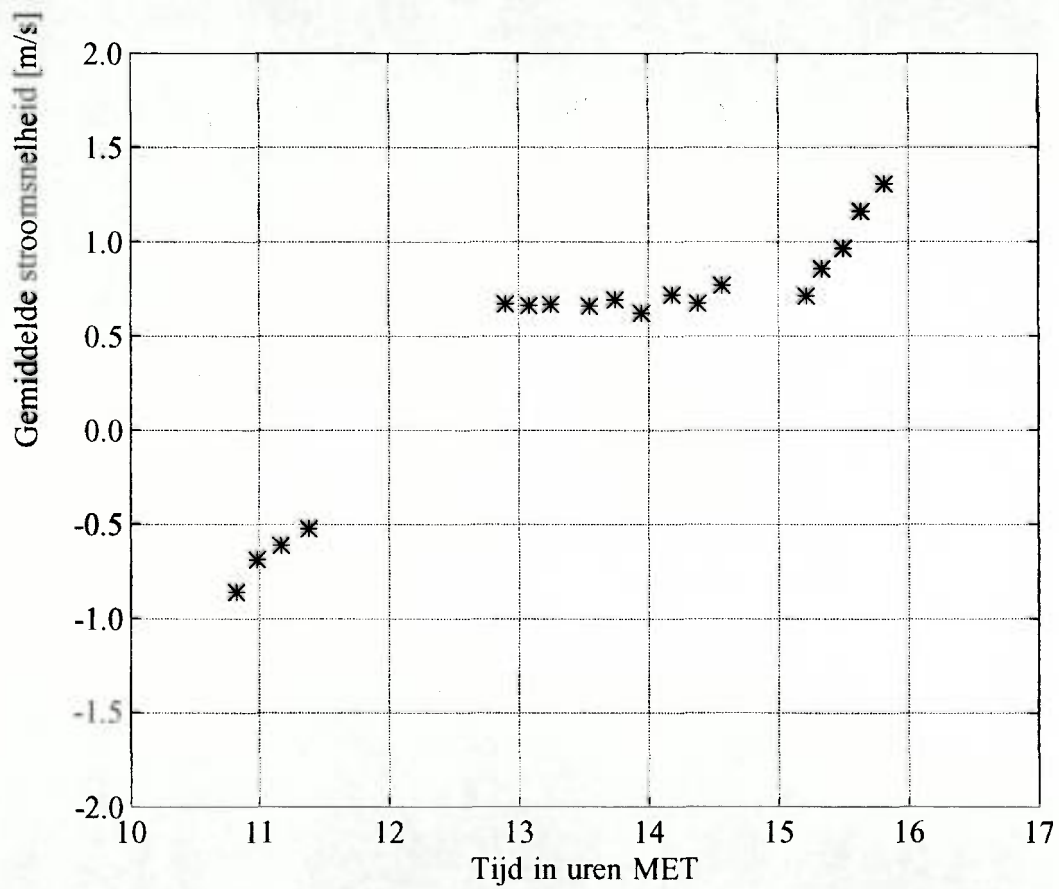
Bijlage 2: Resultaten van de metingen

Figuur 2.2: De watersand bij de Kallosluis als functie van de tijd.





Figuur 3.1: Het debiet door de raaien als functie van de tijd



Figuur 3.2: De over de raai gemiddelde stroomsnelheid als functie van de tijd

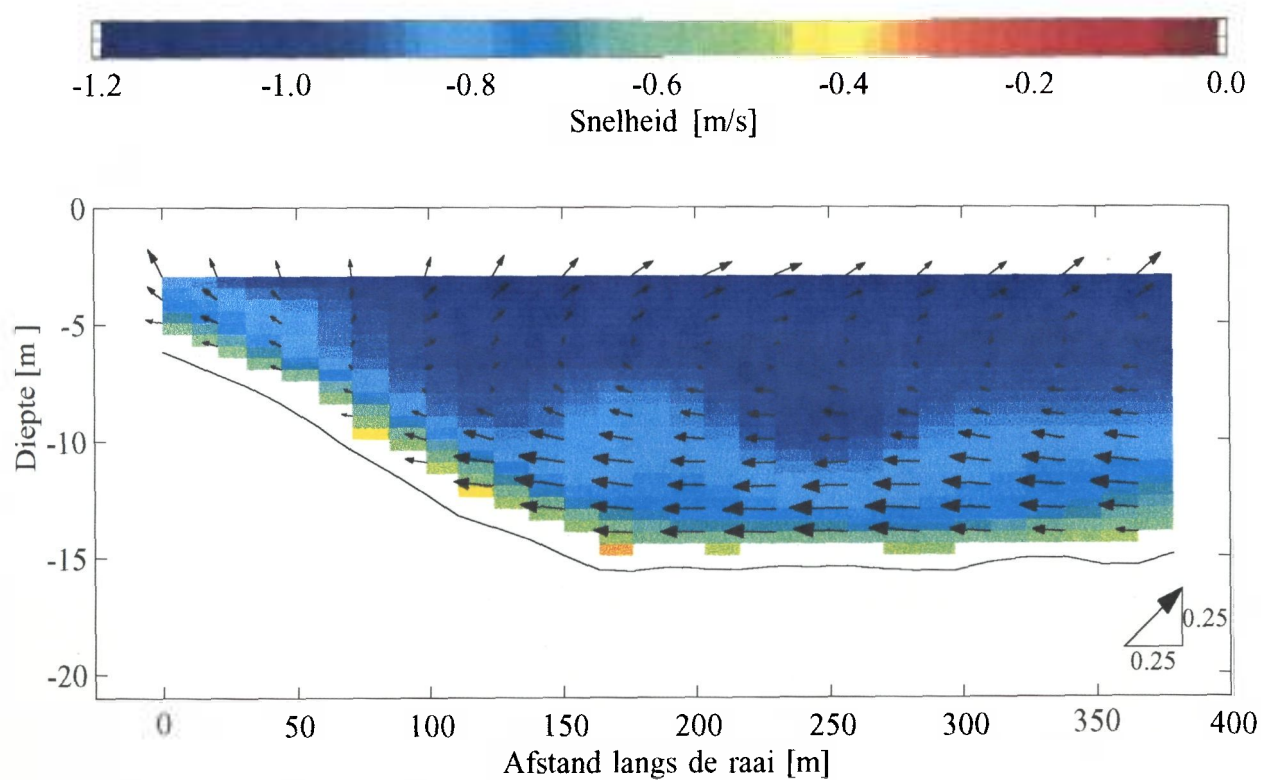
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - Drempel Frederik

