departement
Mobiliteit en
Openbare Werken

MONEOS - jaarboek monitoring WL BASISBOEK

OVERZICHT MONITORING HYDRODYNAMIEK EN FYSISCHE PARAMETERS ZOALS DOOR WL IN HET ZEESCHELDEBEKKEN GEMETEN - UITLEGGEND BASISBOEK MET ALGEMENE SITUERING, METHODOLOGIE EN ACHTERGROND

12_070 WL Rapporten

waterbouwkundig LABORATORIUM

Vlaamse overheid

waterbouwkundig LABORATORIUM

MONEOS - jaarboek monitoring WL - BASISBOEK

Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in het Zeescheldebekken gemeten - uitleggend basisboek met algemene situering, methodologie en achtergrond

ir. Eric Taverniers , ir. Yves Plancke en dr. Frank Mostaert

juni 2013

WL2013R12_070_rev3_0

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Taverniers, E.; Plancke Y. en Mostaert, F. (2013).
MONEOS - jaarboek monitoring WL - BASISBOEK: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in het Zeescheldebekken gemeten - uitleggend basisboek met algemene situering, methodologie en achtergrond. Versie 3_0. WL Rapporten, Projectnr 12_070. 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

D/2013/3241/215

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

Documentidentificatie

Titel:	MONEOS - jaarboek monitoring WL - BASISBOEK: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in het Zeescheldebekken gemeten - uitleggend basisboek met algemene situering, methodologie en achtergrond		
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2013R12_070_rev3_0
Keywords (3-5):	Zeescheldebekken Moneos monitoring jaarboek 2012 basisboek		
Tekst (p.):	293	Tabellen (p.):	30
Bijlagen (p.):	7	Figuren (p.):	241
Vertrouwelijk:	☐ Ja	Uitzondering:	☐ Opdrachtgever
			☐ Intern
			☐ Vlaamse overheid
		Vrijgegeven vanaf	
	☒ Nee		☒ Online beschikbaar

Goedkeuring

Auteur & Projectleider	Revisor	Afdelingshoofd
ir. Eric Taverniers	ir. Yves Plancke	dr. Frank Mostaert

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur
1_0	20 mei 2013	conceptversie	ir. Eric Taverniers
2_0	10 juni 2013	revisie	ir. Yves Plancke
3_0	20 juni 2013	definitieve versie	ir. Eric Taverniers

Abstract

Dit is een deel van het vijfde (jaarlijkse) zgde Moneos-rapport dat het Waterbouwkundig Laboratorium uitgeeft, met name over de monitoring van het jaar 2012. Eerdere rapporten gingen over 2008 t/m 2011.

In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010) wordt een uitgebreide monitoring in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken gedaan. Het handelt grotendeels over een continue systeem-monitoring, en waarvan het merendeel al decennia lang wordt bemeten. Zo voert het Waterbouwkundig Laboratorium in het Zeescheldebekken vele continue metingen uit over waterstand, debieten, stromingen, chloridegehaltes, turbiditeit en andere fysische parameters.

De Moneos-rapportage is vanaf het Jaarboek 2012 in twee boeken verdeeld. Ten eerste is er een uitleggend basisboek, m.n. onderhavig deel, dat nog voor enkele jaren als “moeder”-boek moet fungeren, en waarin de algemene uitleg van zowel monitoring als resultaten is weergegeven. Ten tweede is er het eigenlijke -relatief dunne- jaarboek zelf, waarin meerbepaald de monitoring zoals die in het voorbije jaar is verlopen, als “factual data report” wordt voorgesteld. Dat jaarboek heeft de bedoeling om een jaarbeeld 2012 te schetsen van de meetresultaten van getij, bovendebieten en andere parameters zoals stromingen, conductiviteit en turbiditeit, doch waarin voor de uitleg naar dit basisboek wordt verwezen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Inhoudstafel

Inhoudstafel I
Voorwoord III
Lijst van de tabellen V
Lijst van de figuren VII
1 Overzicht getijwaarnemingen 1
1.1 algemeen: het getij in het Zeescheldebekken 1
1.2 meetlocaties van het getij in het Zeescheldebekken 2
1.3 het (normale) optreden van het getij in het Zeescheldebekken 6
1.4 Getijwaarnemingen te Antwerpen-Loodsgebouw 15
1.4.1 globaal jaaroverzicht getijwaarnemingen te Antwerpen-Loodsgebouw 15
1.4.2 getijwaarnemingen Antwerpen-Loodsgebouw in historisch perspectief 28
1.4.3 optreden van stormvloeden of niet 43
1.4.4 optreden van speciale tijen 54
1.5 Getijwaarnemingen op overige tijmeetposten 69
1.5.1 globaal overzicht getijwaarnemingen 69
1.5.2 getijwaarnemingen in historisch perspectief 72
1.5.3 optreden van stormvloeden of niet 92
1.5.4 opgetreden wasregimes en de invloed op het getij 95
1.5.5 en nog wat evolutie van het getij, maar dan aangaande duurtijden 96
2 Jaaroverzicht bovendebieten Zeescheldebekken 104
2.1 overzicht meetlocaties van bovendebieten aan de randen van het tijgebied 104
2.2 overzicht bovendebieten aan de randen van het tijgebied 107
2.2.1 globaal jaarlijks overzicht 107
2.2.2 wasregimes 113
2.2.3 droogteperiodes 131
2.2.4 bovendebieten meetraaien in historisch perspectief 134
2.3 doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts 141
2.3.1 klassieke (tiendaagse) methode ir. R. Codde (1949) 141
2.3.2 nieuwe (vijfdaagse) methode ir. E. Taverniers (2009) 143
2.3.3 doorrekening bovendebieten per decade naar de “Schelde te Schelle” 147
2.3.4 bovendebieten "Schelde te Schelle" in historisch perspectief 150

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.3.5 doorrekening bovendebieten naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis (“pentades”) en met tijdsvertraging (nieuwe methode) 154

2.3.6 bovendebieten "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis ("pentades") en met tijdsvertraging (nieuwe methode), in historisch perspectief 159

3 Jaaroverzicht "fysische parameters" 162

3.1 aanduiding "fysische parameters" 162

3.1.1 algemeen 162

3.1.2 continue meetlocaties "fysische parameters" 163

3.1.3 gebruikte meettoestellen 164

3.1.4 normale verlopen van “fysische parameters” in functie van het getij 169

3.1.5 normale verlopen van “fysische parameters” in functie van de seizoenen 182

3.1.6 verlopen van “fysische parameters” in functie van zowel het tij als de seizoenen 188

3.2 jaarverloop stroomsnelheid- en richting meetlocaties Zeeschelde 220

3.2.1 verloop van stroomsnelheid 220

3.2.2 verloop van stroomrichting 224

3.3 jaarverloop temperatuur continue meetlocaties 228

3.4 jaarverloop conductiviteit en chloridegehalte continue meetlocaties 235

3.5 jaarverloop turbiditeit en suspensiegehalte meetlocaties Zeeschelde 245

3.5.1 turbiditeiten te Oosterweel, Boei 84 en Driegoten 246

3.5.2 suspensiegehaltes te Oosterweel, Boei 84 en Driegoten 250

3.5.3 turbiditeiten en suspensiegehaltes te Melle en te Duffelsluis 255

3.6 Dertienuursmetingen (stroming en sedimentconcentratie) dwarsraaien 262

3.6.1 algemeen 262

3.6.2 dertienuursmeting (stroming en sedimentconcentratie) aan Liefkenshoek 264

3.6.3 dertienuursmeting (stroming en sedimentconcentratie) aan Oosterweel 278

3.6.4 dertienuursmeting (stroming en sedimentconcentratie) aan Driegoten 284

3.7 Beneden-Zeeschelde aan Galgeschoor: golfmetingen tussen vaargeul en schor 291

3.7.1 meetopzet 291

3.7.2 meetgegevens 2011 293

Bijlage 1: MONEOS-T-parameters B1

A. Situering B1

B. Methodologie B1

C. Resultaten B2

Bijlage 2: Referenties B7

Colofon B8

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Voorwoord

In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010), beantwoordend aan de doelstellingen van de Lange-Termijn-Visie 2030 (LTV-2030), wordt onder de naam **MONEOS** (**MON**itoring **E**ffecten **O**ntwikkeling-**S**chets) een uitgebreide monitoring uitgevoerd in het mondingsgebied van het Schelde-estuarium, in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken. Daarbij handelt het grotendeels over een continue systeem-monitoring, deels over project- en kleinendeels over studie-monitoring. Veel van de systeem-monitoring is een verderzetting van al decennia lang bestaande meetnetten en metingen, of is er een uitbreiding van naar meer locaties of naar meer parameters.

Het globale MONEOS-programma omhelst verschillende delen, zowel naar:
- de drie luiken (zijnde T = toegankelijkheid, N = natuurlijkheid, en V = veiligheid);
- de aard van de te meten parameters (hydraulisch, morfologisch, fysico-chemisch, biologisch enz.);
- en de plaats (onderwaterbodem, water, slikken en platen, schorren, gebieden aan landzijde van de dijk zoals overstromingsgebieden, gebieden met gecontroleerd gereduceerd getij, enz.).

In het Zeescheldebekken voert het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) van het Depar-tement Mobiliteit en Openbare Werken (MOW) van de Vlaamse Overheid, vele continue metingen uit over waterstand, debiet, stroming, conductiviteit/chloridegehalte, turbiditeit/suspensiegehalte, en andere fysische parameters, en waarvan zeer vele metingen in het globale MONEOS-programma mee opgenomen zijn.

De huidige MONEOS-rapportage geeft een globaal overzicht van de aldus in 2012 door het Waterbouwkundig Laboratorium in eigen regie en uitvoering gedane monitoring in het Zeescheldebekken en dat kadert in MONEOS. Het gaat in die rapportage veelal om basis-parameters van het Zeescheldebekken, parameters die eigen zijn aan het beleidsdomein "mobiliteit en openbare werken" waartoe het Waterbouwkundig Laboratorium behoort. Voorbeelden zijn :

- **waterstanden** (het tij in het Zeescheldebekken);
- **bovendebieten** (de afvoer van het hydrografisch bekken opwaarts en doorheen het tijgebied);
- **temperatuur, conductiviteit en chloridegehalte** van vnl. het water van Zeeschelde en Nete;
- **stromingen** (o.a. stroomsnelheid en -richting op continue en singuliere meetplaatsen);
- **turbiditeit en suspensiegehalte** (grotendeels op continue meetplaatsen in Zeeschelde en Nete aangevuld met metingen aan de opwaartse rand van het tijbekken).

De MONEOS-rapportage verloopt in jaarlijkse rapporten. Tot heden verliep dit in één enkel dik verslag per jaar. Vanaf nu wordt de rapportage verdeeld over twee luiken. Ten eerste is er een basisboek, met algemene situering en uitleg van de monitoring, van de verwerking en de presentatie der meetresultaten, en met een uitgebreid verhaal over de betekenis van die meetresultaten en van hun onderlinge samenhang, zoals bvb. de invloed van de bovendebieten op het getij in de opwaartse regio's van het Zeescheldebekken, of op het chloridegehalte in de afwaartse regio's. Dit basisboek, dus het onderhavige rapport, geldt voor enkele jaren, d.w.z. dat het komende jaren niet opnieuw wordt aangemaakt maar pas als door wijzigingen in de monitoring noodzaak tot een heruitgave bestaat. Ten tweede is er een -alsdan relatief dun- jaarboek, dat het eigenlijke beeld van de jaarlijkse monitoring schetst, dus dat wel jaar op jaar wordt uitgegeven, daarbij telkens naar dit basisboek verwijzend.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Nogmaals: dat (dunne) jaarboek heeft dus de bedoeling om een jaarbeeld te schetsen van de meetresultaten van getij, bovendebieten en andere parameters zoals stromingen, conductiviteit en turbiditeit, doch waarin voor de uitleg naar het (onderhavige, dikke) basisboek wordt verwezen. Het jaar-boek is dan een verzameling van tabellen en grafieken die het verloop van de vernoemde parameters in het betrokken kalenderjaar weergeeft. Het jaarboek over 2012 is het vijfde in de reeks, en wordt als lustrum-uitgave *op ruime schaal gedrukt en verspreid, mede door de splitsing in een basisboek en het eigenlijke jaarboek, waarbij dat basisboek sowieso ruim verspreid moet zijn, doch ook omwille van een kennis-overdracht naar de jonge generatie van ingenieurs en andere betrokkenen van diverse diensten en instellingen die -al dan niet van nabij- met MONEOS en het Zeescheldebekken te maken hebben.*

Elk jaarrapport kent eigen klemtonen. Het eerste jaarbeeld (over 2008) gaf uiteraard bij alle aspecten van monitoring en resultaten, uitleg over de methodes, de interpretaties, de verbanden enz. Klemtoon werd uiteindelijk gelegd in het omrekenen van turbiditeit naar suspensiegehaltes en in het presenteren en uitleggen van die suspensiegehaltes in vnl. de Beneden-Zeeschelde, o.a. de invloed van de bovenafvoer van het Zeescheldebekken. Het twee jaarbeeld (over 2009) herhaalde veel uitleg, maar legde de klemtoon op de lange periode in zomer en nazomer, van aanhoudend kleine tot zeer kleine bovenafvoer, met het aantonen van de invloed op de conductiviteit (en chloridegehalte) en op de turbiditeit (en suspensiegehalte) in vnl. de Beneden-Zeeschelde. Het jaarbeeld over 2010 stond langer stil bij enerzijds de evolutie van het getij op verschillende meetposten, gezien het einde van een decennium (m.n. 2001-2010) dus het moment van het klassiekerwijze terugblikken op het getij in voorbije decennia, en anderzijds de invloed van zeer grote bovendebieten op het getij, gezien de lange en zeer grote wasperiode van november 2010, toen in rivieren en kanalen net opwaarts van het Zeescheldebekken veel wateroverlast optrad. Bij het jaarboek over 2011 kwam de evolutie van het getij op verschillende meetposten opnieuw aan bod, ook qua duurtijden van rijzing en daling, en van de vertragingen op de hoofdbasisposten. Naast ruim aangeven van de omzetting van gemeten turbiditeiten naar suspensiegehaltes, kwamen voor het eerst de uitgevoerde dertienuursmetingen aan bod, een nieuw deelhoofdstuk in de MONEOS-rapportage.

Het rapport over 2012 kent hierbij dus de primeur van het in twee luiken opsplitsen van de MONEOS-rapportage:

- **<u>een uitleggend basisboek</u> dat nu in 2013 verschijnt met de bedoeling om enkele jaren als ruim uitleggend "moeder-boek" mee te gaan;**

- **<u>en een specifiek voor 2012 geldend eigenlijk jaarboek</u> als een soort "factual data report" doch met zelf ook voldoende tekstgedeelten om het aantrekkelijk te houden, en waarin ook telkens de verschillende historische overzichten worden aangevuld om het evolutie-beeld up-to-date te houden.**

In de komende jaren wordt dus enkel een relatief dun jaarboek uitgegeven, waarin naar het huidige basisboek zal worden verwezen.

Om het eigenlijke jaarboek over 2012 niet voor de voeten te lopen, en gezien de nood-zaak om toch concrete meetresultaten en -verwerkingen te tonen, worden in het onderhavige basisboek de meeste voorbeelden gehaald uit -of tot en met- het jaar 2011.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Lijst van de tabellen

blz.

Tabel 1 - lijst van de langs de Zeeschelde opgestelde continue meetposten en met opgave van de per locatie gemeten parameters 4

Tabel 2 - lijst van de langs de overige tijrivieren opgestelde continue meetposten en met opgave van de per locatie gemeten parameters 5

Tabel 3 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: hoofdkenmerkende waarden van het tij over het jaar 2011 16

Tabel 4 - hoofdkenmerkende waarden getij Antwerpen-Loodsgebouw in het jaar 2011 en in vergelijking met langjarige waarden sinds 1971 28

Tabel 5 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen overzicht 2001-2011 van hoofdkenmerkende tijwaarden (HW's & LW's & tijverschillen) 30

Tabel 6 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen tienjarig overzicht 2001-2010 en jaaroverzicht 2011 van hoofdkenmerkende tijwaarden 31

Tabel 7 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen overzicht 2001-2010 en jaar 2011 van hoofdkenmerkende tijwaarden (m.n. de uiterste hoog- en laag-waterstanden) 32

Tabel 8 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel hoogwaters 2001-2011 verdeeld per decimeter TAW 33

Tabel 9 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel laagwaters 2001-2011 verdeeld per decimeter TAW 34

Tabel 10 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel tijverschillen 2001-2011 verdeeld per decimeter 35

Tabel 11 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel hoogwater-standen bij stormvloeden 1971-2012 verdeeld per decimeter 48

Tabel 12 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden 2011 70

Tabel 13 - Rupel, Beneden-Nete en Durme: overzicht per locatie van hoofdkenmerkende tijwaarden 2011 71

Tabel 14 - Zeeschelde: gemiddeld hoogwater 2011 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde hoogwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, en van het hoogste hoogwater ooit (dus ook van stormvloed februari 1953) 73

Tabel 15 - Zeeschelde: gemiddeld laagwater 2011 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde laagwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook van het laagste laagwater ooit (dus ook van vroegere decennia) 74

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Tabel 16 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld hoogwater 2011 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde hoogwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook van het hoogste hoogwater ooit (dus ook van stormvloed februari 1953) 75

Tabel 17 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld laagwater 2011 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde laagwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook van het laagste laagwater ooit (dus ook van vroegere decennia) 75

Tabel 18 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, jaar 2011 110

Tabel 19 - Zeescheldebekken: bovendebieten aan de meetraaien - jaar 2011 tiendaagse en maandelijkse gemiddelde waarden 112

Tabel 20 - decade-neerslagen te Ukkel november 2010 à januari 2011 114

Tabel 21 - Overzicht van de neerslag te Ukkel in de periode voor en tijdens de was van december 2011 119

Tabel 22 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de wasperiode van half november 2010 123

Tabel 23 - Zeescheldebekken: bovendebieten aan de meetraaien - maand november 2010 125

Tabel 24 - Overzicht van de meetplaatsen van de bovenafvoer, met waarde van de multiplicator van doorrekening naar de uitmonding van de betrokken rivier 142

Tabel 25 - overzicht van de (gemiddelde) tijdsvertraging van doorkomen van bovenafvoer aan de meetraaien, bij doorrekening naar Schelle (met o.a. Itegem en Grobbendonk) 145

Tabel 26 - overzicht van de (gemiddelde) tijdsvertraging van doorkomen van bovenafvoer aan de meetraaien, bij doorrekening te Schelle, (met Itegem en Grobbendonk door Duffelsluis vervangen) 146

Tabel 27 - Zeescheldebekken: algemeen overzicht 2011 van de afvoer van de tijrivieren, de zijbekkens, het Rupelbekken, en aan de Schelde te Schelle (klassieke methode ir. Codde) 148

Tabel 28 - de bovenafvoer van het Zeescheldebekken: vijfdaagse gemiddelde bovendebieten (pentades) van "de Schelde te Schelle" in 2011 155

Tabel 29 - Zeescheldebekken: overzicht van de in 2011 in dienst zijnde continue meettoestellen van “fysische parameters” 165

Tabel 30 - Beneden-Zeeschelde te Galgeschoor-Lillo: samenvatting van de belangrijkste statistische parameters golfmetingen voor verschillende deelperiodes 293

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Lijst van de figuren

blz.

Figuur 1 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met schetsmatige aanduiding van de grootste tij-beïnvloedende componenten 2

Figuur 2 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van de tijmeetposten (en debietmeetposten aan de rand van het tijgebied) 3

Figuur 3 - gemiddelde tijkrommen (springtij, middeltij en doodtij) in de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw 6

Figuur 4 - voortplanting getij vanuit Zuidelijke IJszee naar de Noordzee 7

Figuur 5 - Zeeschelde: uittekening van de gemiddelde (middel-)tijen van (bijna) alle tijmeet-locaties in Westerschelde en Zeeschelde. De tijkrommen zijn alle met hun vertraging t.o.v. het tijdstip van hoogwater te Vlissingen gezet 9

Figuur 6 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van gemiddelde tijverschillen en gemiddelde eb-volumes op enkele kenmerkende locaties 10

Figuur 7 - correlaties van hoogwater en laagwater tussen de geburige meetposten Liefkenshoek en Kallosluis 11

Figuur 8 - correlaties van hoogwater en laagwater tussen de geburige meetposten Schoonaarde en Uitbergen 13

Figuur 9 - correlaties van hoogwater en laagwater tussen de geburige meetposten Lier-Molbrug en Lier-Maasfort 14

Figuur 10 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2011 18

Figuur 11 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2011 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater 18

Figuur 12 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2011 door aanduiding van enkel het verloop van tijverschil 19

Figuur 13 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van (bovenaan) het astronomisch voorspelde tij en (onderaan) het waargenomen tij gedurende de maand december 2011 21

Figuur 14 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van het waargenomen getij en van het verschil tussen voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) voor de maand december 2011 22

Figuur 15 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van het waargenomen getij en van het verschil tussen voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) voor de maand juni 2011 24

Figuur 16 - Typisch verloop van een springtij en een doodtij te Antwerpen-Loodsgebouw met aangeven van het ogenblikkelijk hoogteverschil (bij rijzing en daling) per minuut 25

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 17 - Typisch verloop van springtij en doodtij te Antwerpen-Loodsgebouw doch waarbij de momenten van het eerst getoonde hoogwater bij springtij en idem bij doodtij, fictief naar éénzelfde ogenblik verschoven zijn 27

Figuur 18 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van hoogwater (1888-2011) 38

Figuur 19 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van hoogwater (1888-2012) 38

Figuur 20 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van laagwater (1888-2011) 40

Figuur 21 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van laagwater (1888-2012) 40

Figuur 22 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van tij-verschillen (1888-2011) 42

Figuur 23 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van tij-verschillen (1888-2012) 42

Figuur 24 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 23+24+25 december 2011 o.a. hoogste hoogwater 2011 op peil TAW (+6.50m) 43

Figuur 25 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 21 maart 2008 o.a. stormvloed op peil TAW (+6.97m) 45

Figuur 26 - Westerschelde te Hansweert: windverloop op 20 en 21 maart 2008 46

Figuur 27 - Noordzee - verloop van de depressiebanen op 26, 27 en 28 februari 1990 49

Figuur 28 - Westerschelde te Vlissingen - verloop van windrichting en -sterkte tijdens de Crocusstormen 1990 50

Figuur 29 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder - astronomisch en waargenomen tijverloop, en ogenblikkelijke opzet tussen beide, op 26, 27 en 28 februari en 1 en2 maart 1990 51

Figuur 30 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw - tijverloop Crocusstormen februari 1990 52

Figuur 31 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden 53

Figuur 32 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop van 4 t/m 9 oktober 2011, met een tijdelijk verhoogd laagwater op 7 oktober 54

Figuur 33 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop van 6 t/m 7 oktober 2011, met een tijdelijk verhoogd laagwater op 7 oktober 55

Figuur 34 - Westerschelde te Hansweert: opgetreden verloop van windsnelheid en -richting van 4 t/m 9 oktober 2011 56

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 35 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 13 december 2008 o.a. zeer laag laagwater op peil TAW (-1.26m) 57

Figuur 36 - Westerschelde te Hansweert: windverloop op 12 en 13 december 2008 58

Figuur 37 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: foto Schelde, Margueriedok en tijmeetpost op zaterdagmiddag 13 december 2008 net op het zeer lage laagwater op peil TAW (-1.26m) 58

Figuur 38 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden 59

Figuur 39 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: verloop van het getij in de periode van 24+25+26 november 2011, tonend verschillende vormen van de koppen van hoogwater 60

Figuur 40 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : verloop van het getij in de periode van 24+25+26 november 2011, tonend verschillende vormen van koppen van hoogwater, geplaatst op eenzelfde moment van hoogwater 61

Figuur 41 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : verloop van het getij in de periode van 24+25+26 november 2011, tonend verschillende vormen van koppen van hoogwater, geplaatst op eenzelfde (fictief) moment van hoogwater EN geplaatst op eenzelfde (fictief) hoogwaterpeil zijnde hier TAW +6 m 63

Figuur 42 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw - tijverloop op 18+19+20 januari 2009 met een dubbel laagwater op 19.01.2009 p.m. 65

Figuur 43 - Westerschelde te Vlissingen: tijverloop op 18+19+20 januari 2009 met een dubbel laagwater op 19.01.2009 middag 65

Figuur 44 - Westerschelde te Hansweert: windverloop op 18, 19 en 20 januari 2009 66

Figuur 45 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 19 januari 2009 67

Figuur 46 - Zeeschelde te Oosterweel: verloop van druk (= tij) en stroomsnelheid en -richting op 19 januari 2009 68

Figuur 47 - Zeeschelde: algemeen liggingsplan met aanduiding van beschouwde tijmeetposten 72

Figuur 48 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 t/m 2012 van jaargemiddeld hoogwater, laagwater, tijverschil en halftijhoogte 76

Figuur 49 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) t/m 2012 van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden 77

Figuur 50 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) t/m 2012 van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden 78

Figuur 51 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) t/m 2012van jaargemiddeld getijverschil bij middeltij, springtij en doodtij 79

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 52 - Zeeschelde: langjarig verloop jaargemiddeld hoogwater 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde) 81

Figuur 53 - Zeescheldebekken: langjarig verloop jaargemiddeld hoogwater 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts) 81

Figuur 54 - Zeescheldebekken: langjarig verloop 1971-2011 van de verschillen in jaargemiddeld hoogwater t.o.v. hoogwater te Vlissingen 82

Figuur 55 - Zeeschelde: langjarig verloop 1971-2011 van de verschillen in jaargemiddeld hoogwater t.o.v. hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw 82

Figuur 56 - Zeeschelde: langjarig verloop jaargemiddeld laagwater 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde) 85

Figuur 57 - Zeescheldebekken: langjarig verloop jaargemiddeld laagwater 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts) 85

Figuur 58 - Zeescheldebekken: langjarig verloop 1971-2011 van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Vlissingen 86

Figuur 59 - Zeeschelde: langjarig verloop 1971-2011 van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw 86

Figuur 60 - Zeeschelde: langjarig verloop jaargemiddeld tijverschil 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde) 89

Figuur 61 - Zeescheldebekken: langjarig verloop jaargemiddeld tijverschil 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts) 89

Figuur 62 - Zeescheldebekken: langjarig verloop 1971-2011 van de verschillen in jaargemiddeld tijverschil t.o.v. tijverschil te Vlissingen 90

Figuur 63 - Zeeschelde: langjarig verloop 1971-2011 van de verschillen in jaargemiddeld tijverschil t.o.v. tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw 90

Figuur 64 - Boven-Zeeschelde: langjarig verloop 1971-2011 van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw 91

Figuur 65 - Boven-Zeeschelde: langjarig verloop 1971-2011 van de verschillen in jaargemiddeld tijverschil t.o.v. tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw 91

Figuur 66 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 23+24+25 december 2011 o.a. het hoogste hoogwater in 2011 op peil TAW (+6.50m) 92

Figuur 67 - Zeescheldebekken: tijverloop op 24 december 2011 op enkele kenmerkende tijmeetlocaties 93

Figuur 68 - Zeeschelde: verloop tij met o.a. stormvloed 21 maart 2008 op enkele hoofdlocaties 95

Figuur 69 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie van de duur van de stijging en de duur van de daling over periode 1888-2010 98

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 70 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie van de tij-asymmetrie over periode 1888-2010 98

Figuur 71 - Westerschelde en Zeeschelde: evolutie van de duur van de stijging van het tij over periode 1888-2010 100

Figuur 72 - Westerschelde en Zeeschelde: evolutie van de duur van de daling van het tij over periode 1888-2010 100

Figuur 73 - Westerschelde en Zeeschelde: evolutie van de tij-asymmetrie over periode 1888-2010 101

Figuur 74 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie van de vertraging van hoogwater en laagwater t.o.v. Vlissingen - periode 1888-2010 102

Figuur 75 - ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de zgde Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend 105

Figuur 76 - Boven-Zeeschelde te Melle: foto van de meetinstallatie van de tijmeetpost en van de akoestische debietsmeter 76

Figuur 77 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied over het ganse jaar 2011 108

Figuur 78 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied over het ganse jaar 2011 doch op beperkter y-as (Q-as) uitgetekend 108

Figuur 79 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, over het ganse jaar 2011 109

Figuur 80 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien van 5 tot 20 januari 2011 114

Figuur 81 - Evolutie van de continue en daggemiddelde debieten op de Zeeschelde te Melle voor de periode 1 à 20.01.2011 115

Figuur 82 - Evolutie van de peilen op- en afwaarts de stuwen te Merelbeke op de Ringvaart voor de periode 1 à 20.01.2011 116

Figuur 83 - Evolutie van de continue en daggemiddelde debieten op de Dender te Appels voor de periode 1 à 20.01.2011 117

Figuur 84 - Evolutie van de peilen op- en afwaarts van de stuwen te Appels voor de periode 1 à 20.01.2011 117

Figuur 85 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in december 2011 118

Figuur 86 - Neerslag van 1 tot 14 december 2011, voorafgaand aan de was 119

Figuur 87 - Neerslag van 14 tot 16 december 2011 120

Figuur 88 - Neerslag van 16 tot 19 december 2011 120

Figuur 89 - Neerslag van 14 tot 19 december 2011 121

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 90 - Evolutie van de continue en daggemiddelde debieten op de Zeeschelde te Melle voor de periode 10 à 25 december 2011 122

Figuur 91 - Evolutie van de peilen op- en afwaarts de stuwen te Merelbeke op de Ringvaart voor de periode 10 à 25 december 2011 122

Figuur 92 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de wasperiode van half november 2010 124

Figuur 93 - Dender te Geraardsbergen: twee maal eenzelfde kanaalbocht, bij mooi droog weer en tijdens de wasperiode van november 2010 126

Figuur 94 - Zeeschelde te Wetteren en Melle: verloop van het getij onder invloed van de wasafvoer bij de wasperiode van half november 2010 127

Figuur 95 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: verloop van het getij “vanuit zee” tijdens de wasperiode van half november 2010 128

Figuur 96 - Beneden-Nete, Kleine Nete en Grote Nete: verloop van het getij onder invloed van de wasafvoer bij de wasperiode van half november 2010 129

Figuur 97 - Grote Nete te Kessel: dagenlang zeer hoge waterstand bij de was van half november 2010, met het waterpeil reikend tot onderkant baanbrug 130

Figuur 98 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in de periode half april - half juni 2011 131

Figuur 99 - Evolutie van de continue en daggemiddelde debieten op de Zeeschelde te Melle voor de periode 15 à 29 april 2011 132

Figuur 100 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in de periode begin oktober à begin december 2011 133

Figuur 101 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle, periode 1970-2011 135

Figuur 102 - Zeescheldebekken: in grootte gerangschikt verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle over de periode 1970-2011 136

Figuur 103 - Zeescheldebekken: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011 aan de zes meetraaien aan de rand van het tijgebied 137

Figuur 104 - Zeeschelde te Melle: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011 138

Figuur 105 - Dender te Appels: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011 138

Figuur 106 - Zenne te Eppegem: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011 139

Figuur 107 - Dijle te Haacht: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011 139

Figuur 108 - Grote Nete te Itegem: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011 140

Figuur 109 - Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas): verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011 140

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 110 - Zeescheldebekken: afvoer Schelde te Schelle over 2011 - chronologisch per decade (klassieke methode per decade en zonder tijdsvertraging) 149

Figuur 111 - Zeescheldebekken: afvoer Schelde te Schelle over 2010 - in grootte per decade (klassieke methode per decade en zonder tijdsvertraging) 149

Figuur 112 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2011 op basis van maandgemiddelde waarden 150

Figuur 113 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2011 op basis van een lopend 12-maandgemiddelde waarde 151

Figuur 114 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2011 op basis van jaargemiddelde waarden 152

Figuur 115 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2011 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte 152

Figuur 116 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2011 op basis van jaargemiddelde waarde, inclusief trendlijn (tweedegraads polynoom) 153

Figuur 117 - Zeescheldebekken: afvoer volgens tiendaagse en vijfdaagse gemiddelde boven-debieten met name van de "Schelde te Schelle" over het jaar 2011 157

Figuur 118 - Zeescheldebekken: afvoer volgens vijfdaagse gemiddelde bovendebieten "Schelde te Schelle" over het jaar 2011 (nieuwe methode) 158

Figuur 119 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde afvoer aan de randen van het tijgebied over de periode 1991-2011 159

Figuur 120 - Zeescheldebekken: afvoer aan "de Schelde te Schelle" volgens pentadewaarden (nieuwe methode) over de periode 1991-2011 160

Figuur 121 - Zeescheldebekken: afvoer aan de Schelde te Schelle 1833-2012 enerzijds t/m 1948 volgens correlaties met neerslagwaarde te Ukkel, en anderzijds sinds 1949 volgens gedane metingen en doorrekening Schelle 161

Figuur 122 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van de meetplaatsen van continue monitoring van zgde "fysische parameters" 163

Figuur 123 - Aanderaa-multiparametertoestel (types RCM-9 en Seaguard) 167

Figuur 124 - Valeport-CTD-toestel 167

Figuur 125 - YSI-multiparametertoestel 169

Figuur 126 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, over een week (halve springtij/doodtij-cyclus) m.n. temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit 171

Figuur 127 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit, en zulks bij een doodtij 175

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 128 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit, en zulks bij een springtij 175

Figuur 129 - typisch verloop van het tij: verloop van de waterstand, het debiet en de gemiddelde watersnelheid door de dwarssectie, en met gangbare termen i.v.m. het tij 176

Figuur 130 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, met name stroomsnelheid, stroomrichting en druk, met hulplijnen van hoog- en en laagwater en kenteringen, en zulks bij een doodtij 178

Figuur 131 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, met name stroomsnelheid, stroomrichting en druk, met hulplijnen van hoog- en en laagwater en kenteringen, en zulks bij een springtij 178

Figuur 132 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: foto van de meetdukdalf met de twee kranen voor Aanderaa-RCM9-meettoestel, en de meethut met tij- en meteo-meting 182

Figuur 133 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur 183

Figuur 134 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de conductiviteit 184

Figuur 135 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de stroomsnelheid 186

Figuur 136 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de turbiditeit 187

Figuur 137 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: meetlocatie 189

Figuur 138 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische winterdag 190

Figuur 139 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische lentedag 190

Figuur 140 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische zomerdag 191

Figuur 141 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische herfstdag 191

Figuur 142 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 : meetlocatie 193

Figuur 143 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische winterdag 195

Figuur 144 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische lentedag 195

Figuur 145 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag 196

Figuur 146 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag 196

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 147 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: meetlocatie 197

Figuur 148 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische winterdag 199

Figuur 149 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische lentedag 199

Figuur 150 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag 200

Figuur 151 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag 200

Figuur 152 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: meetlocatie 202

Figuur 153 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische winterdag 203

Figuur 154 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische lentedag 203

Figuur 155 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag 204

Figuur 156 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag 204

Figuur 157 - Boven-Zeeschelde te Melle: meetlocatie 206

Figuur 158 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische winterdag 209

Figuur 159 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische lentedag 209

Figuur 160 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag 210

Figuur 161 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag 210

Figuur 162 - Zeeschelde te Melle: verloop van het tij en van de gemiddelde dagdebieten in januari 2011, waarin de wasperiode van half januari 2011 te zien is 211

Figuur 163 - Zeeschelde te Melle: verloop van diverse fysische parameters in januari 2011, waarin de wasperiode van half januari 2011 te zien is 211

Figuur 164 - Zeeschelde te Melle: verloop van het tij en van de gemiddelde dagdebieten in december 2011, waarin de wasperiode van half januari 2011 te zien is 211

Figuur 165 - Zeeschelde te Melle: verloop van diverse fysische parameters in december 2011, waarin de wasperiode van half december 2011 te zien is 211

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 166 - Beneden-Nete te Duffelsluis: meetlocatie 213

Figuur 167 - Beneden-Nete te Duffelsluis:
verloop van fysische parameters bij een typische winterdag 215

Figuur 168 - Beneden-Nete te Duffelsluis:
verloop van fysische parameters bij een typische lentedag 215

Figuur 169 - Beneden-Nete te Duffelsluis:
verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag 216

Figuur 170 - Beneden-Nete te Duffelsluis:
verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag 216

Figuur 171 - Nete-bekken: verloop van de bovenafvoer op Kleine Nete en Grote Nete,
en het tijverloop in de Beneden-Nete te Lier-Molbrug en Duffelsluis,
bij het wasregime van half januari 2011 218

Figuur 172 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters in januari 2011,
o.a. bij het wasregime van half januari 2011 218

Figuur 173 - Nete-bekken: verloop van de bovenafvoer op Kleine Nete en Grote Nete,
en het tijverloop in de Beneden-Nete te Lier-Molbrug en Duffelsluis,
bij het wasregime van half december 2011 219

Figuur 174 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters in december 2011,
o.a. bij het wasregime van half december 2011 219

Figuur 175 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 : jaarverloop 2011 van de stroomsnelheid 221

Figuur 176 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de stroomsnelheid 222

Figuur 177 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2011 van de stroomsnelheid 223

Figuur 178 - Zeeschelde - ligging meetplaatsen Boei 84, Oosterweel en Driegoten,
en aanduiding van de stroomrichting bij vloed en eb 224

Figuur 179 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2011 van de stroomrichting 226

Figuur 180 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de stroomrichting 227

Figuur 181 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2011 van de stroomrichting 228

Figuur 182 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: meetplaats waterstand, temperatuur
en conductiviteit 230

Figuur 183 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur 230

Figuur 184 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur 231

Figuur 185 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur 232

Figuur 186 - Beneden-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur 233

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 187 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur 234

Figuur 188 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur 234

Figuur 189 - Zeescheldebekken: afvoer volgens vijfdaagse gemiddelde bovendebieten "Schelde te Schelle" over het jaar 2011 (nieuwe methode) 236

Figuur 190 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: jaarverloop 2011 van de conductiviteit 237

Figuur 191 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2011 van de conductiviteit 238

Figuur 192 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de conductiviteit 239

Figuur 193 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de conductiviteit, en van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle" 242

Figuur 194 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2011 van de conductiviteit 243

Figuur 195 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2011 van de conductiviteit 244

Figuur 196 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2011 van de conductiviteit 245

Figuur 197 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2011 van de turbiditeit 247

Figuur 198 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de turbiditeit 248

Figuur 199 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2011 van de turbiditeit 250

Figuur 200 - Kalibratie-relaties opgesteld voor Aanderaa RCM9 en Seaguard toestellen t.h.v. meetlocaties Oosterweel, Boei 84 en Driegoten 251

Figuur 201 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2011 van het suspensiegehalte 253

Figuur 202 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van het suspensiegehalte 254

Figuur 203 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2011 van het suspensiegehalte 255

Figuur 204 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2011 van de turbiditeit 256

Figuur 205 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2011 van de turbiditeit 256

Figuur 206 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van turbiditeit en debiet 257

Figuur 207 - automatisch staalname-toestel ISCO, met koeling 258

Figuur 208 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2011 van het suspensiegehalte 259

Figuur 209 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2011 van het suspensiegehalte 259

Figuur 210 - Boven-Zeeschelde te Melle: relatie suspensiegehalte i.f.v. turbiditeit 261

Figuur 211 - Beneden-Nete te Duffelsluis: relatie suspensiegehalte i.f.v. turbiditeit 261

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 212 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek ADCP-meting 5 mei 2011 - correlatie suspensieconcentratie i.f.v. backscatter ADCP-meettoestel 263

Figuur 213 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - aanduiding van de gevaren raai 264

Figuur 214 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - dwarssectie rivier volgens de gevaren raai 265

Figuur 215 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij KHW 267

Figuur 216 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij aanvang eb 268

Figuur 217 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij eb 269

Figuur 218 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij einde eb 270

Figuur 219 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij LW 271

Figuur 220 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij KLW 272

Figuur 221 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij aanvang vloed 273

Figuur 222 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij vloed 274

Figuur 223 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij maximum vloed 275

Figuur 224 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij HW 276

Figuur 225 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij KHW 277

Figuur 226 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - aanduiding van de gevaren raai 278

Figuur 227 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij KHW 279

Figuur 228 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij eb 280

Figuur 229 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte iets na KLW 281

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 230 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij vloed 282

Figuur 231 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij maximum vloed 283

Figuur 232 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - aanduiding van de gevaren meetraai 284

Figuur 233 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij eb 285

Figuur 234 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij einde eb 286

Figuur 235 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij vloed 287

Figuur 236 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij maximum vloed 288

Figuur 237 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij HW 289

Figuur 238 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij KHW 290

Figuur 239 - Beneden-Zeeschelde te Lillo en Doel: golfmeetplaatsen Galgeschoor 291

Figuur 240 - Log_a_level-golfmeettoestel met aanduiding van het meetprincipe 292

Figuur 241 - opstelling van het golfmeettoestel, zonnepanelen, windenergiemolen en data-kast op de meetpaal 292

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

1 Overzicht getijwaarnemingen

1.1 algemeen: het getij in het Zeescheldebekken

Zoals bekend is het Zeescheldebekken onderworpen aan het halfdaags getij in de Noordzee. Via de Westerschelde komt bijna vier maal daags een tijgolf het Zeescheldebekken binnen, om en om een laagwater- en een hoogwatergolf. Zoals ook bekend is, variëren deze tijen flink met de maanstand in een bijna vijftiendaagse doodtij/springtij-cyclus.

Van alle franjes ontdaan, kan het getij in het Zeescheldebekken kortweg omschreven worden als zijnde de som van volgende componenten:

- vanuit de Noord-Atlantische Oceaan komt een quasi **astronomisch getij** de Noordzee binnen, zowel ten zuiden via het Nauw van Kales als ten noorden omheen Schotland;

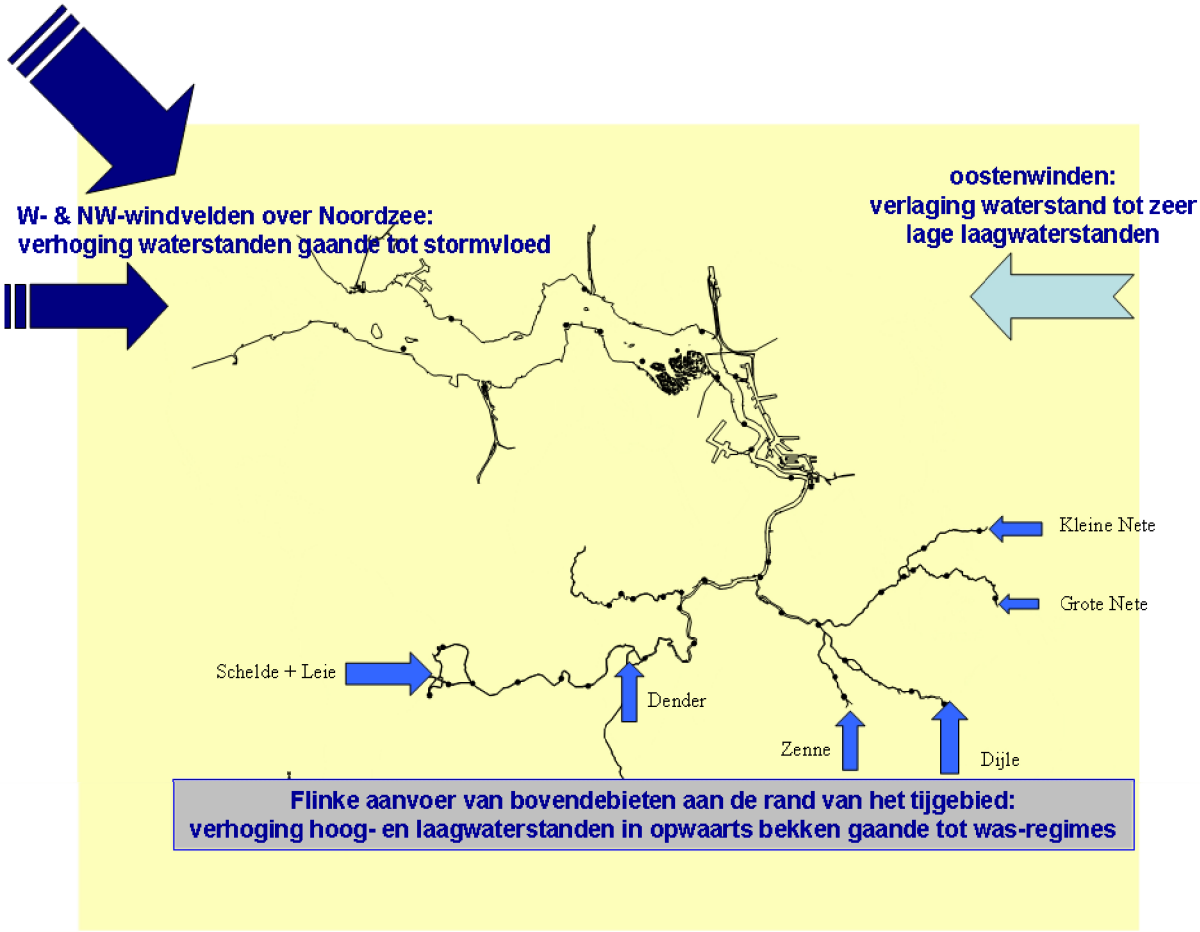
- bij diepe lagedruk-kernen, met dicht bij elkaar gelegen isobaren aan westzijde, en gewoonlijk van zuidwest naar noordoost gaande over de Noordzee, oefenen meteorologische omstandigheden op dit quasi astronomisch getij grote invloed uit, welke bij langdurige (dagen) en hevige (8 à 12 Bft) windvelden uit west tot vnl. noordwest over de Noordzee, langs de Belgische Kust aanleiding geven tot **flink verhoogde waterstanden** vnl. hoogwaterstand, zodat zich via de Westerschelde in het Zeescheldebekken stormvloeden kunnen ontwikkelen. Met een knipoog naar de oorzaak wordt -algemeen- van opwaaiing gesproken;

- vanuit continentaal Europa kunnen langdurige (dagen) en hevige (5 à 7 Bft) oostenwinden vanuit Duitsland over België en Nederland gaan, welke de normaal (astronomisch voorspelde) waterstanden in Westerschelde en Zeescheldebekken **flink kunnen verlagen**, zo hoog- als laagwater. Dit kan zich vooral voordoen bij winterse vorstperiodes en in zomerse warmtedagen. Met een knipoog naar de oorzaak wordt -algemeen- van afwaaiing gesproken.

- bij langdurige (dagen) en hevige (bvb. 10 en meer l/m2.d) neerslag in Noord-Frankrijk en België, neemt de waterafvoer uit de opwaarts gelegen hydrografische bekkens (Bovenschelde, Leie, Denderbekken, Zennebekken, Boven-Dijle-bekken, Demerbekken, Netebekken, Durme enz.) dermate toe dat uiteindelijk **zeer grote bovendebieten** naar het Zeescheldebekken worden afgevoerd, die het getij in de opwaartse gebieden van het tijbekken enerzijds doen verhogen (zo hoog- als eerder en meer laagwater) en anderzijds beperken (= het naar opwaarts gaande getij doet afremmen en het tijverschil doet verkleinen). Buiten de vernoemde hevige neerslag kan dit ook gebeuren bij plotse dooi na een sneeuwperiode. De bovendebieten geven aanleiding tot een **wasregime**.

Om deze componenten visueel te schetsen en op het Zeescheldebekken te projecteren, kan navolgende figuur 1 schetsmatig de zaken verduidelijken.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 1 - Zeescheldebekken:
algemeen liggingsplan met schetsmatige aanduiding van de grootste tij-beïnvloedende componenten

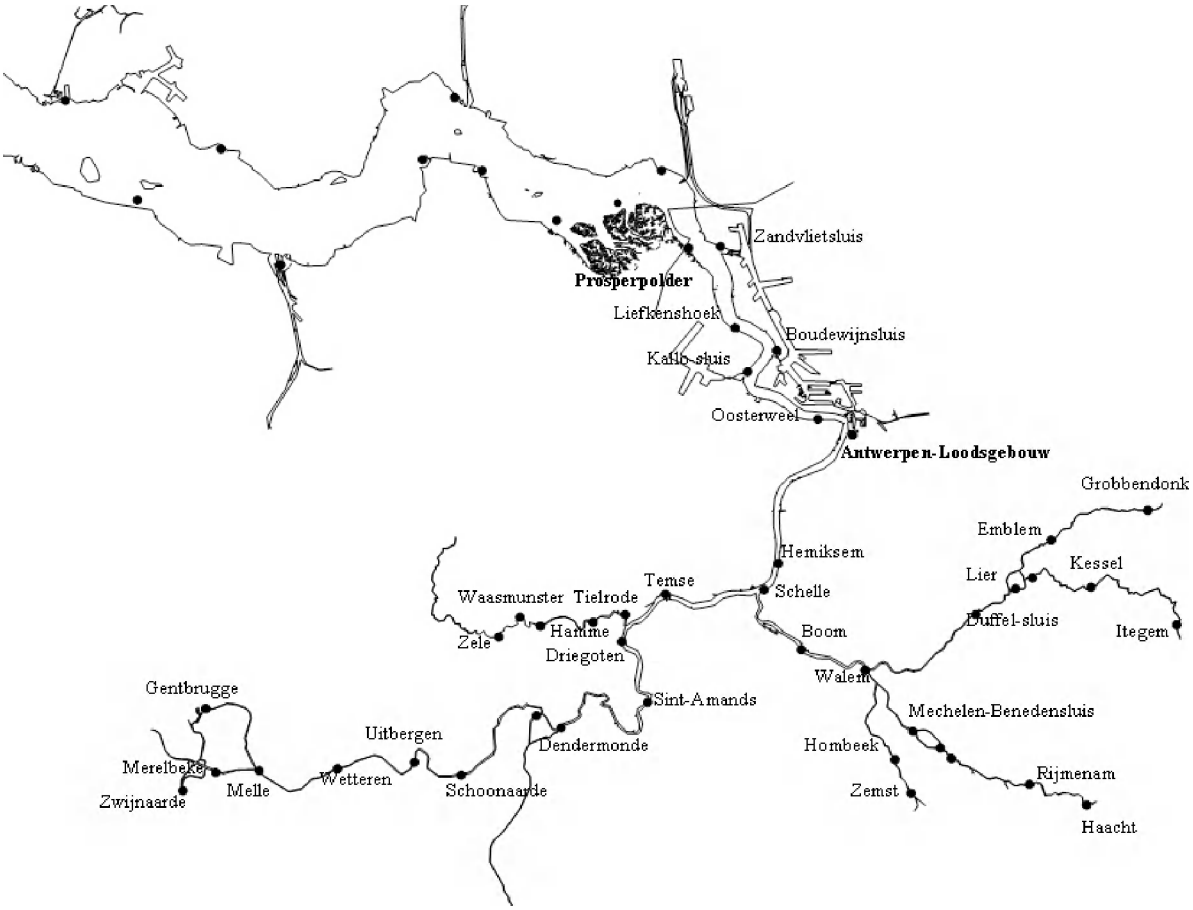
1.2 meetlocaties van het getij in het Zeescheldebekken

Van 1888 worden in het Zeescheldebekken systematisch en continu tij-registraties gedaan. Meteen was het meetnet vrij uitgestrekt, en op alle tijrivieren aanwezig, ruimer zelfs dan nu omdat bvb. de Moervaart, de Zuidlede en huidige kanaal-Durme tot jaren 1950 nog aan tij onderhevig waren.

De tij-registraties gebeurden aan de hand van mechanische tijmeettoestellen met papier-registratie, tegen de veel vroegere geplogenheden om enkel overdag aan de peilschalen (ongeveer) de hoog- en de laagwaterstanden te noteren. Hoewel in het Zeescheldebekken al meer dan dertig jaren online-telemetrie-systemen bestaan die per minuut het getij van de meeste meetlocaties doorgeven, vormen de klassieke mechanische tijmeettoestellen nu nog de vertrouwde basis om hoog- en laagwaters te bepalen. In 2013 wordt het online-telemetrie-tijmeetnet vernieuwd en uitgebreid, zodat de papierregistratie stilaan aan belang inboet.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Onderstaande figuur 2 geeft de huidige meetlocaties (met benaming) in het Zeeschelde-bekken weer. In totaal handelt het om 38 tijmeters en 6 debietmeters (aan de randen van het tijgebied opgesteld). Van deze 44 meetlocaties staan er nu 34 in telemetrie, met online minuutwaarden.



Figuur 2 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van de tijmeetposten (en debietmeetposten aan de rand van het tijgebied)

Op navolgende twee bladzijden zijn de meetposten in tabellen hernomen. Per locatie is ook weergegeven of er enkel getij ("Tij") wordt gemeten, of ook andere parameters zoals debiet ("Q") en zgde "fysische parameters", zoals temperatuur ("T°"), conductiviteit dus chloridegehalte ("Cl-"), stroomsnelheid ("v"), en turbiditeit ("Turb") waaruit het suspensiegehalte kan worden afgeleid.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

a) Zeeschelde en Tijarm-Ringvaart

Rivier	Benaming meetlocatie	Meetparameters
Beneden-Zeeschelde	**Prosperpolder**	Tij + T° + Cl-
Beneden-Zeeschelde	Zandvlietsluis	Tij
Beneden-Zeeschelde	**Boei 84**	T° + Cl- + v + Turb
Beneden-Zeeschelde	**Liefkenshoek**	Tij + T° + Cl-
Beneden-Zeeschelde	Boudewijnsluis	Tij
Beneden-Zeeschelde	**Kallosluis**	Tij-
Beneden-Zeeschelde	**Oosterweel**	Tij + T° + Cl- + v + Turb
Beneden-Zeeschelde	**Antwerpen-Loodsgebouw**	Tij
Boven-Zeeschelde	**Hemiksem**	Tij + T° + Cl-
Boven-Zeeschelde	**Schelle**	Tij
Boven-Zeeschelde	**Temse**	Tij
Boven-Zeeschelde	**Driegoten**	Tij + T° + Cl- + v + Turb
Boven-Zeeschelde	**Sint-Amands**	Tij
Boven-Zeeschelde	**Dendermonde**	Tij
Boven-Zeeschelde	**Schoonaarde**	Tij
Boven-Zeeschelde	Uitbergen	Tij
Boven-Zeeschelde	**Wetteren**	Tij
Boven-Zeeschelde	**Melle**	Tij + Q + T° + Cl- + v + Turb
Boven-Zeeschelde	Gentbrugge	Tij
Tijarm-Ringvaart Zuidervak	Merelbeke	Tij
Tijarm-Ringvaart Zwijnaarde	Zwijnaarde	Tij

Tabel 1 - lijst van de langs de Zeeschelde opgestelde continue meetposten (inclusief aan de Ringvaart om Gent) en met opgave van de per locatie gemeten parameters

Noot: **In vetjes zijn de meetlocaties aangeduid welke in dit rapport nader aan bod komen.**

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

b) Rupel, Nete's, Dijle, Zenne, Durme en Dender

Rivier	Benaming meetlocatie	Meetparameters
Rupel	**Boom**	Tij
Rupel	**Walem**	Tij
Beneden-Nete	**Duffelsluis**	Tij + Q + T° + Cl- + v + Turb
Beneden-Nete	**Lier-Molbrug**	Tij
Kleine Nete	Emblem	Tij
Kleine Nete	**Grobbendonk-Derde Sas**	H + Q
Grote Nete	Lier-Maasfort	Tij
Grote Nete	Kessel	Tij
Grote Nete	**Itegem**	H + Q
Beneden-Dijle	Mechelen-Benedensluis	Tij
Boven-Dijle	Mechelen-stuw afwaarts	Tij
Boven-Dijle	Mechelen-stuw opwaarts	Tij
Boven-Dijle	Rijmenam	Tij
Boven-Dijle	**Haacht**	H + Q
Zenne	Hombeek	Tij
Zenne	Zemst	Tij
Zenne	**Eppegem**	H + Q + v
Durme	Tielrode	Tij
Durme	Waasmunsterbrug	Tij
Durme	Waasmunster-Manta	Tij
Durme	Zele	Tij
Dender	**Appels**	H + Q

Tabel 2 - lijst van de langs de overige tijrivieren opgestelde continue meetposten (inclusief aan de Dender te Appels) en met opgave van de per locatie gemeten parameters

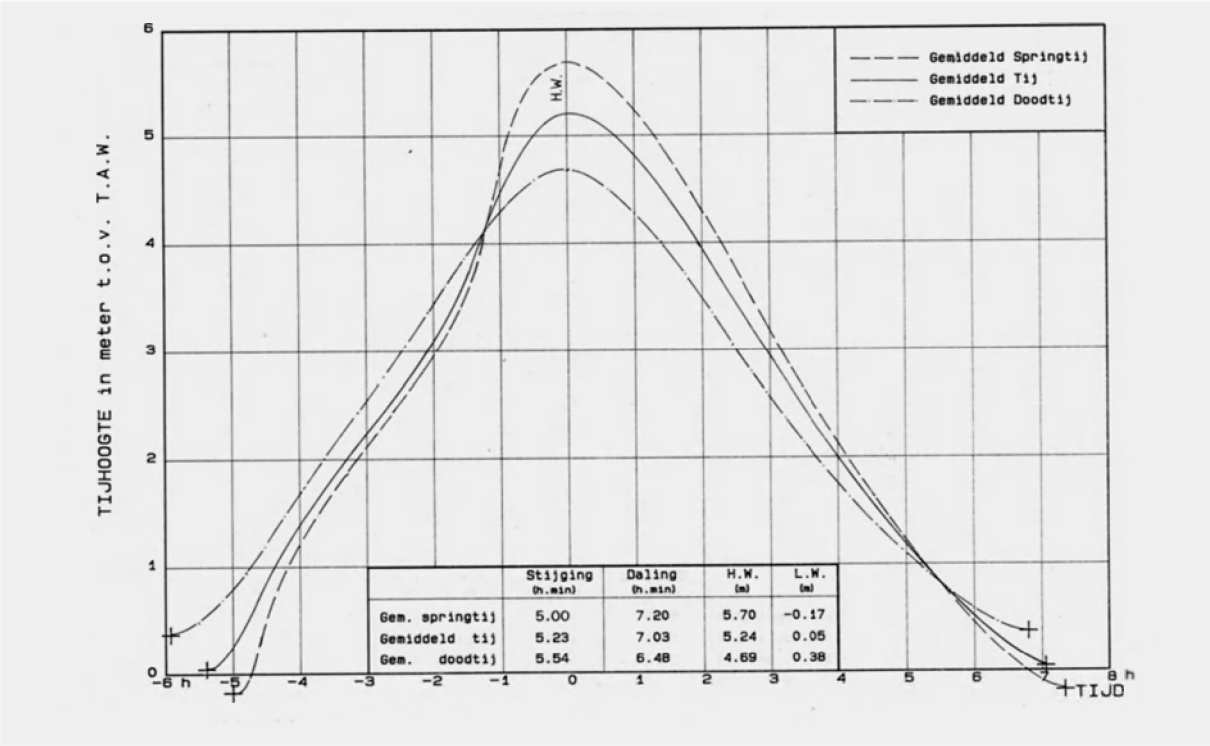
Gebruikte afkortingen van meetparameters

Tij tijmeting
H waterstand (niet-getij)
Q debietmeting
T° temperatuur
Cl- chloridegehalte
v stroomsnelheid en -richting
Turb turbiditeit

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

1.3 het (normale) optreden van het getij in het Zeescheldebekken

In volgende figuur worden gemiddelde tijkrommen voor de locatie Antwerpen-Loodsgebouw getoond, nl. bij gemiddeld springtij, bij gemiddeld doodtij, en bij hét gemiddelde van àlle tijen zijnde het middeltij. De locatie Antwerpen-Loodsgebouw is met name dé basispost (dé hoofdpost) van alle meet-locaties in het Zeescheldebekken. Het getij wordt daar dominant beheerst door het getij aan zee en door de op- en afwaaiingen over de Westerschelde, en praktisch niet door het bovendebiet.



Figuur 3 - gemiddelde tijkrommen (springtij, middeltij en doodtij) in de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw

Het middeltij is gewoon het over jaren heen gemiddelde getij, weergegeven door het normale tijverloop tussen enerzijds het langjarig gemiddelde laagwater en anderzijds het langjarig gemiddelde hoogwater. Als langjarige periode wordt bijna steevast een decennium genomen = tien kalenderjaren bvb. van 2001 t/m 2010. In een decennium komen iets meer dan 7050 laagwaters en 7050 hoog-waters voor. In ons Belgisch begrip worden àlle laag- en hoogwaters in het tienjarig gemiddelde mee-gerekend, ook de zeer hoge of zeer lage tij-extrema zoals bvb. zeer hoge hoogwaters bij storm-vloeden, en zoals bvb. de zeer lage laagwaters bij aanhoudend hevige oostenwind.

Er zijn landen waar bvb. hoog- en laagwaters die fel van de astronomisch voorspelde waarde afwijken, dus "*te lijden hebben*" van flinke meteorologische omstandigheden, niet worden mee-gerekend. Zo worden bvb. stormhoogwaters niet bij het bepalen van het gemiddeld hoogwater mee-geteld. In België worden evenwel àlle hoog- en laagwaters al sinds 1888 in het bepalen van gemiddelden der waarnemingen beschouwd: de werkelijkheid is de werkelijkheid, en omvat alles …

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het langjarig (normalerwijze tienjarig) gemiddeld getij wordt kortweg middeltij genoemd. Binnen een cyclus van 14 ¾ dagen, variëren hoog- en laagwaters binnen een springtij/doodtij-ronde. Oorzaak is de al dan niet versterkende (of verzwakkende) onderlinge werking van maan en zon op het getij op aarde. Een versterkende onderlinge werking treedt op bij nieuwe en volle maan, als maan, aarde en zon op één lijn staan. Een verzwakkende onderlinge werking treedt op bij de beide kwartierstanden van de maan, als de maan en de zon onder een rechte hoek t.o.v. de aarde staan. Evenwel: die tijdsaanduidingen gelden voor dàt getij dat rechtstreeks door maan en zon op aarde wordt opgewekt, zijnde in de Zuidelijke IJszee. Enkel daar is er een watergordel rond de aardbol waarop zon en maan hun invloed ongestoord kunnen doen gelden. Elders staan er continenten in de weg van een waterbeweging (zoals het getij) die -mee met de relatieve beweging van zon en maan- rond de as van de aarde zou willen. Elders is het getij namelijk een vanuit de Zuidelijke IJszee afgeleid getij.

Het getij op de Noordzee wordt dus zoals alle getij opgewekt in de Zuidelijke IJszee, en dat in een reeks van opeenvolgende laag- en hoogwatergolven doorheen de Atlantische Oceaan naar het Noorden gaat, en via het Nauw van Kales en omheen Schotland het getij in de Noordzee veroorzaakt, zie figuur 4. Het vanuit de Zuidelijke IJszee bereiken van de Noordzee vraagt zijn tijd; de getijgolven gaan met een gemiddelde golfsnelheid van ongeveer 200 m/s. Het duurt dus iets van tweeëneenhalf dagen alvorens dat getij onze Noordzeekust heeft bereikt. Daarom is het bij ons springtij op tweeëneenhalf dagen na nieuwe en volle maan, en is het doodtij op ook tweeëneenhalf dagen maar dan na eerste en laatste kwartierstand van de maan.

Figuur 4 - voortplanting getij vanuit Zuidelijke IJszee naar de Noordzee

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Velen denken dat springtij dàt getij is met de hoogste hoogwaterstand in de cyclus, en doodtij dàt getij met de laagste hoogwaterstand in de cyclus. Dat kan soms maar hoeft evenwel niet. De juiste definitie van springtij is dàt tij met het grootste tij*verschil* in de cyclus, en doodtij dàt met het kleinste tij*verschil*. Aangezien het tijverschil uiteraard met de hoogwaterstand (en laagwaterstand) te maken heeft, varieert het tijverschil met de hoogte van de hoogwaterstand. Maar het moet daarom niet om de hoogste hoogwaterstand gaan, de laagwaterstand speelt immers ook mee.

Gezien de constante golfsnelheid van de tijvoortplanting van de Zuidelijke IJszee naar de Noordzee, is de tijdsvertraging van het optreden van springtij en doodtij na hun resp. maanstand, constant. Voor onze regio's (op onze breedtegraad) is dat tweeëneenhalf dagen. Ten zuiden van ons is dat minder, nog noordelijker is dat meer.

