



departement
Mobiliteit en
Openbare Werken

Vlottermetingen CDW Deurganckdok

T1 - SEPTEMBER 2011



816_03

WL Rapporten

Vlottermetingen CDW Deurganckdok

T1 - september 2011

Plancke, Y.; Vanlede, J.; Mostaert, F.

Januari 2012

WL2012R816_03_2rev3_0

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.; Vanlede, J.; Mostaert, F. (2012). Vlottermetingen CDW Deurganckdok: T1 - september 2011. Versie 3.0. WL Rapporten, 816_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.watlab.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	Vlottermetingen CDW Deurganckdok: T1 - september 2011		
Opdrachtgever:	MOW - afdeling Maritieme Toegang	Ref.:	WL2012R816_03_2rev3_0
Keywords (3-5):	Vlottermetingen, Deurganckdok, CDW, T1		
Tekst (p.):	16	Tabellen (p.):	/
Bijlagen (p.):	7	Figuren (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever
	<input checked="" type="checkbox"/> Nee		<input type="checkbox"/> Intern
			<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
	Vrijgegeven vanaf		<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar

Goedkeuring

Auteur Ir. Yves Plancke	Revisor Ir. Joris Vanlede	Projectleider Ir. Yves Plancke	Afdelingshoofd Dr. Frank Mostaert
----------------------------	------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur
1_0	15/12/2011	Conceptversie	Plancke, Y.
1_1	23/12/2011	Inhoudelijke revisie	Vanlede, J.
2_0	03/01/2012	Finale conceptversie	Plancke, Y.
2_1	04/01/2012	Revisie opdrachtgever	Roose, F.
3_0	16/01/2012	Definitieve versie	Plancke, Y.

Abstract

In de afgelopen jaren werd onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid en de efficiëntie van een Current Deflecting Wall (CDW) voor het Deurganckdok. Het bouwen van een CDW kan leiden tot een reductie van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden. Op basis van dit haalbaarheidsonderzoek heeft de afdeling Maritieme Toegang beslist over te gaan tot de bouw van een CDW. In 2009 werd met de bouw van start gegaan, terwijl in augustus 2011 te werken afgerond werden.

De invloed van de CDW wordt bestudeerd op enerzijds de aanslibbingen in het Deurganckdok en anderzijds de stromingen in de omgeving van het Deurganckdok.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de GPS-vlottermetingen die uitgevoerd werden in september 2011. Tevens wordt in dit rapport een analyse uitgevoerd van de wijzigingen in stroompatronen ten opzichte van de referentietoestand (april 2009), vóór de bouw van de CDW.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	I
Lijst van de tabellen	II
Lijst van de figuren	III
1 Inleiding	1
2 Beschrijving GPS-vlottermeettechniek	3
2.1 Vlotters	3
2.2 Global Positioning System (GPS)	4
2.3 Metingen	4
2.4 Verwerking	5
3 Resultaten	6
3.1 Getijcondities	6
3.2 Wind	8
3.3 Stroming	9
3.4 Saliniteit	9
3.5 Vlottermetingen	11
4 Bespreking	13
5 Analyse van de stroompatronen ten opzichte van T0	14
6 Conclusie en aanbevelingen	15
6.1 Conclusies	15
6.2 Aanbevelingen	15
7 Referentielijst	16
Bijlage A: Resultaten vlottermetingen	B1

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht getij te Liefkenshoek	7
Tabel 2 – Overzicht wind te Zandvliet	8
Tabel 3 – Karakteristieke waarden saliniteit te Boei 84 en Deurganckdok – DP World.....	10

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Luchtfoto van het studiegebied (<i>bron: Google Earth</i>)	1
Figuur 2 – Onderdelen GPS vlotter: boei (links), kruisvormig paneel (midden), GPS-toestel (rechts).....	3
Figuur 3 – Overzicht studiegebied (zwart)	6
Figuur 4 – Getij te Liefkenshoek op 26 (blauw) en 27 (rood) september 2011 tijdens de vlottermetingen ...	7
Figuur 5 – Wind te Zandvliet op 26 (blauw) en 27 (rood) september 2011 tijdens de vlottermetingen	8
Figuur 6 – Overzicht stroomsnelheid (-) en –richting (--) te Boei 84 (26 (blauw) en 27 (rood) september 2011)	9
Figuur 7 – Overzicht conductiviteit te Boei 84 op beide meetdagen	10
Figuur 8 – Overzicht meetperiodes van de vlottermetingen 26/09/2011 – oppervlakte (blauw) – diepte (rood).....	11
Figuur 9 – Overzicht meetperiodes van de vlottermetingen 27/09/2011 – oppervlakte (blauw) – diepte (rood).....	12
Figuur A10 – Vlotterbanen 26 en 27 september 2011 – diep (paars) en ondiep (oranje).....	B1
Figuur A11 – Stroombanen en snelheids grootte (in m/s) voor beide meetdagen: HW – 5u (links) en HW – 4u (rechts).....	B2
Figuur A12 – Stroombanen en snelheids grootte (in m/s) voor beide meetdagen: HW – 3u (links) en HW – 2u (rechts).....	B3
Figuur A13 – Stroombanen en snelheids grootte (in m/s) voor beide meetdagen: HW – 1u (links) en HW (rechts).....	B4
Figuur A14 – Stroombanen en snelheids grootte (in m/s) voor beide meetdagen: HW + 1u (links) en HW + 2u (rechts).....	B5
Figuur A15 – Vergelijking stroombanen T0 (2009) – T1 (2011): HW - 3u (links) en HW - 2u (rechts).....	B6
Figuur A16 – Vergelijking stroombanen T0 (2009) – T1 (2011): HW - 1u.....	B7

1 Inleiding

In de afgelopen jaren werd door externe partijen onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid en de efficiëntie van een Current Deflecting Wall (CDW) voor het Deurganckdok (Van Kessel et al., 2003; Bijlsma et al., 2004; van Maren, 2006) (Figuur 1). Het bouwen van een CDW kan leiden tot een reductie van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden. Op basis van dit haalbaarheidsonderzoek heeft de afdeling Maritieme Toegang beslist over te gaan tot de bouw van een CDW. In 2009 werd met de bouw van start gegaan en de werken werden beëindigd in augustus 2011.

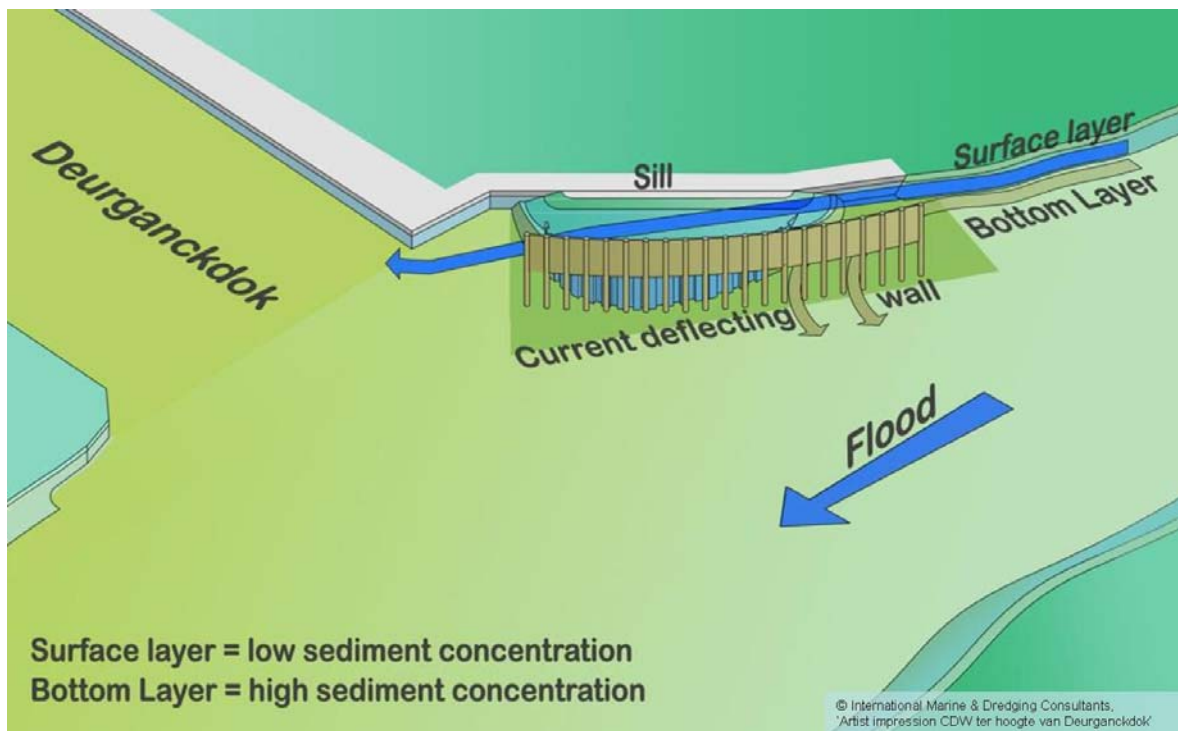


Figuur 1 – Luchtfoto van het studiegebied (bron: Google Earth)

De CDW bestaat uit 2 fundamentele onderdelen: enerzijds een drempel ("Sill", tot ca. -8m TAW) die de stroming nabij de bodem weggeleid van de ingang van het Deurganckdok, anderzijds een geleidingswand ("Current deflecting wall") boven de drempel, waardoor de bovenste waterlagen naar het Deurganckdok afgebogen worden (zie Figuur 2).

De CDW beoogt door een wijziging van de stroming de aanslibbingen in het Deurganckdok te reduceren. Dit rapport beschrijft de stroompatronen na de bouw van de CDW en maakt een vergelijking met de referentietoestand [Plancke *et al.*, 2009]. Het effect op de aanslibbingen wordt in een parallelle studie geanalyseerd.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de gebruikte meettechniek. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de meetcampagne gepresenteerd. Hoofdstuk 4 bespreekt de resultaten van de uitgevoerde metingen. In hoofdstuk 5 wordt een analyse uitgevoerd van de wijzigingen in de stroompatronen ten gevolge van de bouw van de CDW. Hoofdstuk 6 formuleert de conclusies en geeft een aantal aanbevelingen.