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 1**

meetijdstip: +6h36 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



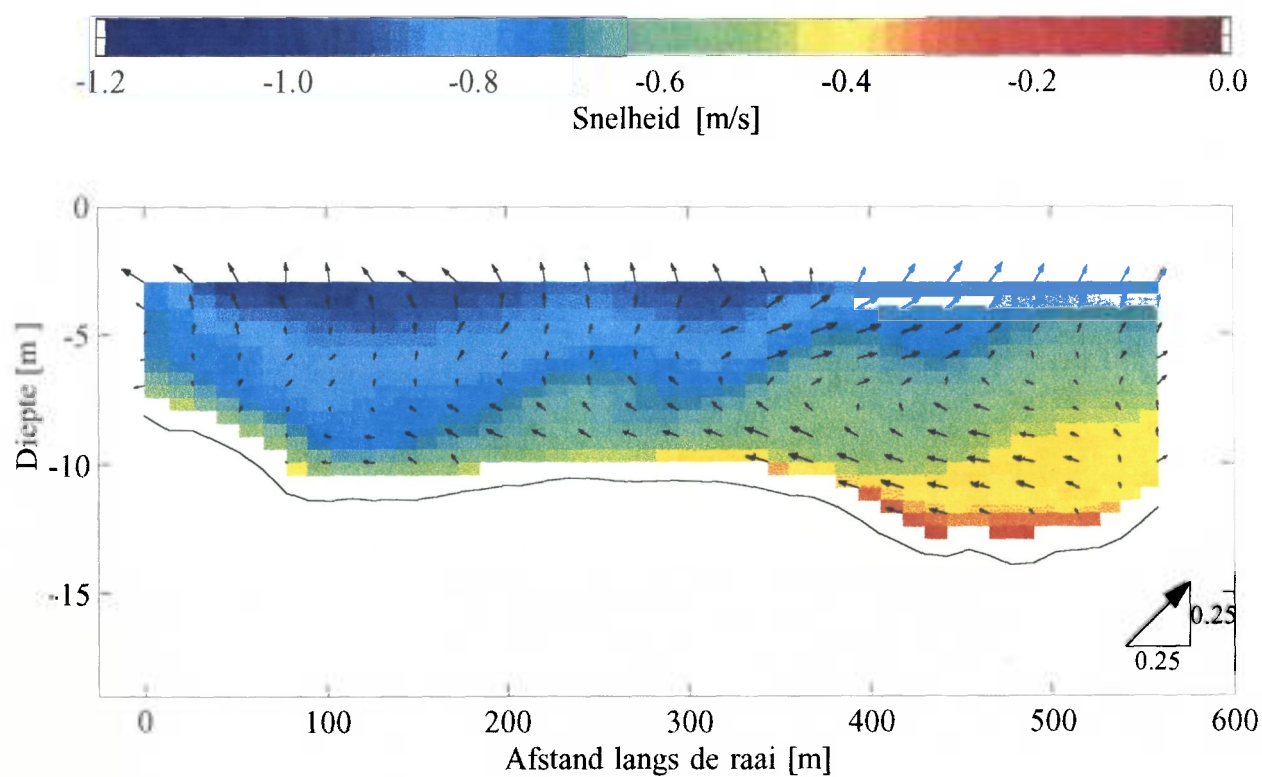
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - Drempel Frederik

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 2**

meettijdstip: +6h46 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



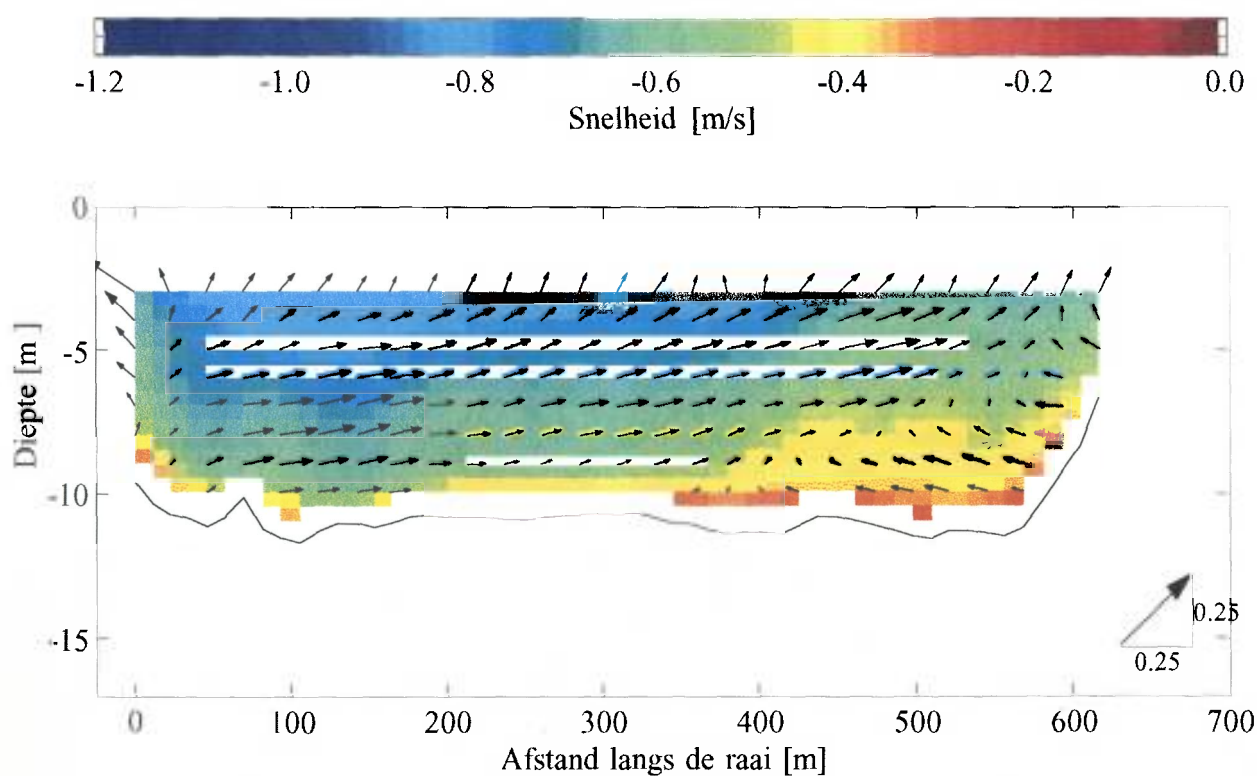
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - Drempel Frederik

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 3**

meettijdstip: +6h57 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



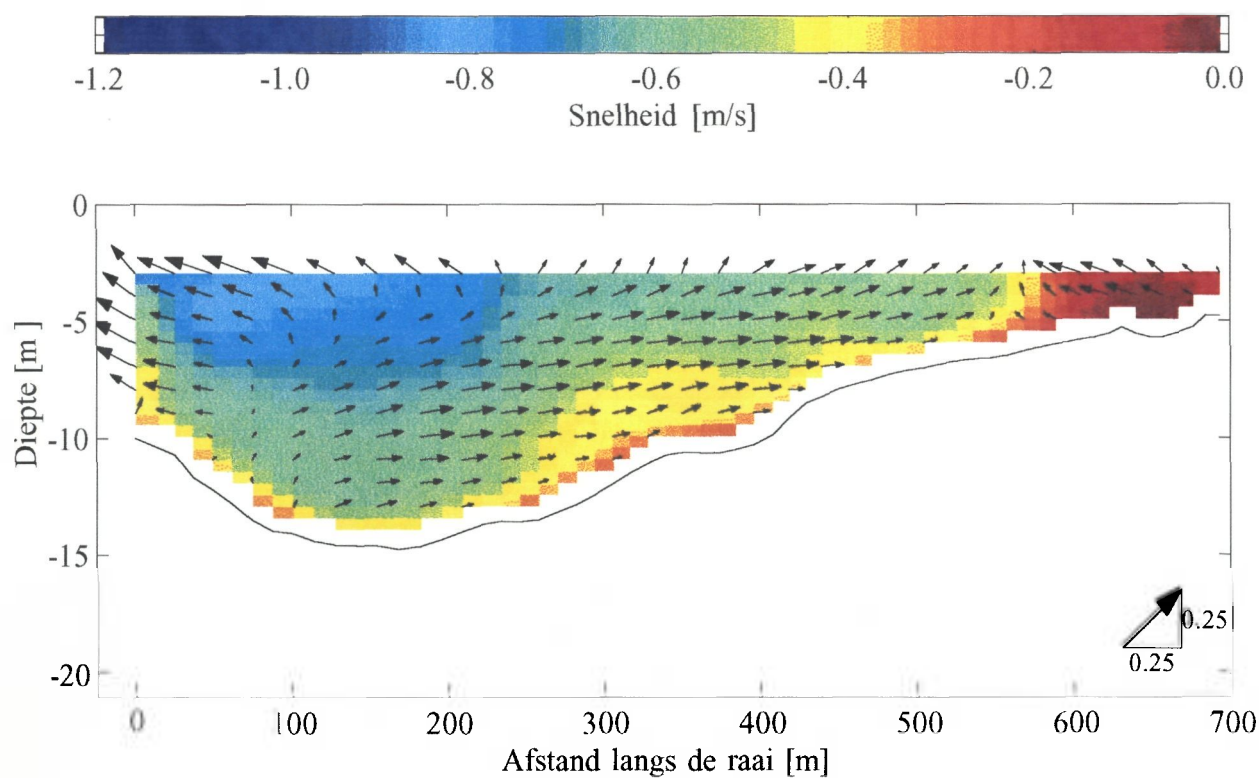
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - Drempel Frederik

