

Wau
ing Laboratorium
ut
BIBLIOTHEEK

278136

**Ingenieursbureau
S.D.Kamminga BV**

Leidse Wallen 3A
Postbus 7435
2701 AK Zoetermeer

A.D.C.P. Stroommeting

Boven-Zeeschelde

Ir. L. van der Hulst

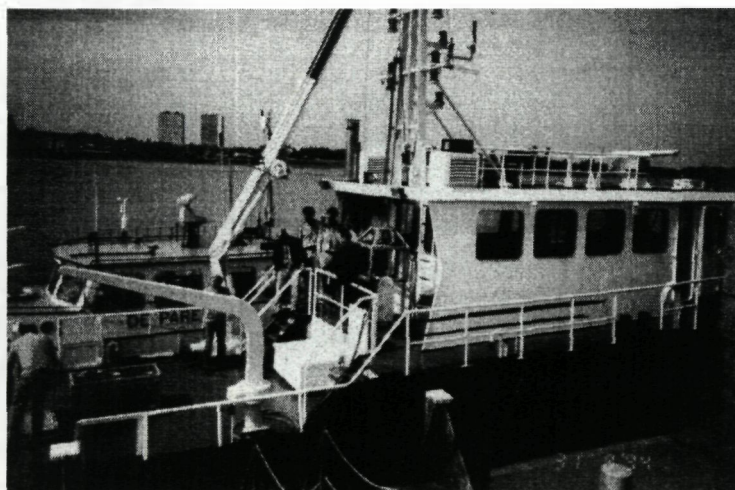
20 mei 1999

**Juni 1999
RIK-38**

In opdracht van:

Meetverslag

**Ministerie
van de
Vlaamse
Gemeenschap**



Telefoon
+31 79 316 0122
Fax
+31 79 316 0359
E-mail
Info@isdk.nl

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	1
2. BASISGEGEVENS.....	2
2.1 Conditie tijdens de meting	2
2.2 De ADCP.....	3
3. Resultaten en verwerking van de adcp data.....	6
3.1 Verwerking.....	6
3.2 Resultaten	8
4. Discussie en conclusies	9

1. INLEIDING

De Afdeling Maritieme Schelde heeft op 20 mei 1999 een varende stroommeting uitgevoerd op de Boven-Zeeschelde in de omgeving van het veer Hoboken - Kruikeke. De metingen zijn uitgevoerd door een schip met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP).

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd. Gebleken is dat de stroominformatie ook en met name interessant is voor duwschepen en duwbakken met een insteekdiepte van 3 á 4 meter. In het bovenste gedeelte van de waterkolom wordt echter niet door de ADCP gemeten. Om toch stroominformatie van dit gedeelte te kunnen leveren is een extrapolatie van het gemeten stromingsprofiel naar het wateroppervlak uitgevoerd. Deze extrapolatie houdt bij vloed een afname van de stroomsterkte aan het wateroppervlak in. Bij eb neemt de stroom daarentegen enigszins toe naar het wateroppervlak.

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 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, middels een brief d.d. 26 mei 1999.

2. BASISGEGEVENS

2.1 Conditie tijdens de meting

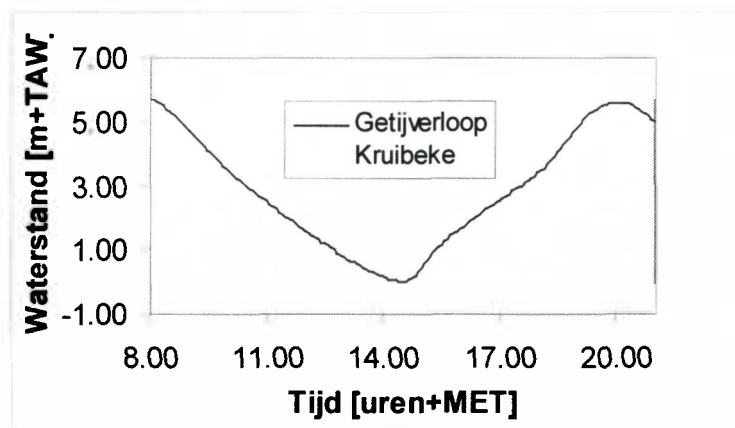
De metingen zijn uitgevoerd op 20 mei 1999 in de Boven-Zeeschelde bij Kruibeke. Er is gevaren op één meetraai, Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Raaien met begin- en eindpunt (UTM), lengte en richting

Raai	Beginpunt (E,N)	Eindpunt (E,N)	Lengte (m)	Richting (°)
1	592735, 5670026	593150, 5670076	418.0	83.1

Het beginpunt van de raai ligt op de linkeroever, aan de kant van Kruibeke. Het eindpunt ligt op de rechteroever, aan de kant van Hoboken. De metingen met de ADCP zijn uitgevoerd door het "MS Veremans".

De waterstand op de meetdag is weergegeven in Figuur 2-1. Het was Hoog Water rond 7.40 uur MET, Laag Water om 14.30 uur MET en Hoog Water om 20.05 uur MET.

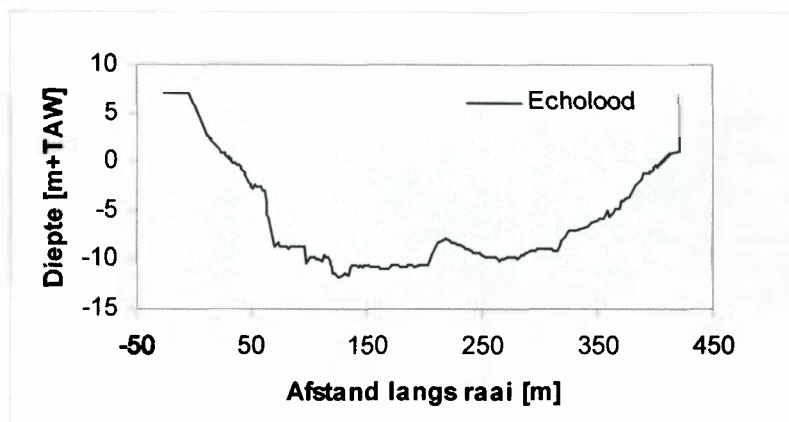


Figuur 2-1 Waterstand op de meetdag

In de verwerking wordt normaliter de gemeten waterstand gebruikt om de stromingsresultaten te kunnen presenteren t.o.v. de referentie TAW. De waterstand te Kruibeke is bepaald door te interpoleren tussen de waterstanden te Antwerpen en Hemiksem.

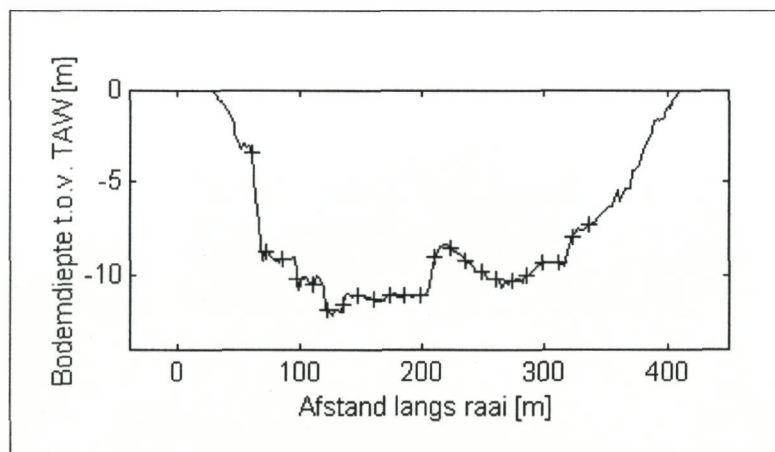
Met een echolood is een diepteprofiel t.o.v. TAW gepeild, Figuur 2-2. De Bottom Track van de ADCP bepaalt bij iedere profielmeting de afstand van de bodem tot het wateroppervlak. Om de diepteprofielen van de ADCP en het echolood te kunnen vergelijken, moet het

diepte-profiel van het echolood gecorrigeerd worden met de waterstand t.o.v. TAW tijdens de ADCP meting.



Figuur 2-2 Bodemprofiel volgens echolood, Beginpunt raai op linkeroever

Door de bodemprofielen van de ADCP en het echolood te vergelijken, kunnen eventuele onjuistheden in de gemeten waterstand of het gemeten bodemprofiel worden opgespoord, Figuur 2-3. De verschillen dienen klein te zijn. Dat is hier het geval en daarom kan worden aangenomen dat het waterstandverloop, zoals weergegeven in Figuur 2-1, correct is.



Figuur 2-3 Vergelijking diepte-profiel bepaald door Echolood (-) en door ADCP (+) voor profielmeting 1

De gegevens van de raaien, diepte-profielen en 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.

Tabel 2.2 Instellingen van de ADCP

Frequentie	600 kHz
Bundelhoek	30 graden
Firmware versie	5.52
BB-TRANSECT versie	2.80
Water Profiling Mode	4
Bottom Track Mode	1
Bin Lengte	0.50 m
Diepte eerste bin t.o.v. wateroppervlak	2.58 m
Afstand tussen ensembles	± 10.00 m
Aantal Pings per Ensemble	4

De ADCP was gekoppeld met:

- Een dGPS-plaatsbepalingssysteem
- Een gyro-kompas
- Een pitch- en roll-sensor

Op 20 mei 1999 zijn gedurende 13 uur (één vol tij) in totaal 27 dwarsraaien varend gemeten. Iedere 30 minuten werd in ongeveer 3 minuten een raai van west naar oost gevaren. Tijdens het varen van een raai is om de 10 meter door de ADCP een ensemble gemeten. De eerste meting startte om 8:03 uur, de laatste eindigde om 21:15 uur. Tussentijds werd het zoutgehalte en de watertemperatuur gemeten.

Al deze gegevens zijn opgeslagen in de bestanden die het besturingsprogramma TRANSECT produceert. In Tabel 2.3 zijn de varende metingen met de ADCP vermeld. De derde dwarsraai (starttijd 9.01 uur) werd afgebroken en onmiddellijk hernomen. De gegevens van het hernomen profiel nr. 3 werden opgeslagen onder de naam 'kru004'.

Tabel 2.3 A.D.C.P. - metingen

Nr.	Begintijd (MET)	Begintijd (t.o.v HW)	Saliniteit [ppt]	Temperatuur [°C]
1	8h03	+0h23	2.06	16.11
2	8h36	+0h56	2.00	16.10
3	9h01	+1h21	2.00	16.12
4	9h30	+1h50	1.67	16.18
5	10h00	+2h20	1.33	16.36
6	10h30	+2h50	0.97	16.26
7	11h01	+3h21	0.78	16.32
8	11h30	+3h50	0.56	16.36
9	12h00	+4h20	0.46	16.35
10	12h30	+4h50	0.43	16.37
11	13h03	+5h23	0.38	16.37
12	13h30	+5h50	0.29	16.37
13	14h00	+6h20	0.25	16.46
14	14h30	-5h35	0.19	16.53
15	14h59	-5h06	0.26	16.60
16	15h40	-4h25	0.21	16.43
17	16h09	-3h56	0.24	16.44
18	16h30	-3h35	0.28	16.45
19	17h01	-3h04	0.33	16.43
20	17h30	-2h35	0.37	16.44
21	18h06	-1h59	0.31	16.43
22	18h35	-1h30	0.54	16.41
23	19h03	-1h02	0.58	16.44
24	19h37	-0h28	1.03	16.34
25	20h10	+0h05	1.13	16.29
26	20h45	+0h40	1.97	16.23
27	21h10	+1h05	1.58	16.25

3. Resultaten en verwerking van de adcp data

3.1 Verwerking

Voor de verwerking is uitgegaan van de 'Processed'-bestanden, die het programma TRANSECT maakt, en van de waterstand, Figuur 2-1.

Het doel van de verwerking is het presenteren van de stroomsnelheden in het doorstroomoppervlak in de raai en het berekenen van debieten voor elke meting. Hier wordt de verwerking beknopt beschreven. De verwerking wordt uitgebreid beschreven in **Bijlage 1**.

Elke ADCP-meting is op de volgende wijze verwerkt. Eerst is de **positie** van elk ensemble omgezet van geografische coördinaten (ED50) in UTM coördinaten. Daarna is van elk ensemble de afstand tot het beginpunt van de raai (Tabel 2.1) berekend. Ensembles die niet tussen het beginpunt en het eindpunt van de raai liggen zijn verwijderd.

De bodemdiepte wordt bepaald door het echolood en niet door de Bottom Track van de ADCP. Het echolood is nauwkeuriger dan de Bottom Track, met name bij snelle veranderingen van de bodemdiepte onder het schip. Het echolood werkt bovendien zonder storing. Het bodemprofiel door het echolood is bepaald in een aparte meting over de raai.

De Bottom Track kende tijdens deze metingen in tegenstelling tot eerdere metingen weinig ensembles zonder correcte bodemdiepte. Door de meest robuuste Bottom Track mode te kiezen, Tabel 2.2, werd de meting niet negatief beïnvloed door het mogelijk grote sedimenttransport langs de bodem.

Een aantal ensembles bevat geen goede stromingsgegevens. Deze ensembles worden niet gebruikt voor de berekeningen. De redenen waarom ensembles niet worden gebruikt zijn:

- Te snelle draaiing van het schip, b.v. bij het begin en het eind van de meetraai,
- Geringe waterdiepte onder het schip.

Bovendien is van alle ensembles de bovenste bin buiten beschouwing gelaten omdat deze in het algemeen geen goede resultaten levert. De stroming in deze bin wordt beïnvloed door het schip en door akoestische eigenschappen van de ADCP en het schip, het zogenaamde 'ringing'.

De volgende stap is de berekening van **stroomsnelheidsprofielen**. De door de ADCP gemeten stroomsnelheden zijn geprojecteerd op een coördinatenstelsel xyz. De x-component wordt hier langs de geul

genomen. De y-component staat dwars op de geul. De richtingen t.o.v. het noorden zijn vermeld in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Richting van de x- en y-coördinaten

x-richting	y-richting
173.1	83.1

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.

De snelheden zijn gefilterd met een laag-doorlaat filter. Tevens is de grootte van de globale stroomsnelheid berekend $((u_x^2 + v_y^2 + w_z^2)^{1/2})$.

De stroomprofielen zijn **geëxtrapoleerd** van de dieptecellen van de ADCP naar het **wateroppervlak** en naar de bodem. Aan het wateroppervlak zijn vanwege de insteekdiepte van het meetinstrument 5 extra dieptecellen gecreëerd. De stroming in deze cellen is berekend volgens het onderstaande schema:

Dieptecel t.o.v. wateropp.	bij vloed	Bij eb
0.08 m	0.940	1.060
0.58 m	0.952	1.048
1.08 m	0.964	1.036
1.58 m	0.976	1.024
2.08 m	0.988	1.012
2.58 m (meetwaarde)	1.000	1.000

De bovenste gemeten dieptecel blijft hiermee zijn waarde houden. In de extra cellen daarboven neemt de stroming bij vloed af tot 94% van de meetwaarde van de bovenste cel en bij eb neemt de stroming toe tot 106%. Deze extrapolatie is uitgevoerd voor u_x en v_y en niet voor w_z . De stroomrichting in de extra cellen is daarmee gelijk aan de stroomrichting in de bovenste gemeten dieptecel.

De ADCP meet niet dicht bij de bodem. Het verlies aan de bodem is ongeveer 15% van de bodemdiepte. Op een eendere manier als aan het wateroppervlak wordt de stroming **geëxtrapoleerd naar de bodem**. De stroming aan de bodem zelf is gelijk aan nul. Tussen de bodem en de diepste cel van de ADCP zijn de componenten u_x en v_y lineair geëxtrapoleerd.

Bij elk ensemble is de **gemiddelde stromingscomponent u_x** over de verticaal en de bijdrage in het debiet berekend. Voor de berekening van de gemiddelde snelheid zijn de geëxtrapoleerde gegevens gebruikt, zie de vorige paragraaf. De stroomsnelheid aan de bodem is nul verondersteld. De bijdrage in het debiet q is gelijk aan de gemiddelde stroomsnelheid vermenigvuldigd met de diepte.

De ADCP meet niet van oever tot oever. De gemiddelde stroomsnelheid en de bijdrage aan het specifieke debiet q [m^2/s] worden daarom geëxtrapoleerd van de eerste en het laatste ensemble naar de oevers, zie **Bijlage 1**. Hiervoor wordt de met het echolood gemeten bodemdiepte gebruikt.

3.2 Resultaten

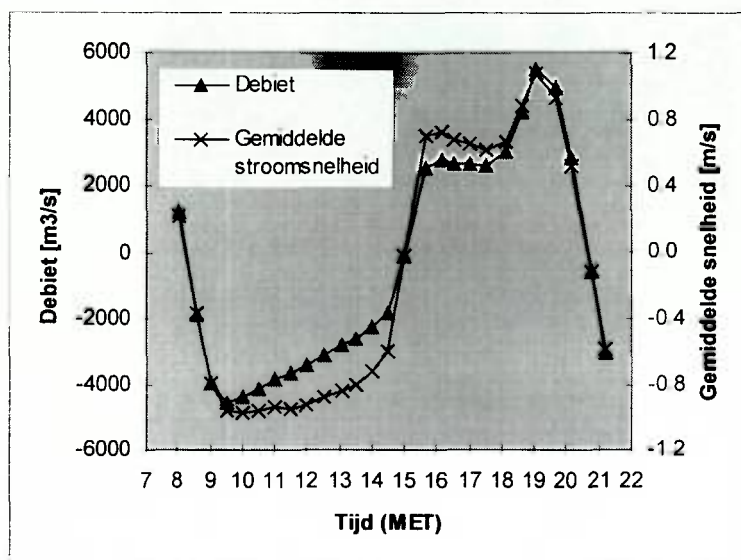
In **Bijlage 2** zijn de resultaten van de ADCP-metingen gepresenteerd. Hier volgt eerst een beschrijving van de figuren.

De oneven genummerde figuren getiteld 'globale snelheidsverdeling over de meetraai (hoofdstroomrichting)' presenteren de stromingscomponent u_x als functie van de diepte en van de afstand tot het beginpunt van de raai. De schaalverdeling van de kleur staat rechts naast de figuur. De horizontale lijn bovenaan in de figuur geeft de waterstand weer. Een positieve snelheid duidt op een vloedstroom. Een negatieve snelheid duidt op een ebstroom. Onder het gekleurde gedeelte geeft de getrokken lijn het diepteprofiel weer. Met vectorpijlen is de resultante van de stromingscomponenten v_y en w_z weergegeven. Rechts onderin de figuur is als referentie de resultante weergegeven van twee componenten van 0.5 m/s.

De even genummerde figuren getiteld 'horizontale snelheidscomponent door de meetraai (hoofdstroomrichting)' zijn eender aan de oneven figuren met dit verschil dat de vectoren ontbreken.

4. Discussie en conclusies

Het debiet en de over het doorstroomoppervlak gemiddelde snelheid (Figuur 4.1) en het doorstroomoppervlak (Figuur 4.2) kunnen nu worden uitgezet als functie van de tijd.



Figuur 4-1 Debiet en gemiddelde stroomsnelheid, als functie van de tijd

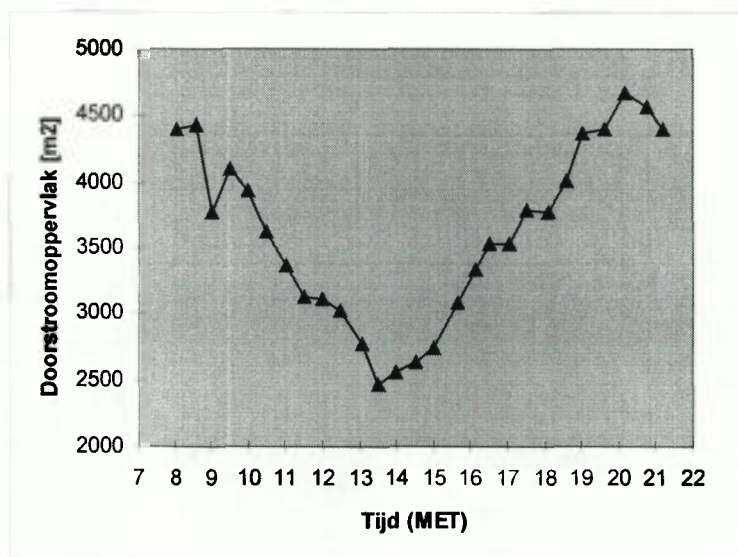
Uit de grafiek van het **debiet** (Figuur 4-1) blijkt dat de meting nauwkeurig is verlopen. De grafiek van het debiet vertoont weinig ruis.

Duidelijk is te zien dat de **ebstroom** na het bereiken van het maximum zeer geleidelijk afneemt tot aan het tijdstip van Laag Water (circa 14.30 uur MET) en dat de **vloedstroom** tijdens de periode voor Hoog Water (circa 20.05 uur MET) gedurende een aantal uren constant is alvorens het maximum te bereiken.

Na het bereiken van de **maximale vloedstroom** wordt in ongeveer tweeënhalf uur de **maximale ebstroom** bereikt.

In de grafiek van het **doorstroomoppervlak** (Figuur 4-2) valt op dat tijdens de derde meting (circa 9.00 uur MET) een relatief korte raai is gevaren.

De meetresultaten van de ADCP, **Bijlage 2**, geven een duidelijk beeld van de variatie van de stroming met de tijd.



Figuur 4-2 Doorstroomoppervlak als functie van de tijd

Tabel 4.1 Debiet en de over doorstroomoppervlak A gemiddelde stroomsnelheid U

Nr.	Begintijd (MET)	Begintijd (t.o.v. HW)	Debiet [m³/s]	A [m²]	U [m/s]
1	8h03	+0h23	1217	4404	0.22
2	8h36	+0h56	-1929	4424	-0.37
3	9h01	+1h21	-3930	3766	-0.78
4	9h30	+1h50	-4534	4101	-0.95
5	10h00	+2h20	-4358	3937	-0.97
6	10h30	+2h50	-4117	3626	-0.96
7	11h01	+3h21	-3803	3362	-0.94
8	11h30	+3h50	-3647	3127	-0.94
9	12h00	+4h20	-3422	3110	-0.93
10	12h30	+4h50	-3089	3026	-0.88
11	13h03	+5h23	-2806	2769	-0.84
12	13h30	+5h50	-2610	2472	-0.81
13	14h00	+6h20	-2263	2560	-0.72
14	14h30	-5h35	-1833	2623	-0.60
15	14h59	-5h06	-75	2729	-0.02
16	15h40	-4h25	2547	3075	0.70
17	16h09	-3h56	2788	3330	0.73
18	16h30	-3h35	2669	3528	0.68
19	17h01	-3h04	2707	3533	0.66
20	17h30	-2h35	2634	3781	0.62
21	18h06	-1h59	3021	3774	0.67
22	18h35	-1h30	4261	4007	0.89
23	19h03	-1h02	5503	4371	1.08
24	19h37	-0h28	4959	4400	0.93
25	20h10	+0h05	2840	4669	0.53
26	20h45	+0h40	-593	4568	-0.11
27	21h10	+1h05	-3019	4394	-0.59

Appendix A Berekening van gemiddelde snelheid uit varende adcp metingen.

In deze Bijlage wordt de wijze van berekenen van de ADCP stromings-profielen beschreven.

Er wordt uitgegaan van de 'Processed'-bestanden die door het programma TRANSECT tijdens de meting worden gemaakt.

Van de ADCP bestanden worden de volgende gegevens gebruikt:

p_{gi} = geografische positie in ED50-coördinaten van ensemble i

d_{in} = bodemdiepte van bundel n van ensemble i (0 is wateroppervlak, $-H$ is de bodem)

u_{xij} = stroomsnelheid in x-richting (oost) van bin j van ensemble i

v_{yij} = stroomsnelheid in y-richting (noord) van bin j van ensemble i

w_{zij} = stroomsnelheid in z-richting (verticaal) van bin j van ensemble i

b_j = diepte van bin j onder het wateroppervlak (0 is het wateroppervlak, $-H$ is de bodem)

E = aantal ensembles van een meting

B_i = aantal bins van ensemble i

l = binlengte

Daarnaast is nog de waterstand w t.o.v. TAW ten tijde van de meting bekend.

