



departement
*Mobiliteit en
Openbare Werken*

Slibbalans-Zeeschelde

DEELRAPPORT 7 - METINGEN HALFTIJ-EB BOVEN-ZEESCHELDE 2014



00_029

WL Rapporten

Slibbalans-Zeeschelde

Deelrapport 7 - Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2014

Plancke, Y.; Vereecken, H.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F.

April 2015

WL2015R00_029_7

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.; Vereecken, H.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Slibbalans-Zeeschelde: Deelrapport 7 - Metingen half-tij-eb Boven-Zeeschelde 2014. Versie 4.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be


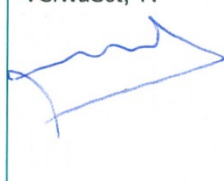
www.watlab.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welk andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	Slibbalans-Zeeschelde: Deelrapport 7 - Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2014		
Opdrachtgever:	Maritieme Toegang	Ref.:	WL2015R00_029_7
Keywords (3-5):	Sediment concentratie, halftij-eb, Zeeschelde, pompstalen		
Tekst (p.):	20	Bijlagen (p.):	3
Vertrouwelijk:	<input type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever
			<input type="checkbox"/> Intern
			<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
	Vrijgegeven vanaf:		
	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Goedkeuring

Auteur Plancke, Y. 	Revisor Vereecken, H. 	Projectleider Vanlede, J. 	S&A Directeur Verwaest, T. 	Afdelingshoofd Mostaert, F. 
--	---	---	---	---

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur(s)
1_0	09/02/2015	Conceptversie	Plancke, Y.
2_0	12/03/2015	Inhoudelijke revisie	Vereecken, H.
3_0	24/04/2015	Revisie projectleider	Vanlede, J.
4_0	28/04/2015	Definitieve versie	Plancke, Y.

Abstract

Sedert 2009 voert het Waterbouwkundig Laboratorium maandelijkse metingen uit waarbij de sedimentconcentratie in de Beneden-Zeeschelde bij halftij-eb in beeld gebracht wordt. In het kader van het project "Slibbalans Zeeschelde" ontstond de noodzaak om deze getij-afhankelijke metingen uit te breiden naar de volledige Zeeschelde.

Voorliggend rapport rapporteert de resultaten van de metingen van de sedimentconcentratie in de Boven-Zeeschelde die in 2014 werden uitgevoerd.

Inhoudstafel

Inhoudstafel	I
Lijst van de tabellen	II
Lijst van de figuren	III
Dankwoord.....	IV
1. Inleiding	1
2. Methodologie	2
2.1. Meetpunten	2
2.2. Staalname	4
2.3. Sedimentconcentratie	4
2.4. Korrelgrootte	4
3. Resultaten	5
3.1. Februari 2014.....	5
3.1.1. Getij.....	5
3.1.2. Sedimentconcentratie	6
3.1.3. Korrelgrootte	7
3.2. Mei 2014	8
3.2.1. Getij.....	8
3.2.2. Sedimentconcentratie	9
3.2.3. Korrelgrootte	10
3.3. September 2014.....	11
3.3.1. Getij.....	11
3.3.2. Sedimentconcentratie	12
3.3.3. Korrelgrootte	13
3.4. November 2014.....	14
3.4.1. Getij.....	14
3.4.2. Sedimentconcentratie	15
3.4.3. Korrelgrootte	16
3.5. Beneden-Zeeschelde	16
3.6. Discussie	17
4. Conclusie en aanbevelingen	19
4.1. Conclusies.....	19
4.2. Aanbevelingen	19
5. Referenties	20
Bijlage A – Sedimentconcentratie Beneden-Zeeschelde	B1
Bijlage B – Overzicht getij- en debietskarakteristieken.....	B3

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht waterstanden Boven-Zeeschelde 02/2014	5
Tabel 2 – Overzicht korrelgrootte sediment Boven-Zeeschelde 02/2014	7
Tabel 3 – Overzicht waterstanden Boven-Zeeschelde 05/2014	8
Tabel 4 – Overzicht korrelgrootte sediment Boven-Zeeschelde 05/2014	10
Tabel 5 – Overzicht waterstanden Boven-Zeeschelde 09/2014	11
Tabel 6 – Overzicht korrelgrootte sediment Boven-Zeeschelde 09/2014	13
Tabel 7 – Overzicht waterstanden Boven-Zeeschelde 11/2014	14
Tabel 8 – Overzicht korrelgrootte sediment Boven-Zeeschelde 12/2013	16
Tabel 9 – Overzicht vaardata halftij-eb Beneden-Zeeschelde.....	16

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzicht ligging meetpunten traject Dendermonde – Melle (de waardes naast de staalnamepunten geven de afstand volgens de thalweg t.o.v. Rupelmonde in KM)	2
Figuur 2 – Overzicht ligging meetpunten traject Rupelmonde – Dendermonde (de waardes naast de staalnamepunten geven de afstand volgens de thalweg t.o.v. Rupelmonde in KM)	3
Figuur 3 – Overzicht stroomsnelheden gedurende uitvoering meting (traject Rupelmonde – Dendermonde) 3	
Figuur 4 – Waterstanden langsheen het traject tijdens meetdagen: 05/02/2014 (links) en 06/02/2014 (rechts).....	6
Figuur 5 – Overzicht korrelgrootte (d50 en foutenbalken die de d35 en d65 weergeven) en sedimentconcentratie Boven-Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) 02/2014.....	6
Figuur 6 – Waterstanden langsheen het traject tijdens meetdagen: 20/05/2014 (links) en 21/05/2014 (rechts).....	8
Figuur 7 – Overzicht korrelgrootte (d50 en foutenbalken die de d35 en d65 weergeven) en sedimentconcentratie Boven-Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) 05/2014.....	9
Figuur 8 – Waterstanden langsheen het traject tijdens meetdagen: 1/09/2014 (links) en 2/09/2014 (rechts)	11
Figuur 9 – Overzicht korrelgrootte (d50 en foutenbalken die de d35 en d65 weergeven) en sedimentconcentratie Boven-Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) 09/2014.....	12
Figuur 10 – Waterstanden langsheen het traject tijdens meetdagen: 13/11/2014 (links) en 14/11/2014 (rechts).....	14
Figuur 11 – Overzicht sedimentconcentratie Boven-Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) 11/2014.....	15
Figuur 12 – Overzicht sedimentconcentratie Zeeschelde halftij-eb 2014 (bodem)	17
Figuur 13 – Overzicht sedimentconcentratie Zeeschelde halftij-eb 2014 (oppervlak).....	18

Dankwoord

De gerapporteerde metingen werden uitgevoerd met het meetschip MS Veremans en MS Hondius. Tijdens de metingen werd de assistentie geleverd door de bemanning van de meetschepen ten zeerste geapprecieerd. Daarnaast een woord van dank aan de mensen van het sedimentologisch labo van het Waterbouwkundig Laboratorium, die instonden voor de analyse van de sedimentstalen. Tenslotte wens ik ook Dhr. Erwin De Backer expliciet te vernoemen voor zijn inspanning tijdens de mobilisatie, uitvoering en demobilisatie van het meetschip.

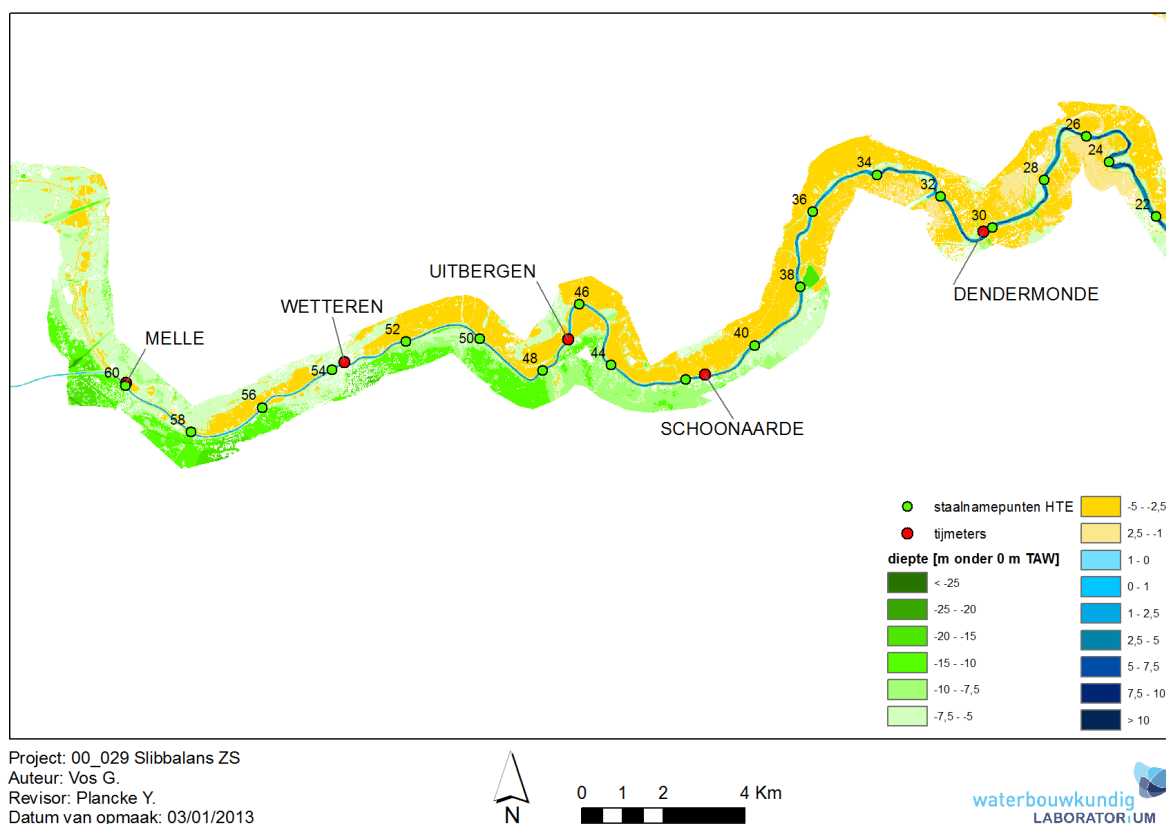
1. Inleiding

In het kader van het project “Slibbalans Zeeschelde” wordt de slibhuishouding in de Zeeschelde onderzocht. Voor de Beneden-Zeeschelde beschikken we over een aantal langjarige meetreeksen: langsvaarten op kentering hoogwater, op kentering laagwater en bij halftij-eb. Voor de Boven-Zeeschelde (segment tussen Rupelmonde en Melle) is de hoeveelheid beschikbare gegevens echter beperkt. Daarom werd besloten om vanaf 2012 de halftij-eb vaarten, die reeds maandelijks plaatsvonden in de Beneden-Zeeschelde [Vanlierde *et al.*, 2013], door te zetten in de Boven-Zeeschelde, echter met een lagere frequentie (doelstelling is 3-maandelijks). Voorliggend rapport sluit aan op de eerdere rapporten van deze metingen [Plancke *et al.*, 2013 en 2014a].