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 4**

meettijdstip: +7h10 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



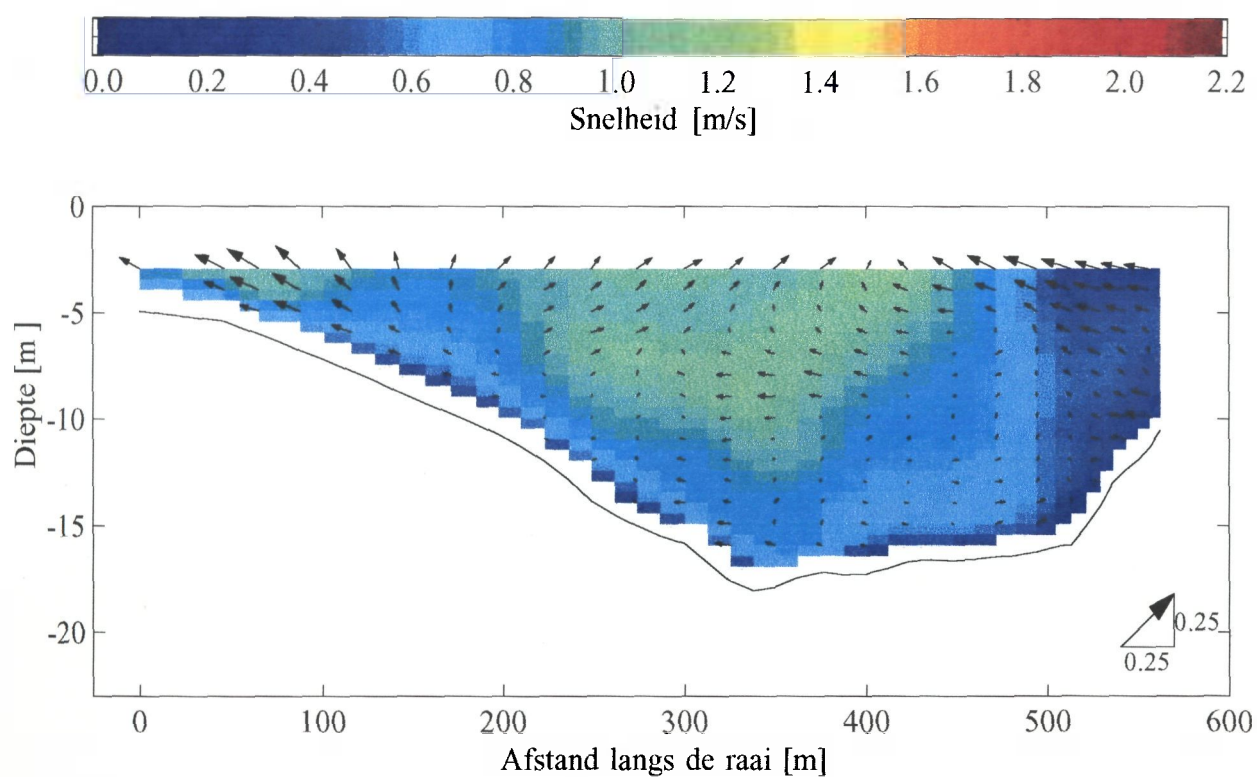
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Kruisschans

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 5**

meettijdsp: -2h01 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



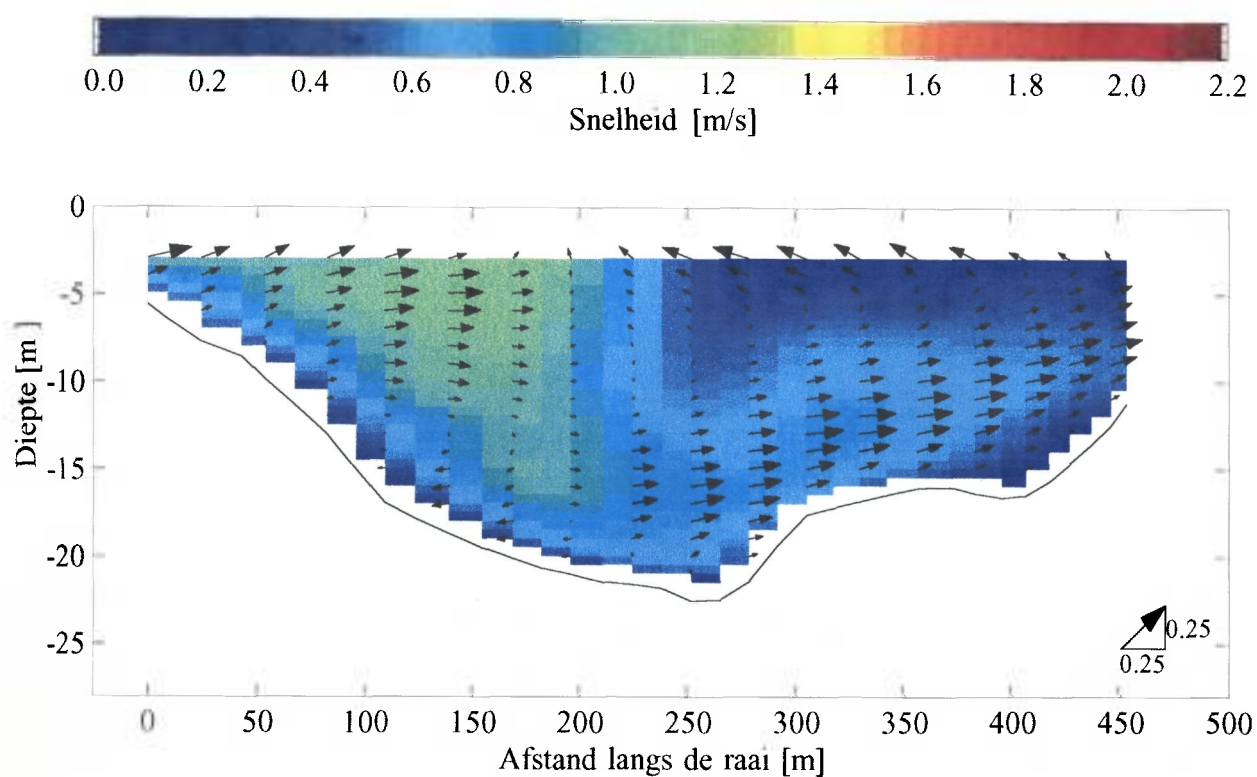
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Kruisschans