De geografische posities worden omgezet van ED50-coördinaten naar RD-coördinaten in het kaartvlak. Hiervoor wordt de methode gebruikt zoals beschreven door Kösters [1]. Eerst worden de ED50-coördinaten omgezet naar UTM-coördinaten [1, blz 22]. Daarna worden de UTM-coördinaten omgezet in RD-coördinaten in het kaartvlak [1, blz 34].

De posities p_{gi} van de ensembles worden hierdoor omgezet in posities p_{rdi} in RD-coördinaten. Van elke raai is het beginpunt P_{RDb} en het eindpunt P_{RDc} bekend in RD-coördinaten. Nu wordt van elk ensemble de afstand tot het beginpunt a_i en de afstand tot het eindpunt a_i' berekend volgens:

$$a_i = \| p_{rdi} - P_{RDb} \|$$

$$a_i' = \| p_{rdi} - P_{RDc} \|$$

Als a_i of a_i' groter is dan de lengte van de raai dan wordt ensemble i verwijderd. Verder wordt gerekend met a_i .

De stromingscomponenten u_x , v_y , en w_z t.o.v. het Oosten, Noorden en de verticaal dienen te worden geroteerd naar een coördinatenstelsel met de x-coördinaat ϕ_U graden t.o.v. het noorden en y-coördinaat loodrecht op x en ϕ_V graden t.o.v. het noorden:

$$u_{xij} = \sin(\phi_U) \cdot v_{yij} + \cos(\phi_U) \cdot u_{yij}$$

$$v_{yij} = \sin(\phi_V) \cdot v_{yij} + \cos(\phi_V) \cdot u_{xij}$$

$$w_{zij} = w_{zij}$$

De stroomprofielen zijn **geëxtrapoleerd** van de dieptecellen van de ADCP naar het **wateroppervlak** en naar de bodem. Aan het wateroppervlak zijn vanwege de insteekdiepte van het meetinstrument 5 extra dieptecellen gecreëerd. De stroming in deze cellen is berekend volgens het onderstaande schema:

Dieptecel t.o.v. wateropp.	bij vloed	bij eb
0.08 m	0.940	1.060
0.58 m	0.952	1.048
1.08 m	0.964	1.036
1.58 m	0.976	1.024
2.08 m	0.988	1.012
2.58 m (meetwaarde)	1.000	1.000

De bovenste gemeten dieptecel blijft hiermee zijn waarde houden. In de extra cellen daarboven neemt de stroming bij vloed af tot 94% van de meetwaarde van de bovenste cel en bij eb neemt de stroming toe tot 106%. Deze extrapolatie is uitgevoerd voor u_x en v_y en niet voor w_z . De stroomrichting in de extra cellen is daarmee gelijk aan de stroomrichting in de bovenste gemeten dieptecel.

De ADCP meet niet dicht bij de bodem. Het verlies aan de bodem is ongeveer 15% van de bodemdiepte. Op een eendere manier als aan het wateroppervlak wordt de stroming **geëxtrapoleerd naar de bodem**. De stroming aan de bodem zelf is gelijk aan nul. Tussen de bodem en de diepste cel van de ADCP zijn de componenten u_x en v_y lineair geëxtrapoleerd.

In principe kan nu een grafiek gemaakt worden van de drie stromingscomponenten u_x , v_y en w_z als functie van de afstand tot het beginpunt a_i en de diepte van de bin b_j . Per ensemble zijn echter maar een beperkt aantal pings gebruikt om de stroming te meten. De drie stromingscomponenten zijn hierdoor niet erg nauwkeurig bepaald. Een grafiek met de stromingscomponenten zal daarom geen duidelijk beeld geven. Daarom worden de stromingscomponenten eerst gefilterd. Met een laag-doorlaat filter worden de korte variaties van de stroming verwijderd. Hierdoor blijven de variaties van de stroming met een grote lengteschaal behouden en ontstaat een vloeiend beeld van de stroming als functie van de diepte en de afstand tot het beginpunt van de raai.

Het toegepaste filter is een IIR filter. Dit filter wordt toegepast voor alle ensembles met filtering over de bins:

$$u'_{xij} = \sum_{k=0}^K b_k \cdot u_{xi(j-k)} - \sum_{k=1}^K a_k \cdot u'_{xi(j-k)}, \text{ voor } i = 1 \dots E,$$

idem voor v_y en w_z .

Het filter wordt ook voor alle bins toegepast met filtering over de ensembles:

$$u''_{xij} = \sum_{k=0}^K b_k \cdot u_{xi(i-k)_j} - \sum_{k=1}^K a_k \cdot u''_{xi(i-k)_j}, \text{ voor } j = 1 \dots B_i,$$

idem voor v_y en w_z .

De a_k en de b_k zijn de coëfficiënten van het filter. Bij deze metingen was de ensemble lengte ongeveer 15 meter. In principe kunnen daarom stromingsvariëaties met een lengte van 30 meter worden gemeten. De coëfficiënten van het filter zijn zo gekozen dat het filter frequenties groter dan 0.3π afkapt. Voor het begrip is dit vertaald naar meters in het horizontale vlak (langs de raai). Stromingsvariëaties met lengteschalen kleiner dan 60 meter worden vrijwel geheel weg gefilterd. Stromingsvariëaties met een lengteschaal van 90 meter worden verzwakt met een factor 2. Stromingsvariëaties met een lengteschaal groter dan 120 meter worden vrijwel niet verzwakt.

Voor de stromingsvariëaties in het verticale vlak (de diepte) worden variëaties met een lengteschaal groter dan 3 meter verzwakt met een factor 2. Variëaties met een grotere lengteschaal worden niet verzwakt. Variëaties met een kleinere lengteschaal worden vrijwel geheel weg gefilterd.

De stromingscomponenten u''_x , v''_y en w''_z kunnen nu worden uitgezet tegen de afstand langs de raai tot het beginpunt en de diepte t.o.v. TAW. De diepte t.o.v. TAW van een bin is de diepte van de bin t.o.v. het wateroppervlak $b_j + w$, met w de waterstand t.o.v. TAW.

De ADCP meet voor elk ensemble i de diepte van de bodem t.o.v. het wateroppervlak voor 4 bundels d_m . De bodemdiepte H_i t.o.v. TAW wordt dan:

$$H_i = (d_{i1} + d_{i2} + d_{i3} + d_{i4}) / 4 + w.$$

De dieptegemiddelde-stroming in de x-richting van ensemble i wordt berekend volgens:

$$U_i = l \sum_{j=1}^J u''_{xij};$$

De stroming in de bovenlaag en aan de bodem wordt geëxtrapoleerd uit de bemeten bins volgens het bovenvermelde schema.

De gemiddelde x-component van de stroming is dan:

$$U_i = ((-b_i - l/2)U_i^{top} + JIU_i^{Mid} + (H_i - w + b_i - l/2)U_i^{Bot}) / (H_i - w)$$

De stroming wordt geëxtrapoleerd naar die gedeelten van de raai waar het schip met de ADCP niet heeft gemeten. Dit gebeurt met gebruikmaking van het diepteprofiel van het echolood. Bij de linkeroever gebeurt dit volgens:

$$U(l) = \sqrt{\frac{d(l)}{l} \frac{1}{L} d(L)} \left(\frac{l}{L}\right) U_1(L),$$

met l de afstand tot de linker oever, L de afstand van het eerste ensemble tot de linkeroever, $U_1(L)$ de gemiddelde x-component van de stroming in het eerste ensemble. Voor de rechteroever geldt een eendere formule.

Het doorstroomoppervlak A is berekend volgens:

$$A = \sum_{i=1}^F H_i \cdot (a_i - a_{i-1}), \text{ met } a_0 = 0.$$

De bijdrage van een ensemble aan het debiet Q_i is berekend volgens:

$$Q_i^{top} = (-b_i - l/2)U_i^{top}$$

$$Q_i^{Mid} = JIU_i^{Mid}$$

$$Q_i^{Bot} = (H_i - w + b_i - l/2)U_i^{Bot}$$

Het totale debiet Q_{Tot} is berekend volgens:

$$Q_{top} = \sum_{i=1}^F Q_i^{top}$$

$$Q_{Mid} = \sum_{i=1}^F Q_i^{Mid}$$

$$Q_{Bot} = \sum_{i=1}^F Q_i^{Bot}$$

$$Q_{tot} = Q_{top} + Q_{Mid} + Q_{Bot}$$

De over het hele doorstroomoppervlak gemiddelde snelheid V_{Tot} is berekend volgens:

$$V_{Tot} = Q_{Tot} / A.$$

LITERATUUR

- [1] A.J.M. Kösters, 'Cöordinatentransformaties en kaartprojecties',
Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft, Augustus 1993

Appendix B Resultaten van de ADCP

De tabel verwijst naar de figuren in het rapport

Meting	Tijd t.o.v. HW	Globaal	Hoofdstroom
1	0h23	Fig_H01.jpg	Fig_H02.jpg
2	0h56	Fig_H03.jpg	Fig_H04.jpg
3	1h21	Fig_H05.jpg	Fig_H06.jpg
4	1h50	Fig_H07.jpg	Fig_H08.jpg
5	2h20	Fig_H09.jpg	Fig_H10.jpg
6	2h50	Fig_H11.jpg	Fig_H12.jpg
7	3h21	Fig_H13.jpg	Fig_H14.jpg
8	3h50	Fig_H15.jpg	Fig_H16.jpg
9	4h20	Fig_H17.jpg	Fig_H18.jpg
10	4h50	Fig_H19.jpg	Fig_H20.jpg
11	5h23	Fig_H21.jpg	Fig_H22.jpg
12	5h50	Fig_H23.jpg	Fig_H24.jpg
13	6h20	Fig_H25.jpg	Fig_H26.jpg
14	-5h35	Fig_H27.jpg	Fig_H28.jpg
15	-5h06	Fig_H29.jpg	Fig_H30.jpg
16	-4h25	Fig_H31.jpg	Fig_H32.jpg
17	-3h56	Fig_H33.jpg	Fig_H34.jpg
18	-3h35	Fig_H35.jpg	Fig_H36.jpg
19	-3h04	Fig_H37.jpg	Fig_H38.jpg
20	-2h35	Fig_H39.jpg	Fig_H40.jpg
21	-1h59	Fig_H41.jpg	Fig_H42.jpg
22	-1h30	Fig_H43.jpg	Fig_H44.jpg
23	-1h02	Fig_H45.jpg	Fig_H46.jpg
24	-0h28	Fig_H47.jpg	Fig_H48.jpg
25	+0h05	Fig_H49.jpg	Fig_H50.jpg
26	+0h40	Fig_H51.jpg	Fig_H52.jpg
27	+1h05	Fig_H53.jpg	Fig_H54.jpg

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

L.I.N. - A.W.Z. - AFDELING MARITIEME SCHELDE

fig. H.1

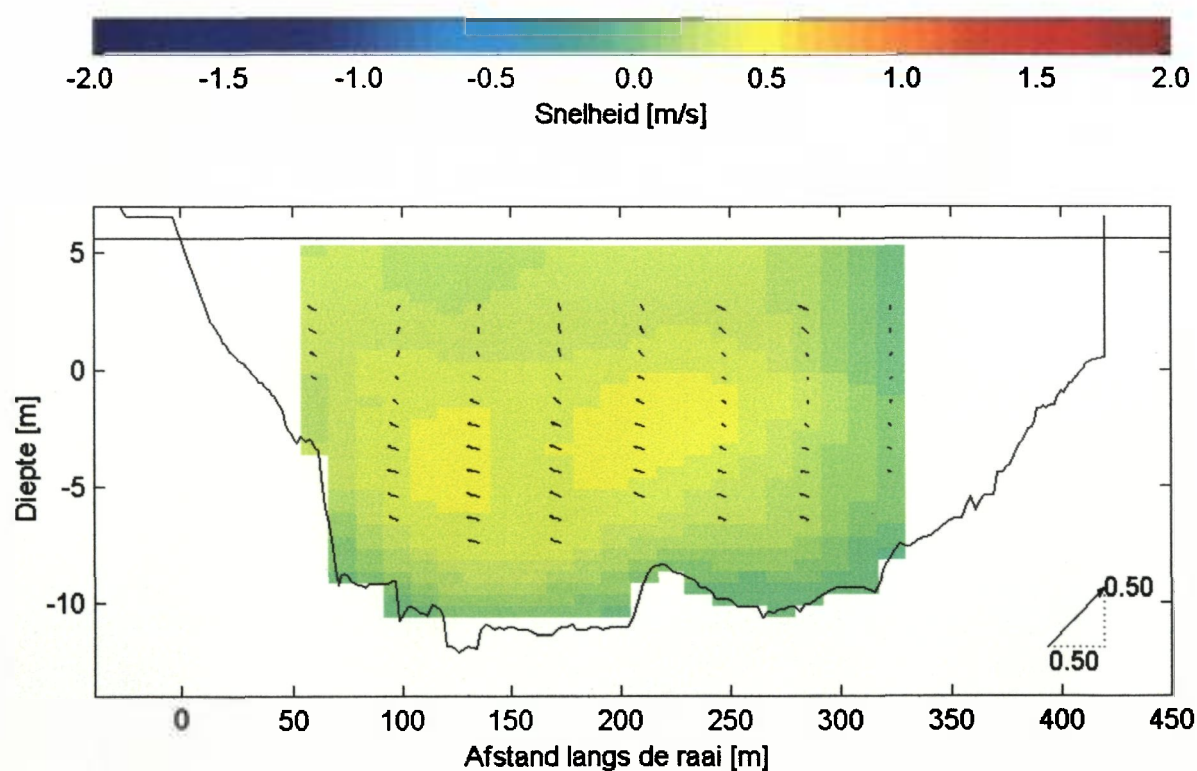
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 0h23 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



Data processed by Ingenieursbureau S.D.Kamminga BV

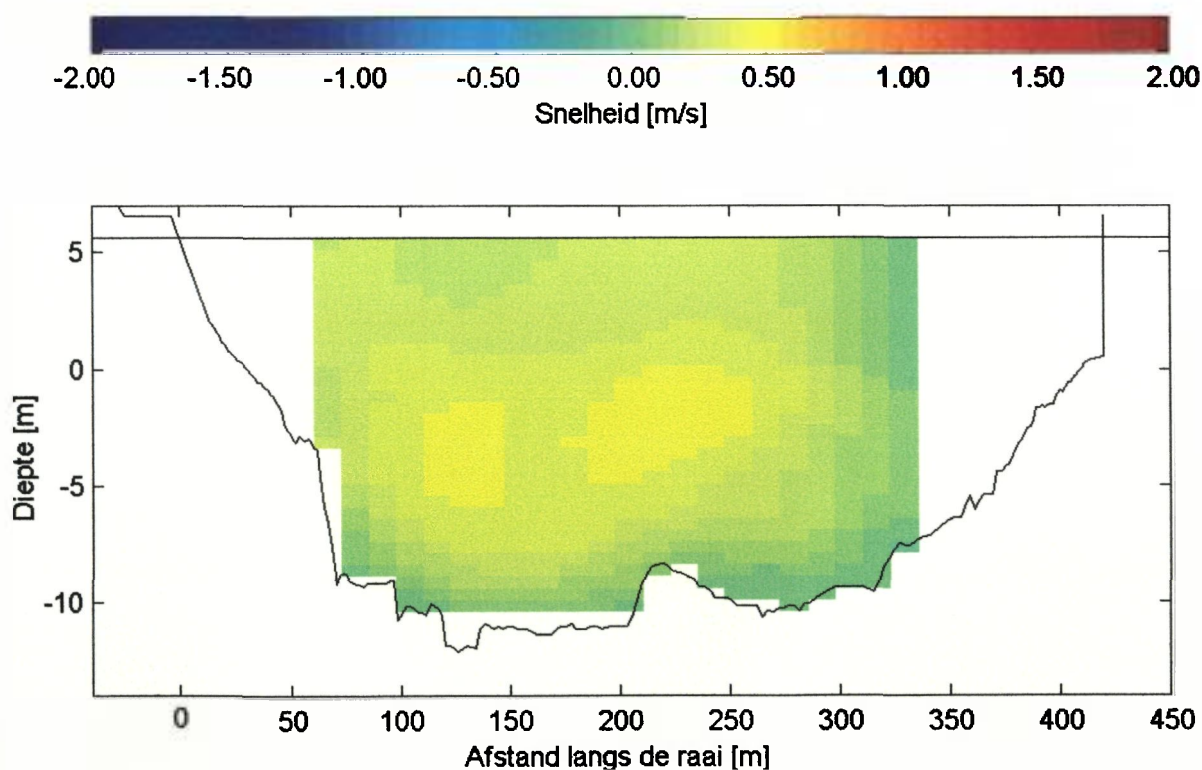
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 0h23 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



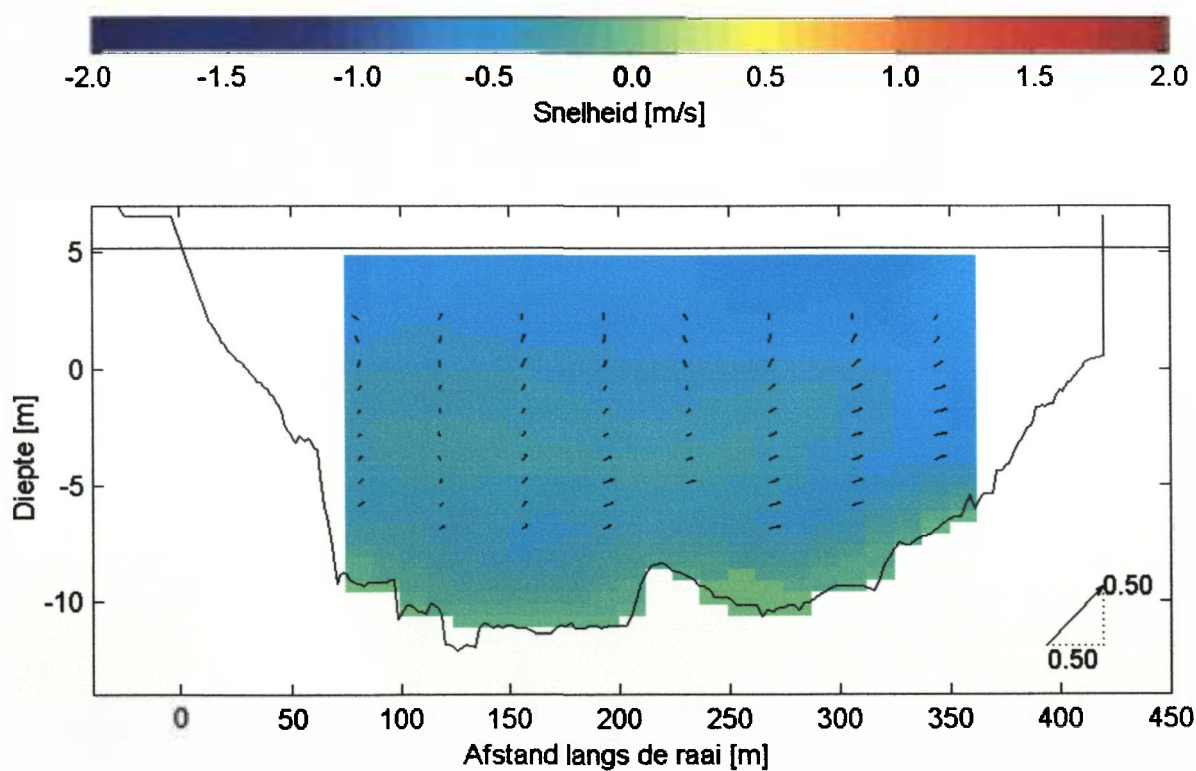
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 0h56 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



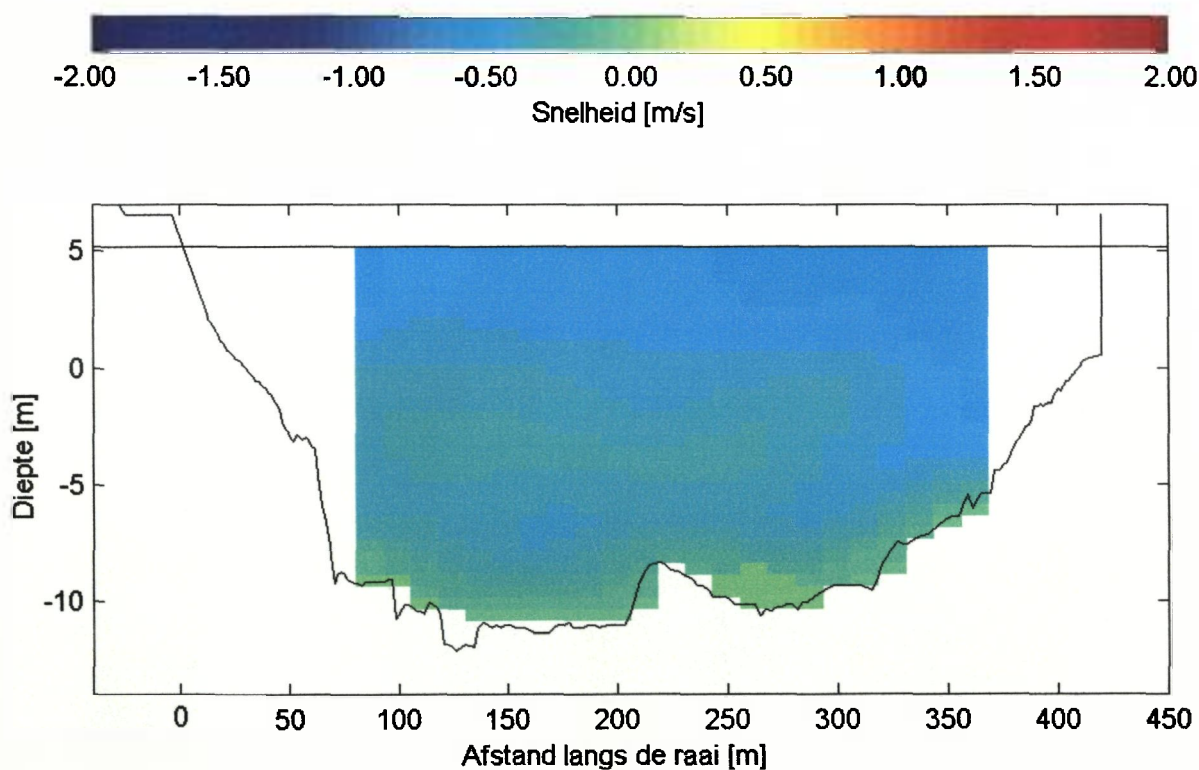
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 0h56 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