Daarom geldt reeds van bij aanvang van onze tijwaarnemingen einde 19^{e} eeuw, als definitie van springtij in onze contreien, zo in België als bvb. in Nederland: het eerste hoogwater op een basispost (bvb. Antwerpen-Loodsgebouw voor het Zeescheldebekken, Oostende voor de Belgische kust) volgend op de vijfde maansdoorgang doorheen de meridiaan van de betrokken locatie na nieuwe of volle maan. Gezien het minieme verschil wordt in België de meridiaan van Ukkel (nl. als vestigingsplaats van de Koninklijke Sterrenwacht van België) genomen, en niet deze van Antwerpen of Oostende. Analoog is de definitie van doodtij: het eerste hoogwater op een basispost (Antwerpen-Loodsgebouw of Oostende) volgend op de vijfde maansdoorgang door de meridiaan van Ukkel na eerste of tweede kwartierstand van de maan. Die hoogwaters zijn deze van de tij*voorspellingen*, en dus niet van de latere tij*waarnemingen*; spring- en doodtijen kunnen dus ruim op voorhand worden bepaald, en hangen niet af van de meteorologische omstandigheden.

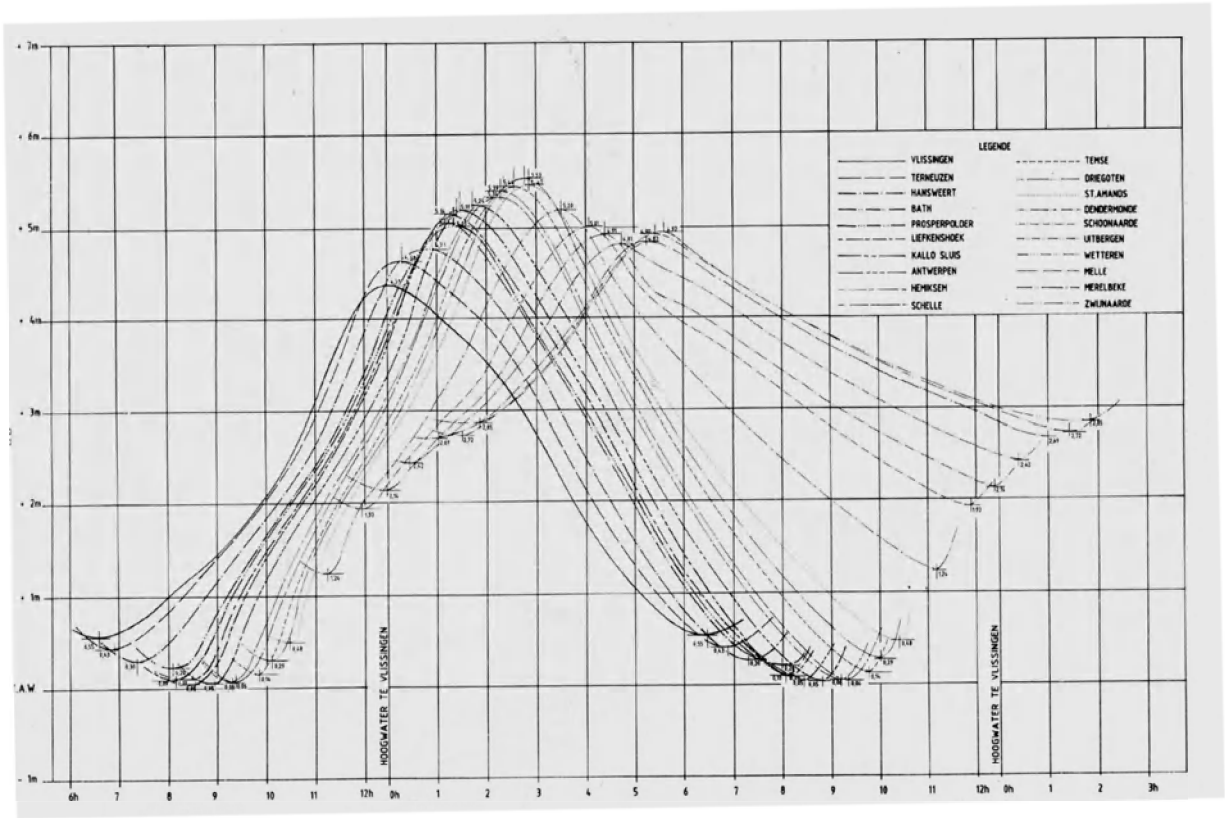
De definities van spring- en doodtij gaan dus primair af op de hoogwaters. De laagwaters van spring- en doodtij zijn telkens de laagwaters volgend op het hoogwater van springtij en doodtij.

Wie gevraagd wordt om een tijkromme te tekenen, begint -als van nature- bijna steevast met een laagwater, en gaat via een opgaand tijverloop naar een hoogwater gevolgd door een afgaand tijverloop naar het daaropvolgende laagwater. Bij een tijverschil wordt ook bijna steevast gedacht aan het verschil tussen een laagwater en het daaropvolgend hoogwater. Er zijn dus van die natuurlijke en logische gewoontes. In uitzonderlijke tegenstelling daarmee handelt het laagwater springtij om het laagwater dat volgt op het hoogwater springtij, en idem bij doodtij. En is dus niet het voorafgaandelijke laagwater ... De reden van deze blijkbare "uitzondering" is eenvoudig: voor springtij en doodtij geldt primair het hoogwater; de keuze van het corresponderende laagwater valt op het navolgende laag-water, omdat deze veel (zeer veel) sterker door dat hoogwater in hoogte kan worden beïnvloed dan wel het voorafgaande laagwater. En men wil de keuze van het springtij-laagwater toch goed doen aansluiten op die van het springtij-hoogwater. Idem bij de doodtijen.

Volgende figuur toont (op eenzelfde tijd- en hoogte-achtergrond) het uittekenen van de gemiddelde tijkrommen (dus de middeltijen) van (bijna) alle tijmeetposten langs de Westerschelde en de Zeeschelde (incl. het aan tij onderhevige deel van de Gentse Ringvaart). Qua tijd zijn alle tijkrommen met de vertraging (na-ijling) van het tijdstip van hun hoogwaters uitgezet t.o.v. het tijdstip van hoog-water te Vlissingen.

De tijkromme te Vlissingen is dan ook de meest linkse van alle (en is in volle lijn getekend). Naar rechts toe volgen dan tijkrommen op de opeenvolgende opwaartse locaties, en is de variatie van het getij duidelijk te zien, zo in hoogte van hoog- en laagwater als in getijverschil en in tijdsvertraging op het getij te Vlissingen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 5 - Zeeschelde: uittekening van de gemiddelde (middel-)tijen van (bijna) alle tijmeetlocaties in Westerschelde en Zeeschelde. De tijkrommen zijn alle met hun vertraging t.o.v. het tijdstip van hoogwater te Vlissingen gezet.

Duidelijk is af te lezen dat, in gemiddelde omstandigheden (en kleine bovendebieten) :

- de laagwaterstanden worden tussen Vlissingen en de Rupelmonding, lager, met ongeveer een halve meter. Opwaarts Schelle verhogen de laagwaterstanden van eenzelfde laagwatergolf (ook op de bij-rivieren) in aanzienlijke mate, met uiteindelijk te Melle ongeveer 2,60 m hoger dan te Antwerpen.

- de hoogwaterstanden worden tussen Vlissingen en Sint-Amands beduidend hoger, met ongeveer 1,15 meter, dus meer dan het dubbele hoger dan dat de laagwaters aan de Rupelmonding lager zijn dan aan zee. Opwaarts van Sint-Amands verlagen de hoogwaterstanden van eenzelfde hoogwatergolf met ongeveer een halve meter lager te Melle dan te Sint-Amands.

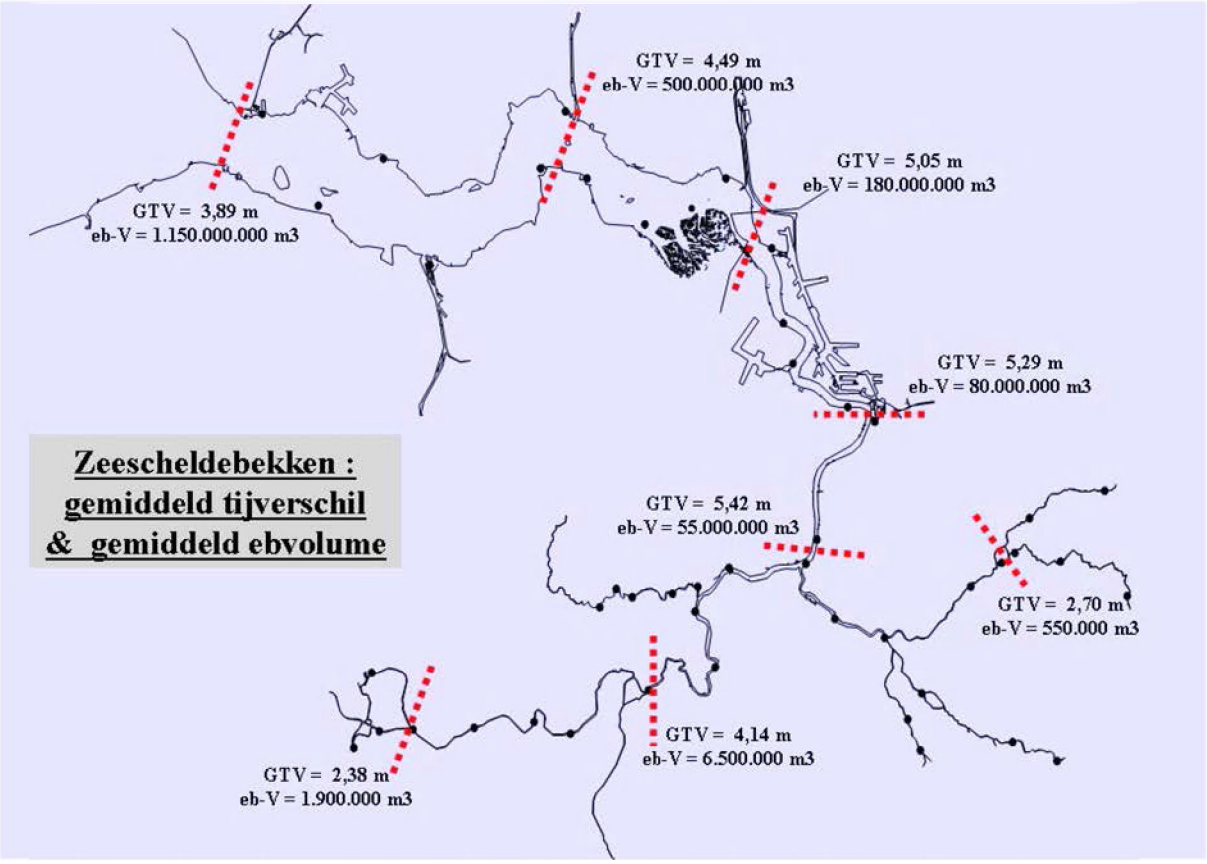
- de tijverschillen volgen uit de gang van zaken van laag- en hoogwater: Zij vergroten van (gemiddeld) bijna 4 meter aan zee tot bijna 5,50 m aan de Rupelmonding, doch verkleinen tot iets meer dan 2 m te Melle.

- uit de figuur van de plaatselijke (gemiddelde) tijkrommen in Westerschelde en Zeeschelde, komt ook vrij duidelijk naar voor dat de duur van de daling van hoog- naar laagwater, vergroot naar opwaarts. Aan zee heerst nog een relatief symmetrisch getij, met een gemiddelde duur van de stijging van het waterpeil van ongeveer 6 uren, en van de daling van ongeveer 6u25min. Hun som is de bekende halfdaagse tij-duur van 12u25min doch dat is geen constante: bij springtij is het halfdaagse (en het daagse) tij korter dan bij doodtij; de duurtijd van 12u25min is een gemiddelde over een volle springtij/doodtij-periode. Te Antwerpen-Loodsgebouw duurt -gemiddeld- de stijging ongeveer 5u30min en de daling ongeveer 7u. Naar opwaarts toe groeit de asymmetrie van de tijkromme verder aan: te Melle duurt de gemiddelde stijging iets meer dan 4 uur, en de gemiddelde daling iets meer dan 8 uur, dus een verhouding van één op twee.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

- het moet onderstreept worden dat de tijkrommen op figuur 5 gemiddelden zijn (tienjarige gemiddelden) waarop een keur aan variaties op het thema bestaat. In de eerste plaats zullen de tijverschillen vergroten bij springtij (hogere hoogwaterstanden en lagere laagwaterstanden) en verkleinen bij doodtij (lagere hoogwaterstanden en hogere laagwaterstanden dan bij middeltij). In de tweede plaats verhogen de waterstanden, zo hoog- als laagwater, bij langdurige en hevige westen- tot noordwestenwinden over de Noordzee, tot stormvloeden toe. In periodes van aanhoudende beduidende oostenwinden verlagen de hoog- en laagwaterstanden, tot zéér lage laagwaterstanden toe. De in figuur 4 getoonde tijkrommen zijn dus meerjaarsgemiddelden van middeltij ! En dan geldt ook nog de invloed van de afvoer van bovendebiet; bij wasregimes verhogen hoog- en vooral laag-waterstanden, zeker in de opwaartse regio's.

Het spreekt voor zich dat het tij in het Zeescheldebekken grote verplaatsingen van tijwater genereert. De tijverschillen zijn in verhouding tot andere Europese inlandse tijrivieren groot zelfs zeer groot. Het ganse bereik van hoogwaterstanden, laagwaterstanden, dus ook tijverschillen, alsmede in duur van stijging en daling van het waterpeil op een locatie, resulteert in verhoudingsgewijs grote vloed- en eb-debieten en dus -volumes. Om daar enig -afgerond en beperkt- idee van te geven zijn op figuur 6 voor enkele hoofdlocaties (Vlissingen, Hansweert, Prosperpolder, Antwerpen-Loodsgebouw, Schelle, Dendermonde, Melle en Lier-Molbrug) in getallen het gemiddelde tijverschil (GTV) vermeld en daaronder het gemiddelde eb-volume (eb-V). Te bedenken is dat het om algemene gemiddelden handelt, en dat bij verhogingen of verlagingen van het tij vanuit zee, of bij droogte-periodes of was-regimes, zowel het tijverschil als de afvoer flink van deze gemiddelden kunnen verschillen.



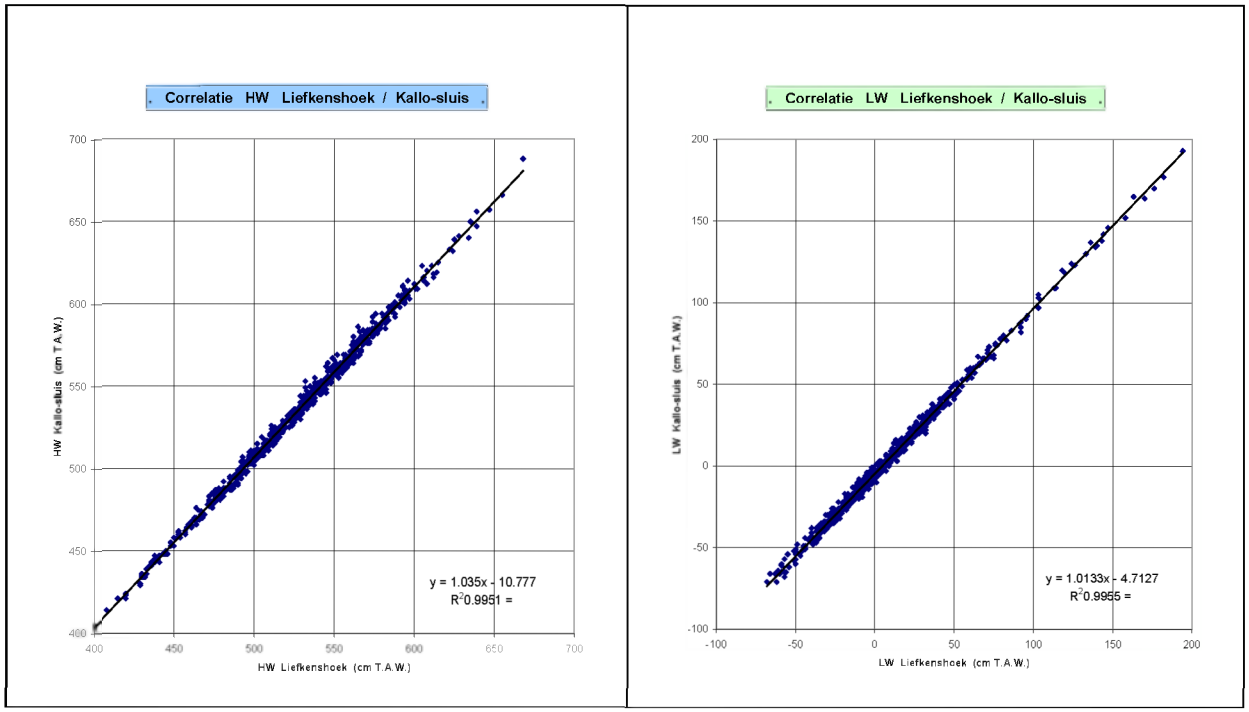
Figuur 6 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van gemiddelde tijverschillen (GTV) (in m) en gemiddelde eb-volumes (eb-V) (in m3) op enkele kenmerkende locaties

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het tij in het Zeescheldebekken kent dus een grote variatie over de langs-as én heeft een grote afhankelijkheid van het heersende getij in de Noordzee of de aanvoer van bovendebiet aan de rand van het tijbekken. Dat is duidelijk aan te tonen door tabellen of figuren van bvb. tijkrommen, bovendebieten, tijverschillen, eb-volumes enz. bij al dergelijke verschillende situaties.

In het Zeescheldebekken zijn -zelfs al van bij aanvang der systematische continue metingen in 1888- vele meetposten voor tijmeting geplaatst (zie figuur 2 en de daaropvolgende tabellen 1 en 2 over de meetlocaties). Dit leidt tot de -gelukkige- omstandigheid dat bij uitval van de registratie, op papier of digitaal, op de naburige meetposten kan beroep worden gedaan om de ontbrekende tijen, zeker de extrema zoals hoog- en laagwaters, toch te bepalen. Dit kan zeer nauwkeurig, zeker bij tijen die weinig of niet door bovendebieten worden beïnvloed, al kunnen zelfs dan nog vrij goed de ontbrekende data geïnterpoleerd worden, desnoods door bijsturing met opgemeten data voor en na de onderbreking.

In het afwaartse gebied zijn de correlaties van hoogwater en laagwater tussen geburige meetposten zeer nauw, zie figuur 7 m.n. de correlaties van hoog- en laagwater tussen (als voorbeeld) Liefkenshoek en Kallosluis over een gans kalenderjaar. Tussen deze beide meetposten (tussen-afstand 8,3 km) geldt een normaal verband van de tij-kenmerkende waarden, bvb. hoog- en laag-waterstanden (maar ook van hun tijdstippen en de tijverschillen), verband bepaalt door de tijrivier zelf (bedding, weerstand, ...) doch niet beïnvloed door was-regimes.



Figuur 7 - correlaties van hoogwater (links) en laagwater (rechts) over een kalenderjaar tussen de geburige meetposten Liefkenshoek en Kallosluis

De spreiding rond de correlatielijn blijft voor de laagwaterstanden vrij goed, van zeer lage tot zeer hoge laagwaterstanden. Dit is iets minder het geval voor de hoge hoogwaterstanden, waar het duidelijk mag zijn dat zeker bij stormvloeden een grotere spreiding rond de correlatielijn bestaat.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Bij stormvloeden hangen de opeenvolgende hoogwaterstanden van Westerschelde via Beneden-Zeeschelde naar Melle en de andere (aan tij onderhevige) bijrivieren, inderdaad door bvb. locale windeffecten minder nauw aan elkaar. Dat maakt het opstellen van prognoses van hoog-waterstanden bij stormvloeden voor bvb. de locatie Antwerpen-stad, niet gemakkelijk, zelfs niet enkele uren voor het hoogwater aldaar, laat staan 24 uren vooraf, als moet beslist worden of de waterkeerpoorten in de Antwerpse waterkering worden gesloten of niet.

Naar opwaarts komt bovendien de rol van de bovendebieten sterk naar voor. De correlaties van hoogwater en laagwater tussen naburige meetposten is bij weinig tot gemiddelde bovendebieten zeer goed, doch bij aantreden van grote bovendebieten en uiteraard tijdens was-regimes gaan de hoog- en laagwaterstanden minder tot veel minder aan elkaar gecorreleerd zijn.

Zowel hoog- als laagwaterstanden zullen bij grote bovenafvoer verhogen, doch in een mate die verandert al naargelang de duurtijd van het was-regime en uiteraard de grootte van de aan-houdend grote bovendebieten. Dit maakt aan de correlaties een bijkomende waaier van koppels van normaal aan elkaar zeer nauw verwante hoog- en laagwaterstanden, een waaier dat duidelijk naast de normale correlatielijn ligt en waarvan de breedte min of meer beduidend is.

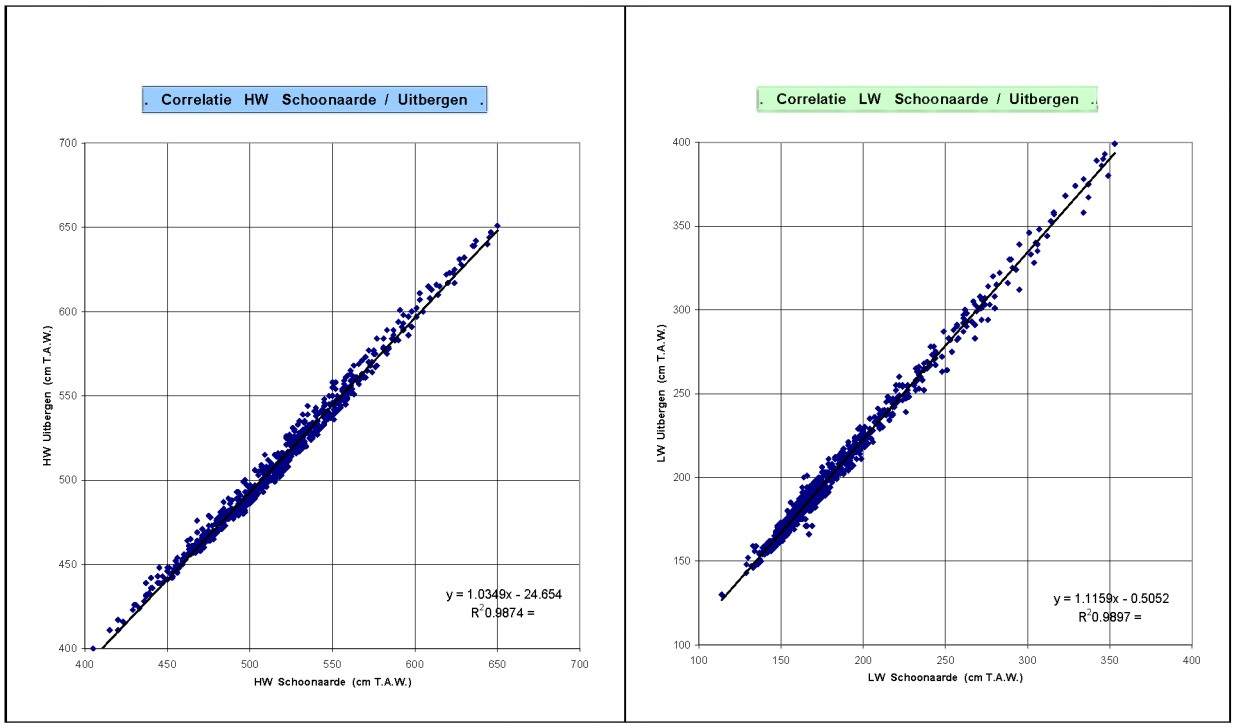
In het "midden-gebied" van de Zeeschelde is deze waaier relatief groot, omdat de bedding-hoogte en -breedte in dat vak sterk varieert, van "maritiem" aan afwaartse kant tot "fluviatiel" naar opwaarts. Opwaarts van Dendermonde is de variatie in langszin van beddinghoogte, en overigens ook van rivierbreedte dus van natte sectie, veel kleiner. De invloed op de laagwaterstanden is in het “midden-gebied” vrij groot; tussen Sint-Amands en Dendermonde verhogen de laagwaterstanden relatief sterk. Het geheel maakt dat de correlaties van hoog- en laagwater tussen de nochtans geburige meetposten Sint-Amands en Dendermonde (tussenafstand 13 km), dat die correlaties zeker voor laagwater iets minder mooi zijn hoewel uiteraard sterk aanwezig. Buiten de beide laagwater-standen zelf zou hier als derde correlerende parameter de grootte van het bovendebiet kunnen ingebracht worden.

Nog meer naar opwaarts verbeteren die correlaties opnieuw, doordat de bedding tussen Dendermonde en Melle relatief minder verandert dan tussen Sint-Amands en Dendermonde. Er is grote invloed van het bovendebiet (van de Dender te Appels en van de Bovenschelde, Leie en Gentse kanalen o.m. de Ringvaart) maar de verbanden tussen de hoog- en laagwaterstanden blijven ook bij wasregime nauw. Figuur 8 toont (als voorbeeld) de correlatie van (links) hoogwaters en (rechts) laagwaters tussen de geburige meetposten Schoonaarde en Uitbergen.

Bij dat alles moet bedacht worden dat indien hoog- of laagwaterstanden in hoogte wat zouden "afwijken" van de gemiddelde trendlijn, dat zulks steeds zo gebeurt dat een verhoging van HW of LW op één meetpost gepaard gaat met eveneens een verhoging van HW of LW op de geburige meetpost, en dan nog in ongeveer eenzelfde orde van grootte. Idem bij verlagingen. Het ondersteunt de grote waarde van dergelijke correlaties, en van hun gebruik voor interpolaties van ontbrekende waarden.

Mede door deze goede correlaties, ook tijdens was-regimes, kon tot vijfentwintig jaar terug (dus voor het in dienst komen van de debietmeter te Melle) een meerdaags-gemiddelde bovendebiet "vanuit het Gentse" bepaald worden als door een was-regime de waterstanden buiten het ijk-bereik van de stuwen te Gentbrugge, Merelbeke of Zwijnaarde gingen, of als de stuwen geheel werden geheven. Uit het laagwater te Wetteren kon een bovendebiet "vanuit het Gentse", nu vervangen door "het bovendebiet te Melle", ook tijdens periodes van flink wasregime redelijk goed bepaald worden.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

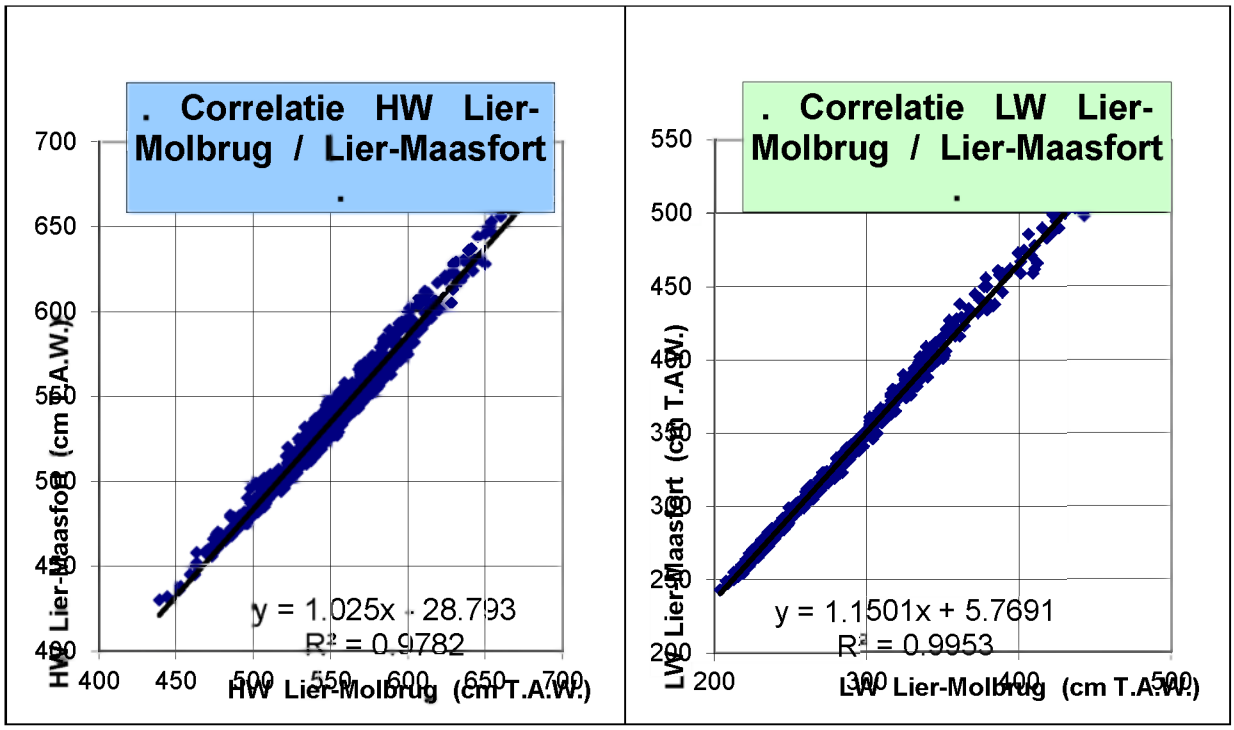


Figuur 8 - correlaties van hoogwater (links) en laagwater (rechts) over een kalenderjaar tussen de geburige meetposten Schoonaarde en Uitbergen

Ook voor de aan tij onderhevige bijrivieren geldt eenzelfde redenering: van alle tijmeetposten bestaan correlaties tussen geburige meetlocaties, telkens -doch apart- over alle hoog- en over alle laagwaters van een gans jaar, dus alle seizoenen bijeen, en net in een jaar waarin ook enkele periodes van flinke bovendebieten zijn voorgekomen. Kortom: correlaties voor een gans gamma van hoog- en laagwaterstanden.

De volgende figuur toont dergelijke correlaties tussen de naburige meetposten op de Nete's, nl. te Lier-Molbrug net afwaarts Lier (en afwaarts de samenvloeiing van Kleine Nete en Grote Nete, doch net opwaarts van de uitmonding van de Afleidings-Nete die omheen de stad Lier gaat) en te Lier-Maasfort (op de Grote Nete, net afwaarts de duiker onder het Netekanaal). De correlatie is zeer groot. Merkwaardig is dat de correlatie tussen de laagwaters (R^2 = 0,9953) groter is dan tussen de hoog-waters (R^2 = 0,9782). Het op de verschillende plaatsen van de Kleine, Grote en Afleidings-Nete rond en om Lier gebeuren van laagwater, geschiedt rustig en langdurig, waardoor zich een goed evenwicht tussen de verschillende laagwaterstanden kan instellen. Dat is niet het geval bij de hoogwaters, waar de golf van hoogwater snel komt en weer gaat, dus de tijdsduur ontbreekt om tot een even goed evenwicht als bij de laagwaters te komen. Er is bij de hoogwatergolf bovendien duidelijk invloed van zowel het effect van de Afleidings-Nete als van de duiker van de Grote Nete onder het Netekanaal. Dat laatste zorgt voor een opstuwing van de hoogwaters te Lier-Maasfort, zaak dat goed op de correlatie-lijn te zien is, vooral bij de hoge hoogwaterstanden.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 9 - correlaties van hoogwater (links) en laagwater (rechts) over een kalenderjaar tussen de geburige meetposten Lier-Molbrug en Lier-Maasfort

Kortom: de correlaties van hoog- en laagwaterstanden tussen telkens naburige tijmeetposten in het Zeescheldebekken, laten vrij nauwkeurig toe om ontbrekende hoog- en laagwaterstanden toch te kunnen bepalen.

De methode bestaat er in om uit de correlaties van hoog- en laagwaters van een post waar meetgegevens van ontbreken, die ontbrekende hoog- en laagwaters te interpoleren uit deze van én de afwaarts én de opwaartse gebuur, dus om twee maal de getoonde correlaties te gebruiken. Zulks verkleint uiteraard danig de immanente -al vrij kleine- onnauwkeurigheid van dergelijke interpolaties.

Het is vanzelfsprekend van groot belang dat aldus voor alle meetposten die aan bod komen, dat door dergelijke tweeledige interpolatie alle ontbrekende hoog- en laagwaterstanden (in hoogte) interpretatief zijn opgevuld geworden, zodat het om volledige data-reeksen handelt.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

1.4 Getijwaarnemingen te Antwerpen-Loodsgebouw

1.4.1 globaal jaaroverzicht getijwaarnemingen te Antwerpen-Loodsgebouw

Vanuit belang voor de aangrenzende stad, vanuit standpunt van huisvesting van de met het Zeescheldebekken betrokken diensten (van "Openbare Werken" en "Maritieme Dienstverlening"), als baken in het aspect bevaarbaarheid en zeehaven, en gezien zeer sterke historische redenen, was en is de meetlocatie aan de Rede van Antwerpen dé (in die zin enige) basispost in het ganse Zeescheldebekken. Dat was het al voor het tijdperk van systematische en continue metingen van het getij, en dat is het sinds het in voege treden van die metingen (1888) onafgebroken gebleven. De meetpost aan (vroeger de Sint-Michielskaai, later aan de Kattendijkzeesluis, en nu al meer dan driekwart eeuw) het Loodsgebouw te Antwerpen, was en is ook nog steeds de enige basispost ten aanzien van het aanmerken van stormvloeden in het Zeescheldebekken. Zelfs bij wasregimes (zijnde langdurige afvoeren van zeer grote bovendebieten aan de randen van het tijgebied) wordt ook steeds het getij te Antwerpen-Loodsgebouw als basisgetij (zonder "was"-invloed) beschouwd. Dat alles maakt dus dat terecht -zo historisch, bestuurlijk als fysisch- het getij te Antwerpen al meer dan honderdtwintig jaar dé toetssteen van het getij in het Zeescheldebekken is.

Daarom wordt in de MONEOS-rapportage van het getij in het Zeescheldebekken, eerst en apart een hoofdstuk aan het optreden van het getij te Antwerpen-Loodsgebouw gewijd. Als hoofdken-merken geldt voor een jaarschets van het getij op een meetlocatie steevast de opsomming van de jaargemiddelden van hoogwater, laagwater en getijverschil, dus van middeltij, alsmede het aangeven van bijzondere tijen zoals stormvloeden of zeer lage laagwaterstanden.

Onderhavig rapport is een basis-boek, met bedoeling dat het voor komende jaren het uitleggende boekdeel is voor de opeenvolgende jaar-boeken, die immers apart worden uitgegeven. In die context worden in dit basisboek eerder voorbeelden gegeven van data van of t/m 2011 i.p.v. 2012, om het jaarboek 2012 niet overbodig te maken.

Zo geldt voor het meetjaar 2011 dat:

met: - een **gemiddeld hoogwater over het jaar op peil T.A.W. +5,33 m**,

- een **jaargemiddeld laagwaterpeil T.A.W. -0,01 m**,

- dus een **getijverschil van 5,34 meter**,

en met geen enkele stormvloed, noch gewone noch buitengewone stormvloed,
klasseert het getij in het jaar 2011 zich als zeer rustig binnen de context van de tijen van de voorbije decennia.

Ook naar frequentieverdeling van optreden van alle hoogwaterstanden, alle laagwaterstanden en meteen ook van alle getijverschillen, klasseert het getij 2011 zich als zeer rustig.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Die gegevens kunnen verbreed worden naar springtijen en doodtijen, en naar de jaar-extrema van hoog- en laagwater. Zo geeft de navolgende tabel een overzicht van de hoofdkenmerkende tij-waarden voor de tijpost Antwerpen-Loodsgebouw in 2011. De gebruikte termen en afkortingen spreken voor zich.

Het gaat hier om *jaar*-gemiddelden, dus van (om de gedachten te vestigen) alle 706 hoogwaterstanden en alle 705 laagwaterstanden dus àlle tijen in 2011 opgetreden, tenminste voor de berekeningen van het "middeltij", en voor 25 hoog- en 25 laagwaterstanden voor springtij en ook voor doodtij. Voor de uiterste hoog- en laagwaterstanden zijn vanzelfsprekend ook alle tijen beschouwd, doch handelt het om telkens slechts één enkel tij in het ganse jaar, en dat juist omwille van uitzonderlijke meteorologische omstandigheden zoals flinke opwaaiing door stormachtige noordwestenwinden over de Noordzee of door afwaaiing door aanhoudende continentale oosten-winden is veroorzaakt, dus een tij dat danig van "*het gemiddelde*" kan afwijken.

Wat hier in dit basisboek wordt aangegeven voor het jaar 2011, wordt in de eigenlijke jaarboeken uiteraard voor het betrokken jaar geactualiseerd.

Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : hoofdkenmerkende waarden van het getij in 2011		
middeltij	**GHW**	**+5.33**
	GLW	**-0.01**
	GTV	***5.34***
springtij	**GHW**	**+5.70**
	GLW	**-0.25**
	GTV	***5.95***
doodtij	**GHW**	**+4.89**
	GLW	**+0.48**
	GTV	***4.41***
uiterste waarden	**HHW**	**+6.50**
	LHW	**+4.20**
	HLW	**+1.65**
	LLW	**-0.96**

(waterstanden in meter TAW, tijverschillen in meter)

Tabel 3 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: hoofdkenmerkende waarden van het tij over het jaar 2011

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Ter herinnering:

- middeltij is hét gemiddeld getij over een langdurige periode, in bovenstaande tabel over het kalenderjaar 2011. Bij het aangeven van algemene tijgegevens worden meestal tienjarige periodes gehanteerd, en dan nog per decennium, zoals nu nog steeds 1991-2000 (doch wat stilaan voor al verschillende posten ook over 2001-2010 mogelijk is; dat tienjarig overzicht komt binnenkort uit.).

- een halfdaags getij duurt -gemiddeld- 12u25min, en een daags getij 24u50min. Dit zijn gemiddelden, over ten minste een doodtij/springtij-periode genomen. Want in de springtij-periode (enkele dagen rond en om hét hoogwater van springtij) is de dagelijkse verschuiving van bvb. hoogwater niet de gemiddelde waarde van 50 minuten doch korter, soms maar de helft. Omgekeerd is dat in de doodtij-periode langer dan het gemiddelde, geregeld anderhalf uur tot uitzonderlijk meer dan twee uur. In een kalenderjaar van 365 dagen kunnen er 704 à 706 hoogwatergolven zijn, en idem laagwatergolven. In een schrikkeljaar zijn er 706 à 708 hoog- en laagwatergolven.

- springtij en doodtij zijn karakteristieke tijen doorheen een springtij/doodtij-cyclus. Bij springtijen zijn de tijverschillen het grootst, en bij doodtijen het kleinst. Reeds vele decennia werden in België en omliggende landen definities bepaald die aangeven welk tij hét springtij resp. hét doodtij is. Al deze definities beginnen steevast bij het hoogwater: met de hoogwatergolf van springtij in het Zeescheldebekken wordt dàt hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw bedoeld dat als eerste hoogwater onmiddellijk volgt op de vijfde maandoorgang te Ukkel na nieuwe en volle maan. "Ukkel" is daarbij de sterrenkundige basislocatie voor België en waarvan de meridiaan trouwens ongeveer met deze door Antwerpen overeenkomt. Het daaropvolgende laagwater wordt beschouwd als het laagwaterspring. Hoog- en laagwater bij doodtij worden op dezelfde wijze bepaald doch dan vanaf het tijdstip van doorgang van eerste en laatste kwartierstand van de maan. Het hoogwater springtij resp. doodtij te Antwerpen bepaalt meteen de tijgolf in het ganse Zeescheldebekken dat hoogwater springtij of doodtij is.

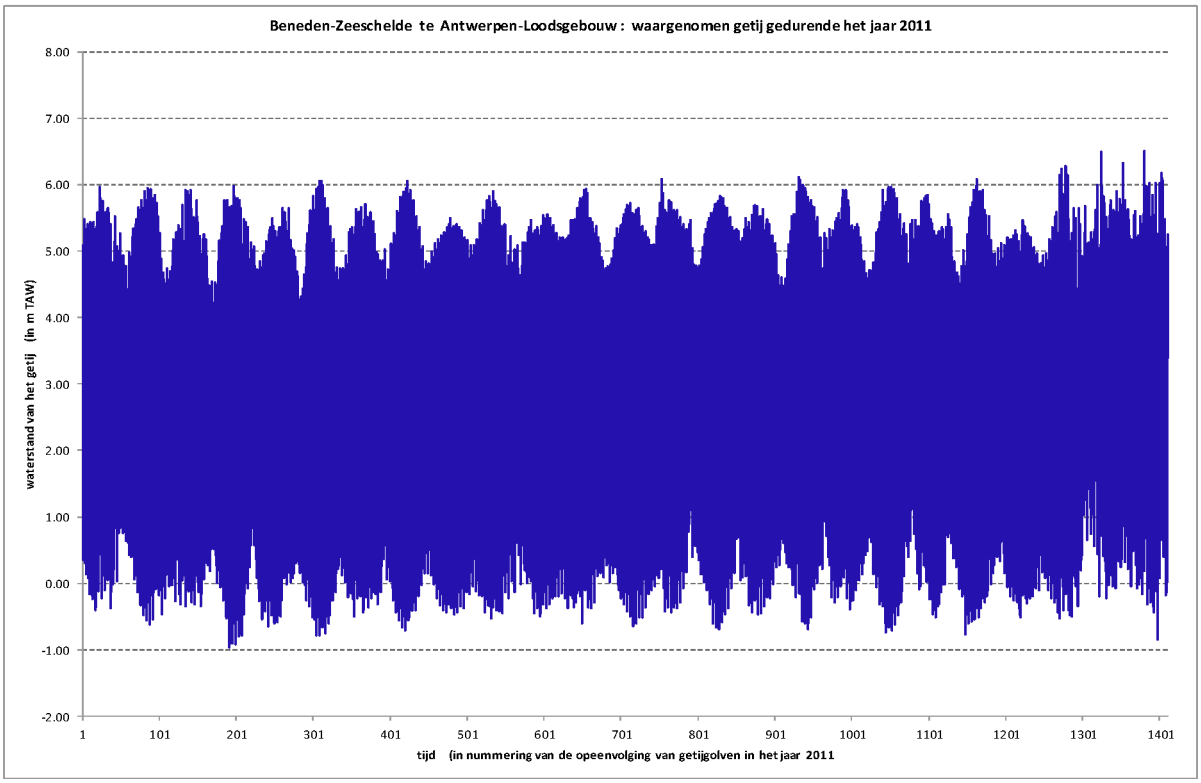
- dat maakt dat er per kalendermaand twee (uitzonderlijk drie) springtijen en twee (uitzonderlijk drie) doodtijen zijn. Per kalenderjaar zijn er dus normaliter een 25-tal springtijen en idem doodtijen (maar het aantal kan variëren van 24 tot 27, m.n. meer bij schrikkeljaren).

Een tabelmatige voorstelling van gemiddelde en uiterste kenmerkende waarden van het getij op een locatie en gedurende een kalenderjaar, toont de hoofdwaarden maar toont geen jaarverloop. De hiernavolgende drie figuren geven dat wel aan.

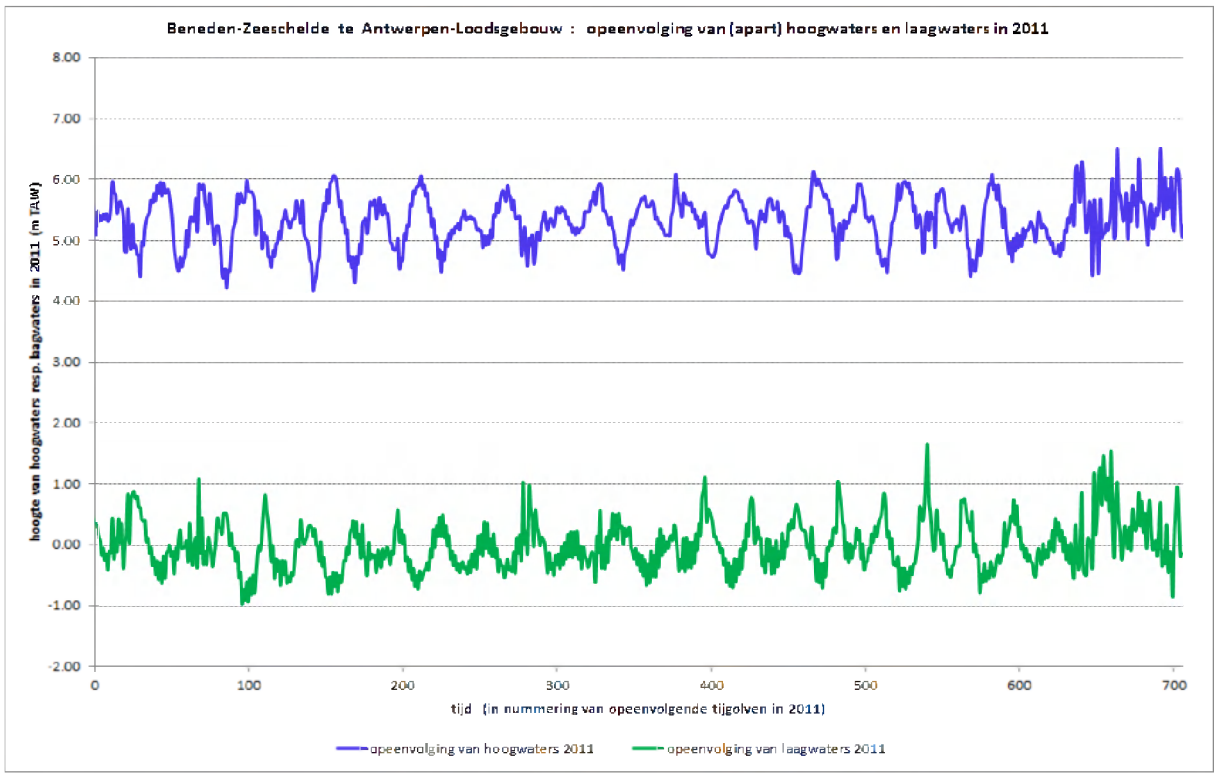
De wijze waarop kan verschillen: figuur 10 toont het op- en neergaande verloop van het getij (meerbepaald de tij-*waarnemingen*) te Antwerpen-Loodsgebouw over het ganse jaar 2011; de blauwe kleur bakent een zone af in dewelke de hoogte van het tijwater zich dag na dag heeft afgespeeld. Het toont duidelijk de ongeveer bijna vijftiendaagse cycli van spring- en doodtij, met hogere hoogwaterstanden en lagere laagwaterstanden in de springtij-periodes, en omgekeerd lagere hoogwaterstanden en hogere laagwaterstanden in de doodtij-periodes. Het toont m.a.w. duidelijk de bijna vijftiendaagse springtij/doodtij-variatie.

Eenzelfde beeld kan benaderd worden door de verlopen van hoogwaters, laagwaters en tijverschillen als afzonderlijke lijnen in een grafiek weer te geven. Figuur 11 toont deze jaarverlopen voor hoogwaters (in blauwe lijn) en voor laagwaters (in groene lijn). De zeer hoge en zeer lage hoog- en laagwaterstanden komen hier duidelijk naar voor. Figuur 12 geeft het jaarverloop van het tijverschil weer. De cycli van spring- en doodtijen komen hier uiteraard het duidelijkst naar voor; spring- en doodtijen zijn immers juist door de variatie van tijverschillen gedefinieerd.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

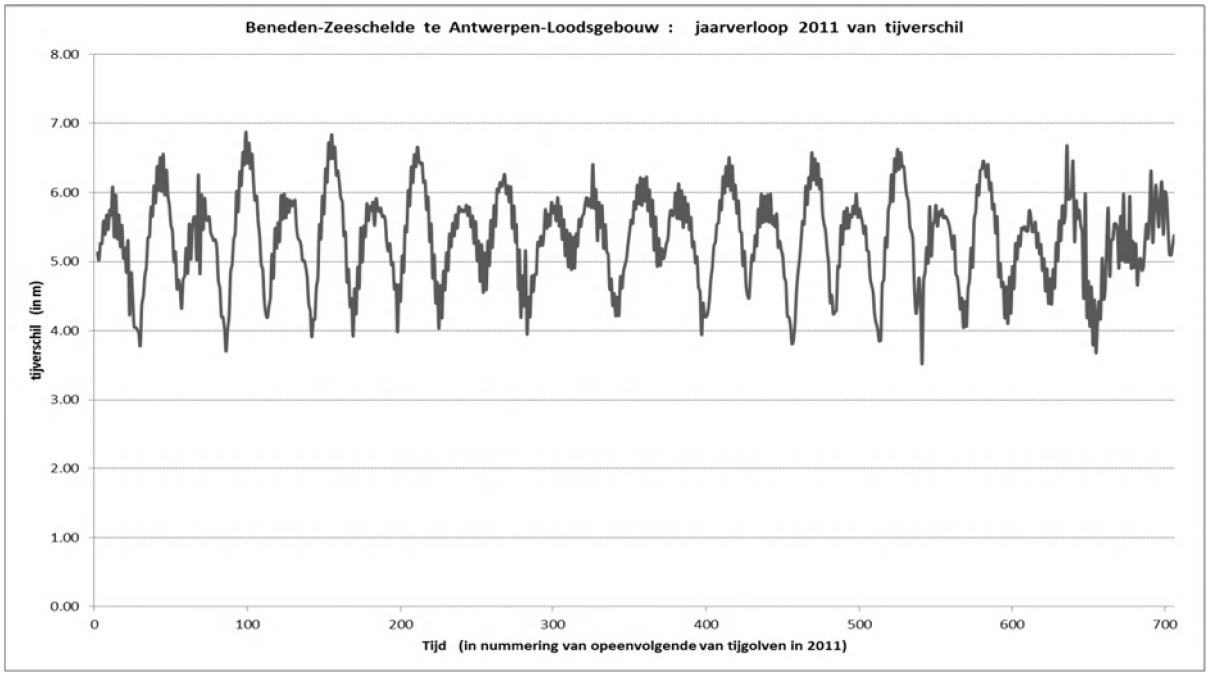


Figuur 10 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2011 (tij-waarnemingen)



Figuur 11 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2011 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 12 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2011 door aanduiding van enkel het verloop van tijverschil

Waar in al deze figuren in de tij-waarnemingen duidelijk een springtij/doodtij-variatie te zien is, moet benadrukt worden dat deze toch in beduidende mate kan afwijken van het astronomisch verloop, nl. sterk kan beïnvloed worden door meteorologische omstandigheden, vooral opwaaiing en afwaaiing in het afwaartse deel van het tijbekken, en in het opwaartse deel sterk beïnvloed door de variatie van kleine, gemiddelde, grote en zeer grote bovendebieten uit de opwaarts het tijbekken gelegen hydrografische gebieden. Buiten hun grootte, spelen voor elk van die beïnvloedende omstandigheden ook hun respectievelijke duurtijden een belangrijke rol.

Hoe ook: de slechts kleine beïnvloeding van de tijstanden te Antwerpen-Loodsgebouw door de grootte van de bovendebieten, komt -indien het geval- hoofdzakelijk voor in de wintermaanden (bij "onze" overzichten van tijwaarnemingen klassiekerwijze bedoeld als de periode van 1 november tot einde april). De grote meteorologische invloeden van langdurige en sterke westen- à noordwesten-winden over de Noordzee, of van afwaaiing door flinke langdurige continentale oostenwinden, situeren zich voornamelijk ook in diezelfde "winter"-periode. Het is dus vanzelfsprekend dat de jaarverlopen van hoogwater, laagwater en tijverschil meer van een mooi springtij/doodtij-beeld afwijken in die "winter"-periode. Figuur 11 geeft inderdaad een veel kleinere variatie te zien van de verlopen van hoog- en laagwater in de "zomer"-periode (te verstaan als periode van begin mei tot einde oktober) tegen een grotere variatie in de “winter”-periode. Ook de grafiek van figuur 12, over het jaarverloop van tij-verschillen, laat grosso modo eenzelfde beeld zien.

In die laatste grafiek is ook duidelijk te zien dat er in het voorjaar en in het najaar, om en om een springtij/doodtij-periode ook enige variatie bestaat. Wordt elke springtij-doodtij-periode van links naar rechts geteld, dan gaan de tijverschillen van de periodes 2, 4, 6 en 8 tot grotere waarden dan de periodes tussenin. Dat is ook zo voor de periodes 17, 19, 21 en 23 tegen de tussenin gelegen springtij/doodtij-periodes. Dat is een jaarlijks weerkerend beeld, louter van astronomische aard.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Om nog eens duidelijk de meteorologische invloeden op het astronomische getij te laten zien, volgen drie grafieken, nl. twee op de navolgende bladzijde met (bovenste grafiek, in lichtblauwe lijn) de astronomisch *voorspelde* waarden van de opeenvolgende hoog- en laagwaterstanden te Antwerpen-Loodsgebouw voor de maand december 2011, en met (onderste grafiek, in donkerblauwe lijn) de *reëel waargenomen* waarden. De maand december 2011 werd gekozen omwille van het in 2011 hoogst opgetreden hoogwater, nl. T.A.W. (+6,50m), in die maand viel, en gezien nog twee andere flink verhoogde hoogwaters, alsook omdat in een wintermaand van nature flinke windinvloed kan bestaan, veel meer dan in een zomermaand, en er dus meer verschil mogelijk is met het astronomisch tijverloop.

Op de bovenste grafiek (der tij-voorspellingen) is mooi het tijverloop in functie van de springtij/ doodtij-cyclus te zien. Ook de dagelijkse ongelijkheid komt -uiteraard- mooi in beeld. Dat houdt in dat om en om de extrema van het tijverloop, er een dagelijkse schommeling is, veroorzaakt door het feit dat de draaiingsas van onze aarde niet loodrecht op de verbindingslijnen aarde-zon en aarde-maan staat, doch een hoek maakt van (gemiddeld) 66,5 graden. De ellipsoïde van de aan het tij onderhevige watermassa (bij idealisatie van overal een waterschil op aarde) richt zich naar de maan, zodat op eenzelfde locatie ergens op aarde gedurende een volledige omwenteling van de aarde (een etmaal) twee hoog- en twee laagwaters zullen bestaan, doch die -per etmaal bekeken- ongelijk van hoogte zijn.

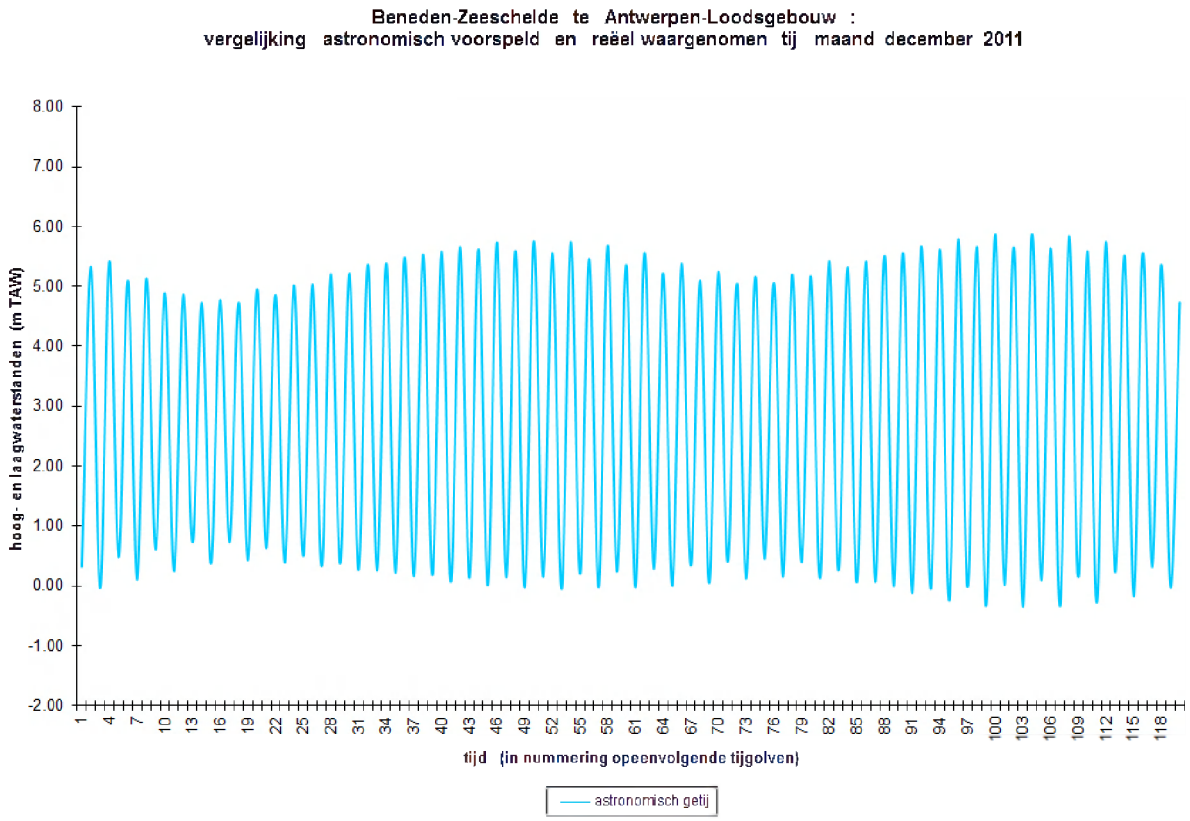
Dat hoogteverschil tussen de twee hoogwaterstanden in eenzelfde etmaal, en idem tussen de twee laagwaterstanden in eenzelfde etmaal, wordt de dagelijkse ongelijkheid genoemd.

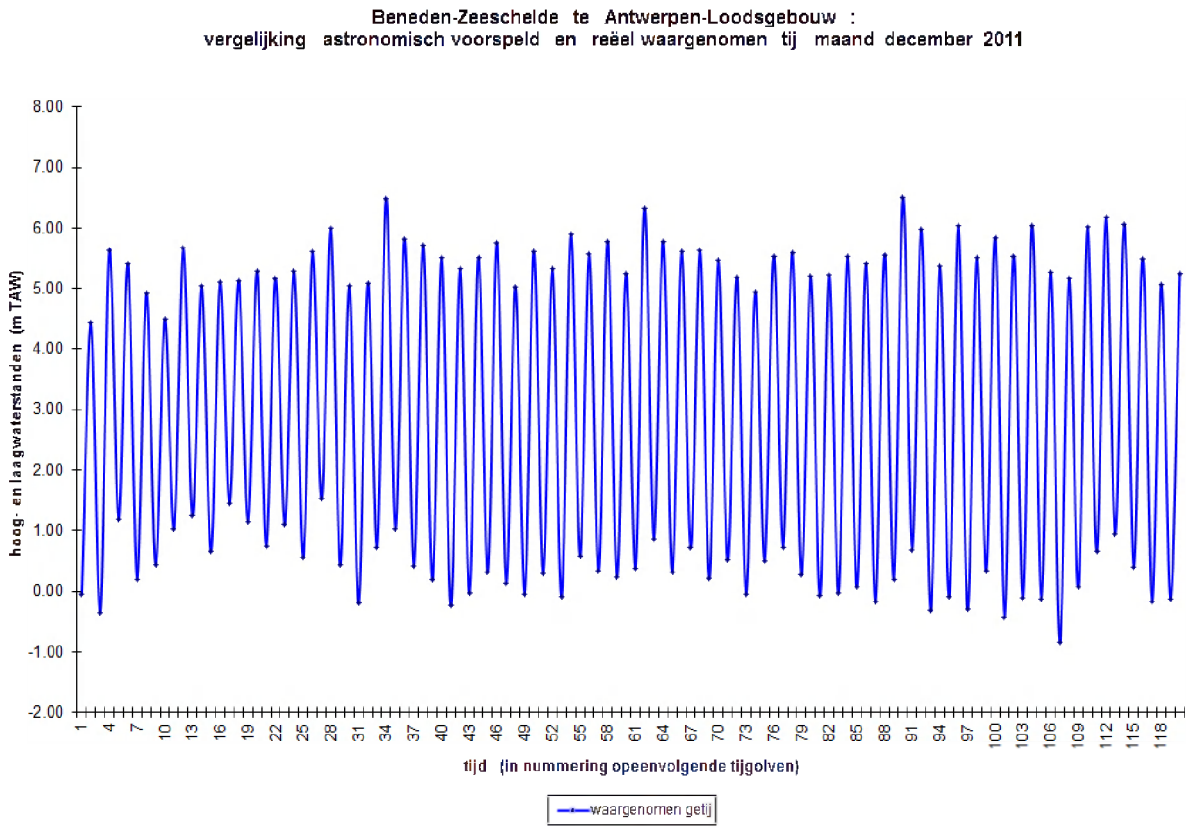
Bij de hoogwaterstanden is er *-in Westerschelde en Zeescheldebekken, want elders ter wereld kan dat flink verschillen tot niet optreden-* enkel een beduidende dagelijkse ongelijkheid rond en om de springtijen, die kan oplopen tot een dertigtal centimeter, doch indien het geval, gewoonlijk 20 à 25 cm bedraagt.

Bij de laagwaterstanden is er bijna altijd een dagelijkse ongelijkheid, al kan die bij doodtijen enkele dagen zeer klein zijn. Bij springtijen daarentegen is de dagelijkse ongelijkheid groot te noemen, gemakkelijk 30 cm en oplopend tot zelfs een zestigtal centimeter. De dagelijkse ongelijkheid is hier dus bijna altijd -door het jaar heen- bij de opeenvolgende laagwatergolven aanwezig, en is bij springtijen ruim het dubbele van de dagelijkse ongelijkheid bij hoogwaters, waar dat fenomeen enkel bij springtijen bestaat.

Maar het huidige verhaal gaat over de invloed van meteorologische omstandigheden, vnl. windvelden over Noordzee of vanuit continentaal Midden-Europa, met name de invloed op het getij in het echt maritieme deel van het Scheldebekken, zegge de Westerschelde en de Zeeschelde afwaarts Sint-Amands, en waartoe hier in eerste instantie de basispost Antwerpen-Loodsgebouw wordt getoond.

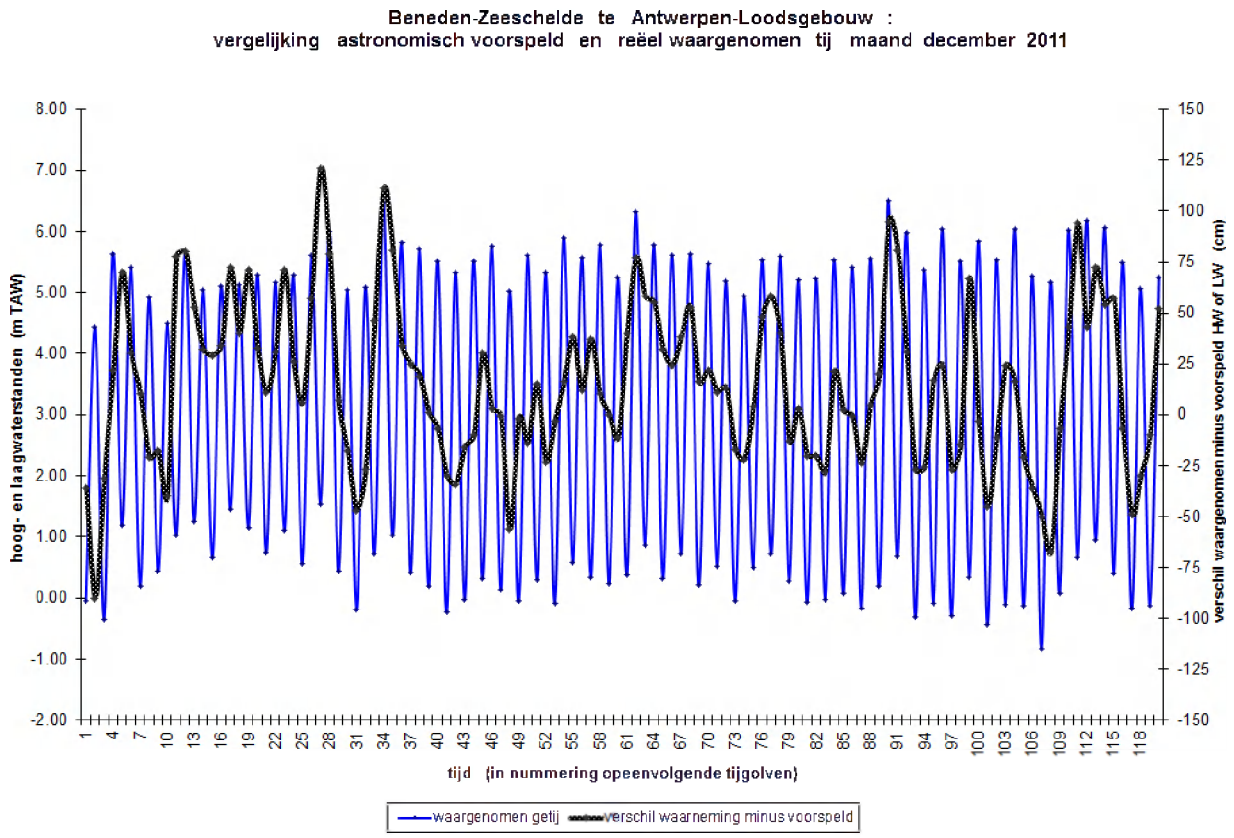
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009





Figuur 13 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van (bovenaan) het astronomisch voorspelde tij en (onderaan) het waargenomen tij gedurende december 2011

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 14 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van het waargenomen getij, en van het verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) voor de maand december 2011

Figuur 14 toont dat gewoon door sterke opwaaiing door flinke westen- en noordwestenwinden (op de Noordzee) de hoogwaterstanden fel kunnen verhogen, wat in de beschouwde maandperiode december 2011 enkele malen beduidend is gebeurd, vooral op 7 en 9 december. Toen waren er door opwaaiing flinke opzetten van de hoogwaterstand, nl. resp. 1,21 en 1,11 meter (dus het hoogteverschil tussen het reëel opgetreden hoogwater minus het astronomisch voorspelde).