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 6**

meettijdstip: -2h12 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



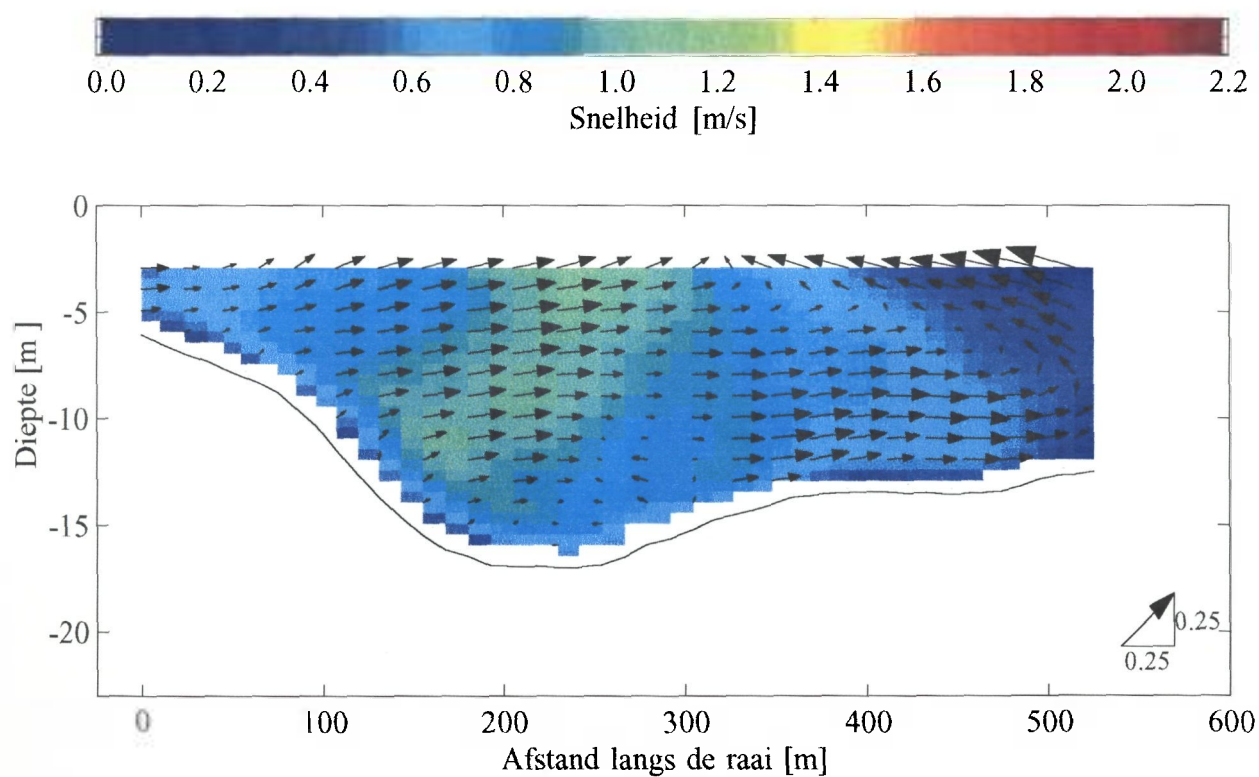
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Kruisschans

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 7**

meetijdstip: -2h24 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



ZEESCHELDE te ANTWERPEN- omgeving Kruisschans

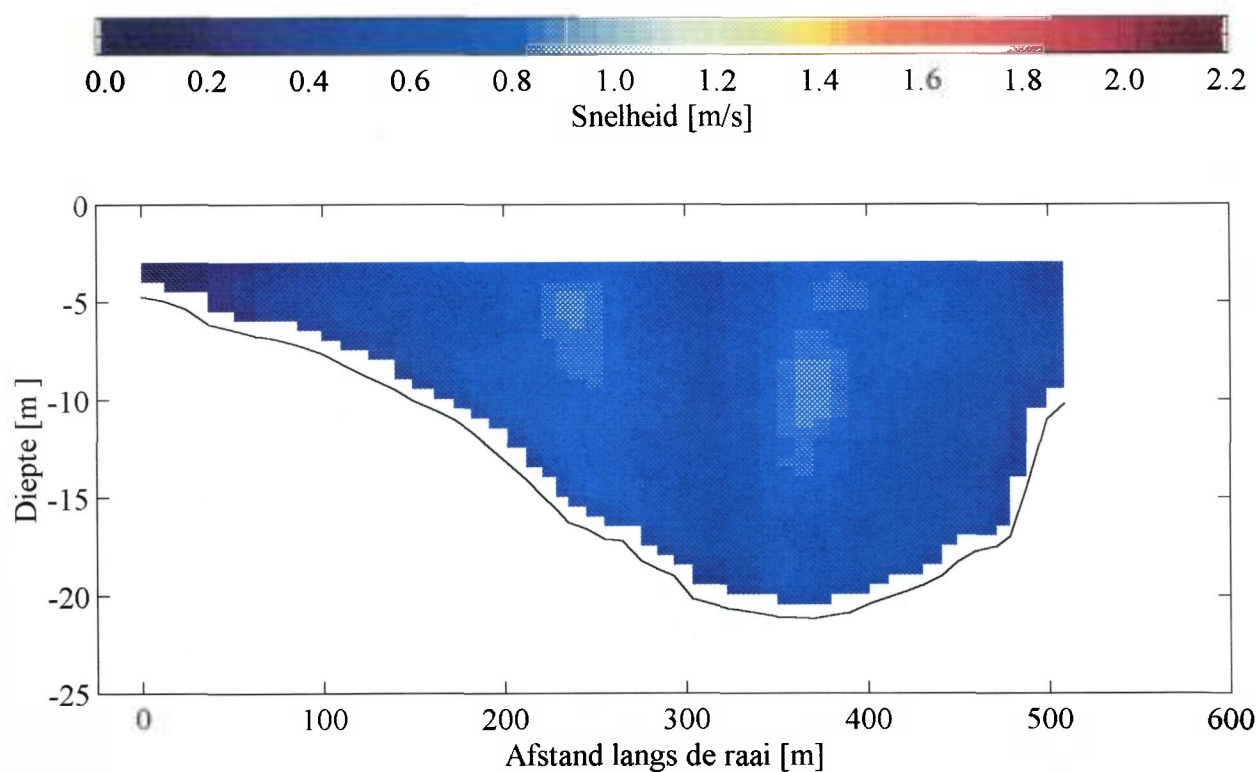
A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 8**

meettijdstip: -2h38 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai

F O U T I E F



ZEESCHELDE te ANTWERPEN- omgeving Kruisschans

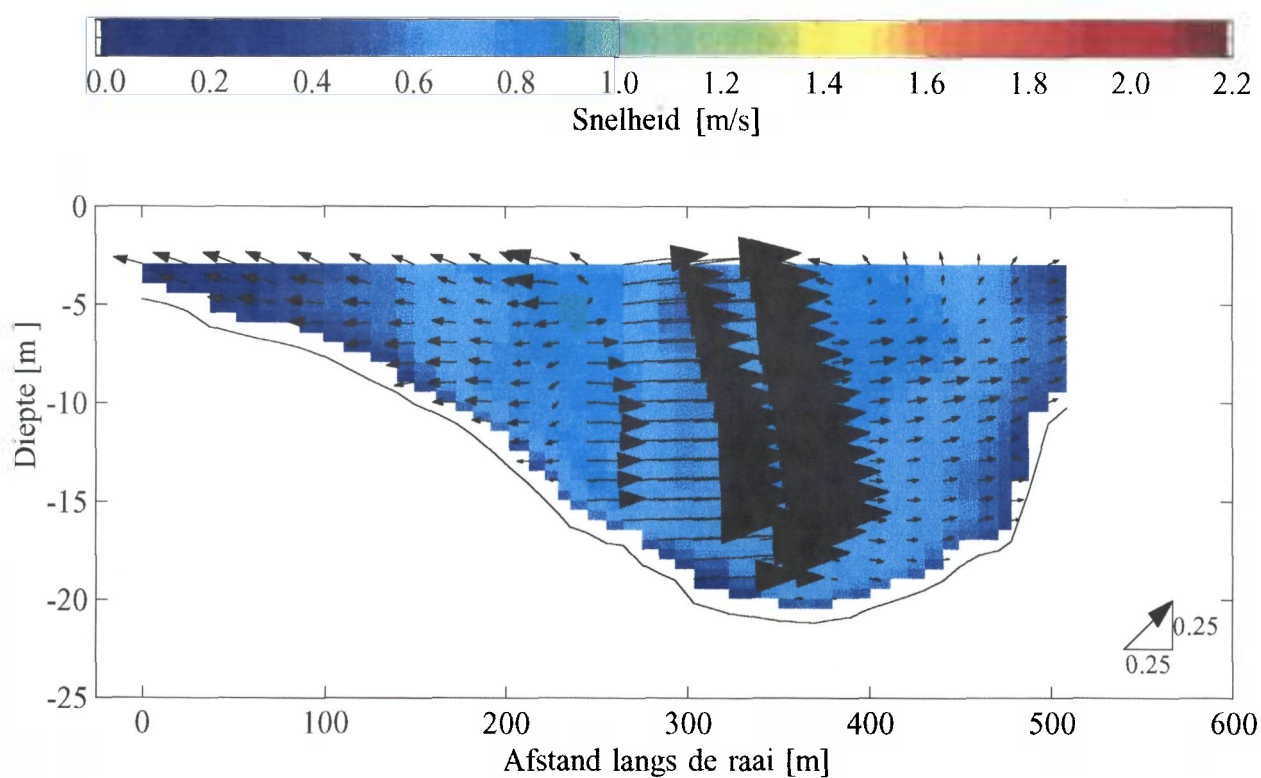
A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 8**