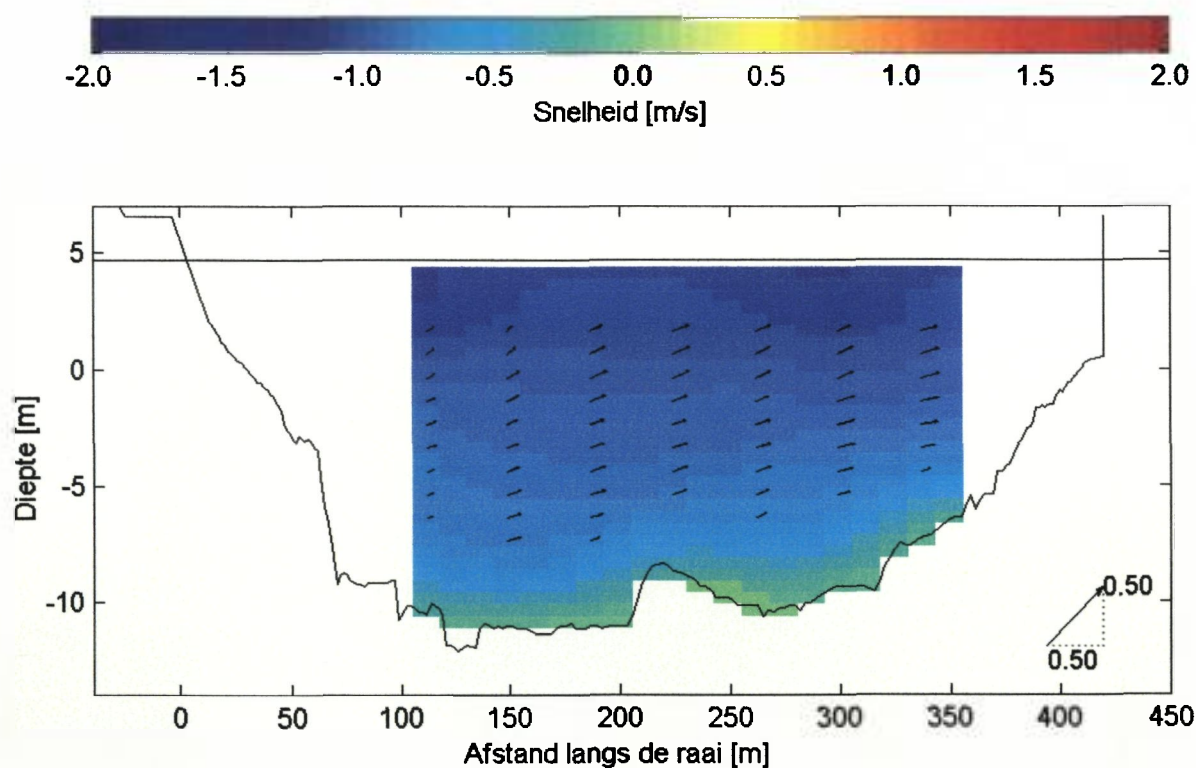
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 1h21 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



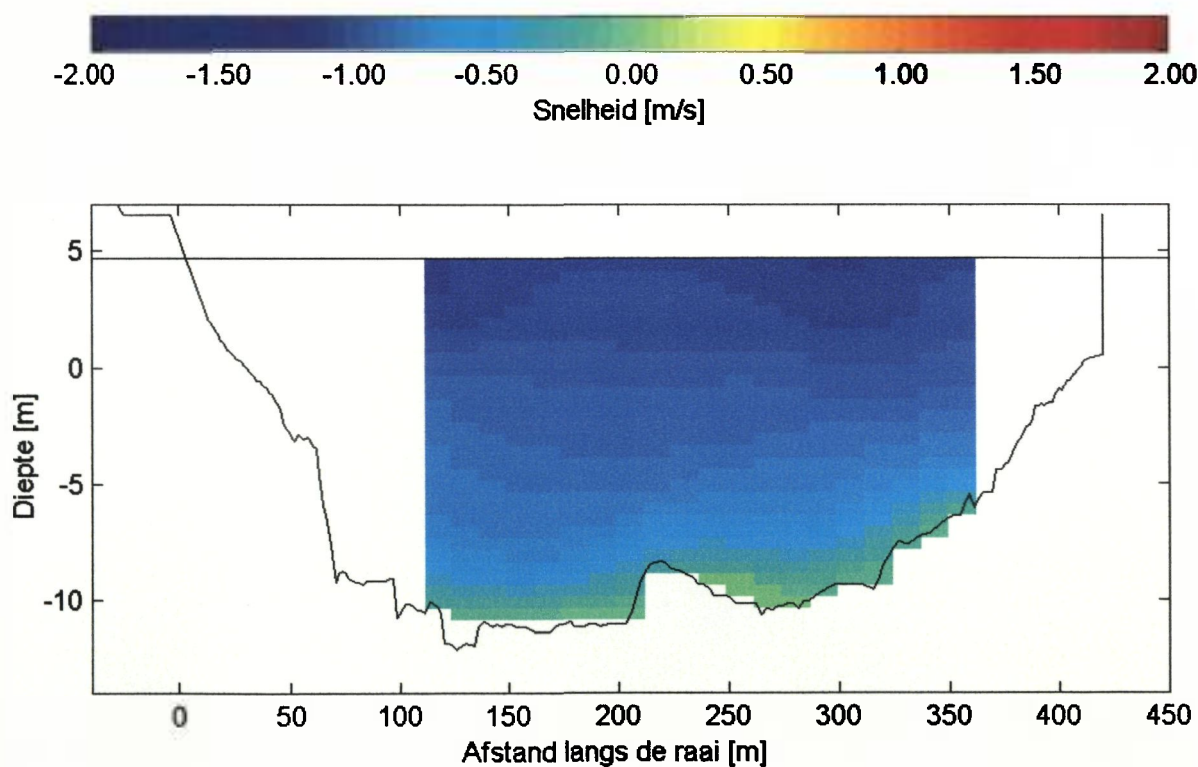
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 1h21 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



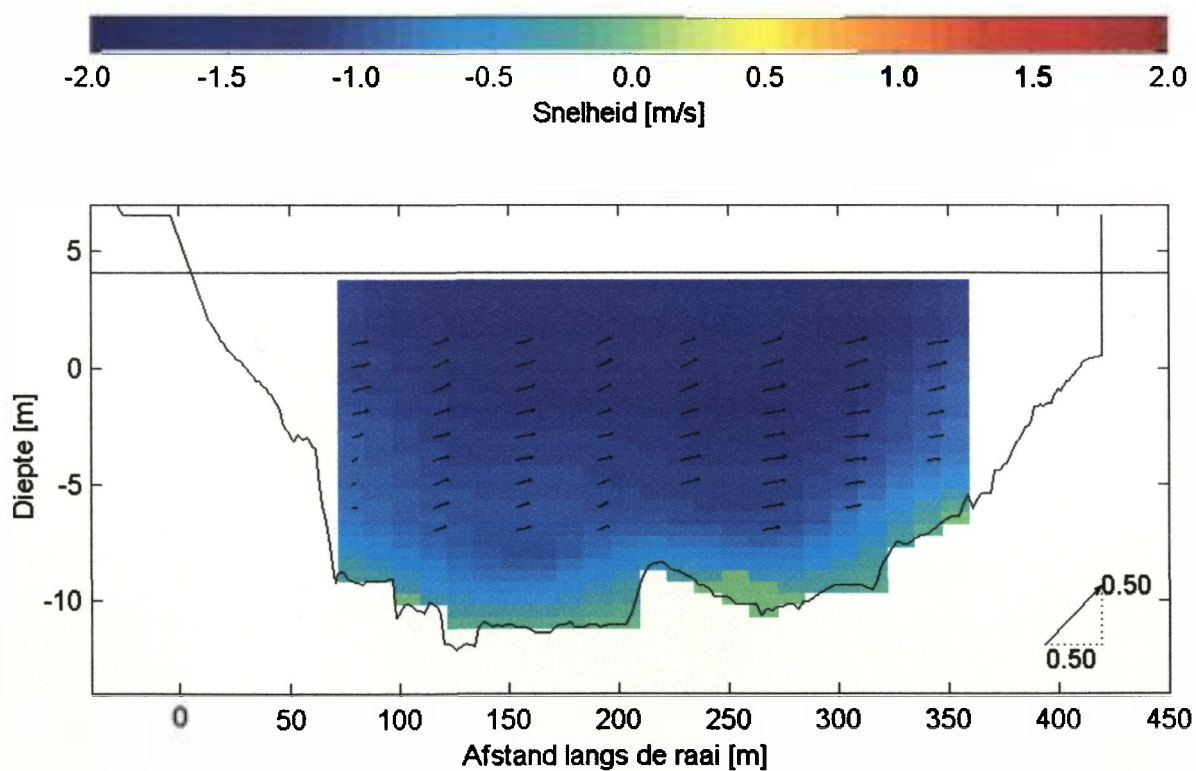
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 1h50 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



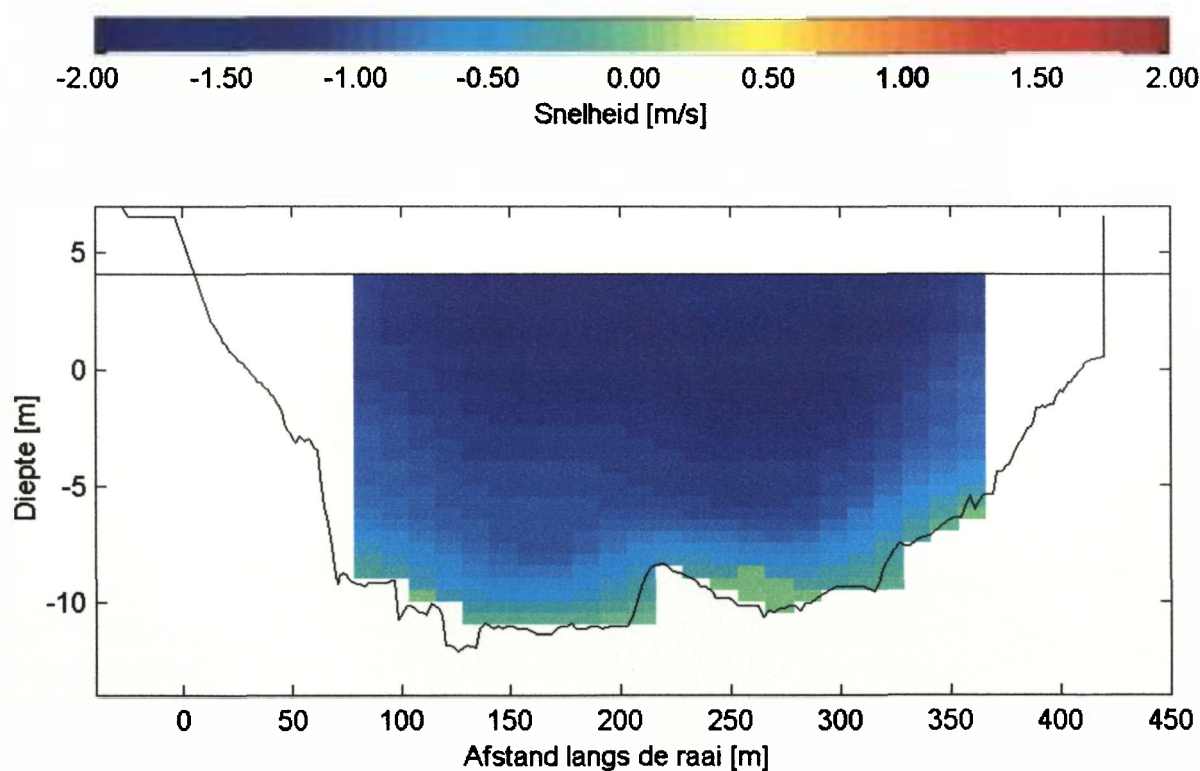
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 1h50 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



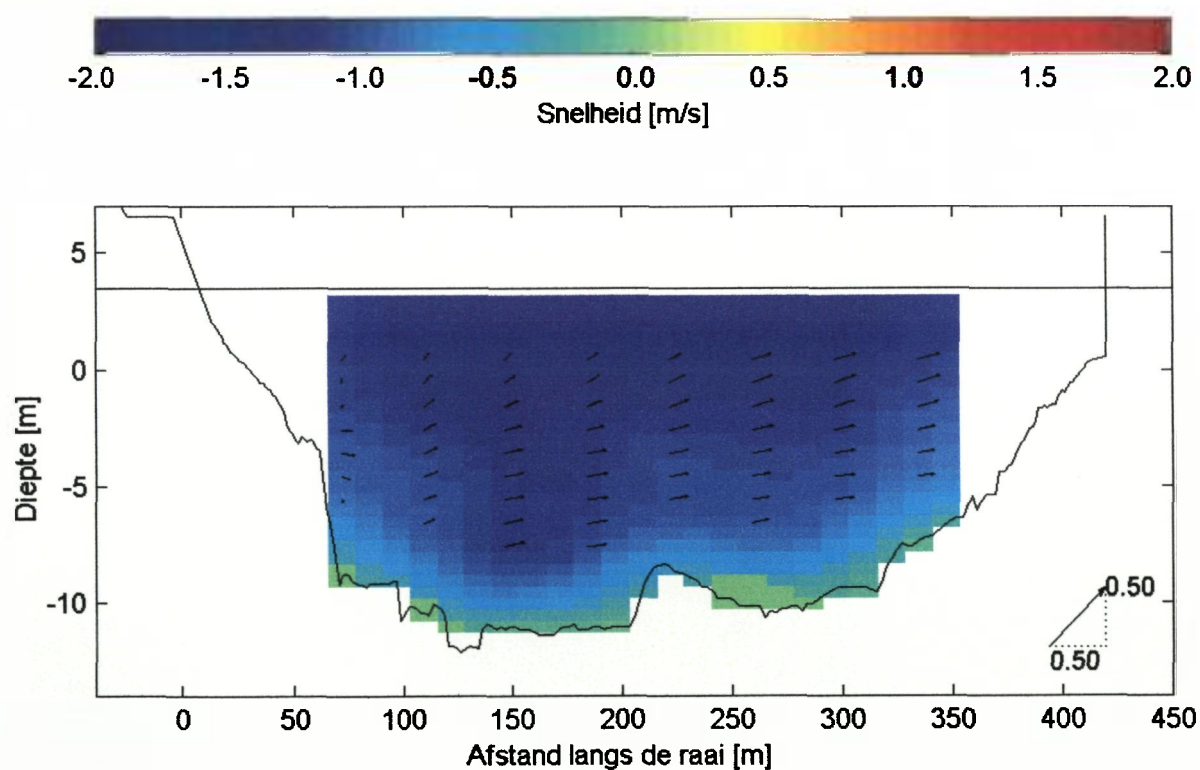
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 2h20 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



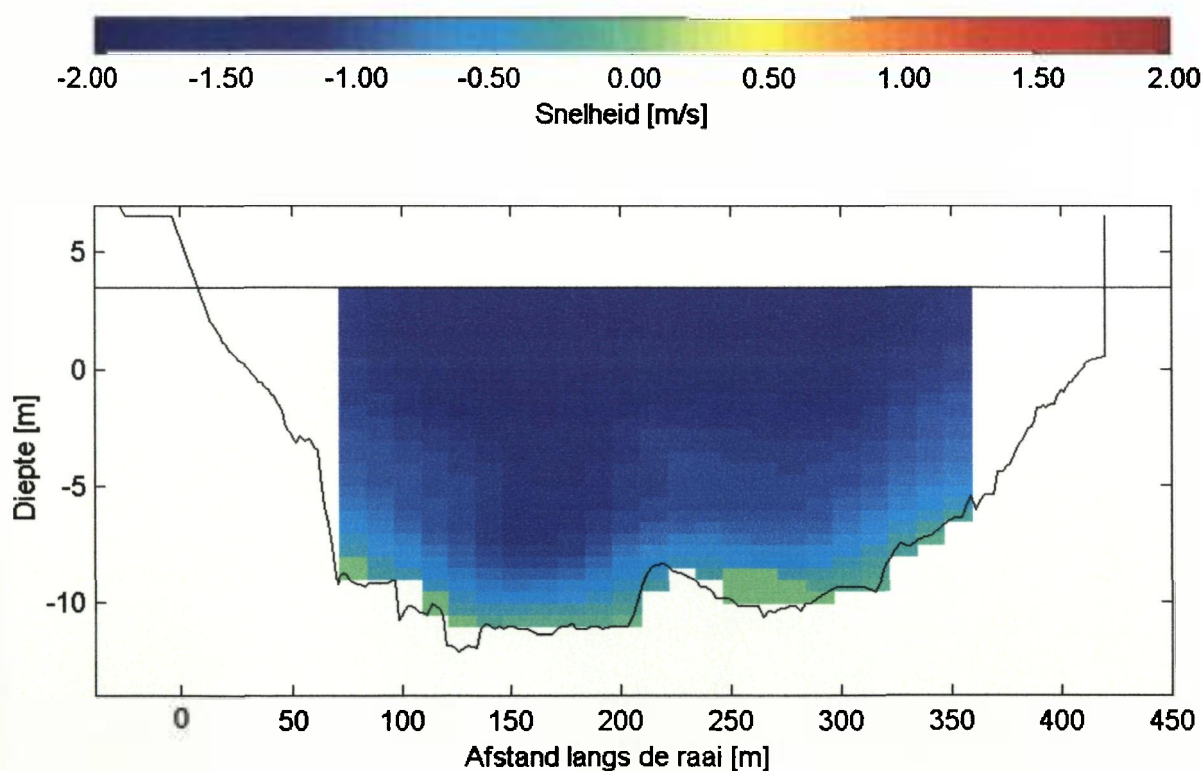
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 2h20 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



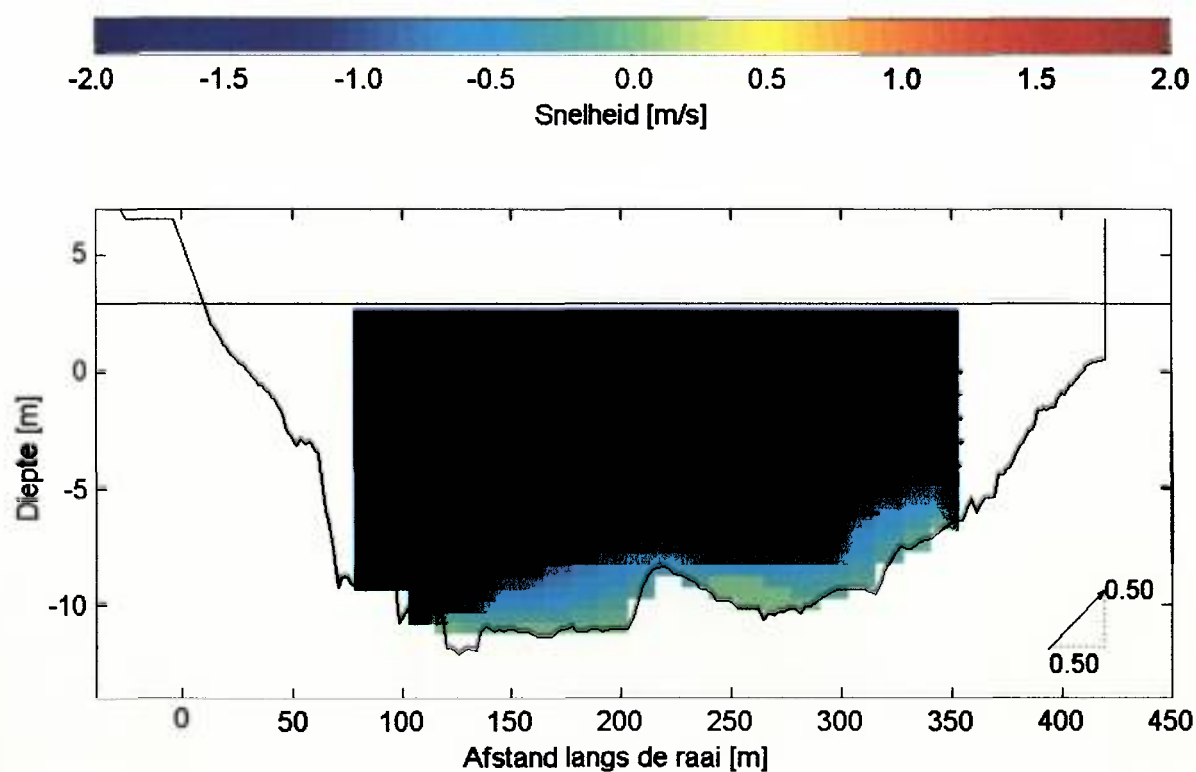
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 2h50 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



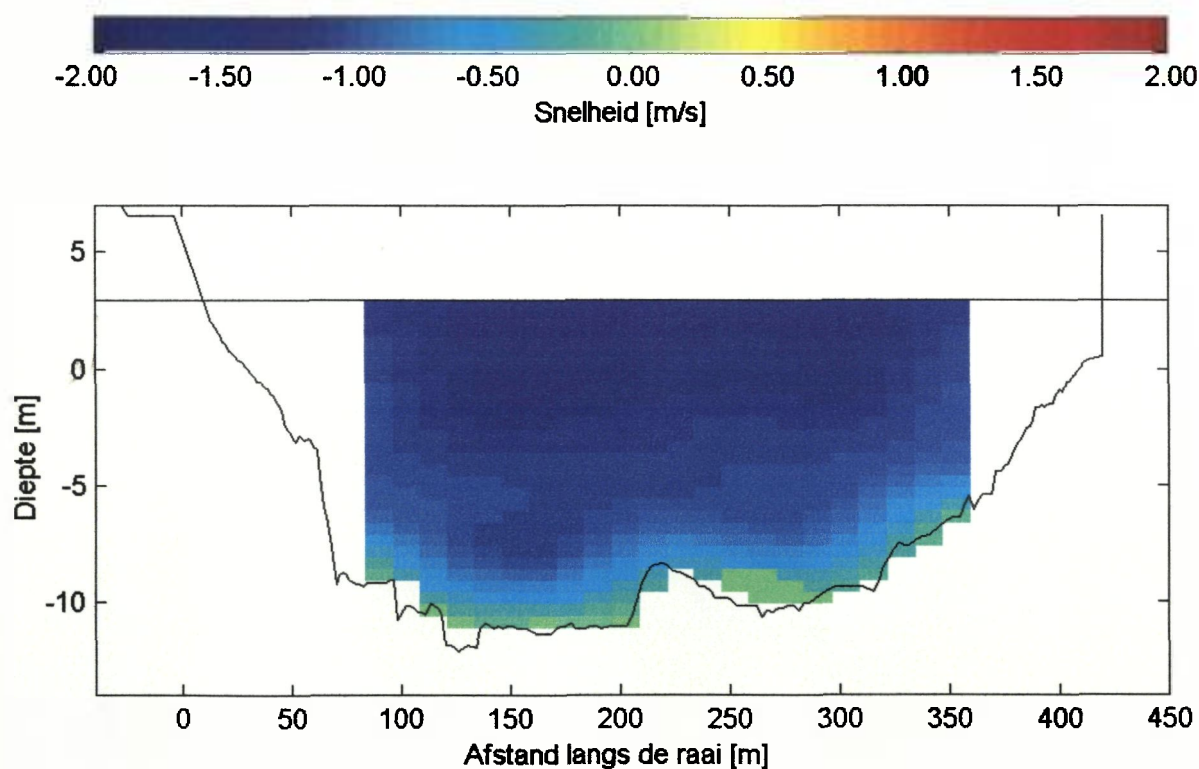
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 2h50 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



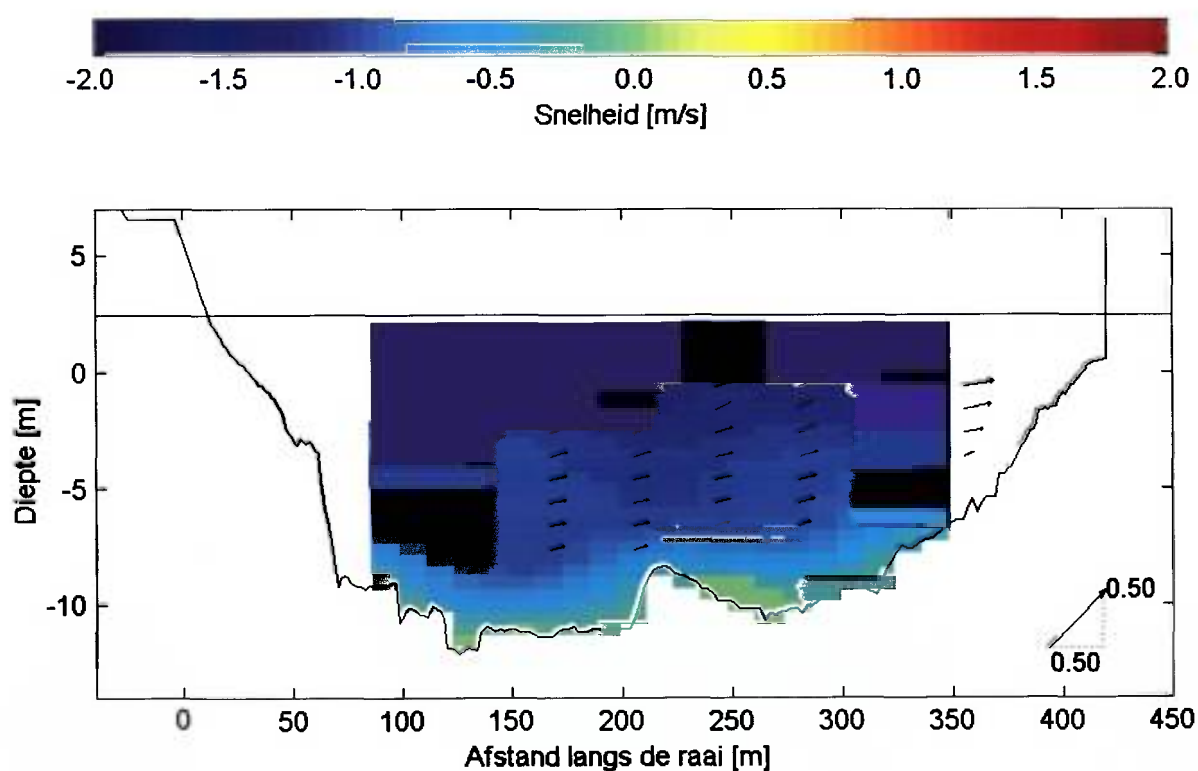
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 3h21 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