2. Methodologie

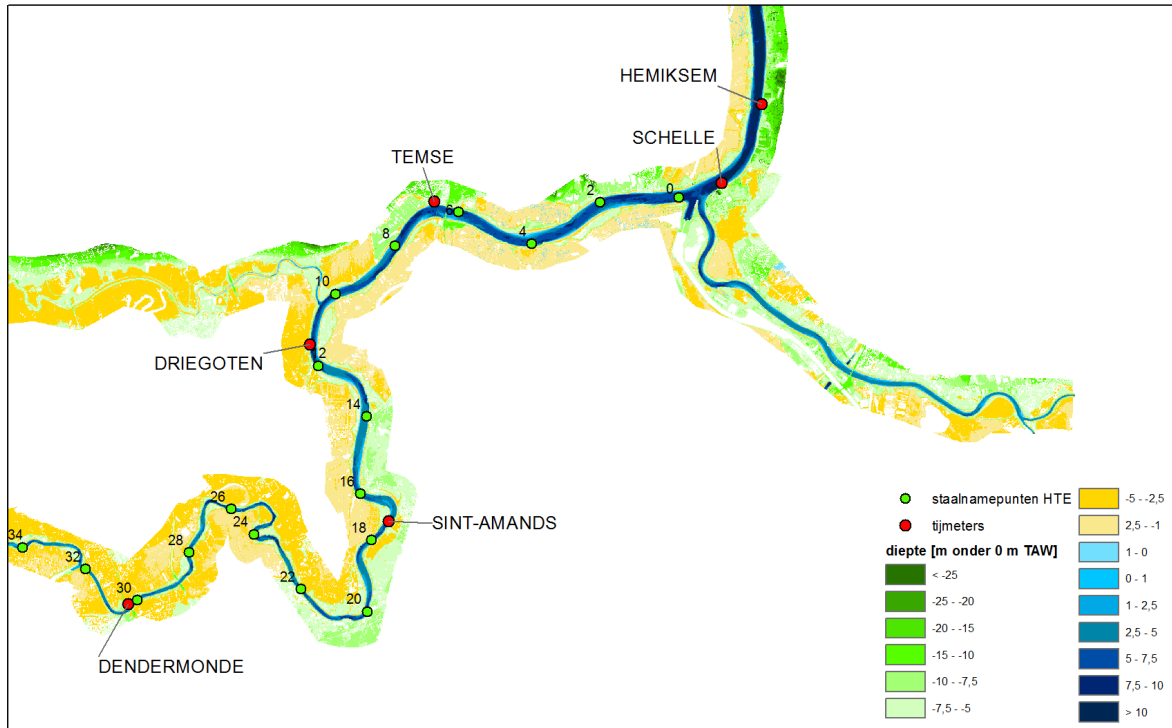
2.1. Meetpunten

Om het langsprofiel van de sedimentconcentratie in de Boven-Zeeschelde te meten, wordt een langsprofiel gevaren waarbij elke 2 kilometer een waterstaal wordt genomen, zowel nabij het oppervlak (ca. 1m onder het wateroppervlak), als nabij de bodem (ca. 1m boven de bodem). Aangezien het van belang is om bij vergelijkbare stromingscondities te meten over het volledige traject, is er voor gekozen de meting uit te voeren bij halftij-eb. Deze keuze vindt haar oorsprong door de relatief beperkte variatie in stroomsnelheid tijdens de eb, waardoor het volledige langsprofiel kan opgemeten worden in 2 meetdagen. Gedurende eerste dag wordt telkens het traject Dendermonde (KM32) – Melle (KM62) bemeaten (Figuur 1), terwijl de tweede dag het traject Rupelmonde (KM2) – Dendermonde (KM32) wordt bemeaten (Figuur 2).



Figuur 1 – Overzicht ligging meetpunten traject Dendermonde – Melle
 (de waarden naast de staalnamepunten geven de afstand volgens de thalweg t.o.v. Rupelmonde in KM)

De vaartijd, inclusief bemonstering, bedraagt voor beide dagen ongeveer 3u. De start van de meting vindt plaats ongeveer 2u na het moment van hoogwater op het startpunt. Figuur 3 demonstreert voor het traject Rupelmonde – Dendermonde de variatie in de stroomsnelheid (volgens kubatuurberekening uit [Plancke *et al.*, 2014b]) die kan verwacht worden gedurende de uitvoering van de meting. Voor het traject Dendermonde – Melle is het verloop gelijkaardig.



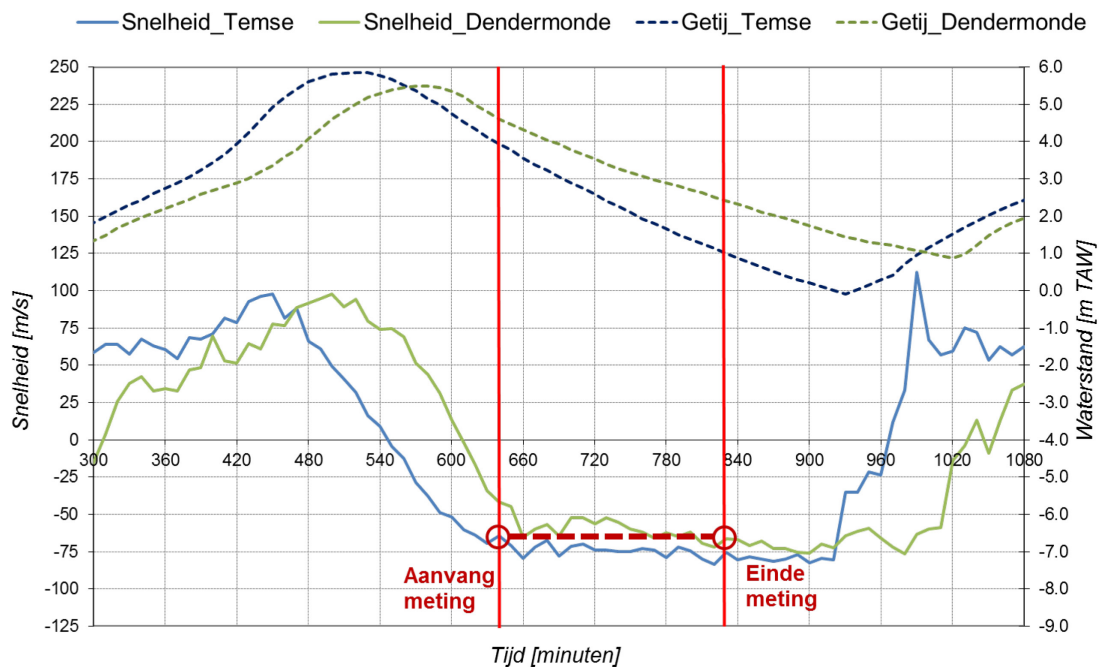
Project: 00_029 Slibbalans ZS
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 03/01/2013



0 1 2 4 Km

waterbouwkundig
 LABORATORIUM

Figuur 2 – Overzicht ligging meetpunten traject Rupelmonde – Dendermonde (de waarden naast de staalnamepunten geven de afstand volgens de thalweg t.o.v. Rupelmonde in KM)



Figuur 3 – Overzicht stroomsnelheden gedurende uitvoering meting (traject Rupelmonde – Dendermonde)

2.2. Staalname

De staalname gebeurt met behulp van een pomp (Calpeda CA zelfaanzuigende vloeistofringpomp van het type cam 80 E versie B-CA), waaraan een leiding is bevestigd die op een bepaalde diepte in de waterkolom gebracht met behulp van een kraan met diepteteller. Deze wordt op regelmatige tijdstippen gereset. Om ervoor te zorgen dat de inlaatopening van de leiding niet door de stroming wordt meegevoerd en dus verticaal naar beneden gaat, wordt onderaan een gewicht ("vis") bevestigd. Per meetpunt worden telkens 2 stalen genomen: één nabij de bodem (ongeveer 1m boven de bodem) en één nabij het wateroppervlak (ongeveer 1m onder het wateroppervlak). Telkens wordt een staal genomen van ca. 1 liter, dat wordt opgevangen in een fles. Voor elk van de genomen stalen zal de sedimentconcentratie bepaald worden.

2.3. Sedimentconcentratie

In het sedimentologisch laboratorium van het Waterbouwkundig Laboratorium wordt de sedimentconcentratie bepaald voor elk van de stalen. Hierbij wordt enerzijds het volume water bepaald voor elk staal en anderzijds de hoeveelheid sediment in het staal. Het volume water wordt bepaald door het netto gewicht te bepalen (verschil tussen gevulde fles en lege fles) van het water en dit te vermenigvuldigen met de dichtheid van het water (hier gelijk verondersteld aan 1000 g/l). De hoeveelheid sediment wordt bepaald door filtratie van het volledige staal, waarbij het sediment achterblijft op de filter (poriën-grootte = 2 µm) en waarvan vervolgens het droog gewicht kan bepaald worden door weging. De verhouding van het gewicht van het sediment ten opzichte van het volume water geeft de sedimentconcentratie van het betreffende staal. Deze sedimentconcentratie komt overeen met de som van de organische en de anorganische fractie.

2.4. Korrelgrootte

Aangezien naast de sedimentconcentratie, ook de korrelgrootte een interessante parameter is, werden een aantal bijkomende stalen genomen die in het sedimentologisch laboratorium op korrelgrootte worden geanalyseerd. Hiervoor wordt het sediment uit het staal afgezonderd en wordt met behulp van laserdiffractie (Malvern Mastersizer 2000) de korrelgrootte-verdeling bepaald.

Tijdens de uitgevoerde meetcampagnes werd telkens om de 10 km een extra staal genomen voor de bepaling van de korrelgrootte.