meettijdstip: -2h38 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai

F O U T I E F



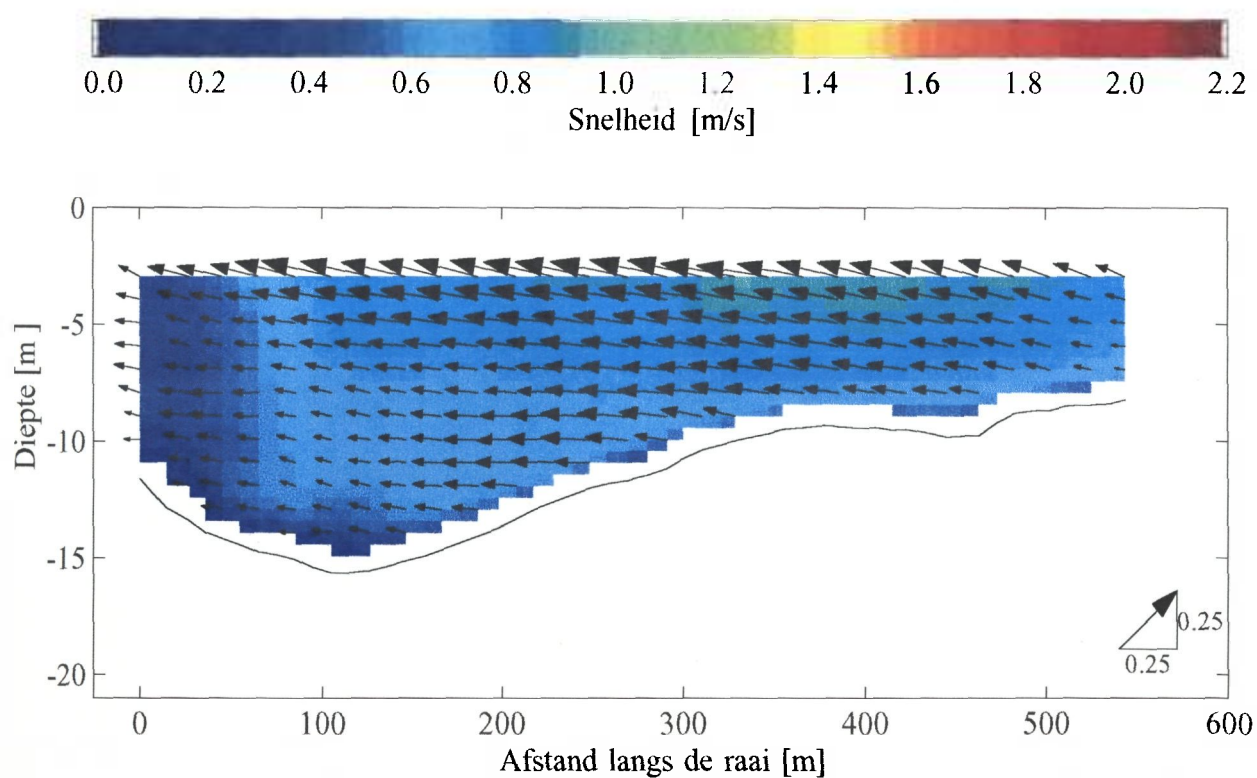
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Kruisschans

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 9**

meettijdstip: -2h50 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



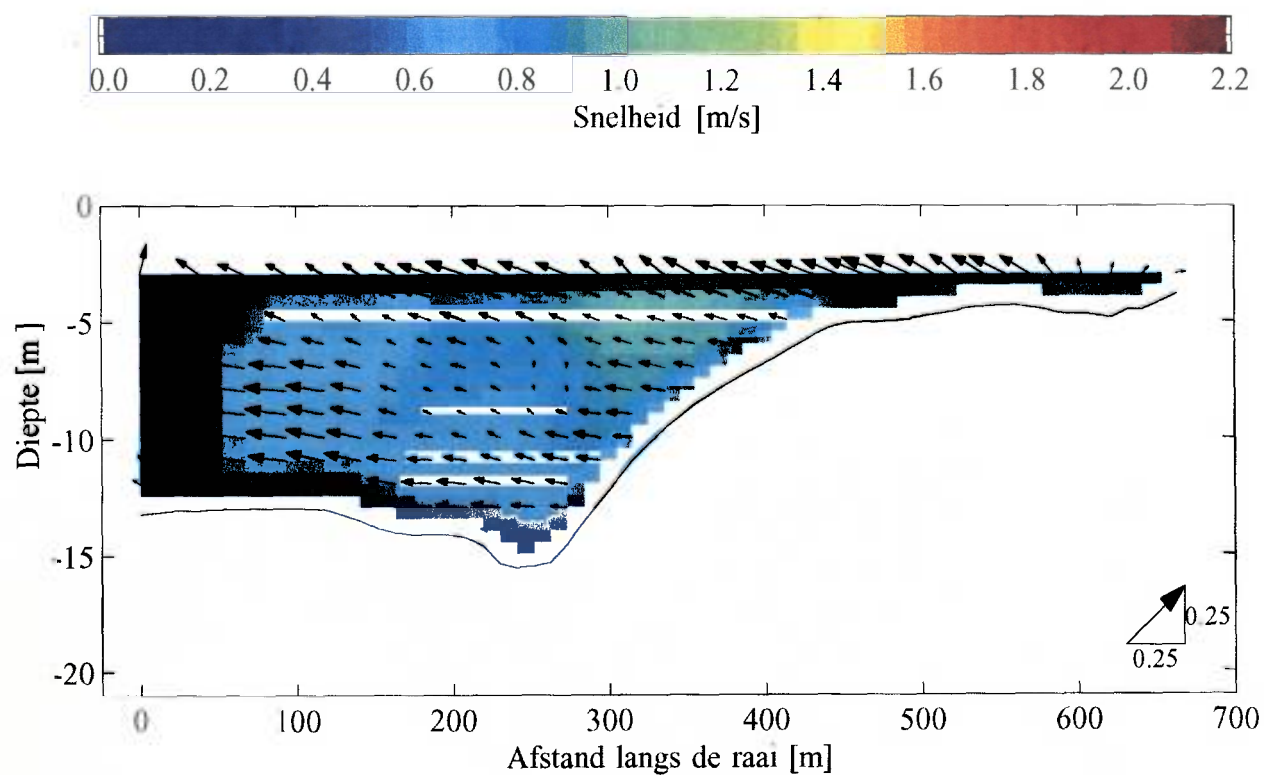
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Kallosluis