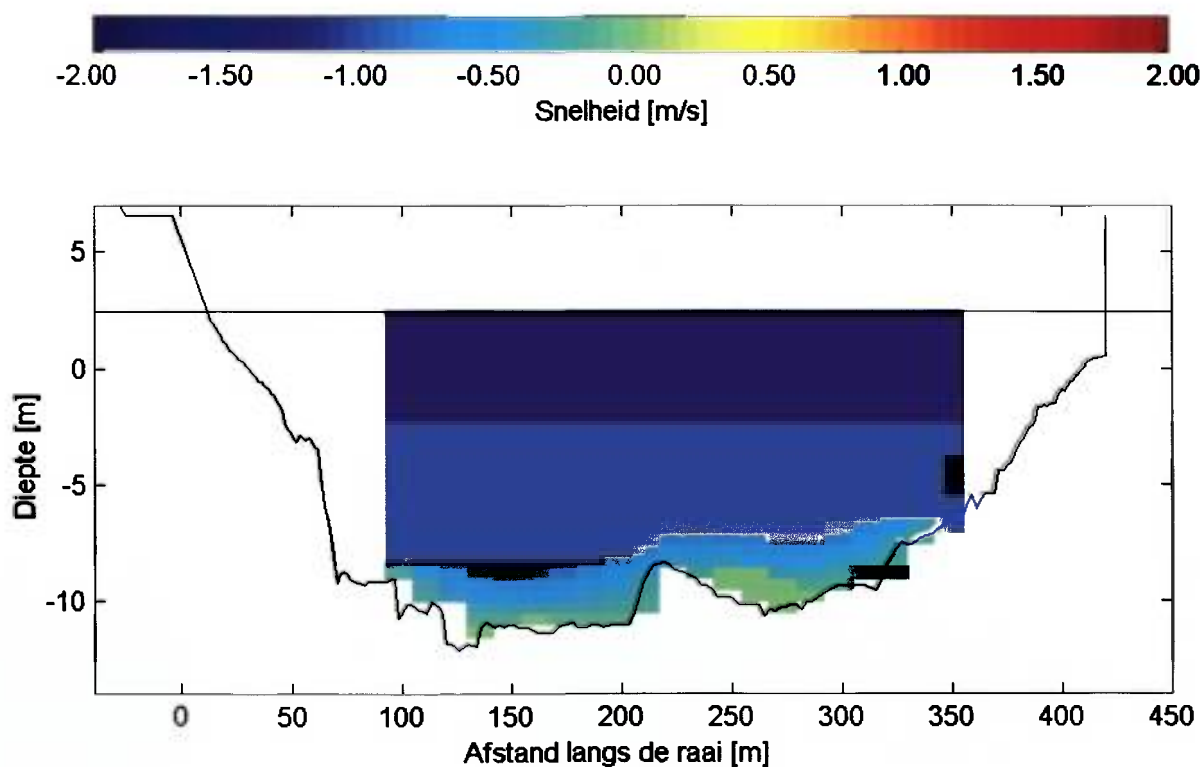
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 3h21 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



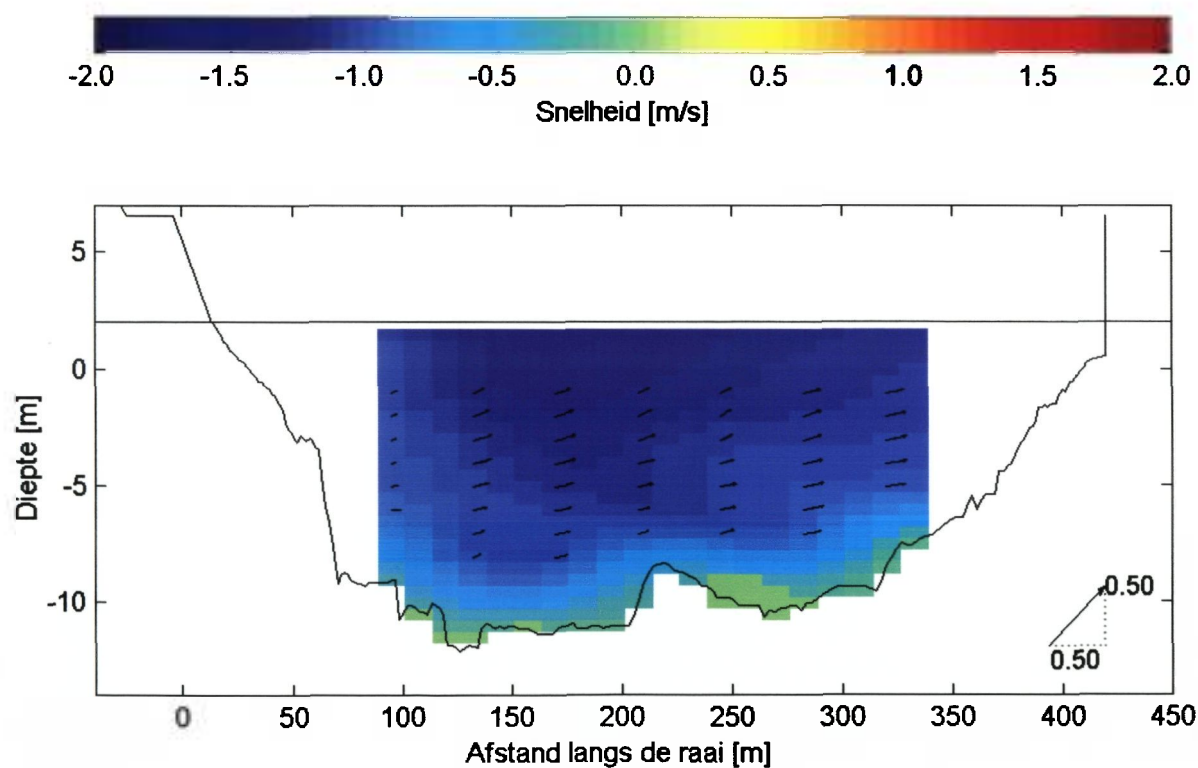
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 3h50 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



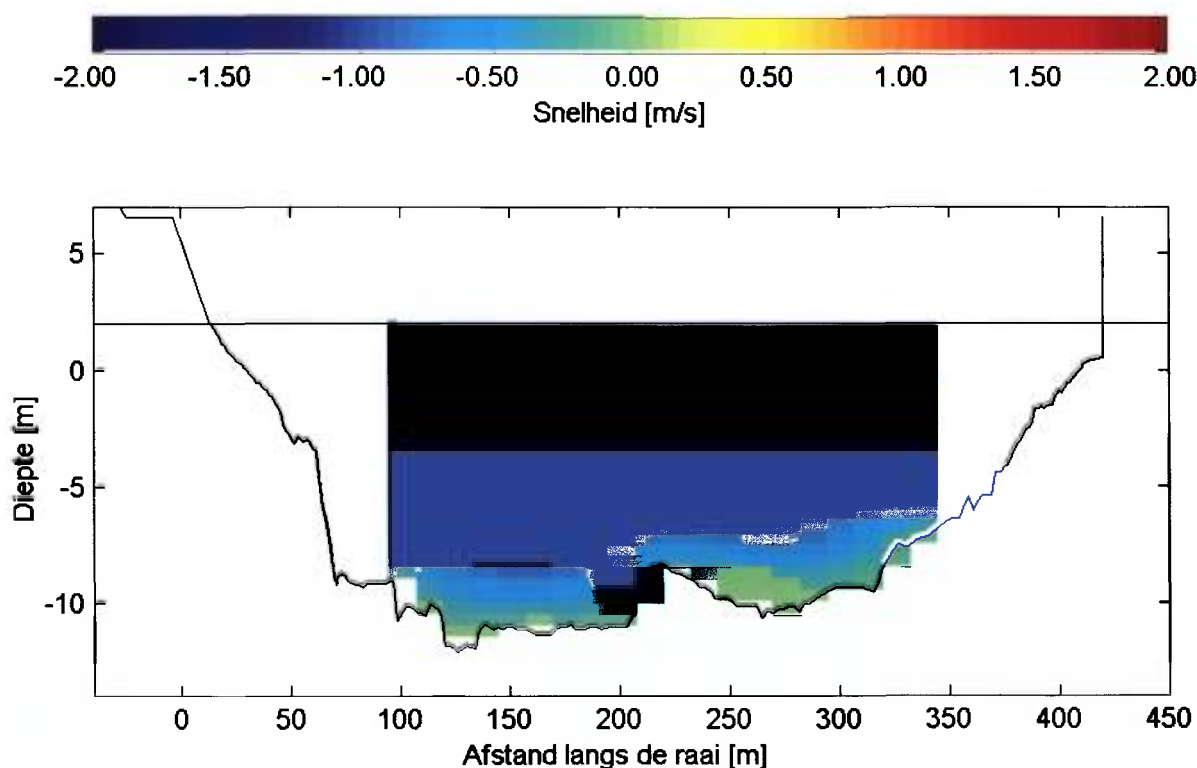
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 3h50 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



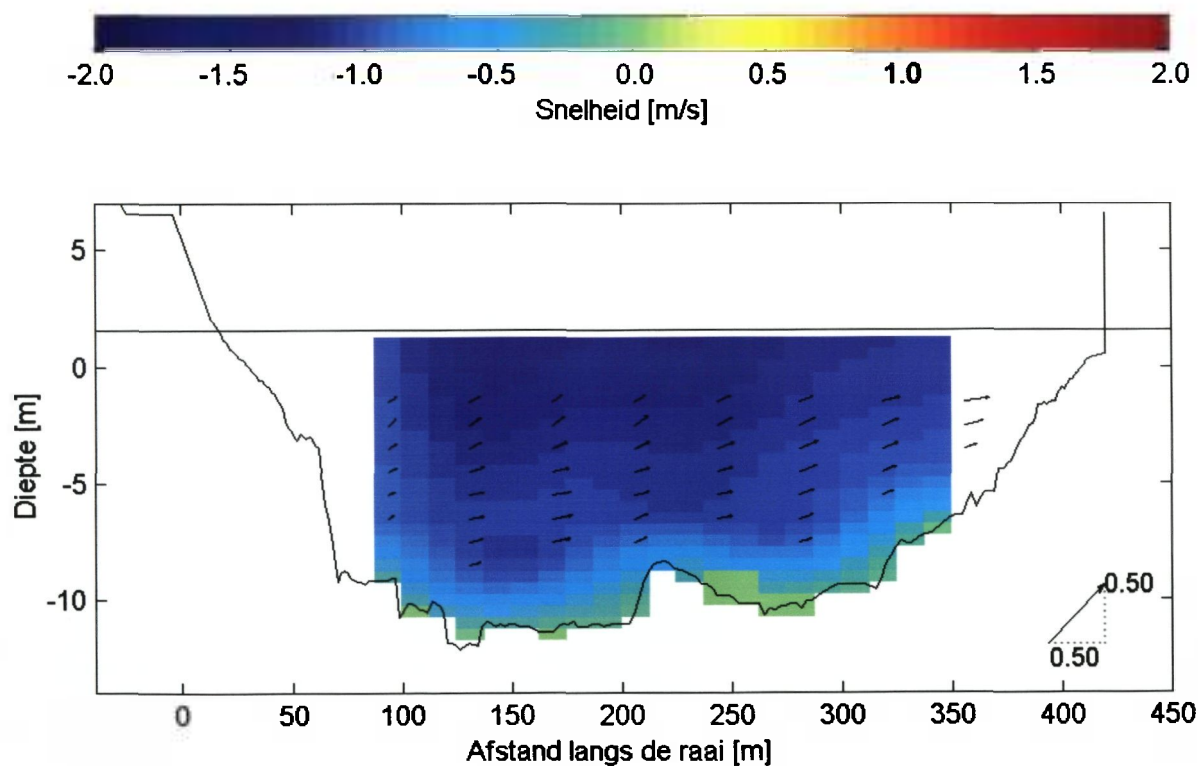
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 4h20 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



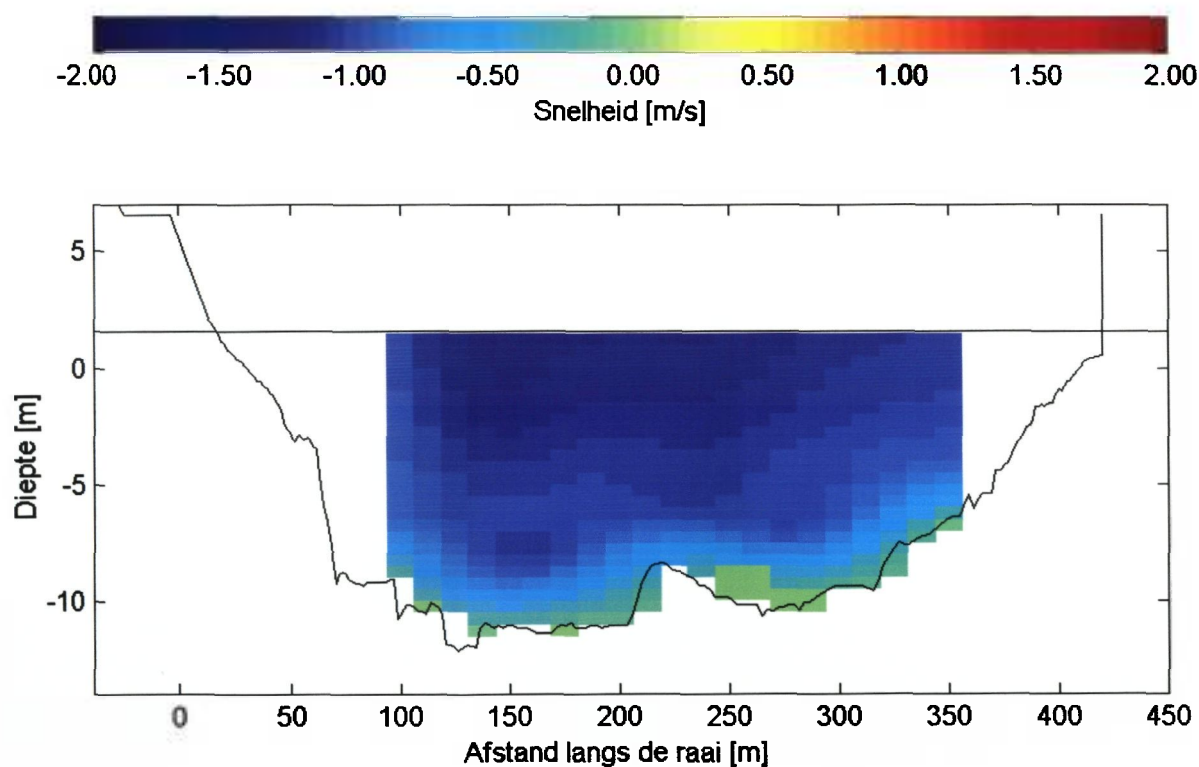
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 4h20 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



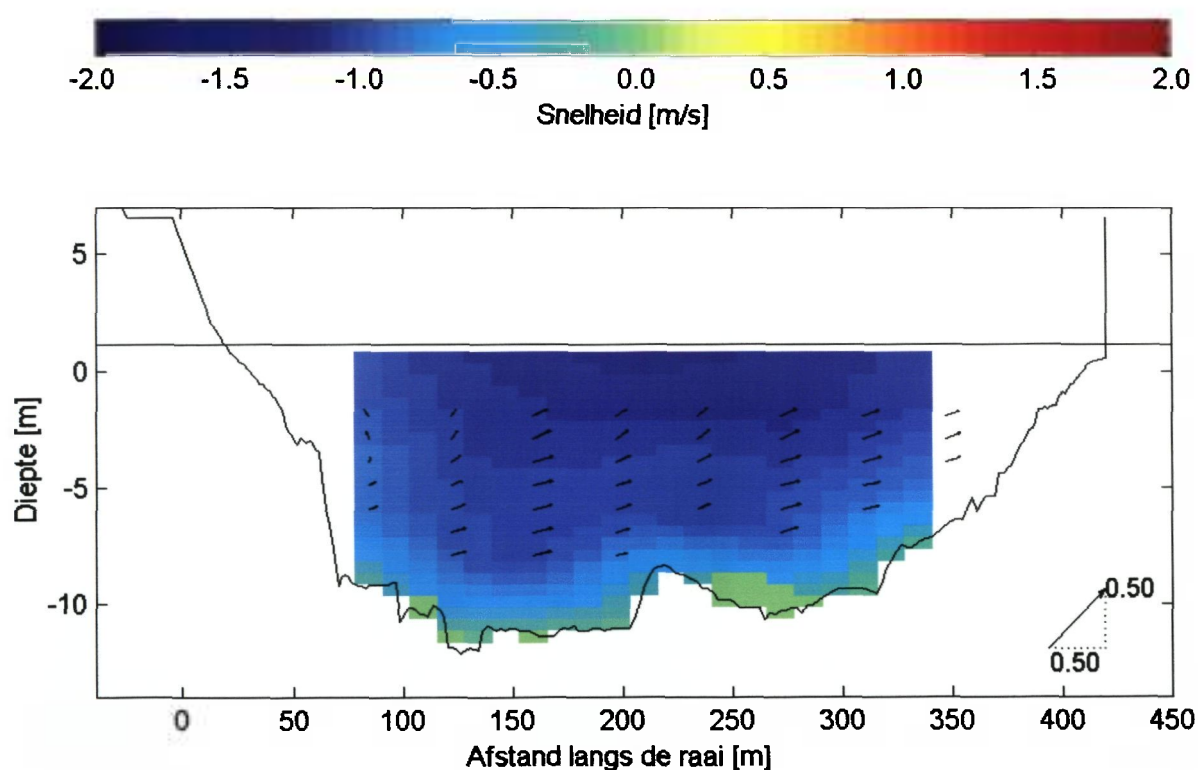
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 4h50 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



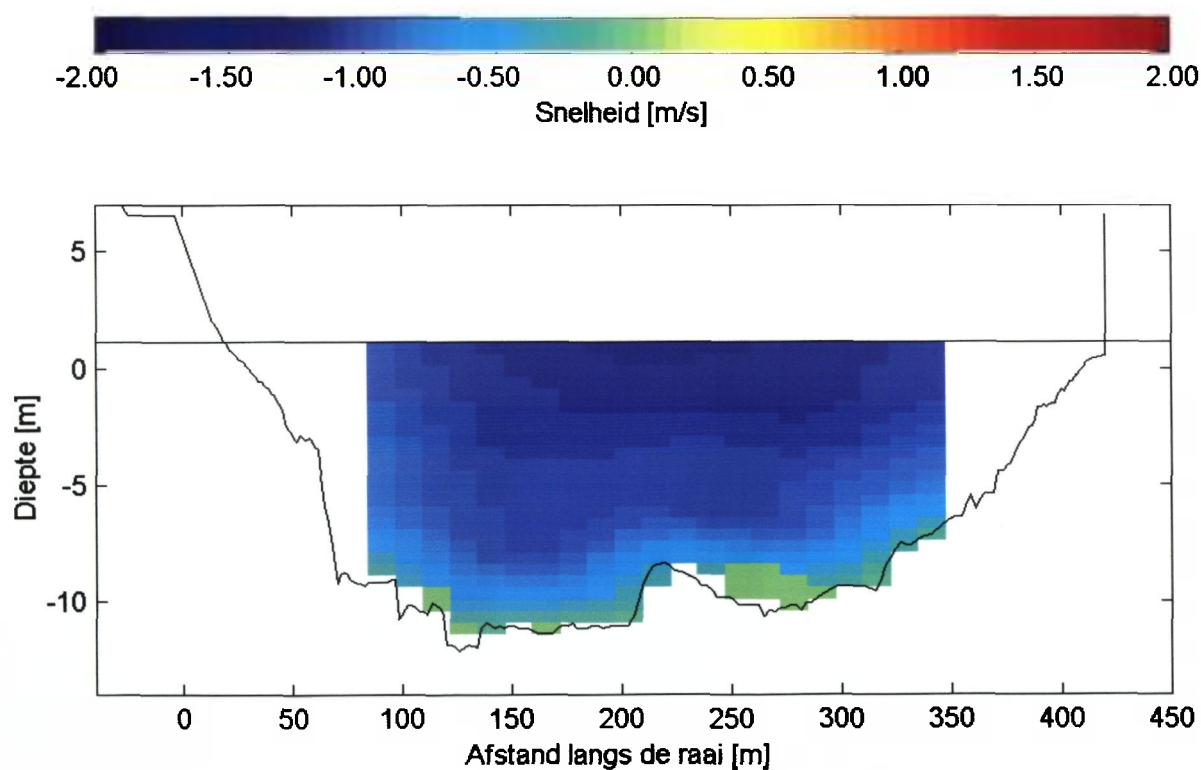
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 4h50 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



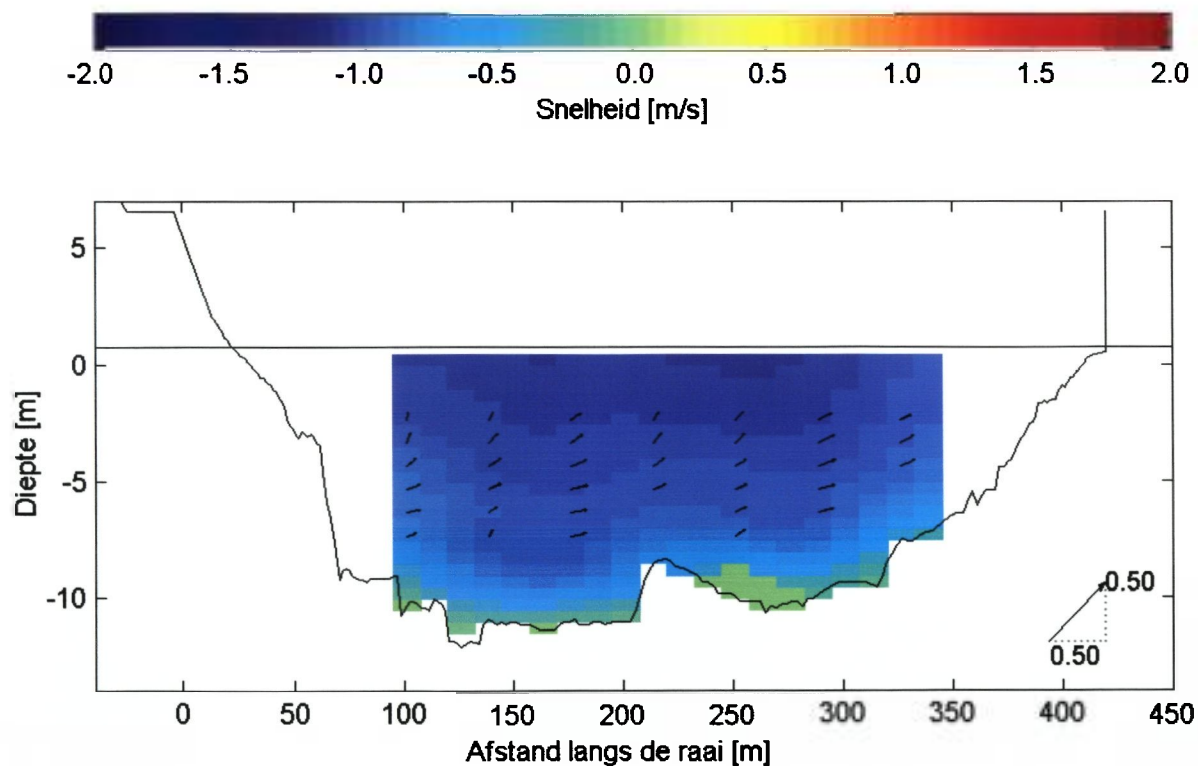
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 5h23 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