3. Resultaten

3.1. Februari 2014

De meting werd uitgevoerd met de MS Veremans (DAB Vloot). Volgende gegevens zijn van toepassing (tijden in lokale tijd):

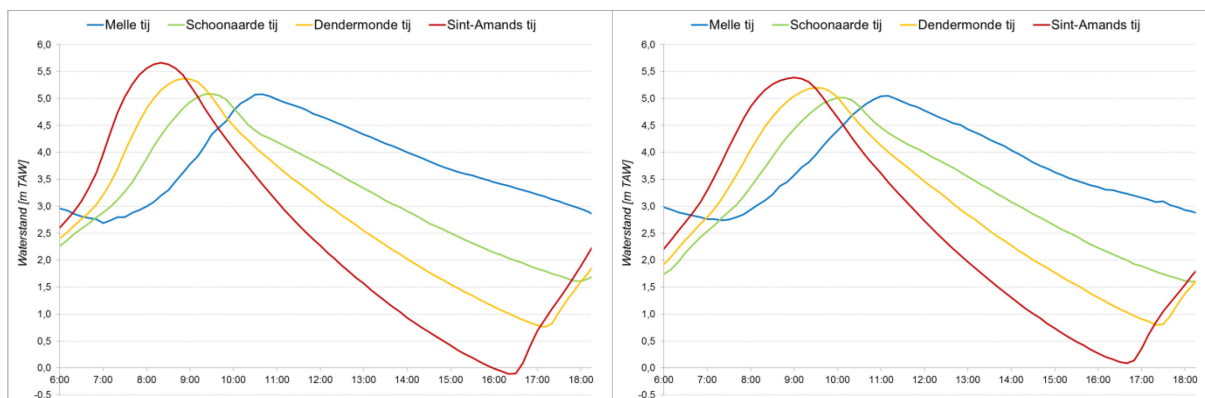
- Dag 1 – 5 februari 2014
 - Aanvang meting te Dendermonde (KM 32) om 12u20
 - Einde meting te Gentbrugge (KM 62) om 15u00
- Dag 2 – 6 februari 2014
 - Aanvang meting te Rupelmonde (KM 0) om 11u25
 - Einde meting te Dendermonde (KM 32) om 14u00

3.1.1. Getij

Tabel 1 geeft een overzicht van de belangrijkste getijkenmerken tijdens beide meetdagen. Figuur 4 geeft het verloop weer van de waterstanden langsheen de Boven-Zeeschelde tijdens beide meetdagen. De metingen werden uitgevoerd bij getijcondities overeenkomstig met een matig springtij (getijfactor resp. 1,11 en 1,06).

Tabel 1 – Overzicht waterstanden Boven-Zeeschelde | 02/2014

Getijpost	KM (t.o.v. monding Rupel)	HW		LW	
		[m TAW]	[lokale tijd]	[m TAW]	[lokale tijd]
5 februari 2014					
Dendermonde	30	5,37	08u50	0,76	17u10
Schoonaarde	42	5,09	09:30	1,61	18u00
Melle	60	5,08	10u40	2,46	19u30
6 februari 2014					
Schelle	0	Geen data beschikbaar			
Sint-Amands	17	5,39	09u00	0,09	16u40
Dendermonde	30	5,20	09u30	0,80	17u20

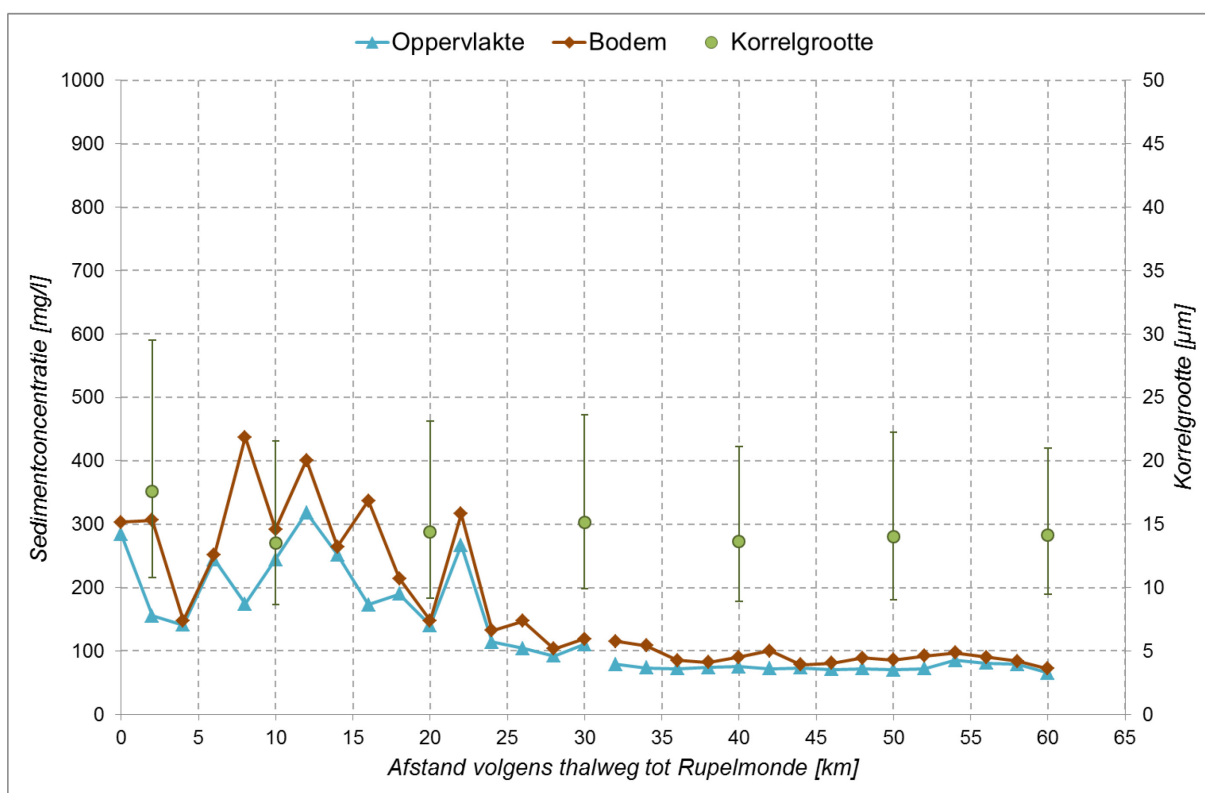


Figuur 4 – Waterstanden langsheen het traject tijdens meetdagen: 05/02/2014 (links) en 06/02/2014 (rechts)

3.1.2. Sedimentconcentratie

Figuur 5 geeft het overzicht van de sedimentconcentraties op het moment van het halftij-eb langsheen de Boven-Zeeschelde voor de meetcampagne van februari 2014. Hierbij is de sedimentconcentratie nabij de bodem bijna steeds hoger dan deze nabij het oppervlak, conform de verwachting (Rouse-profiel). Het verschil tussen beide blijft beperkt, op de zone tussen KM 6 en KM 16 na, waar de concentratie nabij de bodem tot het dubbele is van deze nabij het oppervlak.

Nabij de bodem varieert de sedimentconcentratie tussen 80 mg/l en 400 mg/l. Globaal gezien neemt de concentratie af naarmate men zich verder stroomopwaarts begeeft, van ca. 300 mg/l in Rupelmonde naar ca. 120 mg/l in Dendermonde en ca. 80 mg/l opwaarts Schoonaarde. De sedimentconcentratie nabij het oppervlak geeft een vergelijkbaar patroon, doch de waarden variëren hierbij tussen 80 mg/l en 200 mg/l, met opwaarts 2 uitschieters tot 300 mg/l.



Figuur 5 – Overzicht korrelgrootte (d50 en foutenbalken die de d35 en d65 weergeven) en sedimentconcentratie Boven-Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) | 02/2014

3.1.3. Korrelgrootte

Tabel 2 geeft een overzicht van de karakteristieke diameters van de korrelgrootte van de stalen op enkele locaties langsheen de Boven-Zeeschelde. Op alle locaties bestaat het sediment in suspensie uit fijn silt met een D50 tussen 13 en 18 μm . Slechts een zeer kleine fractie (ca. 15%) van het sediment bestaat uit fijn zand ($> 63 \mu\text{m}$).

Tabel 2 – Overzicht korrelgrootte sediment Boven-Zeeschelde | 02/2014

Locatie	KM	D10 [μm]	D35 [μm]	D50 [μm]	D65 [μm]	D90 [μm]	< 63 μm [%]
Rupelmonde	0	3,4	10,8	17,6	29,5	91,3	83,6
Tielrode	10	2,8	8,7	13,5	21,5	71,5	88,4
Sint Amands	20	3,0	9,2	14,4	23,1	71,8	88,2
Dendermonde	30	3,4	9,9	15,1	23,7	70,3	88,5
Schoonaarde	40	3,0	8,9	13,6	21,2	65,3	89,7
Schellebelle	50	3,0	9,1	14,0	22,3	71,6	88,4
Melle	60	3,1	9,5	14,1	21,0	55,1	92,1

3.2. Mei 2014

De meting werd uitgevoerd met de MS Veremans (DAB Vloot). Volgende gegevens zijn van toepassing (tijden in lokale tijd):

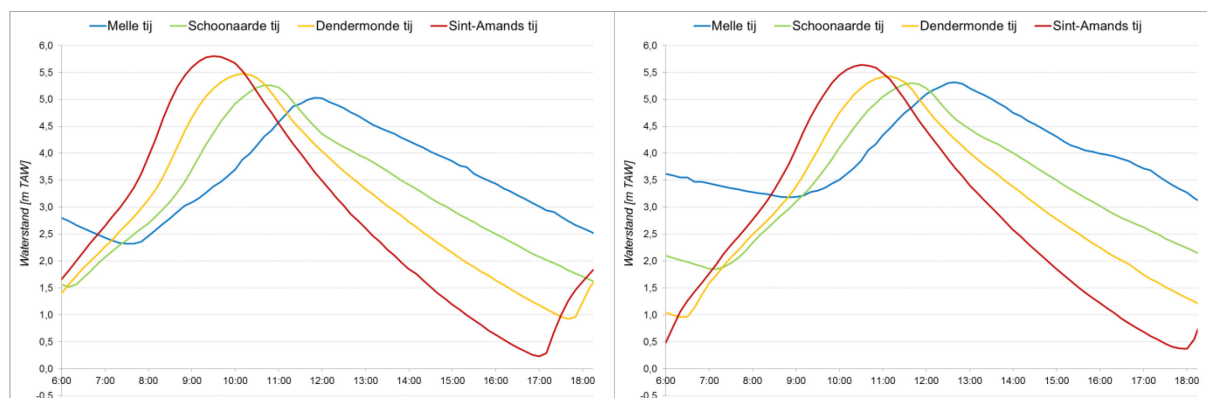
- Dag 1 – 20 mei 2014
 - Aanvang meting te Dendermonde (KM 32) om 12u35
 - Einde meting te Melle (KM 60) om 15u45
- Dag 2 – 21 mei 2014
 - Aanvang meting te Rupelmonde (KM 2) om 12u35
 - Einde meting te Dendermonde (KM 32) om 15u20

3.2.1. Getij

Tabel 3 geeft een overzicht van de belangrijkste getijkenmerken tijdens beide meetdagen. Figuur 6 geeft het verloop weer van de waterstanden langsheen de Boven-Zeeschelde tijdens beide meetdagen. De metingen werden uitgevoerd bij getijcondities overeenkomstig met een matig springtij (getijfactor resp. 1,09 en 1,04).