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: raai 10

meettijdstip: -3h02 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



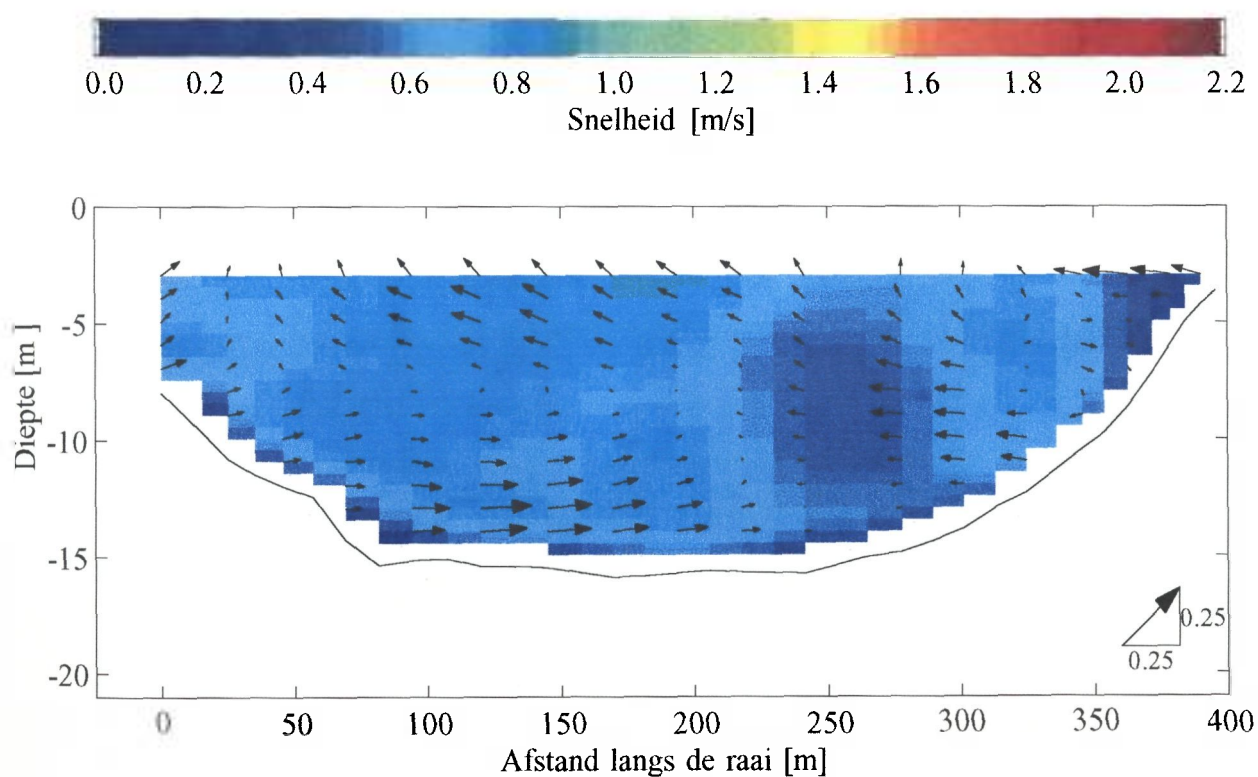
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Kallosluis

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 11**

meettijdstip: -3h20 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



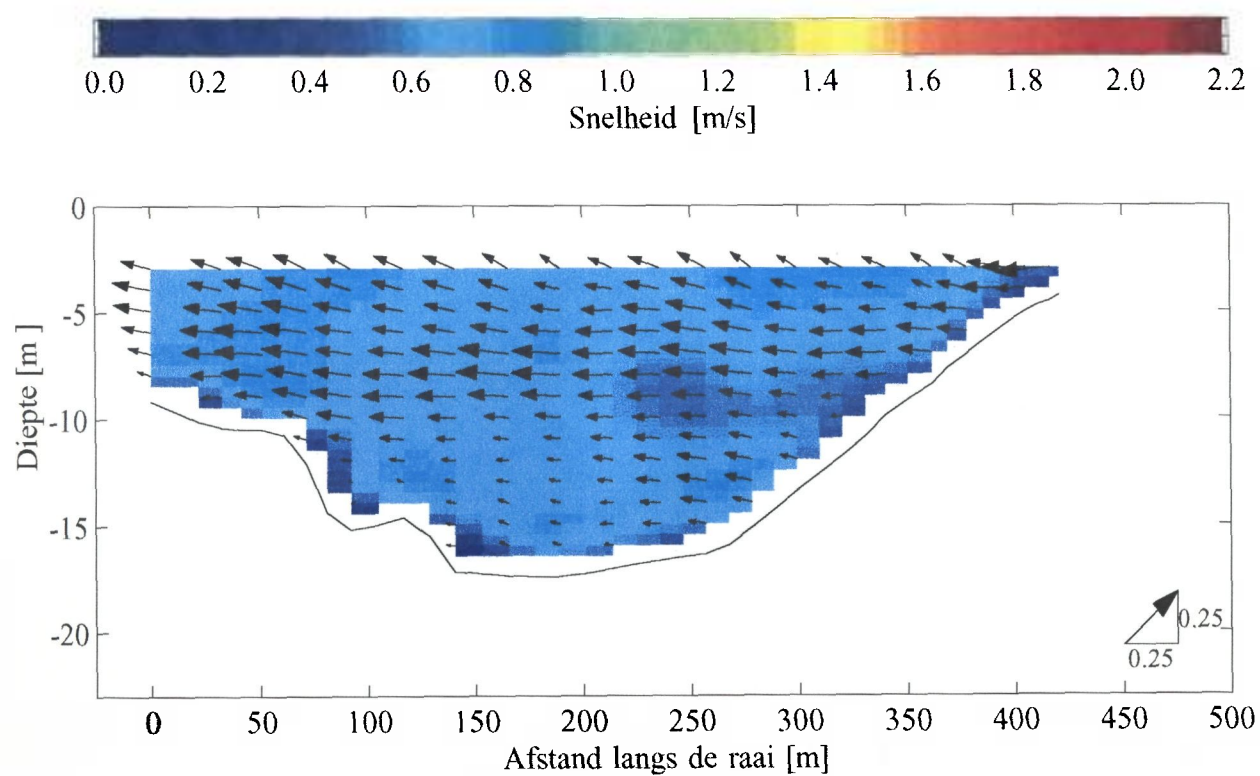
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Kallosluis