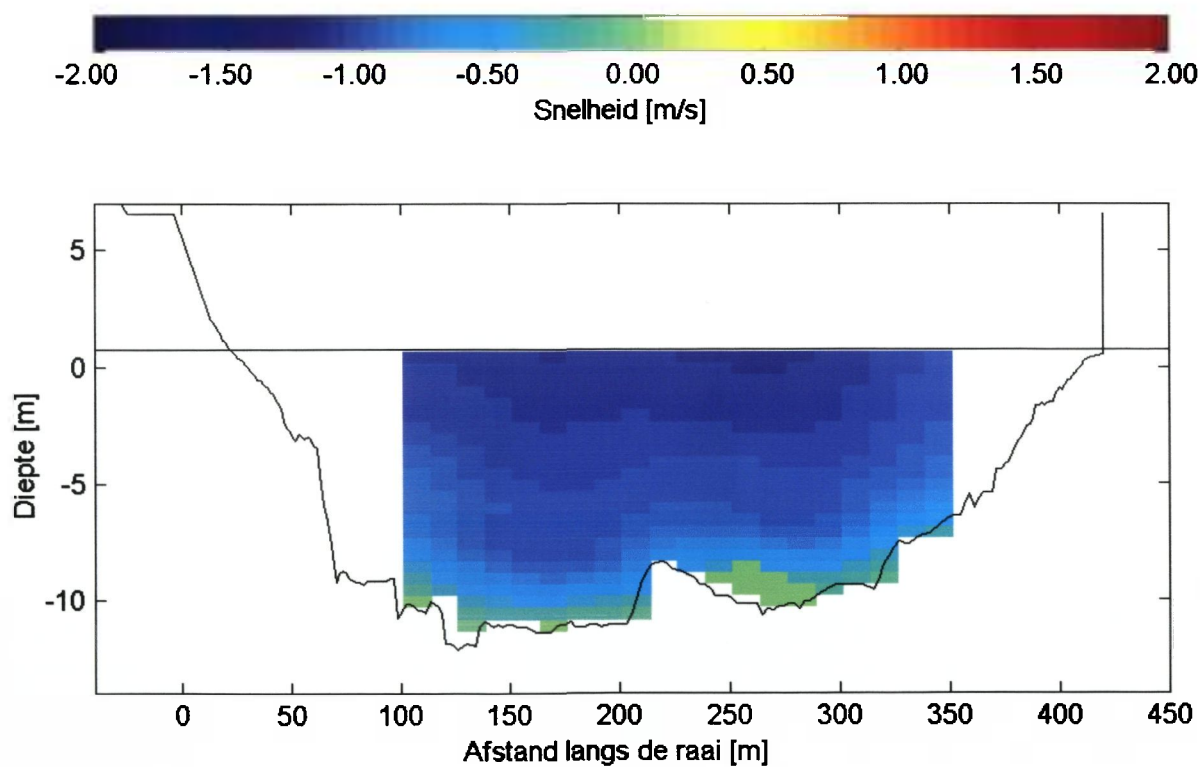
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 5h23 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



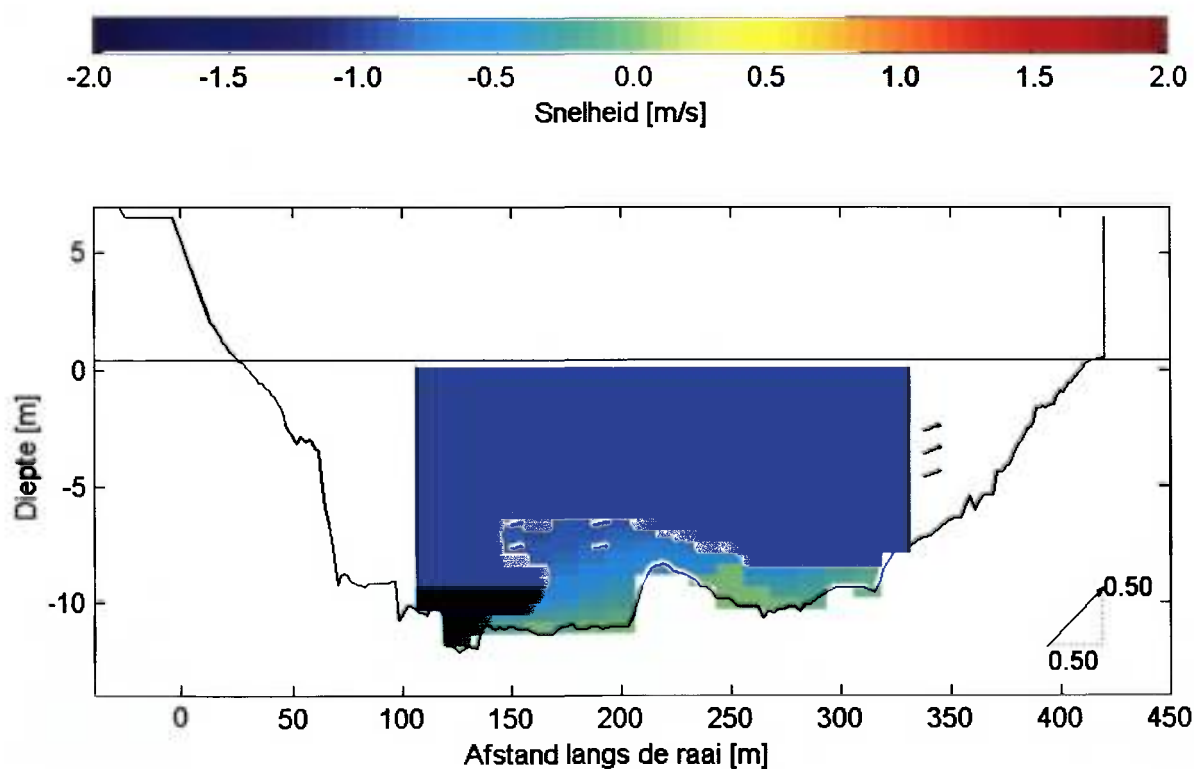
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 5h50 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



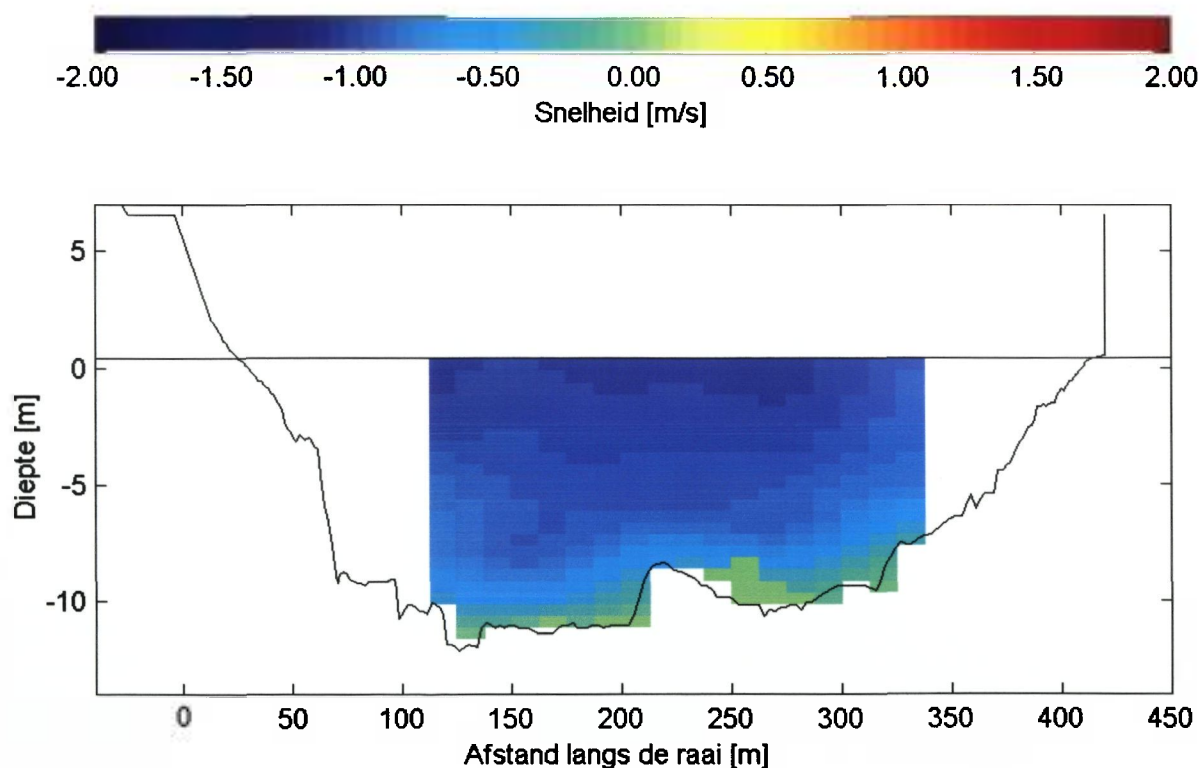
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 5h50 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



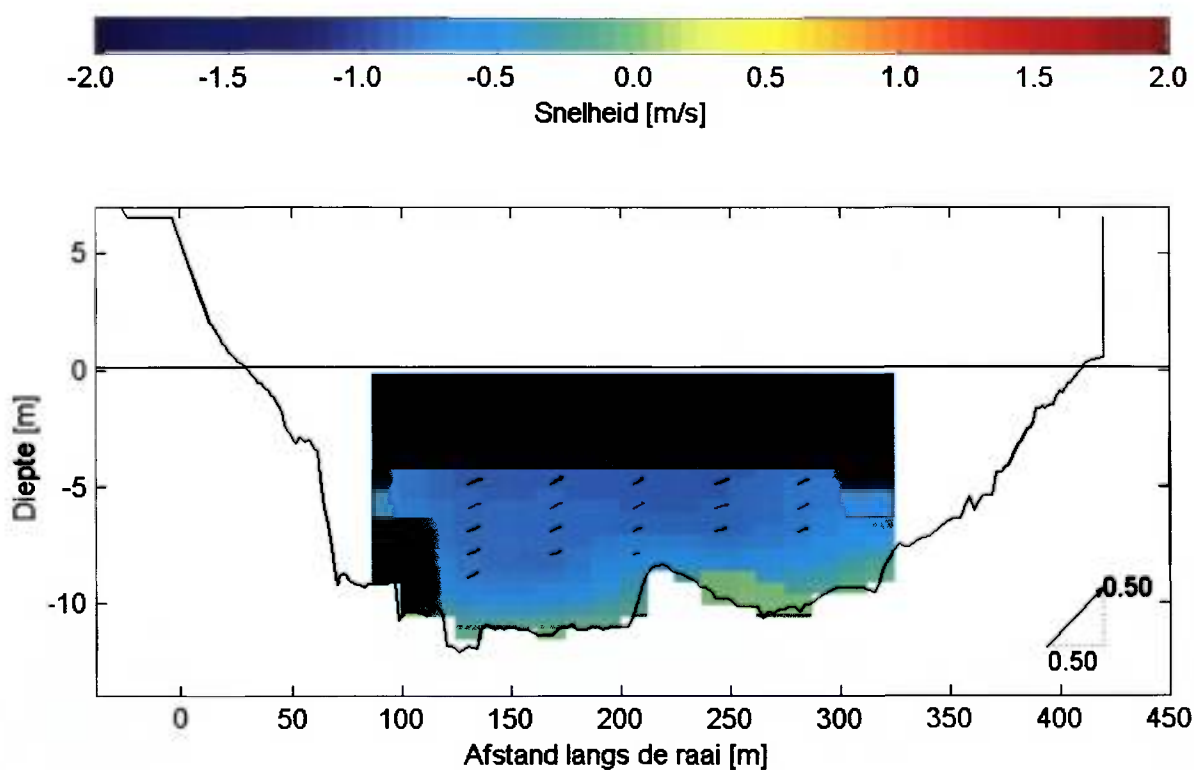
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 6h20 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



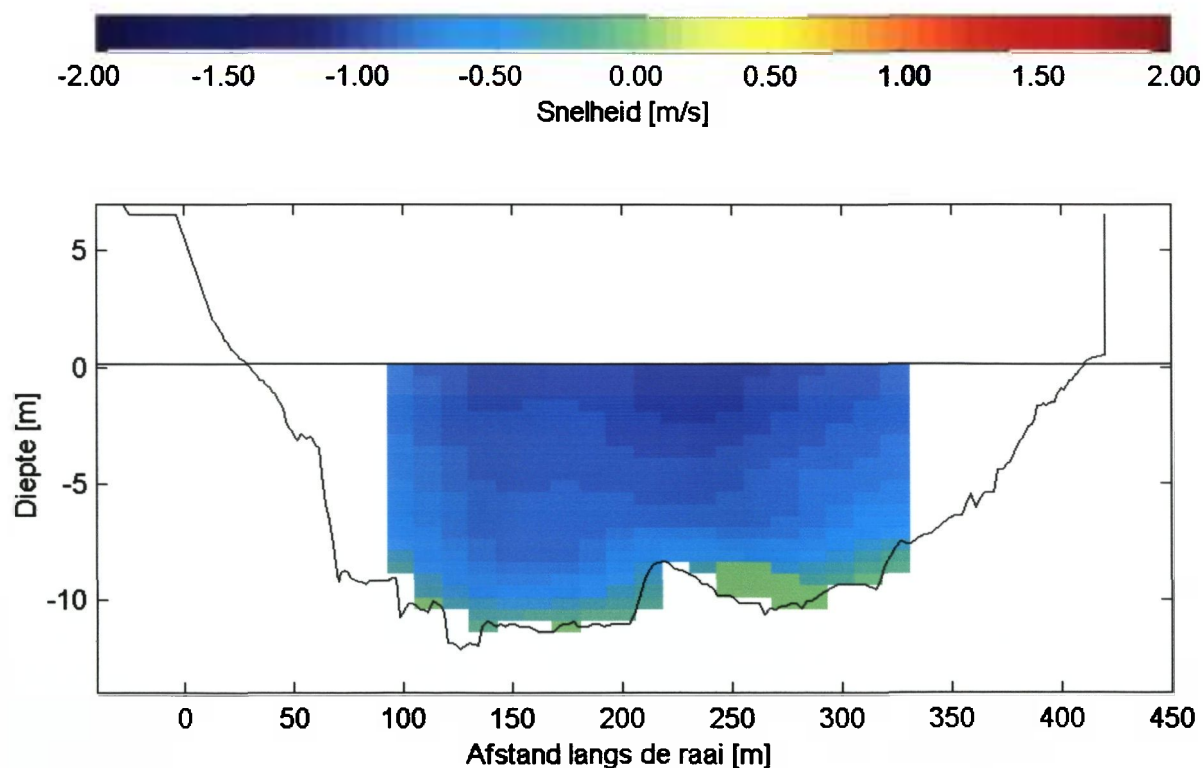
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 6h20 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



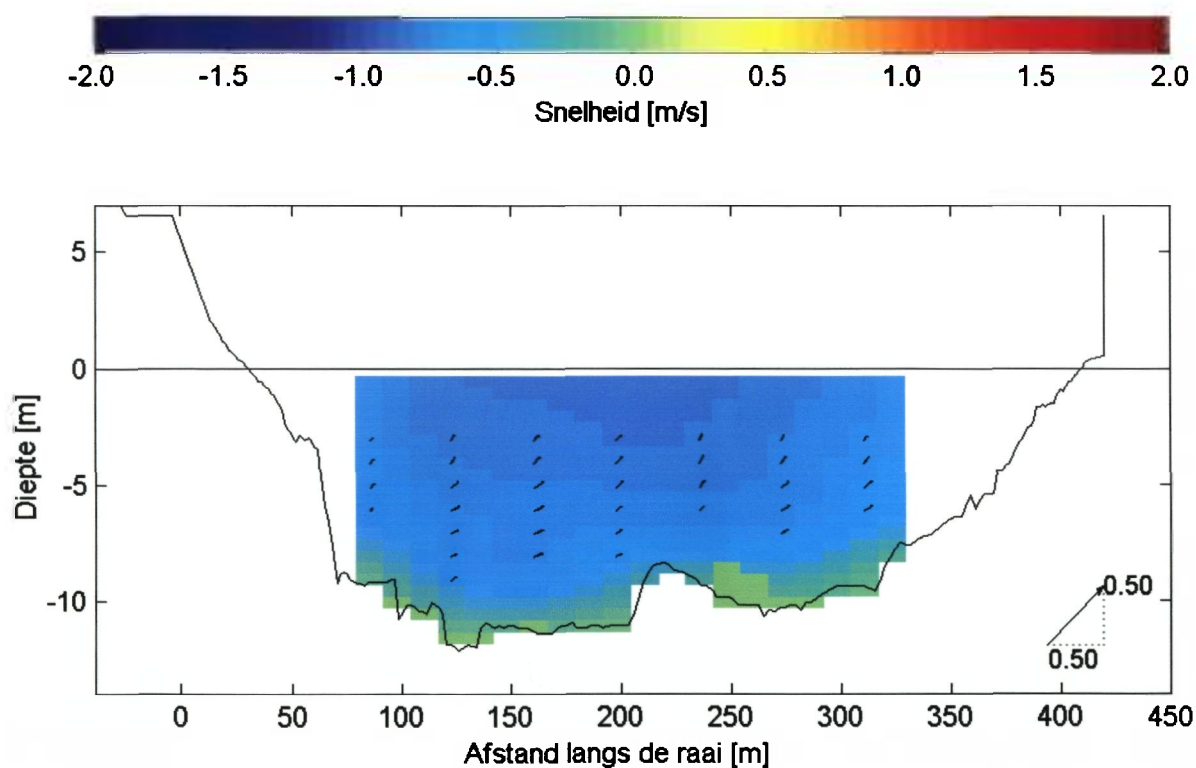
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -5h35 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



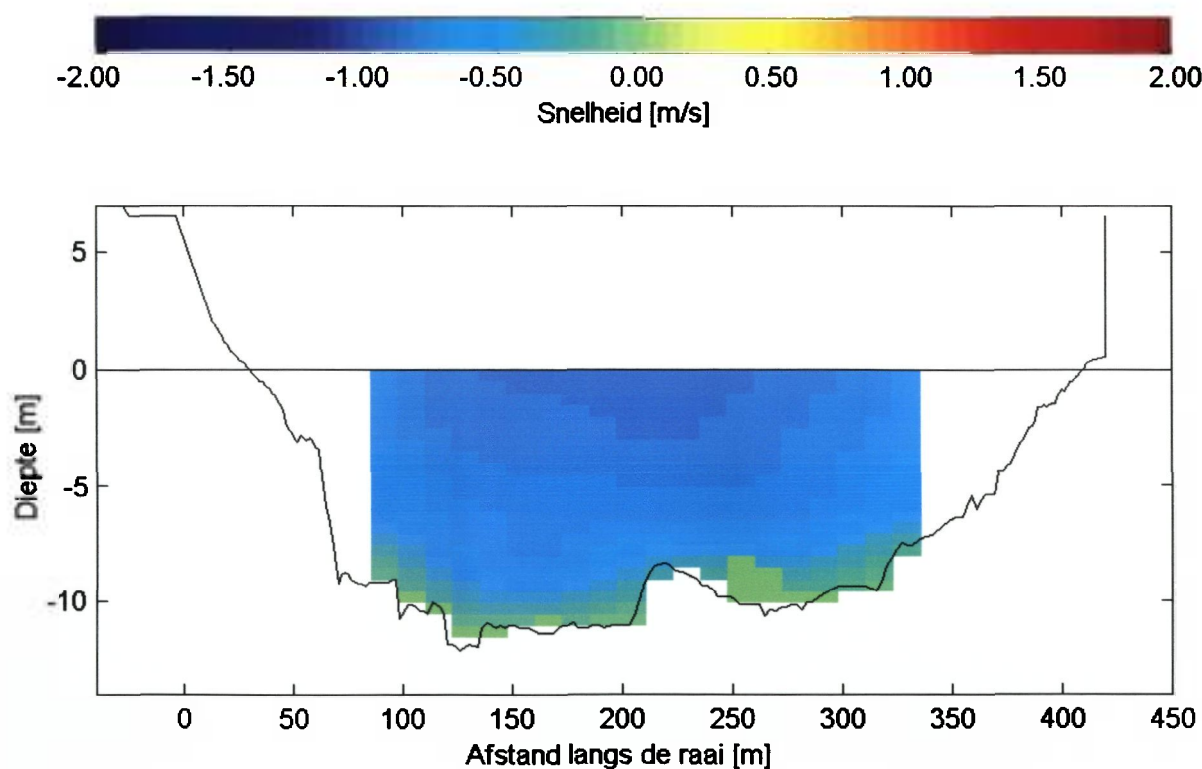
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -5h35 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



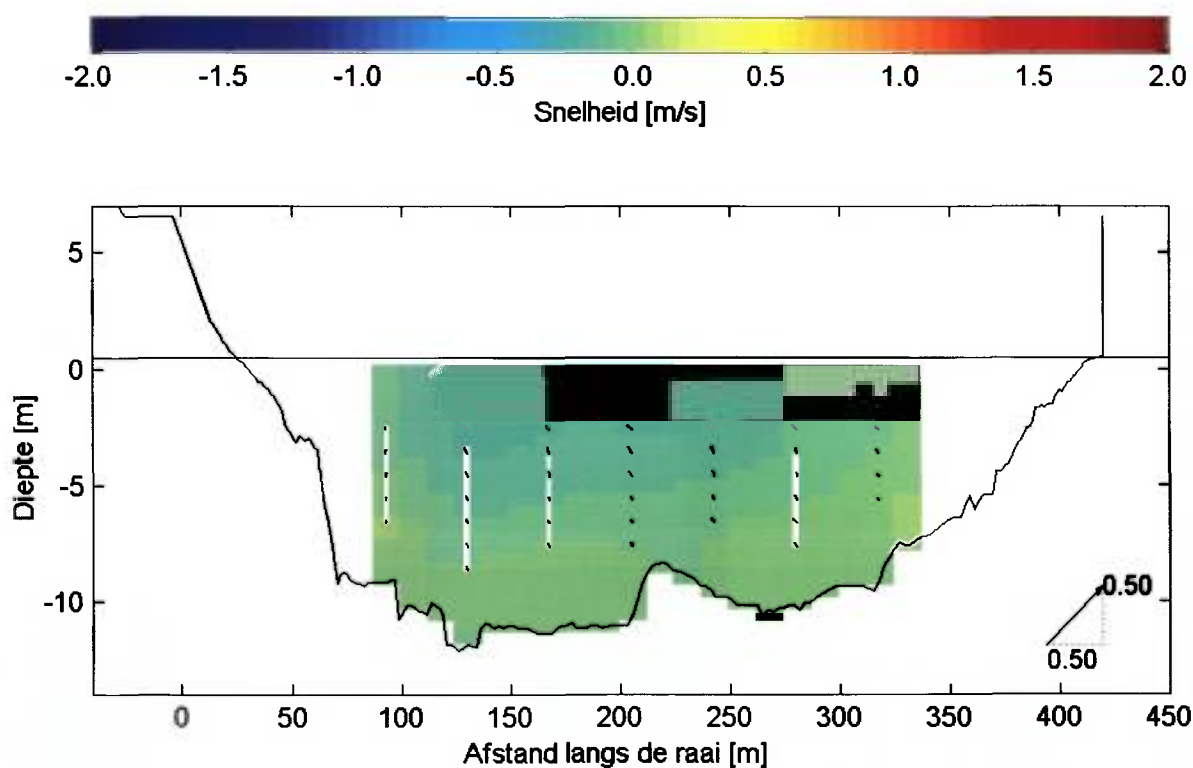
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -5h06 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