Tabel 3 – Overzicht waterstanden Boven-Zeeschelde | 05/2014

Getijpost	KM (t.o.v. monding Rupel)	HW		LW	
		[m TAW]	[lokale tijd]	[m TAW]	[lokale tijd]
20 mei 2014					
Dendermonde	30	5,48	10u10	0,92	17u40
Schoonaarde	42	5,26	10u45	1,59	18u25
Melle	60	5,03	11u50	2,34	19u35
21 mei 2014					
Schelle	0	Geen data beschikbaar			
Sint-Amands	17	5,64	10u30	0,37	18u00
Dendermonde	30	5,43	11u10	1,10	18u40

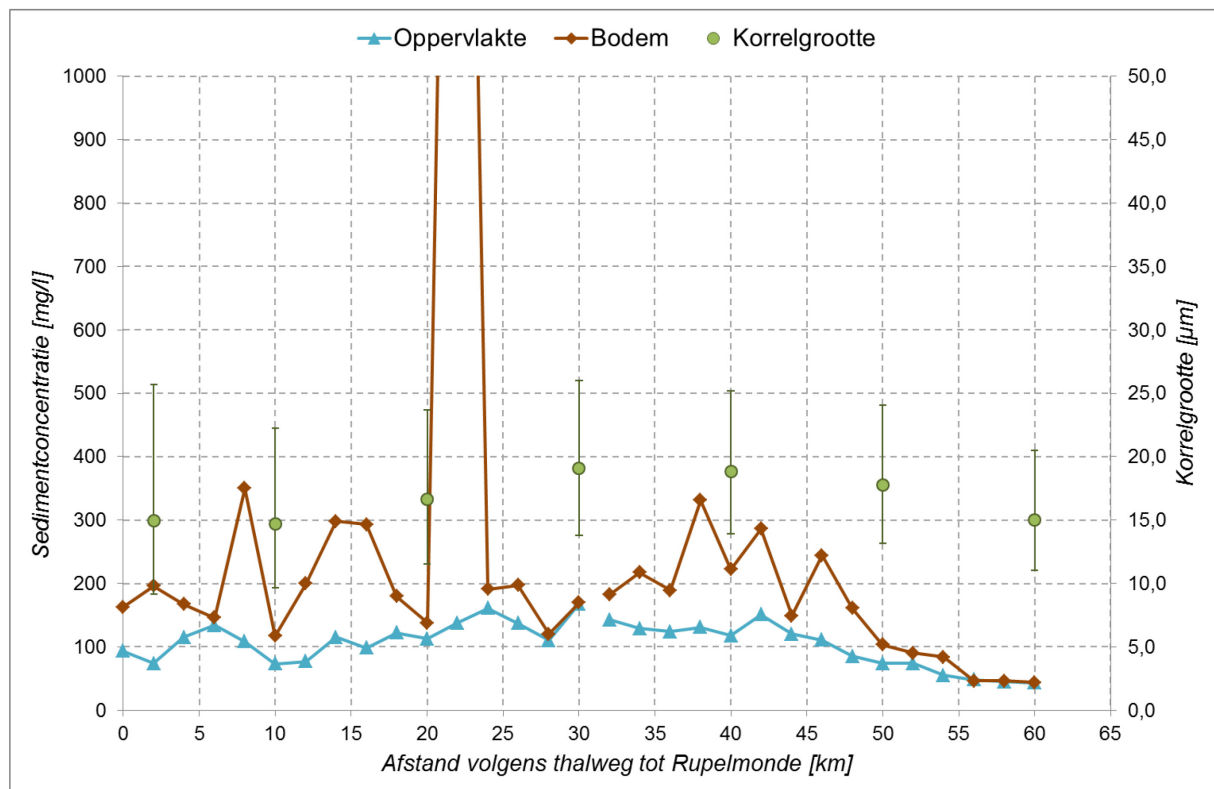


Figuur 6 – Waterstanden langsheen het traject tijdens meetdagen: 20/05/2014 (links) en 21/05/2014 (rechts)

3.2.2. Sedimentconcentratie

Figuur 7 geeft het overzicht van de sedimentconcentraties op het moment van het halftij-eb langsheen de Boven-Zeeschelde voor de meetcampagne van mei 2014. Hierbij is de sedimentconcentratie nabij de bodem systematisch hoger dan deze nabij het wateroppervlak. De sedimentconcentraties nabij de bodem zijn tussen de 50 en 200% hoger dan deze nabij het oppervlak.

Nabij de bodem varieert de sedimentconcentratie tussen 50 mg/l en 300 mg/l. Ter hoogte van KM 22 treedt een zeer hoge waarde op die, aangezien de piek niet voorkomt nabij het oppervlak, vermoedelijk toe te schrijven is aan het oppompen van opgewoeld bodemsediment. De hoogste waarden (ca. 300 mg/l) zijn terug te vinden in het meeste afwaartse stuk (tussen Rupelmonde en de monding van de Durme), alsook rond KM 40. Tussen KM 20 tot KM 40 variëren de waarden rond 200 mg/l, terwijl opwaarts KM 45 de waarden zakken de waarden tot ca. 50 mg/l. Het verloop van de sedimentconcentratie nabij het oppervlak toont een iets ander verloop: eerst treedt er een geringe toename op van afwaarts (100 mg/l) tot KM 35 (160 mg/l), om vervolgens af te nemen naar opwaarts (tot 50 mg/l).



Figuur 7 – Overzicht korrelgrootte (d50 en foutenbalken die de d35 en d65 weergeven) en sedimentconcentratie Boven-Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) | 05/2014

3.2.3. Korrelgrootte

Tabel 4 geeft een overzicht van de karakteristieke diameters van de korrelgrootte van de stalen op enkele locaties langsheen de Boven-Zeeschelde. Op alle locaties bestaat het sediment in suspensie uit fijn silt met een D50 tussen 15 en 20 μm . Slechts een zeer kleine fractie (ca. 10%) van het sediment bestaat uit fijn zand (> 63 μm).

Tabel 4 – Overzicht korrelgrootte sediment Boven-Zeeschelde | 05/2014

Locatie	KM	D10 [μm]	D35 [μm]	D50 [μm]	D65 [μm]	D90 [μm]	< 63 μm [%]
Rupelmonde	2	3,0	9,1	14,9	25,7	94,1	88,0
Tielrode	10	3,4	9,7	14,7	22,2	71,5	90,5
Sint Amands	20	4,0	11,6	16,7	23,7	63,6	92,4
Dendermonde	30	5,0	13,8	19,1	26,0	58,4	93,9
Schoonaarde	40	5,2	13,9	18,9	25,2	51,5	94,9
Schellebelle	50	5,5	13,1	17,8	24,1	59,2	95,1
Melle	60	4,7	11,1	15,0	20,5	57,1	94,1

3.3. September 2014

De meting werd uitgevoerd met de MS Veremans (DAB Vloot). Volgende gegevens zijn van toepassing (tijden in lokale tijd):

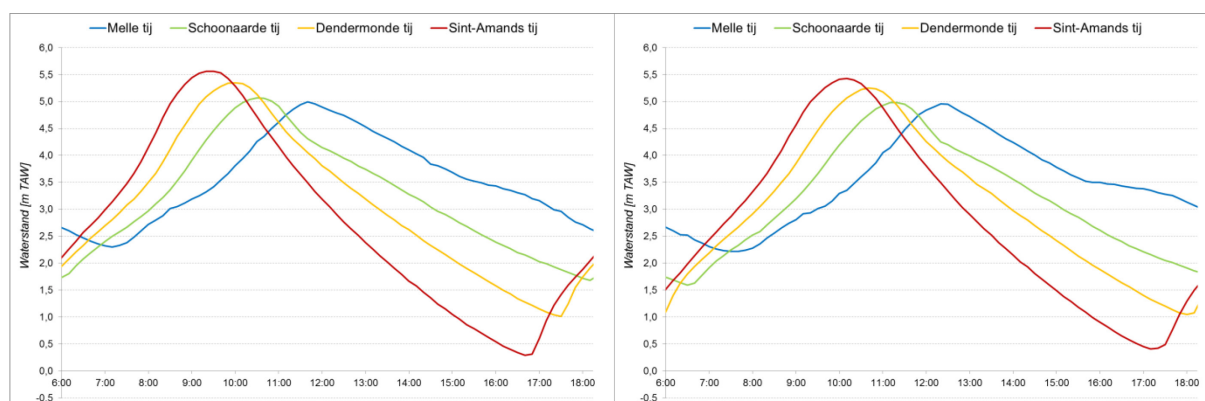
- Dag 1 – 1 september 2014
 - Aanvang meting te Dendermonde (KM 32) om 13u35
 - Einde meting te Melle (KM 60) om 16u10
- Dag 2 – 2 september 2014
 - Aanvang meting te Rupelmonde (KM 2) om 12u35
 - Einde meting te Dendermonde (KM 32) om 14u55

3.3.1. Getij

Tabel 5 geeft een overzicht van de belangrijkste getijkarakteristieken tijdens beide meetdagen. Figuur 8 geeft het verloop weer van de waterstanden langsheen de Boven-Zeeschelde tijdens beide meetdagen. De metingen werden uitgevoerd bij condities overeenkomstig met een gemiddeld getij (getijfactor resp. 1,04 en 1,01).

Tabel 5 – Overzicht waterstanden Boven-Zeeschelde | 09/2014

Getijpost	KM (t.o.v. monding Rupel)	HW		LW	
		[m TAW]	[lokale tijd]	[m TAW]	[lokale tijd]
1 september 2014					
Dendermonde	30	5,35	10u00	1,01	17u30
Schoonaarde	42	5,07	10u30	1,68	18u10
Melle	60	4,99	11u40	2,23	19u30
2 september 2014					
Schelle	0	Geen data beschikbaar			
Sint-Amands	17	5,43	10u10	0,41	17u10
Dendermonde	30	5,25	10u40	1,05	18u00

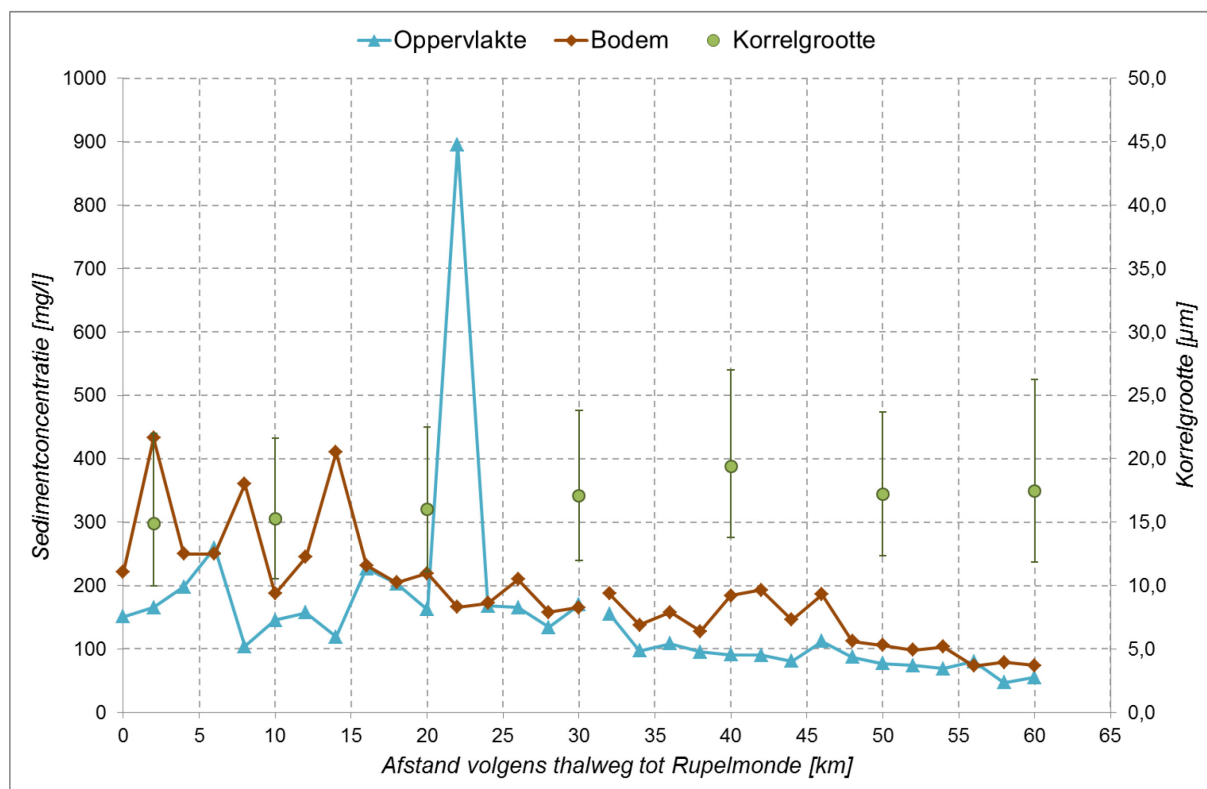


Figuur 8 – Waterstanden langsheen het traject tijdens meetdagen: 1/09/2014 (links) en 2/09/2014 (rechts)