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 12**

meettijdstip: -3h30 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



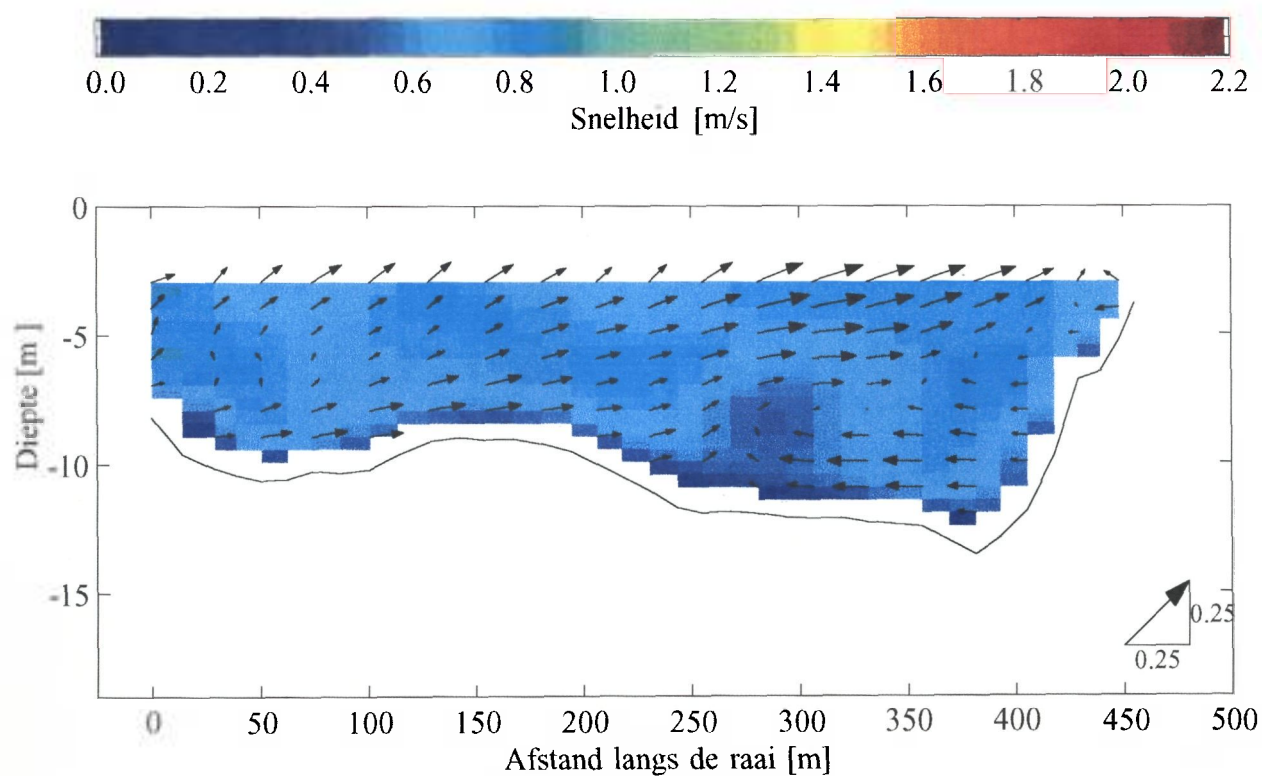
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Kallosluis

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: raai 13

meetijdstip: -3h41 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



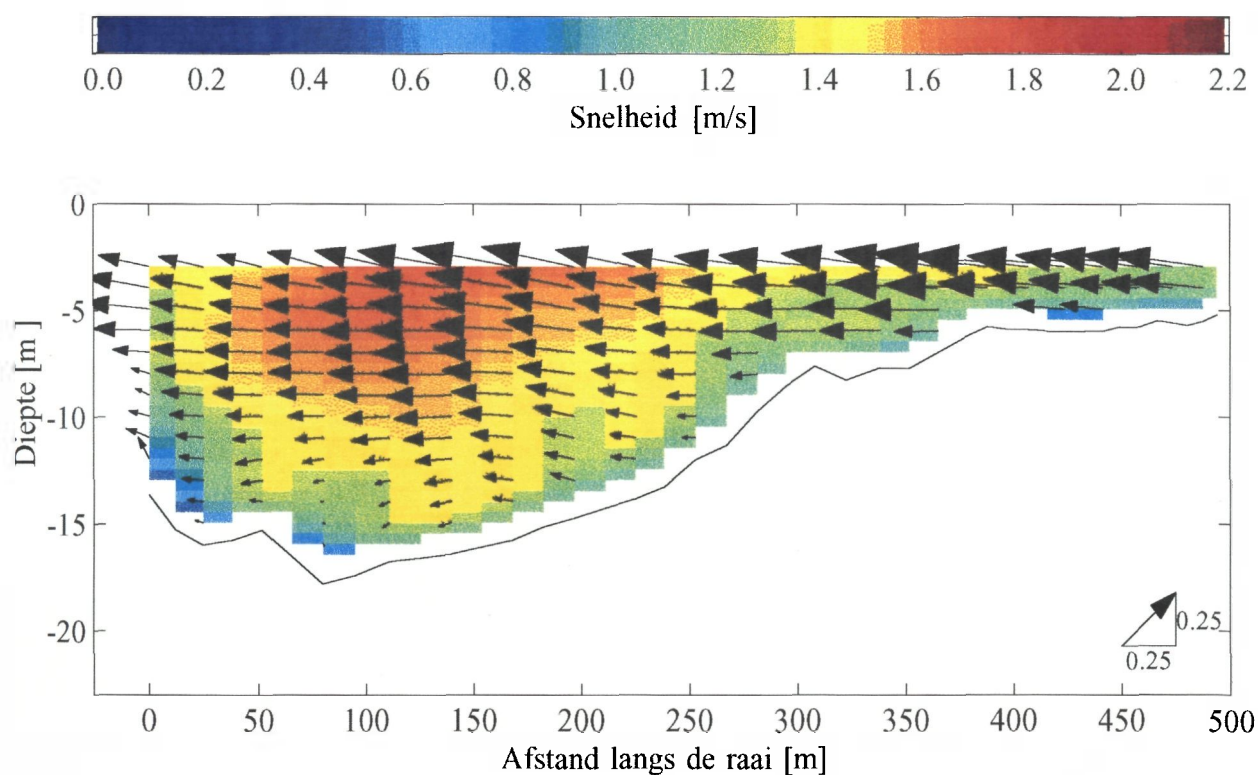
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Royerssluis

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 14**

meettijdstip: -0h46 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



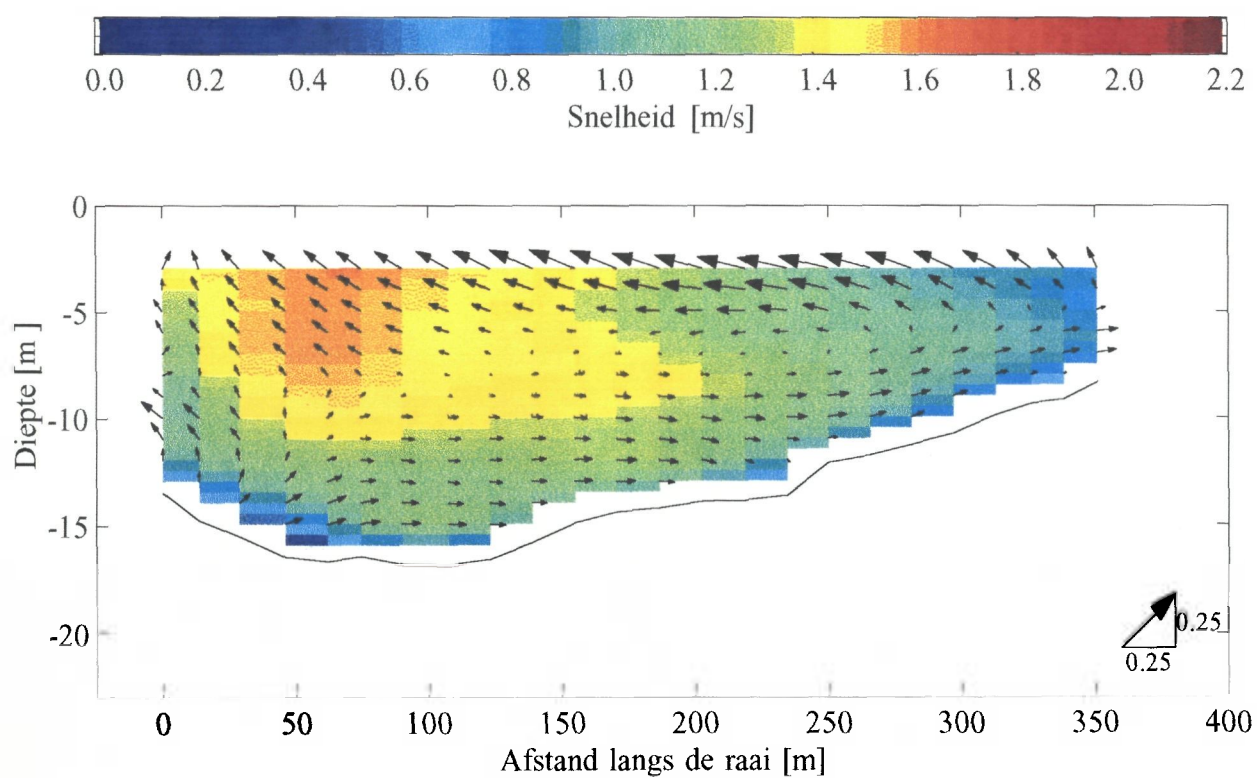
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Royerssluis