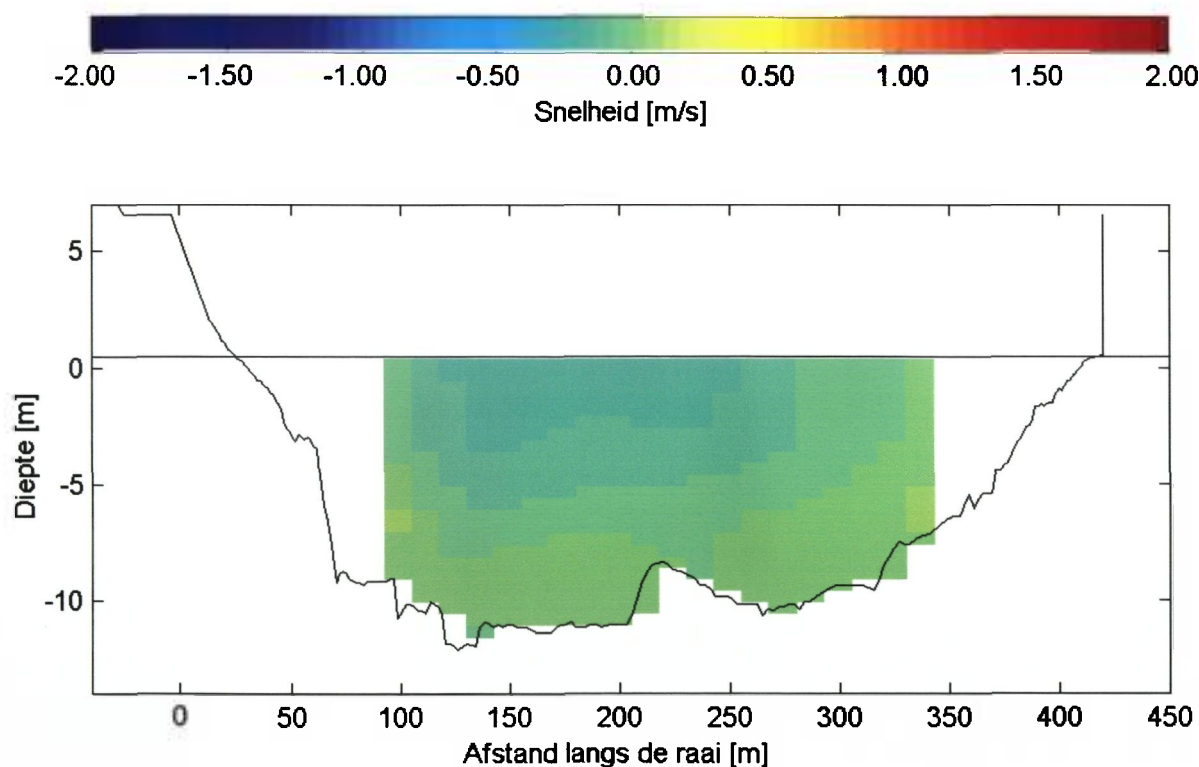
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -5h06 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



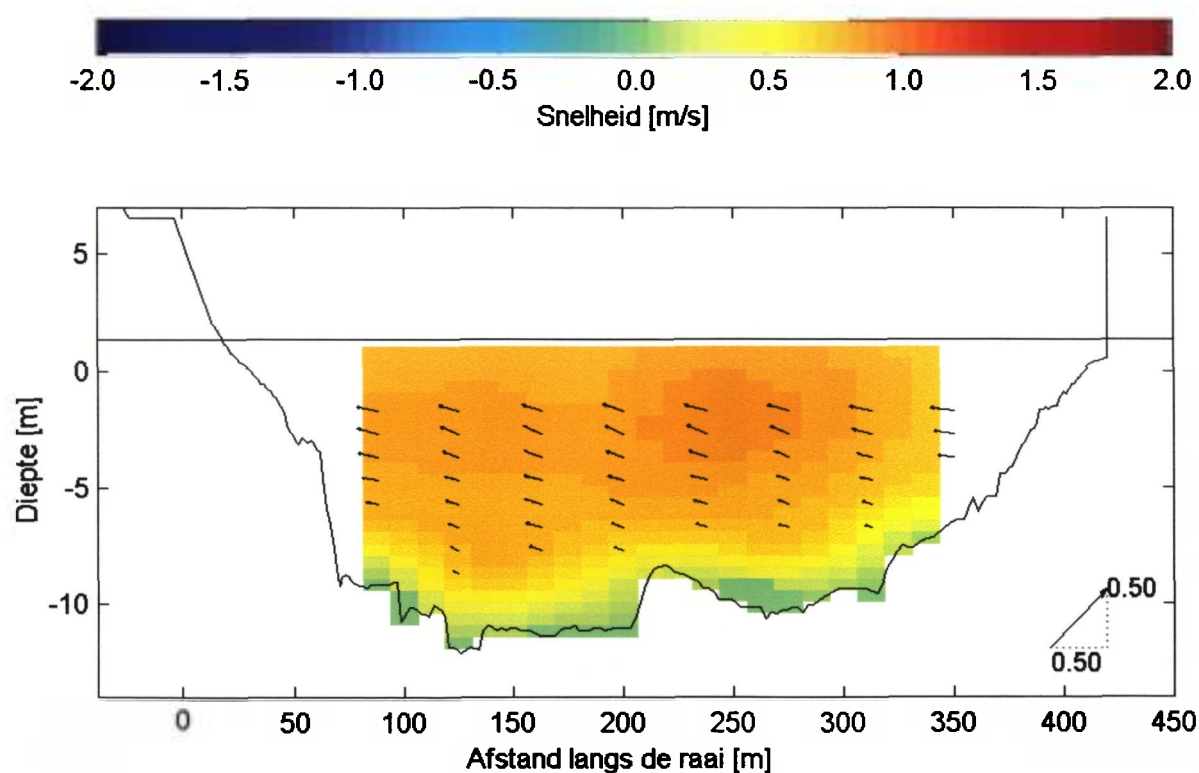
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -4h25 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



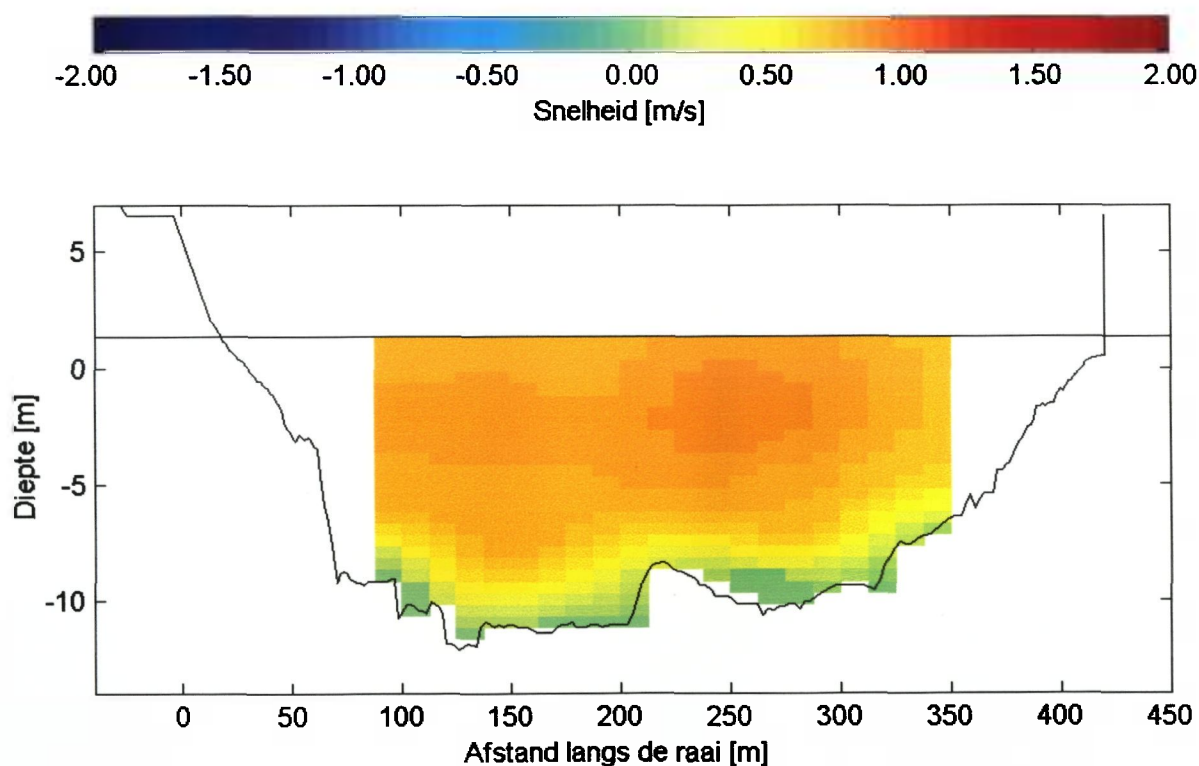
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -4h25 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



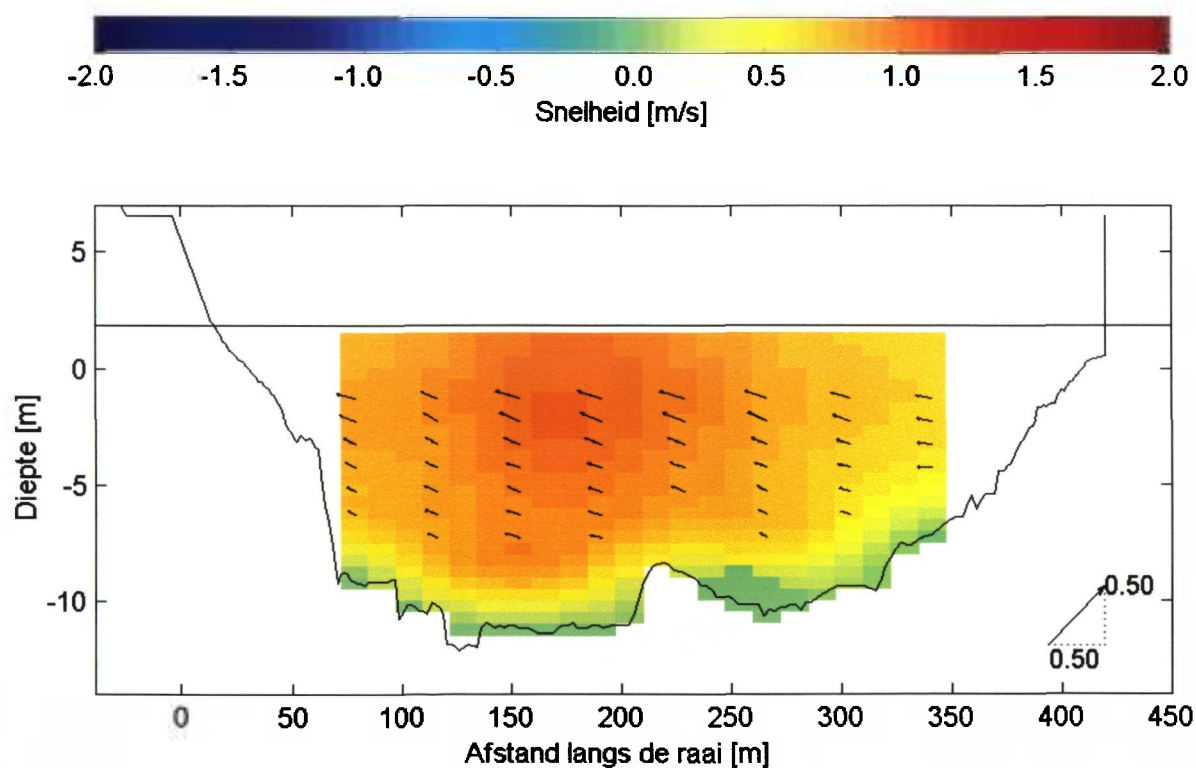
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -3h56 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



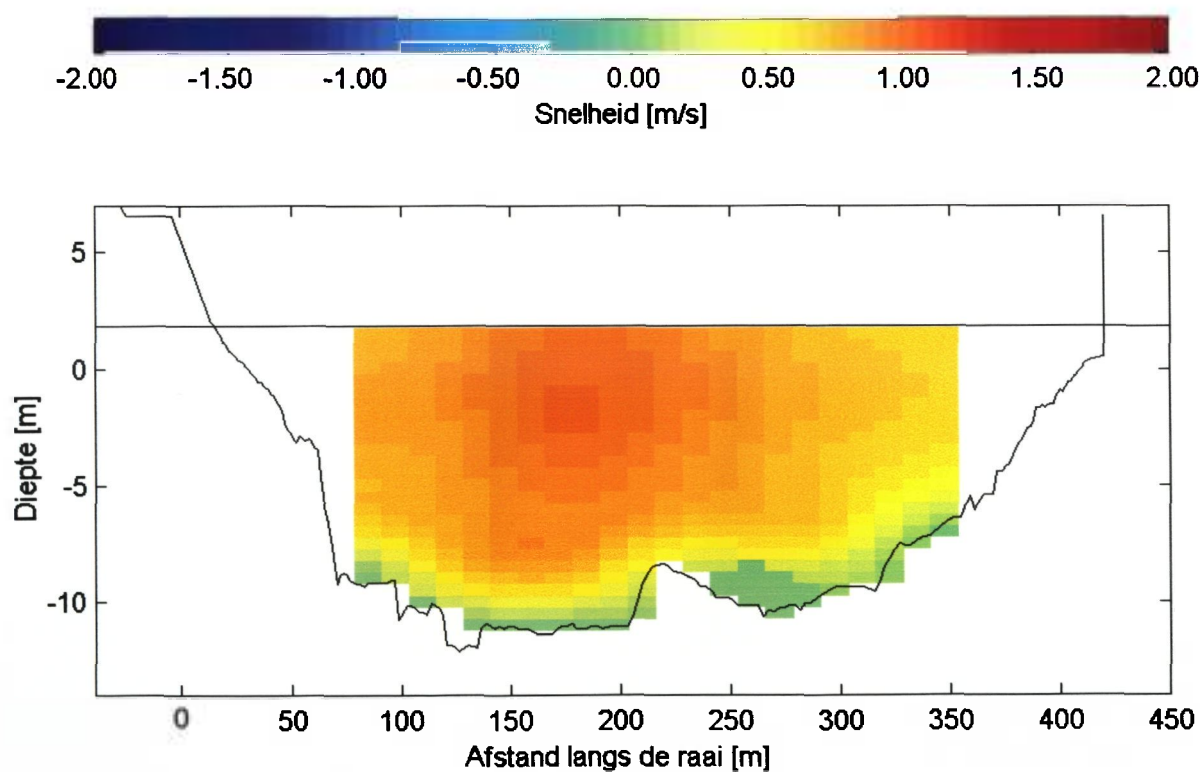
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -3h56 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



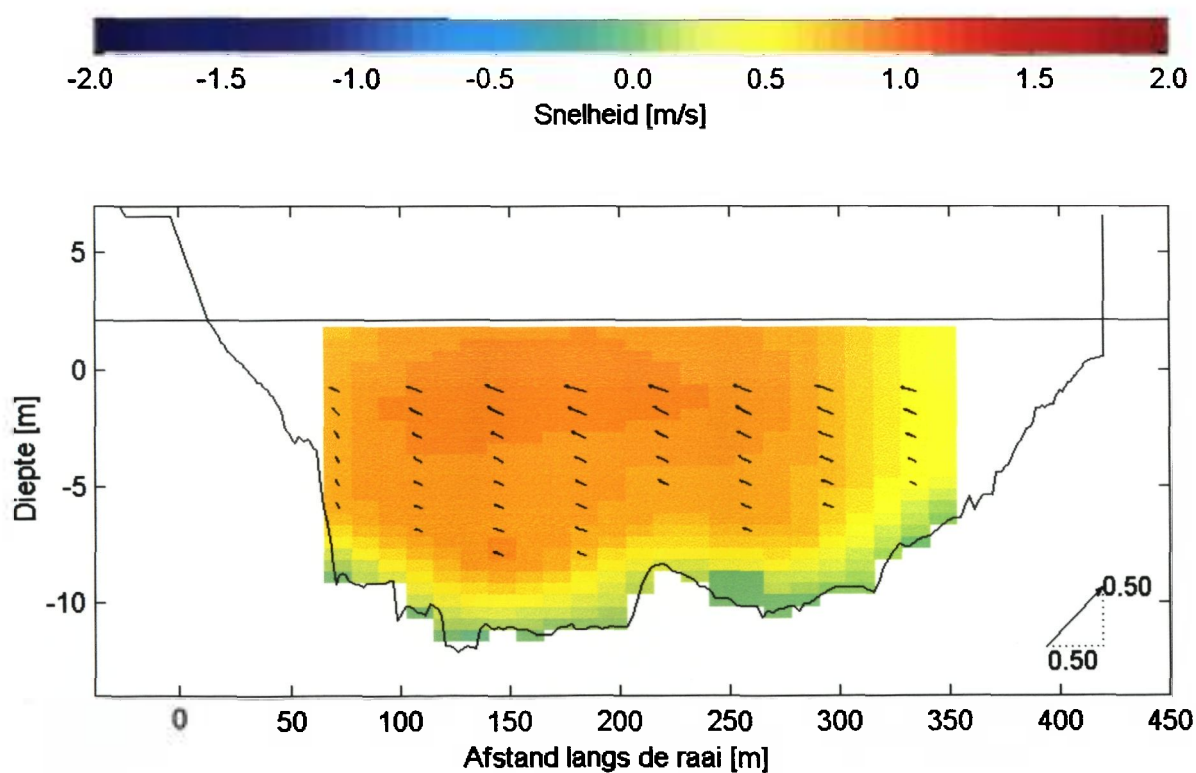
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -3h35 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



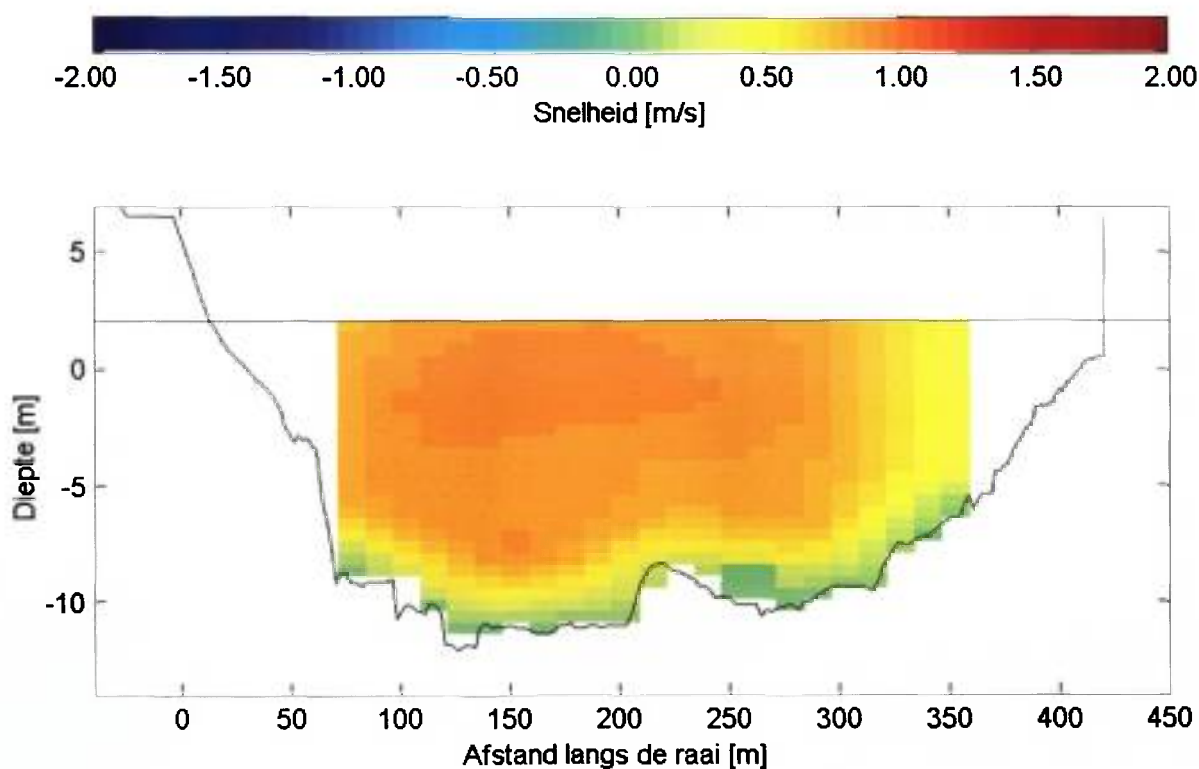
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -3h35 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



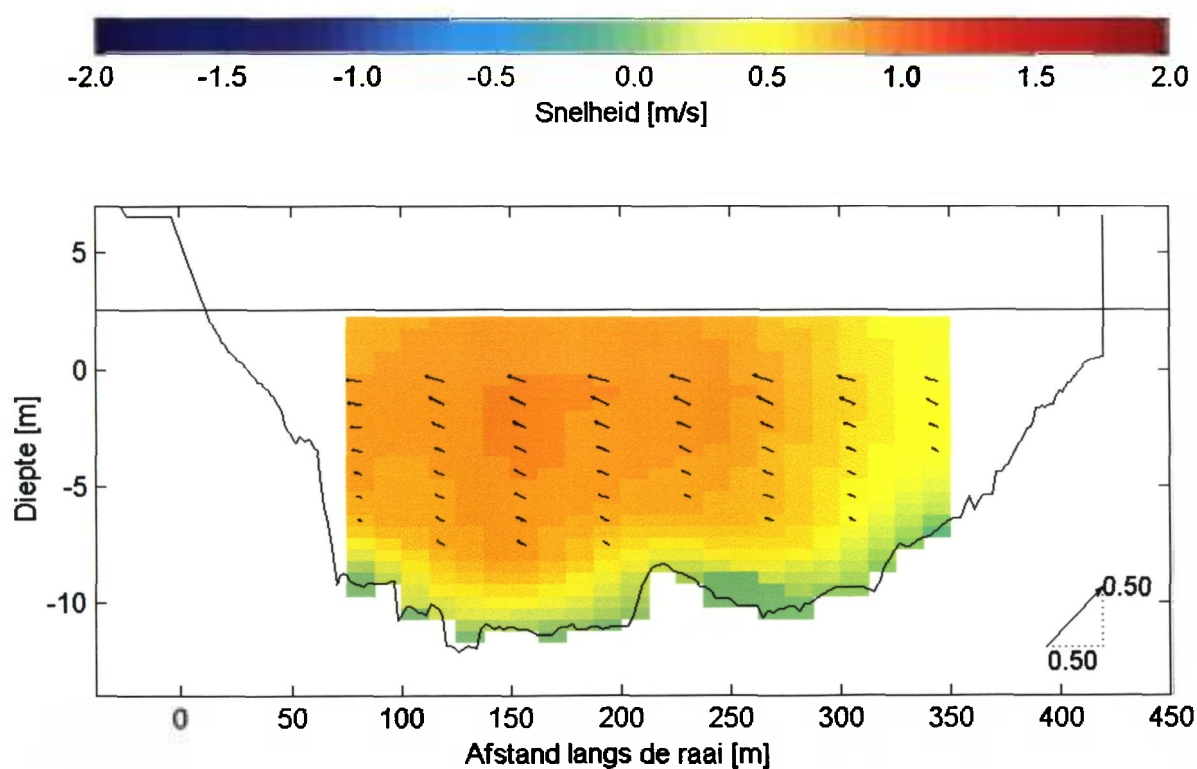
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -3h04 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