Figuur 2 – Conceptuele schets werking CDW

2 Beschrijving GPS-vlottermeettechniek

Het principe om stroompatronen op te meten is gebaseerd op het gebruik van vlotters in combinatie met GPS-toestellen. De vlotters, bestaande uit een drijvende boei en een in diepte verstelbaar paneel (de aandrijvende kracht van de vlotter), worden door de stroming meegevoerd. Een GPS-toestel met interne dataopslag maakt het mogelijk om met een bepaalde frequentie de positie van de vlotter op te slaan. Op deze manier kan een beeld verkregen worden van het Lagrangiaans stromingspatroon. Hieronder wordt verder ingegaan op de diverse onderdelen van de vlotter. Daarnaast wordt de GPS techniek beknopt beschreven.

2.1 Vlotters

De vlotters die gebruikt worden voor het opmeten van de stroompatronen bestaan uit volgende onderdelen (zie figuur 2):

- Drijvend element, "boei"
- Kruisvormig paneel
- Verbinding tussen de boei en het paneel
- GPS-toestel in waterdichte verpakking "aquapack"



Figuur 3 – Onderdelen GPS vlotter: boei (links), kruisvormig paneel (midden), GPS-toestel (rechts)

Het drijvende element bestaat uit een boei waaraan aan de bovenzijde het GPS-toestel kan bevestigd worden, terwijl aan de onderkant het paneel wordt bevestigd. De afmetingen van de boei zijn bepaald door enerzijds het drijfvermogen van de boei, anderzijds de eis dat de boei zo weinig mogelijk boven het wateroppervlak uitsteekt om de directe effecten van wind te beperken. De bolvormige boeien die bij deze meting zijn gebruikt hebben een diameter van ca. 35 cm.

De structuur waarop de stroming inwerkt, en zo de vlotter voortstuwt, zijn kruisvormige aluminium panelen. De afmetingen van dergelijk paneel zijn ca. 50 cm hoog en ca. 40 cm breed. Het paneel is verbonden met de boei door middel van een touw. De diepte van het paneel, en zo ook de diepte waarop de stroming inwerkt, kan eenvoudig worden aangepast door de lengte van het touw aan te passen. Voor deze metingen wordt gebruik gemaakt van zowel oppervlakte- als dieptevlotters.

De GPS-toestellen, die toelaten met een bepaalde frequentie de positie op te slaan, worden in een waterdichte verpakking (een zgn. "aquapack") aan de boei bevestigd.

2.2 Global Positioning System (GPS)

Bron: www.wikipedia.org

Een satelliet plaatsbepalingssysteem gebruikt verschillende satellieten die boven het aardoppervlak cirkelen. GPS gebruikt minimaal 24 (momenteel 30) verschillende satellieten die elk in een van de zes banen op 20.200 km hoogte cirkelen, op een zodanige manier dat er vanaf elke plaats op aarde op elk moment minstens 4 satellieten te 'zien' zijn.

Het meetprincipe van de plaatsbepaling is gebaseerd op de afstandsmeting tussen satelliet en ontvanger en het bekend zijn van de positie van de satelliet. De afstanden tussen de satelliet en de ontvanger worden uit de gemeten looptijden van radiogolven afgeleid. De satellieten zenden de informatie op twee frequenties uit. Op deze frequenties zijn dan met modulatietechnieken digitale codes aangebracht. Die codes bevatten informatie over de satelliet zelf, zijn keplerse baanparameters, de onderlinge synchronisatie van de satellietklokken, en de benaderde baanparameters van alle satellieten. Deze codes vormen samen de informatie die van belang is voor de plaatsbepaling.

Het principe van het systeem berust erop dat iedere satelliet een zeer nauwkeurig radiosignaal uitzendt met daarin zijn identificatie plus een zeer precieze tijdmelding (iedere satelliet heeft meerdere atoomklokken aan boord). De baan van iedere satelliet is vooraf benaderend bekend, dus ook de plaats waarvan het signaal verzonden is (de precieze baan is slechts een tijdje na de meting beschikbaar en kan gebruikt worden om de nauwkeurigheid te verhogen). Door na te gaan hoeveel vertraging er is tussen het uitzenden en de ontvangst van het tijdsignaal, kan de ontvanger berekenen hoever hij van die satelliet verwijderd is. Omdat de lichtsnelheid constant en in alle richtingen even groot is, wordt hiermee de ontvanger op een bol geplaatst met de satelliet in het denkbeeldige middelpunt. Ontvangst van een tweede signaal plaatst de ontvanger op een tweede denkbeeldige bol, en dus op de snijlijn van de twee 'bollen' van beide satellieten: een cirkel. Het signaal van de derde satelliet maakt maar twee punten mogelijk als oplossing van de drie satellietpeilingen. Slechts één van deze twee punten bevindt zich op een plek in de buurt van het aardoppervlak.

Doordat de klokken in de ontvanger, die een onnauwkeurige kwartsklok gebruiken, en de satelliet onmogelijk gesynchroniseerd kunnen worden is voor een nauwkeurige meting het signaal van een vierde satelliet nodig, dit probleem wordt ook wel de klokfout genoemd. Om deze extra onbekende te vinden is een vierde satelliet nodig. Het probleem komt dan neer op het bepalen van een Δt en dus ΔR van alle bollen, zodat deze precies in één punt snijden. Voor een exacte hoogteberekening op aarde zijn meer satellietpeilingen nodig. Voor het hele systeem geldt: hoe meer satellieten hoe nauwkeuriger de berekende positie. Ook de onderlinge positie van de satellieten (constellatie) heeft invloed op de nauwkeurigheid, bij een goede spreiding zal het mogelijke volume waarin de ontvanger zich kan bevinden kleiner zijn en een gunstiger vorm hebben. Dit kan gevisualiseerd worden door bovengenoemde bollen een "schil" te geven met een dikte gelijk aan twee keer de mogelijke fout. Het snijpunt van de bollen is dan geen punt maar een "doos" waarin de ontvanger zich bevindt.

2.3 Metingen

Bij het uitvoeren van vlottermetingen worden verschillende (6 voor de hier beschreven meetcampagne) vlotters gebruikt die van op meetschepen in het water worden geplaatst en nadien ook door het meetschip uit het water worden opgevist.

De GPS-toestellen die worden gebruikt zijn van het type Garmin GPSMAP 60C. Voor de nauwkeurigheid qua positiebepaling van de toestellen wordt 3 à 5 m opgegeven. De instellingen laten toe de frequentie van opslag van een positie in te stellen. Voor deze metingen werd een opslagfrequentie gekozen van één positie elke 5 seconden. Met deze instellingen is het mogelijk 830 minuten (bijna 14 uren) continu metingen uit te voeren, daar er 10.000 meetpunten kunnen opslagen worden.

Tijdens de meetcampagne werd geopteerd om de GPS-toestellen continu te laten registreren. Hierdoor bestaat de opgeslagen informatie zowel uit de stroommetingen als uit niet relevante data (vlotter aan boord van het meetschip). Aan boord van elk meetschip werd dan ook telkens het begin- en eindtijdstip van een gemeten stroombaan genoteerd.

2.4 Verwerking

De opgeslagen posities dienen nadien uitgelezen en verwerkt te worden. Het uitlezen gebeurt met het programma Garmin MapSource. In de verwerking worden eerst de stroombanen uit de continue reeks van meetdata gefilterd. Dit gebeurt via een zelf ontwikkelde MATLAB-routine. Deze routine laat tevens toe een aantal geselecteerde stroombanen te visualiseren. Op deze manier worden de afzonderlijke stroombanen gecontroleerd op anomalieën. Dit gebeurt visueel, waarbij de belangrijkste fouten zich kunnen voordoen rond het begin en het einde van de stroombaan (begintijdstip te vroeg, eindtijdstip te laat). Om dit te voorkomen werden steeds de eerste 60 seconden na het inwerpen en de laatste 30 seconden voor het uithalen verwijderd.

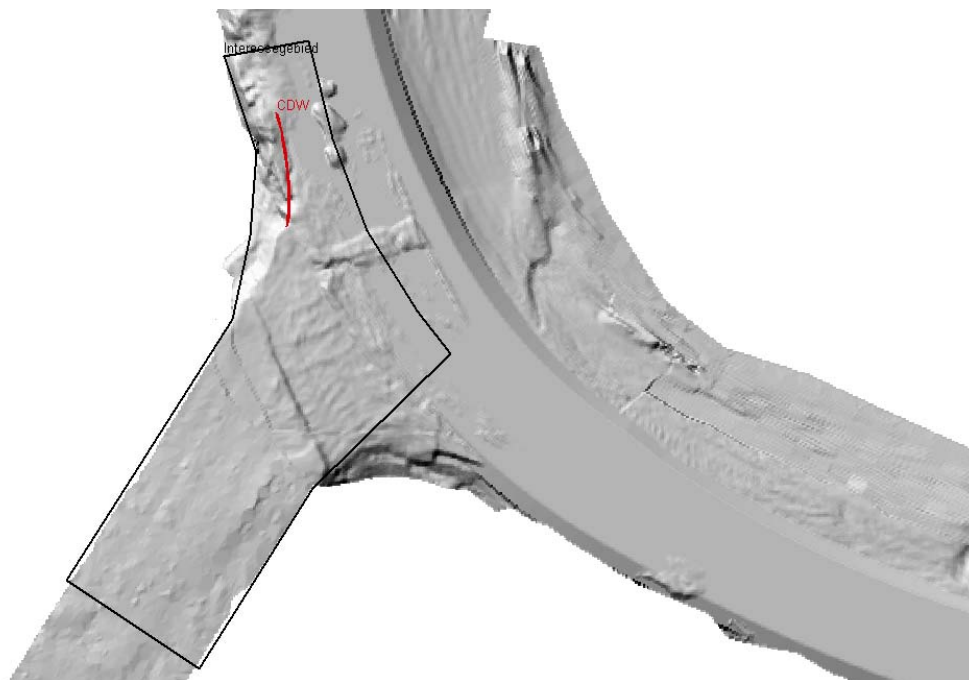
In tegenstelling tot de referentietoestand, is er voor gekozen de visualisatie uitvoeren in ArcGIS. Dit biedt het voordeel dat de grafische voorstelling geoptimaliseerd kan worden en dat de vergelijking met de referentietoestand op een grafisch betere manier kan uitgevoerd worden.

3 Resultaten

Voor het bepalen van de toestand na bouw van de CDW T1 werden op 2 dagen vlottermetingen uitgevoerd, maandag en dinsdag 26-27 september 2011. Aansluitend werden door IMDC bijkomende (ADCP) metingen uitgevoerd om de stroming en de sedimenttransporten ter hoogte van de ingang van het Deurganckdok in beeld te brengen.