Bij overwegend oostelijke winden (koudegolf, vorstperiode ...) waren er gedurende die maand ook enkele verlagingen van zowel hoog- als laagwater, bvb. op 1 december een grote afwaaiing van 90 cm. Ook op 8, 13 en 28 december 2011 waren er grote afwaaiingen van het laagwater. Uiteraard wisselt het aantal en de mate van verhogingen en verlagingen van hoog- en laagwaters t.o.v. de astronomische tijen, erg met de mate én de duur van opwaaien en afwaaien veroorzaakt door de windvelden op de Noordzee en over de Westerschelde. Voor locaties aan de opwaartse randen van het tijgebied komt daar nog de invloed van al dan niet grote tot zeer grote bovendebieten bij.

Te bedenken is dat astronomische voorspellingen steunen op een honderdtal harmonische componenten (als een uiteenrafeling van uurlijkse waterstanden in een reeks van een honderdtal cosinusidale golven) gebaseerd op tijwaarnemingen van minstens een gans kalenderjaar, dus waarbij grote meteorologische invloeden zeer uitgemiddeld worden.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Want het jaargemiddelde windveld over de Zuidelijke Noordzee, de Westerschelde en het Zeescheldebekken komt op niet meer dan 3 à 4 Bft, resp. te land en over zee, wind waarbij nog geen zeer grote invloeden op het tij veroorzaakt worden, te meer daar het als jaargemiddelde windrichting om zuidwestelijke winden gaat, daar waar westelijke, noordwestelijke en oostelijke windvelden een veel grotere invloed op het getij in het Zeescheldebekken hebben.

Zoals bekend, kunnen langdurige en stormachtige windvelden over de Noordzee het tij in de Westerschelde en het Zeescheldebekken tot stormvloed verhogen. De hoogste tot heden waar-genomen stormvloed-hoogte te Antwerpen-Loodsgebouw dateert van 1 februari 1953 a.m., met een peil T.A.W. (+ 7,77 m). Het astronomisch voorspelde hoogwater was toen T.A.W. (+ 4,98 m) zodat de "schuine" opzet 2,79 meter bedroeg.

"Schuin" wil in dit geval zeggen: het gewone hoogteverschil tussen het waargenomen en het voorspeld hoogwater, op een verschillend tijdstip opgetreden resp. voorspeld. Het zou immers flink zijn mocht elk hoogwater zich exact voordoen op het moment zoals astronomisch voorspeld; want de meteorologische omstandigheden beïnvloeden ook het tijdstip van hoog- en laagwater. En gewoonlijk vervroegen de hoogwaters zich bij een stormvloed, toch in het Zeescheldebekken.

Er bestaat ook het begrip "verticale opzet" hetgeen het ogenblikkelijke verschil is tussen de heersende waterstand en deze volgens astronomische voorspelling, en dat begrip kan bepaald worden over het ganse getij, los van laag- of hoogwaters.

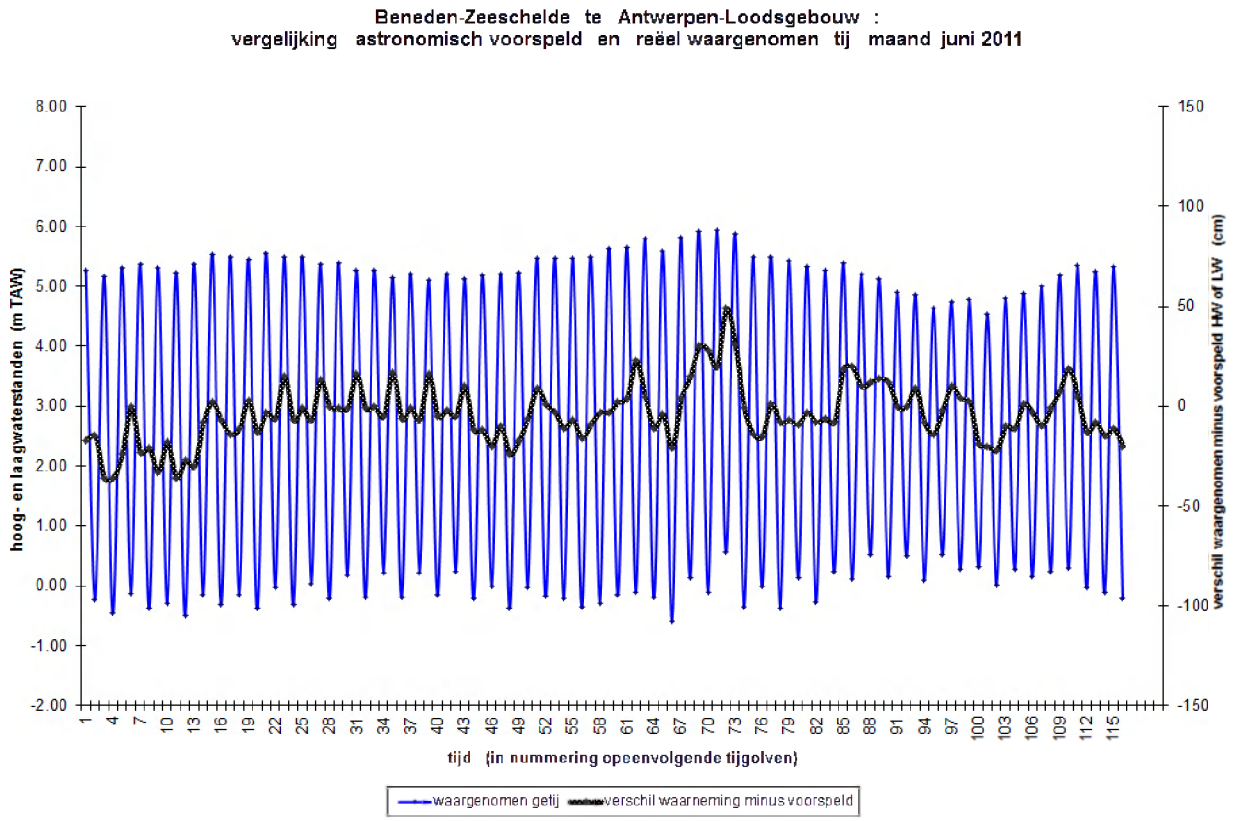
Gemiddeld zijn de verhogingen van het astronomisch hoogwater bij de meeste stormvloeden, te Antwerpen-Loodsgebouw 1,40 à 1,80 meter. Er zijn stormvloeden opgetreden met kleinere en grotere opzetten, doch 1,40 à 1,80 m is een frequent opgetreden *(schuine)* opzet.

De opwaaiingen (en ook de afwaaiingen) in de betrokken maand december 2011 (zie figuur 14) zijn dus geenszins uitzonderlijk, eigenlijk: voor een wintermaand nog niet zeer groot. Maar het verhaal over het verloop van enerzijds astronomisch tij en anderzijds reëel tij helpt om een duidelijker en veelzijdiger inzicht in het tijverloop in de Beneden-Zeeschelde te geven.

Ook in zomermaanden treden soms redelijke verhogingen en verlagingen van hoog- en laag-water in het Zeescheldebekken op. Zo kan als voorbeeld het verloop getoond worden van het waargenomen getij in de maand juni 2011, met het opgetreden verschil tussen waargenomen versus astronomisch voorspeld getij, zie onderstaande figuur. Een juni-maand geldt hier als klassieke zomer-periode waarin het getij relatief weinig door wind of bovendebieten wordt beïnvloed.

Het verschil in grootte van de (donkergrijze) lijn van het verschil waargenomen tegen voor-speld hoog- en laagwater, tussen de figuren 14 en 15, dus tussen de maanden december resp. juni 2011, is markant doch volkomen normaal: wintermaand versus zomermaand …

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



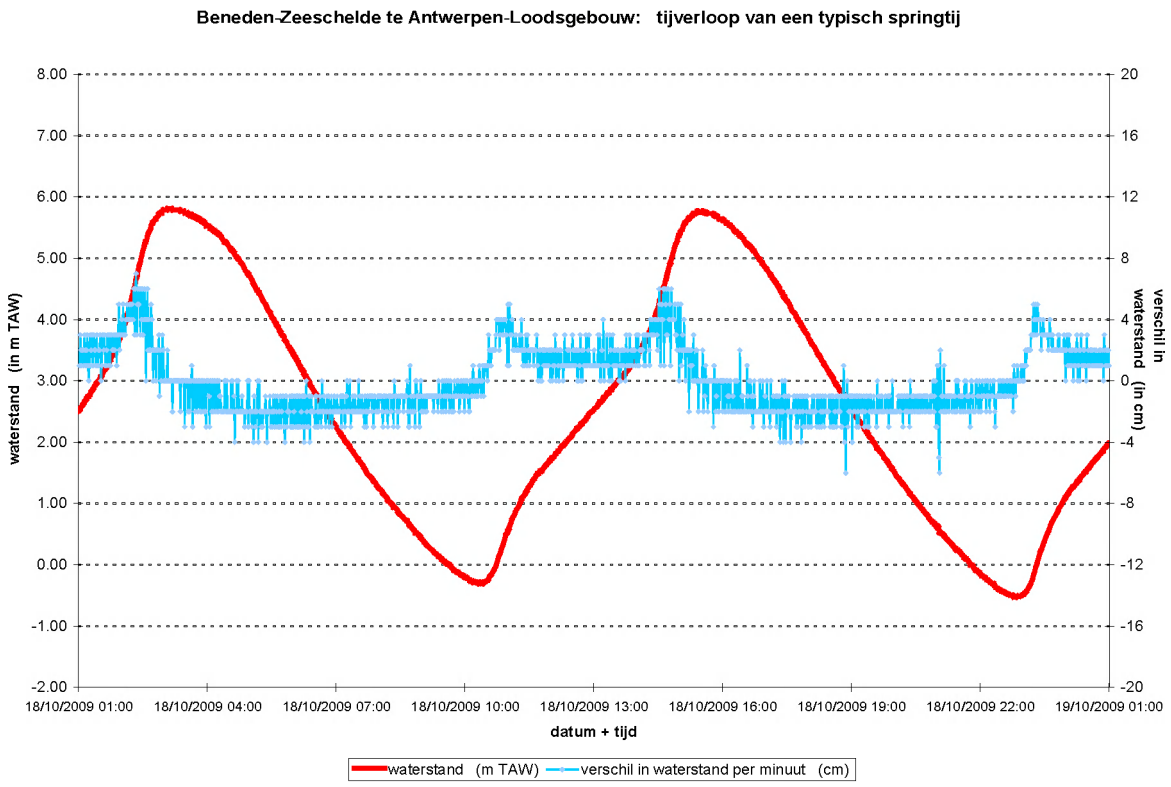
Figuur 15 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van het waargenomen getij, en van het verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) voor de maand juni 2011

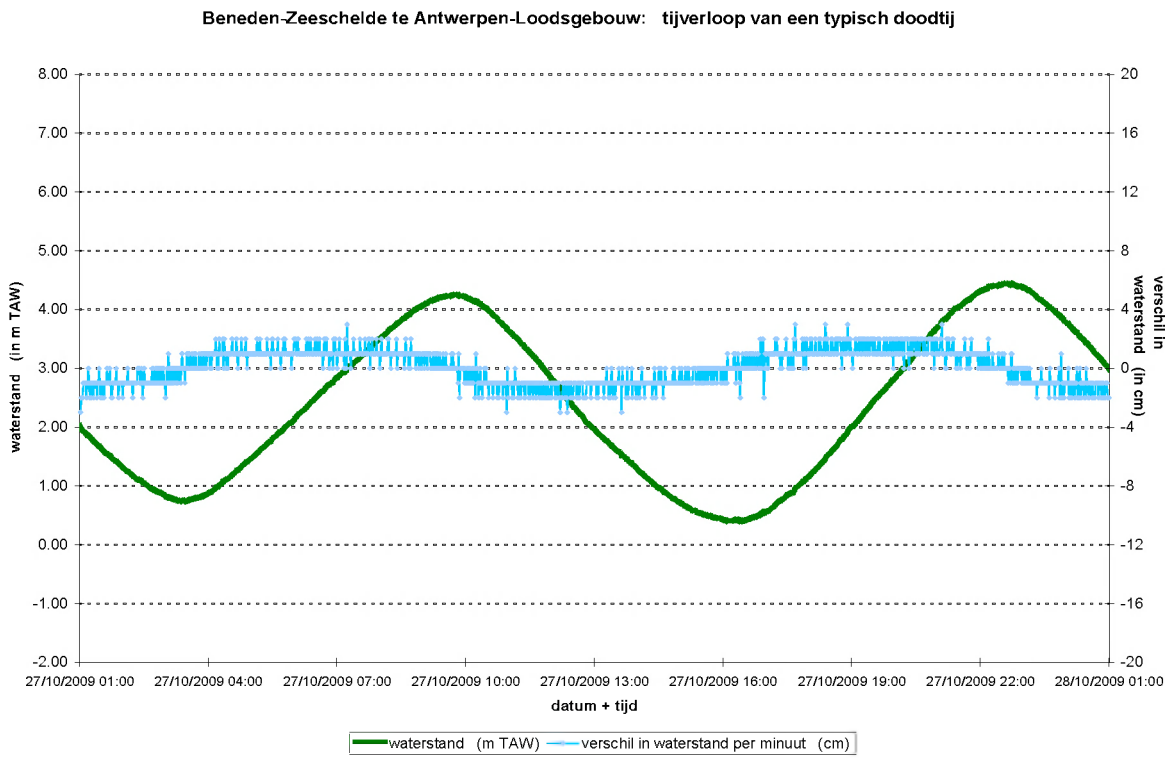
Het verschil tussen opgetreden en voorspeld getij is uiteraard -in een zomermaand- klein want telt slechts weinig opwaaiingen en weinig afwaaiingen. In juni 2011 was er wel een noemenswaardige verhoging van laagwater op 19 juni, inderdaad door een tijdelijk flinke noordwestenwind. Globaal genomen vielen verreweg de meeste verschillen tussen opgetreden getij en astronomische voorspellingen in die maand juni 2011, binnen een marge van plusminus 20 cm, en slechts een viertal keren was dat verschil groter dan 30 cm. De windinvloed is in een zomermaand kleiner, wat zich hier laat zien, maar het mag ook gezegd worden dat onze astronomische tijvoorspellingen uitstekend zijn.

Om terug te keren tot de klassieke springtij/doodtij-cyclus: ook het verschil tussen springtijen en doodtijen is markant. Springtij en doodtij zijn karakteristieke tijen doorheen de bijna vijftiendaagse springtij/doodtij-cyclus. Zoals hoger reeds gedefinieerd, zijn springtijen deze met het normaliter grootste getijverschil, en doodtijen deze met de normaliter kleinste.

De beide grafieken op navolgende bladzijde, tonen het typische verloop van een gemiddeld springtij resp. gemiddeld doodtij voor de Schelde te Antwerpen. In doorgaande lijn zijn beide tij-verlopen over een etmaal (24u00min) getekend. Op die beide figuren is tevens (zie rechterschaal) het waterstandsverschil per minuut aangegeven, m.n. de lichtblauwe verticale hoogte-streepjes.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009





Figuur 16 - typisch verloop van een springtij en een doodtij te Antwerpen-Loodsgebouw met aangeven van het ogenblikkelijk hoogteverschil (bij rijzing en daling) per minuut

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Verschillende zaken vallen op, en zijn inderdaad zeer typisch voor springtijen:

- de daling van het getij (HW naar LW) verloopt met een vrij gelijke hoogtevermindering per tijdseenheid, het lijkt in de grafiek enkele uren lang bijna een rechte lijn. Per minuut handelt het om een daling van "slechts" één à twee centimeter per minuut, waarop enkele "uitschieters" van drie à vier centimeter, slechts zeer uitzonderlijk iets meer;

- de stijging van het tij is evenwel duidelijk niet met constante stijgsnelheid. Bij inzetten van vloed, iets na kentering van laagwater, is er een grotere stijging van het water per tijdseenheid dan uren nadien; bij "maximum vloed" (een term dat slaat op het alsdan veel sneller stromen van de vloed) komen ook grote stijgingen per minuut voor: vier à zes centimeter per minuut, weliswaar af en toe enkele kleinere waarden.

- bij stormvloed zijn de stijgsnelheden per tijdseenheid uiteraard nog groter, zeker als het vooraf-gaande laagwater niet zo sterk verhoogd is t.o.v. het astronomische getij als het komende storm-hoogwater wél veel hoger is dan voorspeld. Want zoals kan begrepen worden, hangt de stijgsnelheid per tijdseenheid over een tij, in wezen vnl. af van het tijverschil.

Op eenzelfde manier kan gevolgd worden dat zeer typische kenmerken van doodtijen op de onderste grafiek van vorige bladzijde kunnen afgelezen worden:

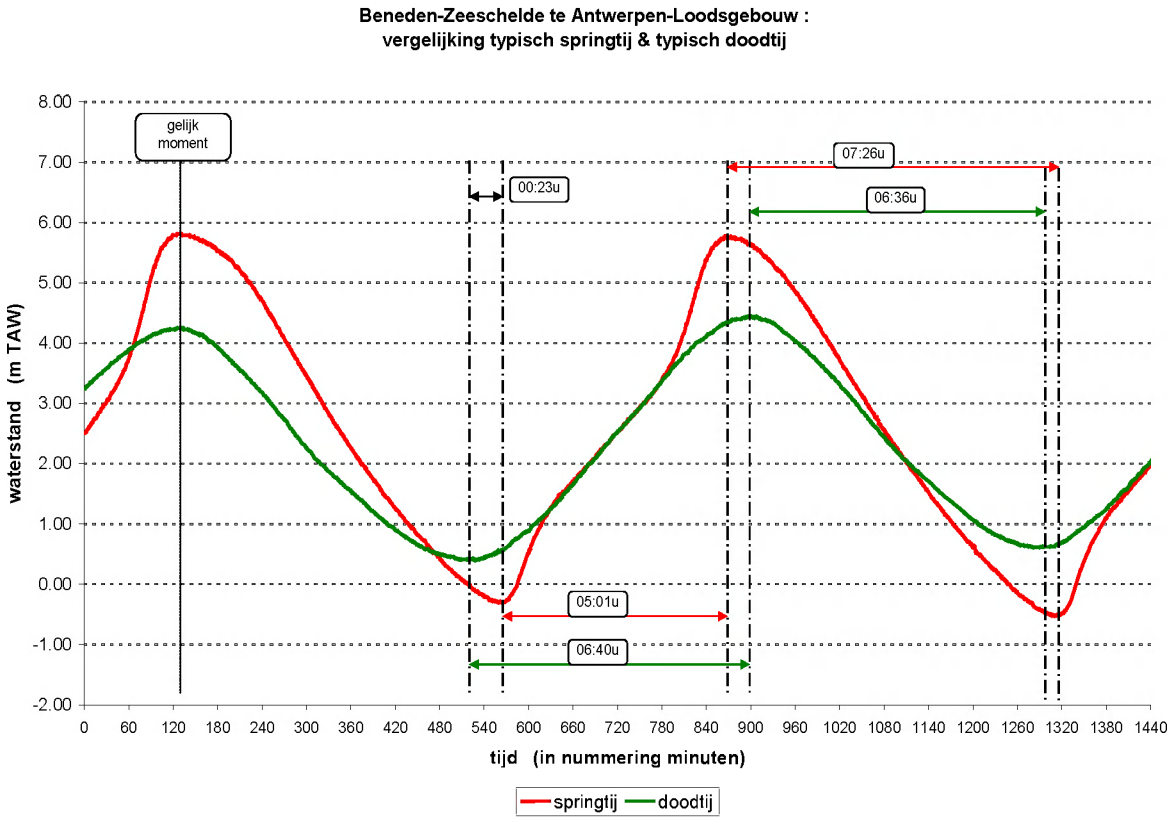
- zowel de stijging als de daling van het getij verlopen met een vrij gelijke hoogteverandering per tijdseenheid, het lijkt in de grafiek urenlang bijna een rechte lijn; enkel rond en om hoog- en laagwater is er -uiteraard- kromming in het verloop. Per minuut handelt het om een stijging en een daling van "slechts" één à twee centimeter per minuut, waarop slechts enkele "uitschieters" van (amper ...) drie centimeter;

- het voor een springtij typisch flink inzetten van de vloed dus met een vrij grote stijging van de waterstand per tijdseenheid, en het nog flinker stijgen bij maximum-vloed, zijn bij doodtij gewoonweg niet aanwezig.

Nog een andere voorstelling om de typische verschillen tussen spring- en doodtijen aan te geven, uit zich op volgende grafiek. Daar is het tijdstip van het eerste hoogwater bij doodtij, in tijd verschoven naar het tijdstip van het eerste hoogwater bij springtij: dus beide eerste hoogwaters zijn op eenzelfde (zegge fictief) moment geplaatst, om op deze wijze enkele karakteristieke verschillen tussen de tijverlopen van spring- en doodtij duidelijk te kunnen tonen.

De daling bij springtij duurt langer dan bij doodtij, met een verschil dat op dit voorbeeld bijna een half uur is; de duur van de stijging is bij springtij evenwel kleiner dan bij doodtij. De totale tijdsduur van een enkelvoudig getij (van bvb. HW over LW naar navolgend HW) is gemiddeld wel 12u25min, en een daags getij 24u50min. Maar: dat zijn gemiddelden, over ten minste een doodtij/springtij-periode genomen. Want in de springtij-periode (enkele dagen rond en om hét hoogwater van springtij) is de dagelijkse verschuiving van bvb. hoogwater niet de gemiddelde waarde van 50 minuten doch korter, soms maar de helft. Omgekeerd is dat in de doodtij-periode langer dan het gemiddelde, dikwijls anderhalf uur tot uitzonderlijk meer dan twee uur.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



figuur 17 - typisch verloop van springtij en doodtij te Antwerpen-Loodsgebouw doch waarbij de momenten van het eerstgetoonde hoogwater bij springtij en idem bij doodtij, fictief naar éénzelfde ogenblik verschoven zijn

Karakteristiek is dus dat de duur van de stijging van de waterstand bij springtij veel kleiner is dan bij doodtij (in dit voorbeeld toch een verschil van liefst 100 minuten ! nl. 06:40u min 05:01u), en de duur van de daling bij springtij bijna een uur langer duurt dan bij doodtij (nl. 07:26u min 06:36u). Het tijverloop bij doodtij is dus véél symmetrischer dan bij springtij.

Gewoonlijk worden verhalen over de asymmetrie van de tijgolf verteld met als parameter de locatie in het tijgebied. Dat is dus niet helemaal correct: voor nochtans éénzelfde locatie, hier als voorbeeld Antwerpen-Loodsgebouw, kan nog onderscheid gemaakt tussen het type getij, nl. springtij versus doodtij.

Nogmaals: deze karakteristieken zijn geldig voor alle spring- en doodtijen, doch bovenstaande figuur toont maar één typisch voorbeeld, en de details gelden voor die tijmeetlocatie. Want de geometrische tijverlopen zijn al naargelang de meetplaats, ietsje tot ruim verschillend van andere. Uiteraard trekken de tijverlopen van geburige tijmeetposten sterk op elkaar. Naar opwaarts toe vergroten de verschillen: de laagwaterstanden komen stilaan hoger te liggen terwijl de hoogwater-standen niet in diezelfde mate dalen, zodat globaal de tijverschillen kleiner tot beduidend kleiner zijn dan bvb. te Antwerpen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

1.4.2 getijwaarnemingen Antwerpen-Loodsgebouw in historisch perspectief

Worden in de MONEOS-rapportage dus eerst tijgegevens getoond voor de basispost Antwerpen-Loodsgebouw voor het jaar waarover de rapportage gaat, dan volgt een kadering van het tij van dat jaar in een historisch perspectief, bvb. over de evolutie van het tij.

Aldus worden in de volgende tabel de hoofdkenmerkende waarden van het getij in de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw over het jaar 2011, vergeleken met de langjarige (m.n. tienjarige) gemiddelden en uiterste waarden sinds 1971. Het bij dit *basis*boek horende eigenlijke *jaar*boek doet het ook over de data van het jaar 2012.

Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : hoofdkenmerkende waarden van het getij in 2011 en in historisch perspectief						
		1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011
middeltij	GHW	5.15	5.24	5.29	5.31	5.33
	GLW	0.01	0.05	0.00	0.06	-0.01
	GTV	*5.14*	*5.19*	*5.29*	*5.25*	*5.34*
springtij	GHW	5.55	5.70	5.72	5.75	5.70
	GLW	-0.20	-0.17	-0.23	-0.20	-0.25
	GTV	*5.75*	*5.87*	*5.95*	*5.95*	*5.95*
doodtij	GHW	4.64	4.69	4.77	4.73	4.89
	GLW	0.29	0.38	0.34	0.40	0.48
	GTV	*4.35*	*4.31*	*4.43*	*4.33*	*4.41*
uiterste waarden	HHW	7.31	7.52	7.53	7.06	6.50
	LHW	3.35	3.01	3.53	3.63	4.20
	HLW	2.38	2.67	2.21	3.05	1.65
	LLW	-1.20	-1.36	-1.20	-1.26	-0.96

(waterstanden in meter TAW, tijverschillen in meter)

Tabel 4 - hoofdkenmerkende waarden getij Antwerpen-Loodsgebouw in het jaar 2011 en in vergelijking met tienjarige waarden sinds 1971

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het handelt hier om waarden voor de locatie Antwerpen-Loodsgebouw, basispost voor het Zeescheldebekken. Maar gezien de zeer nauwe correlaties op hoog- en laagwater, zelfs op volledige tijkrommen, tussen de naburige tijmeetposten van de Belgisch/Nederlandse grens tot de Rupel-monding, staat de algemene trend van die waarden te Antwerpen-Loodsgebouw meteen ook voor gans die regio.

In de Tienjarige Overzichten van Tij-waarnemingen in het Zeescheldebekken worden geijkte tabellen en grafieken gebruikt. Die voorstellingswijze en indeling wordt aldus ook in navolgende bladzijden gevolgd om de kenmerkende tij-waarden van Antwerpen-Loodsgebouw te tonen.

Zo volgen nu zes tabellen over gemiddelde, uiterste en frequentie-waarden van kenmerkende hoogwaters, laagwaters en tijverschillen te Antwerpen-Loodsgebouw. De eerste drie tonen deze volgens het klassieke stramien. De laatste drie tabellen zijn frequentieverdelingen, getabelleerd per decimeter T.A.W. voor HW's en LW's, en per decimeter voor tijverschillen. Telkens zijn de tijwaarden over het jaar 2011 -ter vergelijking- geplaatst naast de jaarlijkse van 2001 tot en met 2010. Het bijhorende eigenlijke jaarboek doet het uiteraard ook over de data van het jaar 2012.

Bij al deze tabellen zijn de hoogwaters en de laagwaters gegeven in meter TAW, tijverschillen in meter, halftijhoogten in meter TAW, en de duurtijden van stijging en daling van het getij in uren:minuten (uu:mm). Bij de parameter “vertragingen” van het getij, bvb. van het in de tijd optreden van hoog- en laagwater na deze van een referentie-locatie, en gezien het in deze tabellen gaat over "vertragingen" van hoog- en laagwater t.o.v. hun tijdstip te Antwerpen-Loodsgebouw, zijn deze duurtijen van het vroeger of later vallen van hoog- en laagwaters, voor de basispost Antwerpen-Loodsgebouw zelf uiteraard nul.

Zoals hoger al aangegeven, zijn vele jaargemiddelden waarden die over zo’n 705 à 706 hoogwaters en idem laagwaters gaan, en in schrikkeljaren zelfs tot 708 dergelijke extrema. Bij de data over spring- en doodtij handelt het om normalerwijze zo’n 25 à 26 afzonderlijke hoog- en laagwaters, niet gegroepeerd in een korte tijdspanne maar mooi over een gans kalenderjaar verdeeld. Vele tijen trekken op elkaar, maar toch treden geregeld tijen op die door meteorologische omstandigheden een eigenzinnige vorm hebben, of een vrij afwijkend hoog of laag hoogwater of laagwater, zoals bij stormvloeden (opwaaiing) of bij aanhoudend flinke oostenwinden (afwaaiing).

Alsdan kan de vraag rijzen in hoeverre “jaargemiddelden” op een betekenisvolle manier een goed beeld van het tij in dat jaar geven. Het antwoord is zowel ja als neen.

Om met “neen” te beginnen: er bestaat een zeer grote variatie aan peilen van hoog- en laagwaterstanden. Er is voor beide een groot bereik, en dat bereik is jaar na jaar niet constant want stormvloeden of zeer lage laagwaterstanden vergroten (of andersom: verkleinen) het totale bereik per jaar dat hoog- en laagwaterstanden kunnen optreden. En enkele échte extrema doen weinig aan het jaargemiddelde. Een voorbeeld maakt dat duidelijk: stel een jaargemiddeld hoogwater van TAW +5,35 m. Stel dat in dat jaar bvb. een vijftal gewone springtijen worden vervangen door buitengewone stormvloeden gaande van TAW +7,00 m (= ondergrens buitengewone stormvloeden) à TAW +8,35 m (= de hoogte van de huidige waterkeermuur langs de Antwerpse Scheldekaaien, dus meer dan een halve meter hoger dan bij de stormvloed van 1 februari 1953 ! Wat we ons zomaar niet kunnen voorstellen …). Dan zou het jaargemiddelde hoogwater verhogen met iets van 1,3 cm … en dus uitkomen op TAW + 5,36 m. Die éne centimeter is gezien de natuurlijke fluctuatie van de hoogte van de opeenvolgende jaargemiddelde hoogwaters echt geen verschil. Het kan een afronding zijn …

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Maar er kan ook "ja" geantwoord worden. Datzelfde voorbeeld van voorgaande alinea toont geen significant verschil, dus kan ook besloten worden dat het optreden van een aantal uitzonderlijke tijen in een jaar, de jaargemiddelde waarde relatief weinig beïnvloeden. Dat maakt dat jaargemiddelde tot een vrij stabiel gegeven, relatief vrij van individuele "aberraties". Maar bovenal geldt de context van dat jaargemiddelde. Enerzijds t.o.v. de voorgaande analoge jaargemiddelden, bvb. van hoogwater, toont het de evolutie in de tijd aan. En daar spelen jaargemiddelden een primaire rol. Anderzijds t.o.v. analoge jaargemiddelden afwaarts en opwaarts van de locatie vanwaar men het bekijkt. Dan volgt hoe de meetkundige plaats van bvb. hoogwaters over de langs-as van de tijrivier zich voordoet. Dus: binnen een context bekeken bevat een jaargemiddelde waarde veel informatie.

ANTWERPEN-LOODSGEBOUW tienjarig overzicht 2001-2010 en jaaroverzicht 2011

	jaar	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
gemiddeld tij	HW	5.40	5.37	5.30	5.29	5.23	5.24	5.33	5.31	5.28	5.32	**5.33**
	LW	0.08	0.05	0.04	0.08	0.06	0.05	0.11	0.07	0.01	0.00	**-0.01**
	tijverschil	5.32	5.32	5.26	5.21	5.17	5.19	5.22	5.24	5.27	5.32	**5.34**
zomer-maanden *(mei t/m okt.)*	*HW*	*5.39*	*5.33*	*5.29*	*5.30*	*5.22*	*5.26*	*5.32*	*5.33*	*5.28*	*5.32*	**5.35**
	LW	*0.07*	*0.03*	*0.02*	*0.04*	*0.05*	*0.05*	*0.08*	*0.01*	*0.00*	*0.01*	**-0.02**
	tijverschil	*5.32*	*5.30*	*5.27*	*5.26*	*5.17*	*5.21*	*5.24*	*5.32*	*5.28*	*5.31*	**5.37**
winter-maanden *(nov. t/m april)*	*HW*	*5.40*	*5.42*	*5.30*	*5.27*	*5.24*	*5.22*	*5.33*	*5.28*	*5.28*	*5.31*	**5.30**
	LW	*0.10*	*0.08*	*0.06*	*0.11*	*0.08*	*0.05*	*0.14*	*0.12*	*0.03*	*-0.01*	**0.00**
	tijverschil	*5.30*	*5.34*	*5.24*	*5.16*	*5.16*	*5.17*	*5.19*	*5.16*	*5.25*	*5.32*	**5.30**
springtijen	HW	5.80	5.84	5.72	5.76	5.70	5.67	5.74	5.73	5.75	5.75	**5.70**
	LW	-0.19	-0.17	-0.22	-0.13	-0.17	-0.18	-0.17	-0.26	-0.27	-0.25	**-0.25**
	tijverschil	5.99	6.01	5.94	5.89	5.87	5.85	5.91	5.99	6.02	6.00	**5.95**
doodtijen	HW	4.84	4.85	4.72	4.72	4.62	4.70	4.73	4.73	4.70	4.69	**4.89**
	LW	0.43	0.42	0.42	0.42	0.32	0.42	0.44	0.45	0.36	0.30	**0.48**
	tijverschil	4.41	4.43	4.30	4.30	4.30	4.28	4.29	4.28	4.34	4.39	**4.41**
uiterste standen	HHW	6.47	6.68	6.64	7.05	6.86	6.59	7.06	6.97	6.87	6.65	**6.50**
	LHW	4.25	3.83	3.78	3.63	3.81	3.95	4.06	3.80	3.77	3.85	**4.20**
	HLW	2.20	2.23	1.69	1.71	3.05	2.12	2.52	2.42	1.67	1.60	**1.65**
	LLW	-0.96	-0.91	-0.78	-0.79	-0.88	-0.82	-0.68	-1.26	-0.80	-0.85	**-0.96**

Tabel 5 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen overzicht 2001-2011 van hoofdkenmerkende tijwaarden (HW's & LW's & tijverschillen)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Een andere klassieke voorstelling van jaargemiddelde hoofdkenmerkende waarden van het tij op een locatie, wordt door de volgende tabel gegeven. Daarin komen naast de jaargemiddelde van 705 à 707 extrema, ook deze van de zogenaamde zomer- en winterperiode in voor. Dat is vooral van belang voor locaties waar de bovenafvoer beduidende invloed heeft zoals in de opwaartse regio's van het Zeescheldebekken. In onderhevig voorbeeld is er weinig verschil tussen zomer- en winterwaarden dus heeft het bovendebiet weinig of bijna geen invloed. De tabel vermeldt verder gegevens over de halftijhoogte (aan zee bekend als "gemiddelde zeestand"), de duur van de stijging en de daling van het getij wat zeer belangrijk is i.v.m. de asymmetrie van het getij en de morfologie, en tenslotte de vertraging van hoog- en laagwater op een basispost, wat hier Antwerpen-Loodsgebouw zelf is dus zijn alle vertragingen nul.

ANTWERPEN overzicht decennium 2001-2010 en jaar 2011

	MIDDELTIJ											
	HOOGTE t.o.v. T.A.W.								TIJD			
	HOOGWATER			LAAGWATER			Tij-	Halftij-	Duur van de		*Vroeger dan Antw.*	
Jaartal	Jaar	Zomer	Winter	Jaar	Zomer	Winter	verschil	hoogte	Stijging	Daling	*H.W.*	*L.W.*
2001	**5.40**	5.39	5.40	**0.08**	0.07	0.10	**5.32**	2.74	5:28	6:57	*0:00*	*0:00*
2002	**5.37**	5.33	5.42	**0.05**	0.03	0.08	**5.32**	2.71	5:29	6:57	*0:00*	*0:00*
2003	**5.30**	5.29	5.30	**0.04**	0.02	0.06	**5.26**	2.67	5:32	6:53	*0:00*	*0:00*
2004	**5.29**	5.30	5.27	**0.08**	0.04	0.11	**5.21**	2.69	5:33	6:53	*0:00*	*0:00*
2005	**5.23**	5.22	5.24	**0.06**	0.05	0.08	**5.17**	2.65	5:34	6:51	*0:00*	*0:00*
2006	**5.24**	5.26	5.22	**0.05**	0.05	0.05	**5.19**	2.65	5:34	6:51	*0:00*	*0:00*
2007	**5.33**	5.32	5.33	**0.11**	0.08	0.14	**5.22**	2.72	5:35	6:51	*0:00*	*0:00*
2008	**5.31**	5.33	5.28	**0.07**	0.01	0.12	**5.24**	2.69	5:33	6:52	*0:00*	*0:00*
2009	**5.28**	5.28	5.28	**0.01**	0.00	0.03	**5.27**	2.65	5:31	6:55	*0:00*	*0:00*
2010	**5.32**	5.32	5.31	**0.00**	0.01	-0.01	**5.32**	2.66	5:34	6:51	*0:00*	*0:00*
2011	**5.33**	5.35	5.30	**-0.01**	-0.02	0.00	**5.34**	2.66	5:33	6:52	*0:00*	*0:00*

	SPRINGTIJ						DOODTIJ					
	HOOGTE		TIJD				HOOGTE		TIJD			
	t.o.v. T.A.W.		Duur van de		*Vroeger dan Antw.*		t.o.v. T.A.W.		Duur van de		*Vroeger dan Antw.*	
Jaartal	H.W.	L.W.	Stijging	Daling	*H.W.*	*L.W.*	H.W.	L.W.	Stijging	Daling	*H.W.*	*L.W.*
2001	**5.80**	**-0.19**	5:04	7:16	*0:00*	*0:00*	**4.84**	**0.43**	6:00	6:39	*0:00*	*0:00*
2002	**5.84**	**-0.17**	5:06	7:16	*0:00*	*0:00*	**4.85**	**0.42**	5:59	6:43	*0:00*	*0:00*
2003	**5.72**	**-0.22**	5:08	7:11	*0:00*	*0:00*	**4.72**	**0.42**	6:10	6:37	*0:00*	*0:00*
2004	**5.76**	**-0.13**	5:12	7:08	*0:00*	*0:00*	**4.72**	**0.42**	6:06	6:37	*0:00*	*0:00*
2005	**5.70**	**-0.17**	5:12	7:10	*0:00*	*0:00*	**4.62**	**0.32**	6:03	6:40	*0:00*	*0:00*
2006	**5.67**	**-0.18**	5:12	7:06	*0:00*	*0:00*	**4.70**	**0.42**	6:10	6:39	*0:00*	*0:00*
2007	**5.74**	**-0.17**	5:10	7:09	*0:00*	*0:00*	**4.73**	**0.44**	6:08	6:36	*0:00*	*0:00*
2008	**5.73**	**-0.26**	5:13	7:12	*0:00*	*0:00*	**4.73**	**0.45**	6:11	6:37	*0:00*	*0:00*
2009	**5.75**	**-0.27**	5:07	7:14	*0:00*	*0:00*	**4.70**	**0.36**	6:01	6:39	*0:00*	*0:00*
2010	**5.75**	**-0.25**	5:13	7:09	*0:00*	*0:00*	**4.69**	**0.30**	6:07	6:34	*0:00*	*0:00*
2011	**5.70**	**-0.25**	5:11	7:06	*0:00*	*0:00*	**4.89**	**0.48**	6:08	6:34	*0:00*	*0:00*

Tabel 6 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
algemeen tienjarig overzicht 2001-2010 en jaaroverzicht 2011 van hoofdkenmerkende tijwaarden

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Buiten alle soorten gemiddelden zijn de extreme waarden ook van groot belang. Navolgende tabel geeft een klassieke vorm om dat duidelijk voor te stellen.

	Tienjarig overzicht 2001-2010 en jaaroverzicht 2011 van tijwaarnemingen te Antwerpen-Loodsgebouw UITERSTE WATERSTANDEN (m T.A.W.)							
	HOOGWATER				**LAAGWATER**			
	Hoogste		Laagste		Hoogste		Laagste	
Jaartal	Hoogte	Datum	Hoogte	Datum	Hoogte	Datum	Hoogte	Datum
2001	6.47	19 - sep	4.25	1 - jan	2.20	9 - nov	-0.96	11 - feb
2002	6.68	7 - nov	3.83	6 - apr	2.23	28 - okt	-0.91	9 - okt
2003	6.64	21 - dec	3.78	13 - mrt	1.69	7 - okt	-0.78	19 - feb
2004	7.05	8 - feb	**3.63**	**1 - jan**	1.71	1 - feb	-0.79	20 - feb
2005	6.86	13 - feb	3.81	19 - mrt	**3.05**	**25 - nov**	-0.88	12 - jan
2006	6.59	28 - feb	3.95	25 - feb	2.12	1 - nov	-0.82	14 - mrt
2007	**7.06**	**9 - nov**	4.06	14 - mrt	2.52	9 - nov	-0.68	4 - feb
2008	6.97	21 - mrt	3.80	9 - okt	2.42	1 - mrt	**-1.26**	**13 - dec**
2009	6.87	10 - feb	3.77	22 - jan	1.67	23 - jan	-0.80	24 - aug
2010	6.65	28 - feb	3.85	9 - mrt	1.60	12 - nov	-0.85	16 - jul
2011	**6.50**	**24 - dec**	**4.20**	**14 - mrt**	**1.65**	**7 - okt**	**-0.96**	**19 - feb**
2001-2011	7.06	07/11/2002	3.63	01/01/2004	3.05	25/11/2005	-1.26	13/12/2008

Tabel 7 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen tienjarig overzicht 2001-2010 en jaaroverzicht 2011 van hoofdkenmerkende tijwaarden (met name de uiterste hoog- en laagwaterstanden)

De drie navolgende tabellen zijn frequentie-tabellen over de periode 2001-2011, waarin per jaar en per decimeter een verdeling is gemaakt van het aantal hoogwaters (tabel 8), het aantal laagwaters (tabel 9) en het aantal tijverschillen (tabel 10). Per jaar is telkens de klasse met het grootste aantal waarden gekleurd (lichtblauw bij HW, lichtgroen bij LW, en lichtgrijs bij het tijverschil).

Het valt op dat de totale spreiding van de *laag*waterstanden over de periode 2001-2011 beduidend groter is dan deze van de *hoog*waterstanden, nl. over 44 klassen dus over 4,40 meter verdeeld tegen 35 klassen dus over 3,50 meter. Maar dat geeft een wat vertekend beeld: 90% van alle hoogwaterstanden vielen toch in een groter bereik dan 90% van alle laagwaterstanden. M.a.w.: het gros van de hoogwaterstanden ligt in een iets groter bereik dan het gros van de laagwaterstanden, maar bij deze laatste zijn er enkele “uitzonderlijke” uitschieters zowel naar hoog als naar laag, die het totale bereik dan uiteindelijk toch groter maakt dan bij hoogwaters.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

frequentie van **HOOGWATER** te **ANTWERPEN** **2001-2011**											
Aantal HOOGWATERS begrepen tussen de aangegeven hoogte en deze hoogte + 9 cm.											
T.A.W.	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	**2011**
800											
790											
780											
770											
760											
750											
740											
730											
720											
710											
700				1			1				
690								1			
680					1				1		
670					1		2				
660		2	1	1	2		2			1	
650		3	1		2	1	1	1		2	**1**
640	2	6	1	4	4	4	1	2		1	**1**
630	9	7	4	3	1	2	6	5	1	5	**1**
620	8	7	7	3	5	4	5	4	2	4	**2**
610	7	12	6	9	5	8	14	10	5	9	**4**
600	27	17	14	10	10	14	18	13	13	18	**12**
590	28	18	23	22	11	19	20	20	22	33	**32**
580	39	40	46	36	16	22	37	40	33	28	**29**
570	56	41	47	50	41	36	32	46	46	38	**41**
560	70	65	55	56	33	48	61	58	56	61	**60**
550	63	70	54	58	67	41	61	51	58	70	**61**
540	76	82	59	65	60	57	71	66	57	70	**65**
530	40	58	45	70	57	72	61	59	63	43	**87**
520	60	60	58	44	70	62	61	68	64	53	**72**
510	41	35	49	45	66	60	47	50	51	46	**54**
500	36	42	40	46	49	51	39	49	53	39	**39**
490	47	31	42	45	40	42	40	37	48	48	**33**
480	32	27	45	33	40	38	30	32	45	33	**36**
470	26	25	34	25	28	32	24	24	26	32	**29**
460	15	21	28	22	38	34	21	20	20	31	**17**
450	11	10	18	11	18	25	20	11	9	16	**14**
440	5	7	14	15	8	8	7	12	7	10	**11**
430	4	10	2	9	14	10	10	12	9	7	**3**
420	3	6	6	5	10	9	8	6	9	3	**2**
410		2	3	9	4	2	5	5	1	1	
400			1	3	2	3	1	3	4	1	
390			1	1	1	1		1			
380		1	1	2	1			1		2	
370			1	3					2		
360				1							
350											
340											
330											
320											
310											
300											
Aantal	705	705	706	707	705	705	706	707	705	705	**706**

Tabel 8 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel hoogwaters in 2001-2011 verdeeld per decimeter TAW

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

frequentie van **LAAGWATER** te **ANTWERPEN** **2001-2011**											
Aantal LAAGWATERS begrepen tussen de aangegeven hoogte en deze hoogte + 9 cm.											
T.A.W.	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	**2011**
350											
340											
330											
320											
310											
300					1						
290											
280											
270											
260											
250							1				
240								1			
230											
220	1	1									
210						1	1	1			
200							1				
190		1									
180					1						
170	1	1		1	1	1		1			
160			1	1	1		2		1	1	**1**
150	3	2			1	2		2			**1**
140		3	1		1	1		1	1		**1**
130	2		1	1	1	3	2			3	
120	1		4	2	1	1	1	2	1		**1**
110	4	3	4	4	2	2	5	4	4	1	**5**
100	4	4	4	4	5	3	8	4			**5**
90	9	5	6	9	6	5	7	4	4	5	**4**
80	14	9	9	9	9	8	11	12	11	6	**8**
70	9	18	12	14	10	13	14	14	13	4	**14**
60	14	12	21	21	14	18	33	26	12	12	**16**
50	29	18	12	42	34	22	25	21	18	19	**22**
40	28	36	42	41	34	35	41	43	37	38	**25**
30	46	33	38	43	54	52	57	41	48	44	**42**
20	66	79	54	42	54	47	54	54	52	47	**48**
10	93	63	67	54	68	79	66	65	59	85	**60**
0	68	69	72	78	73	70	69	74	76	66	**60**
-10	71	94	90	87	78	84	75	79	75	90	**76**
-20	76	77	70	87	79	69	71	81	99	73	**76**
-30	67	58	66	67	63	67	60	57	54	79	**78**
-40	41	49	62	44	46	49	45	45	64	70	**60**
-50	38	34	32	29	38	41	31	39	40	30	**46**
-60	14	17	22	20	15	11	14	21	24	19	**28**
-70	3	13	11	6	11	12	11	12	7	10	**14**
-80	2	5	4	1	3	5			6	2	**10**
-90	1				2	4				1	**2**
-100	1	1						1			**2**
-110								1			
-120											
-130								1			
-140											
-150											
Aantal	706	705	705	707	706	705	705	707	706	705	**705**

Tabel 9 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel laagwaters in 2001-2011 verdeeld per decimeter TAW

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

frequentie van het **GETIJVERSCHIL** te **ANTWERPEN**											**2001-2011**
Aantal GETIJVERSCHILLEN begrepen tussen de aangegeven hoogte en deze hoogte + 9 cm.											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	**2011**
800											
790											
780											
770											
760											
750											
740											
730											
720											
710											
700	1	1			1						
690		3		1						2	
680	1		1		1		1		1		**2**
670	3	4	2			2	6		1	2	**2**
660	5	5	4		3	5	6	1	2	5	**4**
650	5	6	2	1	4	8	1	2	4	6	**8**
640	8	14	8	10	7	7	4	8	9	11	**14**
630	11	6	14	8	4	6	11	17	11	5	**18**
620	10	20	12	21	5	9	13	12	11	11	**10**
610	29	18	27	14	15	15	17	25	25	21	**22**
600	26	25	29	26	20	15	20	26	26	23	**21**
590	44	37	30	38	27	25	32	30	31	42	**34**
580	44	43	38	41	31	38	32	39	41	46	**42**
570	32	44	32	42	50	43	38	39	47	50	**40**
560	51	36	56	34	44	44	46	42	36	55	**46**
550	47	54	40	34	47	43	41	51	44	43	**57**
540	31	50	35	40	45	40	54	39	47	39	**41**
530	44	35	43	44	35	48	30	42	47	30	**41**
520	35	32	23	31	44	41	43	41	39	34	**41**
510	32	29	42	37	38	29	32	27	30	35	**27**
500	28	19	34	35	35	31	34	34	37	29	**26**
490	25	35	25	38	25	28	40	26	26	29	**30**
480	31	27	33	21	23	37	20	26	22	28	**24**
470	21	22	30	22	30	25	30	25	24	28	**28**
460	35	34	27	30	23	26	26	21	27	20	**26**
450	22	13	17	27	22	20	18	35	17	20	**14**
440	20	18	14	21	20	23	20	16	20	14	**18**
430	15	18	14	15	22	19	13	11	15	13	**11**
420	14	14	18	12	15	13	9	14	11	24	**22**
410	8	11	17	14	13	12	16	10	7	12	**11**
400	8	13	9	12	11	10	10	8	5	10	**11**
390	2	4	6	8	10	17	9	9	10	5	**6**
380	6	3	4	2	3	8	12	5	9	4	**4**
370	2	3	5	3	10	5	4	8	9	4	**3**
360	4	3	5	9	6	5	6	8	7	2	**1**
350	1	3	3	2	3	2	5	2	1	1	**1**
340	1		4	8	5	2	2	2	4	1	
330	1	2			2	1	1	1		1	
320		1	1	2	1	2	2	1	2		
310				2	2	1					
300				1			2	1			
290	1		2	1	2			1			
280											
270											
260											
250	1										
240											
230								1			
220											
210					1						
200											
Aantal	705	705	706	707	705	705	706	706	705	705	**706**

Tabel 10 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel tijverschillen in 2001-2011, verdeeld per decimeter

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Deze drie frequentie-tabellen gaan over 2001-2010 en 2011. In het aparte specifieke jaarboek over 2012 staan uiteraard de gegevens over 2012. Los daarvan kan al geraden worden dat de frequenties van hoogwater, laagwater en tijverschillen grosso modo -op extrema na- jaar na jaar zeer gelijklopend zijn. Inderdaad gebeurt -naar de letter van het woord- een verandering in dergelijke frequentieverdelingen niet op korte "jaarlijkse" tijdspannes, maar moet het normalerwijze om lange periodes gaan om een wezenlijk verschil te kunnen uitmaken, zoals bvb. al minstens twintig jaar.

Er kan nog genoteerd worden dat met tijverschillen in de voorgaande frequentietabel, dus met de individuele tijverschillen, wordt bedoeld: het tijverschil tussen een laagwater en het telkens nà-volgende hoogwater. Bij de definitie van springtij- en doodtij-laagwater is de definitie telkens het laagwater nà het springtij- resp. doodtij-hoogwater. Bij de individuele tijverschillen is het dus anders: van laag- naar hoogwater, zoals men van nature uit ook zou verwachten. De uitdrukking "stijging" van het getij doet dat ook zo aanvoelen. Met de aanduiding "individueel" wordt er hierbij nadruk op gelegd dat het om de opeenvolgende aparte tijgolven handelt, terwijl het bij "gewone" tijverschillen -in gebruik bij bvb. gemiddelde tijverschillen- om het verschil tussen het gemiddeld hoogwater en het gemiddeld laagwater gaat, waarbij de volgorde "laag-naar-hoog" of "hoog-naar-laag" geen rol speelt.

Het totale bereik waarover de frequenties van de tijverschillen in de getoonde periode zijn gegaan, is groot, nl. over 50 klassen zegge over 5 meter, met name van een tijverschil van twee meter naar een tijverschil van zeven meter. Vooral het drietal zeer kleine tijverschillen (van 2,10 m à 2,50 m) maken dat bereik zo groot. Het is kenschetsend voor de tijverschillen in het Zeescheldebekken dat rond en om de gemiddelden, de grotere tijverschillen meer bij het gemiddelde aanleunen, en dat de kleinere tijverschillen meer verspreid zijn, tot zeer kleine tijverschillen toe: een zeer hoog laagwater gevolgd door een zeer laag hoogwater, zijnde een bijna "toegenepen" doodtij.

De tabel 10 handelt wel over de gegevens te Antwerpen-Loodsgebouw, maar de trend geldt voor alle locaties, en voor bvb. de opwaartse vakken van het tijbekken kan dit ook makkelijk begrepen worden omdat bij grote bovendebieten en wasregimes, zowel hoog- als laagwaters sterk verhogen, maar de laagwaters doorgaans veel meer (en trouwens ook sneller) dan de hoogwaters, tot aldus het tijverschil zeer, echt zéér klein is.

Zoals al hoger gesteld, betrof het tij over het jaar 2011 in de Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw, maar dus tevens over de Zeeschelde afwaarts Sint-Amands, in de Rupel en te Tielrode langs de Durme, een vrij rustig jaar in de context van de tijen van de voorbije decennia (zie tabel 4). De jaargemiddelden van hoogwater, laagwater en tijverschil, alsmede de uiterste standen van hoog- en laagwater over het jaar, zijn noch uitschieters noch geven een versnelling van enige trend aan, tenzij het nu al tien jaren "beduidend" lager zijn van de jaargemiddelde hoogwaterstanden dan bvb. de vijf jaren ervoor. Er trad in 2011 geen stormvloed en geen buitengewone stormvloed op.

Dat wordt met de data van het jaar 2012 gewoon verdergezet: hoogwater, laagwater en tijverschil tonen weerom een rustig jaar, met een trend waarbij deze van voorgaande jaren wordt bevestigd, en eveneens noch stormvloed en noch buitengewone stormvloed.

Zonder dat in dit rapport een ganse evolutie van het tij in het Zeescheldebekken wordt gegeven, waaromtrent andere rapporten handelen, mag het tij van de jongste jaren in de MONEOS-rapportage even in het historisch perspectief sinds begin der systematische, continue tijwaarnemingen worden geduid, dus sinds 1888. De volgende grafieken schetsen dit historisch beeld. Antwerpen-Loodsgebouw geldt ook in deze als de basispost van het Zeescheldebekken.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 18 toont de jaarlijkse gemiddelde hoogwaterstanden, zowel bij middeltij als van spring- en doodtij. In elk verloop van jaargemiddelden is een dienstige trendlijn getrokken. Uiteraard zijn alle tijwaarden van eerdere vergelijkingsvlakken (K.D. en N.K.D.) naar de huidige T.A.W. omgezet.

De evolutie van hoogwater kan algemeen als volgt omschreven worden:

- 1955 valt op door een nadien danig en blijvend verhogen van de jaarwaarden van gemiddeld hoogwater (m.n. steeds gelijk aan of hoger dan TAW +5,00m, waar vroeger steeds lager dan dat peil).

- tot ongeveer 1955 stegen de hoogwaterstanden van middeltij, springtij en doodtij volgens een quasi lineaire trend. De mate waarin is verschillend: bij middeltij steeg het hoogwater met ongeveer 40 cm over 70 jaren, zijnde bijna 6 cm per tien jaar; bij springtij was het ongeveer 35 cm over 55 jaren zijnde bijna 7 cm per tien jaar, en bij doodtij ongeveer 25 cm over eenzelfde periode zijnde bijna 5 cm per tien jaar.

- in de periode (ongeveer) 1955-1970 waren de gemiddelde jaarlijkse stijgingen groter: bvb. middeltij steeg met ongeveer een tiental cm over slechts 15 jaar dus een snellere stijging dan tot 1955: à rato van bijna 7 cm per tien jaar. Bij springtijen was de versnelling in stijging groter à 8 cm per tien jaar, doch bij doodtijen iets minder groot, nl. à 4 cm per tien jaar.

- de periode (ongeveer) 1970-2000 kenmerkt zich door min of meer even grote stijgingen van het gemiddeld hoogwater, maar dat gebeurde met grote schommelingen. Middeltijen verhoogden à 7 cm per tien jaar, springtijen à ongeveer 8 cm per tien jaar, en doodtijen à bijna 5 cm per tien jaar.

- in de laatste acht jaren is er een duidelijke afvlakking van de hoogwaters, en zelfs een relatieve verlaging van de trend te zien.

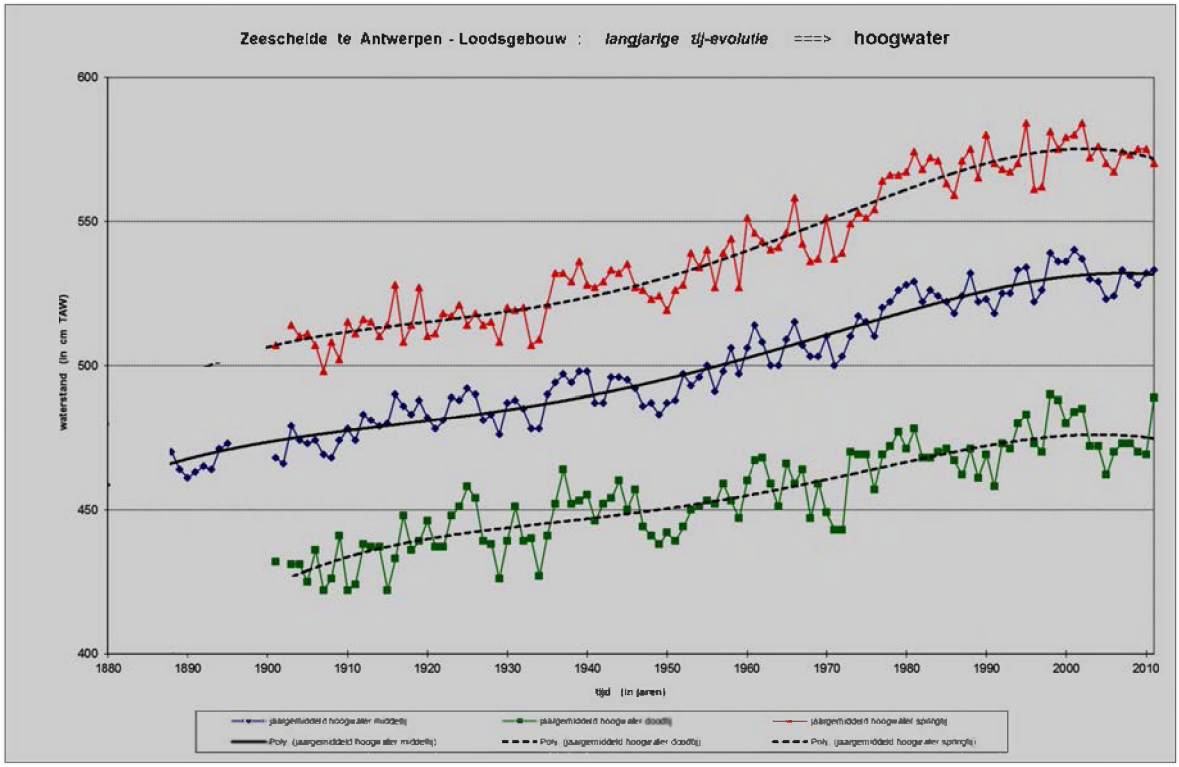
- bij al deze beschouwingen dient onderlijnd te worden dat het handelt om jaargemiddelde waarden. De uiterste standen (zo hoog als laag) van hoogwater volgen evenwel eenzelfde trend.

- bij alle grafieklijnen is -alhoewel soms moeilijk- de nodale maansperiode (18,6-jarige periode) te zien, die door de trendlijnen wordt uitgemiddeld. Deze nodale periode komt overeen met het over die duur traag maar gestaag "schommelen" rond het gemiddelde, van de schuinte van de maanbaan om de aarde enerzijds, met anderzijds de Noord-Zuid-as van de aarde. Deze invloed is op langjarige hoog- en laagwaterwaarden te zien, en vooral op deze van het tijverschil.

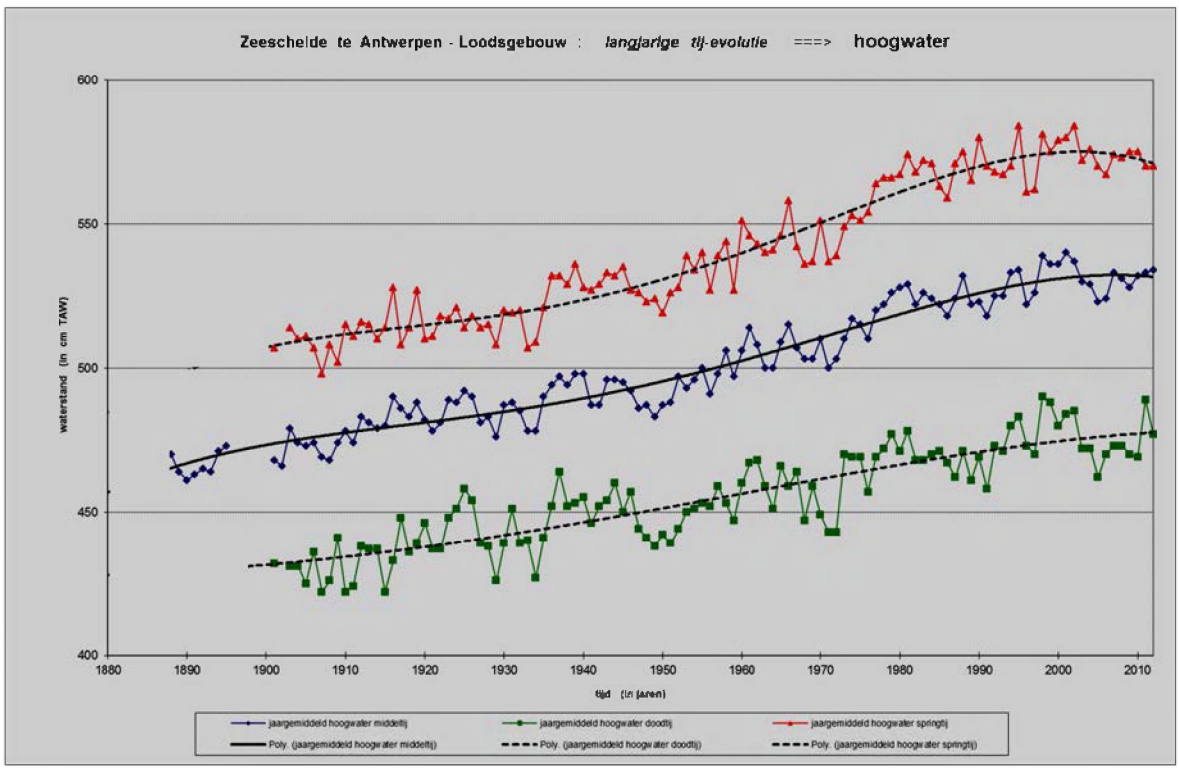
In het eigenlijke MONEOS-jaarboek over 2012 wordt uiteraard nader het getij van 2012 voorgesteld. In dit algemene basisboek, dat het eigenlijke jaarboek 2012 niet voor de voeten wil lopen, worden daarom de grafieken en tabellen in de tijd tot 2011 beperkt. Daarop wordt hierna een uitzondering gemaakt, en wordt grafiek 18 (verloop jaargemiddeld hoogwater 1888-2011) op dezelfde bladzijde gevolgd door een analoge grafiek maar dan mét het jaar 2012 er bij. Dat wordt hier en nu speciaal gedaan om een idee te geven van de gevoeligheid van de trendlijn op het in de tijd voort-schrijden van de data, hier met één jaar. Bovendien is in die laatste figuur, dus met waarden t/m 2012, telkens een zo hoog mogelijke macht van polynoom-trendlijnen genomen, om de trendlijn nog beter op de zovele jaarwaarden (sinds 1888 …) te doen aansluiten.