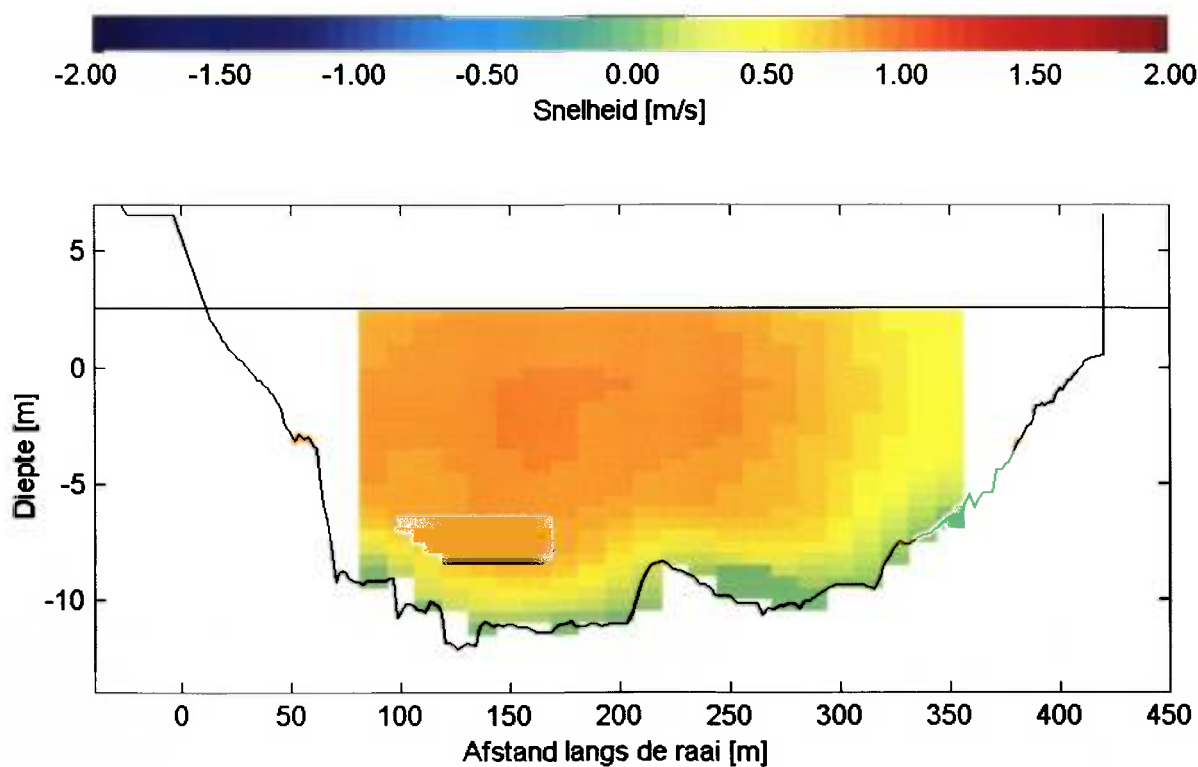
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -3h04 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



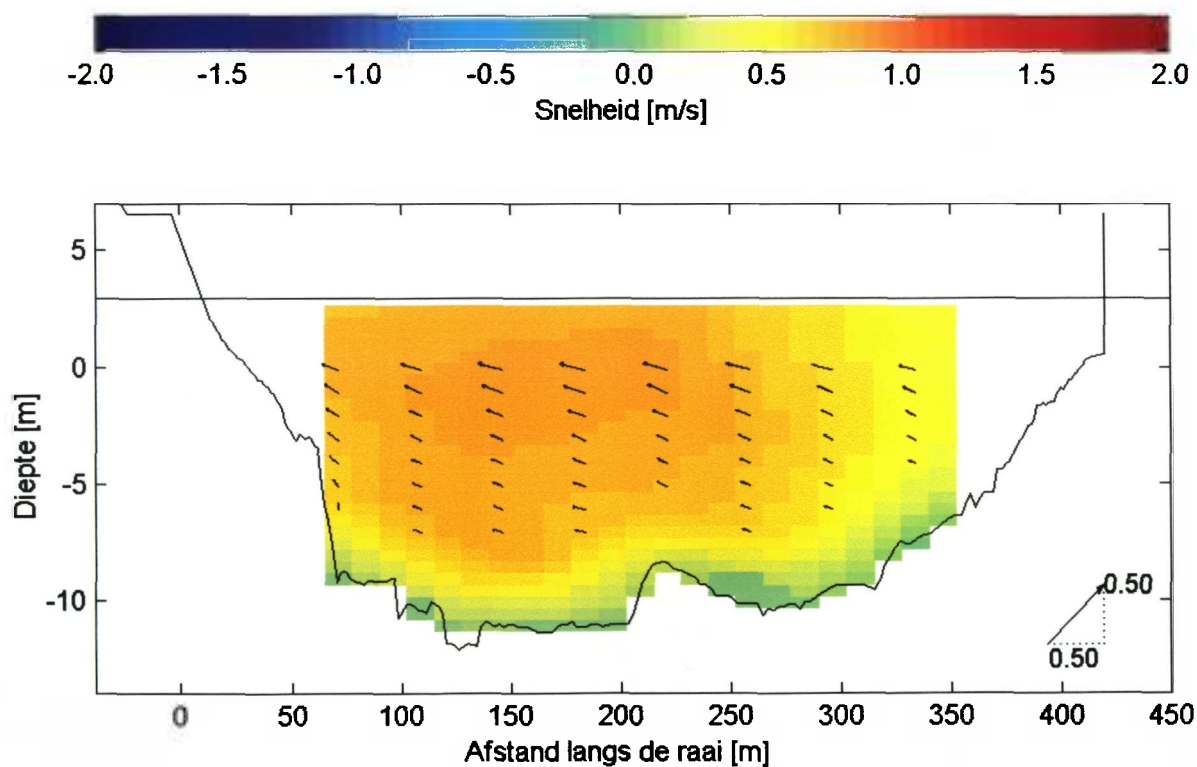
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -2h35 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



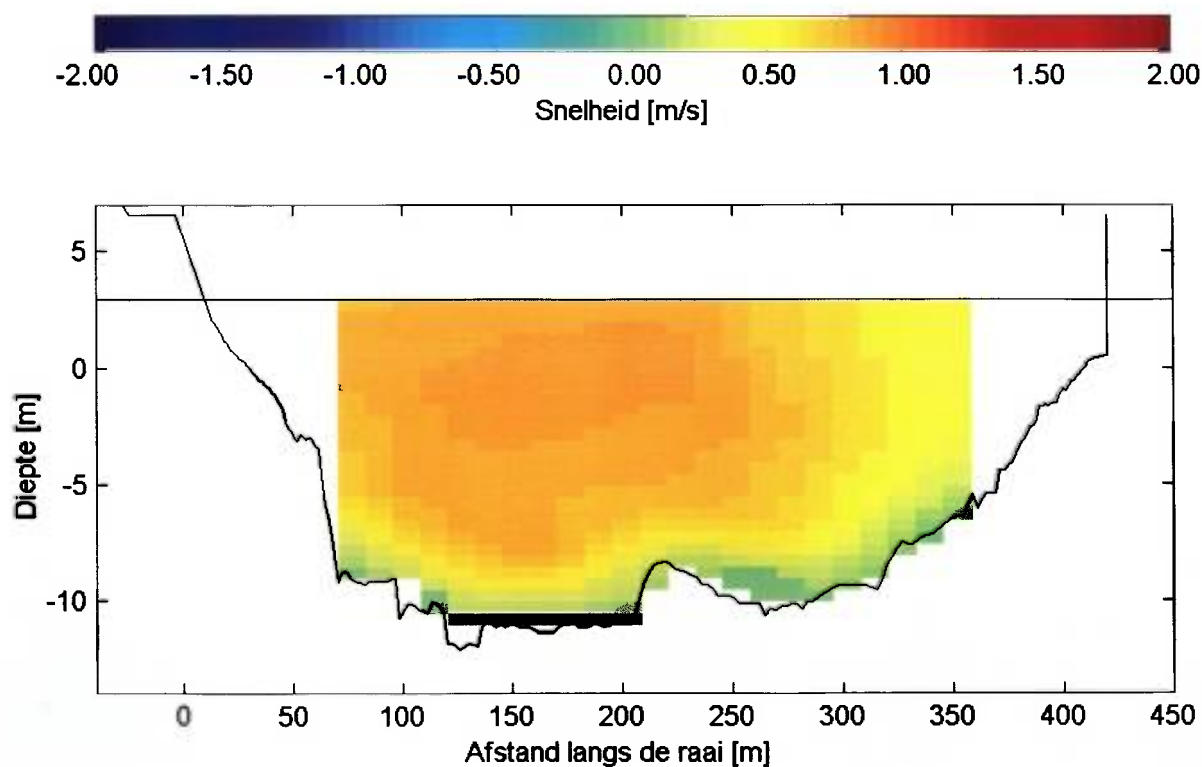
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -2h35 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



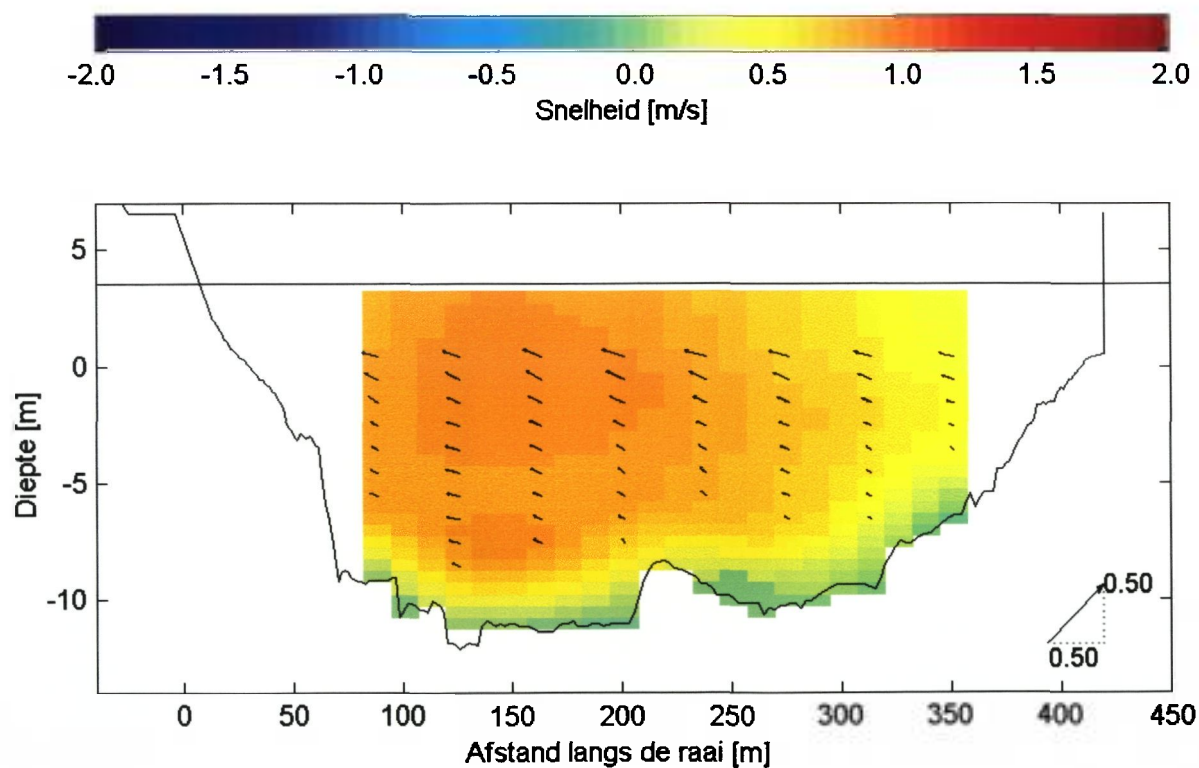
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -1h59 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



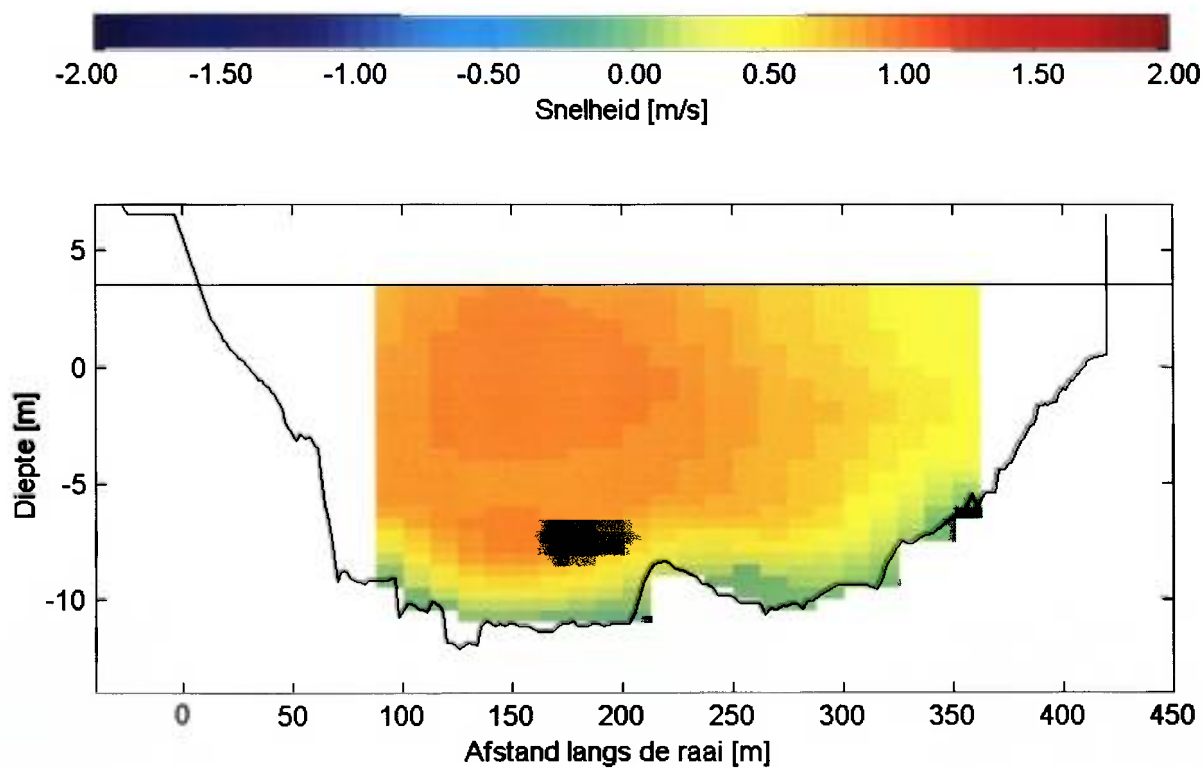
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -1h59 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



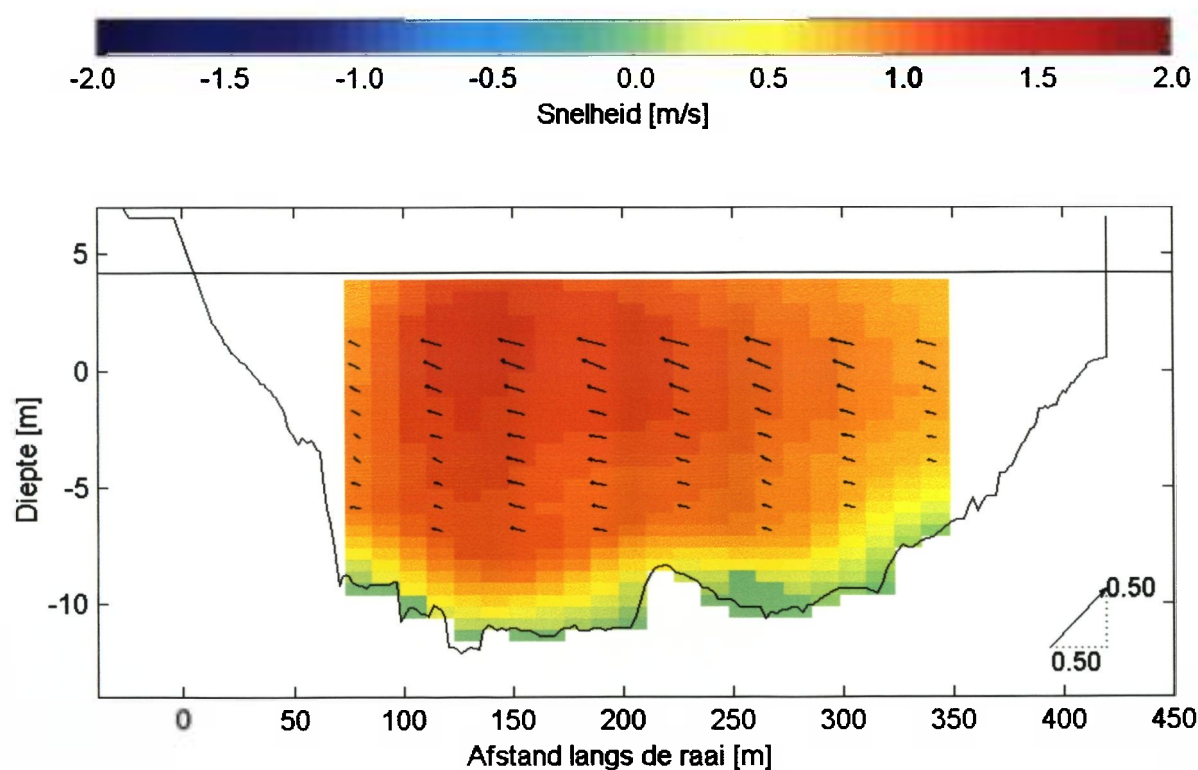
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -1h30 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



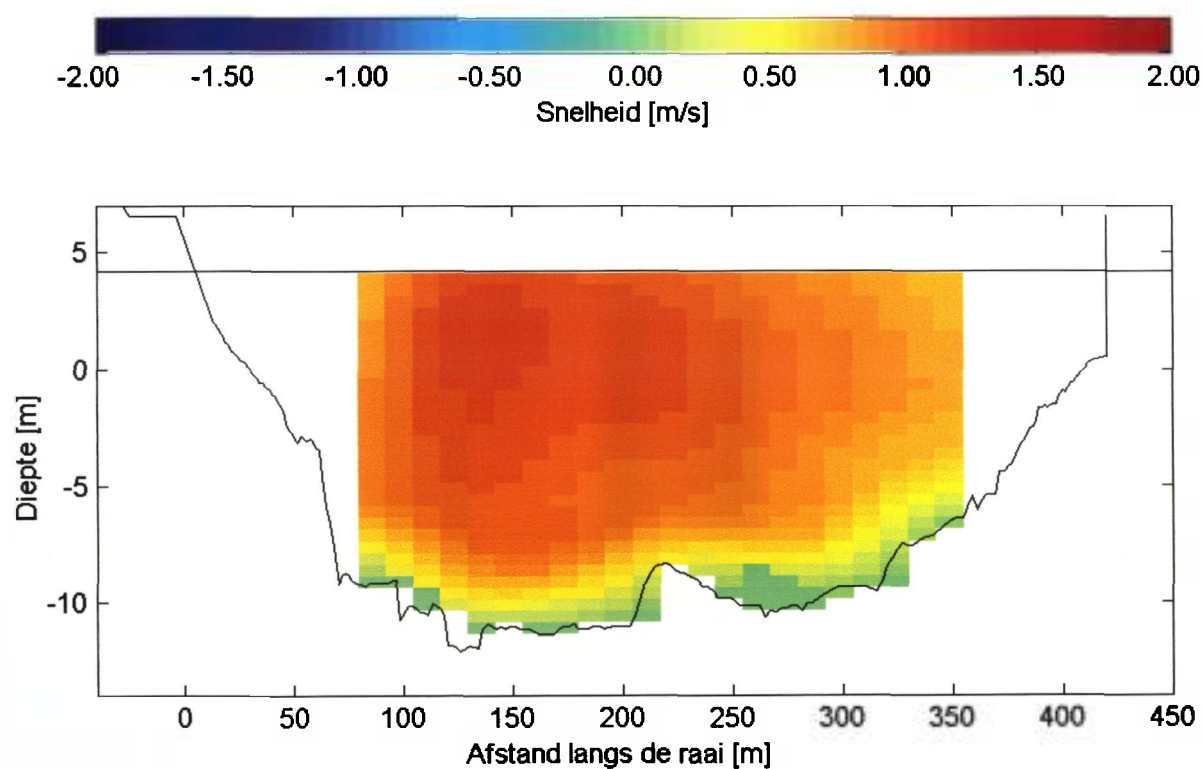
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -1h30 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



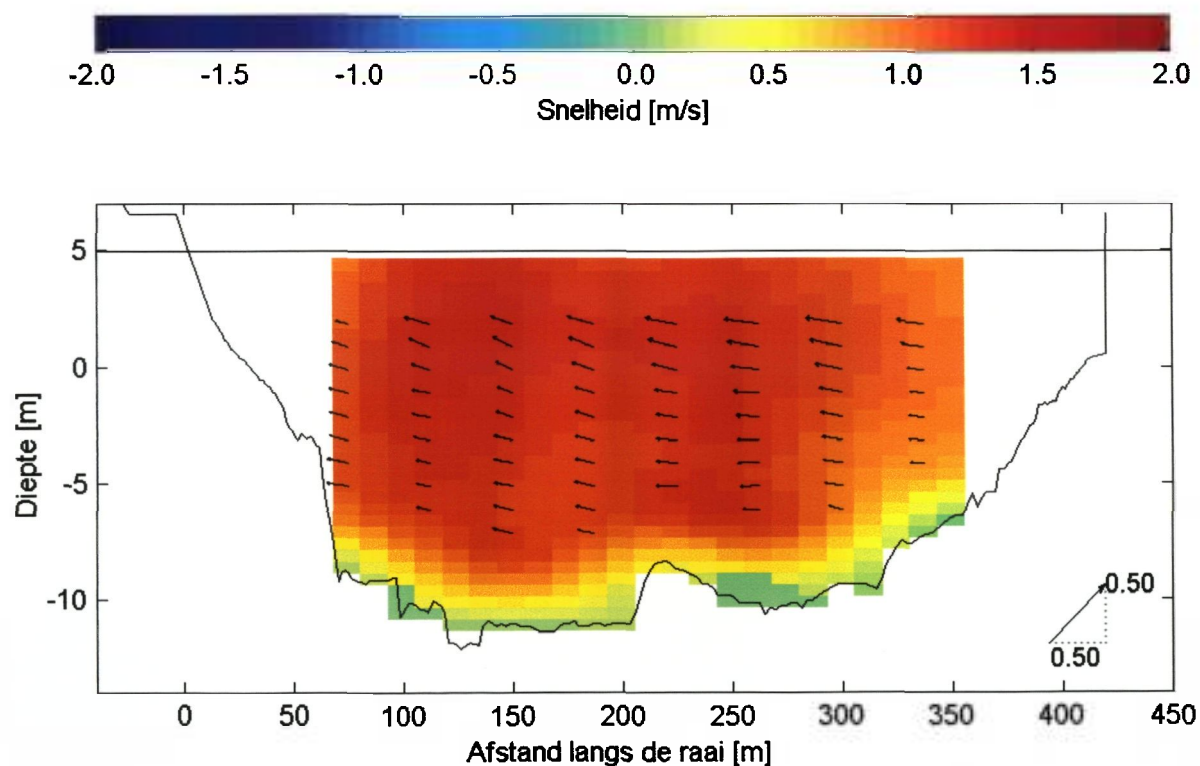
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -1h02 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