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 15**

meettijdstip: -0h57 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



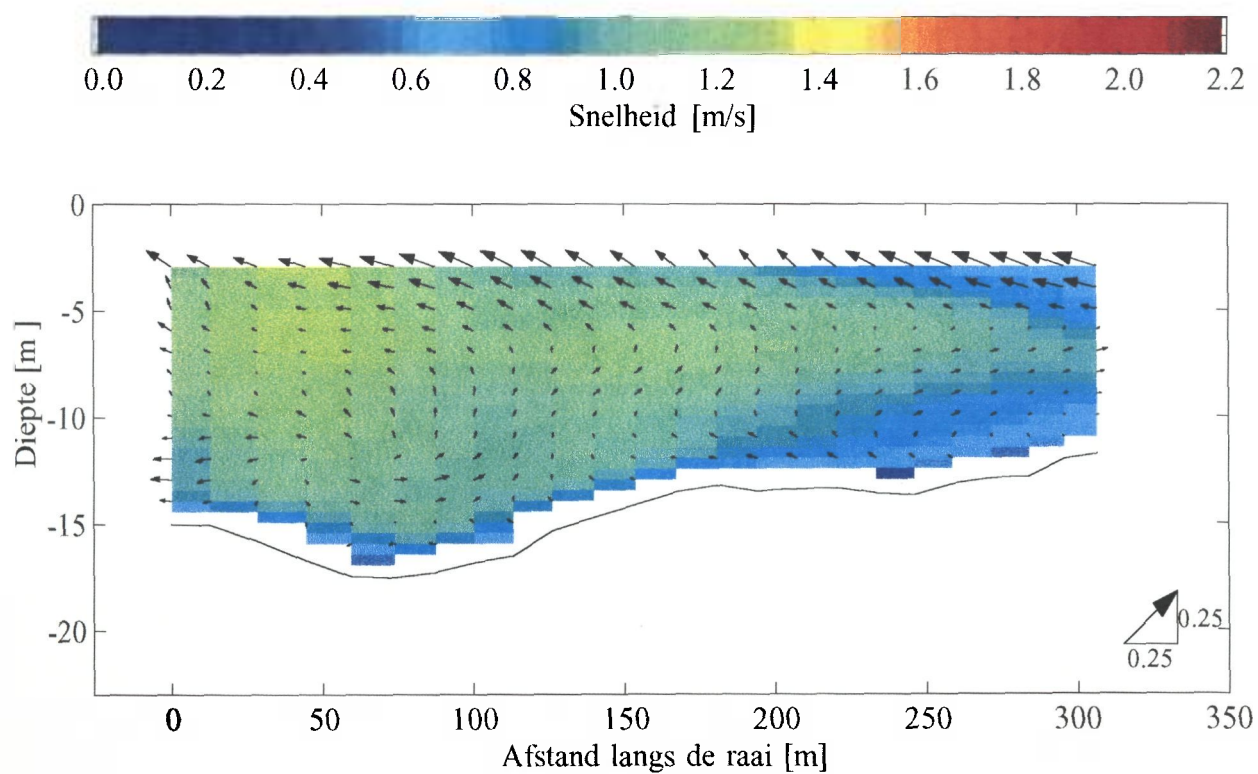
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Royerssluis

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: raai 16

meettijdstip: -1h05 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



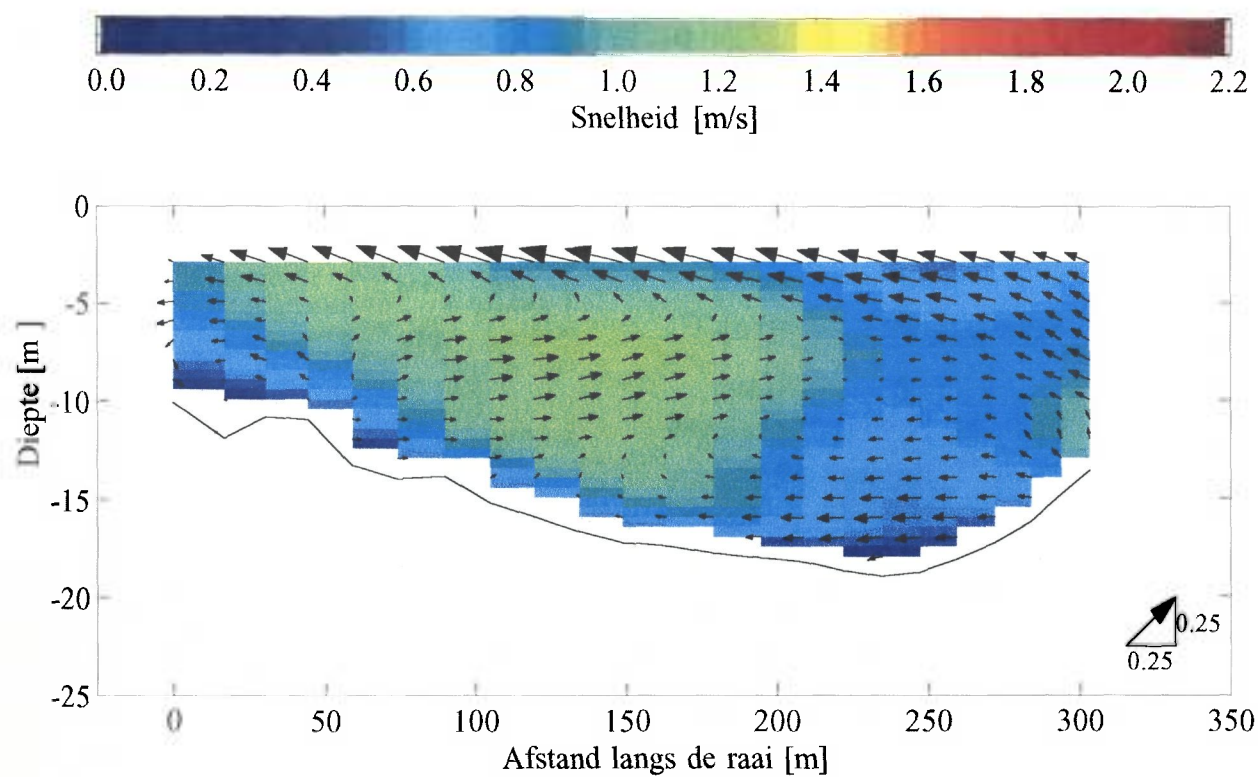
ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Royerssluis

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 17**

meettijdstip: -1h15 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai



ZEESCHELDE te ANTWERPEN - omgeving Royerssluis

A.D.C.P. - stromingsmetingen 26 oktober 1995

meetraai: **raai 18**

meettijdstip: -1h22 t.o.v. HW

globale snelheidsverdeling volgens de meetraai