Mede doordat het de voorbije jaren vrij rustige tij-jaren waren op gebied van hoogwater, met noch stormvloed en noch buitengewone stormvloed, blijkt er geen invloed op de trendlijn door het toevoegen van een jaarwaarde te bestaan. Bij de doodtijen is er nochtans een merkbare “uitschieter” op het gemiddeld hoogwater, nl. is dat van 2011 relatief “hoog” tussen de geburige jaarwaarden. En toch heeft dit eigenlijk geen grote invloed op de trendlijn.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 18 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
"eeuw"-evolutie jaargemiddelden van hoogwater (1888-2011) dus t/m 2011



Figuur 19 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
"eeuw"-evolutie jaargemiddelden van hoogwater (1888-2012) dus t/m 2012

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De algemene trend van verhogende hoogwaterstanden bestaat dus al vanaf 1888. De mate waarin jaar na jaar of decennia na decennia, een stijging van de hoogwaterstanden optrad, is evenwel ietwat verschillend over de decennia heen. In tegenstelling tot enkele jaren terug, is de trendlijn van de jaargemiddelden, hier geen polynoom van de tweede graad meer doch van een hogere graad, aangezien er omwille van het over de laatste jaren -grof gezegd- “gelijk blijven” van de jaarwaarden, anders geen beste trendlijn in die laatste jaren verscheen. De meergraadse polynoom die nu gekozen werd, sluit trouwens over de gànse periode 1888-2012 zeer nauw aan op de gedurende de decennia gaande evolutie van de jaargemiddelde hoogwaters. Dit bevestigt het beeld dat een zeer langjarige golfkomponent in het verloop van het hoogwater aanwezig is.

Tussen grofweg 1900 en 1940 is de verhoging van die nieuwe polynoom-trendlijn in de hoogwaters vrij gematigd, waarna ze in de periode 1940 à 1990 beduidend flinker is, doch na 1990 duidelijk afzwakt om over de laatste tien à vijftien jaren zelfs (... verrassing met toch twee zeer belangrijke verruimingen van de vaargeul in Westerschelde en Beneden-Zeeschelde ...) een horizontaal gedeelte in de trendlijn te laten zien.

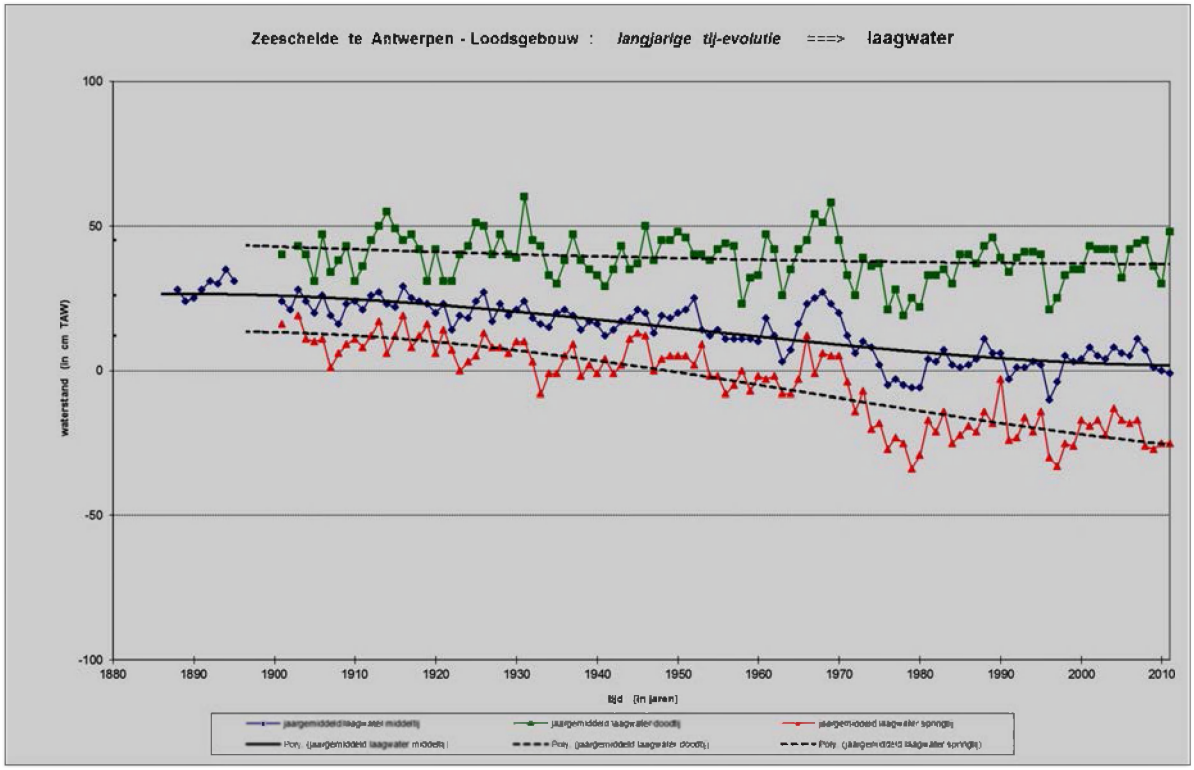
Het komt voor alsof zich een bijna 100-jarige golf (nl. met top tot top van afgerond 1900 tot bijna 2000) aandient ... een golf die in de Deutsche Hydrographische Meeres-Zeitungen al halfweg jaren 1970 voor Hamburg en Bremen werd aangegeven. Voorheen bleek uit de zeer langdurige tijwaarnemingen te Marseille en te Brest, een golf met een periode van omtrent 93 jaar te bestaan. Onze meetreeksen in het Zeescheldebekken worden stilaan zo lang, dat ook hier een dergelijke zeer langdurige golf blijkt.

Wordt die zeer langjarige golfcomponent uit de trendlijn verwijderd, dan blijft het beeld over dat tot ongeveer 1955 de stijging quasi lineair is, en nadien sterker, zegge volgens een polynoom van de tweede en op de duur derde graad. Zoals al eerder doch nog te sporadisch, zowel uit Nederlandse als uit Belgische hoek werd beschouwd, kan deze trendbreuk tussen vroeger lineair en nadien polynomisch, worden gerelateerd aan de bathymetrische ontwikkeling van het Schelde-estuarium, waarbij vooral moet gedacht worden aan de ontwikkeling van het Gat van Ossenisse en van de Overloop van Hansweert in de vijftiger en zestiger jaren van vorige eeuw: twee in plaats van één enkele hoofdgeul, en een vermindering van globale beddingweerstand. Die zorgden voor een extra toename van de tij-kracht, resulterend in vrij snel een verhoging der hoogwaterstanden opwaarts, en in een verlaging der laagwaterstanden opwaarts, dus in een flinke toename van de getij-slag.

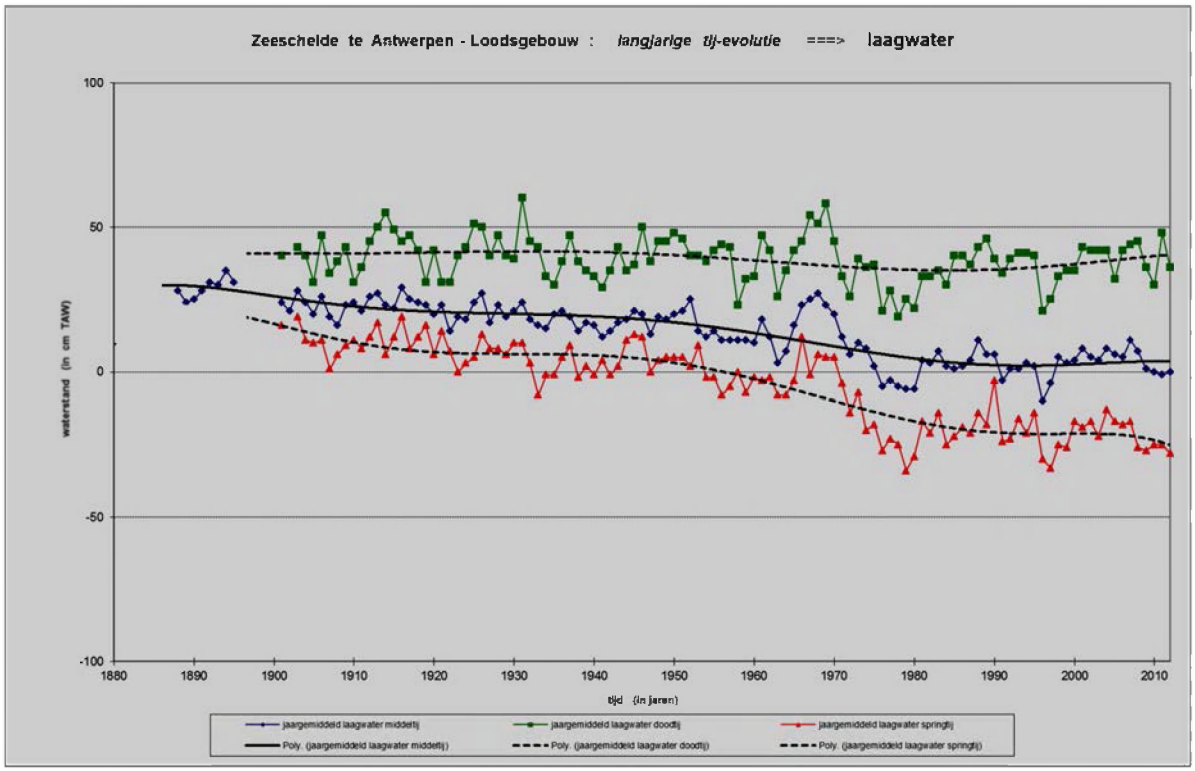
Gans de ontwikkeling met omslagpunt rond ongeveer 1955 kan worden gerelateerd aan de zeer buitengewone stormvloed van 1 februari 1953. Wat toen door een niet goed voor te stellen uren-lange reuzesterke vloedstroom over de gànse sectie van de Westerschelde aan Terneuzen, gebeurde aan opwaartse zijde daarvan, en met name het definitief doen verruimen en uiteindelijk aan opwaartse kant doen kortsluiten van de vloedschaar van wat nu als vaargeul "Overloop van Hansweert" bekend is, kan als doorslaggevende versterking van een morfologisch overigens autonoom proces gelden. Dat proces zou op zich lange tijd in beslag hebben genomen, mocht de stormvloed van 1953 er niet danig een plotse en decisieve stoot aan gegeven hebben.

Figuur 20 toont analoge grafieken en trendlijnen, maar dan voor de evolutie van laagwater. Ook hier geldt 1955 als kanteljaar. Dan valt op dat vòòr 1955 er inderdaad en overigens geheel normaal, schommelingen zijn in het verloop van jaargemiddelde laagwaters, zo middeltij, springtij als doodtij, doch vooral dat die jaar-na-jaarlijkse schommelingen na 1955 beduidend groter zijn.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



*Figuur 20 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van laagwater (1888-2011) dus t/m 201**1***



*Figuur 21 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van laagwater (1888-2012) dus t/m 201**2***

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het verschil tussen de grafieken 20 en 21 is dat de eerste gaat t/m 2011, waar bij de laatste het jaar 2012 is toegevoegd geworden. Er is enig verschil in de polynoom-trendlijn; omdat bij die laatste de macht van de polynoom nog hoger is dan in figuur 20. De trendlijn geeft aldus meer fluctuatie te zien. Algemeen gesteld blijft het uiteraard eenzelfde trend, maar er is nu meer detaillering. Ook in de evolutie van de laagwaters sinds 1888 blijkt een zeer langdurige golf-component te zijn.

Om de evolutie wat nader te beschouwen: in een eerste periode, vòòr 1955, is er een gestage daling van de gemiddelde laag-waterstanden bij alle type-tijen, met voor middeltij ongeveer 15 cm over 70 jaar (dus een ietsje meer dan 2 cm per tien jaar) en voor springtij 17 cm over 55 jaar dus 3 cm per tien jaar. De daling van laagwaters bij doodtij is kleiner m.n. slechts enkele cm over 55 jaar, zegge ietsje meer dan 0,5 cm per tien jaar. Dat vormt een duidelijk verschil tussen de evolutie van enerzijds middeltijen en springtijen tegen anderzijds doodtijen.

Ook na 1955 is de daling bij doodtij relatief klein en zelfs in dezelfde orde van grootte als voordien, zegge iets meer dan 0,5 cm per tien jaar. De daling van middeltij is uitgesprokener, nl. iets meer dan tiental cm over 55 jaren zegge bijna 2 cm per tien jaar, en bij springtij nog groter nl. ongeveer 22 cm over 55 jaar zegge à 4 cm per tien jaar. Maar: zoals bij de evolutie van de jaarwaarden van hoogwater bij middeltij, geldt ook hier dat weinig variatie in de opeenvolgende jaarwaarden van laagwater over de jongste vijftien (!) jaren bestaat.

Ook vroeger traden er enkele deelperiodes van enkele jaren op waarin de opeenvolgende jaarwaarden van hoog- en laagwater niet veel van elkaar verschilden, met telkens tussenin een deel-periode met wel een groot verschil (zo hoger als lager). Maar dat betroffen vroeger relatief korte periodes, waar het nu handelt om al vijftien opeenvolgende jaren dus een flink langere periode.

De gedurende de laatste vijftien jaren optredende horizontaliteit van de trend in het verloop van laagwater, valt danig op bij de wetenschap van twee in die periode toch als “flink” omschreven uitgevoerde verruimingen van de vaargeul in Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. Daarbij werd o.m. verwacht dat de laagwaterstanden te Bath en dus ook in de Beneden-Zeeschelde, significant zouden dalen.

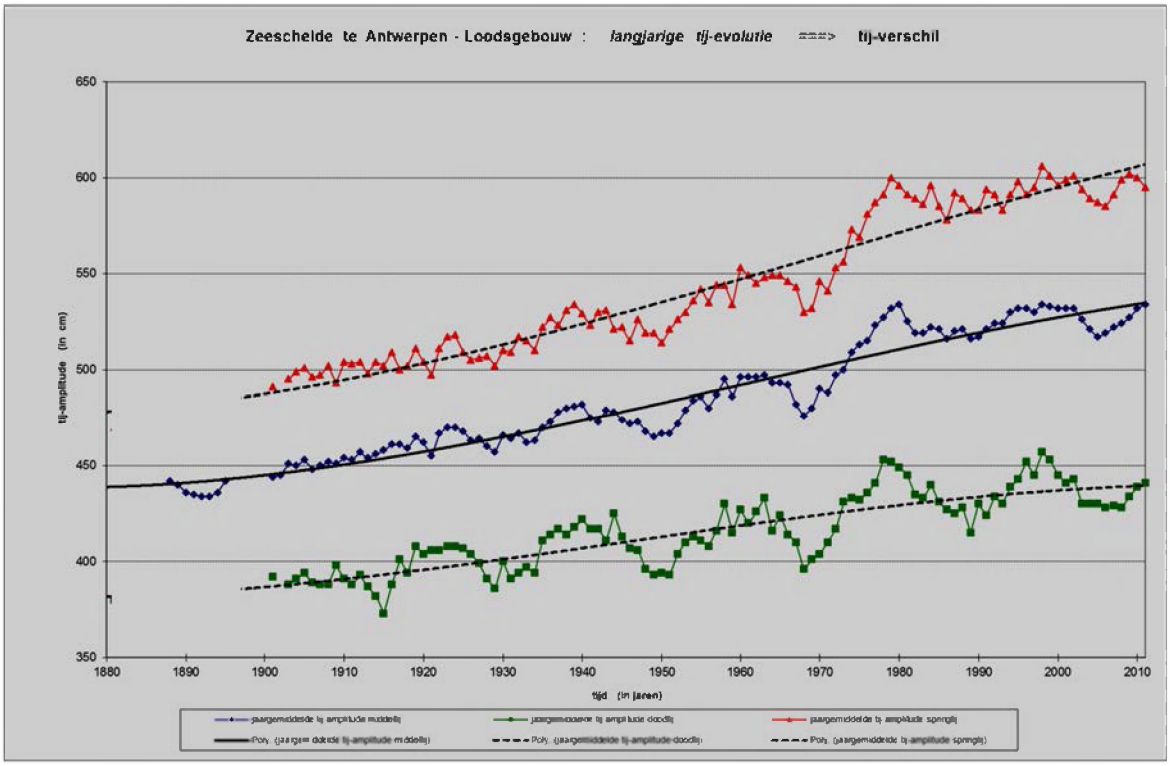
Uit de evolutie van hoger wordende hoogwaterstanden en lager wordende laagwaterstanden volgt een flinke toename van de <u>tijverschillen</u>, zoals figuren 22 en 23 op volgende bladzijde aangeven.

Het zal niet mogen verbazen dat ook hier 1955 het kanteljaar is. Vòòr dat jaar vergrootten de tijverschillen zich volgens een lineaire trend, en zijn hun schommelingen rond de trendlijn ook kleiner dan na 1955. In de periode 1955 à 2000 neemt het groter worden van de tijverschillen toe met een polynoom van minstens tweede graad, tenminste voor middeltij en springtij, want bij de doodtijen blijkt de trend veel minder uitgesproken te zijn, beïnvloed door de zonet geschetste evolutie van laagwater bij doodtij.

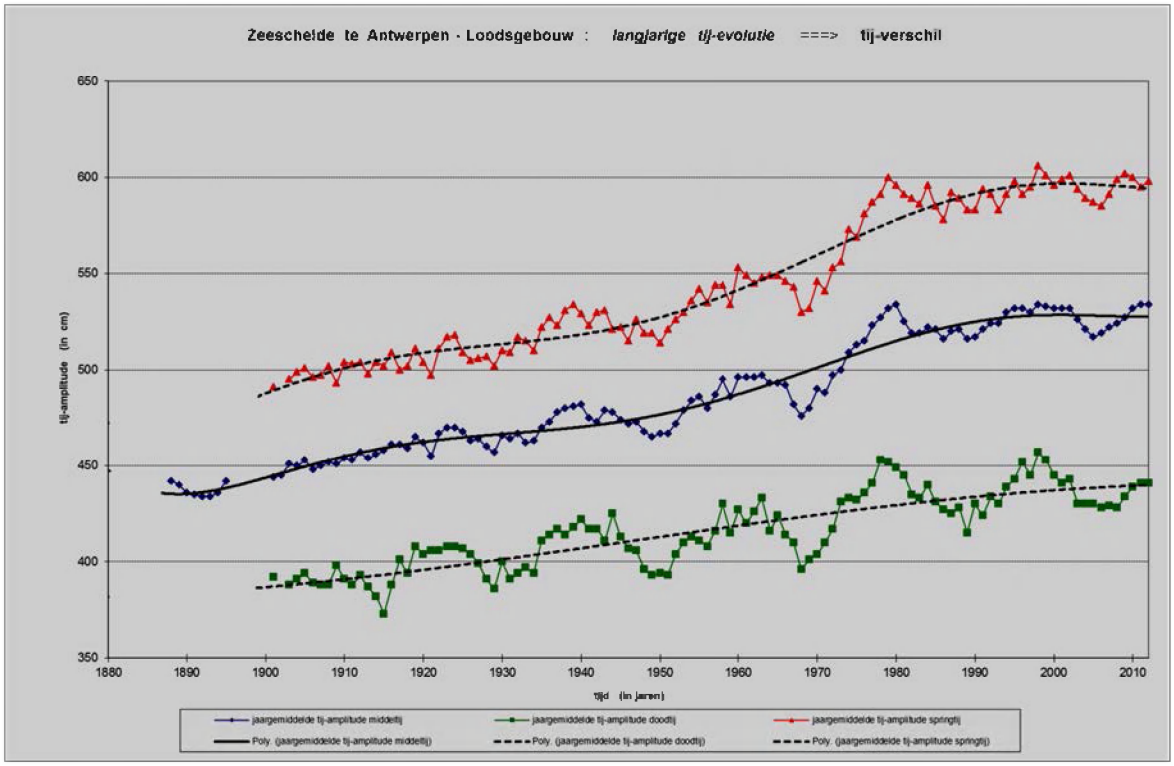
Het toevoegen van het jaar 2012 geeft in fig. 23 op zich geen wijziging van trend t.o.v. fig. 22, maar het in een hogere graad bepalen van de polynoom-trendlijn geeft een meer gebogen trendlijn, wat resulteert in een iets lagere trendlijn gedurende de jongste jaren.

En zoals bij de evolutie van hoog- en laagwaters, blijkt ook bij de evolutie van de tijverschillen een langdurige golfkomponent aanwezig te zijn, zie uitleg bij de hoogwaters (zie hoger).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 22 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
*"eeuw"-evolutie jaargemiddelden van tij-verschillen (1888-2011) dus t/m 201**1***



Figuur 23 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
*"eeuw"-evolutie jaargemiddelden van tij-verschillen (1888-2012) dus t/m 201**2***

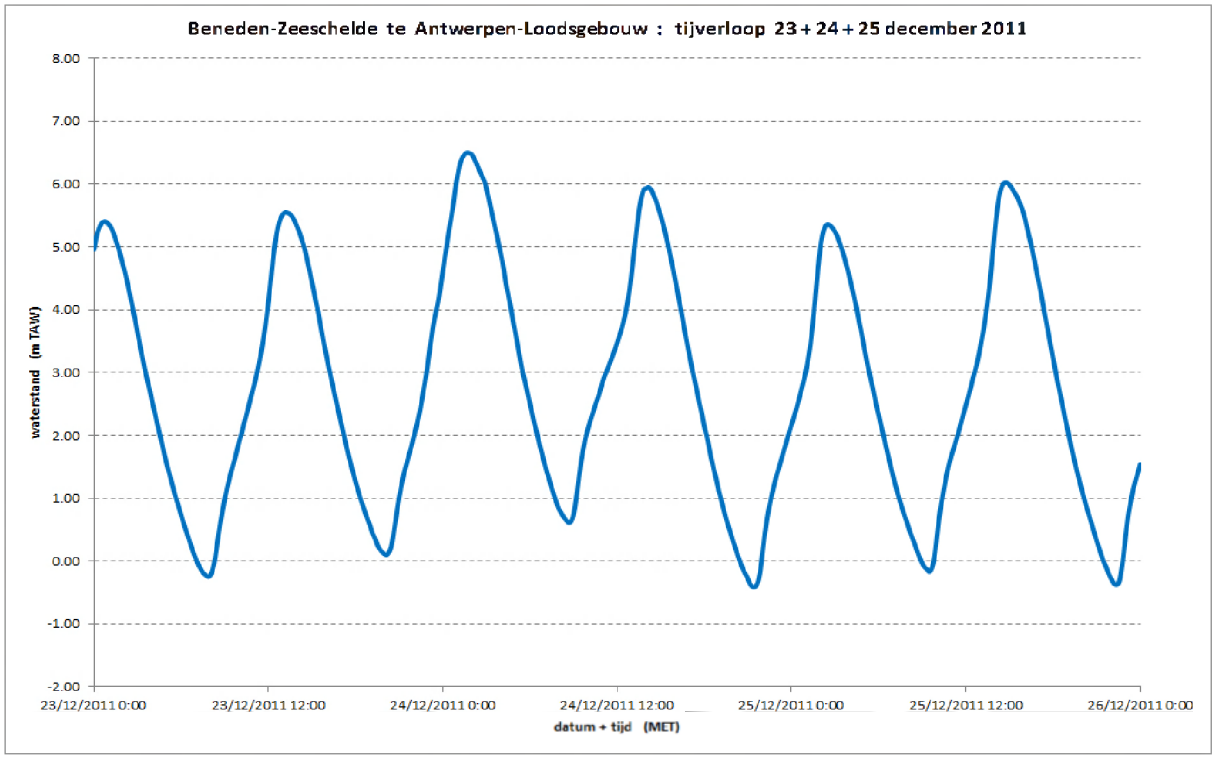
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

1.4.3 optreden van stormvloeden of niet …

Met de term "stormvloed" wordt in het Zeescheldebekken bedoeld een hoogwatergolf die in Westerschelde en Zeescheldebekken binnendringt en zich voortplant, met een hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw hoger dan T.A.W. (+6,60m). In officiële terminologie wordt van een "stormtij" gesproken bij een hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw hoger dan T.A.W. (+6,60m) tot T.A.W. (+7,00m) deze laatste waarde niet inbegrepen. Indien het hoogwater gelijk of hoger komt dan het peil T.A.W. (+7,00m) handelt het om een "gevaarlijk stormtij". In het jargon wordt de term "stormtij" vaak door "stormvloed", en de term "gevaarlijk stormtij" door "buitengewone stormvloed" vervangen.

De klassieke manier van optreden van een stormvloed is dat een flink lagedrukgebied over de Noordelijke Noordzee, van IJsland naar Scandinavië gaat, met aan westzijde ervan een noord-westelijk stormwindveld langs o.m. de oostkust van Engeland. Aldus wordt de opzet van de tij-waterstanden (bij zowel laag- als hoogwaters) langs de Belgische en Nederlandse kusten fel vergroot. Deze verhoogde tijgolven trekken het Schelde-estuarium binnen, waar de stormtijgolf door een flink westelijk windveld over de Westerschelde nog extra hoger kan gestuwd worden.

In 2011 trad echter geen enkele stormvloed op. Het hoogste hoogwater in het ganse jaar 2011 kwam op het peil T.A.W. (+6,50 m), nl. op 24 december 2011 om 01:40 h 's nachts. Ter illustratie toont onderstaande figuur het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw op 23, 24 en 25 december 2011. Het derde getoonde hoogwater handelt om T.A.W. +6,50 m.



Figuur 24 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
tijverloop op 23 + 24 + 25 december 2011 o.a. het hoogste hoogwater in 2011 op peil TAW (+6.50m)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Ten overstaande van het astronomisch voorspelde hoogwater van TAW + 5,55 m handelde het dus om een (schuine) opzet van 95 cm.

Het geheel kwam voort uit een diepe depressie die een tweetal dagen eerder ten westen van Schotland lag, en noordwaarts trok. De wind boven de Noordzee ruimde naar het noordwesten, met in de nacht van 23 op 24 december 2011 windsnelheden als stormachtig, 8 Bft. In de loop van diezelfde nacht nam de wind al flink af zodat het geheel zich niet tot een echte stormvloed kon ontwikkelen, maar op een verhoogd springtij bleef steken. Het was overigens ook nog twee dagen te gaan voor het eigenlijke (astronomisch dertigtal centimeter hogere) springtij.

Een dergelijke opzet van bijna één meter kan een paar keer per jaar voorkomen. Bij echte stormvloeden en buitengewone stormvloeden horen (schuine) opzetten bovenop de astronomisch voorspelde hoge hoogwaters van 1,50 à bijna 3 meter. Bij het hoogste stormhoogwater te Antwerpen ooit, nl. van 1 februari 1953, was de opzet 2,79 meter. Nog grotere opzetten zijn mogelijk, maar dan horen die bij stormpeilen te Antwerpen rond en hoger dan TAW +8,00 m.

Ook bij dit “flink ontwikkelde springtij” zoals een hoogwatergolf op TAW (+6,50 m) kan omschreven worden, is -zoals bij vele stormvloeden- het voorafgaande laagwater niet of niet erg verhoogd geworden, zelfs op “normaal” astronomisch peil gebleven. Dat maakt dat het tijverschil groot is, hier bijna 6,50 meter. Er komen stormvloeden voor met nog grotere tijverschillen, van iets meer dan zeven meter.

Nochtans: in 2011 kwamen enkele tijverschillen voor die groter waren dan 6,50 meter (zie tabel 10 op pagina 35). Dan ligt zulks voornamelijk aan het zeer lage laagwaterpeil bij springtij, gevolgd door een verhoogd hoogwater springtij, maar dus eerder aan het flink verlagen van laagwater dan het verhogen van hoogwater.

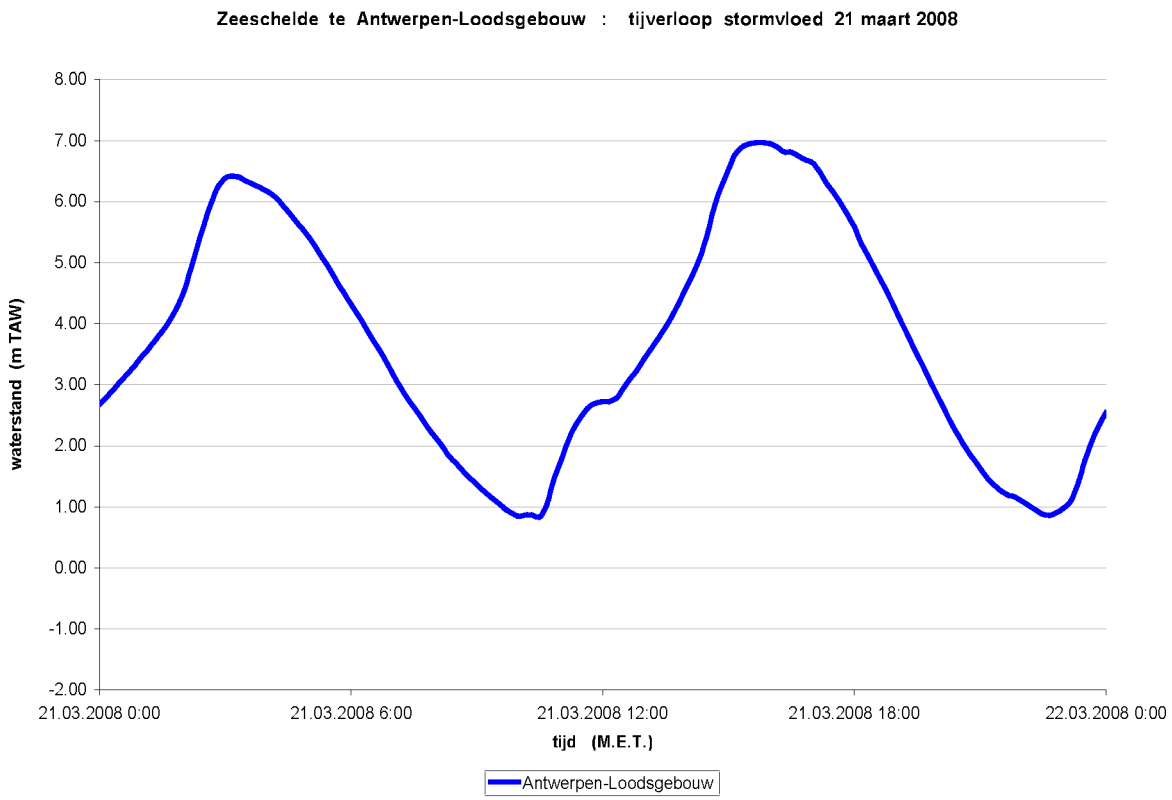
De dualiteit van wat het tijverschil is komt dus hier nog eens naar voor: enerzijds (en vooral) het tijverschil van een laagwater naar het navolgende hoogwater *(wat immers als hét tijverschil wordt aanzien, vnl. door aanvoelen want aangegeven doordat een dubbeldaags getij toch -van nature- meestal wordt getekend beginnend bij laagwater, en dan over hoogwater terug naar een laagwater gaat)*, en anderzijds het verschil van een hoogwater naar het navolgend laagwater *(dus het ànders tekenen van een tijkromme, nl. van een hoogwater naar laagwater en dan naar navolgend hoogwater, en dat komt inderdaad raar over)*. Als jaarlijks of tienjaarlijks tijverschil moet dienaangaande geen keuze worden gemaakt, aangezien die tijverschillen gewoon het verschil zijn tussen het gemiddeld hoogwater en het gemiddeld laagwater.

Alles bijeen genomen, is in 2011 geen enkele stormvloed opgetreden, en was het hoogste hoogwater “maar” TAW (+6,50 m). Zo zijn er nog wel af en toe jaren dat er geen stormvloed in het Zeescheldebekken is opgetreden, met statistisch gezien een voorkomen van ééns om de zeven à acht jaar. Andersom zijn er af en toe ook jaren dat er veel stormvloeden zelfs enkele buitengewone stormvloeden optreden.

In deze (weliswaar prille) eeuw trad het Scheldewater nog maar twee maal, en dan nog slechts amper, boven de zgde "blauwe steen" van de Scheldekade te Antwerpen, nl. in 2004 op TAW (+7.05m) en in 2007 op (+7.06m).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

In de nu vijfjarige periode van de MONEOS-rapportages is de vermelding van het hoogste stormhoogwater te vinden in het rapport over 2008. Dat gaat over de stormvloed op vrijdag 21 maart 2008, met een hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw om 15:52 h M.E.T. en peil T.A.W. (+ 6,97 m). Volgende figuur geeft het verloop van het getij op die dag.



Figuur 25 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 21 maart 2008 o.a. stormvloed op peil TAW (+6.97m)

Wegens doorgang van een flink lagedrukgebied over de Noordelijke Noordzee, van IJsland naar Zuid-Denemarken, met aan westzijde ervan een noordwestelijk stormwindveld langs de oostkust van Engeland, werd de opzet van de tijwaterstanden over de Belgische en Nederlandse kusten fel vergroot. Daags voordien was er over de Westerschelde zelf een windveld vertrekkend van slechts matige noordwestwinden, gaande over west doch flink aantrekkend over zuidwest, en de dag zelf doorgaans westelijke winden met schommelingen tot noordwest; doch bij aanvang vloed te Vlissingen windsnelheden NW gaande van 15 à 18 m/s met windstoten tot 25 m/s.

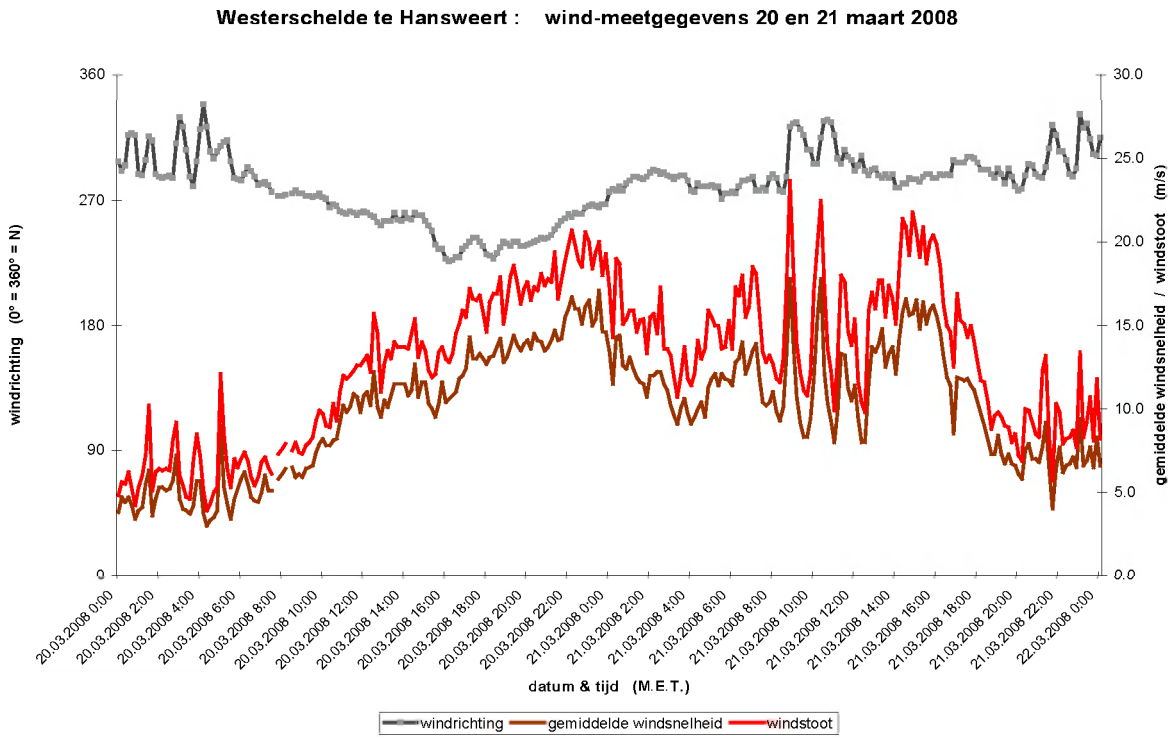
Deze gaven aanleiding tot een bij aanvang van vloed sneller stijgen van de waterstand dan zonder die zeer felle rukstoten. Dat fors begin van vloed tot halftij-van-vloed zette zich -zoals nog gebeurt- volop in de tijontwikkeling voort. Figuur 25 geeft dit te Antwerpen-Loodsgebouw duidelijk in de aanzet van vloed te zien, met stijgsnelheden van 30 à 40 cm over tien minuten!

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Zoals in stormomstandigheden niet abnormaal is deed zich rond een derde van de vloed een waterstandsnivellering voor, met gedurende iets meer dan een half uur lang slechts een stijging met geen 15 cm. Figuur 25 toont dit duidelijk. Even normaal bij stormtijen, steeg het waterpeil bij einde van vloed (= maximum vloed) met 30 à 40 cm per tien minuten, dus enorm snel. Dit nogal typisch vloed-verloop bij storm manifesteerde zich reeds te Vlissingen, maar werd nog geprononceerder naar opwaarts toe, om geleidelijk aan bij Dendermonde af te zwakken.

Na de middag heerste een aanhoudende wind W 15 m/s met stoten tot 20 m/s terwijl het hoogwater zich te Antwerpen aandiende, en werd de waterstand opgestuwd tot net onder de zgde "blauwe steen". De felle wind pal west met felle windstoten, juist als maximum vloed zich over het vak Hansweert-Bath uitspreidde, deed de hoogwatergolf te Antwerpen uiteindelijk een twintigtal centimeter hoger komen dan zonder die felle windstoten was verwacht. Reden daarvan was het optreden van een zgde "Polar Low"-kern die een bijkomend windveld veroorzaakte. Dergelijke kleine storingen zijn bijna niet te voorzien, doch stuwen het stormhoogwater nog hoger.

Figuur 26 toont de windgegevens van de stormdag en daags voordien van de terzake zeer representatieve meetpost langs de Westerschelde te Hansweert. Het handelt om tienminuut-gegevens, m.n. de gemiddelde windrichting, de gemiddelde windsnelheid en de windstoot. Op zich is dit windverloop eigenlijk nog niet zo uitzonderlijk. Los van de opzet te Vlissingen, kan het bij heviger stormtijen over de Westerschelde langduriger puur westwind (dus erg opjagend voor de hoogwater-golf) zijn, met snelheden tot 20 à 25 m/s en stoten tot 35 m/s. Bij astronomische springtijen kan het hoogwater te Antwerpen dan wél ruim over de "blauwe steen" gaan.



Figuur 26 - Westerschelde te Hansweert:
windverloop op 20 en 21 maart 2008 (tien minuut-gegevens) (bron: RWS - HMCZ)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Op zich is deze stormvloed dus niet uitzonderlijk. Zoals al gemeld, trad in deze (prille) eeuw het Scheldewater slechts twee maal en dan nog slechts amper boven de zgde "blauwe steen", nl. in 2004 op TAW (+7.05m) en in 2007 op (+7.06m).

In bvb. de jaren '90 was dat veel meer het geval. De navolgende tabel geeft het overzicht van alle hoogwaterstanden te Antwerpen-Loodsgebouw sinds 1971 hoger dan T.A.W. (+6.50m) en dat verdeeld in klassen van 10 cm. Het peil TAW +6,50 is genomen om ook de bijna-gewone-storm-vloeden te tonen; het (gewone) stormpeil blijft echter TAW +6,60 m; de onderste rij "streepjes" mag dus niet bij het aantal stormvloeden worden geteld.

De tabel geeft duidelijk aan dat niet elk jaar een hoogwatergolf te Antwerpen-Loodsgebouw hoger komt dan het peil TAW +6,50 m laat staan +6,60 m dus over een stormvloed handelt. In licht- en dondergroene blokken net boven de x-as met de jaar-aanduidingen, zijn die jaren gemarkeerd waarin geen stormvloed optrad. Dat gaat over toch 15 van de 42 getoonde jaren (1971-2012) dus toch bijna een derde …

De tabel toont anderzijds een duidelijke doch eigenlijk wat merkwaardige concentratie van stormvloeden in het Zeescheldebekken, zowel in aantal per jaar als in hoogte per stormvloed, bvb. deze van 1990 (met de befaamde "Crocus-stormen" van einde februari 1990, met vier buitengewone stormvloeden en drie gewone stormvloeden in één enkele werkweek … !) t/m 1996, o.a. nog flinke buitengewone stormvloeden in 1992, 1993 en 1994. Het jaar 1993 valt daarbij nog eens extra op qua het aantal stormvloeden.

Sindsdien is het opmerkelijk rustiger op het stormvloedenfront, met enkele jaren zelfs zonder enige stormvloed, en met over die ganse periode van 1997 tot nu, toch liefst vijftien jaren lang, slechts twee ("buitengewone") stormvloeden van maar nèt boven de zgde "blauwe steen" (nl. 2004 en 2007). En dat ondanks het toch uitvoeren van twee belangrijke verruimingen van de vaargeul van de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde.

Aangezien “extreme” meteorologische omstandigheden over de Noordzee relatief wispelturig in optreden zijn, is hun gevolg van o.a. stormvloeden in het Zeescheldebekken dat ook, zowel in aantal stormvloeden als in bereikte hoogwaterstand. De navolgende tabel geeft dit dan ook weer; in de in groene kleur aangeduide jaartallen traden er zelfs geen hoogwaters hoger dan TAW +6.50 m op. Nochtans weerhoudt geen statistiek het optreden van een flinke buitengewone stormvloed om in volgende winters toch in de annalen te komen …

Om hier in dit basisboek een mooi voorbeeld van stormvloeden in het Zeescheldebekken te geven, worden de zogenaamde Crocusstormen van einde februari 1990 getoond. In een tijdspanne van één luttele week, zelfs: een vijfdaagse werkweek …, kwamen toen VIER buitengewone storm-vloeden en DRIE gewone stormvloeden voor, dus tezamen zeven stormtijen. Het hoogste hoogwater te Antwerpen bereikte toen het peil TAW +7,52 m. Die stormperiode viel samen met een week van zeer sterke springtijen, met enkele een halve meter hoger dan het toenmaals geldende gemiddelde hoogwater bij springtij. Een aanhoudend sterke westenwind joeg deze sterke springtijen tot stormtijen op.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

ZEESCHELDE te ANTWERPEN (Loodsgebouw)

optreden van hoogwaterstanden hoger dan T.A.W. (+ 6,50 m)

periode 1971 t/m 2012

klasse HW's	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	klasse HW's
7,71 à 7,80																																											7,71 à 7,80
7,61 à 7,70																																											7,61 à 7,70
7,51 à 7,60																				I			I																				7,51 à 7,60
7,41 à 7,50																																											7,41 à 7,50
7,31 à 7,40						I																I					I																7,31 à 7,40
7,21 à 7,30								I											I																								7,21 à 7,30
7,11 à 7,20															I				I	I																							7,11 à 7,20
7,01 à 7,10			I										I							I			I		II	I									I								7,01 à 7,10
6,91 à 7,00										I										I						I												I					6,91 à 7,00
6,81 à 6,90				I										I						I			I	I		I	I		I							I			I				6,81 à 6,90
6,71 à 6,80			III				I	I								I	I	I					III															II						6,71 à 6,80
6,61 à 6,70									I				II			I							I	I	III	I							II	I	I	III	I				I			6,61 à 6,70
6,51 à 6,60	I	I				I	I	II		I	II	II	II	II			I		I	IIII	I		III		II			III	II	III		III	I	I	I	I	II	I	I	I	II	I		6,51 à 6,60
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
aantal per jaar:	*1*	*1*	*4*	*1*	***0***	*4*	*4*	*2*	*2*	*2*	*2*	*3*	*5*	*4*	***0***	*3*	*2*	*1*	*1*	***11***	*1*	*2*	***10***	*3*	***8***	*4*	***0***	*4*	*2*	*3*	***0***	*5*	*2*	*2*	*5*	*1*	*6*	*2*	*2*	*3*	*1*	***0***	

(alle (storm-)hoogwaterstanden zijn in meter t.o.v. T.A.W.)

de (storm-)hoogwaters zijn per jaar ingedeeld in hoogteklassen van 10 cm

alle hoogwaters hoger dan TAW +6,60m zonder +7,00m te bereiken, zijn "stormtijen" of "stormvloeden"

alle hoogwaters gelijk aan of hoger dan TAW +7,00m zijn "gevaarlijke stormtijen" of "buitengewone stormvloeden"

(bijgewerkt t/m mei 2013)

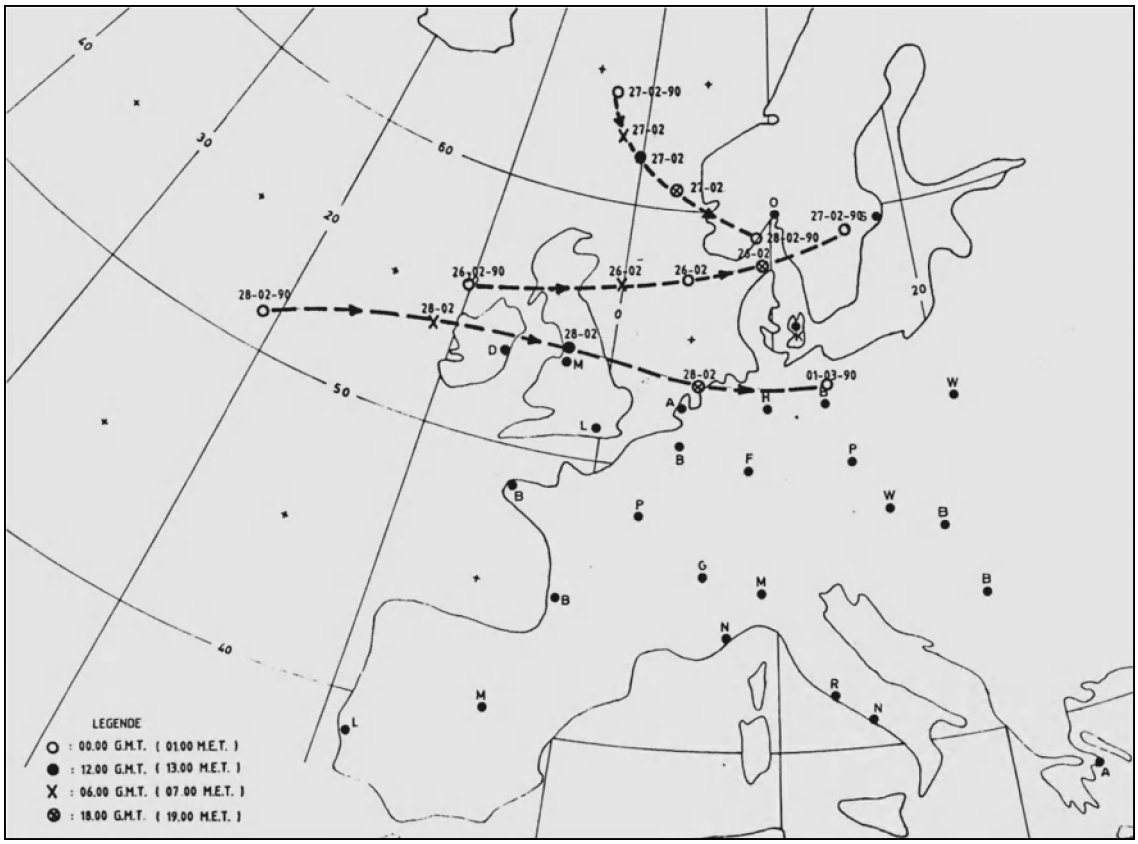
De kolommen met net boven de jaar-aanduiding, een donkergroene blok, zijn jaren waarin geen enkel hoogwater hoger was dan TAW +6,50 m, dus er zeker geen stormvloed optrad.
De kolommen met net boven de jaar-aanduiding, een lichtgroene blok, zijn jaren waarin wel een hoogwater hoger dan TAW +6,50 optrad, doch niet hoger dan +6,60 m. Dan trad ook geen stormvloed op.
Dat betekent dat in 15 van de hier in deze tabel getoonde 42 jaren geen stormvloed (noch buitengewone stormvloed) optrad, dus in bijna één op drie jaren.
De kolommen met net boven de jaar-aanduiding een grijze blok, zijn jaren waarin wel een stormvloed of enkele stormvloeden optraden, eventueel buitengewone stormvloeden.

Tabel 11 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtijen 1971-2012 verdeeld per decimeter

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF : 17/04/2009

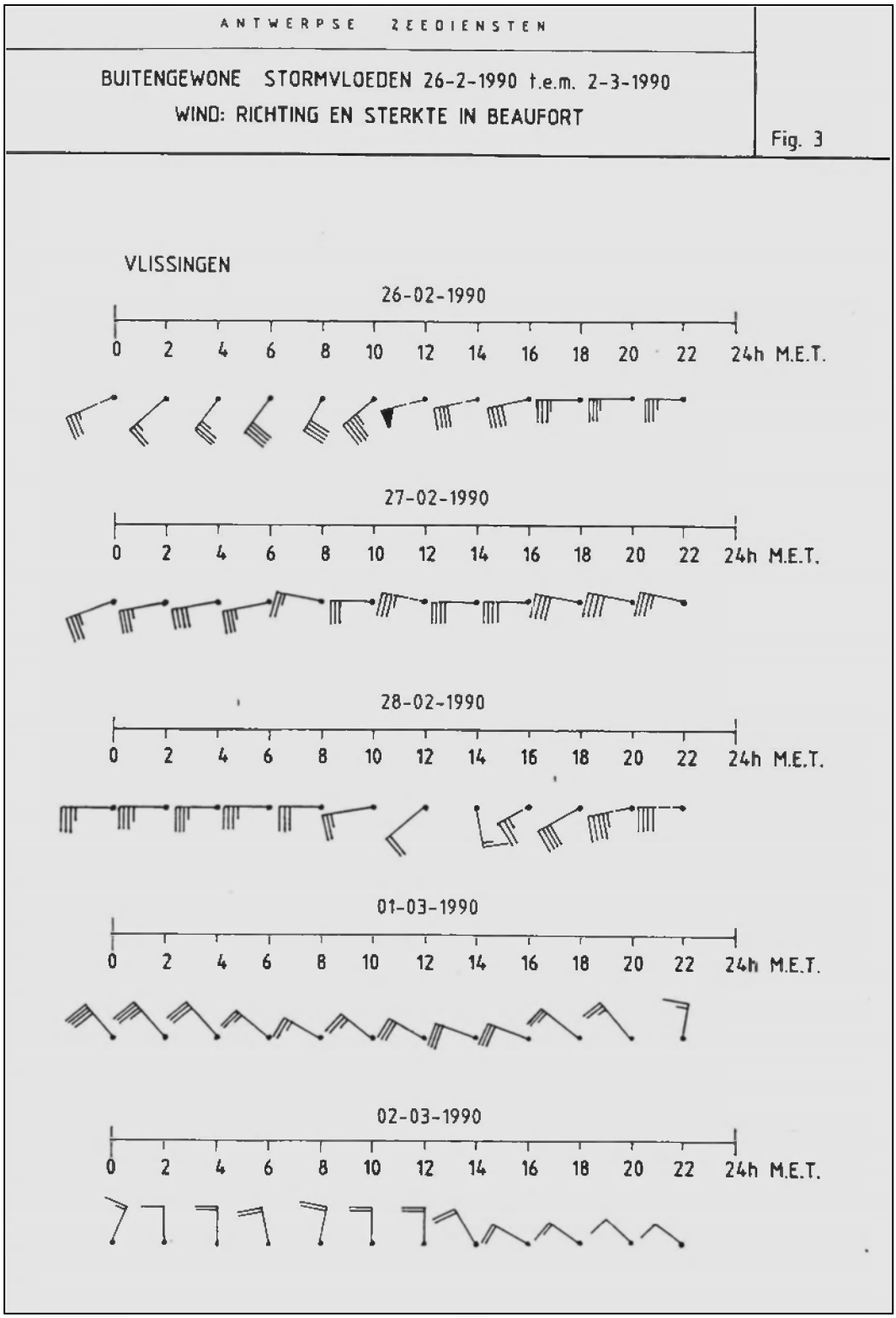
De opzetten (het verschil tussen de echt opgetreden hoogwaterstand en de astronomisch voorspelde) waren daarbij vanzelfsprekend groot, doch niet zo groot als normaliter bij andere stormvloeden van die klasse opgetreden. Het onderstreept de hoogte van de astronomische tijen van die dagen. Om even te vergelijken: de opzet bij het hoogste stormtij te Antwerpen ooit, zijnde op 1 februari 1953 met hoogwaterstand TAW +7,77 m, bedroeg 2,79 meter. De opzet bij het stormtij van 27 februari 1990 met peil TAW +7,52 m was “slechts” 1,47 meter. Op 1 februari 1953 ging het uiteindelijk astronomisch ook om een springtij, maar dan met een voor springtijen vrij lage voorspelde hoogte. Maar de meteorologische storm over de Noordzee en de Westerschelde was toen beduidend, éxtra beduiden véél héviger !

In februari 1953 handelde het wel om één enkele meteorologische storm over de Noordzee, waardoor toen “maar” één hoogwater tot stormtij verhoogde. In **februari/maart 1990** ging het met de **Crocus-stormen** om een reeks van drie flinke depressies over de Noordzee. Figuur 27 schetst het verloop van die drie depressie-banen, chronologisch handelde het eerst om de middelste, dan de meest noordelijke, en tenslotte de zuidelijkste. Deze gaven zeer flinke windvelden over de Westerschelde, waar een zeer grote extra verhoging van de stormhoogwaterstanden werd gegenereerd, dus de hoogwaterstand te Antwerpen beduidend hoger was dan normaliter uit deze te Vlissingen kon verwacht worden. Figuur 28 geeft de wind voor die periode te Vlissingen aan. De pijltjes tonen de windrichting (dus meestal westelijke winden) en de streepjescode geeft de windsterkte in Beaufort-nomenclatuur weer; elk streepje gaat over 2 Beaufort, dus bvb. het maximum zijnde 4,5 streepjes is 9 Bft.



Figuur 27 - Noordzee - verloop van de depressiebanen op 26, 27 en 28 februari 1990

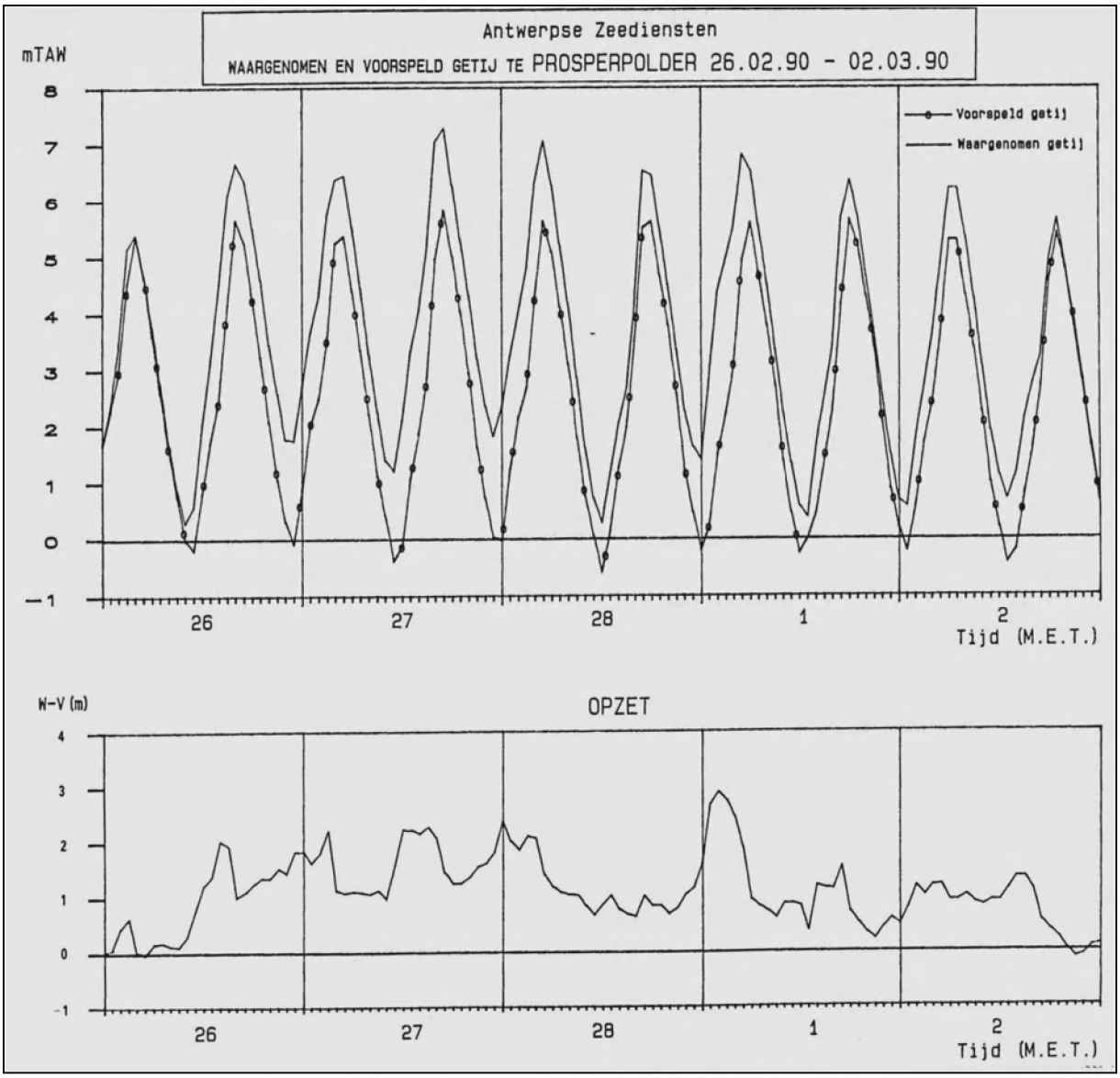
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 28 - Westerschelde te Vlissingen - verloop van windrichting en -sterkte tijdens de Crocusstormen 1990

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het stormachtige windveld over de Noordzee gecombineerd met de extra grote windopzet over de Westerschelde, gaf uiteindelijk een reeks van zeven stormtijen te Antwerpen, nl. 4 buiten-gewone en 3 gewone stormvloeden. Te Prosperpolder zijn continu doorlopende astronomische getijstanden beschikbaar, zodat figuur 29 enerzijds het getijverloop voor die vijf dagen toont (zowel het astronomische als het waargenomen verloop) met onder die grafiek de voorstelling van het ogenblik-kelijk verschil, zijnde de “rechte” opzet.

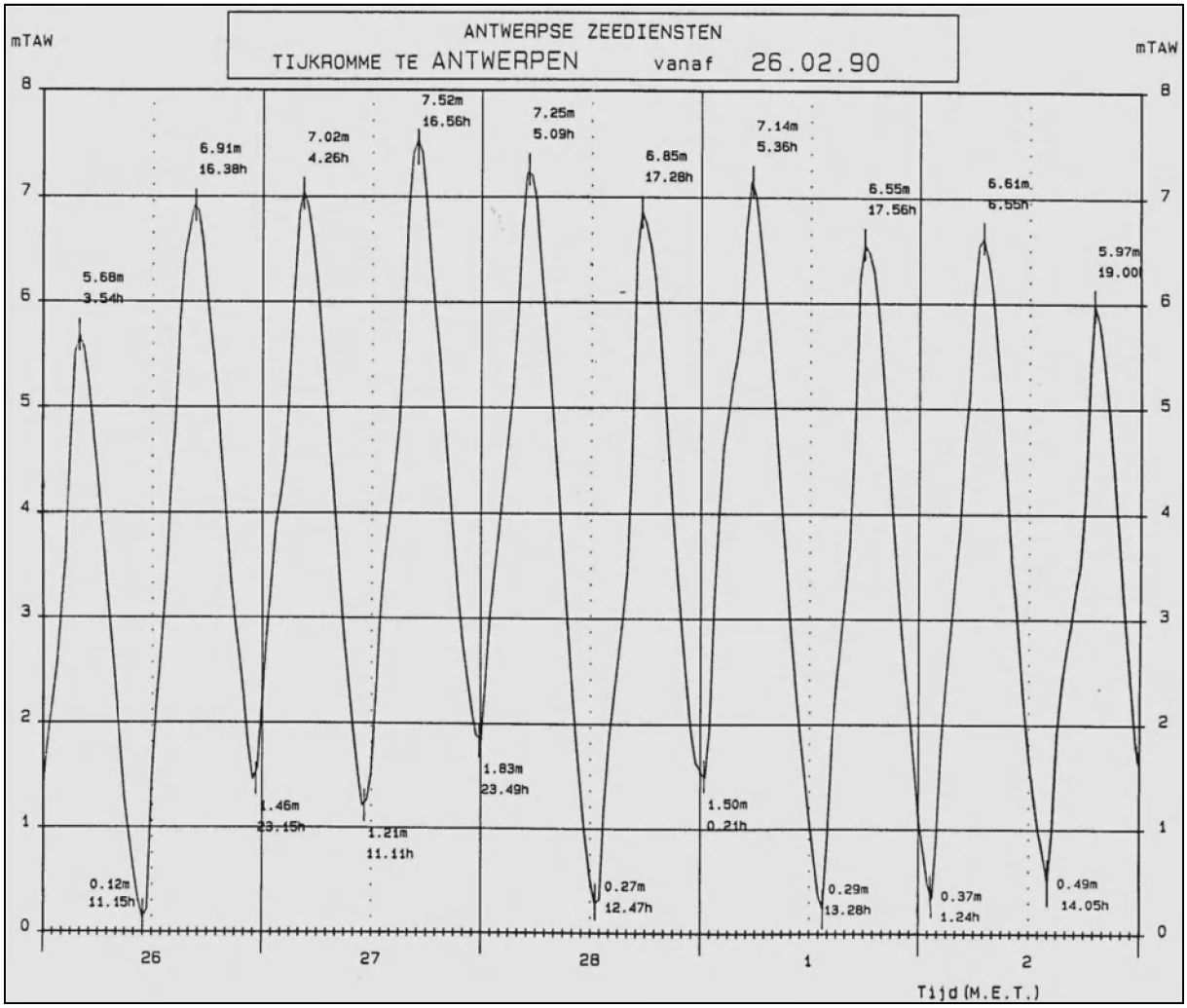


Figuur 29 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: astronomisch en waargenomen tijverloop, en ogenblikkelijke opzet tussen beide, op 26, 27 en 28 februari en 1 en 2 maart 1990

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Uiteindelijk geeft figuur 30 het getijverloop voor die periode te Antwerpen-Loodsgebouw, met opeenvolgende stormhoogwaters: TAW +6,91 m, 7,02 m, 7,52 m, 7,25 m, 6,85 m, 7,14 m en 6,61 m. Tussen beide laatste stormtijen in was er een “gewoon” hoogwater op peil TAW +6,55 m … Alleszins heeft de waterkeermuur op de Scheldekade te Antwerpen die week zijn nut en nood bewezen.

Het was een hectische week, waarbij auteur dezes, toen werkzaam als gebiedsingenieur bij de Dienst der Zeeschelde, weinig slaap gegund was, vele bressen en overstromingen heeft gezien, de toenmaals al aangelegde gecontroleerde overstromingsgebieden volop in werking traden, en nog weken soms maanden lang stormschadeherstel werd uitgevoerd.