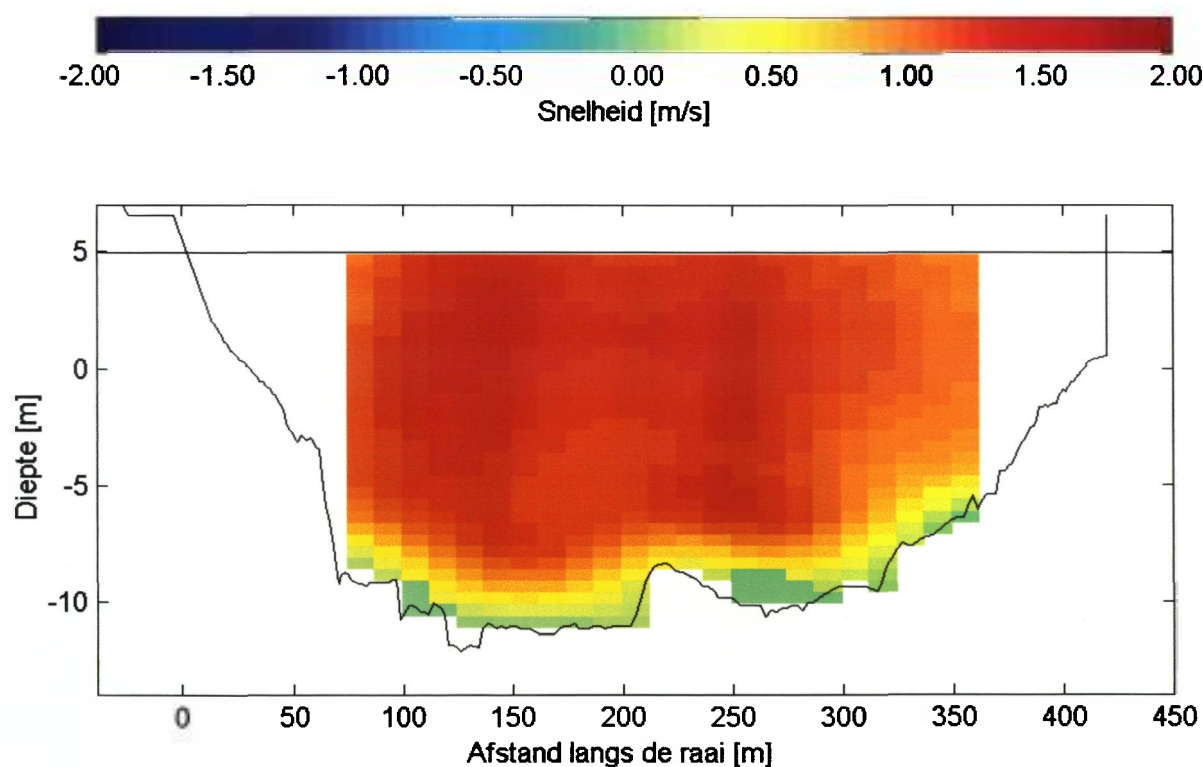
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -1h02 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



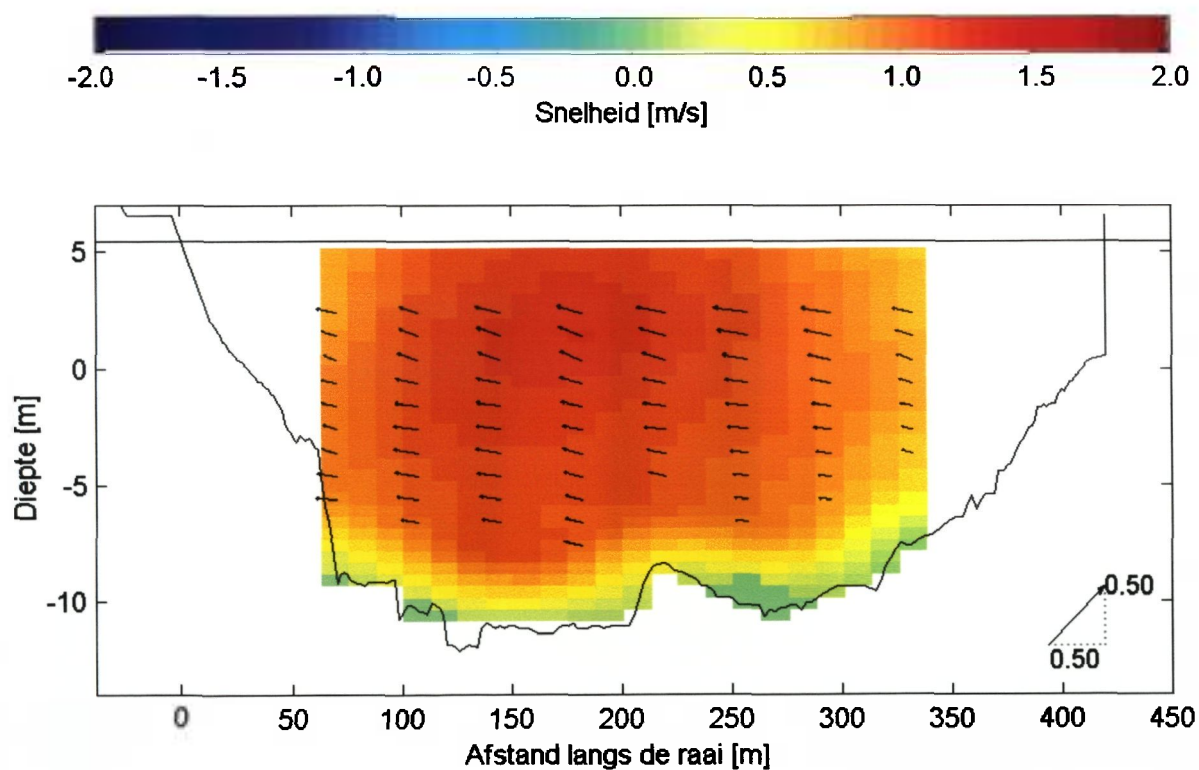
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -0h28 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



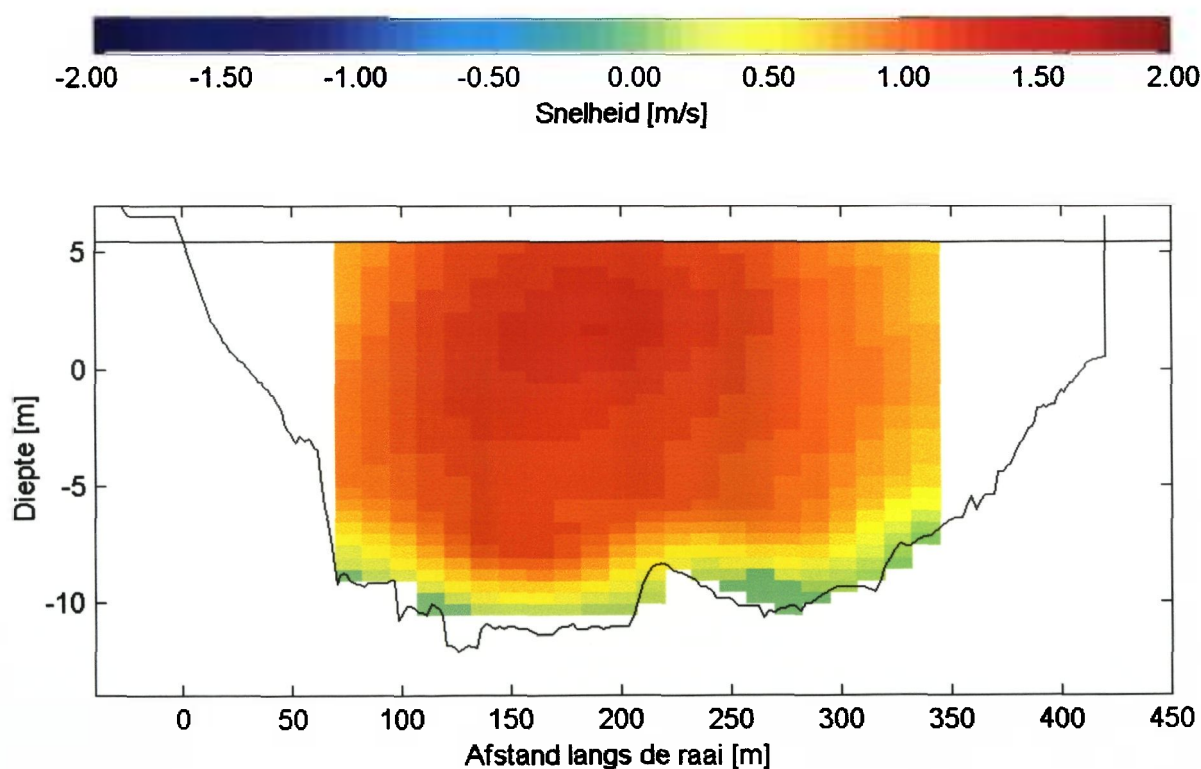
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: -0h28 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



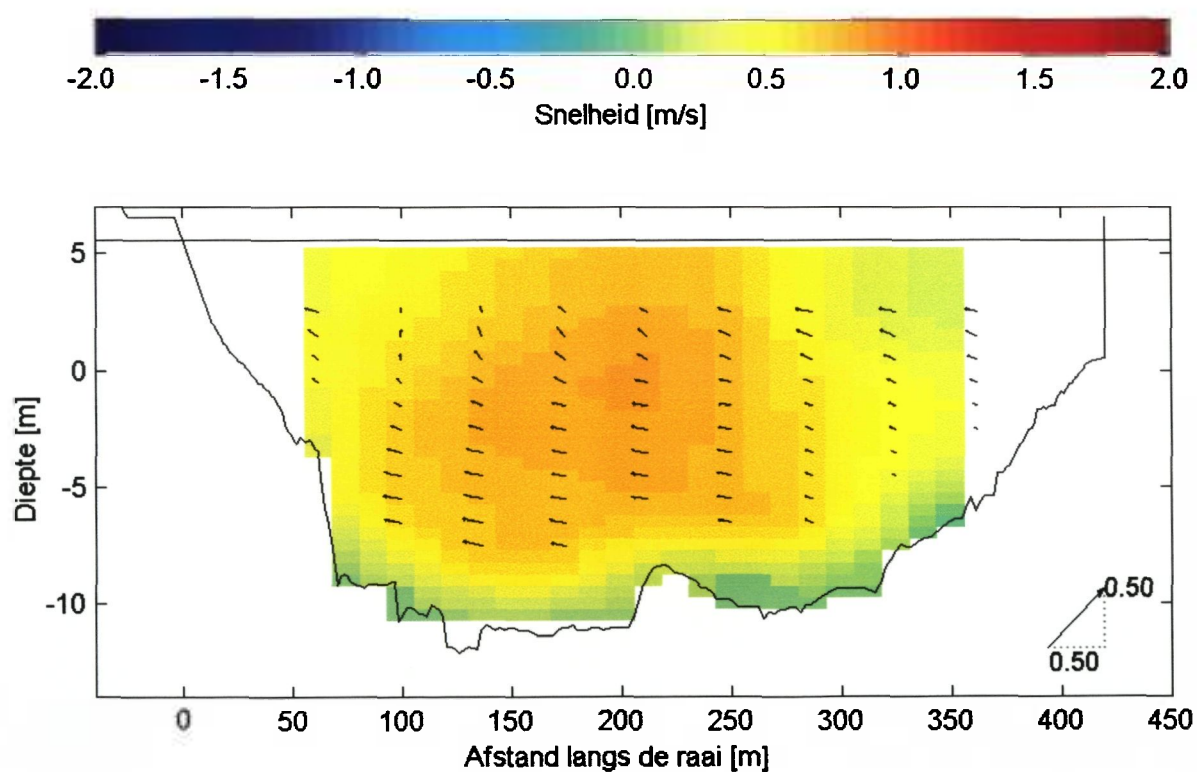
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 0h05 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



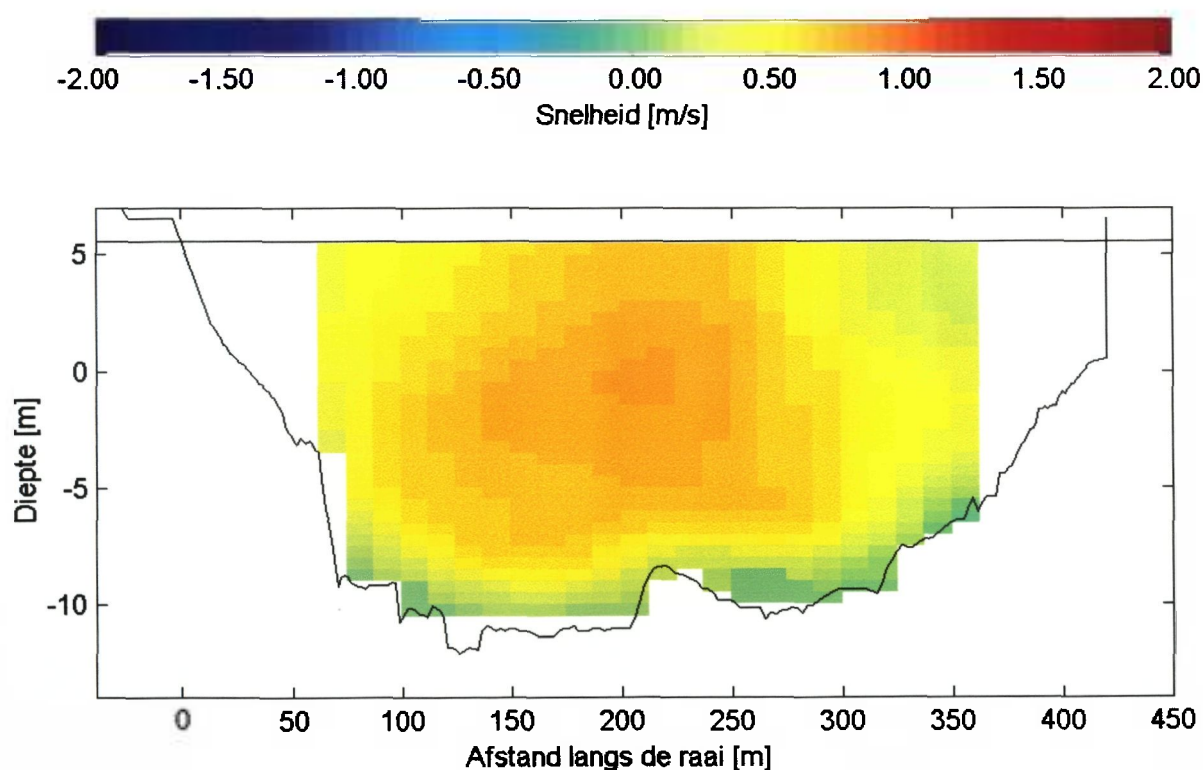
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 0h05 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



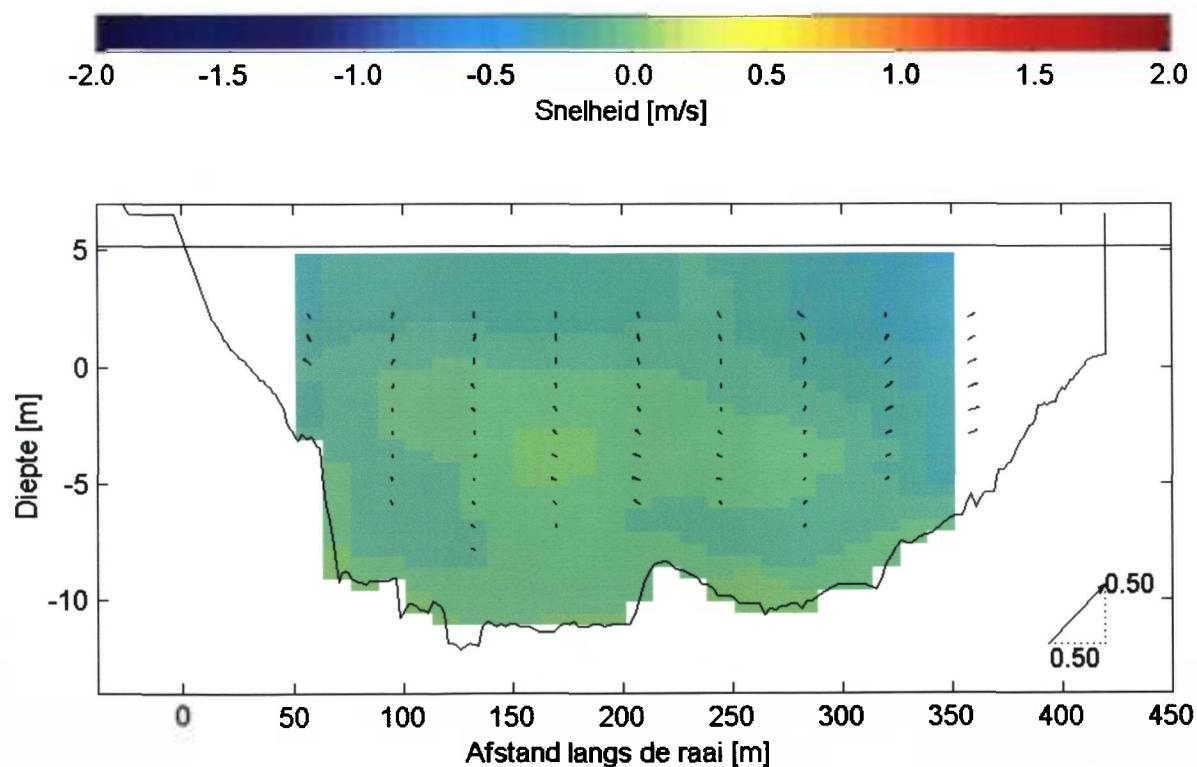
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 0h40 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



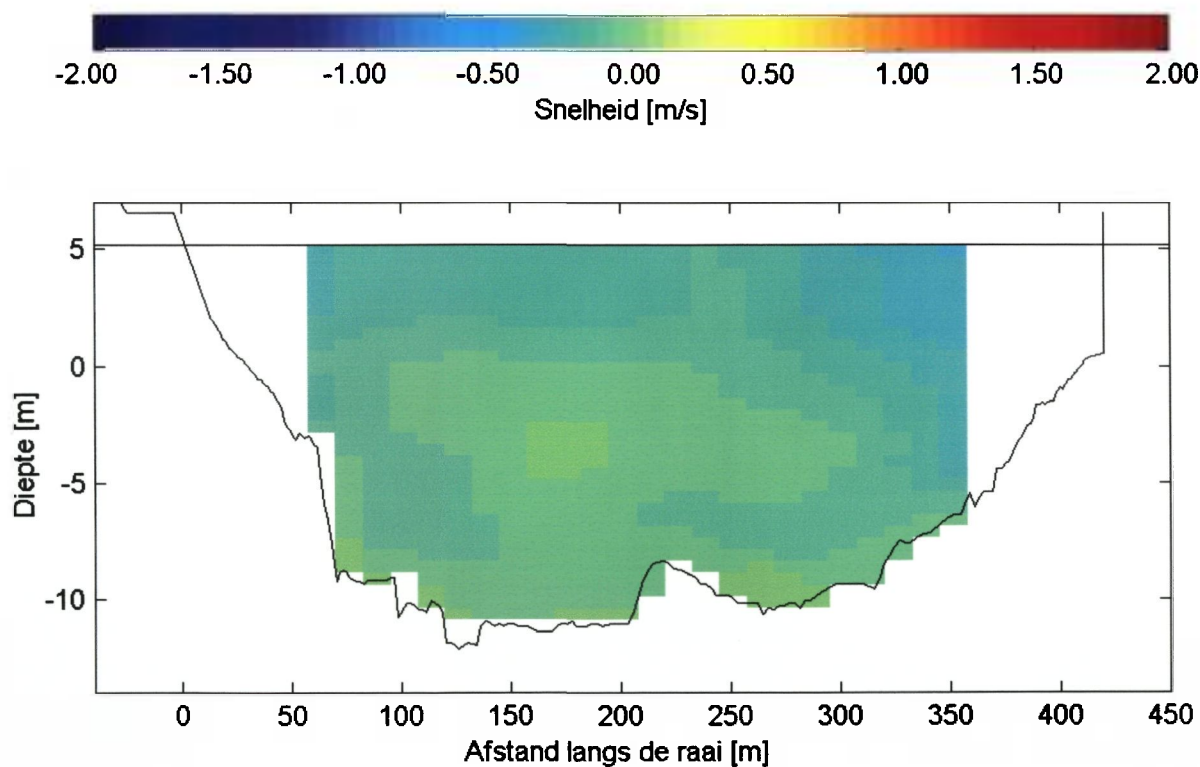
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 0h40 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



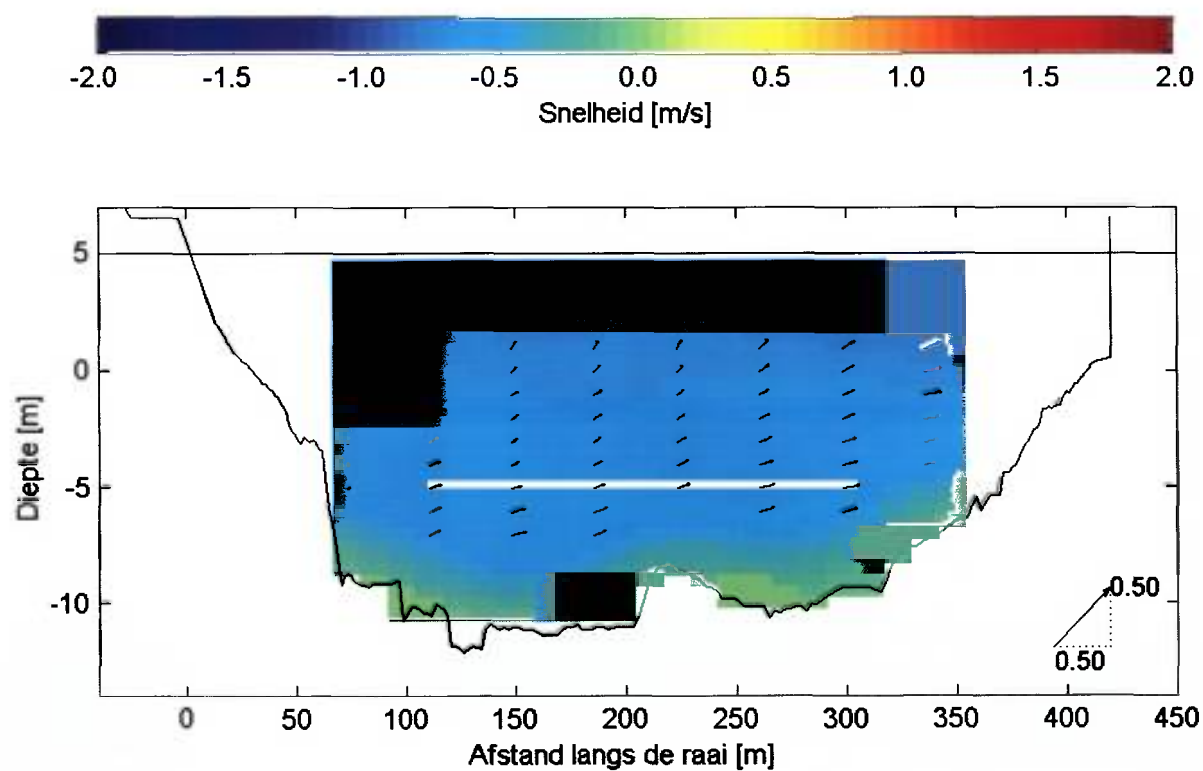
Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 1h05 t.o.v. HW

Globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)



Boven-Zeeschelde - Omgeving veer Hoboken - Kruibeke

A.D.C.P. - stroommeting 20 mei 1999

Meetraai: Kruibeke

Meettijdstip: 1h05 t.o.v. HW

Horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)