De vlottermetingen werden uitgevoerd met het meetschip MS A. Stessels en vonden plaats gedurende de periode van vloed, daar er gedurende de eb geen effect verwacht wordt van de CDW op de stroming ter hoogte van de ingang van het Deurganckdok. Zowel oppervlakte- als dieptevlotten werden gebruikt. Bij de oppervlaktevlotten werd een verbindingstouw van 3 m lengte gebruikt, terwijl bij de dieptevlotten een touw van 10 m (in de periode van laagwater tot halftij) of 14 m (in de periode van halftij tot hoogwater) werd gebruikt.

Het studiegebied strekt zich uit van ca. 250 m zeewaarts van de CDW tot de opwaartse kaaimuur van Deurganckdok, tot ca. 1000 m in het Deurganckdok. Dit wordt weergegeven in figuur 3. Op deze manier wordt een beeld verkregen van zowel het directe effect van de CDW op de stroming (afbuigen onderste waterlagen weg van het dok, afbuigen bovenste waterlagen in het dok), alsook van het indirecte effect (reduceren van de neer aan de ingang van het Deurganckdok).



Figuur 4 – Overzicht studiegebied (zwart)

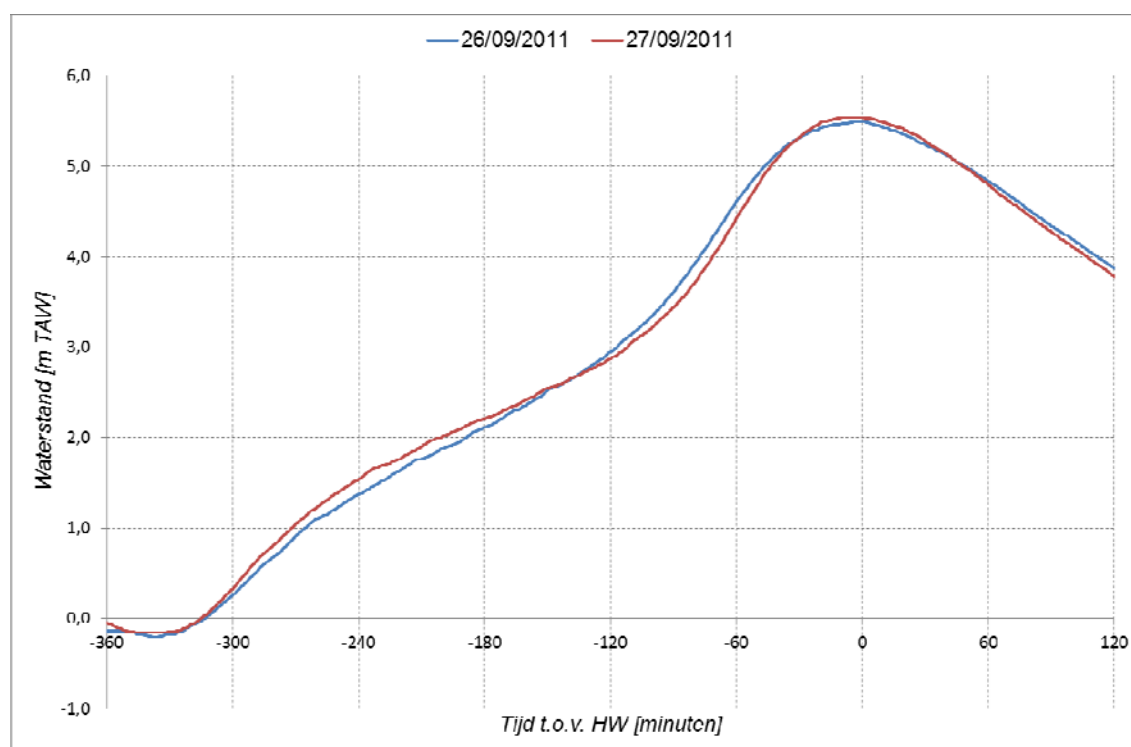
3.1 Getijcondities

Het Deurganckdok is gelegen net afwaarts van het waterstandstation van Liefkenshoek. De waterstanden tijdens de vlottermetingen zijn opgenomen in figuur 4. Voor de presentatie van de resultaten is het tijdstip van hoogwater te Liefkenshoek gekozen. De waterstanden die gepresenteerd worden op de figuur zijn deze van de beide meetdagen. Hieronder zijn ook de karakteristieke waarden van de getijden tijdens de meetdagen opgenomen. Daarnaast zijn ook de 10-jaar gemiddelde waarden voor gemiddeld getij en voor springtij opgenomen in de tabel. Hieruit blijkt dat de getijcondities op beide meetdagen overeenstemmen met deze van een gemiddeld springtij.

In vergelijking met de getijden van tijdens de T0-meting blijkt dat de afwijking beperkt blijven. Het laagwater tijdens de T1-meting lag een 15-tal cm hoger in vergelijking met de T0-meting, terwijl het hoogwater ongeveer gelijk is.

Tabel 1 – Overzicht getij te Liefkenshoek

<i>Liefkenshoek</i>	LW [cm TAW]	HW [cm TAW]	LW [cm TAW]	Stijging [cm]	Daling [cm]	Coëfficiënt [-]¹
24/04/2009	-49	+538	-32	587	570	1,14
27/04/2009	-32	+560	-27	592	587	1,15
26/09/2011	-21	+550	-32	571	582	1,11
27/09/2011	-16	+554	-73	570	627	1,11
2001-2010 Gemiddeld tij	10	523				
2001-2010 Springtij	-17	569				



Figuur 5 – Getij te Liefkenshoek op 26 (blauw) en 27 (rood) september 2011 tijdens de vlottermetingen

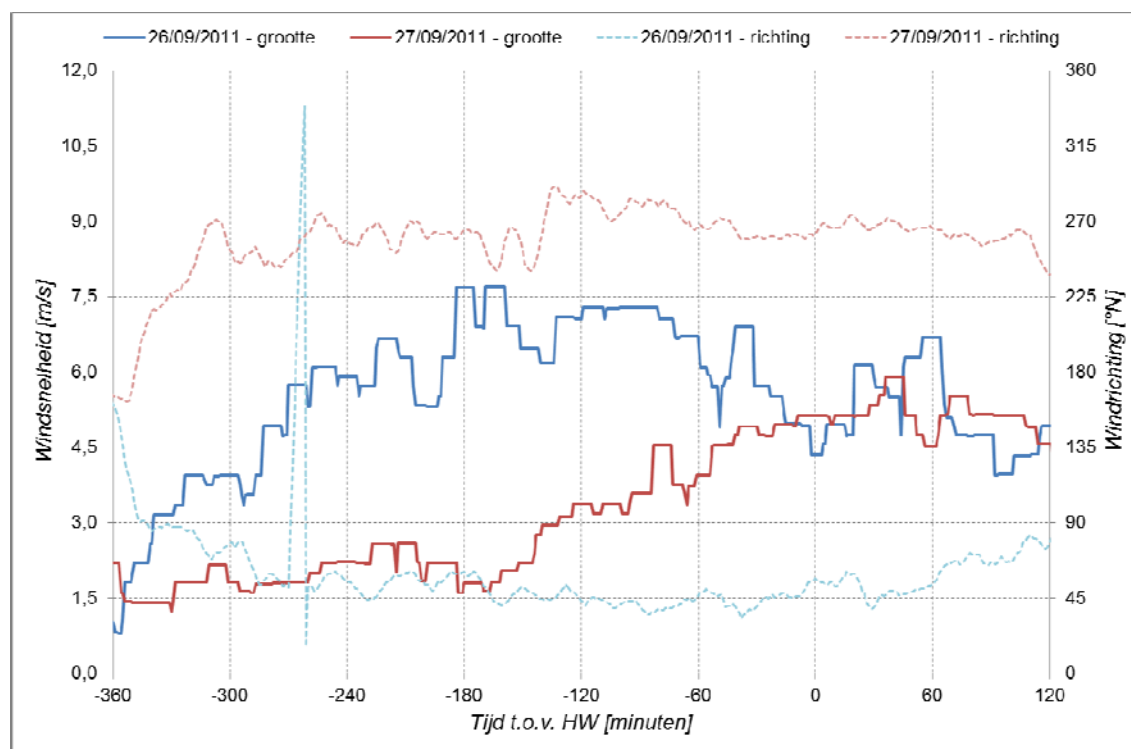
¹ De getijcoëfficiënt werd berekend op basis van de stijging van de waterstand, aangezien de meting voornamelijk uitgevoerd werd tijdens de vloed, met als referentie het gemiddeld getij 2001-2010.

3.2 Wind

Het Deurganckdok is gelegen net opwaarts van het windstation van Zandvliet (Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen). De windgegevens tijdens de vlottermetingen zijn opgenomen in de figuur 5. De windsnelheid bedraagt de maximaal opgetreden windsnelheid over een interval van 10 minuten. Tijdens de metingen heerste op beide meetdagen een zwakke tot matig wind. De windrichting was op beide dagen verschillend: de eerste dag blies de wind uit noordoostelijke richting (met de in het dok instromende watermassa mee), de tweede dag was dit uit westelijke richting (tegengesteld aan de instromende watermassa).

Tabel 2 – Overzicht wind te Zandvliet

Zandvliet	Windsnelheid (10' max) [m/s]	Windrichting [°N]
24/04/2009	Variërend tussen 8 en 10 m/s	oost – zuidoost
27/04/2009	Variërend tussen 8 en 10 m/s	zuid, draaiend naar zuidoost
26/09/2011	Windstil, toenemend naar 5 à 7 m/s	noordoost
27/09/2011	Toenemend van 2 m/s naar 5 m/s	west