3.3.2. Sedimentconcentratie

Figuur 9 geeft het overzicht van de sedimentconcentraties op het moment van het half-tij-eb langsheen de Boven-Zeeschelde voor de meetcampagne van september 2014. Hierbij is de sedimentconcentratie nabij de bodem systematisch hoger dan deze nabij het wateroppervlak. De sedimentconcentraties nabij de bodem zijn tussen de 10 en 100% hoger dan deze nabij het oppervlak, met enkele uitschieters (KM 2, KM 8 en KM 14).

Nabij de bodem varieert de sedimentconcentratie tussen 80 mg/l en 450 mg/l. De hoogste waarden (ca. 300 mg/l, met uitschieters tot 450 mg/l) zijn terug te vinden in het meeste afwaartse stuk (tussen Rupelmonde en de monding van de Durme). Vanaf KM 15 daalt de sedimentconcentratie geleidelijk van 200 mg/l tot ca. 100 mg/l. Het verloop van de sedimentconcentratie nabij het oppervlak is gelijkaardig: geleidelijk afnemend van afwaarts (200 mg/l) naar opwaarts (50 mg/l), met één uitschieter ter hoogte van KM 22 (waarschijnlijk meetfout).



Figuur 9 – Overzicht korrelgrootte (d50 en foutenbalken die de d35 en d65 weergeven) en sedimentconcentratie Boven-Zeeschelde half-tij-eb (oppervlakte en bodem) | 09/2014

3.3.3. Korrelgrootte

Tabel 6 geeft een overzicht van de karakteristieke diameters van de korrelgrootte van de stalen op enkele locaties langsheen de Boven-Zeeschelde. Op alle locaties bestaat het sediment in suspensie uit fijn silt met een D50 tussen 15 en 20 μm . Slechts een zeer kleine fractie (ca. 10%) van het sediment bestaat uit fijn zand ($> 63 \mu\text{m}$).

Tabel 6 – Overzicht korrelgrootte sediment Boven-Zeeschelde | 09/2014

Locatie	KM	D10 [μm]	D35 [μm]	D50 [μm]	D65 [μm]	D90 [μm]	< 63 μm [%]
Rupelmonde	2	3,3	10,0	14,9	22,0	59,2	91,8
Tielrode	10	3,6	10,5	15,3	21,6	49,6	93,0
Sint Amands	20	3,8	11,1	16,0	22,5	51,0	93,5
Dendermonde	30	4,2	12,0	17,1	23,8	52,8	93,5
Schoonaarde	40	4,9	13,8	19,4	27,0	64,2	93,1
Schellebelle	50	4,7	12,3	17,2	23,7	52,5	94,8
Melle	60	4,5	11,9	17,5	26,3	74,7	93,2

3.4. November 2014

De meting werd uitgevoerd met de MS Veremans (DAB Vloot). Volgende gegevens zijn van toepassing (tijden in lokale tijd!):

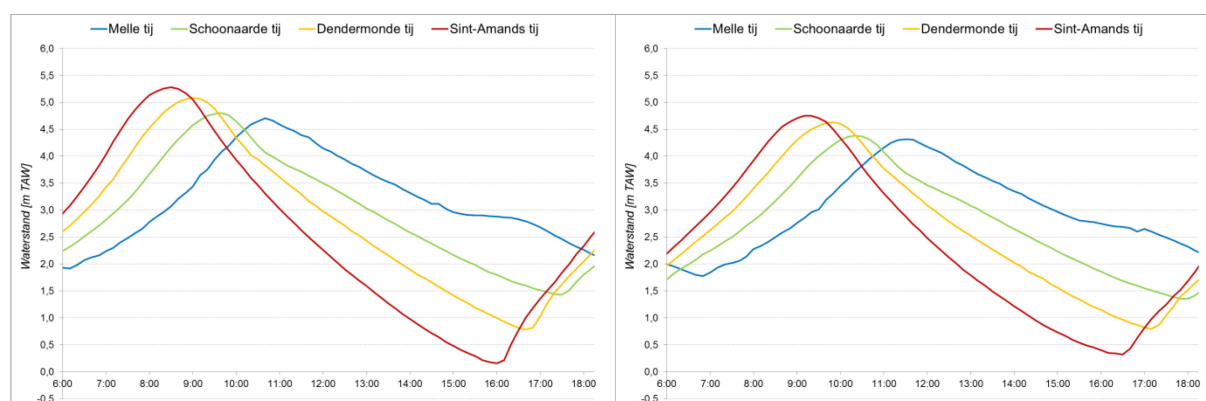
- Dag 1 – 13 november 2014
 - Aanvang meting te Dendermonde (KM 32) om 11u55
 - Einde meting te Melle (KM 60) om 14u45
- Dag 2 – 14 november 2014
 - Aanvang meting te Rupelmonde (KM 2) om 11u45
 - Einde meting te Dendermonde (KM 32) om 14u45

3.4.1. Getij

Tabel 7 geeft een overzicht van de belangrijkste getijkarakteristieken tijdens beide meetdagen. Figuur 10 geeft het verloop weer van de waterstanden langsheen de Boven-Zeeschelde tijdens beide meetdagen. De metingen werden uitgevoerd bij getijcondities overeenkomstig met een gemiddeld getij en matig doottij (getijfactor resp. 1,03 en 0,92).

Tabel 7 – Overzicht waterstanden Boven-Zeeschelde | 11/2014

Getijpost	KM (t.o.v. monding Rupel)	HW		LW	
		[m TAW]	[lokale tijd]	[m TAW]	[lokale tijd]
13 november 2014					
Dendermonde	30	5,08	09u00	0,78	16u40
Schoonaarde	42	4,79	09u30	1,43	17u30
Melle	60	4,71	10u40	2,00	18u50
14 november 2014					
Schelle	0	Geen data beschikbaar			
Sint-Amands	17	4,75	09u20	0,32	16u30
Dendermonde	30	4,63	09u50	0,80	17u10

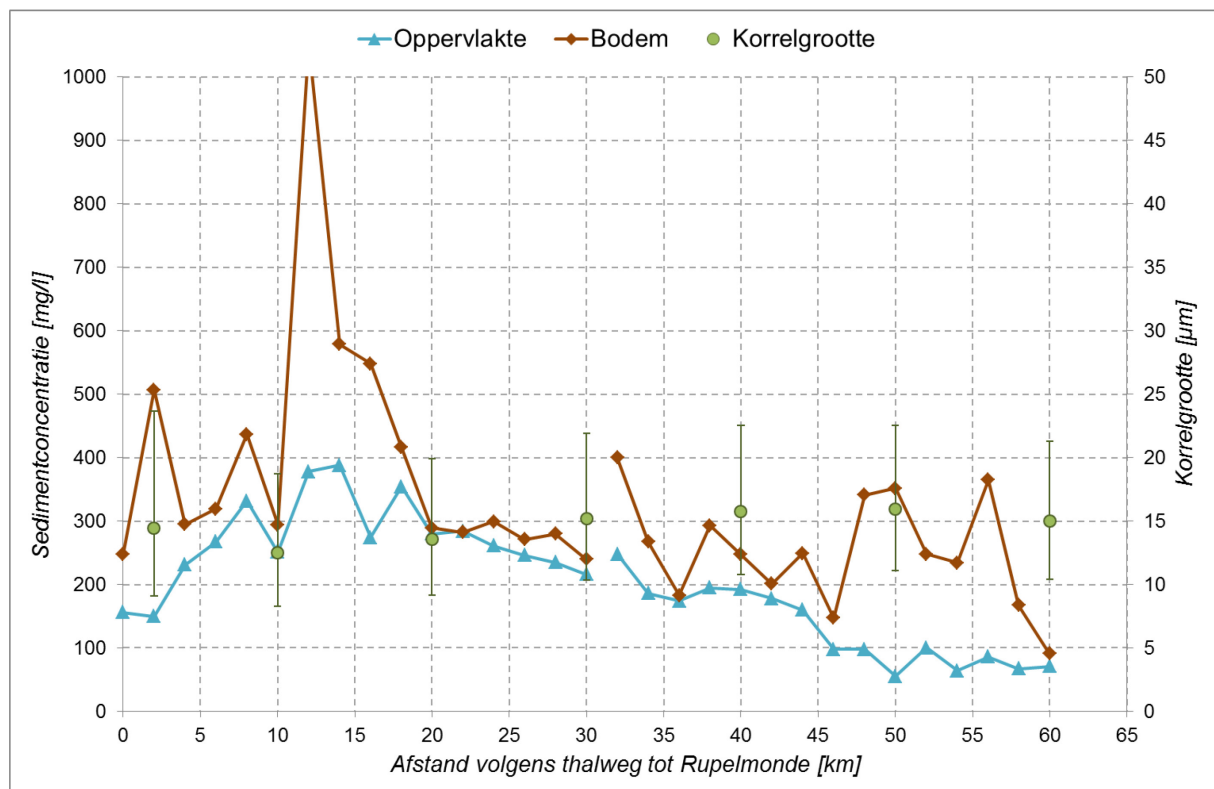


Figuur 10 – Waterstanden langsheen het traject tijdens meetdagen: 13/11/2014 (links) en 14/11/2014 (rechts)

3.4.2. Sedimentconcentratie

Figuur 11 geeft het overzicht van de sedimentconcentraties op het moment van het halftij-eb langsheen de Boven-Zeeschelde voor de meetcampagne van november 2014. Hierbij is de sedimentconcentratie nabij de bodem systematisch hoger (20 tot 200%) dan deze nabij het wateroppervlak.