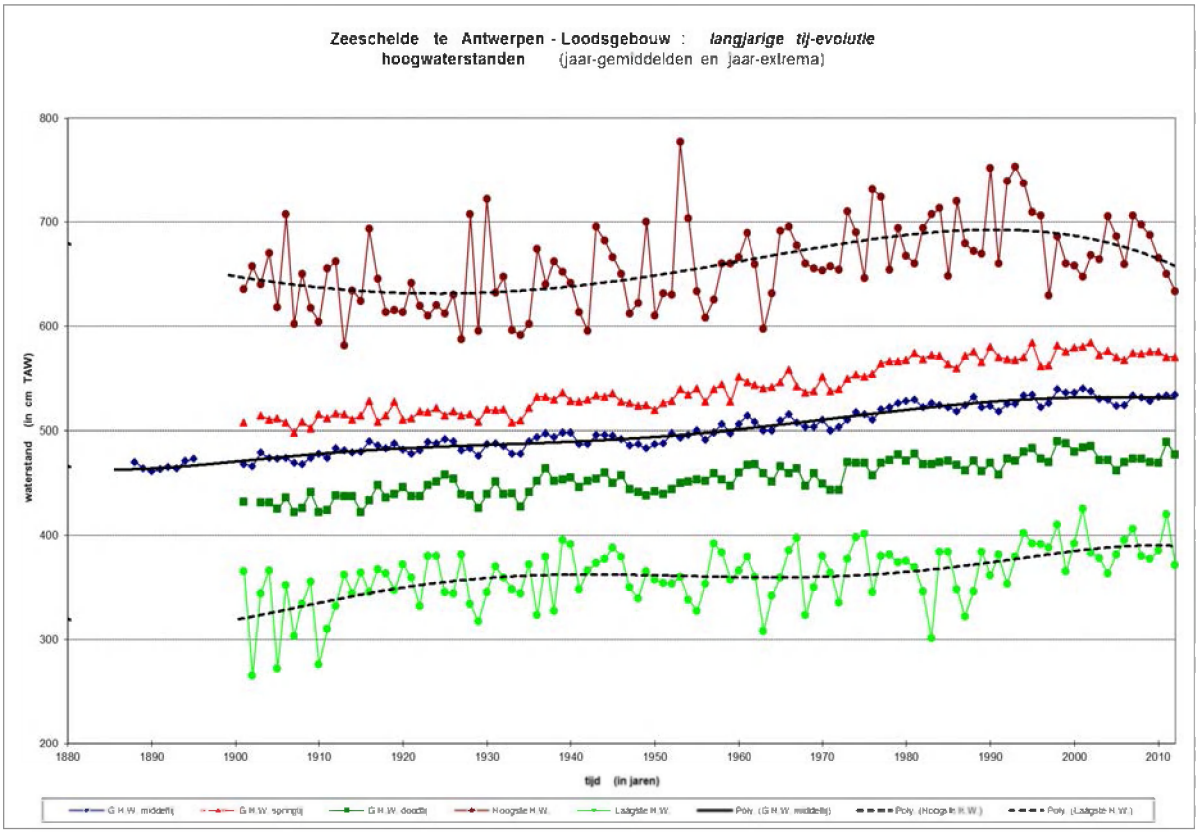


Figuur 30 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : tijverloop Crocusstormen februari 1990

Uit deze en vorige bladzijden kan duidelijk worden verstaan hoe wispelturig het optreden van stormtijen kan zijn: jaren zonder enige schijn van stormvloed, en jaren waarin er echt veel optreden, soms zelfs zeven in een luttele werkweek, netjes van maandag tot vrijdag … Het gaat daarbij om de extremen van hoogwaterstanden. De vraag rijst of zij een andere evolutie zouden kennen dan de “gewone” jaargemiddelden van hoogwater, in eerste instantie deze van middeltij maar ook springtij komt uiteraard in beeld.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

In figuur 31 zijn daarom buiten de jaargemiddelden van middeltij, springtij en doodtij sinds 1888 (of 1900), en die op een uitgerokkener hoogteschaal reeds eerder zijn getoond, nu ook de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden aangeduid geworden. Deze laatste twee reeksen van hoogwaters zijn elk van hun beste trendlijn voorzien. Ten eerste blijken 2011 en ook 2012 zeer “rustige tij-jaren” te zijn geweest, maar ten tweede vertonen die beide trendlijnen een golfpatroon nu ook voor beide een keuze van een hogere polynoom is genomen.



Figuur 31 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden

De hoogste hoogwaterstand ooit is deze op 1 februari 1953 a.m., met een hoogwaterpeil op T.A.W. +7,77 meter. Noteer ook dat er enkele jaren waren waarbij de hoogwaters niet of slechts matig boven het peil T.A.W. +6,00 m kwamen. Ter fysische vergelijking van dergelijke hoogwaterstanden: de zogenaamde "blauwe steen" te Antwerpen-Loodsgebouw ligt op ongeveer T.A.W. +7,00 m, en de hoogte van de betonnen waterkeermuur op de Antwerpse Scheldekade is T.A.W. +8,35m.

Ook al blijft het stormhoogwater beneden dat laatste peil, dan nog kan bij stormtij Schelde-water over de fameuze "blauwe steen" komen, nl. door het overslaan van windgolven. Het kan soms ook van scheepsgolven zijn, maar primo wordt de scheepvaart tijdens stormtij beperkt (reeds vanuit de binnenschipperij zelf als desnoods bij tijdelijke maatregel van vaarverbod door het Bestuur) en zullen schepen bij storm zich ook niet te dicht bij de Scheldekade wagen.

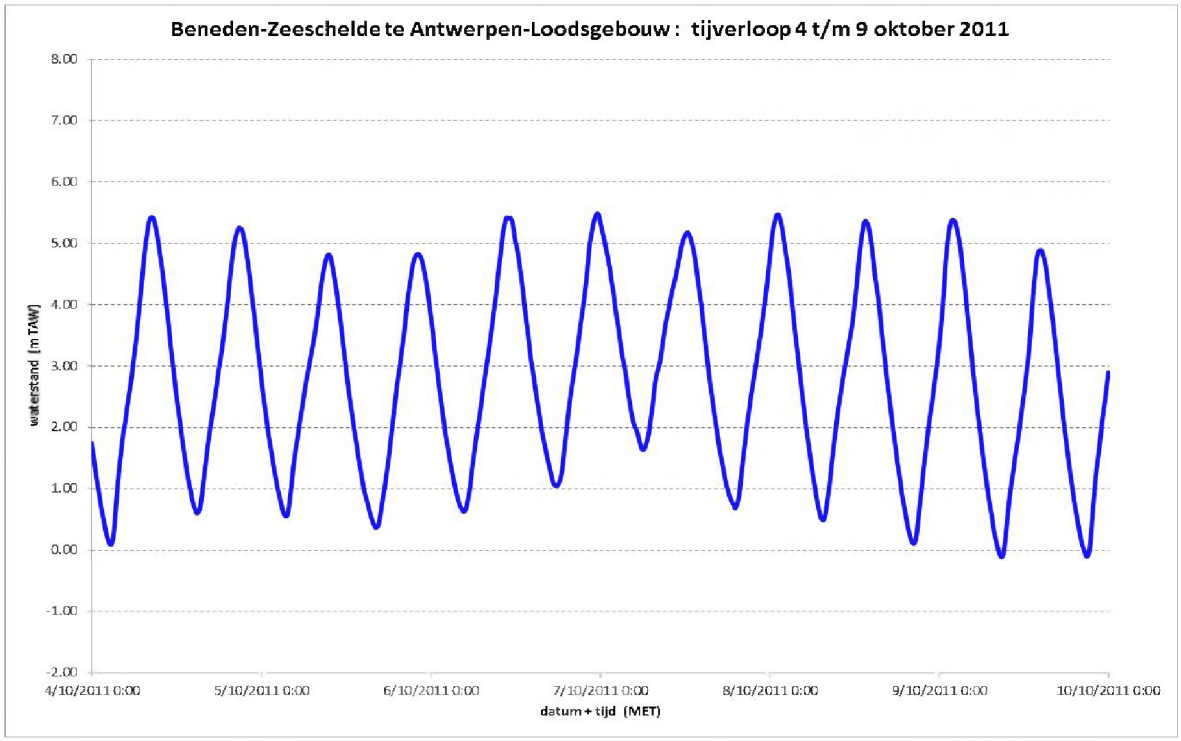
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

1.4.4 optreden van speciale tijen

1.4.4a verhoogde laagwaters

Als de jaren 2011 en 2012 te Antwerpen-Loodsgebouw geen enkele stormvloed hebben gekend, en er ook geen zéér lage laagwaterstanden optraden (het L.L.W. te Antwerpen-Loodsgebouw in 2011 én in 2012 was “slechts” T.A.W. -0,96 m), handelen enkele tijverlopen toch om een ietwat "bijzonder" tij in de Beneden-Zeeschelde. Het gaat dan weliswaar minder om echt exceptionele tijen, maar de gelegenheid wordt hier aangegrepen om iets meer uitleg omtrent verlopen van het tij in het Zeescheldebekken aan geïnteresseerden te geven.

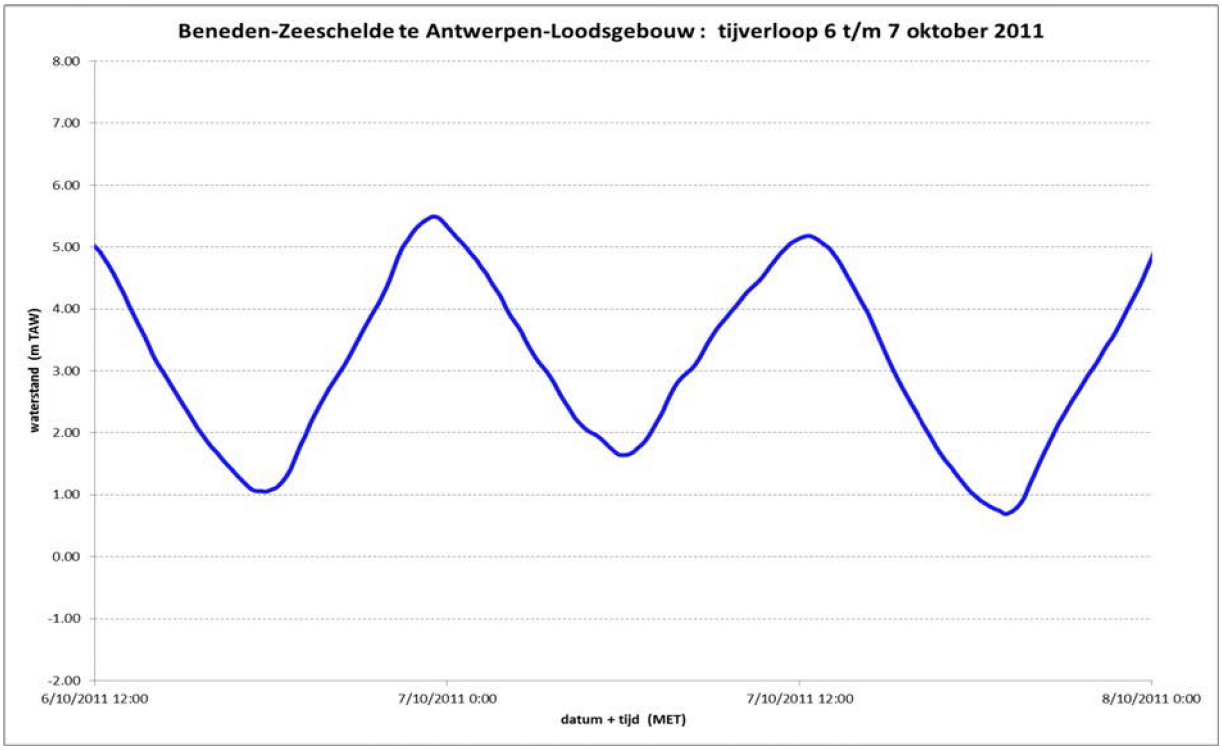
Zo was er bvb. het tijverloop op 7 oktober 2011, waarbij het laagwaterpeil danig werd verhoogd en het tijverloop zelf een wat schommelig beeld te zien geeft. Vooreerst toont figuur 31 het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw voor de periode van 4 t/m 9 oktober. Ten overstaan van de “normale” tijverlopen links en rechts op de grafiek, is het tijverloop op 7 oktober anders: een flink verhoogd laagwater doch ondanks dat, een iets lager hoogwaterpeil dan ervoor en erna.



Figuur 32 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
tijverloop van 4 t/m 9 oktober 2011, met een tijdelijk verhoogd laagwater op 7 oktober

Het fenomeen van hoger laagwater en vooral het schommelend eigenlijk waggelend zijn van het tijverloop vlak voor en na dat laagwater, kan uitvergroot op volgende figuur getoond worden. Doordat het vorige en het nakomende laagwater beide ook al wat verhoogd zijn, valt dan wel het beduidend verhoogd zijn van het middelste laagwater bijna niet meer op. Maar tegen de “gladde” V-vormige verlopen van dalend en stijgend water op de linker en rechter tijverlopen, komt het waggelend tijverloop voor en na het middelste laagwater op de voorgrond.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 33 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop van 6 t/m 7 oktober 2011, met een tijdelijk verhoogd laagwater op 7 oktober

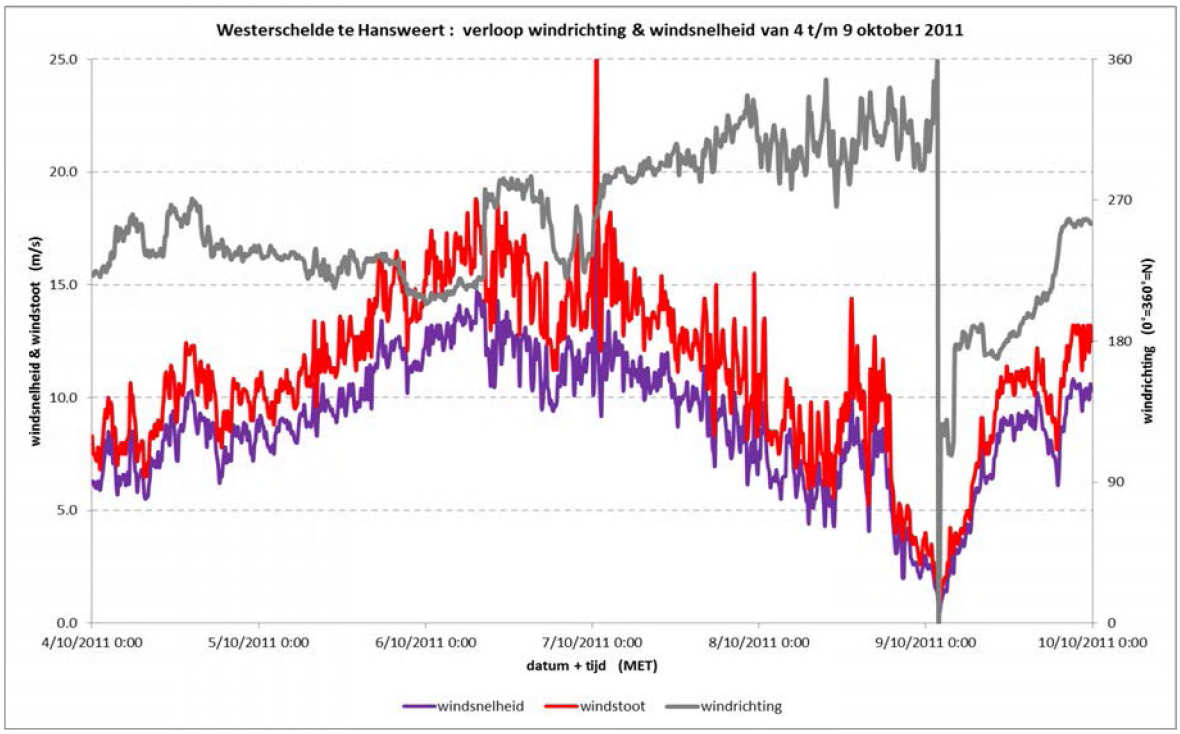
Dergelijke invloed op een tijverloop is in de Beneden-Zeeschelde geheel aan -rechtstreeks- windeffecten te wijten, en -onrechtstreeks en dan in de onmiddellijke nabijheid- aan een flinke lage-drukkern wat op zich al -los van wind- in een waterstandsverandering resulteert. Veelal, en zeker zo het om een in tijdsduur en in hoogte behoorlijke impact gaat, handelt het om het gevolg van wind-velden op zee of nabij de kust. In dergelijke gevallen kan de verandering van windsnelheden en -richting ook op meetlocaties langs de Westerschelde gezien worden, waarvoor meestal deze te Hansweert een erg representatieve meetpost is. Is het een gevolg van windspeelsheid op de Noordzee of langs de kust, dan zal gewoonlijk dergelijke speelsheid kleiner zijn over de Westerschelde gezien de kern in zo'n geval relatief ver op zee ligt. Zijn de waggelende tijverlopen daarentegen een gevolg van windinvloeden over de Westerschelde zelf, dan zal het windbeeld te Hansweert dat duidelijk tonen.

De volgende figuur geeft het opgetreden verloop van windsnelheid, windstoot en windrichting te Hansweert voor de periode van 4 t/m 9 oktober 2011. Bij een gestaag vergrotende windsnelheid uit zuidwestelijke richtingen, volgt op begin 7 oktober een korte doch flinke windtoename, waarna de wind in sterkte afneemt doch uit westelijke en noordwestelijke richting komt. Op 9 oktober 's morgens draait de wind snel door over noord naar zuid, tegelijk met een relatieve windstilte op het moment van door-draaien, waarna de wind weer flink aantrekt.

Het verhaal van windeffect op het getij in de Zeeschelde, draait evenwel niet enkel om wind-sterktes doch ook -en zelfs zeer belangrijk- over de windrichting.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Gezien de langs-oriëntatie van de Westerschelde volgens een lijn west-oost gaat, hebben zuidelijke of noordelijke winden, ondanks hun sterkte, nog maar weinig invloed op de ontwikkeling van het getij tussen de monding en de Belgisch/Nederlandse grens. Daarentegen hebben westelijke en oostelijke winden bij gelijke sterkte, beduidend meer invloed op het getij. Westelijke winden geven een opwaaiing (verhoging) van de waterstanden over de Westerschelde, oostelijke winden geven een afwaaiing (verlaging). Zijn de windsterktes en windrichtingen op een dag zeer variabel, kortom: wordt de kompasroos over al haar hoeken flink benomen en gaan snelheden van klein tot groot, dan resulteert dit in wat hoger als schommelend en waggelend tijverloop is omschreven. Is het windeffect net voor en op het door de Westerschelde lopen van de laagwatergolf, zeer groot opwaaiend, dan geeft dit bovendien een hoger komen van het laagwaterpeil.



Figuur 34 - Westerschelde te Hansweert:
opgetreden verloop van windsnelheid en -richting van 4 t/m 9 oktober 2011

Een dergelijk tijverloop rolt vanuit de Westerschelde verder in het Zeescheldebekken. Dus ook op opwaarts gelegen locaties zal het fenomeen optreden, doch stilaan afgezwakt, door zowel het sowieso stilaan verhogen van de laagwaterstanden waardoor het (laagwater-)fenomeen zich niet meer zo sterk kan uiten, als door de wrijving van de stroom, vnl. de hoger liggende rivierbodem.

Aan de randen van het tijgebied komen uiteraard ook fel verhoogde laagwaterstanden voor, doch dan niet te maken met windeffecten zoals in vorige alinea's beschreven, doch vanuit het optreden van grote bovendebieten. Maar in zulke gevallen is een verhoging van het tij niet kortstondig en verhogen ook de hoogwaterstanden. Dergelijke verhogingen kunnen bij wasregimes dagenlang aanhouden.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

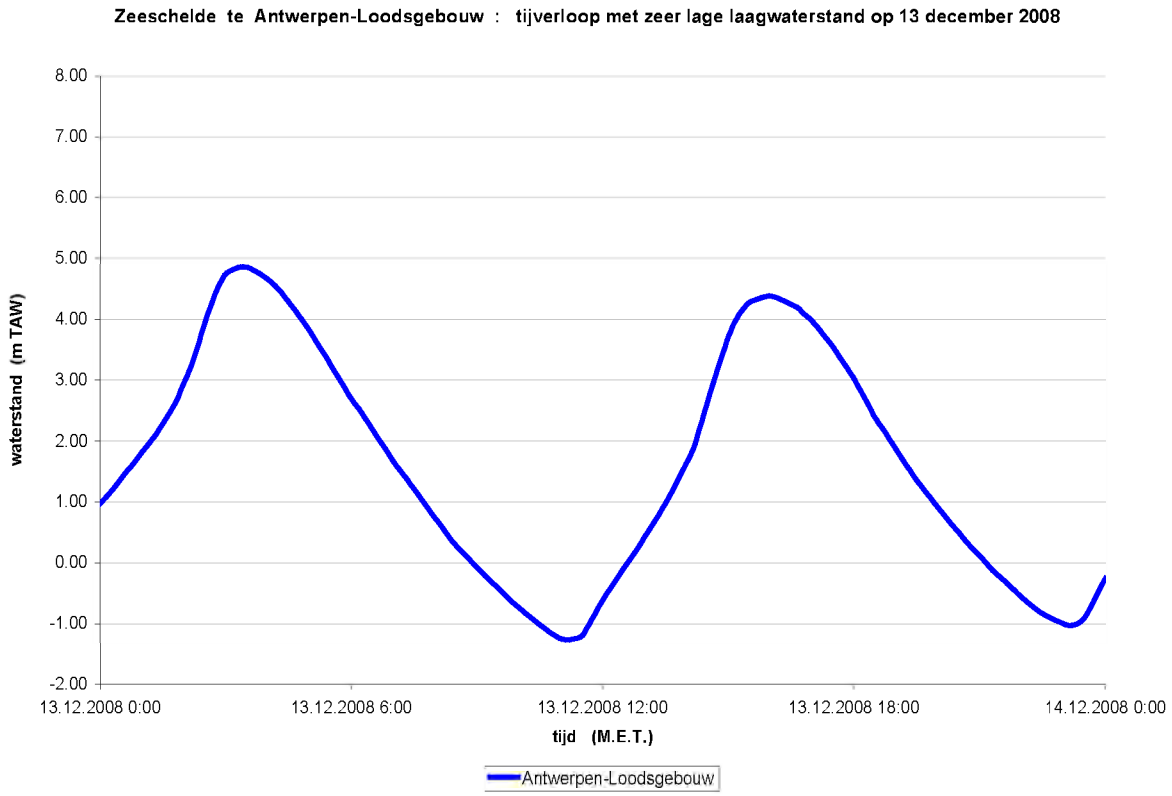
1.4.4b zeer laag laagwater

In winterse vorstperiodes of zomerse warmtedagen, kunnen sterke oostenwinden dagenlang aanhouden. De wind blaast dan niet enkel over onze Noordzee tégen de opeenvolgende tijgolven, maar vooral in de Westerschelde, die immers west-oost gericht is, blaast de oostenwind frontaal tegen het getij. De vloed wordt afgeremd, zodat hoogwaters ietwat verlagen, en de eb wordt versterkt, zodat laagwaters flink kunnen verlagen.

In de MONEOS-rapportage over 2008 komt een dergelijk verhaal voor van het door afwaaiing optreden van een zeer laag laagwater. Het tijverloop op zaterdag 13 december 2008, zie figuur 31, gaf inderdaad een uitzonderlijk zéér lage laagwaterstand op peil T.A.W. (- 1.26 m), wat een kans op optreden heeft van éénns om 25 jaar.

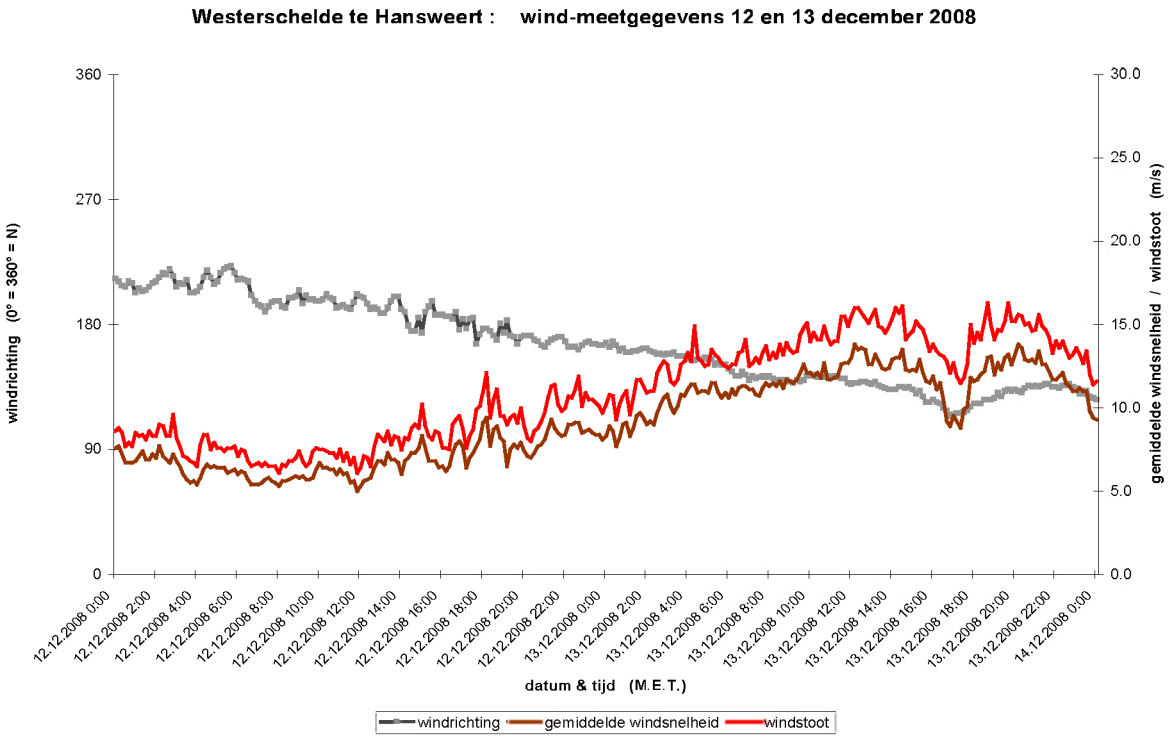
Het windveld was die dag en daags voordien klassiek van aard om een zéér lage laag-waterstand te verwachten. Zie figuur 32: met een wind over de Westerschelde gestaag gaande over zuid naar oost, en even gestaag aantrekkende windsnelheden van urenlang 12 à 14 m/s en wind-stoten tot 16 m/s, was dat als gedroomd om dergelijke afwaaiing te bewerkstelligen.

Figuur 33 toont een foto van de situatie te Antwerpen-Loodsgebouw net op het laagwater zelf: de foto toont (van rechts naar links) de Schelde, de kil van het Margueriedok, en de tijmeetinstallatie. Let op de steilte van de loopbrug naar de ponton.

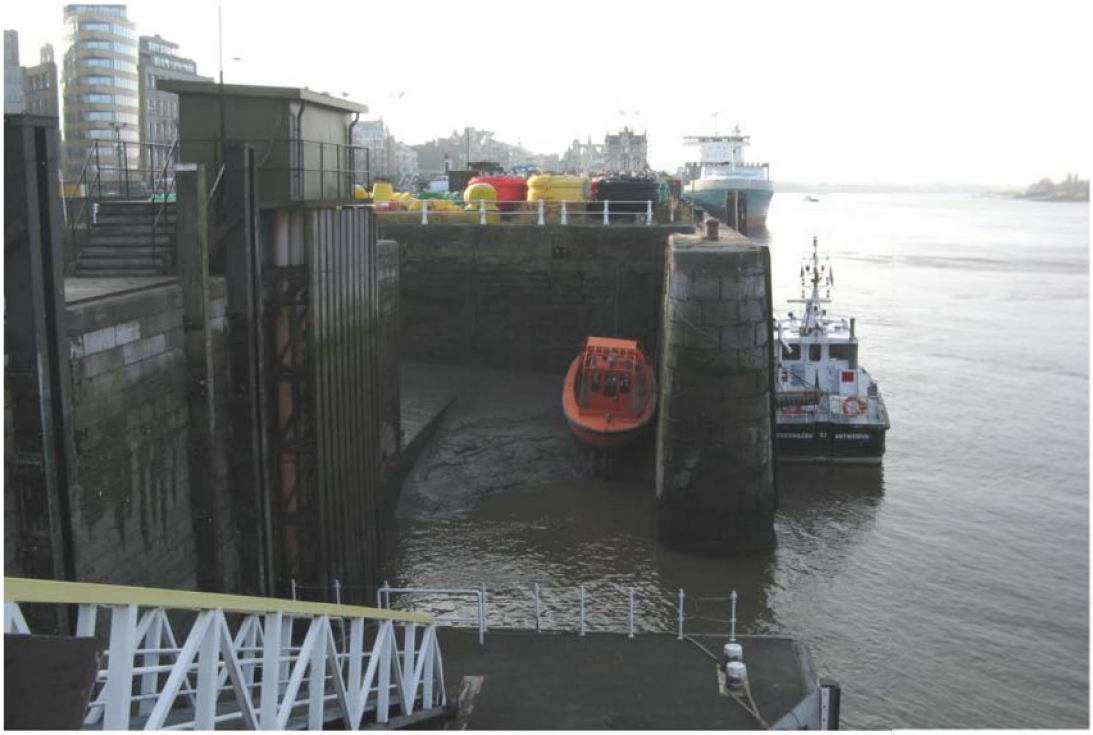


Figuur 35 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
tijverloop op 13 december 2008 o.a. zeer laag laagwater op peil TAW (-1.26 m)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 36 - Westerschelde te Hansweert:
windverloop op 12 en 13 december 2008 (tien minuut-gegevens) (bron: RWS - HMCZ)



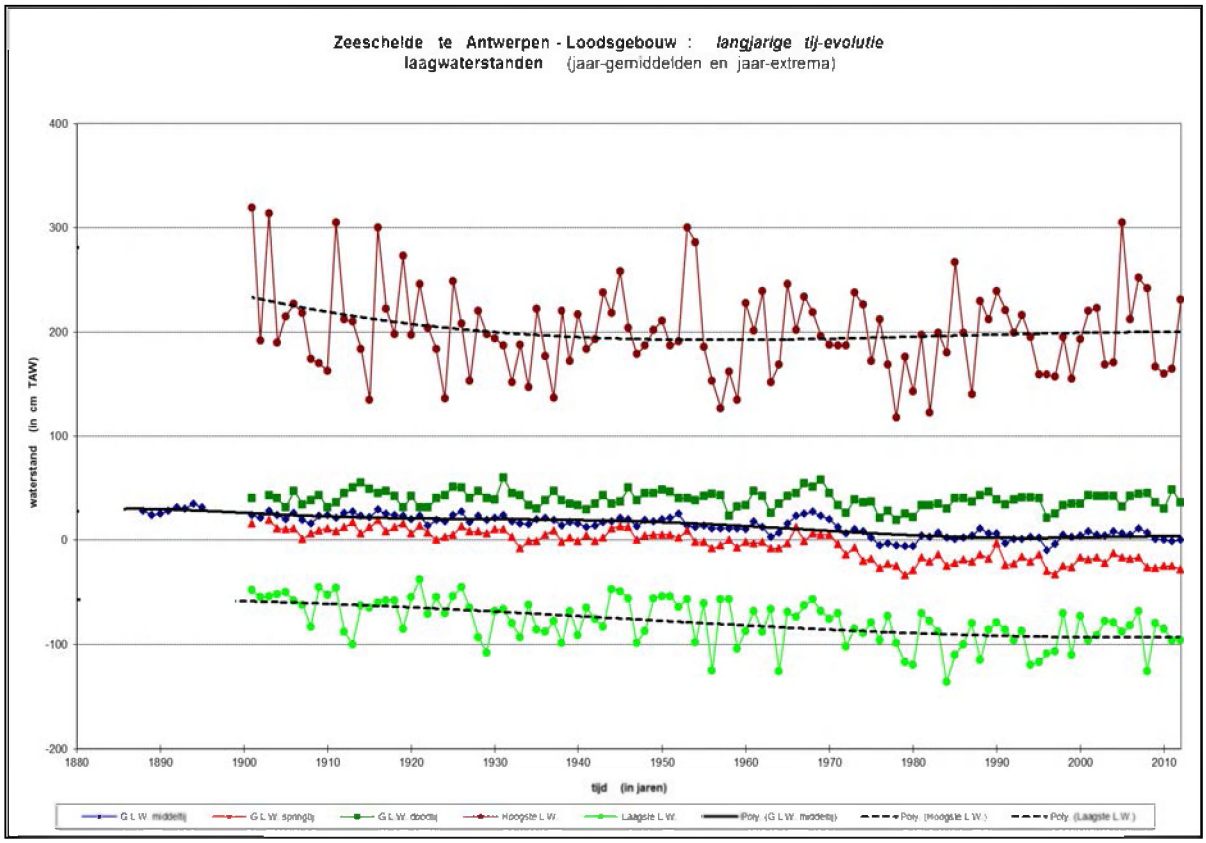
Figuur 37 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
foto Schelde, Margueriedok en tijmeetpost op zaterdagmiddag 13 december 2008
net op het zeer lage laagwater op peil TAW (-1.26 m)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Nu hier toch over hoge en lage laagwaterstanden wordt gehandeld, kan de evolutie van het laagwater in de Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw, ook van de extrema, worden getoond. De volgende figuur toont die evolutie van de jaargemiddelden bij middeltij (sinds 1888), (en dan vanaf 1900) van springtij en doodtij, evenals van de hoogste en van de laagste laagwaters per jaar, dat alles tot en met 2012.

Wat uit die figuur opvalt, is dat de trendmatige daling van de jaarlijks laagste laagwaters, sterker is (= dalender is) dan bij de middeltijen. Die evolutie van lager wordende laagste laagwaters per jaar, gaf destijds, toen de auteur dezes nog bij de Dienst der Zeeschelde was, aanleiding tot de uitspraak dat er na het Sigmaplan (bescherming tegen *hoog*waters) nog een volgend plan zou komen met name ter bescherming tegen *laag*waters ...

De trendlijnen van hoogste en van laagste laagwaterstanden per jaar, tonen ook een bepaald golfpatroon, doch veel minder dan bij de hoogwaters het geval was. Vooral bij de jongste tien/vijftien jaren valt de horizontaliteit in alle trends op.



Figuur 38 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden

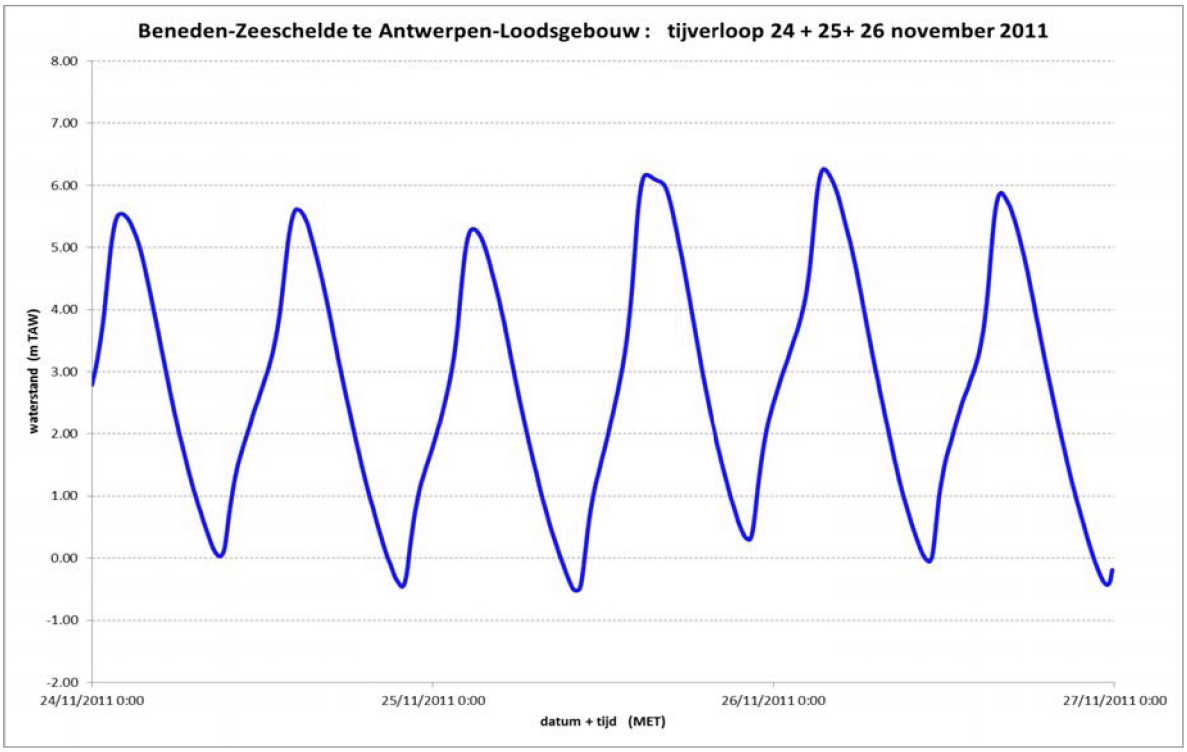
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

1.4.4c vorm van de hoogwaterverlopen

Het eigenlijk zeer rustige tijverloop in de Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw in 2011 en 2012, kan in dit rapport even worden aangegrepen om wat uit te weiden over de vorm van de "hoogwater-koppen". Veelal wordt snel door de bocht gezegd dat het tijverloop sinusoïdaal zou zijn. De extrema van hoog- en laagwater zouden dan mooi boogvormig zijn zoals het sinussen en cosinussen past, en bovendien drukt dat gezegde nogal sterk uit dat de tijverlopen in zowel stijgend als dalend verloop symmetrisch zouden zijn.

Daar waar dat alles aan onze kust doorgaans nog in hoge mate het geval is, en dit in de Westerschelde slechts stilaan van een sinusoïdaal verloop begint "af te wijken", dan wordt in het Zeescheldebekken de asymmetrie van het getij naar opwaarts steeds maar groter. De vloedduur kort in en de ebduur verlengt evenredig; de som blijft uiteraard (gemiddeld!) 12u25min.

In dit rapport wordt hier even de nadruk gelegd op de vorm van het tijverloop bij hoogwater, in het jargon de "kop van hoogwater" of de "hoogwaterkop" genoemd. Algemeen wordt dit aangenomen als zijnde een verloop van mooi gebogen stijgend, met kleiner wordende verhoging per minuut, tot even een gelijk peil wordt bekomen (het hoogwater), waarna de waterstand volgens een mooi gebogen verloop daalt, met in het begin een gestaag vergrotende verlaging van het peil per minuut. Vòòr dat mooi gebogen einde van de stijging -dus een tijdje voor hoogwater- wordt verder aangenomen dat het waterpeil lineair stijgt, en na een tijdje nà hoogwater zou het tijverloop lineair dalen. Dat is in wezen theorie. De navolgende figuur toont een -weliswaar uitgekozen- praktijkbeeld.

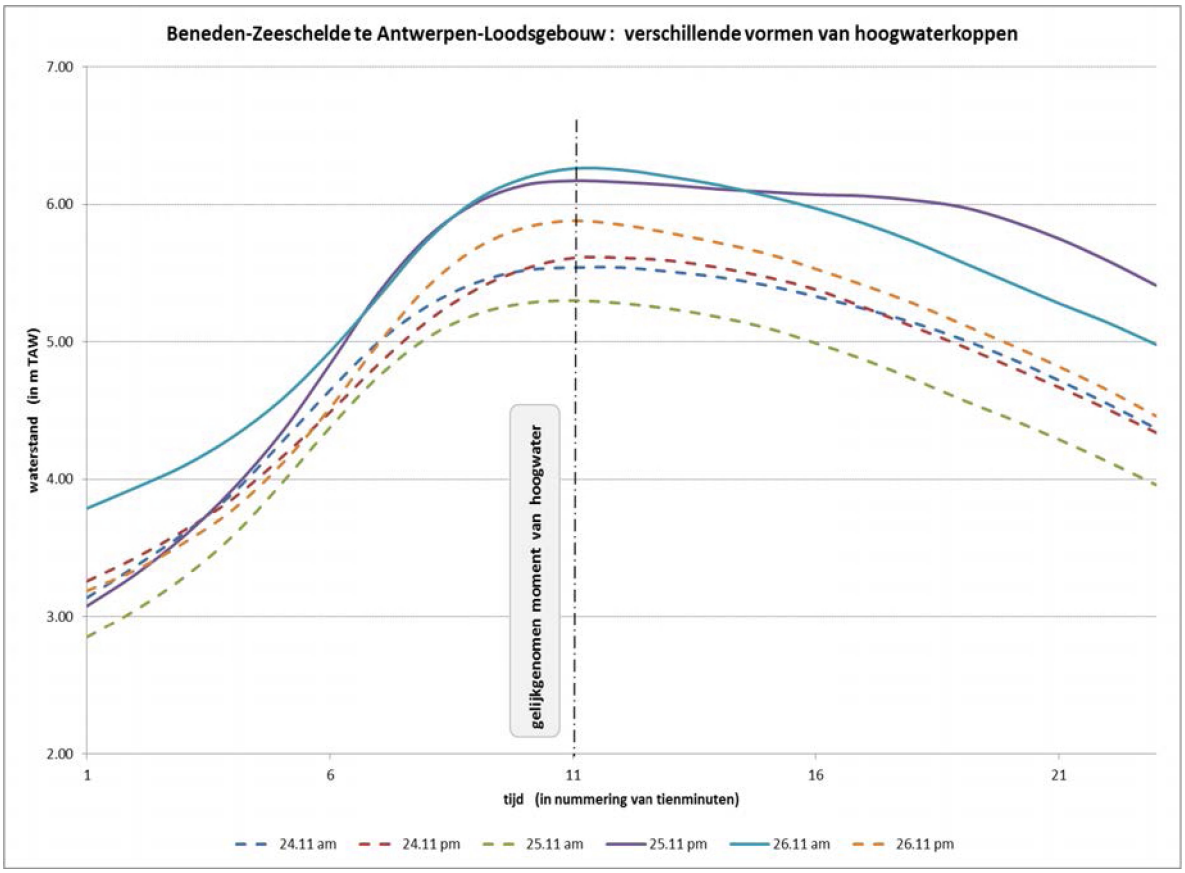


Figuur 39 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: verloop van het getij in de periode van 24 + 25 + 26 november 2011, tonend verschillende vormen van de koppen van hoogwater

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Er kan meteen verschil gezien worden in de vorm van enkele hoogwaterkoppen. De eerste drie en de laatste twee koppen lijken -op deze schaal bezien- ongeveer aan elkaar gelijk, doch de vierde hoogwaterkop verschilt er danig van. Het is vanzelfsprekend dat de keuze van de schaal veel aan de visuele interpretatie van dergelijke verlopen kan doen. Daarom worden alle zes hoogwater-koppen op éénzelfde grafiek gezet, meerbepaald met hun respectievelijke tijdstippen van hoogwater op éénzelfde (fictief) moment volgens de tijd-as. Hun hoogten blijven verschillend en zijn deze van de reëel opgetreden hoogwaters.

De volgende figuur toont het resultaat. Er blijkt een veelvoud aan vormen van hoogwater-koppen uit. Voor de duidelijkheid van de grafieklijnen zijn de laagste vier hoogwaterlijnen van deze zes in streeplijnen getekend, en de beide hoogste in volle lijn. De vier in streeplijn blijken grosso modo nog vrij goed overeen te komen, maar vooral de purperen grafieklijn wijkt er danig van af.



Figuur 40 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
verloop van het getij in de periode van 24 + 25 + 26 november 2011,
tonend verschillende vormen van de koppen van hoogwater,
geplaatst op eenzelfde moment van hoogwater (= verticale puntstreeplijn)

Bij het tijverloop van het hoogste hoogwater (zijnde de lichtblauwe lijn, het hoogwater van 26 november a.m.) was er al een hoge aanzet; inderdaad toont figuur 35 dat het voorafgaandelijke laagwater verhoogd was. Na hoogwater komt het dalende tijverloop vrij goed met de onderste vier verlopen overeen, al weze het op een hoger peil.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De purperen lijn is een tijverloop zoals bij stormvloeden ook veel te zien is (al komt het hoogwater hier op slechts het peil TAW +6,18 m). Dat wil zeggen: een zeer afgeplatte kop van hoogwater, met een rijzingsverloop dat nog als gewoonlijk is, doch met een dalingsverloop gedurende een halfuur tot soms iets meer dan anderhalf uur na hoogwater, waarin het tij slechts zeer weinig lager wordt. In dit voorbeeld is er duidelijk slechts één hoogwater, doch het gebeurt dat er bij stormvloed twee hoogwaterkoppen zijn, ongeveer met een half uur tijdsverschil en met slechts klein hoogteverschil (enkele centimeters tot een tweetal decimeters). Bij stormvloeden geldt algemeen dat het tijverloop rond en om hoogwater telkens wat aparts te zien geeft, ze trekken niet zo mooi op elkaar.

In dit voorbeeld is de hoogwaterkop van het tij van 25 november 2011 p.m. gedurende bijna anderhalf uur op eenzelfde peil, op een tiental centimeter na. Dat is zeer lang. De oorzaak dient zowel gezocht bij het tijverloop aan zee dus te zien aan de tijkromme te Vlissingen, als bij de Westerschelde met een aanhoudend zeer flinke wind op moment en net na moment van het door de Westerschelde gaan van de hoogwatergolf.

Het geheel kan nog beter voorgesteld worden, nl. door niet alleen <u>het ogenblik</u> van de respectievelijke hoogwaters (fictief) gelijk te stellen, doch door ook <u>de hoogte</u> van al die hoogwaters (fictief) op eenzelfde hoogtepeil te nemen. Dat is op de volgende figuur gebeurd, met een fictief hoogwaterpeil op TAW +6 m genomen (zowat het gemiddelde van de zes betrokken hoogwaters).

Daarmee is nog beter het verschillend verloop van de betrokken hoogwaterkoppen te zien. Ook nu zijn de vier tijkrommen met het laagste hoogwaterpeil, in streepjeslijnen getrokken; de beide hoogste hoogwaterkoppen zijn in volle lijn; de lay-out van de volgende figuur is overigens geheel deze zoals in de vorige figuur.

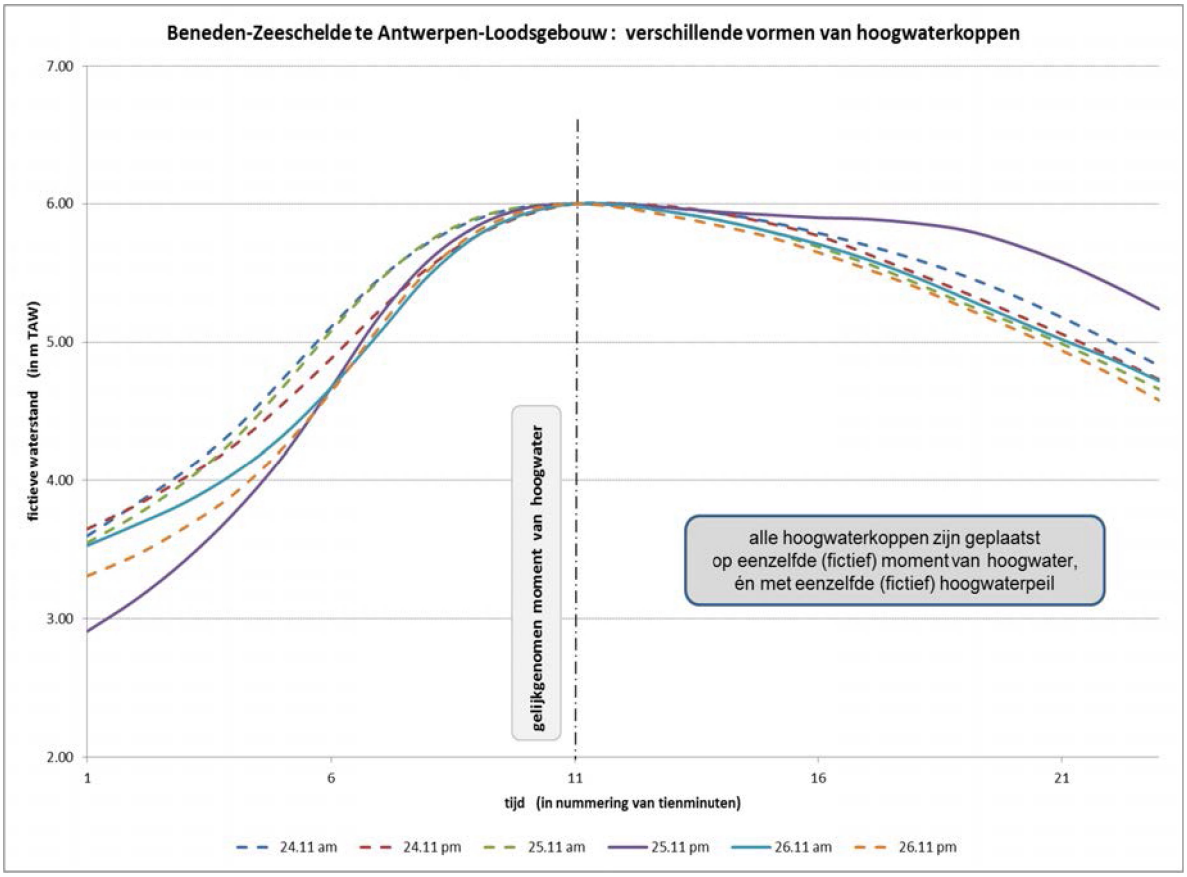
Er kan onderscheid gemaakt worden tussen de tijverlopen bij nog rijzend getij, en deze bij al dalend getij. Ter herinnering: dat komt niet overeen met vloed resp. eb, want het fenomeen kentering (zoals al eerder in dit rapport aangegeven) bestaat er inderdaad in dat de vloedstroming nog een half tot heel uur na het moment van hoogwater doorgaat, en dat pas dan de stroomrichting van landwaarts naar zeewaarts overgaat, dus pas dan de eb begint. Die tijdsduur is afhankelijk van de hoogte van het hoogwater (ruwweg: doodtij versus springtij), van de plaats in het Zeescheldebekken, EN van de vorm van de hoogwaterkop, meerbepaald hoe lang het hoogwater zelf op ongeveer eenzelfde peil blijft “hangen”. Mede daarom is de vorm van de hoogwaterkop hier even onderwerp in dit rapport.

De navolgende figuur toont duidelijk dat het rijzen van het getij gedurende zegge een tiental tienminuutperiodes (waarmee de grafiek qua tijd-as is opgemaakt) voor hoogwater, veel sterker stijgt dan dat na hoogwater het dalend getij daalt. Als men alle zes tijkrommen gemiddeld neemt, is de gemiddelde rijzing tijdens tien tienminuutperiodes voor hoogwater ongeveer 2,5 meter (met een spreiding van bijna een halve meter), terwijl de gemiddelde daling tijdens ook tien tienminuutperiodes maar dan na hoogwater, nog geen meter is (ook met een spreiding van bijna een halve meter). Dat is op zich een significant verschil in snelheid van stijgen en dalen van het tij, wat bij alle tijen te Antwerpen-Loodsgebouw (en in Westerschelde en Zeescheldebekken) eenzelfde fenomeen is, al is het bij doodtijen minder sterk dan bij springtijen. Maar het is op zich een constant fenomeen bij alle tijen en op alle locaties.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

En er is een verschil tussen de hoogwaterkoppen zelf. Het tijverloop van 25 november p.m. springt duidelijk uit de band. Daar waar het bij rijzing van het tij de grootste stijging te zien geeft (iets meer dan drie meter over de periode van tien tienminuutperiodes voor HW), geeft het bij daling het kleinste hoogteverschil over dergelijke periode (slechts een halve meter na HW).

De grafieken spreken eigenlijk voor zich: er zijn duidelijk verschillende hoogwaterkoppen mogelijk. Het mag evenwel niet overdreven worden, in die zin dat op alle 705 hoogwaters in het jaar 2011, 90% zich als “normaal” gedraagt, met een iets platter verloop van de hoogwaterkop bij doodtijen tegen een iets spitser verloop van de hoogwaterkop bij springtijen. De reden van dit laatste verschil tussen dood- en springtij-hoogwaterkoppen is simpel: bij springtij is het tijverschil flink groter dan bij doodtij, en is de tij-duur kleiner dan de gemiddelde waarde van 12u25min, terwijl de tij-duur bij doodtij ruim langer kan zijn dan 13:30 uur. Om nu het grotere tijverschil binnen een kleinere tijdsduur te kunnen maken, hebben springtijen rond hoog- en bij laagwaters geen tijd te verliezen om het hoogwater resp. het laagwater gedurende een lange tijd aan te houden. Bij doodtijen is er wél enige tijd voor. Zo simpel kan het tij zijn …



Figuur 41 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
verloop van het getij in de periode van 24 + 25 + 26 november 2011,
tonend verschillende vormen van de koppen van hoogwater,
geplaatst op eenzelfde (fictief) moment van hoogwater (= verticale puntstreeplijn)
EN geplaatst op eenzelfde (fictief) hoogwaterpeil zijnde hier TAW +6 m

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

1.4.4d vorm van de laagwaterverlopen

Buiten alle mogelijke verlopen van hoogwater, kunnen ook de laagwaters soms een vrij verrassende vorm kennen. Er kunnen -net zoals bij dubbel-hoogwaters- ook twee laagwaters vlak na elkaar optreden. Dat noemt men een agger.

Zo trad bvb. op 19 januari 2009 een dubbel laagwater. Figuur 42 geeft het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw op 18, 19 en 20 januari 2009. Tussen voor de rest nogal normale tijverlopen trad dus op 19 januari in de late namiddag een dubbel laagwater op. Er kan wel worden gewezen op reeds verhoogde laagwaterpeilen er vlak voor en vlak na.

Een dubbel laagwater kan gemeenzaam ook als "agger" omschreven worden. Doch deze term wordt eerder gebruikt daar waar elk laagwater of om en om elk laagwater een dubbel laagwaterpeil kent, elke dag of bijna elke dag opnieuw, en met tussen beide laagwaterpeilen in slechts een kleine verhoging van het water, zegge tien à veertig centimeter.

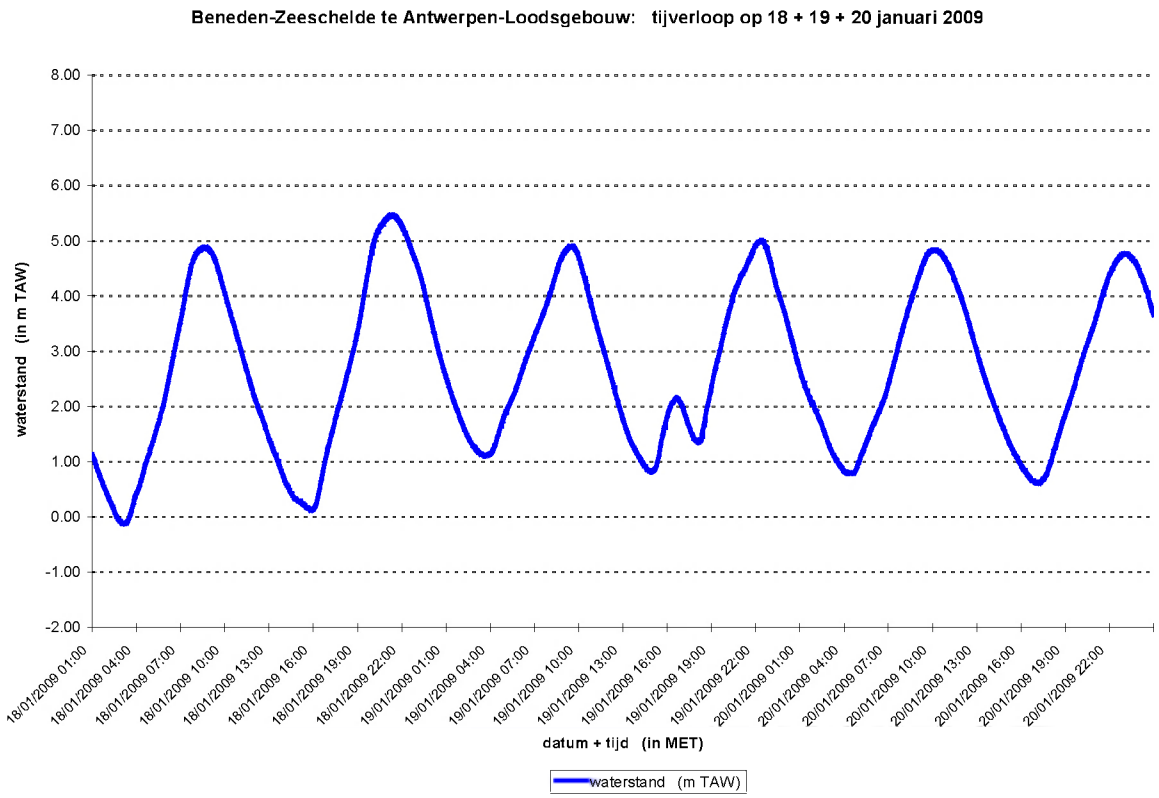
In huidig geval gaat het om een hoge uitzondering van dubbel laagwater, en met tussenin een flinke verhoging (in onderhavig geval: 1,23 m voor en 0,80 m na het tussenin gelegen "hoogwater"). Het komt in het Zeescheldebekken weinig voor, zeker aggers die toch een behoorlijke grootte (hoogte-verschil) hebben. Die komen ongeveer alle vier à vijf jaar voor. Zoals uitzonderingen de algemene regel bevestigen: in 2009 kwam in juli nog een dubbel-laagwater voor, doch dan "relatief" beperkt (hoogteverschil 0,50 m). De oorzaak is telkens gelegen in een plotse drukdaling dus waterstands-verhoging of in een snel draaiend windveld met grote windsnelheden (een kolkwind). Deze fenomenen doen zich dan reeds op de Noordzee voor, want worden initieel niet veroorzaakt door locale wind-velden in het Schelde-estuarium, maar kunnen er wel door worden verzwakt of versterkt.

Het dubbel laagwater komt dus in hoofdzaak vanuit zee, doet zich ook aan de kusthavens voor, en komt als een tussenin zijnde waterstandsverhogende golf via de Westerschelde het Zeescheldebekken binnen. Het manifesteert zich op bijna alle tijmeetlocaties, ietsje versterkt door de toesnoerende morfologie van de stroom doch helemaal naar opwaarts toe stilaan gedempt door de wrijving van diezelfde stroom.

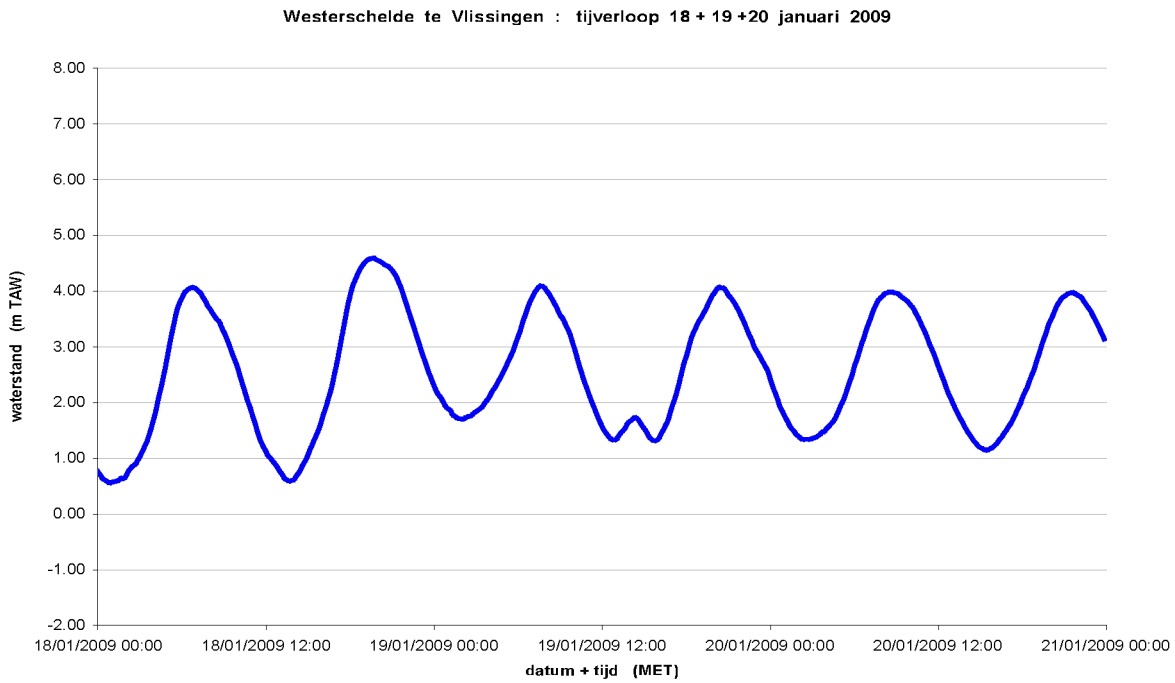
Op volgende bladzijde toont de bovenste grafiek het verloop van het tij in de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw voor 18, 19 en 20 januari 2009, met het dubbel-laagwater op 19 januari in de late namiddag.

Het fenomeen van het dubbel-laagwater kwam vanuit zee. De figuur 43 toont dan ook het tij-verloop van de Westerschelde te Vlissingen voor de drie betrokken dagen. In vergelijking met de figuur 42 er net boven, dus deze van het tijverloop te Antwerpen, kunnen vooreerst normale verschillen gezien worden zoals het lagere hoogwater te Vlissingen dan te Antwerpen, het hogere laagwater, en dus het kleinere tijverschil. Ook is er duidelijk verschil in grootte van de agger. Deze is te Antwerpen ruim 1,23 meter hoog voor het eerste gedeelte gevolgd door een hoogteverschil op het tweede laagwater van 0,80 meter, daar waar de hoogteverschillen van de agger te Vlissingen beperkt bleven tot een vijfentwintigtal centimeter. De agger is dus tussen Vlissingen en Antwerpen danig versterkt geworden, uiteraard door de geometrie van het estuarium dat dergelijke vergrotingen in de hand werkt, maar ook door het windveld boven de Westerschelde.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



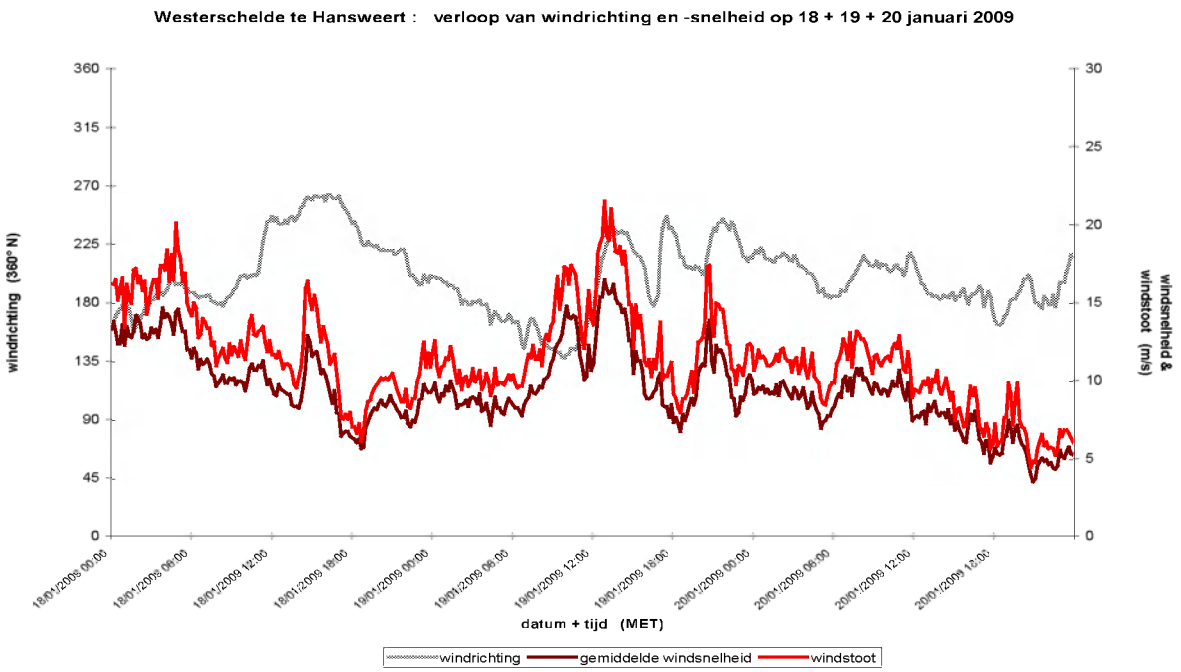
Figuur 42 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
tijverloop op 18 + 19 + 20 januari 2009 met een dubbel laagwater op 19.01.2009 p.m.



Figuur 43 - Westerschelde te Vlissingen:
tijverloop op 18 + 19 + 20 januari 2009 met een dubbel laagwater op 19.01.2009 middag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Volgende figuur toont het windverloop te Hansweert van diezelfde dagen.