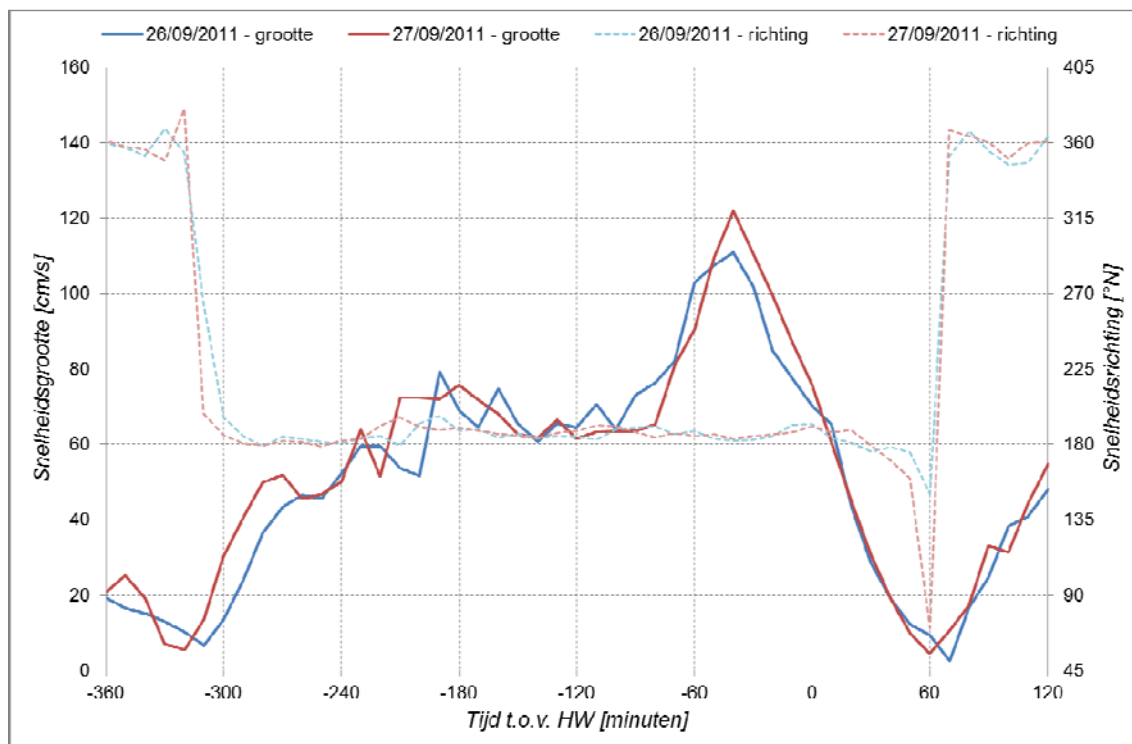
Figuur 6 – Wind te Zandvliet op 26 (blauw) en 27 (rood) september 2011 tijdens de vlottermetingen

(Bron: Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen)

3.3 Stroming

Ter hoogte van Boei 84 wordt met behulp van een multiparametersonde (type Aanderaa) op 2 hoogten (resp. 0,8 m en 3,3 m) boven de bodem de stroomsnelheid en stroomrichting gemeten. Op onderstaande figuur wordt de stroomsnelheid en -richting gemeten door het bovenste meetsonde (op 3,3m boven de bodem) weergegeven voor beide meetdagen. De variatie tussen beide meetdagen is miniem.

Ten opzichte van de referentietoestand T0 blijkt de richting tijdens de vloed quasi identiek te zijn. Het verloop van de snelheidsgruotte vertoont een kleine afwijking: tijdens de T0 vertoonde de snelheid een plateau (ca. 60 cm/s) tussen HW-4u en HW-3u, om vervolgens geleidelijk toe te nemen tot 120 cm/s op ongeveer HW-1u; bij de huidige meting vertoont de snelheid over een langere periode (HW-4u tot HW-1,5u) een constante waarde (plateau op ca. 65 cm/s), om vervolgens te pieken op 120 cm/s op ongeveer HW-1u. Ondanks deze kleine afwijking, vertonen de hydrodynamische condities tussen beide metingen sterke gelijkenissen.



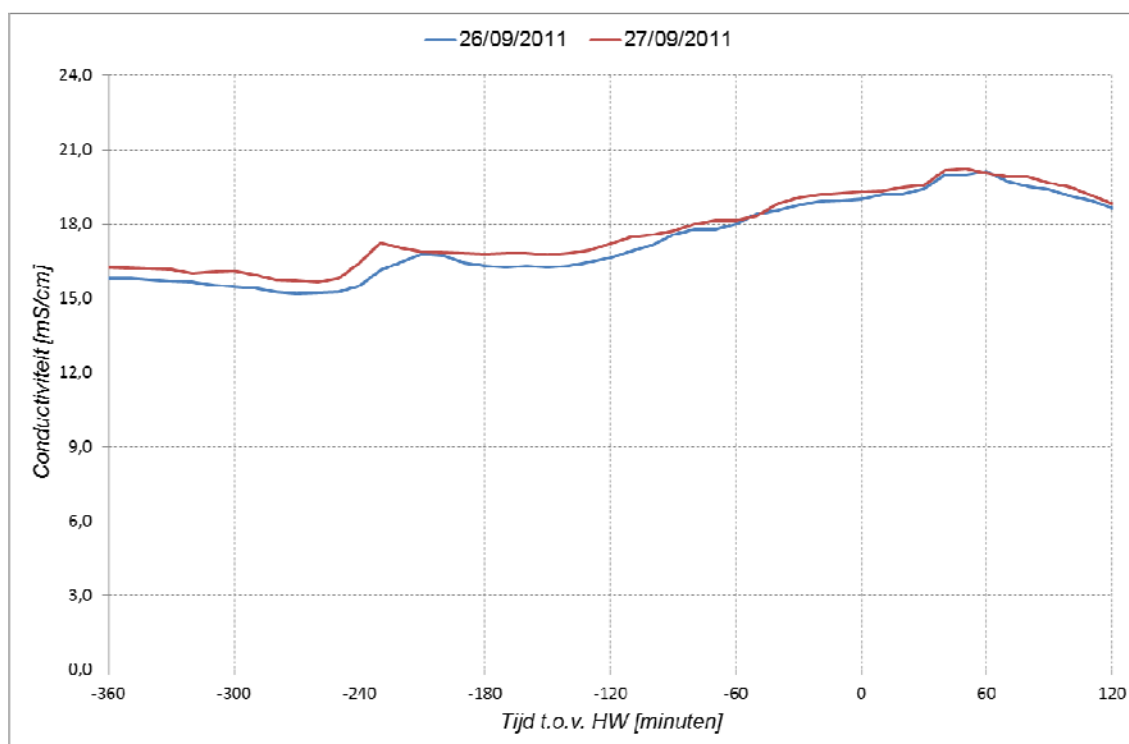
Figuur 7 – Overzicht stroomsnelheid (-) en -richting (--) te Boei 84 [26 (blauw) en 27 (rood) september 2011]

3.4 Saliniteit

Ter hoogte van Boei 84 wordt met behulp van een multiparametersonde (type Aanderaa) op 2 hoogten (resp. 0,8 m en 3,3 m) boven de bodem de conductiviteit gemeten. Op onderstaande figuur wordt de conductiviteit gemeten door het bovenste meetsonde (op 3,3m boven de bodem) weergegeven voor beide meetdagen.

De conductiviteit varieert voor beide meetdagen tussen 15 en 20 mS/cm. Dit is aanzienlijk hoger dan tijdens de T0-meting (tussen 9 en 13 mS/cm). De verklaring van dit verschil zit in de verschillende seizoenen waarin beide metingen werden uitgevoerd: de T0-meting op het einde van de winter (april) met sterkere invloed van bovenafvoer, de T1-meting op het einde van de zomer (september) met zeer beperkte invloed van de bovenafvoer. Dit verschil kan mogelijks een effect hebben op de wateruitwisseling tussen de Schelde en het Deurganckdok,

met name op de dichtheitsstromingen. Echter, verwacht wordt dat met name het dichtheitsverschil bepalend is voor de dichtheitsstromingen. Dit verschil is voor beide meetcampagnes gelijkaardig (ca. 3,5 ppt), zodat de drijvende kracht achter de dichtheitsstromingen in beide meetcampagnes vergelijkbaar is.



Figuur 8 – Overzicht conductiviteit te Boei 84 op beide meetdagen

Gelet op het belang van de saliniteit voor de dichtheitsstromingen, wordt in onderstaande tabel een indicatie gegeven van de extreme waarden van de saliniteit tijdens de meetdagen. De saliniteit werd hierbij berekend op basis van de vereenvoudigde UNESCO-formule (UNESCO, 1983), waarbij de drukterm verwaarloosd werd. Daar deze formule opgesteld is voor zeewater, kan deze niet in brakke milieus worden toegepast. Daartoe dienen de onderstaande getallen als indicaties beschouwd te worden, niet als exacte waarde voor de saliniteit.

Tabel 3 – Karakteristieke waarden saliniteit te Boei 84 en Deurganckdok – DP World

Saliniteit [ppt]	Boei 84 (top)			DGD-DP (opp) ²			DGD-DP (bodem) ²		
	Min	Max	Δ	Min	Max	Δ	Min	Max	Δ
24/04/2009	5,06	8,68	3,62	4,02	6,18	2,16	11,44	13,08	1,64
27/04/2009	5,91	9,23	3,32	4,89	6,86	1,97	11,73	13,40	1,67
26/09/2011	10,3	14,1	3,8	9,68	11,83	2,15	<i>Geen data beschikbaar</i>		
27/09/2011	10,6	14,1	3,5	10,60	12,09	1,49			

² Gegevens gemeten in het kader van de studie “Externe effecten Deurganckdok”, uitgevoerd door IMDC.

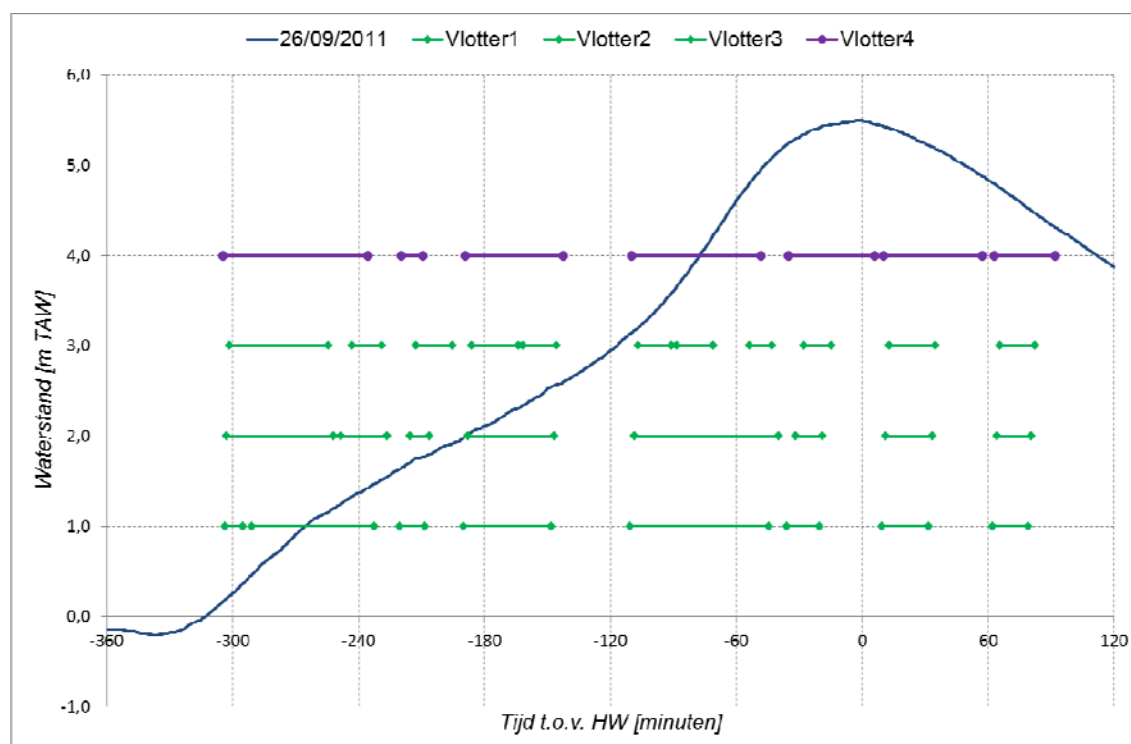
3.5 Vlottermetingen

De vlottermetingen werden uitgevoerd door het meetschip MS A. Stessels op 26 en 27 september 2011, tijdens de vloed. Hierbij werden telkens 6 vlotters ingezet, 3 oppervlaktevlotters (3 m onder watervlak) en 3 dieptevlotters (10 m (laagwater tot halftij) of 14 m (halftij tot hoogwater) onder het wateroppervlak). Tijdens de eerste meetdag (26/09/2011) werd voornamelijk gefocust op de ingang van het Deurganckdok, terwijl op de tweede meetdag (27/09/2011) vooral het gebied ter hoogte van de CDW werd bemeten.