Nabij de bodem varieert de sedimentconcentratie tussen 200 mg/l en 600 mg/l. De hoogste waarden (tot 600 mg/l met uitschieter tot 1050 mg/l ter hoogte van de Durme-monding) zijn terug te vinden in het meeste afwaartse stuk (tussen Rupelmonde en de monding van de Durme). Vanaf KM 20 zakken de waarden geleidelijk tot ca. 200 mg/l op KM 45 (Dendermonde). Verder opwaarts neemt de sedimentconcentratie terug toe (tot 350 mg/l), om helemaal opwaarts terug te zakken tot 100 mg/l. Het verloop van de sedimentconcentratie nabij het oppervlak is gelijkaardig: geleidelijk afnemend van afwaarts (400 mg/l) naar opwaarts (80 mg/l). De verhoging tussen KM 45 en KM 55 komt niet voor in de oppervlakte concentratie.



Figuur 11 – Overzicht sedimentconcentratie Boven-Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) | 11/2014

3.4.3. Korrelgrootte

Tabel 8 geeft een overzicht van de karakteristieke diameters van de korrelgrootte van de stalen op enkele locaties langsheen de Boven-Zeeschelde. Op alle locaties bestaat het sediment in suspensie uit fijn silt met een D50 tussen 12 en 16 μm . Slechts een zeer kleine fractie (ca. 10%) van het sediment bestaat uit fijn zand ($> 63 \mu\text{m}$).

Tabel 8 – Overzicht korrelgrootte sediment Boven-Zeeschelde | 12/2013

Locatie	KM	D10 [μm]	D35 [μm]	D50 [μm]	D65 [μm]	D90 [μm]	< 63 μm [%]
Rupelmonde	2	3,0	9,1	14,4	23,7	80,3	89,4
Tielrode	10	2,8	8,3	12,5	18,7	54,7	90,5
Sint Amands	20	3,2	9,1	13,5	19,9	52,1	91,8
Dendermonde	30	3,6	10,3	15,2	21,9	53,2	92,9
Schoonaarde	40	3,8	10,8	15,8	22,6	51,9	93,6
Schellebelle	50	3,9	11,1	16,0	22,5	51,1	93,9
Melle	60	3,8	10,4	15,0	21,3	51,7	92,9

3.5. Beneden-Zeeschelde

Zoals reeds eerder aangehaald werden de metingen in de Boven-Zeeschelde uitgevoerd als aanvulling op reeds lopende metingen in de Beneden-Zeeschelde. Tabel 9 geeft een overzicht van de dag dat de meting uitgevoerd werd in de Beneden-Zeeschelde en in de figuren gebruikt worden voor het volledige lang profiel van de Zeeschelde. Deze resultaten van de metingen in dezelfde periode worden gerapporteerd in Bijlage A.

Tabel 9 – Overzicht vaardata halftij-eb Beneden-Zeeschelde

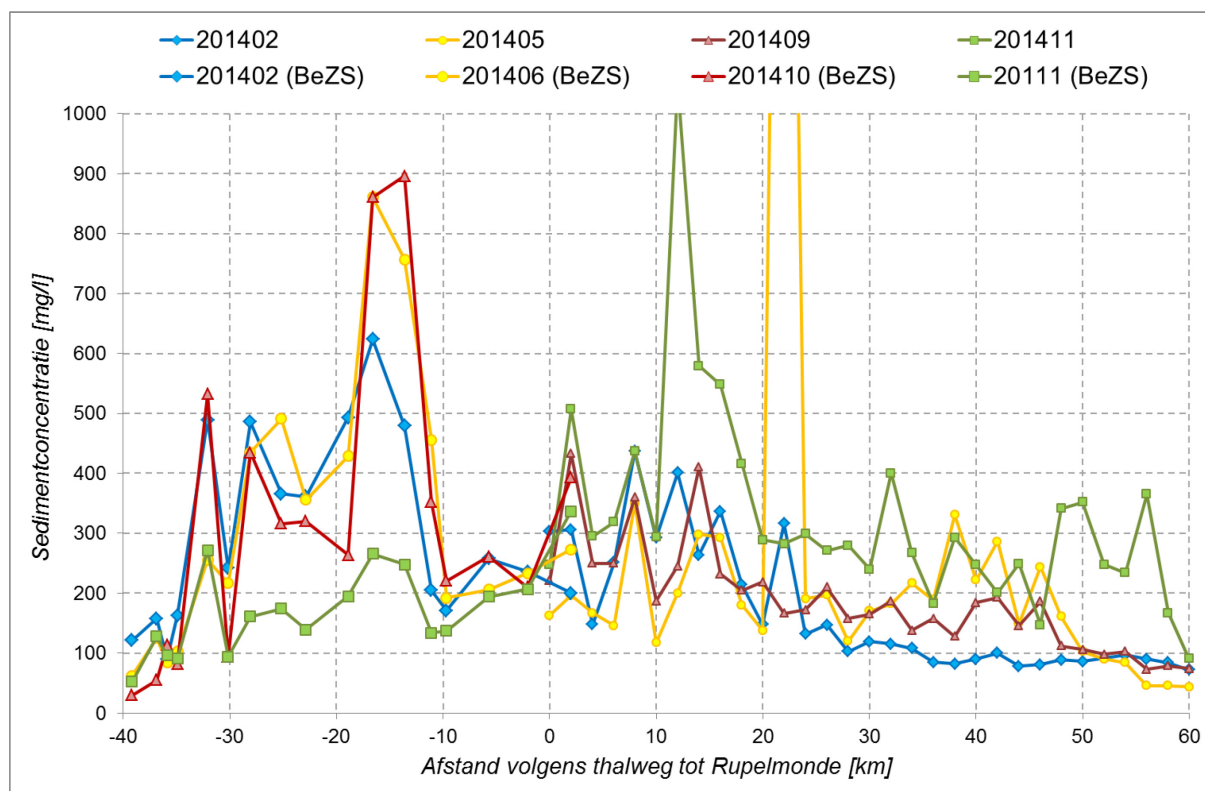
Boven-Zeeschelde	Beneden-Zeeschelde
5 en 6 februari 2014	7 februari 2014
20 en 21 mei 2014	4 juni 2014
1 en 2 september 2014	1 oktober 2014
13 en 14 november 2014	14 november 2014

3.6. Discussie

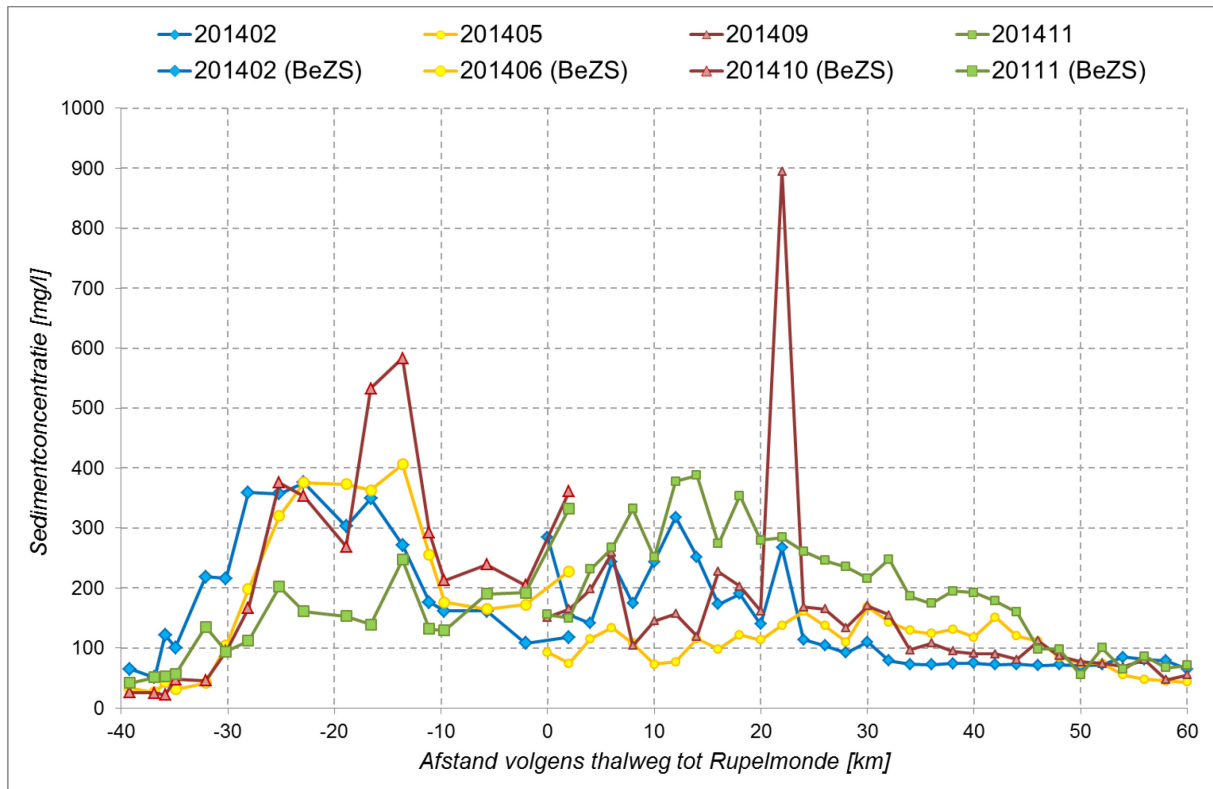
Figuur 12 (bodem) en Figuur 13 (oppervlak) geeft de seizoenale variatie van de sedimentconcentratie langsheen de Zeeschelde. Hierbij worden de uitgevoerde metingen gerelateerd aan karakteristieke periodes (zie Figuur B 1 voor verloop bovenafvoer). De meting uitgevoerd in februari is representatief voor een winter-periode, wat overeenkomt met een voorafgaande periode van hogere bovenafvoeren. Omgekeerd, is de meting uitgevoerd in het najaar representatief voor een zomer-periode, wat overeenkomt met een voorafgaande periode van lage bovenafvoeren. Voor 2014 trad er eind augustus een hogere bovenafvoer op, waardoor de meting van begin september niet representatief is voor de zomer-periode. Echter, de meting uitgevoerd in november heeft plaatsgevonden voor de eerste grote bovenafvoeren in het najaar en alzo is deze representatief voor de zomer-periode.

Inzake sedimentconcentratie is een onderscheid (minder uitgesproken dan in 2013) terug te vinden tussen winter- en zomerperiode. Voor de winter worden de hoogste sedimentconcentraties teruggevonden in de Beneden-Zeeschelde, met een maximum van ca. 400 mg/l (oppervlak) – 600 mg/l (bodem) ter hoogte van Antwerpen. De Boven-Zeeschelde opwaarts Dendermonde wordt gekenmerkt door waarden lager dan 100 mg/l. Voor de zomer worden de hoogste sedimentconcentraties (ca. 400 mg/l) teruggevonden in het afwaartse deel van de Boven-Zeeschelde (ter hoogte van Temse). Ook meer opwaarts komen hogere waarden (ca. 300 mg/l nabij de bodem) voor, terwijl in de Beneden-Zeeschelde de sedimentconcentratie ca. 150 mg/l bedraagt.