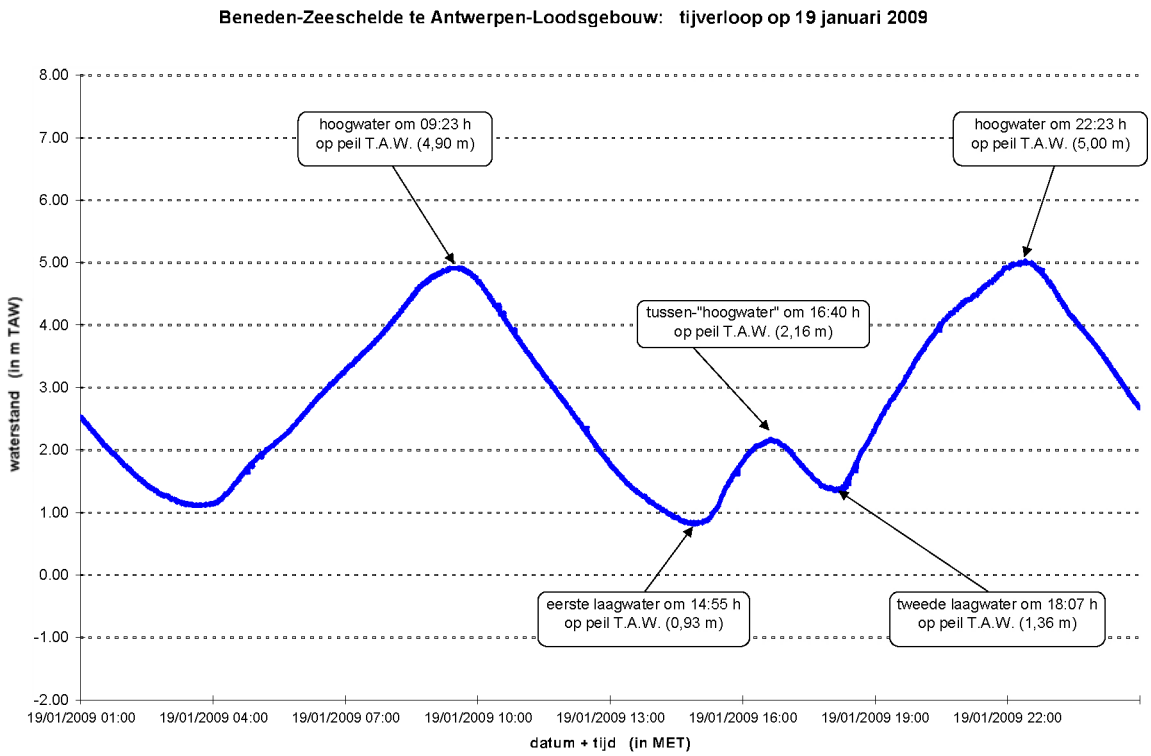
Figuur 44 - Westerschelde te Hansweert: windverloop op 18, 19 en 20 januari 2009 (tien minuut-gegevens) (bron: RWS - HMCZ)

T.o.v. de toestand in de voormiddag en 's middags, ruimt de wind in de namiddag snel van ZO naar ZWW, en vergroot het flink in snelheid, vooral de windstoot nl. een verdubbeling. Buiten de morfologie van de stroom heeft hier een surplus van windinvloed impact op het uit zee komende dubbel-laagwater gehad.

Het "dubbel laagwater" is te Antwerpen-Loodsgebouw wel zeer belangrijk, zie figuur 45. Van het eerste laagwater naar het tussenin gelegen "hoogwater" was er een verhoging met maar liefst 1,23 meter. In een volgende paragraaf zal gezien worden dat de hoogtevariatie te Schelle (als voorbeeld) nog is toegenomen. Hierin spelen het al dan niet aanhouden van een favorabel windveld (of het gewoon afzwakken dan wel aanhouden of aantrekken van de wind, dat het dubbel-laagwater doet verminderen resp. vergroten want gewoon zonder stuwkracht uitdeinen of resp. doet aanscherpen) en van de geometrie van de stroom zoals ook op het gewone tij al te zien is.

Het dubbel-laagwater is niet enkel een fenomeen van waterstand, zoals al deze figuren van het tijverloop dat aangeven. Bij beduidende grootte van zulk dubbel-laagwater kan het niet anders dan dat ook de waterstromingen sterk beïnvloed worden. Het kan immers niet dat bvb. de waterstand tijdens dalend tij en eb van hoog- naar laagwater gaat, doch voor het bereiken van dat laagwater danig tussentijds verhoogd en (snel) nadien (meteen) verlaagd derwijze dat er eigenlijk twee opeenvolgende laagwaters zijn, dan dat ook de eb in die periode van zin naar vloed verandert om (snel) nadien (meteen) terug de eb-zin te vervolgen tot het eigenlijke laagwater wordt bereikt.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 45 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 19 januari 2009

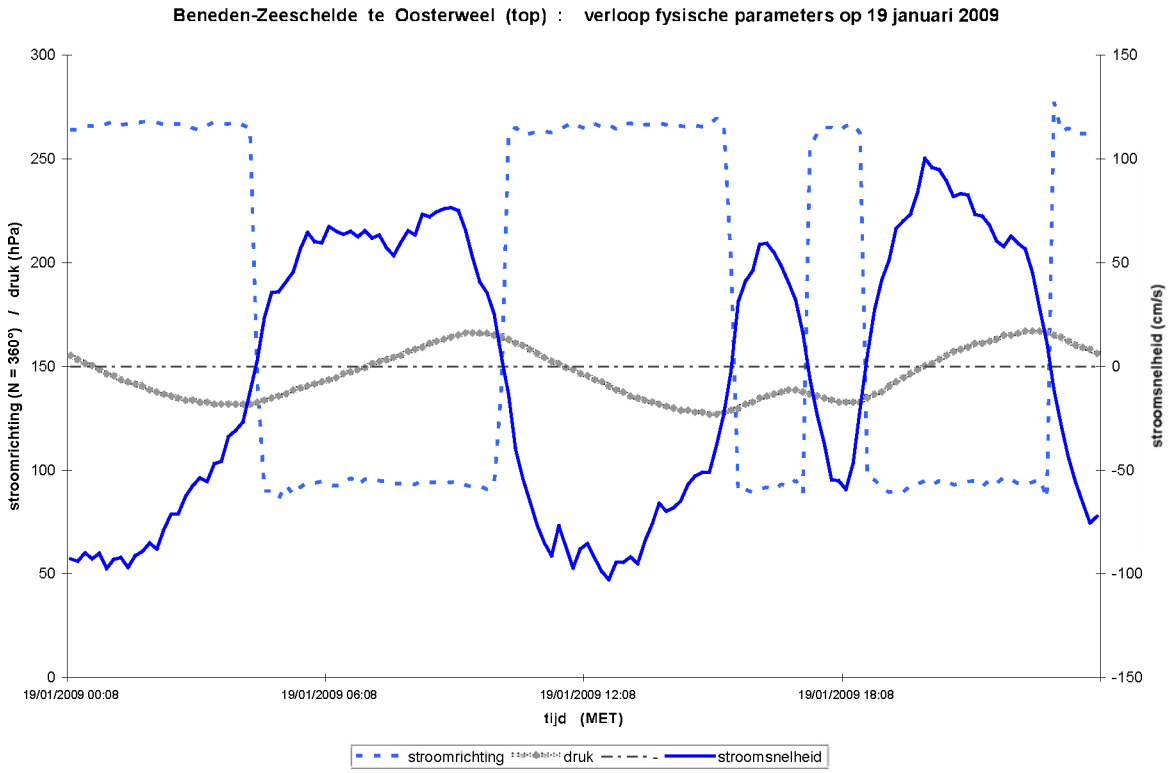
Afwaarts van de tijmeetpost aan het Loodsgebouw te Antwerpen bevindt zich de meetpost Oosterweel, waar naast tijmeting ook twee meettoestellen (op verschillende hoogte) vrij in de stroom hangen en o.a. continu de stroomsnelheid- en richting meten.

Van het bovenste meetpunt toont de volgende grafiek de stroomsnelheid, de stroomrichting en de (totale lucht- en water-)druk. Dat laatste geeft een verloop van de waterstand. De figuur handelt (zoals figuur 45) enkel om de dag van het dubbel-laagwater zelf.

De grijze lijn toont het drukverloop, met in de late namiddag een tijdelijke verhoging van de waterstand: het dubbel-laagwater. De streepjeslijn geeft de stroomrichting weer, en toont dat bij dat dubbel-laagwater de stroomrichting inderdaad van eb naar vloed en terug eb is veranderd. Te noteren is dat de stroomrichting conventioneel deze is waarnaar de stroming gaat (in tegenstelling tot windrichting). Vloed gaat te Oosterweel van 90 tot 100 graden; eb van 260 à 270 graden, 180° anders.

De donkerblauwe ononderbroken lijn geeft de stroomsnelheid weer (op constante hoogte nl. T.A.W. (-1,50 m)). Vloed is positief, eb is negatief, zoals het maritiem geldt. Ook daarbij is de grote impact op de stroming te zien: tussentijds gaat immers met het even verhogen van de waterstand inderdaad weerom een vloed gepaard, met -op die meethoogte- een watersnelheid tot 0,60 m/s.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 46 - Zeeschelde te Oosterweel: verloop van druk (= tij) en stroomsnelheid en -richting op 19 januari 2009

Het echt zeer uitzonderlijke aan deze agger van 19 januari 2009 is dus het feit dat de stroming van het getij hier van richting veranderd is ! Zoals normaal gaat er een ebstroming naar laagwater toe, gevolgd door een even normale vloedstroming als het waterpeil na kentering van laagwater verder stijgt, doch dan verandert de tijstroming plots terug naar eb in plaats van uren vloed aan te houden… Het waterpeil daalt dan om een agger te vormen. Na iets meer dan uur “abnormale eb” gaat de tijstroom terug in eb over om het tijverloop naar het normaal volgende hoogwater in te zetten.

Mocht op Westerschelde of Beneden-Zeeschelde een schip voor anker hebben gelegen, dan zullen opvarenden danig geschrokken zijn dat de richting van hun schip buiten alle verwachting iets na het inzetten van de vloed, opnieuw keert om te luisteren naar een alsdan abnormale ebstroom, om na iets meer dan een uur terug naar de “normale” positie in ebstroom over te gaan … Heet wat schippers en rivierloodsen moeten dat “gekke” fenomeen opgemerkt hebben, want een verandering van stroom-richting wordt meteen zeer goed opgemerkt, daar waar een relatief kleine waterstandsverandering bvb. van een agger op zich niet zo wordt opgemerkt.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

1.5 Getijwaarnemingen op overige tijmeetposten

1.5.1 globaal overzicht getijwaarnemingen

Dit rapport gaf al veel over het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw. Op zich is dat niet abnormaal, gezien primo deze locatie dé basis-meetpost van het Zeescheldebekken vormt, en de meesten kennis van het tij aan vooral deze tijpost hebben doch minder aan andere tijposten, en secundo omdat de trends en de bijzondere tijen te Antwerpen-Loodsgebouw, zich gelijkaardig voor-doen op de meeste andere meetposten. Uiteraard is er daarbij verschil in tijdstip van hoog- en laag-water, en is er verschil in waterstanden, doch kennis van het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw levert al veel informatie op over hoe het op andere meetlocaties was.

Het tijverloop op de andere meetlocaties zal hiernavolgend middels enkele tabellen en enkele grafieken worden getoond. De uitleg zoals hoger voor de basispost Antwerpen-Loodsgebouw gegeven, geldt ook hier. Uitgezonderd de invloed bij grote bovendebieten en was-regimes in het opwaartse deel van het tijgebied, wat daarom uitgebreider wordt belicht.

De tabellen 12 en 13 geven hoofdkenmerkende tijwaarden voor goedgekozen meetlocaties in het Zeescheldebekken, en die ten nutte van Moneos zijn. Het handelt in dit basisboek daarbij over het jaar 201**1** om het eigenlijke jaarboek 201**2** -dat tegelijk met dit basisboek wordt uitgegeven- niet voor de voeten te lopen.

Prosperpolder is de meest afwaartse meetpost van het Zeescheldebekken. Kallosluis sluit daarop aan om samen met Antwerpen-Loodsgebouw de ganse Beneden-Zeeschelde te dekken. De locatie Schelle geldt speciaal omwille van de ligging aan de Rupelmonding, en omwille van het tot daar doorberekenen van de afvoer van het Zeescheldebekken (met name de bovendebieten van "de Schelde te Schelle", ruim bekend en gebruikt). Temse heeft een grote historische reden. De locatie Sint-Amands geldt als overgang tussen een vrij maritiem gedeelte naar een eerder fluviatiel deel van de Zeeschelde. In de meetkundige plaats van hoogwaters is het hoogwater ook het hoogst te Sint-Amands, en de laagwaters vormen er de overgang tussen de afwaarts lage doch opwaarts flink hogergelegen laagwaterstanden. Dendermonde heeft een belangrijke historiek, en kent de uitmonding van de Dender, met bij was-regimes grote invloed op vnl. de laagwaterstanden. Schoonaarde en Wetteren bepalen het tij aan drie opeenvolgende Gecontroleerde Overstromingsgebieden (GOG's Scheldebroek, Paardenweide en Bergenmeersen). Melle geldt uiteraard als in wezen de meest opwaartse meetlocatie van de Zeeschelde, gezien deze te Gentbrugge voor laagwaters en voor de meeste hoogwaters niet meer aan tijwater raakt. De locatie Melle betekent tevens de samenvloeiing van de Ringvaart en het nog opwaartser deel van de Zeeschelde, en te Melle wordt continu het debiet gemeten, hetgeen resulteert in de bepaling van de bovendebieten "van Schelde en Leie naar Zeeschelde".

Voor de aan het tij onderhevige bijrivieren werd de keuze vooralsnog beperkt tot Boom en Walem voor de Rupel, en Duffelsluis en Lier-Molbrug voor het Netebekken. Deze laatste meetpost wordt hier gerekend tot de Beneden-Nete, al kan gediscussieerd worden of Lier-Molbrug (en zeker in de betekenis van de eermalige stuw "de Mol" op deze locatie) over eigenlijk het meest afwaartse stuk van de Kleine Nete handelt. Het is in ieder geval dé representatieve tijpost in de stad Lier, en markeert qua waterpeilen het opwaartse einde van de Beneden-Nete. Overigens gaat Walem, gelegen aan het boveneinde van de Rupel, ook door als de afwaartse grens van diezelfde Beneden-Nete. Als laatste wordt de meetlocatie Tielrode aan de Durme getoond.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

		Prosperpolder	Kallosluis	Antwerpen-Loodsgebouw	Schelle	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren	Melle
middeltij	GHW	5.10	5.32	5.33	5.48	5.58	5.62	5.30	5.08	4.85	4.96
	GLW	0.03	0.00	-0.01	0.00	0.11	0.37	1.00	1.63	1.98	2.15
	GTV	*5.07*	*5.32*	*5.34*	*5.48*	*5.47*	*5.25*	*4.30*	*3.45*	*2.87*	*2.81*
springtij	GHW	5.49	5.73	5.70	5.81	5.92	5.94	5.55	5.26	4.97	5.08
	GLW	-0.21	-0.25	-0.25	-0.22	-0.06	0.25	0.93	1.63	1.98	2.15
	GTV	*5.70*	*5.98*	*5.95*	*6.03*	*5.98*	*5.69*	*4.62*	*3.63*	*2.99*	*2.93*
doodtij	GHW	4.65	4.84	4.89	5.07	5.16	5.21	5.00	4.87	4.75	4.86
	GLW	0.51	0.50	0.48	0.45	0.50	0.66	1.15	1.70	2.03	2.19
	GTV	*4.14*	*4.34*	*4.41*	*4.62*	*4.66*	*4.55*	*3.85*	*3.17*	*2.72*	*2.67*
uiterste waarden	HHW	6.29	6.45	6.50	6.64	6.72	6.80	6.67	6.53	6.58	6.63
	LHW	3.96	4.16	4.20	4.40	4.47	4.47	4.30	4.19	3.94	4.02
	HLW	1.68	1.69	1.65	1.56	1.58	1.63	2.89	3.97	5.11	5.80
	LLW	-0.92	-0.99	-0.96	-0.93	-0.75	-0.26	0.43	0.99	1.35	1.34

Tabel 12 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden 2011

Door het verhogen van laag- én hoogwaterstanden op de meest opwaartse locaties bij (langdurige en flinke) periode van grote bovendebieten, kan het voorkomen dat de *laag*waters daar gedurende enkele tijen *hoger* uitkomen dan de jaargemiddelde *hoog*waterstanden ! In bovenstaande tabel is zulks te merken bij Wetteren en Melle, waar door het grote wasregime van december 2011, het hoogste **laag**water (TAW +5.11 resp. +5.80 m) **hoger** kwam dan het jaargemiddelde van alle 705 **hoog**waters samen, nl. TAW +4.85 resp. +4.96 m. De invloed bij langdurig en flink wasregime is in de opwaartse gebieden van het Zeescheldebekken, inderdaad zeer groot: een flinke verhoging van -en uiteraard- *laag*waterstanden maar ook -doch in mindere mate- *hoog*waterstanden, en een enorme verkleining van het tijverschil.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

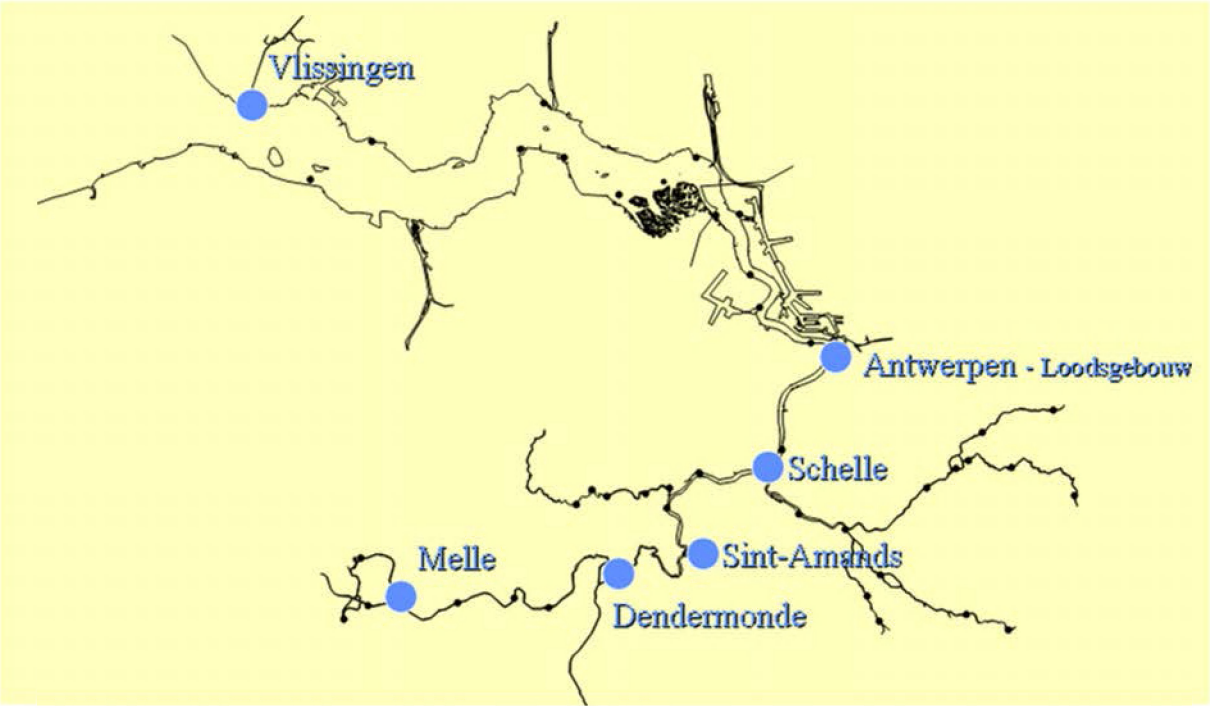
		Boom	Walem	Duffelsluis	Lier-Molbrug	Tielrode
middeltij	GHW	5.54	5.57	5.62	5.38	5.65
	GLW	0.13	0.39	1.25	2.54	0.17
	GTV	*5.41*	*5.18*	*4.37*	*2.84*	*5.48*
springtij	GHW	5.85	5.87	5.89	5.60	6.00
	GLW	-0.03	0.29	1.27	2.56	0.02
	GTV	*5.88*	*5.58*	*4.62*	*3.04*	*5.98*
doodtij	GHW	5.14	5.19	5.25	5.10	5.22
	GLW	0.50	0.65	1.29	2.53	0.53
	GTV	*4.64*	*4.54*	*3.96*	*2.57*	*4.69*
uiterste waarden	HHW	6.74	6.76	6.78	6.67	6.79
	LHW	4.45	4.47	4.54	4.46	4.50
	HLW	1.56	1.63	2.70	4.00	1.55
	LLW	-0.61	-0.29	0.68	1.92	-0.34

Tabel 13 - Rupel, Beneden-Nete en Durme:
overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden 2011

Doordat de Nete's weliswaar een grote bovenafvoer kenden in bvb. de wasperiode van half december 2011, doch niet in die mate zeer groot zoals op bvb. Zeeschelde, bleven de hoogste laagwaterstanden in 2011 ruim onder het peil van het jaargemiddeld hoogwater, daar waar zulks, zie vorige bladzijde, voor Wetteren en Melle anders was, nl. hoogste laagwater hoger dan jaargemiddeld hoogwater.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Onderstaande figuur toont de ligging van enkele hierna in grafieken nader besproken tijmeet-locaties, als gehandeld wordt over tij en bovendebieten.



Figuur 47 - Zeeschelde: algemeen liggingsplan met aanduiding van beschouwde tijmeetposten

1.5.2 getijwaarnemingen in historisch perspectief

Tabellen 14 en 15 geven de gemiddelde hoogwaterstand resp. gemiddelde laagwaterstand over de decennia 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000 evenals over het jaar 2011 zelf, en dat voor de beschouwde locaties langs de Zeeschelde. De tabellen worden aangevuld met het hoogste hoogwater resp. het laagste laagwater ooit (dus sinds 1888). Analoog gaan tabellen 16 en 17 over de locaties Boom, Walem, Duffelsluis en Lier-Molbrug, dus Rupel en Beneden-Nete.

In dit basisboek gaat het dus t/m 2011; in het eigenlijke jaarboek gaat het uiteraard t/m 2012.

Er werd hoger al voor de basis-post Antwerpen-Loodsgebouw gesteld dat het tijverloop in 2011 in wezen zeer rustig was in het kader van deze in de voorbije decennia, zeker gelet op het feit dat in 2011 geen enkele stormvloed optrad, en er ook geen uitzonderlijk laagwater werd genoteerd. Ook voor de hierna gegeven meetlocaties langs Zeeschelde, Rupel en Beneden-Nete was 2011 een vrij rustig jaar, op het optreden van twee wasregimes na (januari en december 2011) die invloed op het tij aan de opwaartse randen van het tijgebied hadden, zonder evenwel uitzonderlijk te zijn.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Er kan onderlijnd worden dat het tienjarig gemiddelde over 1991/2000 op zich relatief "laag" is gebleven ondanks bvb. te Antwerpen jaarwaarden van T.A.W. +5.33 m, +5.34, +5.39 (!), +5.36 en nogmaals +5.36 dus toch vijf maal (op tien ...) gelijk aan of hoger dan de jaarwaarde over 2011 zijnde T.A.W. (+5.33 m). In het decennium 1991/2000 schommelde het jaargemiddelde hoogwater in de Zeeschelde evenwel (in plus en in min !) flink rond zijn tienjarig gemiddelde, zodat ook vrij lage jaarwaarden voorkwamen, nl. T.A.W. +5.18 m, +5.25, +5.25, +5.22 en +5.26 m, wat het tienjarige gemiddelde uiteindelijk relatief "laag" hield. Het beklemtoont dat jaarwaarden jaar na jaar relatief flink kunnen fluctueren. En ook dat zij niet zomaar met tienjaarwaarden kunnen vergeleken worden, en dat bij gebruik van (één-)jaarwaarden dit over wat lange periodes moet beschouwd worden en trendmatig behandeld, zie bvb. de figuren 19 en 21. Slechts op die wijze kunnen evoluties terdege onderkend worden.

Voor meer opwaarts gelegen meetlocaties mogen overigens ook geen te vlugge conclusies getrokken worden gezien het feit of binnen een jaarperiode langdurige en flinke wasperiodes al dan niet, of veelvuldig, zijn opgetreden. In een "nat" jaar zullen aldaar vele en dus ook de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden beduidend verhogen, terwijl dat op zich niet zomaar van doen heeft met het getij vanuit zee, of met (morfologische) veranderingen in het tijbekken.

	Gemiddeld Hoogwater (GHW)				**HHW ooit**
locaties	1971/1980	1981/1990	1991/2000	2011	
Prosperpolder	4.92	5.03	5.12	5.10	7.76
Liefkenshoek	5.01	5.14	5.19	5.26	7.87
Kallosluis	5.14	5.19	5.26	5.32	7.89
Antwerpen-Loodsgebouw	5.15	5.24	5.29	5.33	7.77
Schelle	5.28	5.39	5.45	5.48	7.60
Temse	5.29	5.44	5.51	5.58	7.54
Sint-Amands	5.32	5.47	5.55	5.62	7.44
Dendermonde	5.05	5.20	5.28	5.30	7.12
Schoonaarde	4.80	5.01	5.07	5.08	6.89
Wetteren	4.56	4.81	4.89	4.85	6.95
Melle	4.56	4.83	4.93	4.96	7.04

Tabel 14 - Zeeschelde: gemiddeld hoogwater 2011 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde hoogwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook de stand van het hoogste hoogwater ooit (dus ook van vroegere decennia o.a. de stormvloed van 1 februari 1953) (alle waterstanden zijn in meter T.A.W.)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

	Gemiddeld Laagwater (GLW)				LLW ooit
locaties	1971/1980	1981/1990	1991/2000	2011	
Prosperpolder	0.07	0.09	0.08	0.03	-1.29
Liefkenshoek	0.08	0.10	0.06	0.03	-1.31
Kallosluis	0.05	0.05	0.01	0.00	-1.35
Antwerpen-Loodsgebouw	0.01	0.05	0.00	-0.01	-1.36
Schelle	0.04	0.06	0.03	0.00	-1.30
Temse	0.15	0.14	0.08	0.11	-1.08
Sint-Amands	0.54	0.48	0.44	0.37	-0.60
Dendermonde	1.31	1.24	1.14	1.00	0.04
Schoonaarde	2.03	1.93	1.85	1.63	0.79
Wetteren	2.49	2.42	2.35	1.98	1.23
Melle	2.68	2.69	2.55	2.15	1.30

Tabel 15 - Zeeschelde: gemiddeld laagwater 2011 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde laagwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook de stand van het laagste laagwater ooit (dus ook van vroegere decennia)
(alle waterstanden zijn in meter T.A.W.)

Eenzelfde besluit als op vorige bladzijde voor gemiddelde hoogwaters, geldt ook voor een onderlinge vergelijking van de gemiddelde laagwaters in tabel 15.

Bvb. te Wetteren was in de periode 1991/2000 een laagste jaarwaarde van laagwater op T.A.W. (+ 2.03 m) en een hoogste op (+ 2.56 m), maar waren er ook grote schommelingen van die (één-)jaarwaarden rond het tienjaargemiddelde. Buiten invloed van het tij vanuit de Noordzee, en van kneding van het tijverloop in Westerschelde en Zeeschelde, bestaat te Wetteren en uiteraard nog meer te Melle, een zeer grote invloed van bovendebieten en wasregimes. Van belang daarbij is de gedachte dat stormvloeden aanleiding geven tot een verhoging van waterstanden gedurende (slechts) een paar dagen, maar dat wasregimes dikwijls meer dan een week kunnen duren, en dat hun nasleep op het tijregime in het opwaartse deel van het tijbekken nog dagenlang flink nagalmt. Op een jaar-gemiddelde waarde van hoog- of laagwater heeft dat dus in die opwaartse gebieden echt wel impact. Gezien 2011 is gekenmerkt door twee (weliswaar vrij “gewone”) wasregimes, is het jaargemiddelde laagwater er door beïnvloed (= verhoogd) geworden.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Gans analoge redeneringen gaan op bij bekijken van de hoog- en laagwatergemiddelden in tabellen 16 en 17 over het tij te Boom, Walem, Duffelsluis en Lier-Molbrug.

	Gemiddeld Hoogwater (GHW)				HHW ooit
locaties	1971/1980	1981/1990	1991/2000	2011	
Boom	5.28	5.43	5.48	5.54	7.60
Walem	5.34	5.46	5.52	5.57	7.69
Duffelsluis	5.31	5.50	5.53	5.62	7.45
Lier-Molbrug	5.19	5.33	5.36	5.38	7.10

Tabel 16 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld hoogwater 2011 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde hoogwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook de stand van het hoogste hoogwater ooit (dus ook van vroegere decennia o.a. de stormvloed van 1 februari 1953) (alle waterstanden zijn in meter T.A.W.)

	Gemiddeld Laagwater (GLW)				LLW ooit
locaties	1971/1980	1981/1990	1991/2000	2011	
Boom	0.20	0.20	0.18	0.13	-0.96
Walem	0.52	0.56	0.45	0.39	-0.48
Duffelsluis	1.47	1.41	1.35	1.25	0.57
Lier-Molbrug	2.49	2.67	2.66	2.54	1.75

Tabel 17 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld laagwater 2011 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde laagwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook de stand van het laagste laagwater ooit (dus ook van vroegere decennia) (alle waterstanden zijn in meter T.A.W.)

Algemeen besluit: om evoluties in hoog- en laagwaterstanden te omschrijven dienen in eerste plaats (één-)jaargemiddelde waarden over vrij langdurige perioden grafisch voorgesteld en trendmatig behandeld te worden. Dat maakt onderwerp uit van afzonderlijke rapporten, al zijn er voor de basis-meetpost Antwerpen-Loodsgebouw hoger al enkele grafieken (met het tij sinds 1888) gegeven. Op de navolgende bladzijden worden -als voorbeeld- enkele analoge figuren voor een andere hoofdpost gegeven, nl. voor de Boven-Zeeschelde te Dendermonde. Daarna volgen nog figuren die over de periode 1971-2012, dus over de periode waarover ook bovenstaande tabellen gaan, enige algemene evolutie willen schetsen van hoogwater, laagwater en tijverschil op de meetlocaties van bovenstaande tabellen, zonder ver in detail en verbanden te gaan.

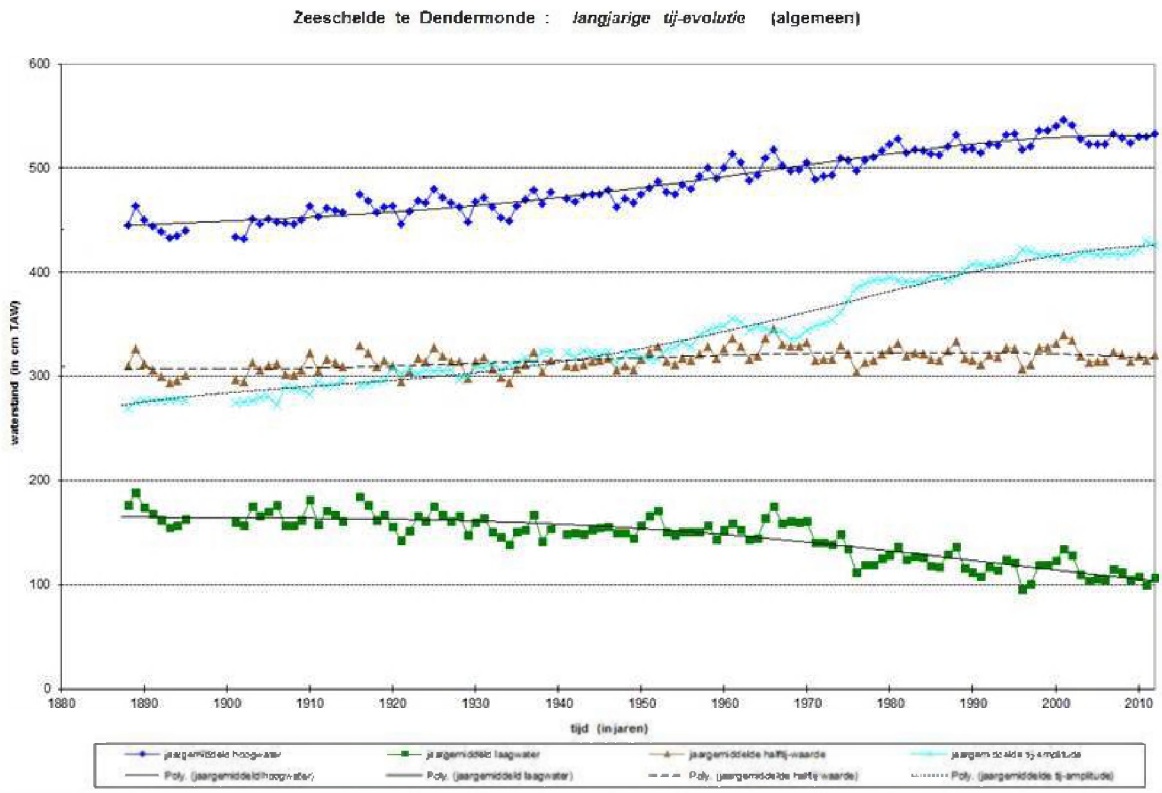
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Voor de tijmeetpost **Dendermonde**, die vanuit tij-gebeuren zowel historisch, geografisch als hydraulisch groot belang heeft, kunnen zo de jaargemiddelde tijwaarden sinds 1888 getoond worden. In dit basisboek geschiedt zulks meteen al t/m 2012, het eigenlijke jaarboek 2012 herhaalt dit.

Vooreerst toont de volgende figuur de algemene evolutie van hoogwater, laagwater, tijverschil en halftijhoogte. Door de stijging van de gemiddelde hoogwaters en een daling van de gemiddelde laagwaters, is het tijverschil enorm toegenomen. Waar het tijverschil (gemiddeld) in einde 19^{e} eeuw rond 2,80 meter draaide, in de jaren 1970 met liefst een halve meter toenam, gaat het nu om 4,26 m. Dat is een vergroting met bijna anderhalve meter op net geen 125 jaar.

Er kan uit de figuur wel afgeleid worden dat de verhoging van de gemiddelde hoogwaterstand over de voorbije tien jaren tot stilstand is gekomen. Evenzo is de verlaging van de gemiddelde laagwaterstand ook over de jongste tien jaren duidelijk nog maar weinig is of eigenlijk ook tot stilstand is gekomen. Daaruit volgt uiteraard dat de evolutie van het gemiddeld tijverschil een over de jongste jaren gelijkblijvende waarde toont.

Rond en om de langjarige trendlijnen kan de relatief grote fluctuatie van de jaargemiddelden gezien worden. Dat is zo van nature, zie ook wat hoger over de jaargemiddelden te Antwerpen is geschreven.



Figuur 48 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde :
evolutie sinds 1888 t/m 2012 van jaargemiddeld hoogwater, laagwater, tijverschil en halftijhoogte

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De eerstvolgende figuur toont de jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Dendermonde, zowel bij middeltij (blauwe lijn) als bij springtij (rode lijn) en doodtij (donkergroene lijn). Tevens zijn de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden aangegeven (resp. bruine lijn en lichtgroene lijn). Door de verlopen van middeltij, hoogste hoogwater, en laagste hoog-water zijn dienstige trend-lijnen getrokken. Uiteraard zijn alle tijwaarden van eerdere vergelijkings-vlakken (K.D. en N.K.D.) naar de huidige T.A.W. omgezet.

De evolutie van het hoogwater te Dendermonde kan grosso mode omschreven worden als:

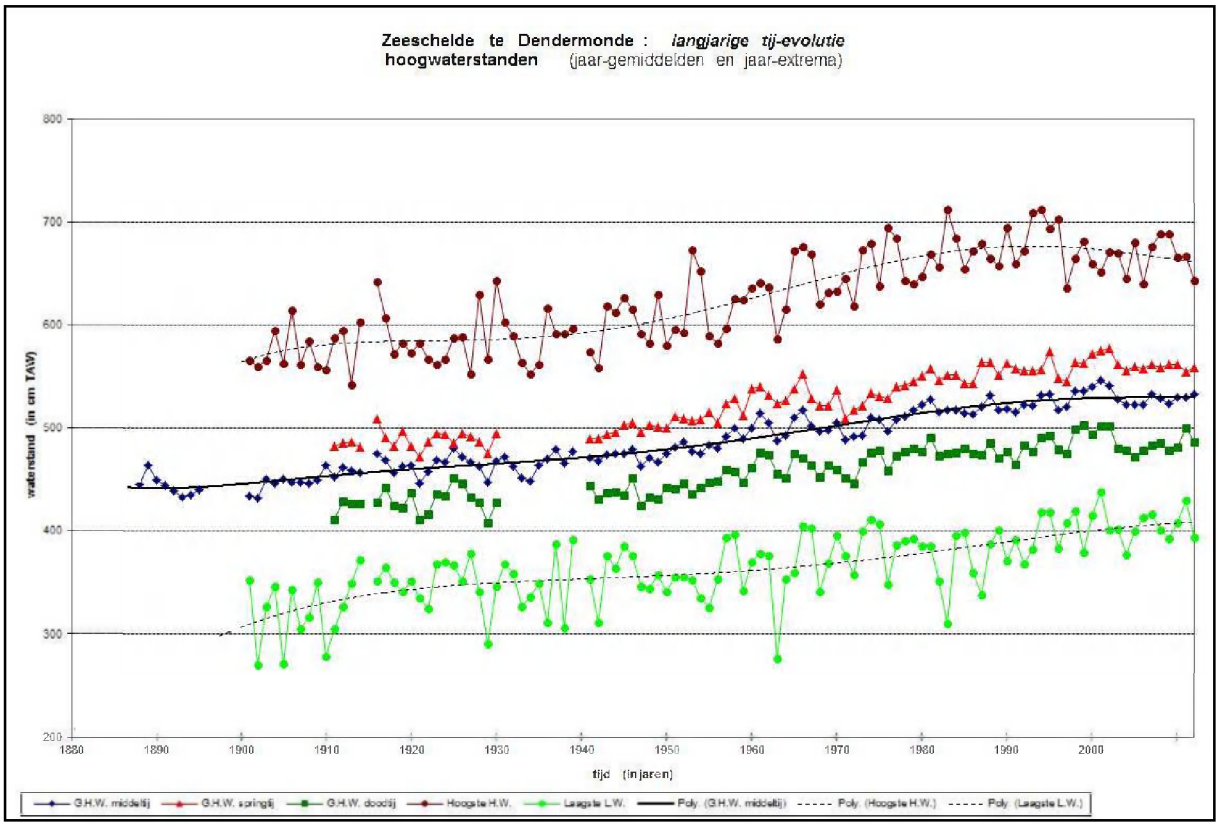
- net zoals bij het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw, valt het jaar 1955 in het tekenen van trendlijnen op als een duidelijke trendbreuk;

- tot ongeveer 1955 stegen de hoogwaterstanden van middeltij, springtij en doodtij volgens een quasi lineaire trend. De mate waarin is voor alle tijen vrij gelijk: middeltij met iets meer dan 7 cm per 10 jaar, springtij met iets meer dan 6 cm / 10 jaar, en doodtij 6 cm / 10 jaar.

- in de periode (ongeveer) 1955-2000 was de gemiddelde stijging groter, nl. iets meer dan 14 cm per tien jaar voor middeltij en springtij, en 13 cm / 10 jaar voor doodtij;

- na 2000 doet zich, zoals te Antwerpen-Loodsgebouw, een afvlakking in de jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden voor.

- deze beschouwingen gaan over jaargemiddelde waarden van hoogwater, maar de uiterste standen per jaar (zo hoogste als laagste hoogwaters) volgen ongeveer eenzelfde trend.



Figuur 49 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde :
evolutie sinds 1888 (resp.1910) t/m 2012 van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden

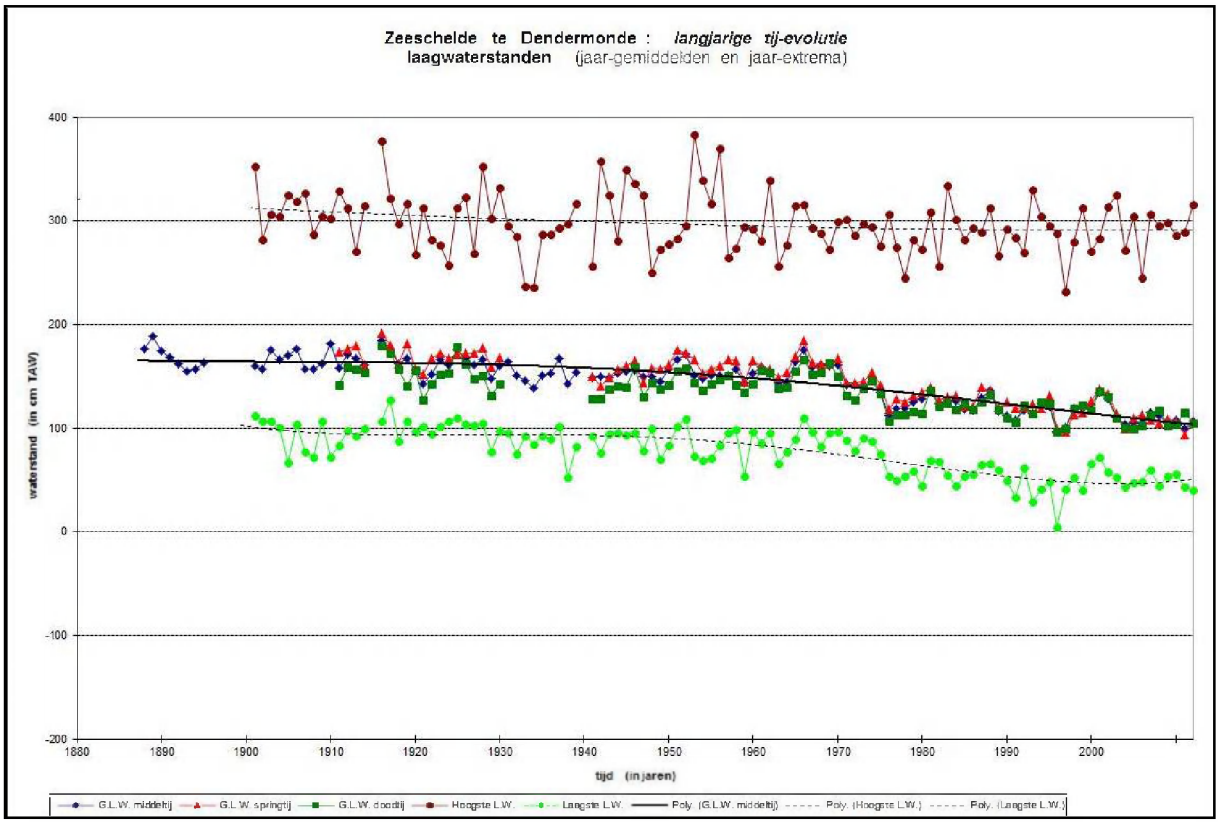
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De navolgende figuur toont een analoge grafiek (periode 1888 t/m 2012) maar dan voor de evolutie van laagwater. De kleurcodes zijn makkelijkheidshalve zoals bij de evolutie van hoogwater.

Het valt meteen op dat de jaargemiddelde grafieklijnen van laagwater bij middeltij, springtij en doodtij zeer dicht bij elkaar liggen. In tegenstelling tot het echt maritieme deel van de Zeeschelde, zijn vanaf Dendermonde naar opwaarts de gemiddelde laagwaters bij springtijen hoger dan de gemiddel-den van alle tijen, en de gemiddelde doodtijen lager. Al moet meteen bijgezegd dat de verschillen tussen laagwater springtij en laagwater doodtij zéér klein zelfs miniem zijn. Daar waar ze bvb. te Antwerpen-Loodsgebouw iets meer dan 50 cm bedragen, zijn ze te Dendermonde slechts een paar centimeters. Dat kenmerk zet zich opwaarts van Dendermonde voort. Het heeft o.m. te maken met de naar opwaarts groter wordende asymmetrie van de tijgolf.

Ook bij de laagwaters kan enig onderscheid gemaakt worden tussen de periode voor 1955 en deze nà 1955, nl. dat de laagwaters dalen met een lineaire trend voor 1955, en met een sterkere trend nadien. Ook hier geldt een afvlakking van de daling van de laagwaters sinds 2000.

De dalende trendlijn van de jaarlijkse extrema van de laagwaters, verschilt duidelijk: bij de jaarlijks hoogste laagwaters is de daling vrij klein; hier speelt uiteraard de rol van de bovendebieten, in bepaalde mate deze van de Zeeschelde vanuit het Gentse, en in meerdere mate deze van de Dender te Dendermonde zelf. Los van het getij doen wasregimes de laagwaters tijdelijk sterk verhogen, zodat de trend van hoogste laagwaters niet deze van het loutere getij volgt. De daling van de jaarlijks laagste laagwaters is uitgesproken, en loopt evenwijdig aan deze van de jaargemiddelde laagwaters.



Figuur 50 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde :
evolutie sinds 1888 (resp.1910) t/m 2012 van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden

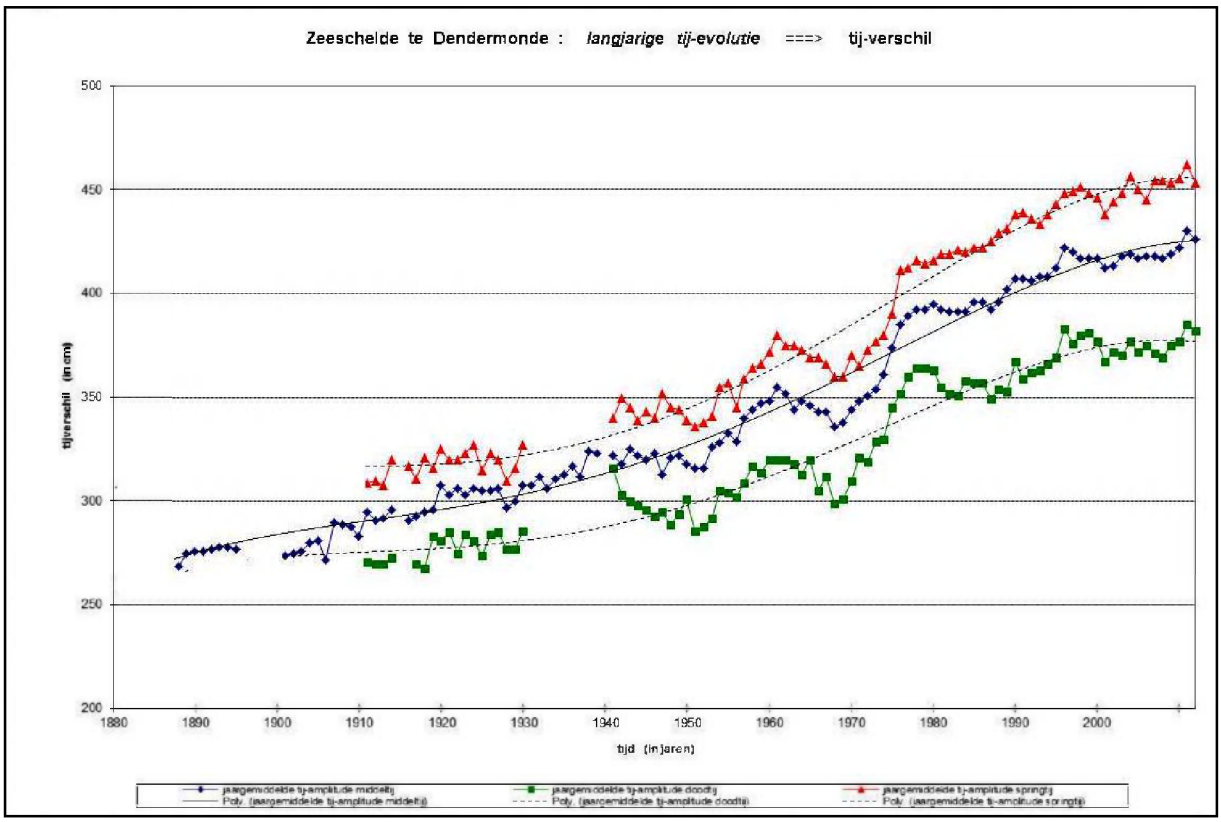
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Uiteraard heeft dit alles zijn gevolg voor de evolutie van het tijverschil. De volgende figuur toont die evolutie van 1888 t/m 2012 bij jaarlijks gemiddeld middeltij (blauwe grafieklijn), springtij (rode lijn) en doodtij (donkergroene lijn).

Gezien de evoluties van hoog- en laagwater, kan het bij het tijverschil ook niet anders dan dat het jaar 1955 een trendbreuk te zien geeft: voorheen een trend volgens een lineaire voortgang, nadien een vergrotende trend, maar ook hier sinds 2000 een af-vlakking van de trend.

Merkwaardig blijft dat de toename van zowel hoogwaters als van tijverschillen, in de periode van einde jaren 1960 en begin jaren 1970, het grootst is in het ganse verloop van nu al ruim honderd-twintig jaren van continue tijwaarnemingen, zowel te Antwerpen-Loodsgebouw als te Dendermonde, en dan uiteraard ook in de tussengelegen locaties, incl. deze afwaarts Antwerpen.

Sinds 1888 vergrootte het jaargemiddeld tijverschil met iets meer dan 11 cm per tien jaar. Dat is ongeveer de helft meer dan de even langjarige toename van het jaargemiddeld tijverschil sinds 1888 te Antwerpen-Loodsgebouw. Het tij is inderdaad verder het Zeescheldebekken ingedrongen, wat zich zelfs aan de randen van het tijbekken manifesteert.



Figuur 51 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde :
evolutie sinds 1888 (resp.1910) t/m 2012 van jaargemiddeld tijverschil bij middeltij, springtij en doodtij

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Op zich is dit alles -zowel de evolutie van hoger wordende hoogwaters, lager wordende laagwaters, als toenemende tijverschillen- het natuurlijk antwoord van een tijbekken op een algemeen verdiepen en vooral verbreden van de hoofdgeul in de Zeeschelde, op het meer aan elkaar (én as-op-as doorgaand) aansluiten van de hoofdgeul als er vroeger niet-as-op-as tussen-"drempels" aanwezig waren, op een afname van het areaal slikken en platen, op het steiler zijn geworden van de hoofdgeul naar schorren en oevers toe, en het inpolderen van schorren. In de Zeeschelde zijn er in de voorbije honderd jaar geen zeer grote rivieraanpassingen in de zin van bochtrechttrekkingen incl. verleggen van dijken meer gebeurd, alhoewel er nog lokaal van belang zijnde veranderingen waren o.a. het te Sint-Amands, net afwaarts van de kade, aan rechteroever aansluiten van een vroeger eiland en dus verdwijnen van een vroegere ebgeul, zonder veel invloed op de tijontwikkeling.

Ook voor andere tijmeetposten kunnen analoge figuren zoals deze in dit rapport getoond voor Antwerpen-Loodsgebouw en Dendermonde, aangegeven worden. Soms is over de periode sinds 1888 dat systematische tijmetingen gebeuren, er een nadeel dat de locatie van tijmetingen van de huidige locaties, niet steeds op die locatie lag doch elders met een verschil volgens langsas van kilometers. Dat nadeel van verschil in opeenvolgende meetlocaties wordt nog aangevuld met dat van nodige vereffening van vroegere referentie-vlakken (K.D. en N.K.D.) naar de huidige T.A.W.

In de hoger getoonde tabellen gaan de tijwaarden sinds 1971. Met eenzelfde beperking in tijd worden hierna figuren getoond die het tijverloop sinds 1971, dus nu toch al veertig jaar, geven voor zowel hoogwater, laagwater en tijverschil, telkens op basis van jaarlijks gemiddelde waarden van middeltij. De tijverlopen kunnen dus nog ruim breder worden aangegeven, bvb. door ook gemiddelde springtijen en doodtijen, en hun jaarlijkse extrema, op de grafieken te brengen. Maar de hierna-volgende figuren geven alleszins al een algemene evolutie weer die -uiteraard- niet door dergelijke "verbreding" van de grafieken zal kunnen tegengesproken worden.

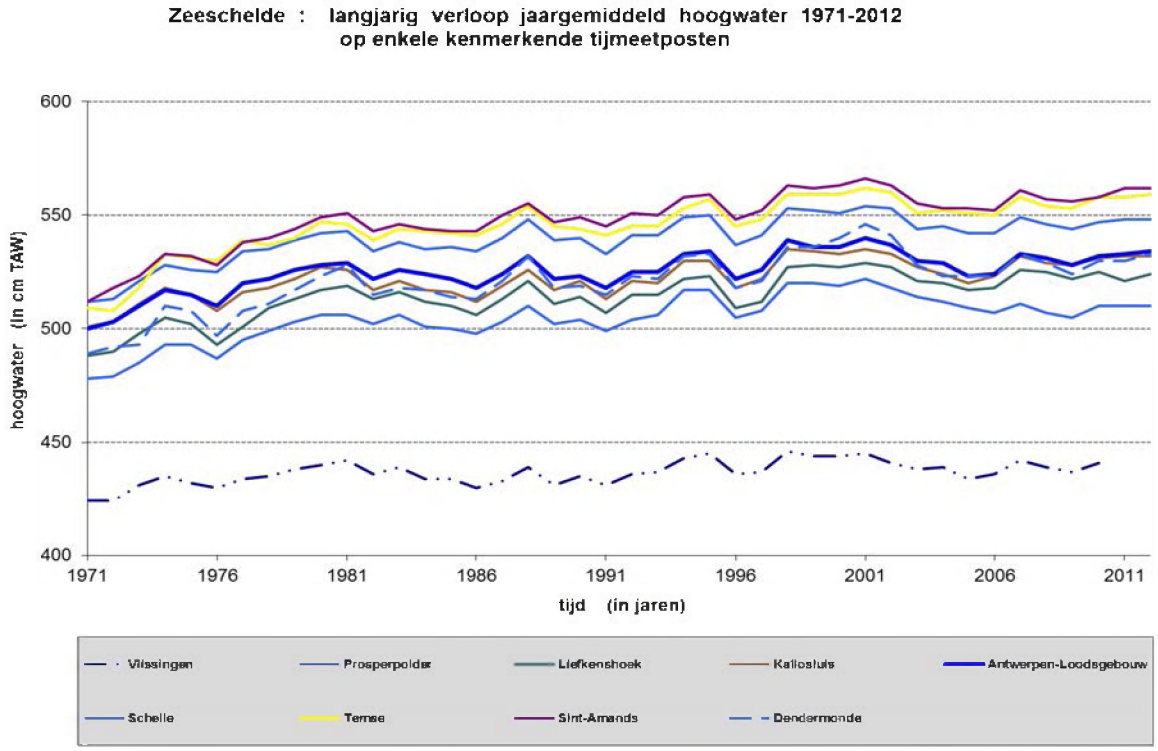
Telkens worden vier bij elkaar horende figuren getoond:
- (met een grijze legende-balk) de langjarige verlopen over 1971-2011 m.n. bovenaan kenmerkende tijmeetposten op de Zeeschelde t/m Dendermonde, en onderaan kenmerkende tijmeetposten te Schelle, Dendermonde, Schoonaarde, Melle, Walem en Lier-Molbrug.
- (met een witte legende-balk) worden van deze verlopen de verschil-lijnen getoond, m.n. bovenaan deze t.o.v. Vlissingen en onderaan t.o.v. Antwerpen-Loodsgebouw.

Achtereenvolgens komen zo het jaargemiddeld hoogwater, het jaargemiddeld laagwater, en het jaargemiddeld tijverschil aan bod, dus telkens hét jaargemiddelde m.a.w. het middeltij.
In het eigenlijke jaarboek 2012 worden de data uiteraard t/m 2012 bijgewerkt.

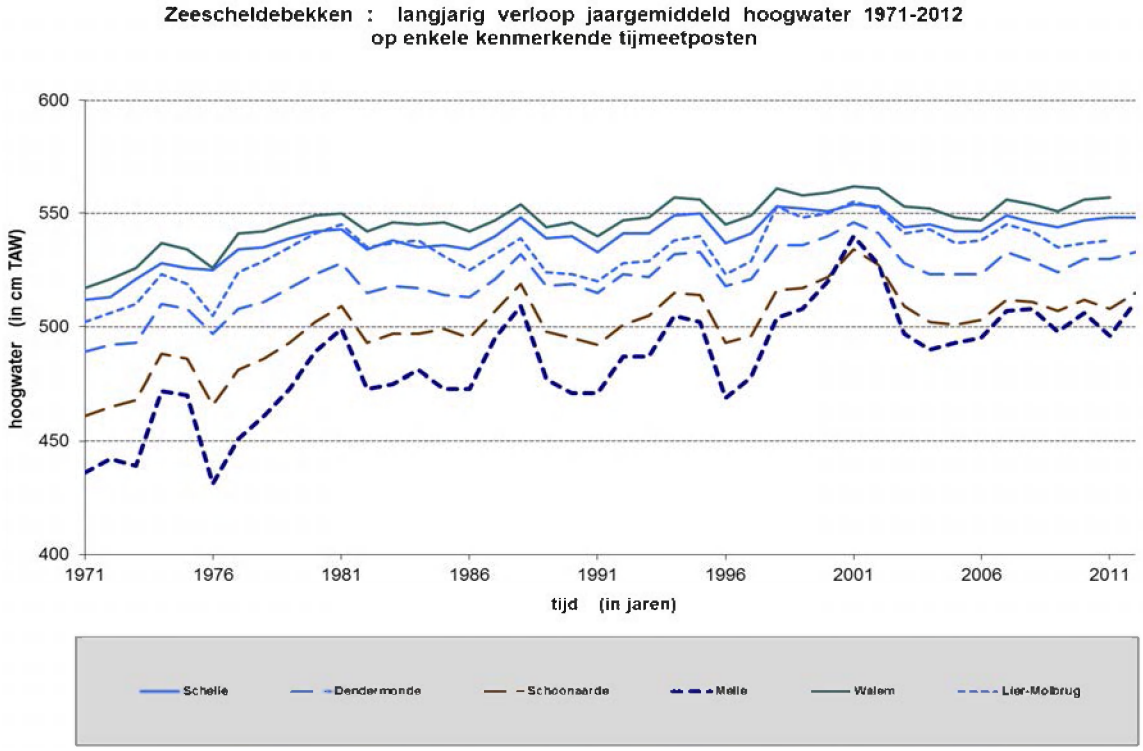
De langjarige verlopen van **hoogwater** tonen de begin jaren 1970 relatief flinke toename van de hoogwaters. Alsdan wordt door velen meteen en volop gedacht aan de zgde eerste verruiming van de vaargeul. Deze begon anno 1970, en was vooral in de Beneden-Zeeschelde een morfologische factor. Maar: gezien de invloed van de 18,6-jarige nodale periode kon het niet anders dan dat de hoogwaters in de jaren 1970 hoger werden, nl. van relatief lagere naar relatief hogere hoogtes gezien de -van nature uit toen aan gang zijnde- evolutie rond de nodale trend. Analoog is ook te Vlissingen in exact dezelfde periode van jaren 1970, een dergelijke sterke verhoging van hoogwaters te zien.

De toenames zijn in de Beneden-Zeeschelde wel groter dan te Vlissingen, maar dat is een gevolg van het typische langsverloop van afname van zowel breedte maar beter van natte sectie van de Westerschelde en de Zeeschelde van af- naar opwaarts, nl. in "trechtervorm", afname dat op zijn sterkst is in de overgang Bath/Zandvliet. De afzonderlijke verlopen van hoogwater zijn wel vrij congruent aan elkaar. De duidelijke elkaar zeer goed volgende schommelingen in hoogte in de Zeeschelde zijn bovendien ook te zien in het hoogwaterverloop te Vlissingen. En om eenzelfde reden als in vorige alinea, zijn die schommelingen groter in de Zeeschelde dan aan Vlissingen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

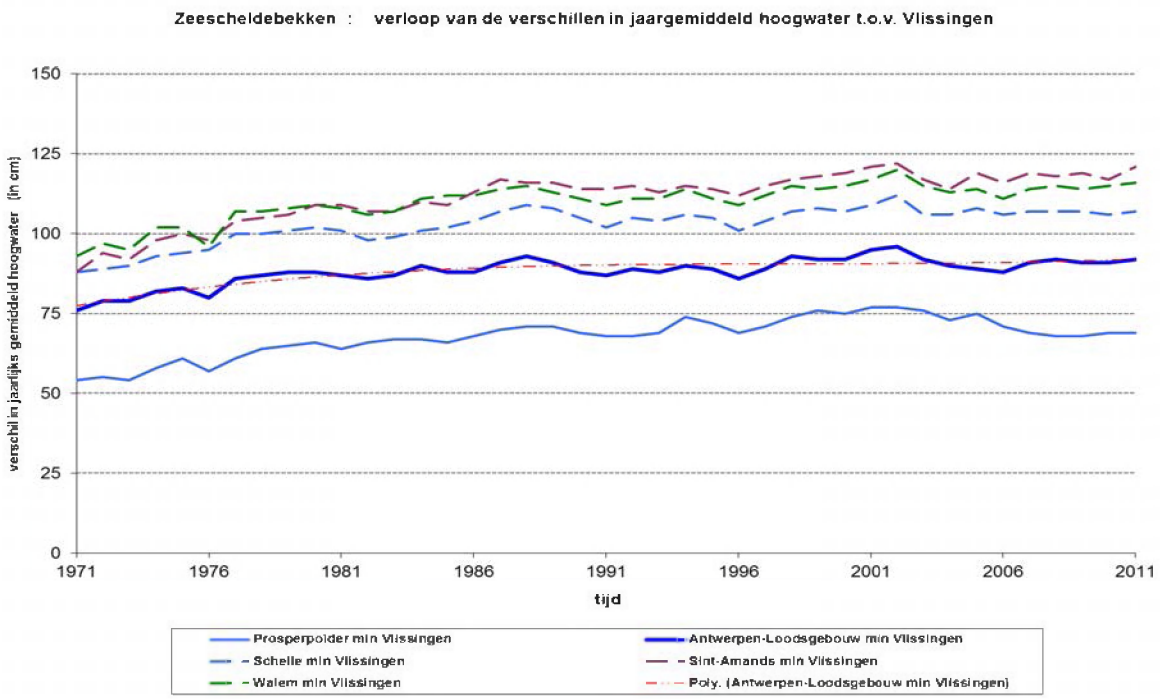


Figuur 52 - Zeeschelde : langjarig verloop jaargemiddeld hoogwater 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde)

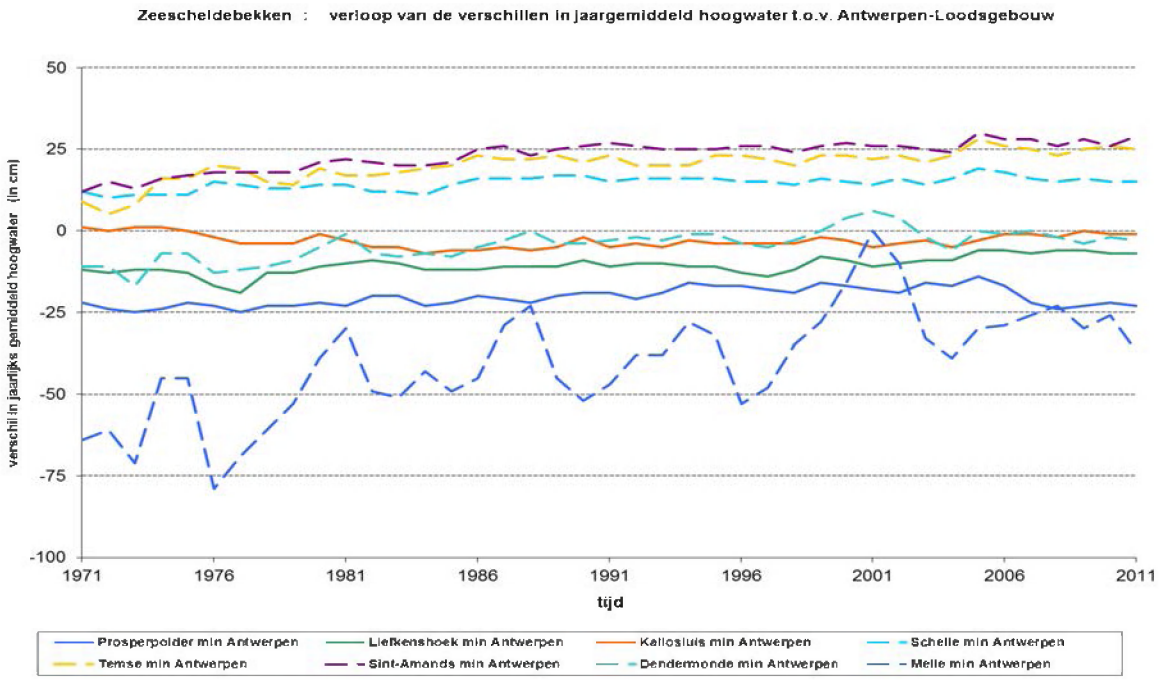


Figuur 53 - Zeescheldebekken : langjarig verloop jaargemiddeld hoogwater 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 54 - Zeescheldebekken : langjarig verloop 1971-2011
van de verschillen in jaargemiddeld hoogwater t.o.v. hoogwater te Vlissingen



Figuur 55 - Zeeschelde : langjarig verloop 1971-2011
van de verschillen in jaargemiddeld hoogwater t.o.v. hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De grafieken op de voorgaande bladzijde tonen de verschillen in jaargemiddeld hoogwater; de bovenste figuur handelt over tijmeetposten in wat het maritieme gebied van het Zeescheldebekken kan genoemd worden, nl. voor de kenmerkende tijmeetposten Prosperpolder, Antwerpen-Loods-gebouw, Schelle (als samenvloeiing van Rupelbekken in Zeeschelde), Sint-Amands (als opwaarts einde van dat maritieme tijgebied) en Walem (overgang van Nete's, Dijle en Zenne in de Rupel, en ook aldaar opwaarts einde van dat maritieme tijgebied). De verschillen van de jaargemiddelde hoog-waters is voor deze locaties in de bovenste grafiek vergeleken met het jaargemiddelde te Vlissingen.