Op het einde van de eerste meetdag werden 2 (diepte)vlotters overvaren door binnenvaartschepen. De geregistreerde meetgegevens gingen hierbij verloren, waardoor voor de eerste meetdag uiteindelijk slechts 4 vlotters gerecupereerd werden. Voor de 2^e meetdag werd een bijkomende vlotter operationeel gemaakt, waardoor er tijdens deze meetdag met 5 vlotters kon worden gemeten.

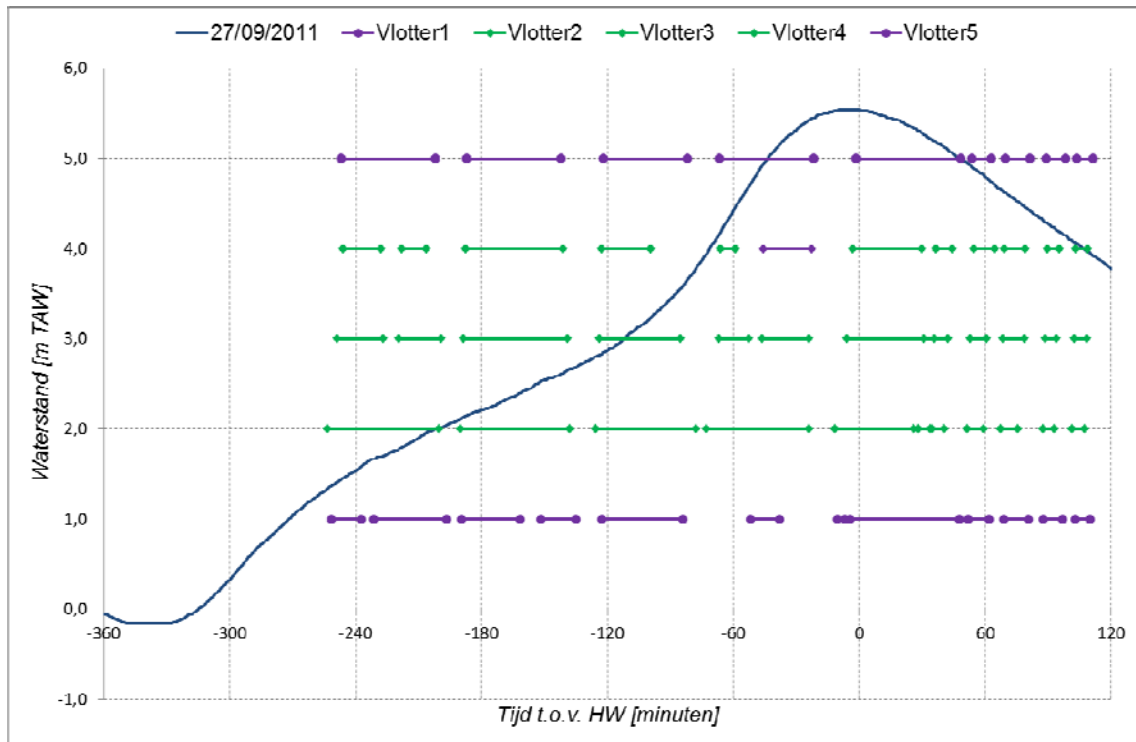
Figuur 9 en Figuur 10 geven een overzicht van de periodes wanneer metingen werden uitgevoerd. Hierop is aangegeven welke vlotter (aan de hand van bijbehorend GPS-toestel) wanneer heeft gemeten.

De resultaten van de metingen zijn weergegeven in bijlage A. De vlotterbanen worden gepresenteerd waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de diepte en oppervlakte vlotters (Figuur A11). Daarnaast wordt voor de verschillende fases van het getij een beeld gegeven van de stroombanen met bijbehorende stroomsnelheden (gemiddeld over een periode van 180 s) (Figuur A12 t.e.m. Figuur A15). Hierbij werd het getij opgedeeld in perioden van één uur. Ter illustratie: de figuur van HW geeft de resultaten van de uit de metingen afgeleide snelheidsvectoren weer voor de periode HW – 0,5u tot HW + 0,5u.



Figuur 9 – Overzicht meetperiodes van de vlottermetingen 26/09/2011 – ondiep (groen) – diep (paars)

(Opmerking: voorstellingswijze voor de meetperioden van de GPS heeft geen relatie met diepte op de y-as)



Figuur 10 – Overzicht meetperiodes van de vlottermetingen 27/09/2011 – – ondiep (groen) – diep (paars)
 (Opmerking: voorstellingswijze voor de meetperiodes van de GPS heeft geen relatie met diepte op de y-as)

4 Bespreking

De stroombanen tijdens de vloedperiode zijn in sterke mate in de geul geconcentreerd. Slechts een zeer beperkt deel van de gemeten stroombanen wordt vanuit de geul in het Deurganckdok geleid. Een beperkt onderscheid kan vastgesteld worden tussen de diepe en ondiepe vlotterbanen. In de periode rond HW-3u is de afwijking zeer klein. In de periode erna (tussen HW-2,5u en HW-0,5u) worden de ondiepe vlotters naar de geul gestuwd door de uitstromende dichtheitsstromingen (uit het Deurganckdok) in de bovenste waterlagen. De diepe vlotters bewegen meer naar de ingang van het Deurganckdok (instromende dichtheitsstroming in de onderste lagen), doch gaan niet echt het Deurganckdok in.

Het stroombeeld ter hoogte van de overgang tussen Deurganckdok en Schelde kan slechts beperkt in beeld gebracht worden omwille van het verlies van 2 diepevlotters tijdens de eerste meetdag. De ondiepe vlotters geven aan dat enkel vlak na laagwater (HW-5u - Figuur A12) de stroming in de bovenste waterlagen in het dok gaat, terwijl nadien de stroming in de bovenste waterlagen uit het dok gericht is. Enkel voor HW-2u is een goede meting voor het diepe deel beschikbaar (Figuur A13). Hieruit blijkt dat op dit moment de (dichtheits)stroming in de onderste lagen in het dok gaat.

Uit de analyse van de snelheidsgrootte (bij springtijcondities) volgt dat gedurende het merendeel van de vloed (HW-5u tot HW-1,5u) de stroming tussen de oever en de CDW (enkel ondiepe vlotters) lager ligt dan deze geulwaarts van de CDW (ca. 35 cm/s \leftrightarrow ca. 55 cm/s). Ook tijdens maximum vloed (HW-1,5u – HW - Figuur A14) blijft dit verschil bestaan, al nemen de stroomsnelheden in beide gebieden toe (ca. 60 cm/s \leftrightarrow ca. 90 cm/s). Ter hoogte van de ingang van het Deurganckdok blijven de snelheden beperkt tot maximaal 50 cm/s.

5 Analyse van de stroompatronen ten opzichte van T0

In april 2009 werd met behulp van dezelfde techniek de referentietoestand T0 [Plancke *et al.*, 2009] opgemeten. Om een idee te krijgen van de wijzigingen in stroompatronen wordt een vergelijking gemaakt met de huidige metingen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat, naast de bouw van de CDW, de verruiming van de vaargeul uitgevoerd werd in de tussenperiode. Hoewel de vergelijking toegespitst op het gebied rond de CDW, zijn de veranderingen niet noodzakelijk volledig toe te schrijven aan de bouw van de CDW.

De vergelijking gebeurt op basis van de stroompatronen voor een aantal (wel geselecteerde) vlottermetingen binnen een aantal deelperiodes van het getij. De selectie is visueel gebeurd, waarbij getracht werd vlotterbanen te weerhouden waarvan het loslaatpunt ongeveer identiek was voor beide meetcampagnes. Hierbij werd gepoogd een loslaatpunt te selecteren tussen de oever en de CDW (zone O) en één geulwaarts van de CDW (zone G).

Voor de periode HW-3u (Figuur A16 - links) werd zowel voor de ondiepe als voor de diepe vlotters een gelijkaardig loslaatpunt in beide meetcampagnes gevonden zone O als zone G. Voor de diepe vlotters in zone O, is het effect van de CDW duidelijk: waar bij de T0 de stroming langs de oever blijft, wordt deze in T1 afgeblokt door de CDW. Omwille van het vlottend lichaam is het onmogelijk om de stroming onder de CDW in beeld te brengen, doch de initiële geleiding door de drempel is zichtbaar. Voor de ondiepe vlotter in zone O is het effect van de CDW ook duidelijk zichtbaar: waar bij de T0 de stroming parallel met de geul loopt, forceert de CDW (T1) de stroming naar het Deurganckdok. Wel dient opgemerkt te worden dat de stroming in de huidige situatie niet echt in het dok gaat, maar eerder dwars over de ingang gaat. Voor de zone G, is het opvallend dat zowel de ondiepe als de diepe stroombanen in de huidige toestand meer richting Deurganckdok georiënteerd zijn, terwijl deze in de T0 meer in de geul geconcentreerd bleven.