Deze ruimtelijke variatie van de sedimentconcentratie hangt samen met de variatie in bovenafvoer en daarmee ook de ligging van de saliniteitsgradiënt: in de winter hebben de hogere bovenafvoeren het sediment naar afwaarts getransporteerd (korte verblijftijd), terwijl in de drogere zomermaanden het getij ervoor zorgt dat het sediment zich meer opwaarts bevindt (lange verblijftijd).



Figuur 12 – Overzicht sedimentconcentratie Zeeschelde halftij-eb 2014 (bodem)



Figuur 13 – Overzicht sedimentconcentratie Zeeschelde halfij-eb 2014 (oppervlak)

4. Conclusie en aanbevelingen

4.1. Conclusies

In 2014 werden de halftij-eb metingen, die maandelijks uitgevoerd worden in de Beneden-Zeeschelde, 3-maandelijks uitgevoerd in de Boven-Zeeschelde. Op basis van de meetcampagnes blijkt een grote variatie (in tijd en ruimte) te kunnen bestaan in de sedimentconcentraties langsheen de ganse Zeeschelde. Het sediment dat in suspensie wordt getransporteerd in de Boven-Zeeschelde bestaat hoofdzakelijk uit silt, met een d50 tussen 10 µm en 20 µm.

In de winter komen de hoogste sedimentconcentraties voor in de Beneden-Zeeschelde, met waardes nabij het oppervlak tot 400 mg/l, nabij de bodem tot 600 mg/l. Gedurende deze periode neemt de sedimentconcentratie geleidelijk af naar opwaarts (50 mg/l in het opwaartse stuk van de Boven-Zeeschelde). Dit is te verklaren door de kortere verblijftijd van het sediment bij de hogere bovenafvoeren, waardoor het sediment als het ware uit de Boven-Zeeschelde gespoeld wordt richting de Beneden-Zeeschelde.

In het najaar komen de hoogste sedimentconcentraties voor in het afwaartse deel van de Boven-Zeeschelde, met waardes nabij het oppervlak tot 450 mg/l. Het opwaartse deel van de Boven-Zeeschelde wordt gekenmerkt door lagere waardes (ca. 150 mg/l), doch dit is hoger dan in de winter. De Beneden-Zeeschelde heeft eveneens waardes van ca. 200 mg/l, wat dan weer lager is dan in de winter. Deze patronen zijn vergelijkbaar met deze die in 2013 werden vastgesteld.

De sedimentconcentraties nabij de bodem liggen systematisch hoger, waarbij de verhoging varieert tussen 20 en 200%. Lokaal kunnen er sedimentconcentraties optreden tot 1000 mg/l.

4.2. Aanbevelingen

Het verdient de aanbeveling om de variatie van de sedimentconcentratie zowel in ruimte (over dwarsprofiel), als in tijd (fase binnen de eb) in beeld te brengen. Op deze manier kan een indicatie verkregen worden van de gevoeligheid van het moment als van de plaats van staalname. Continue metingen op bepaalde locaties (met name opwaarts van Driegoten, de meest opwaartse locatie die momenteel bemeten) kunnen tevens toelaten de hierboven geformuleerde hypothese rond het belang van de bovenafvoer te bevestigen.

Een specifieke locatie die meer aandacht zou moeten krijgen is KM 22 (nabij Baasrode), waar meermaals “uitschieters” worden genoteerd. Uit de terreinwaarnemingen blijkt dat zich lokaal over bepaalde fases van het getij zeer sterke stromingen kunnen voordoen, die mogelijks zorgen voor lokale verhogingen in de sedimentconcentratie (en dus niet als meetfout zouden moeten worden bestempeld).

Naast de Boven-Zeeschelde, verdient het de aanbeveling om de meetcampagne uit te breiden naar de Rupel, aangezien deze tak van het estuarium verantwoordelijk is voor een belangrijke aanvoer van sediment (met name Dijle en Zenne).

5. Referenties

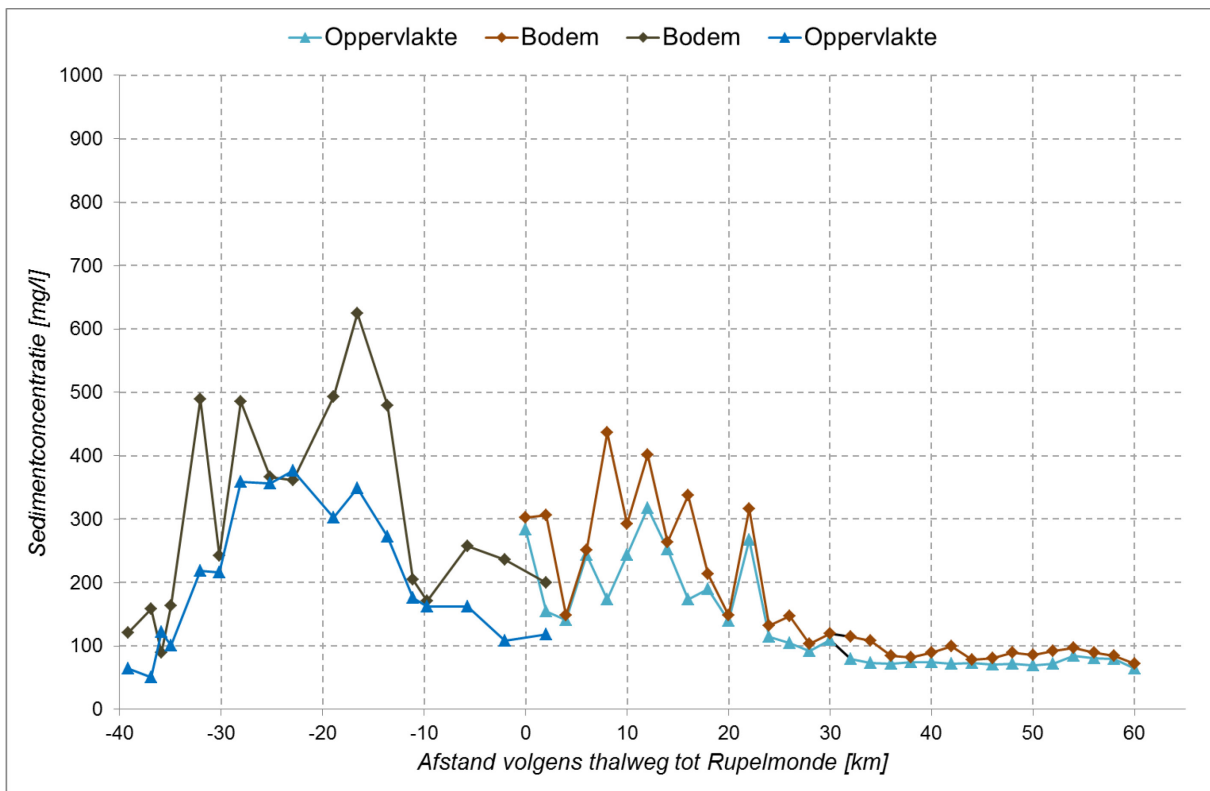
Plancke, Y.; Taverniers, E.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2013). Slibbalans-Zeeschelde: Deelrapport 1 - Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2012. Versie 2.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Plancke, Y.; Vereecken, H.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014a). Slibbalans-Zeeschelde: Deelrapport 5 - Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2013. Versie 4.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

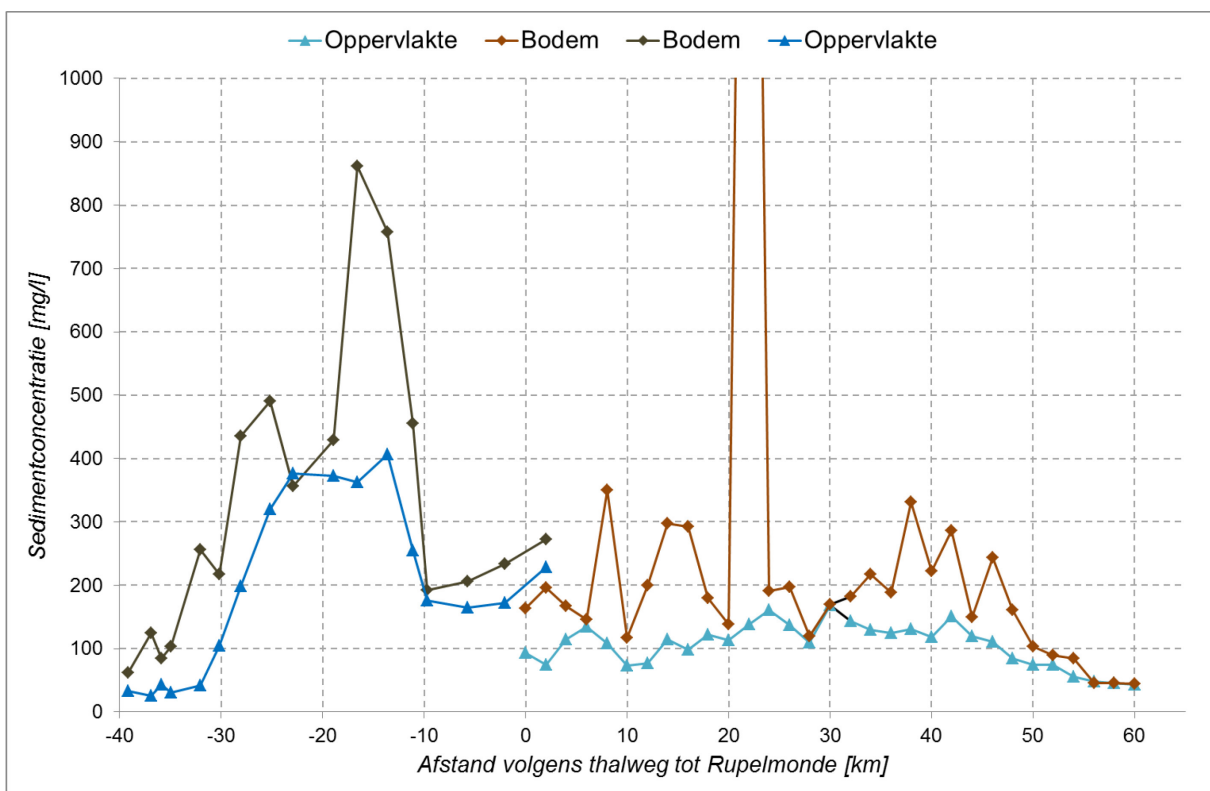
Plancke, Y.; Schramkowski, G.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014b). Kubatuurberekening voor het Schelde-estuarium: Karakteristieke getijden uit het decennium 1991 - 2000 en topo-bathymetrische gegevens uit 2001. Versie 3.0. WL Rapporten, 00_157. Waterbouwkundig Laboratorium : Antwerpen, België.