De onderste figuur toon analoge verschillen van hoogwater t.o.v. deze te Antwerpen-Loodsgebouw. Het handelt met name om de kenmerkende tijmeetlocaties in de Beneden-Zeeschelde, alsmede hoofdtijposten opwaarts Antwerpen.

Dat onderscheid tussen beide figuren, m.n. tegen welke meetpost de hoogwaters op andere locaties worden vergeleken, volgt uit een gedegen keuze: daar waar het tij in het maritieme tijbekken flink afhangt van dat aan de monding dus Vlissingen, geldt dat veel minder voor de meer opwaarts gelegen locaties, waar een vergelijking met Antwerpen-Loodsgebouw (of met Schelle) inderdaad veel dienstiger is.

De verlopen van die verschillen in hoogte van jaarlijks gemiddeld hoogwaters, versterken de trend zoals uit de verlopen van de jaarlijkse hoogwaters zelf al kon worden afgeleid. Ook hier tonen de langjarige verlopen begin jaren 1970 een relatief flinke toename van de verschillen in hoogwaters. Deze toenames zijn -in relatieve termen- op alle getoonde locaties even groot, behalve te Sint-Amands waar de toename iets groter is. De verdere verlopen (zegge sinds 1981) zijn zeer congruent aan elkaar, en buiten alle normale schommelingen, blijven de verschillen in hoogwater constant, zeker sinds 1991. Voor enkel de hoofdmeetpost Antwerpen-Loodsgebouw is een trendlijn (in rode kleur) aangegeven; deze toont duidelijk het over de ganse periode genomen, niet dalende noch stijgende verloop van de verschillen in hoogwater t.o.v. Vlissingen.

Voor de verschillen in hoogwater volgens de onderste figuur, dus vergeleken met de meetpost Antwerpen-Loodsgebouw, geldt dat buiten Dendermonde en Melle (zie volgende alinea) en buiten de normale schommelingen jaar-na-jaar, de verschillen in de Beneden-Zeeschelde vrij constant zijn gebleven, en licht toenemend naar opwaarts, nl. voor Schelle, Temse en Sint-Amands. Zo is het hoogwater te Sint-Amands een vijftiental centimeter meer verhoogd dan te Antwerpen-Loodsgebouw. Dit is gelieerd aan het verder naar opwaarts opschuiven van het maximum in de meetkundige plaats van hoogwaters in de Zeeschelde, nl. van Driegoten naar Sint-Amands.

Wat ook hier van die congruente verlopen iets tot fel afwijkt, zijn de verschillijnen van hoogwater met Antwerpen-Loodsgebouw, te Dendermonde en zeker te Melle, in wezen gans het deel van het tijbekken opwaarts Sint-Amands. Ook hier speelt de grootte van de op zich flink variërende bovenafvoer een grote rol. Verder in dit rapport zal veelvuldig die invloed van het bovendebiet op het tijverloop getoond worden, bvb. bij het wasregime van december 2011. Samengevat komt het erop neer dat indien de schommeling van tijverlopen te Dendermonde en Melle, en te Lier-Molbrug, maar algemeen: aan de randen van het tijgebied of daar waar rivieren uitmonden die zeer grote afvoer kunnen kennen, dat dan nogal éénduidig de grootte van de jaarlijkse afvoer aan die schommelingen kan gerelateerd worden. Bij grote afvoer, zo in grootte als in frequentie van optreden gedurende een jaar, verhogen de hoogwaters gedurende vele tijen, zodat het jaargemiddelde hoogwater verhoogt, met een grotere schommeling in de meerjaarsverlopen dan afwaarts.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Daar waar de MONEOS-rapportage in wezen handelt over hoe de kenmerkende parameters van Westerschelde en Zeescheldebekken sinds kort evolueren, uit hoofde van de verruiming van de vaargeul in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde anno 2009-2010, en bij uitvoering van het Geactualiseerde Sigmaplan, moeten dus meerbepaald de mogelijke variaties in de jongste jaren worden nagegaan. Bij bvb. de beschrijving van wat de T0-toestand wordt genoemd, gaat het om data sinds 2001. Dan kan aan de hand van voorgaande tabellen en grafieken voor de hoogwaters besloten worden dat een duidelijke afvlakking van mogelijke trends is opgetreden, dat dus op kleine natuurlijke jaarlijkse schommelingen na, het hoogwater op ongeveer gelijk peil is gebleven.

Bij de volgende reeks van vier figuren wordt dit nagegaan voor de **laagwaters**. Zoals in voorgaande bladzijden voor de hoogwaters, staan op linke bladzijde de verlopen van de jaarlijkse gemiddelden (nu van de laagwaters) sinds 1971, zie grafieken met grijze legende-balk, bovenaan de meetlocaties in wat het maritieme deel van het tijbekken kan genoemd worden, en onderaan hetzelfde voor locaties opwaarts van Schelle, tot bvb. Melle en Lier-Molbrug.

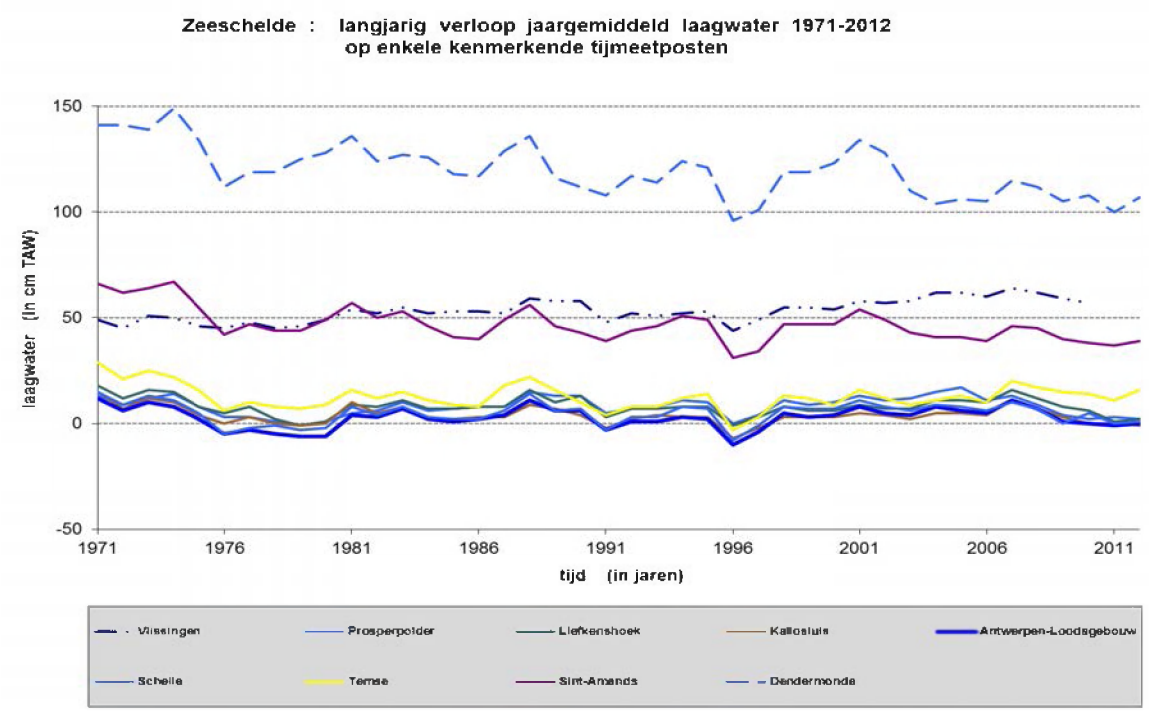
Te Vlissingen is, op natuurlijke en meestal kleine schommelingen jaar na jaar na, het laagwaterpeil op meerjaarse basis licht verhoogd. Op de andere locaties is het meerjaars laagwaterpeil eerst gedaald (begin jaren 1970) en daarna in wezen, ook op kleine natuurlijke schommelingen jaar na jaar na, grosso mode hetzelfde gebleven. Het verschil tussen het licht stijgen van het laagwater te Vlissingen en het licht dalen opwaarts, sluit aan bij eenzelfde evolutie sinds al meer dan honderd jaar.

Ook nu is onderscheid te maken tussen de tijmeetposten afwaarts Sint-Amands en deze te Sint-Amands en opwaarts ervan. In dat laatste deel van het tijbekken dalen de laagwaters duidelijk, met bvb. te Sint-Amands bijna een dertigtal centimeter op veertig jaar, en zelfs meer te Melle. Uiteraard volgt het verloop te Schoonaarde (zie onderste grafiek) dezelfde trend, overigens doen alle locaties opwaarts Sint-Amands dat en in ongeveer eenzelfde orde van grootte: enkele decimeter.

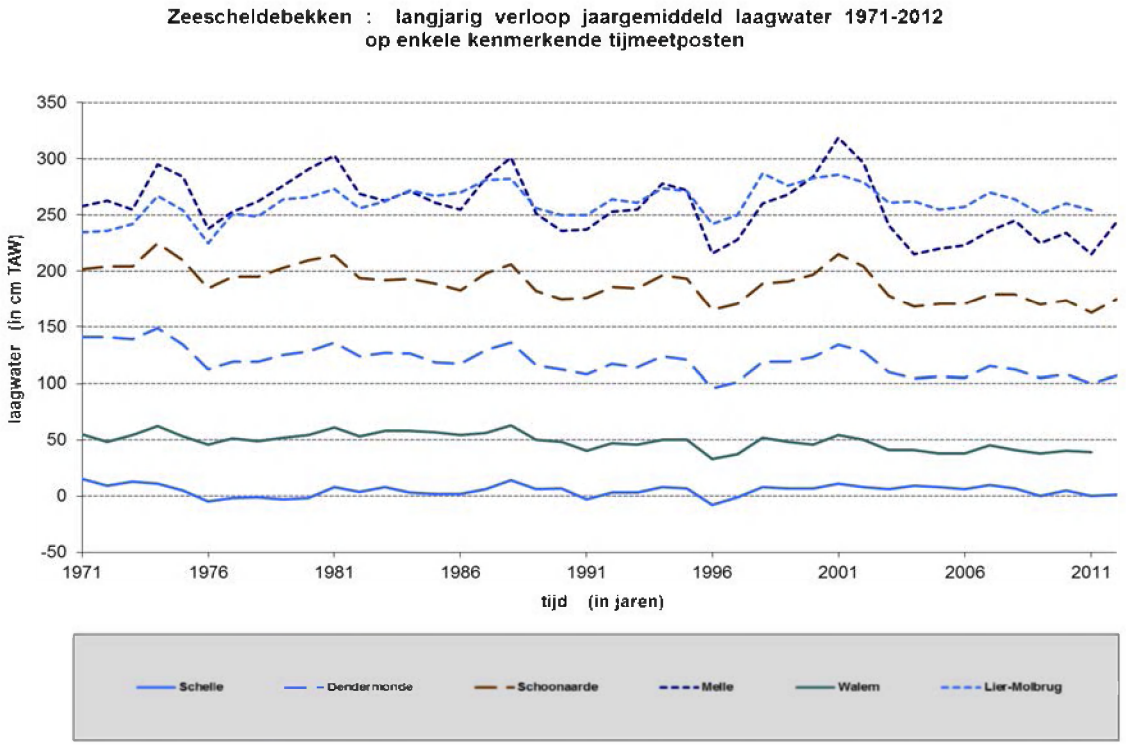
Wat ook nu te beschouwen is, is dat de schommelingen tussen laagwaters jaar na jaar, opwaarts Sint-Amands groter zijn dan afwaarts. Daar waar er voor de hoogwaters te Sint-Amands nog geen grotere schommelingen door de rol van de bovendebieten te zien was, is dat nu voor de laagwaters wel het geval. De overgang tussen de door de bovenafvoer wél beïnvloedde locaties, en deze die weinig tot niet beïnvloed worden, ligt wat de hoogwaters betreffen, opwaarts Sint-Amands, doch geldt wat de laagwaters aangaan, al voor Sint-Amands, en uit zich in beperkte mate ook te Temse. De congruentie van de grafieklijnen te Temse en opwaarts ervan, is zeer groot. Ook de congruentie van de grafieklijnen voor de locaties in de Beneden-Zeeschelde is zeer groot. Maar: die beide congruenties verschillen van elkaar, zie bvb. de gele grafieklijn voor de meetpost Temse die soms door de grafieklijnen van de Beneden-Zeeschelde gaat.

Dat de invloed van de bovendebieten op de laagwaters zich veel meer naar afwaarts uitstrekt dan de impact van de bovendebieten op de hoogwaters, is op zich vanzelfsprekend, gezien de invloed van de bovenafvoer zich grootser en veel langer in tijd voordoet bij laagwaters dan bij hoogwaters. Daarin speelt niet enkel de afstand van de beschouwde locaties tot de bronnen van grote bovenafvoeren, maar ook de doorstroomcapaciteit zegge de grootte van de natte sectie volgens de langs-as van het tijbekken. De hoogwaters zijn in eerste instantie bepaald door het getij vanuit zee, en de laagwaters zijn in de opwaartse delen van het tijbekken, bij groot bovendebiet bovenop het getij door die bovenafvoer bepaald. Hier is het letterlijk te nemen dat de eb zorgt voor de bovenstroomse afvoer.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

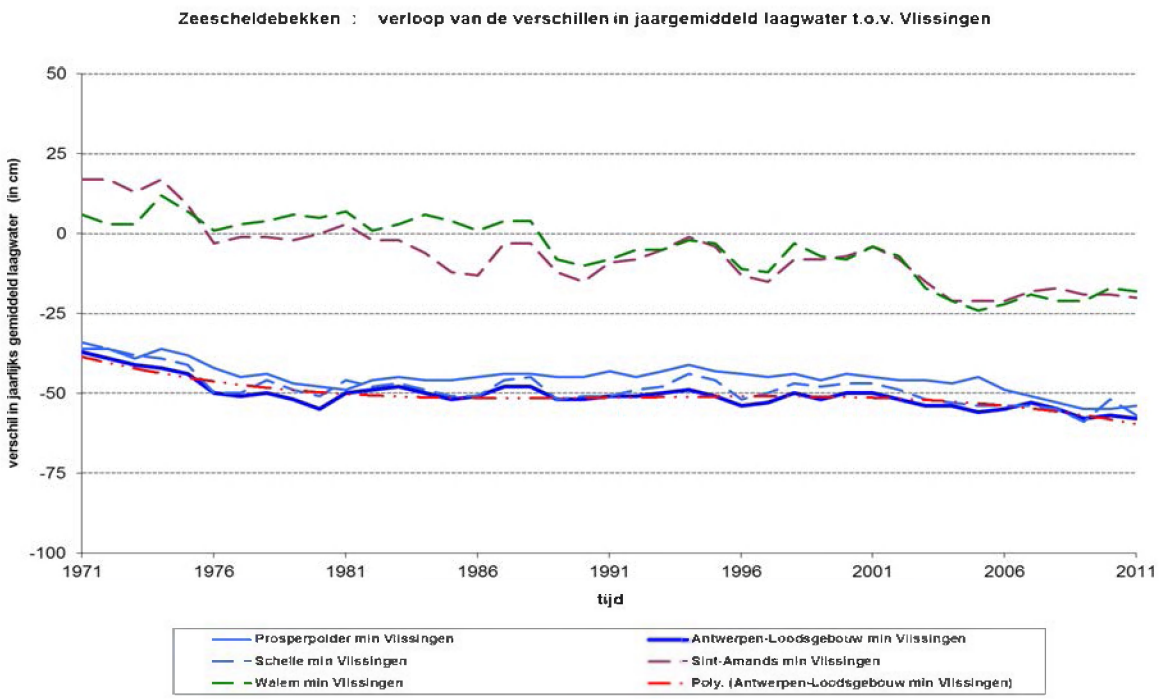


Figuur 56 - Zeeschelde : langjarig verloop jaargemiddeld laagwater 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde)

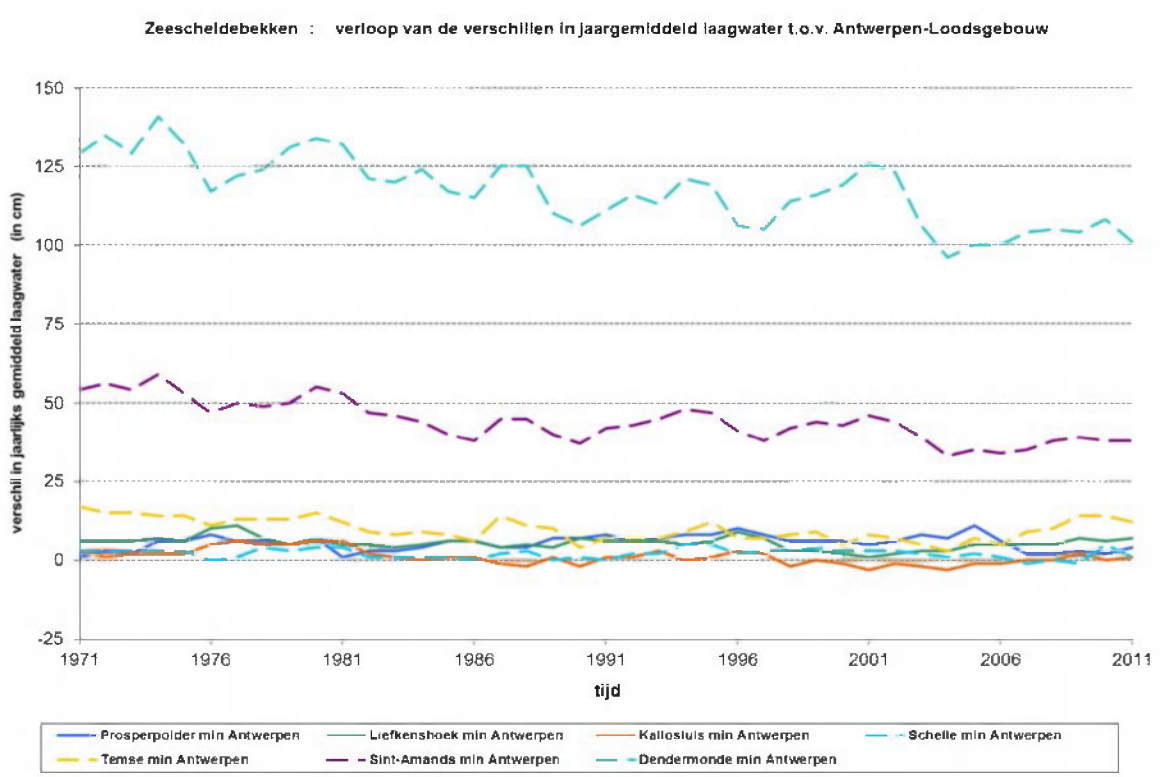


Figuur 57 - Zeescheldebekken : langjarig verloop jaargemiddeld laagwater 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 58 - Zeescheldebekken : langjarig verloop 1971-2011
van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Vlissingen



Figuur 59 - Zeeschelde : langjarig verloop 1971-2011
van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De grafieken (met witte legende-balk) op de rechterbladzijde tonen, zoals bij de hoogwaters, de verlopen van de verschillen in laagwaterpeil op diverse meetlocaties, enerzijds van enkele meer afwaartse posten die met het laagwater te Vlissingen vergeleken worden, en anderzijds andere locaties vergeleken met het laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw.

Hier is duidelijk dat die verschillen in laagwater in de jaren 1970, en niet enkel in slechts het begin van die jaren 1970, zijn toegenomen, en voor de locaties afwaarts van de Rupelmonding, nadien slechts matig meer zijn vergroot. Opwaarts van Schelle is de toename t.o.v. de evolutie van het laagwater te Vlissingen en ook te Antwerpen-Loodsgebouw, ook na de jaren 1970 in ongeveer dezelfde mate voortgegaan. Zie in de bovenste figuur de verlopen van Sint-Amands en Walem, en in de onderste figuur deze van Sint-Amands en Dendermonde.

Daar waar in de jaren 1970 het laagwater te Sint-Amands iets hoger lag dan te Vlissingen (positief verschil in grafiek 59) is het nadien lager komen te liggen (negatief verschil in die grafiek). Idem voor deze te Walem, maar daar is de "ommezwaai" einde jaren 1980 gesitueerd. Op zich zijn dat combinaties van het hoger worden van het laagwater te Vlissingen met het verlagen van de laagwaters in het Zeescheldebekken. Het feit van "door te nul" te gaan heeft op zich geen fysische betekenis.

Omdat het verloop van de verschillen in jaarlijks laagwater tussen Melle en de Beneden-Zeeschelde, hier Antwerpen-Loodsgebouw, een eigen weg gaat en buiten de schaal van de figuren op de vorige bladzijde valt, is het verschilverloop van de locatie Melle op een aparte figuur (fig. 64) geplaatst. Ter vergelijking zijn de verschilverlopen van Sint-Amands en Dendermonde, op die figuur herhaald. Weerom kan gezien worden dat de schommelingen die jaar-na-jaar in deze verlopen optreden, net zoals in de grafieken met de absolute hoogten van laagwater, te Melle groter zelfs veel groter zijn dan afwaarts, bvb. te Sint-Amands en te Dendermonde. Ook hier speelt de grote beïnvloeding door het bovendebiet van "Schelde en Leie naar Zeeschelde", wat te Melle een uiteraard grotere impact heeft dan afwaarts.

Op het veertigjarig trendmatig verloop 1971-2011 beschouwd, is het verschil tussen jaargemiddeld laagwater te Melle t.o.v. dat te Antwerpen-Loodsgebouw, van (ongeveer) 270 cm verkleind tot (ongeveer) 235 cm, dus met toch een vijfentwintigtal centimeter.

Voor een ruimer geldende trend in het verloop van laagwater te Melle, en in het verschil in laagwater Melle met dat te Antwerpen-Loodsgebouw, zou de grafiek ook vroegere data moeten omvatten. Het is achteraf altijd zo dat men liever evolutiegrafieken van veel eerder had willen maken dan op bepaald moment gekozen, en hier zeker omdat wegens de invloed van de 18,6-jarige nodale cyclus de laagwaters in de jaren 1970 -van nature uit- niet anders konden dan verlagen, nl. van een relatief hoge waarde rond en om 1968 naar een relatief lage waarde rond en om 1980.

Maar zoals enkele bladzijden eerder al algemeen gesteld: de MONEOS-rapportage handelt in wezen over hoe de kenmerkende parameters van de Westerschelde en het Zeescheldebekken <u>sinds kort</u> evolueren. Dan blijken alle grafieklijnen de jongste jaren ongeveer een gelijkblijvende waarde te tonen, zowel in absolute hoogte van de laagwaterstanden als in de verschillen van de laagwaters op elke locatie t.o.v. de hoogte van het laagwater te Vlissingen of te Antwerpen-Loodsgebouw. Uiteraard alles beschouwd binnen de grenzen van de kleine natuurlijke schommelingen die er jaar-na-jaar al altijd zijn, en waarbij nu ook die schommelingen in laatste jaren kleiner zijn geworden.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Tenslotte kunnen na de grafieken over hoogwaters en over laagwaters, ook analoge over de tijverschillen getoond worden. Ook hier toont de linker bladzijde (de grafieken met grijze legende-balk) de verlopen van de absolute waarden van die tijverschillen, en de rechterbladzijde geeft (zie de grafieken met witte achtergrond) de verlopen van de jaarverschillen tussen het tijverschil op diverse locaties met dat te Vlissingen en te Antwerpen-Loodsgebouw. De grafiekopbouw is voorts zoals deze van de hoogwaters en van de laagwaters.

Het tijverschil te Vlissingen is grosso modo -op natuurlijke kleine schommelingen jaar-na-jaar na-hetzelfde gebleven. De in Westerschelde en Zeescheldebekken verder algemeen geldende evolutie van stijgende hoogwaters en dalende laagwaters, wat dus toenemende tijverschillen moet geven, is te Vlissingen anders: de hoogwaters te Vlissingen verhoogden wel maar de laagwaters ook.

Voor alle andere meetposten zijn de tijverschillen vergroot. Ook hier is een grotere mate van toename begin jaren 1970 te zien, conform deze speciale gang van zaken van toen zowel meer verhogen van hoogwaters als meer verlagen van laagwaters, omwille van de invloed van de 18,6-jarige nodale periode.

De toenames in tijverschil liggen voor de opeenvolgende meetlocaties nauw bij elkaar. De schommelingen jaar-na-jaar komen post-per-post zeer goed met elkaar overeen. Het volgt uiteraard uit de hoger al aangekaarte grote congruentie van de grafieklijnen van hoogwaters resp. laagwaters.

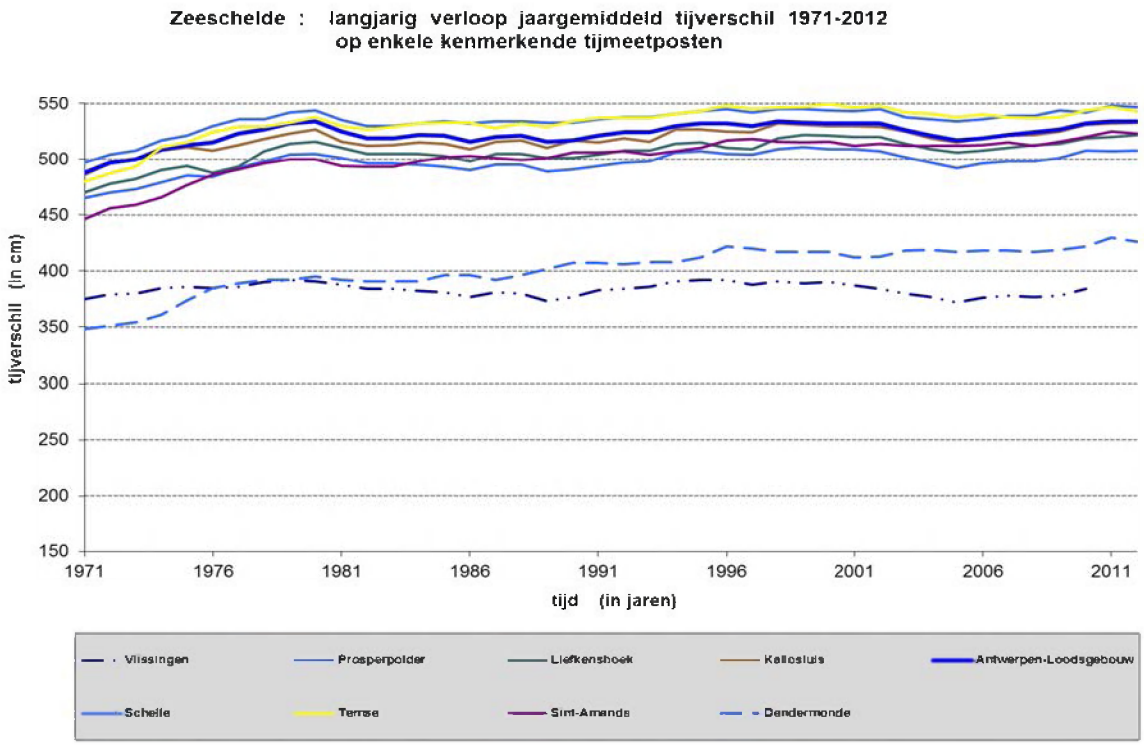
Wat wel speciaal opvalt, zijn de verlopen van gemiddeld tijverschil te Dendermonde, Schoonaarde en Melle. Daar waar de tijverschillen op de afwaarts locaties na een toename in de jaren 1970, vrij gelijk zijn gebleven, op kleine jaarlijkse schommelingen na zoals al verschillende keren is aangehaald, is het tijverschil op de opwaartse posten blijven toenemen. Te Melle is dat zelfs nog uitgesprokener dan te Dendermonde en Schoonaarde, en zoals bij de verlopen van hoog- en laag-waters met jaar-na-jaar vrij grote schommelingen. Alleszins is de tijwerking in het opwaartse deel van de Zeeschelde de voorbije veertig jaar versterkt, en zoals uit de grafieken van hoog- en laagwater te zien is, eerder door de verhoging van hoogwater dan door de verlaging van laagwater.

De grafieken op de rechterbladzijde tonen de verschillen in tijverschil van de meetlocaties t.o.v. het tijverschil te Vlissingen (bovenste grafiek) en te Antwerpen-Loodsgebouw (onderste grafiek).

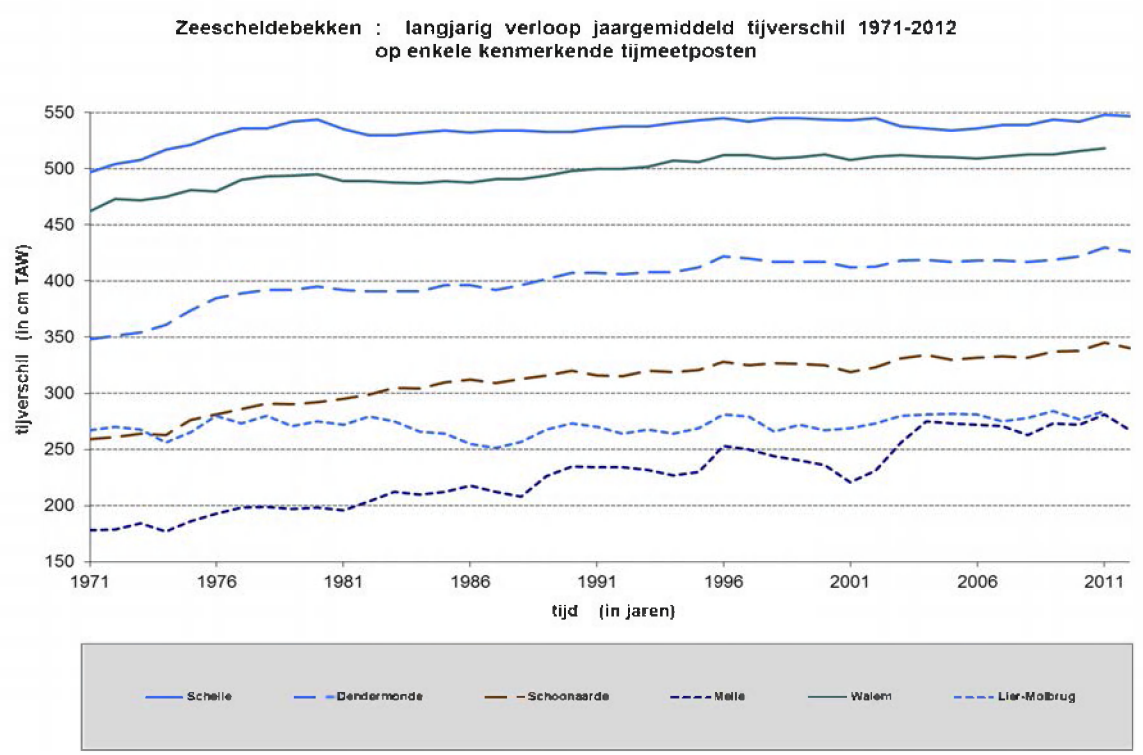
T.o.v. het getijverschil te Vlissingen, dat dus over de periode 1971-2011 ongeveer even groot is gebleven, zijn deze in de Beneden-Zeeschelde, Schelle en Walem met ongeveer 25 cm over veertig jaar toegenomen, ook eerder door een verhoging van hoogwater dan door verlaging van laagwater, nl. ongeveer tweederde resp. ongeveer één derde van de totale toename.

De getijverschillen in de Beneden-Zeeschelde zijn in de jongste veertig jaar globaal weinig veranderd. Maar deze te Temse, Sint-Amands en Dendermonde zijn wel geëvolueerd. Na flinke toenames in de jaren 1970 voor Temse en Sint-Amands, en voorts ook nog in de jaren 1980 te Dendermonde, zijn toenames kleiner geworden, zeker te Temse waar een stabilisatie te zien is. Opvallend is ook dat de schommelingen in het verloop van de verschillijn tussen het tijverschil te Dendermonde met het tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw, op zich ook zijn vergroot. Figuur 54 toont het verschil in tijverschillen te Melle, met deze te Sint-Amands en te Dendermonde herhaald. Een nog grotere toename van het tijverschil te Melle met dat te Antwerpen valt op, alsmede de grote jaarlijkse schommelingen. Dat alles ligt uiteraard in de lijn van de evolutie van hoog- en laagwaters.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

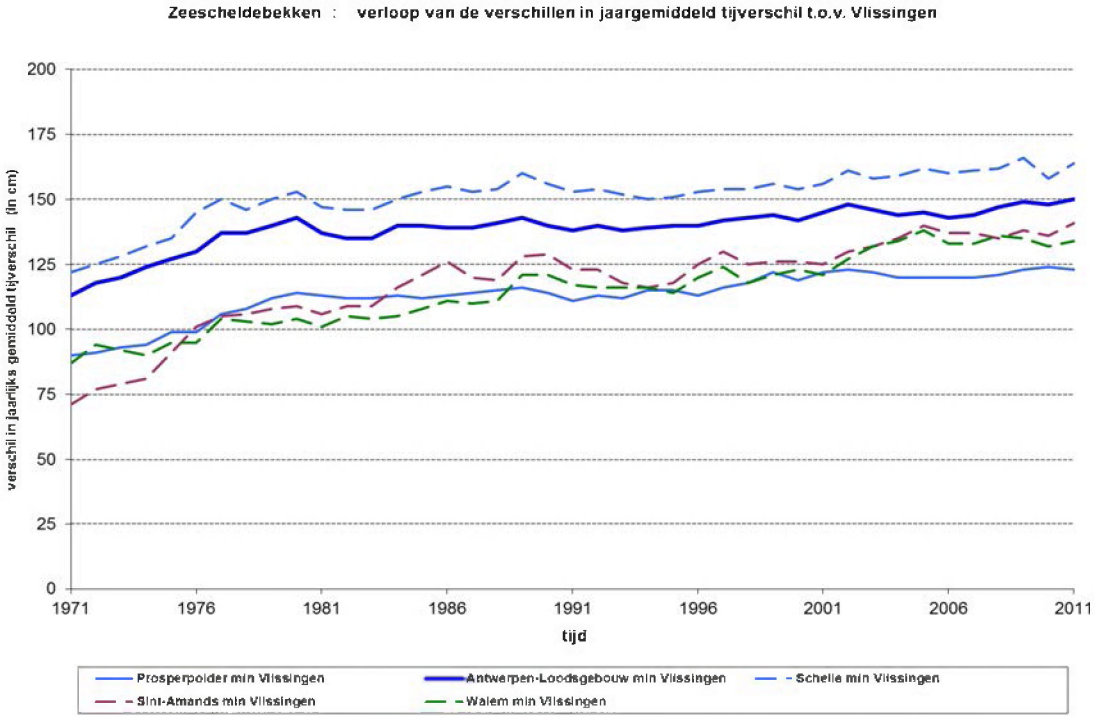


Figuur 60 - Zeeschelde : langjarig verloop jaargemiddeld tijverschil 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde)

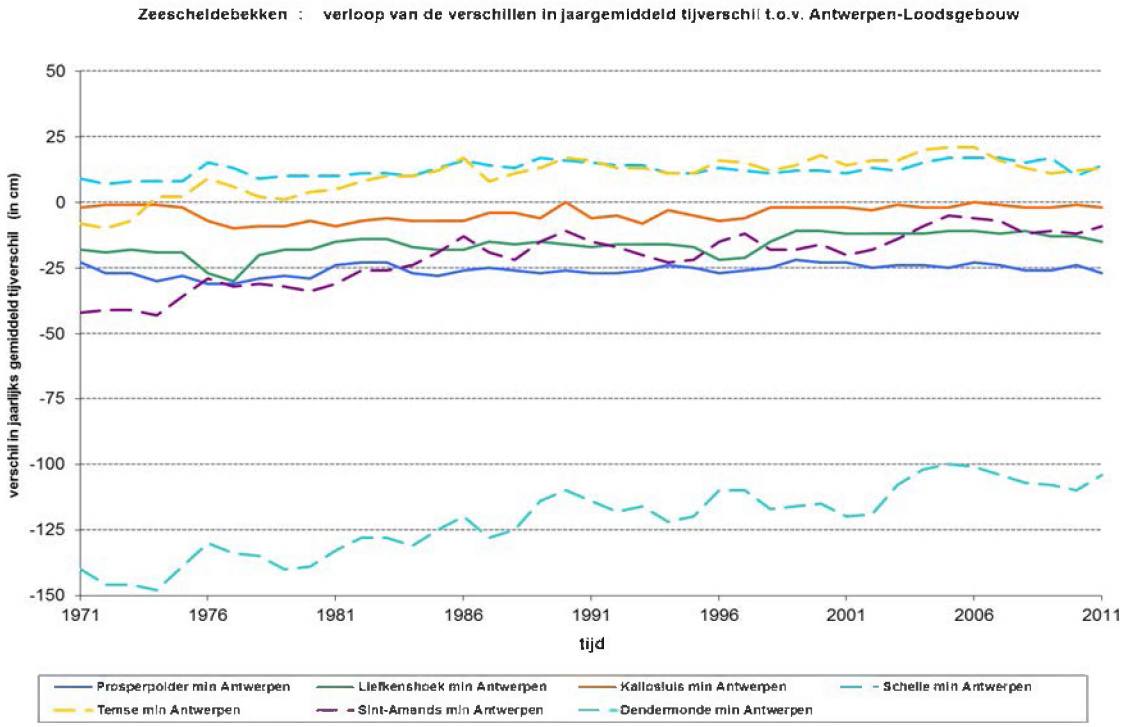


Figuur 61 - Zeescheldebekken : langjarig verloop jaargemiddeld tijverschil 1971-2012 op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

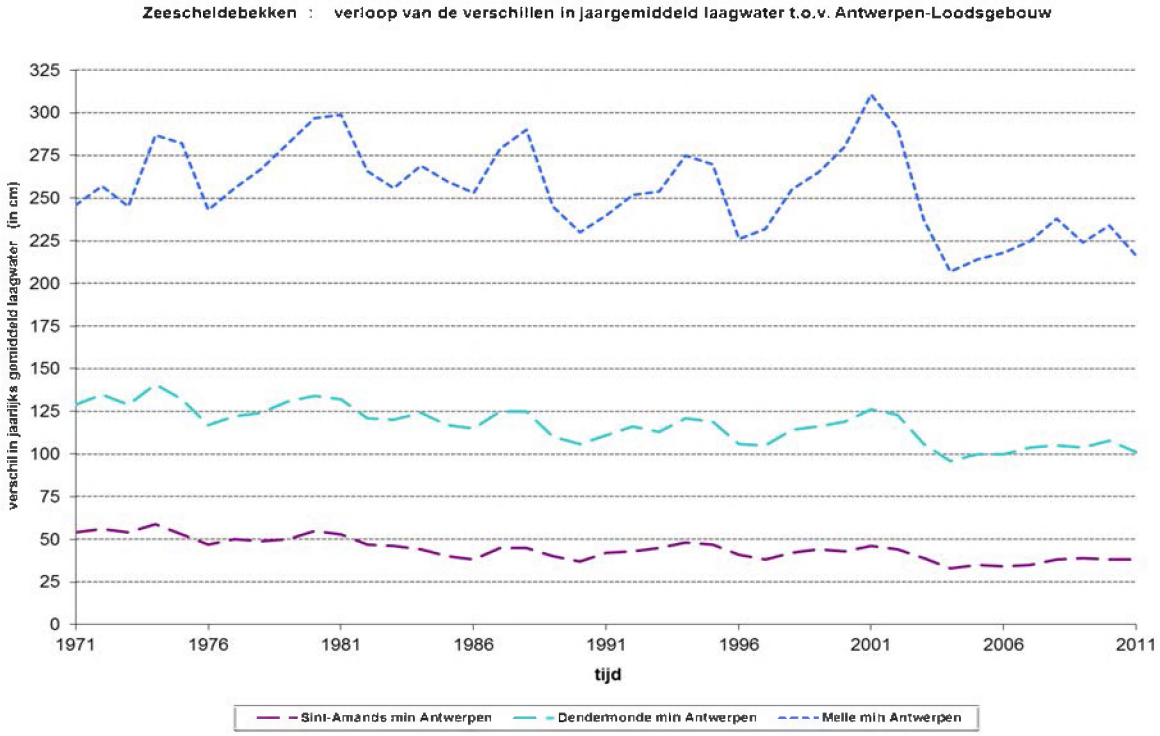


Figuur 62 - Zeescheldebekken : langjarig verloop 1971-2011
van de verschillen in jaargemiddeld tijverschil t.o.v. tijverschil te Vlissingen

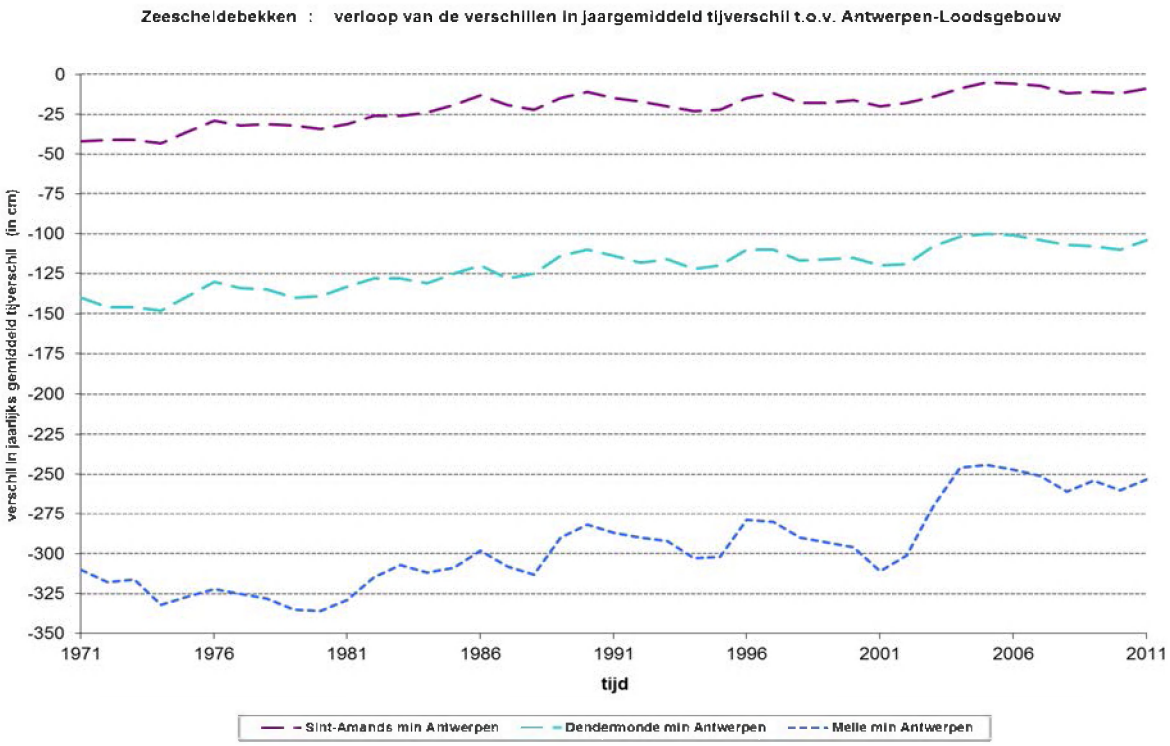


Figuur 63 - Zeeschelde : langjarig verloop 1971-2011
van de verschillen in jaargemiddeld tijverschil t.o.v. tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 64 - Boven-Zeeschelde : langjarig verloop 1971-2011
van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw



Figuur 65 - Boven-Zeeschelde : langjarig verloop 1971-2011
van de verschillen in jaargemiddeld tijverschil t.o.v. tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

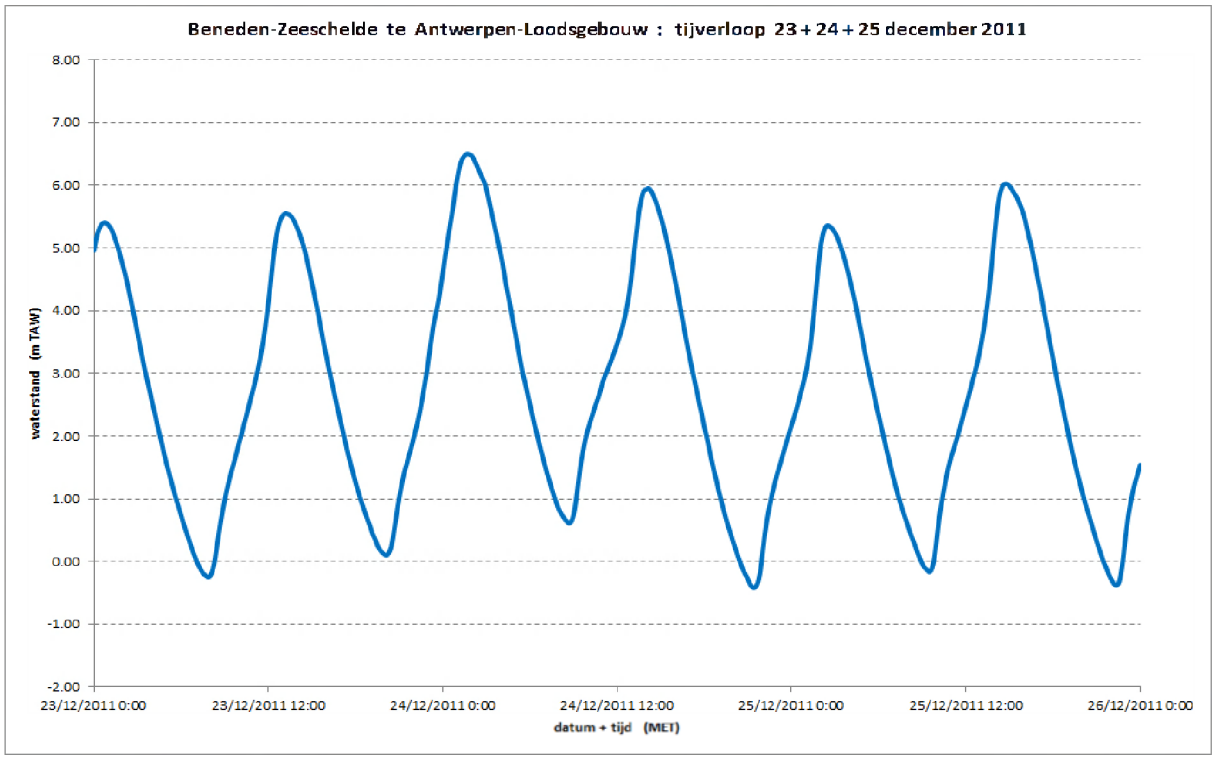
1.5.3 optreden van stormvloeden of niet

Ook nu weer handelt het in dit basisboek om data van of t/m 2011. Het tegelijk uitgegeven eigenlijke jaarboek 2012 somt de gegevens van dat jaar 2012 op en vult langjarige grafieken aan.

In 2011 trad in het Zeescheldebekken geen enkele stormvloed op. Het hoogste hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw, locatie waarvan de omschrijving stormvloed of buitengewone stormvloed van afhangt, was op 24 december 2011 a.m. TAW (+6,50m). Ten overstaande van het astronomisch voorspelde hoogwater van TAW + 5,55 m handelde het om een (schuine) opzet van toch 95 cm.

Het geheel kwam voort uit een diepe depressie die een tweetal dagen eerder ten westen van Schotland lag, en noordwaarts trok. De wind boven de Noordzee ruimde naar het noordwesten, met in de nacht van 23 op 24 december 2011 windsnelheden als stormachtig, 8 Bft. In de loop van diezelfde nacht nam de wind al flink af zodat het geheel zich niet tot een echte stormvloed kon ontwikkelen, maar op een verhoogd springtij bleef steken. Het was overigens ook nog twee dagen te gaan voor het eigenlijke (astronomisch dertigtal centimeter hogere) springtij.

Navolgende figuur toont het tijverloop van de dag van dat hoogste hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw in 2011, plus van daags voordien en da dag nadien.



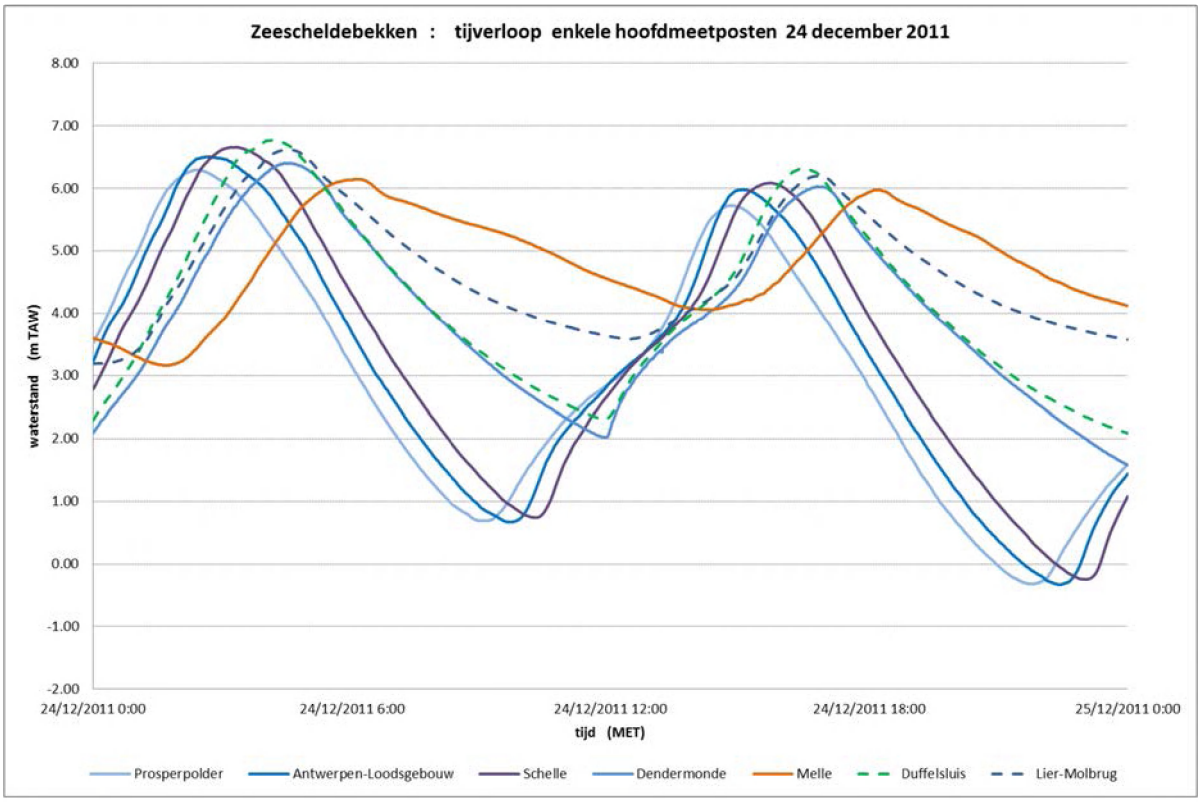
Figuur 66 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
tijverloop op 23 + 24 + 25 december 2011 o.a. het hoogste hoogwater in 2011 op peil TAW (+6.50m)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Ook bij dit "flink ontwikkelde springtij" zoals een hoogwatergolf op TAW (+6,50 m) kan omschreven worden, is -zoals bij vele stormvloeden- het voorafgaande laagwater niet of niet erg verhoogd geworden, zelfs op "normaal" astronomisch peil gebleven. Dat maakt dat het tijverschil groot is, hier bijna 6,50 meter. Er komen stormvloeden voor met nog grotere tijverschillen, van meer dan zeven meter.

Zoals hoger al vermeld, zijn er nog wel af en toe jaren dat er geen stormvloed in het Zeescheldebekken is opgetreden, met statistisch gezien een voorkomen van ééns om de zeven à acht jaar. Andersom zijn er af en toe ook jaren dat er veel stormvloeden zelfs enkele buitengewone stormvloeden optreden.

De volgende figuur toont het tijverloop van het stormtij op 24 december 2011 voor enkele hoofdtijposten, langs de Zeeschelde, alsmede te Duffelsluis en te Lier-Molbrug op de Nete.



Figuur 67 - Zeescheldebekken: tijverloop van 24 december 2011 op enkele hoofdlocaties

De tijverlopen kennen -behalve te Melle- eigenlijk een vrij normaal verloop; er was inderdaad geen sprake van een bijzondere stormvloed. De verlopen te Prosperpolder, Antwerpen-Loodsgebouw en Schelle bvb. zijn mooi congruent aan elkaar. Te Dendermonde is het laagwater op de middag zeer spits, zoals bij alle springtijen aldaar: het laagwater duurt zeer kort en de navolgende rijzing zet zeer krachtig is.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Te Melle valt wel op dat het navolgend laagwater (namiddag) vrij hoog bleef, mede een gevolg van vergroot bovendebiet. De verlopen te Duffelsluis en te Lier-Molbrug zijn ook zeer karakteristiek voor springtijen, zonder veel tekenen van speciale wind- of storminvloeden.

En zoals uit de tijverlopen kan afgeleid worden (hoogte van de hoogste hoogwatergolf) zijn de GOG's langs de Zeeschelde, zoals trouwens ook deze langs de Rupel en de Beneden-Nete, net niet in werking getreden. Enkel langs de Durme zal Potpolder I (Waasmunster-Sombeke) licht overloop hebben gekend; dit GOG is nog niet aan de hoogte van het Sigmaplan aangepast.

Komen de Gecontroleerde Overstromings-Gebieden wél in werking, dan zullen er verlagingen van het hoogwaterpeil optreden, niet enkel op de plaats van de betrokken GOG's, doch ook iets afwaarts ervan en uiteraard ook opwaarts. Het verlagend effect van al die tijvolumes die van de eigen-lijke stormhoogwatergolf zullen worden afgetopt, is groter bij hoger stormhoogwaterpeil zonder GOG, zegge het verval van het tijpeil over de overloopdijk van het GOG. Alle opeenvolgende GOG's bij elkaar hebben een beduidend verlagend effect, dat bij komende stormvloeden in het Zeeschelde-bekken, in de MONEOS-rapportages zal aan bod komen.

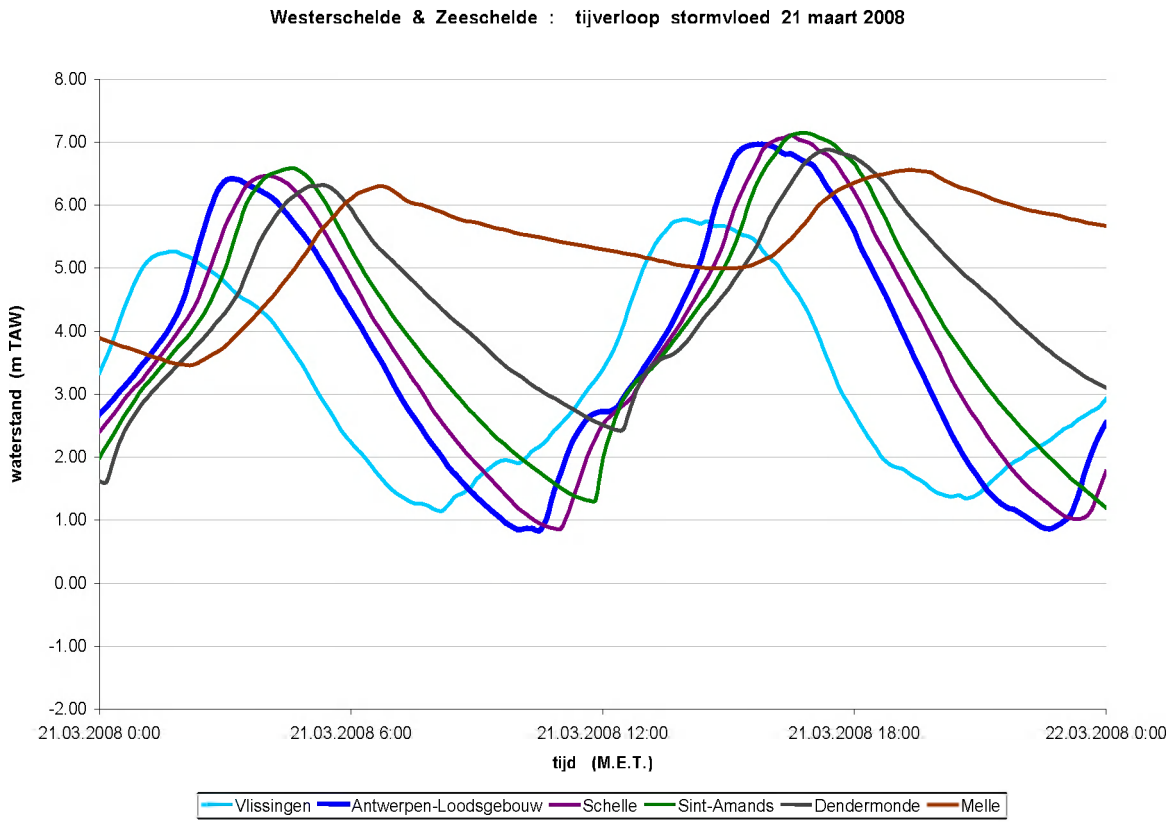
In de huidige periode van MONEOS-rapporten (over 2008 t/m 2012) is de hoogste storm in het jaar 2008 opgetreden, met een hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw op "slechts" TAW +6,97 m, dus net geen buitengewone stormvloed. Bij gebreke aan andere wordt even op deze stormvloed ingezoomd.

Figuur 68 toont het verloop van het tij op enkele hoofd-locaties langs de Westerschelde en Zeeschelde. Zoals al hoger bij de bespreking van stormvloeden aan de basispost Antwerpen-Loodsgebouw aangegeven, steeg het waterpeil bij aanvang van vloed zeer sterk. Bovendien was er een extra opzet t.o.v. het per tien minuten gegenereerde verwachte verloop van dit stormtij, reeds vanuit zee (zie de grafieklijn van het tijverloop te Vlissingen). Zoals dan meestal het geval is, komt er een moment van afzwakking zelfs gelijk blijven van de waterstand, uitzonderlijk zelfs een kleine daling van de waterstand, al naargelang meteorologische omstandigheden, zijnde plotse locale doch zeer flinke drukvelden en heviger wind.

Deze zeer sterke aanvangstijging bij vloed zette zich nog geprononceerder door tot in Antwerpen en tot Dendermonde, doch niet meer te Melle, waar eerstes de beddinghoogte veel hoger ligt dus dergelijke secundaire tijgolven minder invloed kunnen doen gelden, en de vloed uren later aanvangt en doorzet, wanneer het fenomeen van extra drukveld al lang voorbij is. Bijkomende factor is het verloop van het tij rond en om hoogwater op afwaartse plaatsen, nl. als beïnvloeding van de verhanglijn naar Melle toe.

Zoals uit de tijverlopen kan afgeleid worden (hoogte van de hoogwaters) zijn de GOG's langs de Zeeschelde licht in werking getreden, overigens ook elders in het Zeescheldebekken.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 68 - Zeeschelde: verloop tij met o.a. stormvloed 21 maart 2008 op enkele hoofdlocaties

1.5.4 opgetreden wasregimes en de invloed op het getij

Om het nog maar eens te herhalen: dit basisboek handelt over 2011 of t/m 2011. Het eigen-lijke jaarboek 2012, dat tegelijkertijd wordt uitgegeven, handelt over 2012 en vult langjarige grafieken verder aan. Dit basisboek geeft immers algemene richting en uitleg omtrent de MONEOS-rapportages.

In 2011 traden twee beduidende was-regimes op de voorgrond, nl. de periode 8 à 15 januari 2011, en de periode 15 à 19 december 2011, dus in het begin en op het einde van het jaar.

Het verloop van deze wasregimes en de invloed op het getij worden verder in dit rapport (zie punt 2.2.2) beschreven. Ondermeer wordt getoond hoe bij grote afvoer van bovendebiet naar het tij-bekken, zowel het hoogwater als het laagwater flink verhogen, doch het getijverschil verkleint. Inderdaad doet een wasregime aan de opwaartse randen van het Zeescheldebekken, vrij snel en in relatief zeer grote mate de laagwaterstanden flink verhogen. Dat wordt gevolgd door het ook verhogen van de hoogwaters, doch in een beduidend kleinere mate. Derhalve worden de getijverschillen danig verkleind.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Met deze invloed op waterstanden gaat ook een grote impact op vloed en eb gepaard. Dat kan inderdaad niet anders want de zeer grote bovenafvoer versterkt danig de eb ten koste van de vloed. De ebduur wordt langer en de vloedduur wordt evenredig langer. Bij zeer grote wasafvoeren komt het vaak voor dat het fenomeen getij zo naar afwaarts verschuift, dat op de meetlocaties van de bovendebieten, er geen echt getij meer voorkomt maar een schijngetij, en zelfs ook geen schijn-getij meer. Een schijngetij houdt in dat het water in hoogte nog wel op en neer gaat zoals bij een getij, er dus nog wel een verticaal getij heerst, doch dat er geen landinwaartse stroming meer komt te bestaan en het altijd naar zeewaarts gaat, dus geen vloed meer maar altijd eb, dus geen horizontaal getij meer. Zulks treedt gemakkelijker op die meetlocaties op waar het getij sowieso nog maar matig is, zoals bvb. voor de Grote Nete te Itegem.

Zoals verder in punt 2.2.2 in dit rapport getoond, verschillen de piekwaarden en de duur van zeer grote afvoer uiteraard telkens per waterweg, en is de piekdag niet voor alle rivieren dezelfde. Uiteraard geldt bij “normale” wasperiodes steeds dat de Schelde in absolute zin veel meer afvoer kent dan de andere, doch in relatieve zin moet elke afvoer beschouwd worden t.o.v. de capaciteit van elke rivier afzonderlijk. Het is duidelijk dat piekafvoeren op bvb. de Nete's steeds beduidend kleiner zijn dan in de Schelde, doch dat er desondanks evengoed flinke wateroverlast kan optreden doordat de grootte (of liever: de “*kleinte*”) van elke waterweg speelt.

1.5.5 en nog wat evolutie van het getij, maar dan aangaande duurtijden

Dit MONEOS-basisrapport handelt als voorbeeld over de monitoring van of t/m het jaar 2011. Reeds hoger werden evenwel langjarige evoluties getoond van het getij te Antwerpen-Loodsgebouw (als basis-post van het Zeescheldebekken) en voor Dendermonde, toch ook één van de hoofdposten, en dat telkens vanaf 1888, beginjaar van de systematische continue tijregistraties in het Zeescheldebekken. Voor andere tijmeetposten werden evoluties aangegeven sinds 1971.