Voor de periode HW-2u (Figuur A16 - rechts) werd geen diepe vlotter met een gelijkaardig loslaatpunt in beide meetcampagnes in zone O gevonden. Voor de ondiepe vlotter in zone O is het beeld identiek aan dit van HW-3u: waar bij de T0 de stroming parallel met de geul loopt, forceert de CDW (T1) de stroming naar het Deurganckdok. Wel dient opgemerkt te worden dat de stroming in de huidige situatie niet echt in het dok gaat, maar eerder dwars over de ingang gaat. Voor de zone G zijn de stroombanen, zowel voor de ondiepe als de diepe vlotters, in beide situaties gelijkaardig. De afwijking die in de periode HW-3u zichtbaar was, verdwijnt dus.

Voor de periode HW-1u (Figuur A17) werden geen diepe vlotters met een gelijkaardig loslaatpunt in beide meetcampagnes in zone O gevonden. De ondiepe vlotters in zone O vertonen sterke verschillen in beide situaties: tijdens de T0 wordt de stroming in de bovenste waterlagen reeds vanaf de positie van de huidige CDW weggedrukt door de uitstromende densiteitsstroming in de richting van de geul. In de huidige situatie wordt de stroming in de bovenste waterlagen door de CDW naar het Deurganckdok geforceerd. Echter van zodra de invloed van de CDW wegvalt, wordt de stroming uit de dok gedrukt door de uitstromende densiteitsstroming. Uiteindelijk komt de vlotter opnieuw in de vaargeul terecht. Voor de zone G zijn de stroombanen, zowel voor de ondiepe als de diepe vlotters, in beide situaties gelijkaardig. Enkel ter hoogte van de drempel wordt de stroming in de onderste lagen naar de geul gedrukt, doch deze invloed blijft beperkt. Uiteindelijk komt de diepe vlotter zowel in de referentiesituatie als in de huidige situatie ter hoogte van de zuidelijke zone van de ingang terecht. In de T1 gaat de stroming ook daadwerkelijk het dok in, wat wegens een kortere meetperiode in de T0 niet zichtbaar was.

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Op basis van de vlottermetingen kan ter hoogte van de gebouwde CDW de (verwachte) wijziging in de stroompatronen vastgesteld worden: de bovenste waterlagen (effect “wall”) worden afgebogen in de richting van het Deurganckdok. De wijziging in de onderste waterlagen (effect “sill”) is minder duidelijk in te schatten.

Ter hoogte van de ingang van het Deurganckdok blijkt het effect van de CDW gereduceerd te zijn. Op basis van deze metingen, waarbij een relatief beperkt aantal meetgegevens beschikbaar is, blijkt het effect van de CDW kleiner te zijn dan dit van de dichtheidsstromingen. De bovenste waterlagen die door de CDW in de richting van het Deurganckdok worden afgebogen, worden door de uitstromende dichtheidsstromingen in terug richting Schelde geforceerd. Voor de dieptevlotten werden geen grote wijzigingen vastgesteld ten opzichte van de referentietoestand.

Op basis van de meetcampagne blijkt dat de instroming tijdens de vloedperiode (zowel ondiep als diep) quasi louter langs de opwaartse kant van het Deurganckdok plaatsvindt. Geen enkele vlotter, zowel losgelaten ter hoogte van de ingang van het dok als zeewaarts van de CDW, stroomt het dok in langs de afwaartse kant van het Deurganckdok.

6.2 Aanbevelingen

De bovenstaande vaststellingen zijn gebeurd op basis van een 2-daagse meetcampagne waarbij een beperkt aantal GPS-vlotten werden gebruikt. Het verdient de aanbeveling om enerzijds deze resultaten te vergelijken met de parallel uitgevoerd ADCP-metingen en anderzijds de meetcampagne te herhalen om te beschikken over een grotere dataset van stromingsgegevens.

Waar de GPS-vlottermetingen een beeld geven van de wijzigingen in de stromingspatronen, zullen andere metingen noodzakelijk zijn om een idee te geven in welke mate de sedimentuitwisseling tussen de Schelde en het Deurganckdok gewijzigd is door de bouw van de CDW.

7 Referentielijst

Bijlsma, AC; van Vossen, B (2004) Study of density currents in the framework of the LTV for the Scheldt estuary. Numerical model investigation. WL Delft Hydraulics report H3981

IMDC (2007). Uitbreiding studie densiteitsstromingen in de Beneden Zeeschelde in het kader van LTV Meetcampagne naar hooggeconcentreerde slib suspensies - Deelrapport 11.3: 28 september 2006 Stream – Raai K.

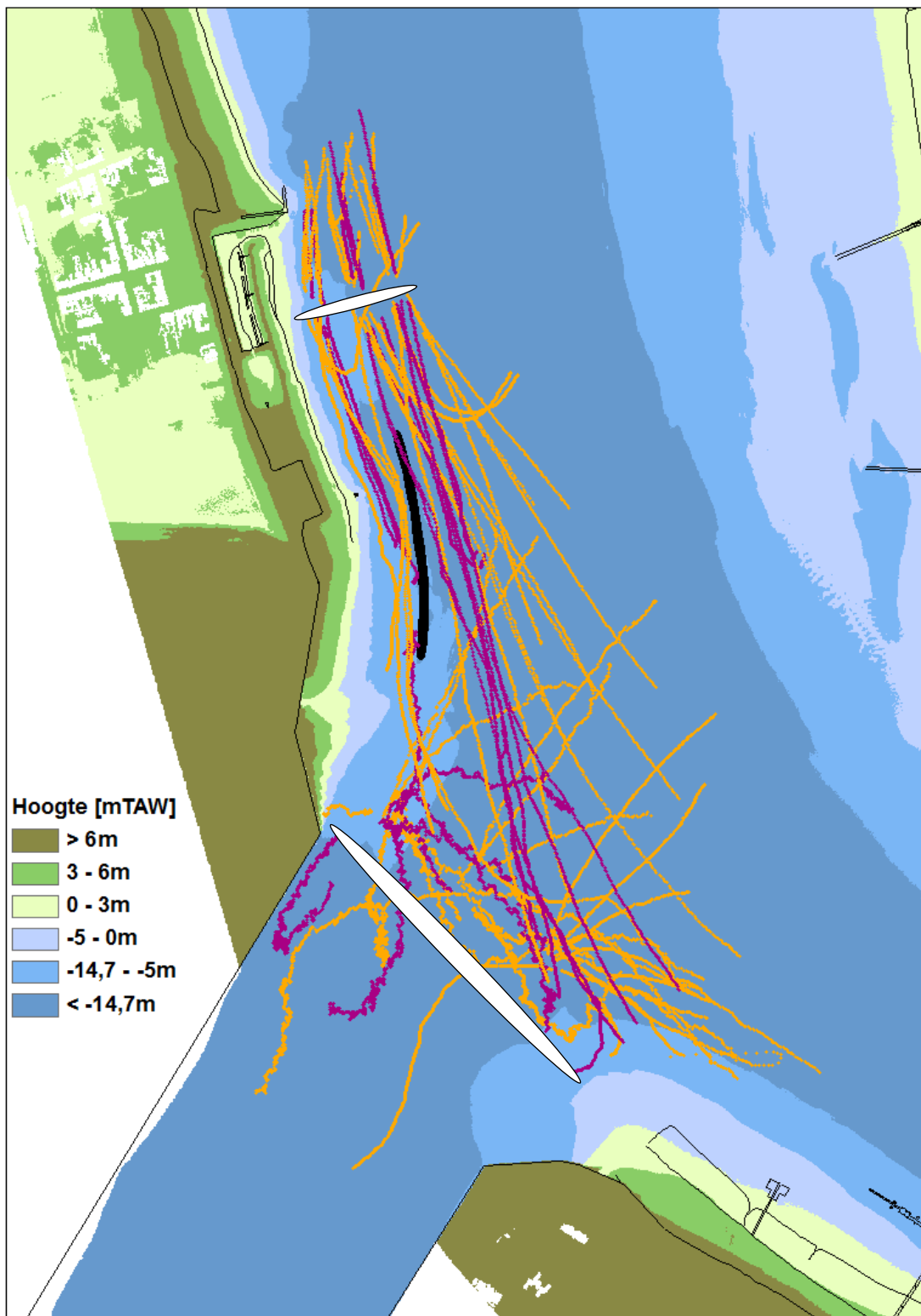
Plancke, Y.; Vanlede, J.; Mostaert, F. (2009). Vlottermetingen CDW Deurganckdok: T0 - april 2009. Versie 2.0. WL Rapporten, 816_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

UNESCO (1983). Algorithms for computation of fundamental properties of seawater, UNESCO Technical Papers in Marine Science, 44. UNESCO, France.

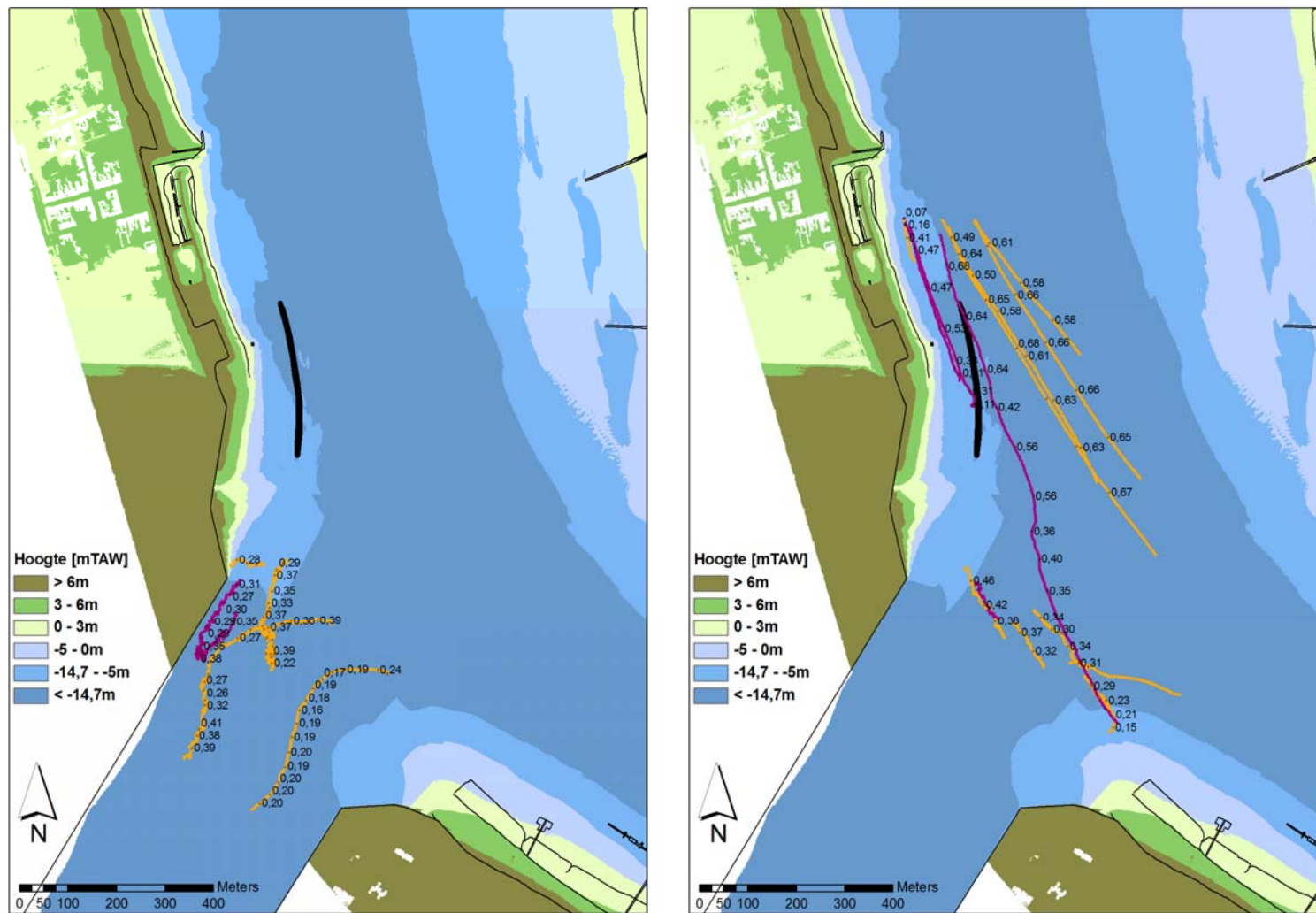
van Kessel, T; Cornelisse, TM (2003) Physical Scale model Zeeschelde. WL Delft Hydraulics report Z2516. 220pp.