Vanlierde, E.; Vereecken, H.; Plancke, Y.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2013). MONEOS -- jaarboek monitoring WL 2012: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2012. Versie 2_0. WL Rapporten, 12_070_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

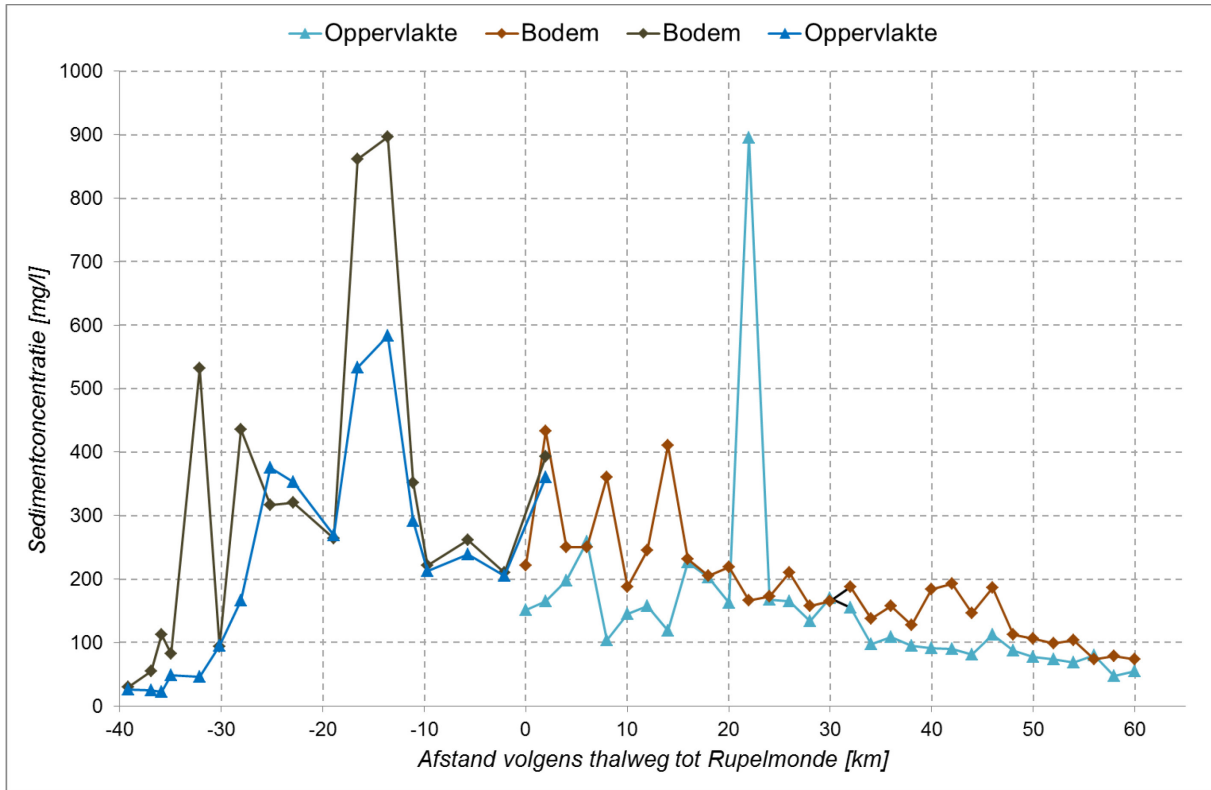
Bijlage A – Sedimentconcentratie Beneden-Zeeschelde



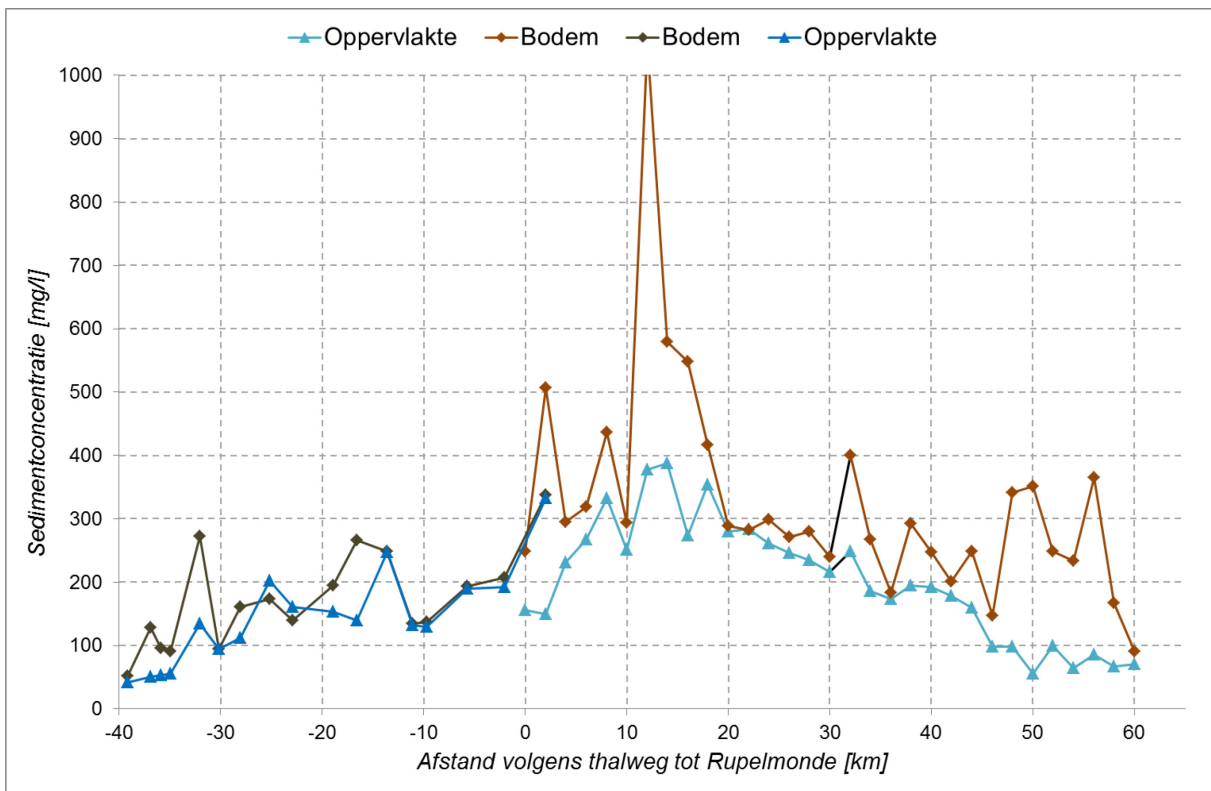
Figuur A 1 – Overzicht sedimentconcentratie Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) | 02/2014



Figuur A 2 – Overzicht sedimentconcentratie Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) | 05/2014



Figuur A 3 – Overzicht sedimentconcentratie Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) | 09/2014

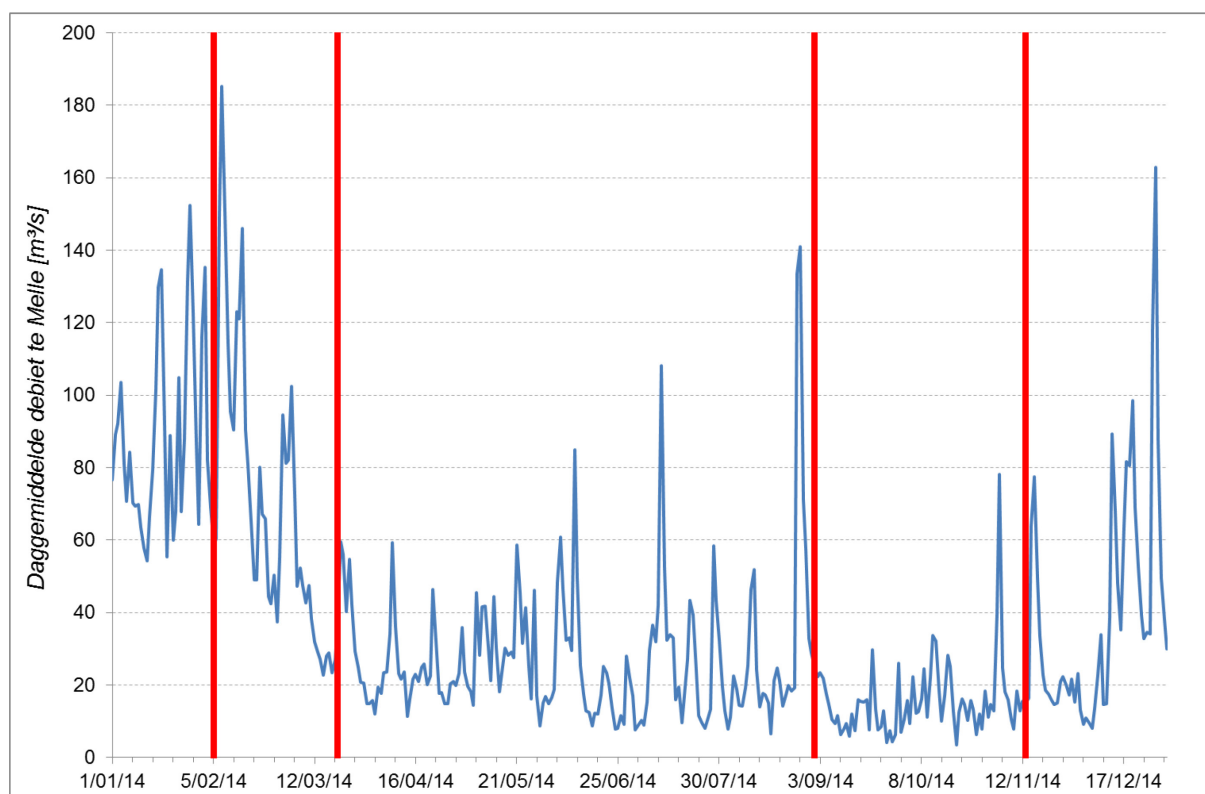


Figuur A 4 – Overzicht sedimentconcentratie Zeeschelde halftij-eb (oppervlakte en bodem) | 11/2014

Bijlage B – Overzicht getij- en debietskarakteristieken

Tabel B 1 – Overzicht 10-jarlijks gemiddelde waterstanden
[bron: WL, in voorbereiding]

Getijpost	Gemiddeld		Springtij		Doodtij	
	HW [m TAW]	LW [m TAW]	HW [m TAW]	LW [m TAW]	HW [m TAW]	LW [m TAW]
Schelle	+5,47	+0,07	+5,86	-0,15	+4,91	+0,38
Dendermonde	+5,30	+1,13	+5,63	+1,14	+4,84	+1,12



Figuur B 1 – Overzicht bovenafvoer Boven-Zeeschelde t.h.v. Melle (**rode lijn** = meting)



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

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