Van Maren, B. (2006) 3D slibtransportmodel Zeeschelde. Scenario 4: effect CDW op sedimentatie Deurganckdok, nieuw instrumentarium. Rapport Z3824.70 WL Delft Hydraulics. 80pp

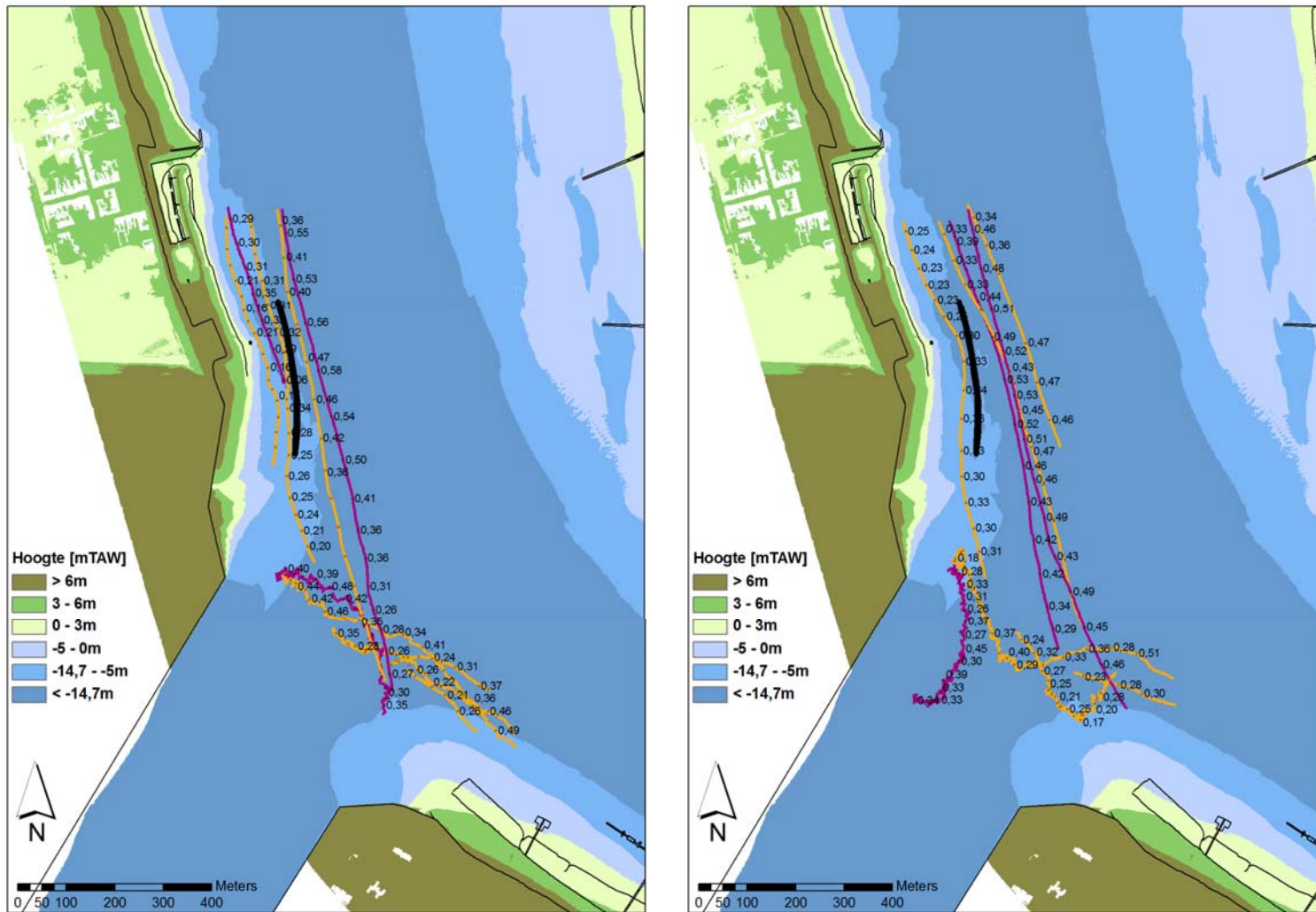
Bijlage A: Resultaten vlottermetingen



Figuur A11 – Vlotterbanen 26 en 27 september 2011 – diep (paars) en ondiep (oranje)
Witte ovaal = loslaatzone (26/09/2011 – ingang DGD | 27/09/2011 - opwaarts CDW)

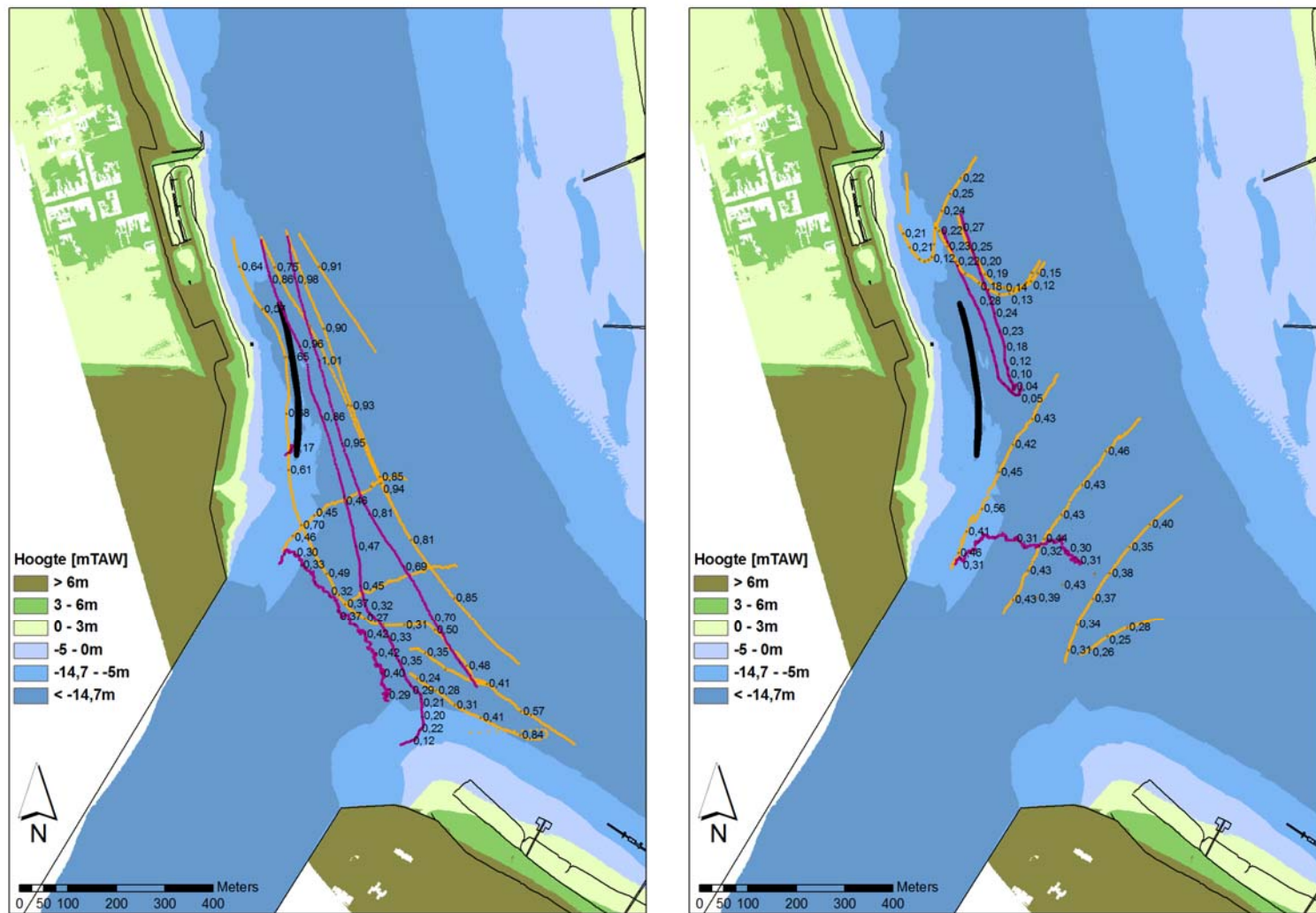


Figuur A12 – Stroombanen en snelheidsgrootte (in m/s) voor beide meetdagen: HW – 5u (links) en HW – 4u (rechts)
 Diep 10m (paars) en ondiep (oranje)



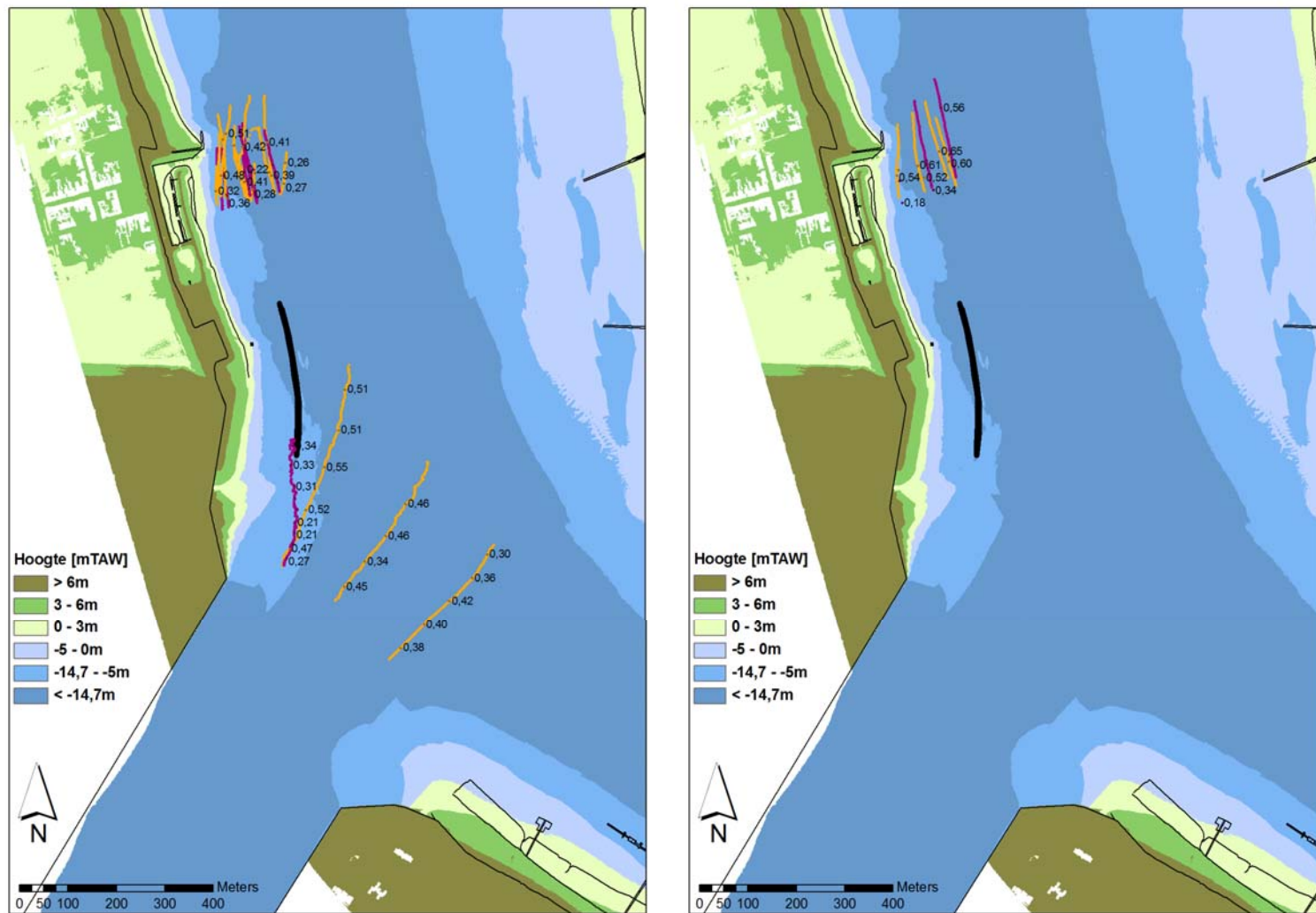
Figuur A13 – Stroombanen en snelheidsgruotte (in m/s) voor beide meetdagen: HW – 3u (links) en HW – 2u (rechts)

Diep 14m (paars) en ondiep (oranje)



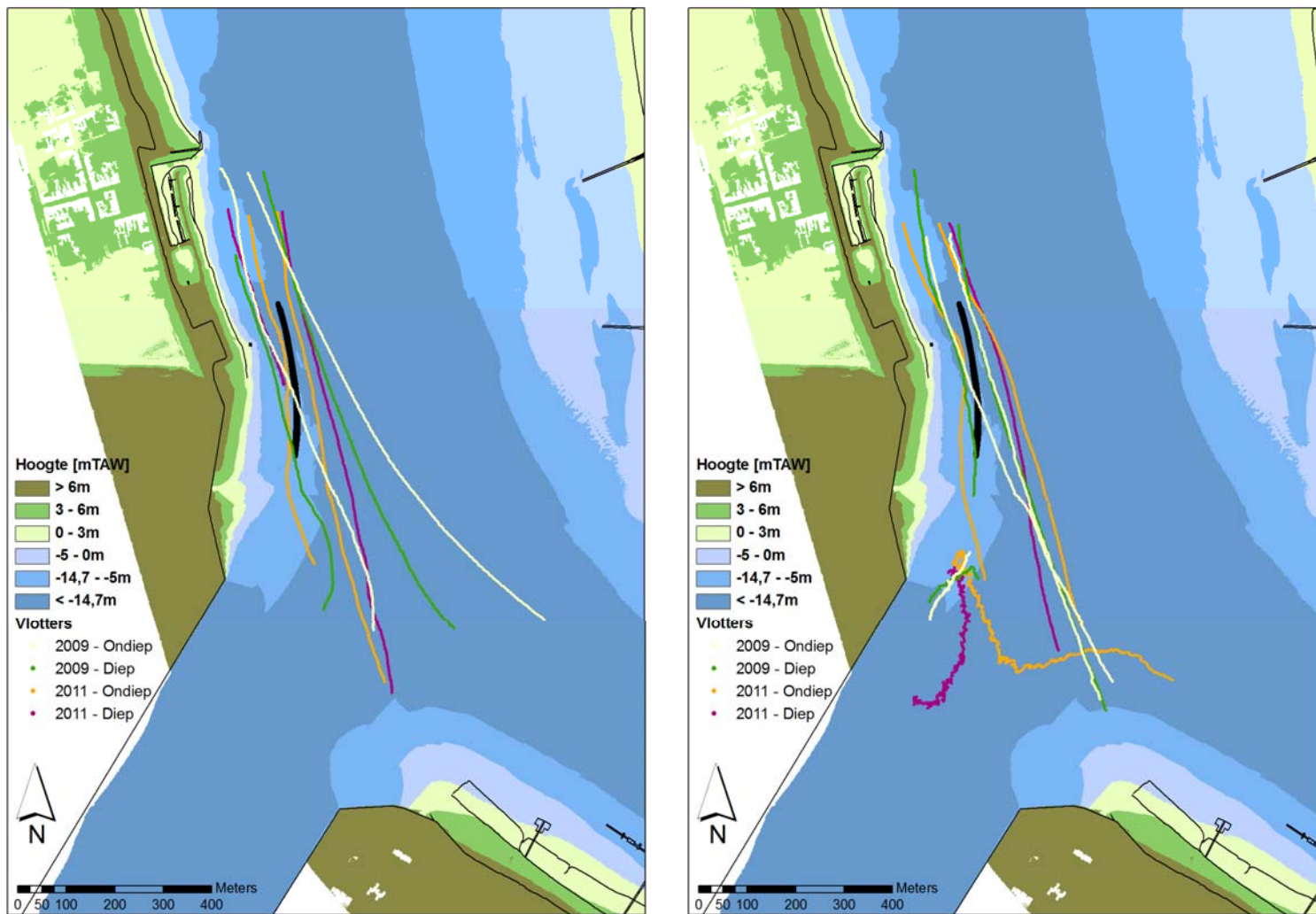
Figuur A14 – Stroombanen en snelheidsgruotte (in m/s) voor beide meetdagen: HW – 1u (links) en HW (rechts)

Diep 14m (paars) en ondiep (oranje)

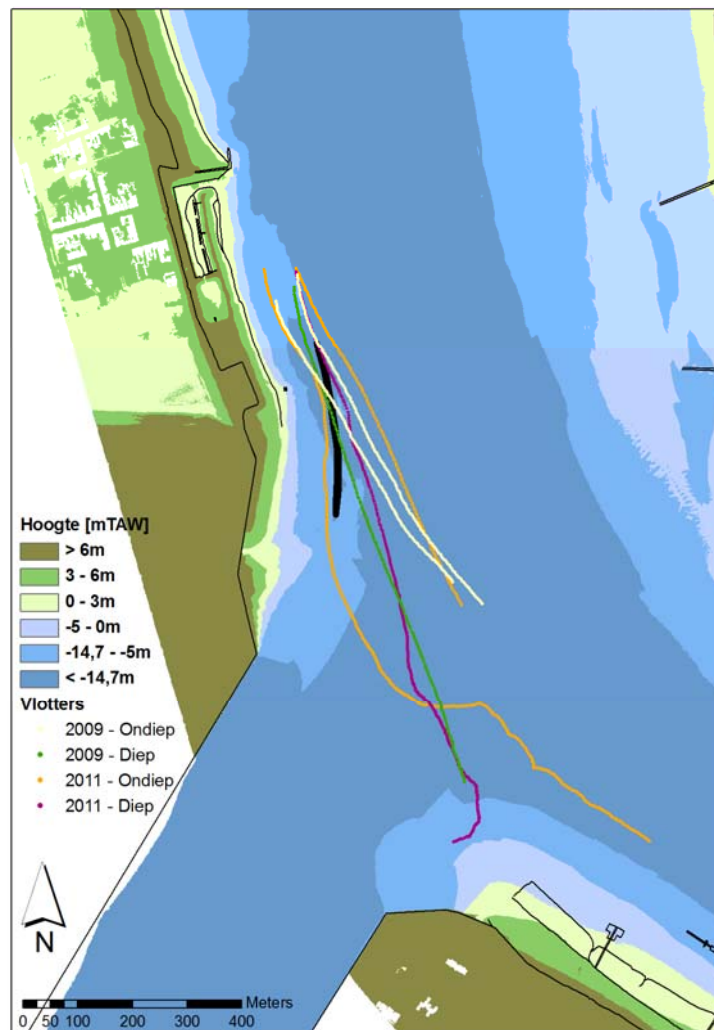


Figuur A15 – Stroombanen en snelheids grootte (in m/s) voor beide meetdagen: HW + 1u (links) en HW + 2u (rechts)

Diep 14m (paars) en ondiep (oranje)



Figuur A16 – Vergelijking stroombanen T0 (2009) – T1 (2011): HW - 3u (links) en HW - 2u (rechts)



Figuur A17 – Vergelijking stroombanen T0 (2009) – T1 (2011): HW - 1u



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.watlab.be