Het ging dan telkens over waterstanden (hoogwater en laagwater) en over hun verschil (tijverschil), dus over hoogtes. Maar ook qua "tijd" kunnen belangrijke evoluties aangegeven worden zoals de tijdsduur van de zgde "vertraging" van hoogwater op een bepaalde locatie t.o.v. het tijdstip van hoogwater te Vlissingen, en idem de "vertraging" van laagwater op een bepaalde locatie t.o.v. het tijdstip van laagwater te Vlissingen. Ook kunnen verlopen aangemaakt worden over de duurtijd van de stijging van het tij voor alle aparte meetplaatsen, en idem voor de duurtijd van de daling van het tij. Zoals moet bekend zijn, komt de stijging van het tij niet overeen met de vloed, en idem daling niet met eb. Het begrip "kentering" is daarin bepalend.

Bij het stijgen van het tij op een bepaalde plaats, gaat vloed, nl. stroming van zee naar land. Op het moment van hoogwater stijgt het waterpeil uiteraard niet meer, maar door de inertie gaat de vloed toch nog even door, met een duurtijd van een kwartier à driekwartier, al naargelang plaats en al naargelang het type tij of de op dat moment geldende inwerking van vnl. meteorologische omstandigheden op het tijverloop, of -naar opwaarts toe- de invloed van de aanvoer van landwater (boven-afvoer) zeker in periodes van grote en zeer grote bovendebieten (wasregimes, zie punt 2.2.2). Op het moment van hoogwater eindigt het stijgen van het water doch gaat de vloed dus nog een tijdje door, tot de stroomzin omslaat. Gedurende enkele minuten is het tijwater vrij stroomloos, waarna vloed omslaat in eb, doch dan is het waterpeil dus al een kwartier à driekwartier aan het dalen. De daling zet inderdaad eerder in dan de eb begint.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Een gans analoge situatie doet zich voor bij het naderen van laagwater. Bij het dalen van het tij op een bepaalde plaats, gaat er eb, nl. stroming van land naar zee. Op het moment van laagwater daalt het waterpeil uiteraard niet meer, maar door de inertie gaat de ebstroming toch nog even door, met duurtijden zoals vloed nog iets duurt na hoogwater, en ook nu afhankelijk van plaats, van sterkte tij, en van invloed bovenafvoer. Op het moment van laagwater begint het waterpeil te stijgen, maar de ebstroming duurt nog even, tot het moment van kentering van laagwater, waarbij het tijwater enkele minuten vrij stroomloos is, en waarna eb omslaat in vloed.

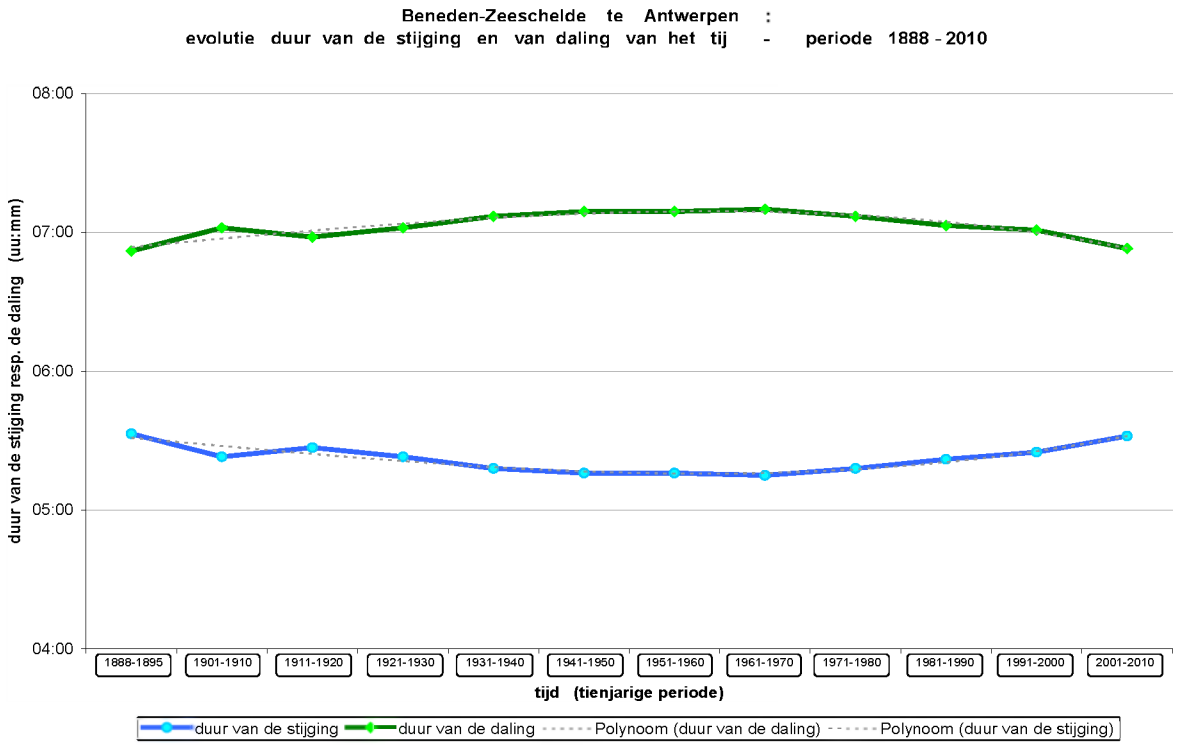
Het fenomeen van kenteren is zeer belangrijk. Het is mede oorzaak van een asymmetrie van het tij op een bepaalde locatie, uitgedrukt als de verhouding van de duur van daling tot de duur van stijging van het tij. Het fenomeen van kentering is reden dat de vloed zich gemiddeld over het tij op hogere waterstanden voordoet dan de eb. Het resulteert dus in het verschil dat het einde van de vloed zich over de ganse breedte van de tij-arm manifesteert, m.a.w. over geulen én platen gaat, zonder dat de kronkelrijkheid van de geulen nauw wordt gevolgd. De eb volgt daarentegen zeer nauw de geulen, in het algemeen de ebgeul maar wat tevens vaargeul (of nevenvaargeul) is.

Het fenomeen van kenteren is reden dat er duidelijk verschil is tussen het zgde verticale tij (stijgen en dalen van het tij) en het horizontale tij (vloed- en ebstroming). Deze begrippen zijn eerder in dit rapport al aan bod gekomen, bij het aan de opwaartse randen van het tijgebied stilaan uitsterven van de tijgolven. Aldaar heerst nl. een schijngetij, m.a.w. er is nog wel enig verticaal verschil in waterstand te zien dat rechtstreeks aan het tij gerelateerd is, doch er heerst steeds stroming van land naar zee, wat men -bij uitbreiding- als "eb" zou kunnen omschrijven. Er werd hoger al uitgelegd dat dit schijngetij leeft op het ritme van het échte getij net afwaarts, en dat het schijngetij het resultaat is van het verminderen van de stroming als het afwaarts naar hoogwater gaat, en het vermeerderen van de stroming als het afwaarts naar laagwater gaat, dus: het is een periodisch cumuleren van water doordat het verhang naar afwaarts verkleint of vergroot al naargelang het échte tij afwaarts. Bij grote wasafvoeren vermindert dit schijngetij, omdat het afwaartse getij door de grote bovendebieten verder naar afwaarts gedrumd wordt en het tijverschil verkleint.

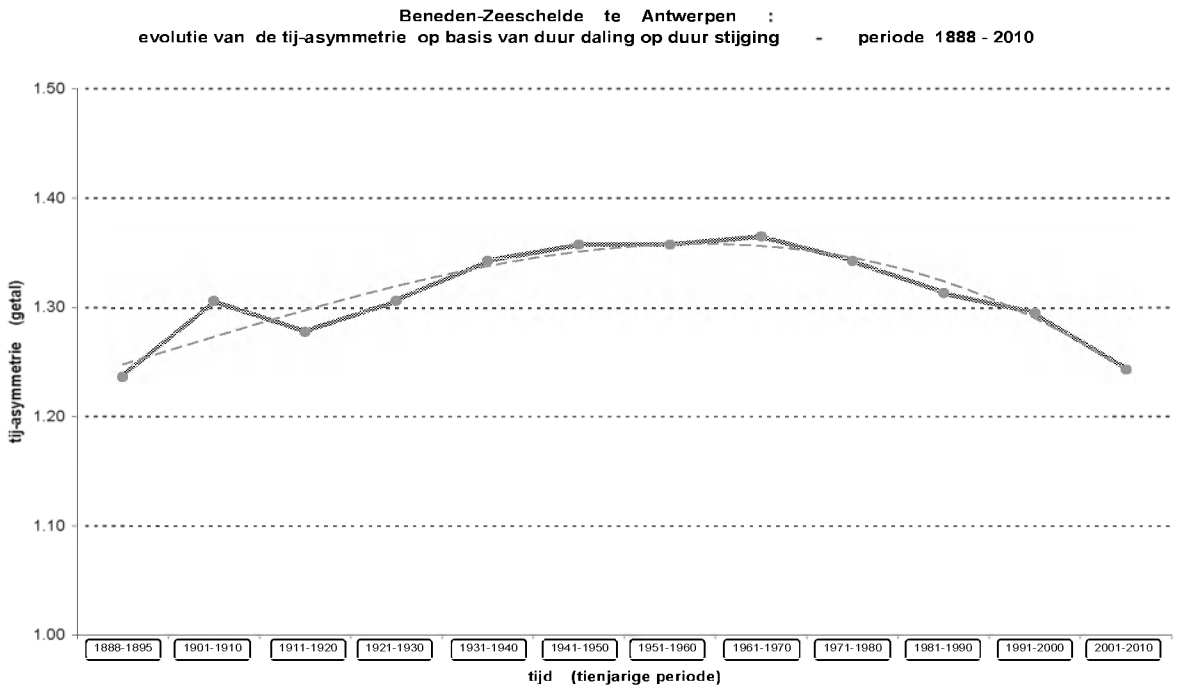
Op de volgende bladzijde worden twee figuren getoond met evolutie van tijdsduren van het tij te Antwerpen-Loodsgebouw. De bovenste grafiek geeft over de periode van 1888 tot nu, toch al meer dan honderdtwintig jaren, de evolutie van de duurtijd van de stijging van het tij (blauwe grafieklijn) en van de daling van het tij (groene grafieklijn). De duurtijd van de stijging is éénduidig aan de duurtijd van de daling gekoppeld, tenminste bij beschouwing van gemiddelden over minstens de periode van doodtij/ middeltij/springtij, en dus zeker over jaarlijkse of tienjarige periodes. De duurtijd van een (gemiddeld) enkelvoudig tij is immers steeds twaalf uur en vijfentwintig minuten. De som van de getoonde duurtijden (van stijging resp. daling) is dus constant = 12u25min. Zo is de duur van het dubbele tij niet een etmaal (van 24u) doch wel 24u50min.

In de bovenste grafiek kunnen drie deelperiodes onderscheiden worden: een eerste van 1888 à 1935 waarin de duurtijden duidelijk veranderen, bvb. verkleinen van de duur van de stijging; bij een tweede periode blijven de duurtijden vrij gelijk (1936 à 1975); nadien evolueren de duurtijden dan weer doch tegengesteld als in de eerste deelperiode. Deze grafiek doet veronderstellen dat er in het optreden van het tij-fenomeen, vrij langdurige periodes voorkomen waarin buiten de hoogtes van het tij ook terugkerende verlopen qua tijdsduren zijn. De bijgaande grafiek handelt wel over de locatie Antwerpen-Loodsgebouw, maar analoge grafieken bestaan wereldwijd.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 69 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
evolutie van de duur van de stijging en de duur van de daling over periode 1888-2010



Figuur 70 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
evolutie van de tij-asymmetrie over periode 1888-2010

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Dat de getoonde evoluties al zo uitgesproken zijn in tijden dat geen of bijna geen werken o.a. baggerwerken in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde gebeurden, geeft aan dat het verloop buiten wereldwijd zich ook als autonome ontwikkeling voordoet. Het verder uitspitten van het thema komt in andere rapporten aan bod, maar de grafiek wil hier al duidelijk maken dat de nogal ruim verspreide gedacht dat de vloed doorheen de jaren maar steeds korter wordt en de eb dus langer, m.a.w. dat de tij-asymmetrie almaar toeneemt, dat deze gedachte mis is. Dat wordt dan meestal gezegd met "vloed" en "eb" doch in wezen gaat het om "stijging" en "daling" van het tij, doch bij het over de jaren heen vrij constant blijven van de kenteringen, gaat het ook voor vloed en eb op.

De onderste grafiek toont dat verloop van de tij-asymmetrie sinds 1888. Hier is die asymmetrie bepaald als zijnde de verhouding van de duur van de daling op de duur van de stijging. Evengoed zou het kunnen gaan over de duur van de eb op de duur van de vloed, doch er zijn slechts sinds een vijftiental jaren continue gegevens over stromingen in het water waarbij dus vloed- en ebduur kunnen bepaald worden, en dan nog slechts op enkele plaatsen. Tijgegevens zijn er al zeer lang en over zeer vele plaatsen, en de afgeleide parameters "duurtijd stijging" en "duurtijd daling" zijn er makkelijk uit af te leiden.

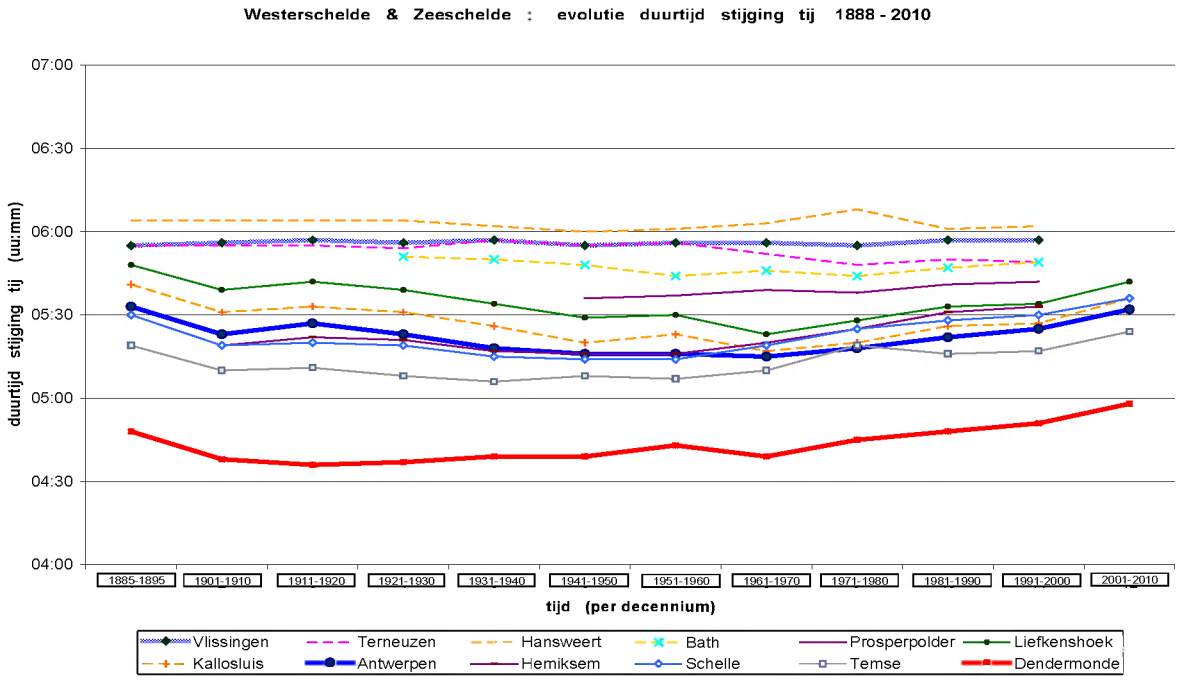
Het zal verbazing wekken dat de asymmetrie van het tij te Antwerpen-Loodsgebouw, maar evengoed over bijna het ganse Zeescheldebekken, nu op ongeveer eenzelfde waarde uitkomt als 120 jaar geleden, na ondertussen (1935 à 1975) flink groter te zijn geweest: waarden van 1,35 à 1,37 toen tegen voorheen maar ook nu rond 1,25. Een verschilwaarde van bvb. 0,10 handelt daarbij wel over een verschil in duurtijd stijging of daling van een kwartier.

Beide voorgaande grafieken ontkrachten dus de zomaar algemeen gestelde gedachten dat de vloed steeds maar korter duurt, en dat de tij-asymmetrie in de loop der jaren alsmaar vergroot. Het is juist dat de tij-asymmetrie vergroot van afwaarts naar opwaarts, doch -locatie per locatie- neemt ze (al ruim dertig jaar) niet (meer) doorheen de jaren toe.

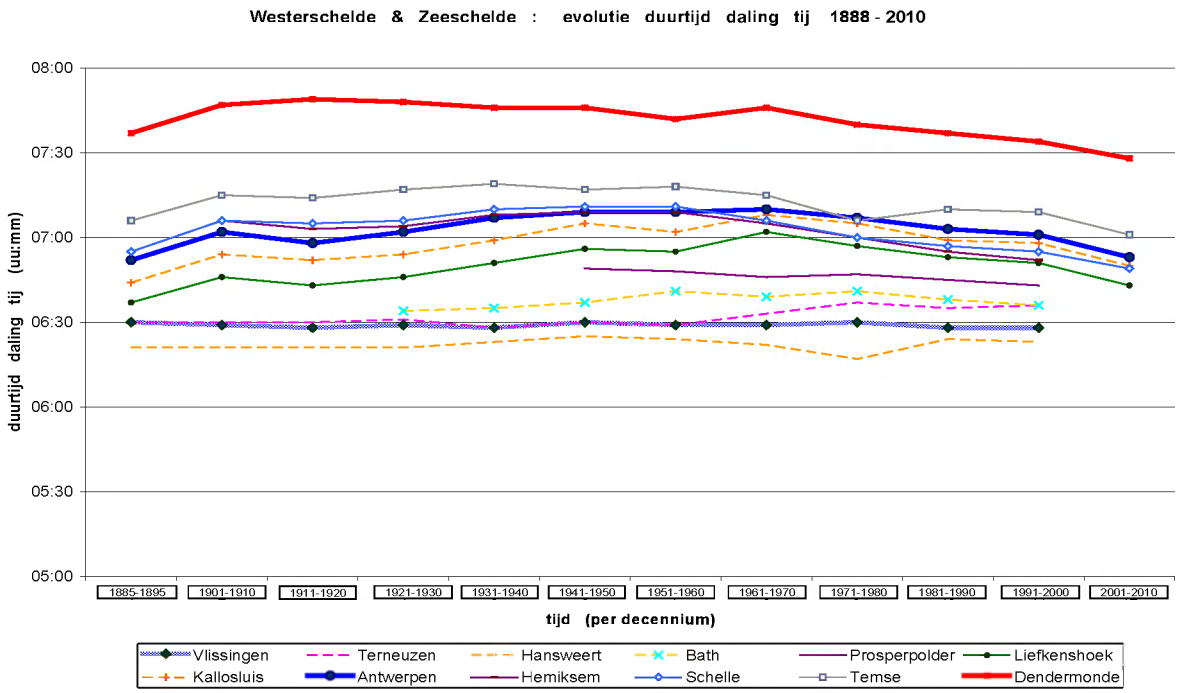
De vraag rijst in hoeverre dit voor de Westerschelde en het Zeescheldebekken algemeen geldt. Daartoe zijn de drie grafieken van volgende twee bladzijden aangemaakt. De beide eerste tonen de evolutie van de duurtijden, eerstes deze van stijging van het tij, en tweedes deze van daling van het tij, telkens over de periode 1888-2010. De dikke donkerblauwe lijn (met blauwe bollen) halverwege de bundel grafieklijnen, is deze zoals al gezien voor de locatie Antwerpen-Loodsgebouw. De dikke rode lijn betreft Dendermonde (bij de stijgingen zijnde de laagste grafieklijn, bij de dalingen de hoogste grafieklijn). Het verloop van de duurtijden te Vlissingen is in dikke lichtblauwe lijn aangeduid.

Bij het overschouwen van alle grafieklijnen kan een tweedeling gemaakt worden tussen enerzijds deze van de Westerschelde, en anderzijds deze van het Zeescheldebekken. Te Vlissingen zijnde de Scheldemonding, is het verloop vrij horizontaal, d.w.z. is er geen verandering van duurtijd stijging of daling van het tij. De enige "verandering" gaat over één minuut kleiner of één minuut groter dan het gemiddelde, dus over een bereik van slechts twee minuten; hier speelt duidelijk het fenomeen van afrondingen van afzonderlijke duurtijden in de berekening van de tienjarige waarden, en speelt geen enkel natuurelement. De duurtijden van stijging en daling van het tij aan zee, zijn constant. Bij de andere drie grafieklijnen die de Westerschelde markeren, gaat wel enige tendens in de verlopen mee, maar deze kunnen soms aan elkaar tegengesteld zijn, zoals deze te Terneuzen en Hansweert over de periode 1965 à 1985. Het verloop te Bath neigt naar de verlopen in het Zeescheldebekken.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 71 - Westerschelde en Zeeschelde :
evolutie van de duur van de stijging van het tij over periode 1888-2010



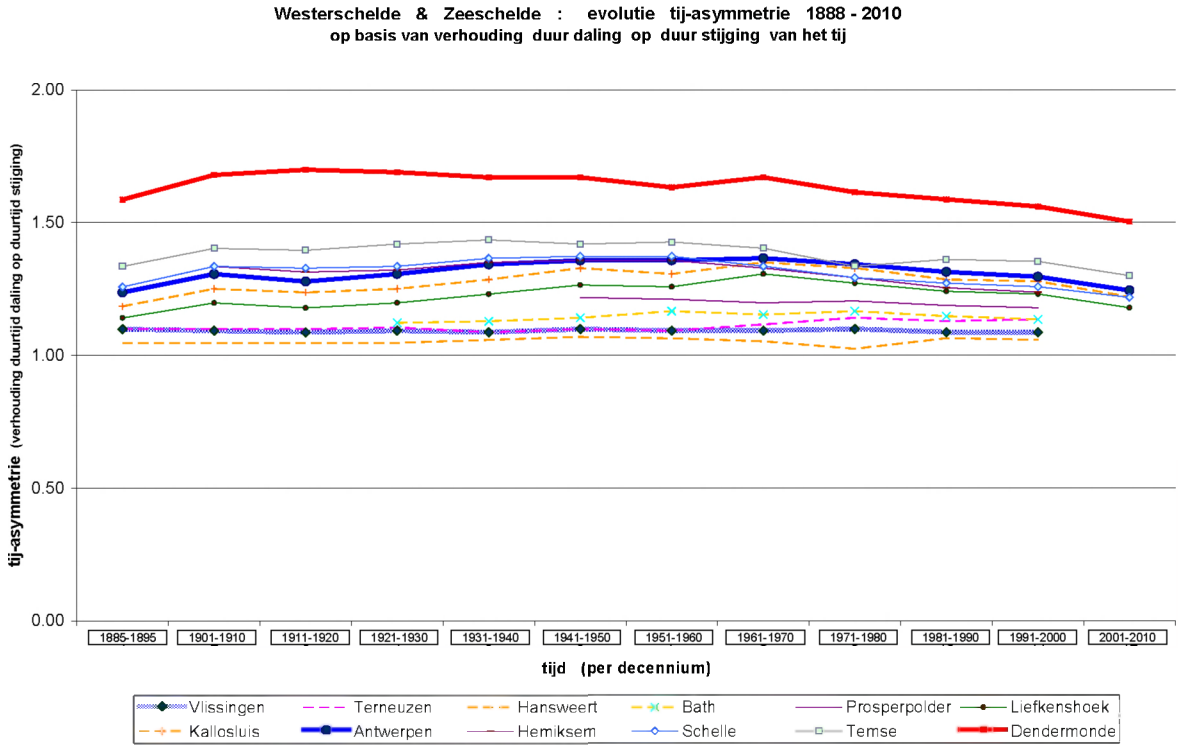
Figuur 72 - Westerschelde en Zeeschelde :
evolutie van de duur van de daling van het tij over periode 1888-2010

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Deze verlopen in het Zeescheldebekken zijn vrij congruent aan elkaar, behalve te Temse in de(zelfde) jaren 1965 à 1985. Uiteraard zijn de schommelingen in de verlopen in bepaalde mate functie van het volgens langs-as gesitueerd zijn van de beschouwde locatie. Zo zijn de schommelingen in de hier meest opwaarts beschouwde post Dendermonde, groter dan afwaarts ervan. Maar ook hier geldt voorzichtigheid met het van te nabij bekijken van de grafieklijnen: schommelingen gaan over minuten en niet over halfuren laat staan uren.

De beschouwingen zoals gegeven voor de locatie Antwerpen-Loodsgebouw, gelden ook voor de andere locaties. Nogmaals: het gaat er in dit rapport niet over om oorzaken en verbanden uit te spitten, waartoe andere rapporten dienen, maar om enkele algemene beelden te schetsen, meerbepaald om aan te geven dat buiten de bekende evoluties in waterstanden ("hoogten") er ook duidelijk (niet zo voor de hand liggende of vrij onbekende) evoluties moeten nagegaan worden die over "duurtijden" (vertragingen of tijdsduren) handelen, en dat daarbij misgedachten kunnen worden tegengegaan.

Onderstaande grafiek borduurt voort op de beide voorgaande. Als de duurtijden van stijging en van daling van het tij bekend zijn, kan hun verhouding worden gemaakt zijnde het aangeven van de tij-asymmetrie m.n. de verhouding van de duur van de daling op de duur van de stijging van het tij. Dit is enkele bladzijden eerder al getoond voor de basismeetpost Antwerpen-Loodsgebouw; nu volgt de grafiek van ook andere meetlocaties, van zowel Westerschelde als de Zeeschelde (tot Dender-monde).



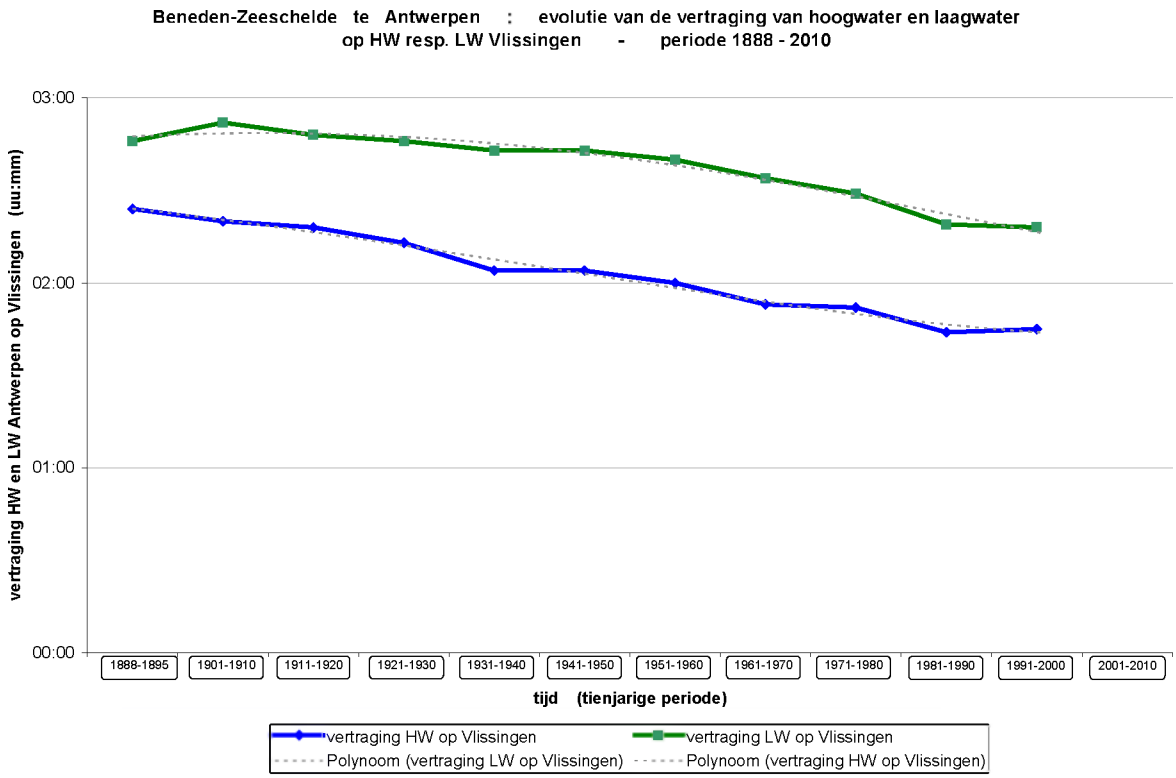
Figuur 73 - Westerschelde en Zeeschelde :
evolutie van de tij-asymmetrie over periode 1888-2010

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De tij-asymmetrie wordt hier dus genomen als de verhouding van de duurtijd van de daling op de duurtijd van de stijging van het tij (en gaat over langdurige periodes, m.n. over decennia). De tij-asymmetrie is aldus een getal groter dan één, wat makkelijker overkomt als de omgekeerde verhouding (duurtijd stijging op duurtijd daling).

De tij-asymmetrie te Vlissingen is over de ganse periode constant gebleven nl. 1,09 en 1,10, een verschil dat er eigenlijk geen is want bestaat omwille van afrondingen in de bewerkingen om tot dat getal te komen. Hoe meer naar opwaarts, des te groter de variatie in tij-asymmetrie. Dendermonde is hier de meest opwaartse locatie, en daar gaat de tij-asymmetrie van 1,50 à 1,70. Ruwweg genomen zijn ook alle grafieklijnen van de tij-asymmetrie in het Zeescheldebekken congruent aan elkaar, al tonen de grafieklijnen te Temse (over de periode 1971-1980) en te Dendermonde al eens lichte "afwijkingen". In ieder geval tonen alle grafieklijnen van locaties in het Zeescheldebekken aan dat de tij-asymmetrie in de laatste decennia kleiner is geworden dan eerder, en gaat het verhaal over de locatie Antwerpen-Loodsgebouw voor het ganse Zeescheldebekken op. Ondermeer dat de tij-asymmetrie vergroot van afwaarts naar opwaarts, doch in laatste tijden kleiner wordt in plaats van, zoals ruim misdacht, toeneemt.

Tenslotte geeft de onderstaande figuur een laatste beeld van enige evolutie in duurtijden van het tij in het Zeescheldebekken. Voor de locatie Antwerpen-Loodsgebouw is de tienjaarlijkse duur van de vertraging van hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw t.o.v. het moment van hoogwater te Vlissingen uitgezet (blauwe lijn) en idem de vertraging van laagwater (in groene lijn).



Figuur 74 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
evolutie van de vertraging van hoogwater en laagwater t.o.v. Vlissingen - periode 1888-2010

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De vertragingen van hoog- en laagwater worden gestaag kleiner, reeds van begin 20^{e} eeuw. De algemene gedachte van het sneller door het estuarium gaan van de hoogwatergolf is ruim bekend maar gaat mee met het ongeveer even sneller gaan van de laagwatergolf, wat minder bekend is.

Veelal worden bij het sneller gaan van de vloedgolf de baggerwerken in de stroom geassocieerd, doch ook hier geldt dat al van begin 20^{e} eeuw er inderdaad wel baggerwerken werden uitgevoerd, doch dan tot ruim na de Tweede Wereldoorlog toch op een in wezen zeer beperkte schaal, zowel qua uitgestrektheid (locaties in aantal en grootte) als qua hoeveelheden (bagger-volumes) dat er niet anders dan een autonome morfologische ontwikkeling van het estuarium moet gelden. Ook hier praat de volksmond de waarheid voorbij.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2 Jaaroverzicht bovendebieten Zeescheldebekken

2.1 overzicht meetlocaties van bovendebieten aan de randen van het tijgebied

Sinds 1947 worden waarnemingen en metingen verricht om de bovenaanvoer uit de opwaarts en in het tijgebied gelegen hydrografische bekkens te bepalen. Bovendien worden de aan de randen van het tijgebied bepaalde bovenafvoeren naar afwaarts doorgerekend, eerst naar de uitmonding van de betrokken tijrivier in een andere, daarna alle bovenafvoeren samen naar de Schelde te Schelle, om aldaar de bovenafvoer te bepalen van enerzijds de Zeeschelde opwaarts van de Rupelmonding plus anderzijds de bovenafvoer van het aldaar uitmondende gehele Rupelbekken. Hun som levert de bovenaanvoer van de Beneden-Zeeschelde op.

Aan de randen van het tijgebied wordt het getij tegengehouden door sluizen en stuwen zoals op de Boven-Zeeschelde te Gentbrugge, en vanaf 1969 op de Tijarm-Ringvaart om Gent te Merelbeke en te Zwijnaarde, en op de Dender te Dendermonde en vanaf 1978 (via de "nieuwe" Dender doorheen de Sint-Onolfspolder) te Appels. In tegenstelling met dit tegenhouden aan sluizen en stuwen, deint het getij uit op de andere rivieren van het Zeescheldebekken: de Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas), de Grote Nete te Itegem, de Boven-Dijle te Haacht, en de Zenne te Eppegem. Het getij ontmoet daar in die mate de aanvoer van bovenwater uit het opwaarts gelegen hydrografische bekken, én de rivierbedding verhoogt dusdanig dat "hoog"-waterstanden daar niet meer vanuit het getij kunnen bereikt worden, dat het semi-maritieme karakter overgaat in een zuiver fluviatiel karakter. Naar tij-terminologie wordt ook van een "schijntij" gesproken, met name: er kan nog wel een "tijverschil" aanwezig zijn want op "tij-regelmatige" tijdstippen komen afwisselend "hoogwaters" en "laagwaters" voor, net zoals op de afwaarts ervan gelegen plaats waar nog wel écht getij heerst, doch met klein hoogteverschil, maar in de regel is er altijd eb doch nooit vloed, dus stroomt het water steeds naar afwaarts, van land naar zee. De term “eb” verliest dan in feite ook zijn betekenis.

De waarnemingen en metingen van de aanvoer van bovendebiet uit de opwaarts gelegen hydrografische gebieden, gebeuren de jongste jaren als volgt:

- Boven-Zeeschelde te Melle (afvoer vanuit Bovenschelde, Leie en Ringvaart om Gent): akoestische looptijdmeter (ADM) die via 10-minuutwaarden continu het debiet meet. Nadien wordt via de 10-minuutwaarden het verschil van alle eb- en vloed-volumes per etmaal bepaald wat resulteert in de daggemiddelde afvoer van de Schelde "te Gent"; 10-minuut is ondertussen door 5-minuut vervangen;

- Dender te Dendermonde (Appels): akoestische looptijdmeter (ADM) die via 10-minuutwaarden continu het debiet meet. Nadien wordt via de 10-minuutwaarden het verschil van alle afvoer naar afwaarts minus uitzonderlijke terugvoer bij bvb. zeer hoge waterstand in de Zeeschelde bepaald wat resulteert in de daggemiddelde afvoer van de Dender; ook hier is 10-minuut nu 5-minuut geworden;

- Zenne te Eppegem: debietsbepaling uit de Q/h-relatie (dus debiet “Q” volgt uit waterstand “h”) ;

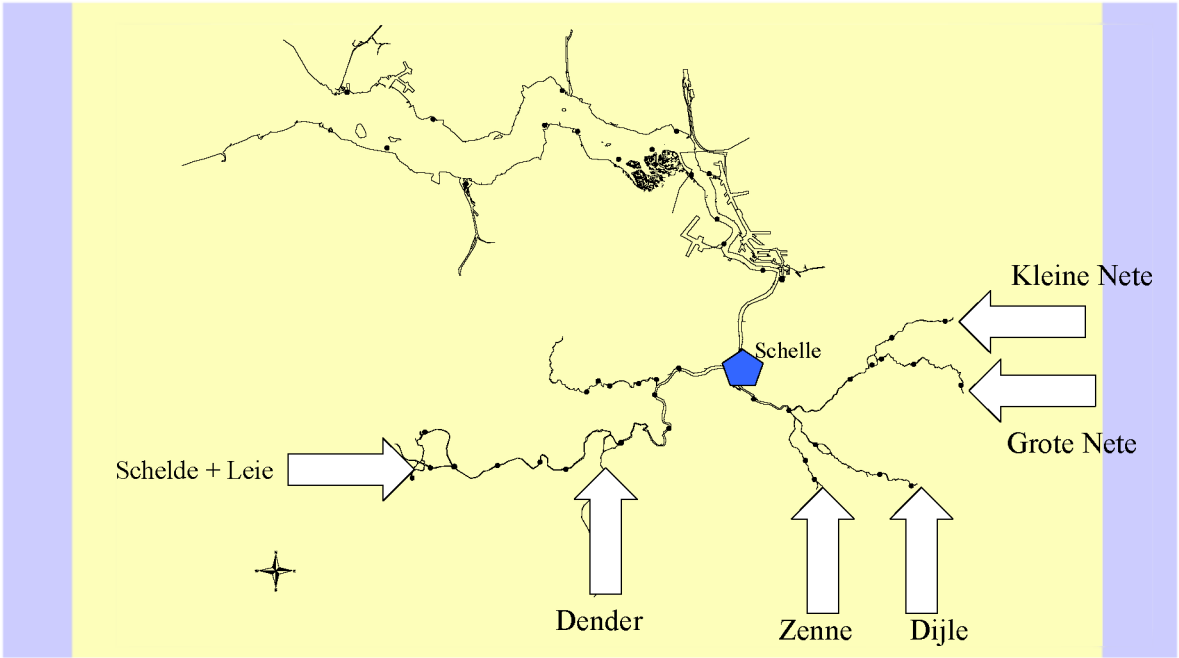
- Boven-Dijle te Haacht (incl. Demerbekken): debietsbepaling uit de Q/h-relatie;

- Grote-Nete te Itegem: debietsbepaling uit de Q/h-relatie;

- Kleine-Nete te Grobbendonk ("Derde Sas") (afwaarts van het Albertkanaal): ook uit de Q/h-relatie.

- doch: vanaf het jaar 2012 worden de debieten te Itegem en Grobbendonk (Derde Sas) niet meer zo courant bepaald, want de afvoer van Grote en Kleine Nete wordt nu gemeten te Duffelsluis, waar een akoestische debietsmeter de afvoer van bijna het ganse Netebekken meet. Dit betekent een nauwkeuriger methode om die afvoer te bepalen, evenals die te Schelle.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 75 - ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de zgde Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend

De bovendebieten worden dus meestal bepaald uit de -locatie per locatie geldende- correlatie tussen de waterstand en het debiet. Dergelijke Q/h-relatie wordt door de seizoenen beïnvloed, en dit in afgelopen decennia steeds meer, wegens de aanwezigheid van plantengroei in de rivierbedding. Dat maakt dat bij eenzelfde waterstand in zomerse omstandigheden, het debiet beduidend kleiner is dan bij diezelfde waterstand in winterse tijden, gewoon omdat de plantengroei een grote weerstand op de waterstroming uitoefent. De Q/h-relaties houden daarmee rekening: er zijn zuivere winter- en zuivere zomer-krommen, met overgangsrelaties tussen beide.

Maar op de meetlocaties aan de rand van het getijgebied heerst op vele dagen een "schijntij". Er heerst weliswaar steeds "eb" dus een naar afwaarts gezinde stroming, maar het waterpeil kan zuiver met het afwaarts geldende getij schommelen, met een schijnbaar hoogwater bij afwaarts écht hoogwater (wegens cumulatie van water aan de rand van het tijgebied) en een schijnbaar laagwater bij afwaarts écht laagwater (wegens sterkere afstroming dus verlaging waterpeil gezien groter verval naar afwaarts). De waterstand "h" uit bovenstaande Q/h-relaties is in die gevallen de continu getekende verbindingslijn van de opeenvolgende "schijn-laagwaters" van de registratie.

Dit schijngetij is relatief belangrijk. Het is wisselend naargelang periodes van kleine tot gemiddelde afvoer tegen periodes van grote afvoer of wasregimes, uiteraard is het wisselend al naargelang de sterkte van het afwaartse getij, en het kan -seizoenaal- variëren al naargelang de plantengroei grote weerstand op stroming en afvoer uitoefent.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Gemiddeld begroot dit schijngetij zich op volgende "schijnbare getij-verschillen" :

- Dijle te Haacht: bij doodtij 10 à 20 cm
  bij springtij 20 à 80 cm
  bij stormtij 70 à 90 cm
  doch verdwijnt bij wasregimes

- Grote Nete te Itegem bij doodtij 0 à 20 cm
  bij springtij 0 à 40 cm
  doch 's zomers beperkt tot tiental cm
  en geen schijngetij aanwezig bij wasregimes

- Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas) bij doodtij 20 à 40 cm
  bij springtij 30 à 60 cm
  bij stormtij tot 110 cm
  doch verdwijnt bij wasregimes

- Zenne te Eppegem hier is er enkel een klein schijngetij aanwezig bij stormtij.

Er wordt geen bovendebiet gemeten voor de Durme. Het Durme-bekken, voor zover de afwatering geschiedt naar de tij-Durme, wordt wel als een zijbekken in rekening gebracht bij de door-rekening van de bovenafvoeren naar de "Schelde te Schelle".

Figuur 76 - Boven-Zeeschelde te Melle:
foto van de meetinstallatie van de tijmeetpost en van de akoestische debietsmeter

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.2 overzicht bovendebieten aan de randen van het tijgebied

2.2.1 globaal jaarlijks overzicht

Om het eigenlijke jaarboek over 2012 niet voor de voeten te lopen, worden de meeste voorbeelden in dit uitleggende basisboek gehaald uit het jaar 2011 of tot en met het jaar 2011.

De bovendebieten aan de rand van het tijgebied, worden bepaald uit ofwel continue waterstandsregistraties op papier, ofwel quasi continue metingen met akoestische meetapparatuur. Gezien de aanwezigheid van of schijngetij aan de rand van het tijgebied, of écht getij daar waar de akoestische debietsmeter in het tijgebied staat (zoals te Melle en te Duffelsluis), zijn er dus metingen van waterstand en debiet die door het getij sterk beïnvloed worden of met het getij rechtstreeks op en af gaan. Een reeks van bvb. 10-minuutwaarden of uurwaarden zou in dit geval dan ook geen juist overzicht van de bovenafvoer geven.

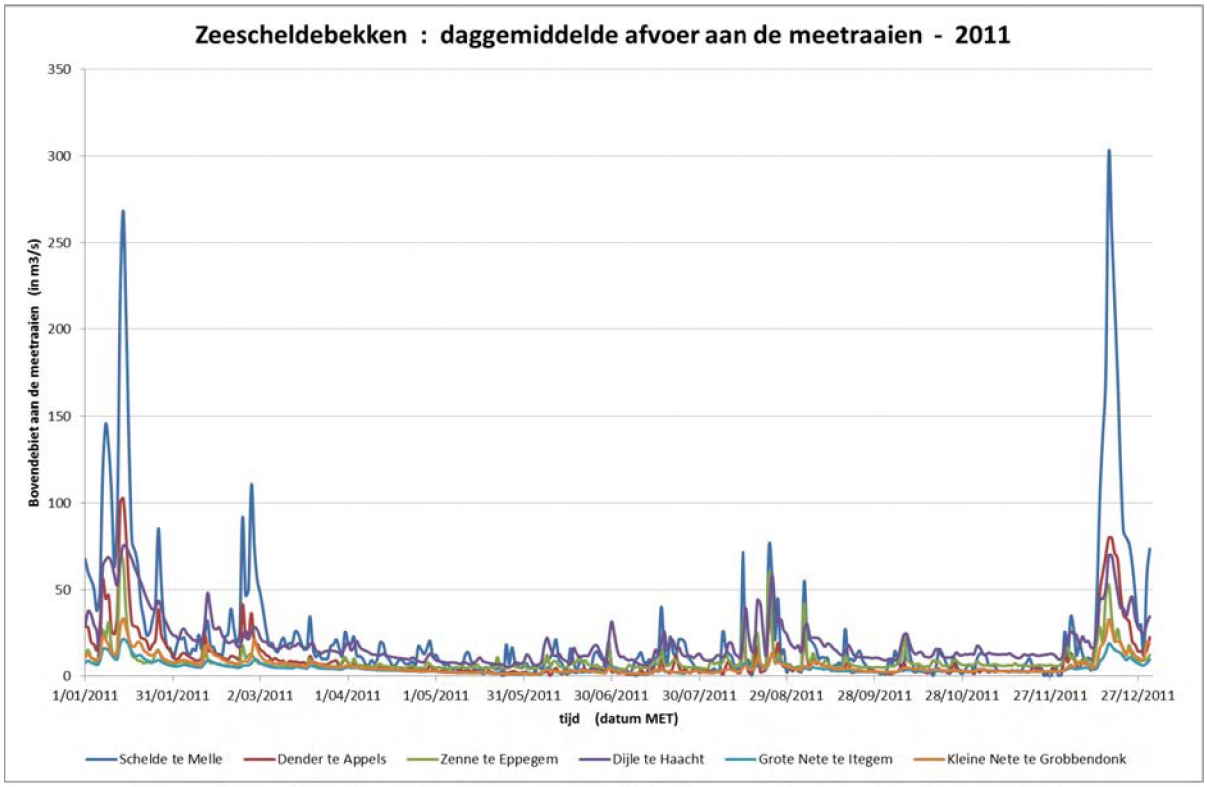
Daarom wordt de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, al sinds het begin der metingen en verdere bepalingen, per etmaal gerekend. Het gaat dus om al deze bovendebieten of bovenafvoeren om dagelijkse waarden, als dagelijkse gemiddelden. Aan de hand van deze dagwaarden kunnen dan bvb. tiendaagse, maandelijkse, trimestriële of jaarlijkse gemiddelden berekend worden.

De figuren op volgende bladzijde tonen het verloop van de daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken over het jaar 2011. Uiteraard is er een grote variabiliteit in deze bovendebieten, enerzijds en vooral door de neerslag in een bepaald hydro-grafisch bekken, anderzijds door invloeden van waterverdeling van Bovenschelde en Leie, door indringing in de ondergrond, en van evapotranspiratie (door gewassen) en eenvoudigweg evaporatie (van oppervlaktewater). Het is dan ook niet te verwonderen dat de variabiliteit in de bovenafvoer voornamelijk seizoenaal is. Om dit nog beter te schetsen is op volgende bladzijde onderaan een “uitvergroting” van de bovenste grafiek geplaatst, nl. met een y-as (Q-as) die slechts tot 100 m3/s gaat. Daardoor zijn enkele grafieklijnen van het bovendebiet te Melle afgekapt.

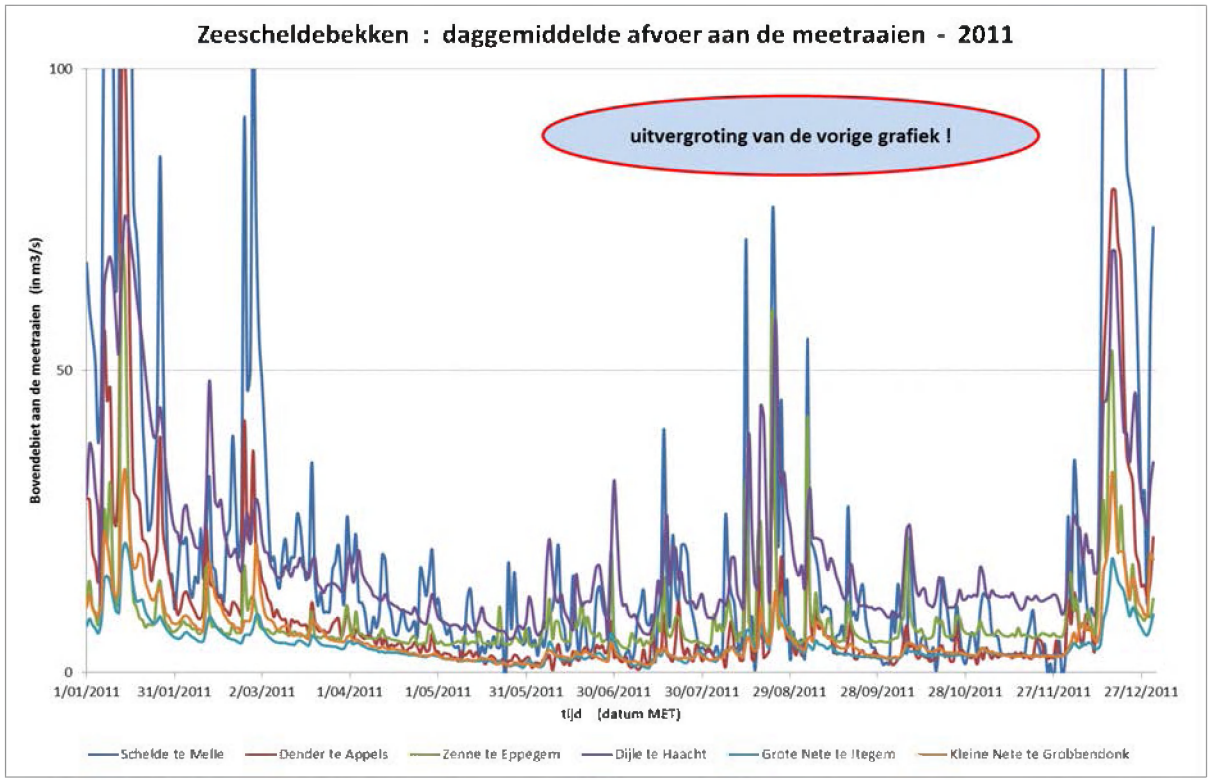
De afzonderlijke rivieren die naar het tijgebied van het Zeescheldebekken afwateren, brengen elk een verschillende hoeveelheid naar dat tijgebied. Dat heeft uiteraard te maken met voornamelijk de grootte van het hydrografisch bekken alsook met het deviëren van waterafvoer naar andere water-systemen.

Zoals bekend brengen Bovenschelde en Leie dikwijls het meest van alle randlocaties bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Enkel bij kleine bovendebieten te Melle, iets wat doorheen het jaar wel vaak voorkomt, brengt bvb. de Dijle te Haacht meer bovendebiet naar het tijgebied; het Demerbekken en de Boven-Dijle kennen immers een behoorlijke basisafvoer, ook in de zomer, daar waar het water van Bovenschelde en Leie gebruikt wordt voor de voeding van enkele kanalen in Oost- en West-Vlaanderen en niet naar de Zeeschelde wordt afgevoerd. De Kleine en de Grote Nete brengen respectievelijk te Grobbendonk en Itegem het minst bovendebiet aan, de Grote Nete zelfs doorgaans iets minder dan de Kleine Nete, ondanks de adjectieven “grote” tegen “kleine” …

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 77 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied over het ganse jaar 2011



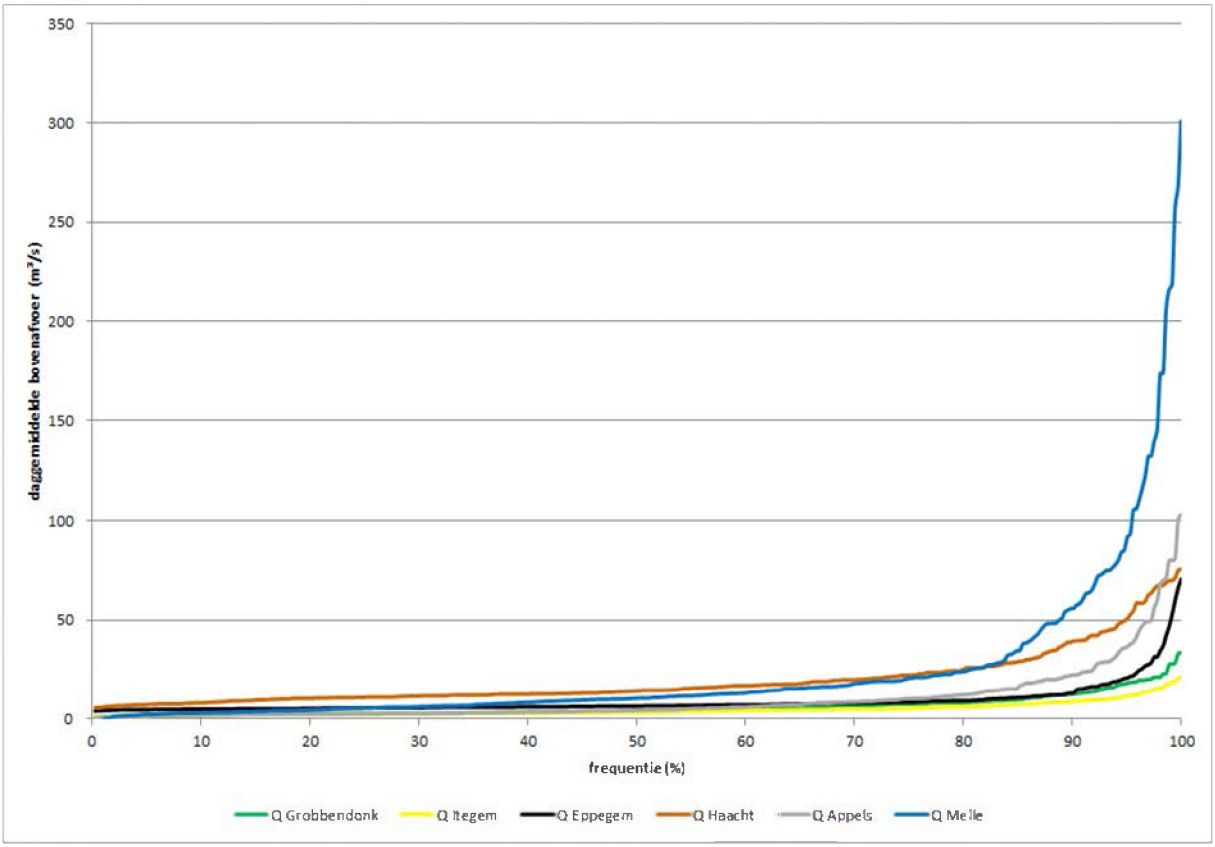
Figuur 78 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied over het ganse jaar 2011, doch op beperkter y-as (Q-as) uitgetekend

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Er zijn enkele periodes met verhoogde debieten doorheen het jaar. Zo merken we de periodes van half januari 2011 en half december 2011, periodes met vrij grote tot zeer grote bovendebieten. In beide periodes van grote afvoeren valt op dat, zoals normaal in dergelijke periodes, de afvoer vanuit Schelde en Leie via "het Gentse" aan de meetpost te Melle telkens veruit de grootste was.

Anderzijds merken we ook op dat het grootste deel van de periode van april 2011 tot en met juli 2011 en nadien van half september tot begin december 2011, de bovenafvoeren eerder klein tot zeer klein waren. In vergelijking met voorgaande jaren kan 2011 als een relatief droog jaar worden bestempeld. Getuige hiervan de vermelding in de laagwaterberichten van het HIC (Deschamps et al. 2011 en 2012) van abnormaal lage neerslaghoeveelheden in maart en mei 2011, evenals later op het jaar in november 2011. Ook het jaar 2009, waar ook een lange periode van augustus 2009 tot november 2009 gekenmerkt was door zeer lage afvoeren was een relatief droog jaar. 2010 was niet droog en kende meer periodes met normalere afvoeren, zelfs een bijna recordmatige grote afvoer in november 2010. De afvoer van het Zeescheldebekken is dus vrij variabel van jaar tot jaar, van maand tot maand en van dag tot dag, alles zeer afhankelijk van de hoeveelheid neerslag in het hydrografisch bekken, zo in duurtijd als in intensiteit per dag.

Naar opeenvolging van grootte van de daggemiddelde bovendebieten 2011 aan de meet-locaties aan de randen van het tijgebied, toont de volgende figuur de frequentie van voorkomen van een bepaald bovendebiet per meetlocatie.



Figuur 79 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, over het ganse jaar 2011

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Die frequentiegrafiek toont dat er in 2011 te Appels (Dender), Eppegem (Zenne), Itegem (Grote Nete) en Grobbendonk (Kleine Nete) gedurende ongeveer 85% van de tijd, kleine en gemiddelde bovendebieten geweest; slechts in ongeveer 10% van de tijd komen grote bovendebieten voor en in enkel 5% zeer grote bovendebieten. Bij de meetraaien te Haacht (Dijle) en Melle (Schelde) komen er in verhouding tot de andere randen van het tijgebied, meer dagen van grote tot zeer grote bovendebieten voor.

De frequentiegrafiek toont ook duidelijk dat de Dijle (te Haacht, doch evenzeer over haar ganse lengte) een behoorlijke basisafvoer kent. Vanuit het Demerbekken en het Boven-Dijlebekken, met veel heuvelende leemstreken, komt inderdaad gedurende het ganse jaar een opmerkelijke basis-aanvoer. Het Dijlebekken opwaarts Haacht is immers anderhalf maal groter dan de som van de bekkens opwaarts Eppegem, Itegem en Grobbendonk samen, waardoor in absolute termen de basis-afvoer te Haacht groot blijkt. Dit wordt in de frequentiegrafiek voor het kalenderjaar 2011 getoond, maar geldt ook voor andere jaren.

De frequentieverdeling toont verder dat de dagelijkse bovenafvoer van de Schelde te Melle in 2011 ruim 75% van de tijd kleiner is dan deze van de Dijle te Haacht. Door de abnormaal lage hoeveelheden neerslag in maart, mei en ook in het najaar 2011 en de verdeling van de afvoer van Bovenschelde en Leie naar de verschillende kanalen rond Gent (het Afleidingskanaal van de Leie, het kanaal Gent-Brugge-Oostende, de Gentse binnenwateren, en het Zeekanaal Gent-Terneuzen) is in 2011 de Dijleafvoer inderdaad meestal groter dan de afvoer te Melle.

In de frequentiegrafiek maar beter in navolgende tabel, valt op dat het bovendebiet van de gekanaliseerde rivieren (Bovenschelde en Leie naar het Gentse, dus hier de meetraai in de Boven-Zeeschelde te Melle, alsook de Dender, met daar de meetraai te Appels) gedurende wel wat dagen eigenlijk "nul" of te verwaarlozen is, of alleszins zeer klein. Te Melle speelt hierin ook de grootte van het getijverschil van LW naar HW overdag tegen dat van (voor- of navolgend) HW naar LW, een rol. Een tij-dag duurt immers bijna een uur langer dan een etmaal, zodat het tij dagoverschrijdend is. Dat geeft invloed, al mag die niet overdreven worden.

In volgende tabel is voor het jaar 2011 het gemiddelde van alle daggemiddelde boven-debieten aan de meetraaien aan de rand van het tijgebied gegeven, evenals het grootste en het kleinste daggemiddelde, en de 5 en 95 percentielen. Zoals de tabel toont, brengt gemiddeld van al die meetlocaties aan de rand van het tijgebied, de locatie Melle het grootste bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Tweede belangrijkste is de aanvoer vanuit de Dijle te Haacht. Daarna zijn de Dender te Dendermonde (Appels) en de Zenne te Eppegem de grootste aanbrengers van zoetwater.

	Kl. Nete te Grobbendonk	Gr. Nete te Itegem	Zenne te Eppegem	Dijle te Haacht	Dender te Dendermonde	Schelde te Melle
minimum	1,0	0,8	4,0	5,6	0,4	-2,3
5%-percentiel	1,6	1,5	4,7	7,4	1,6	2,4
gemiddeld	**6,0**	**4,6**	**8,9**	**19,4**	**9,9**	**23,3**
95%-percentiel	18,1	11,7	20,8	50,5	36,6	90,6
maximum	33,7	21,4	70,6	75,6	103,0	300,8

*Tabel 18 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, **jaar 2011** (alle bovendebieten zijn in m³/s)*

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Zoals hoger al aangehaald, lijken de benamingen Grote Nete en Kleine Nete beter om-gedraaid te zijn. In alle percentielen, gemiddelden, minima en maxima levert de Kleine Nete meer bovenafvoer dan de Grote Nete. Dit wordt, over hun volledige lengte toe, nog versterkt door de multiplicator waarmee het hydrografisch gebied van beider moet worden vermenigvuldigd om de afvoer van de meetraai naar de uitmonding van beide Nete's in de Beneden-Nete te bepalen (zie 2.3.1). Voor de Kleine Nete is dat 1,46 en voor de Grote Nete 1,35. Dat wil zeggen dat het gemiddelde bovendebiet van de Kleine Nete uiteindelijk 8,8 m3/s aan de uitmonding in de Beneden-Nete wordt (nl. 6,0 x 1,46), tegen "maar" (...) 6,2 m3/s voor de Grote Nete aan haar uitmonding in diezelfde Beneden-Nete (nl. 4,6 x 1,35) te Lier. Hoe relatief zijn de adjectieven "kleine" en "grote" dan ?

Om toch nog even op de locaties van de meetraaien te blijven: de daggemiddelde boven-debieten aan de randen van het tijgebied, worden volgens de klassieke behandelingswijze (zgde methode ir. R. Codde, sinds 1949) in eerste instantie omgezet naar tiendaagse gemiddelden, meerbepaald naar de drie opeenvolgende decades van elke kalender-maand, zesendertig decades per kalenderjaar. Uiteraard zijn er ook maand-, seizoen- en jaar-gemiddelden. Maar de decade-gemiddelden zijn daarbij de fysisch betere, aangezien ze mooi de variabiliteit van de bovendebieten aantonen.

Vanuit deze decade-waarden worden nadien bovendebieten (ook per decade) bepaald aan de uitmonding van de verschillende betrokken tij-rivieren in afwaartse, dus voor "volledige" rivieren, bvb. de Dender, de Zenne, de Dijle, de Grote Nete en de Kleine Nete, telkens genomen wanneer zij in een afwaarts tijregime uitmonden, zoals bvb. de Boven-Zeeschelde, de Rupel, de Beneden-Nete enz. Deze decade-waarden zijn gemiddelden die zonder enige tijdsvertraging van de raai waar ze gemeten en bepaald worden, naar de monding van hun rivier worden doorgerekend.

Er wordt ook nog een verdere -en belangrijke- doorrekening gedaan naar wat genoemd wordt "de Schelde te Schelle" dus aan de samenvloeiing van Boven-Zeeschelde en Rupel. Ook hier werd tot voor enkele jaren zonder enige tijdsvertraging doorgerekend, dus werd -decade per decade- aangenomen dat alle aanvoer van bovendebiet aan de meetraaien gedurende elke decade, in diezelfde decade ook Schelle passeert.

Dat alles maakt deel uit van de berekeningswijze van ir. R. Codde, waarover later in dit rapport meer, als ook de nieuwe methode gepresenteerd wordt waar er niet per tiendaagse (decade) maar per vijfdaagse periode (pentade) de afvoer te Schelle wordt bepaald, en waarbij ook een tijdsvertraging wordt ingerekend van elke meetraai van bovendebieten naar Schelle toe.

De berekening van de bovendebieten van "de Schelde te Schelle" zijn belangrijk aangezien zij de bovenaanvoer betekenen van "zoet water" vanuit het hydrografische bekken naar de ("praktische") Beneden-Zeeschelde. Die aanvoer heeft een grote impact op het aandeel van zout zeewater in die Beneden-Zeeschelde, dus regelt in belangrijke mate de seizoensmatige grootte van de conductiviteit en het chloridegehalte. Meteen regelt het ook de verplaatsingen van de zogenaamde zone van het turbiditeits-maximum in diezelfde Beneden-Zeeschelde, en oefent het seizoenale invloed uit op meer of minder aanzanding/aanslibbing in bepaalde delen van de Beneden-Zeeschelde.

De decade- en maand-gemiddelden voor de meetlocaties aan de randen van het tijgebied zijn volgens die klassieke manier van berekenen en voorstellen, dus per decade en zonder tijdsvertraging, in de volgende tabel als voorbeeld samengebracht; de tabel handelt ook hier over het jaar 2011.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Overzicht 2011 tiendaags en maandgemiddeld debiet (m3/s) aan de randen van het tijgebied

	Boven-Schelde Melle	Dender Appels	Zenne Eppegem	Dijle Haacht	Grote Nete Itegem	Kleine Nete Grobbendonk
JANUARI						
Decade 1	82,2	31,5	18,3	47,2	14,3	20,5
Decade 2	124,1	50,4	28,3	69,5	20,0	30,7
Decade 3	33,5	20,2	9,8	40,5	10,8	16,9
Maand	**78,4**	**33,6**	**18,5**	**52,0**	**14,9**	**22,5**
FEBRUARI						
Decade 1	17,8	10,8	8,0	24,7	7,8	11,9
Decade 2	21,4	13,4	9,2	30,7	9,5	17,0
Decade 3	55,8	21,6	11,2	24,2	8,6	14,7
Maand	**30,0**	**14,8**	**9,3**	**26,7**	**8,6**	**14,5**
MAART						
Decade 1	27,8	11,8	7,5	20,4	8,2	13,6
Decade 2	20,8	8,2	7,2	18,7	6,8	9,8
Decade 3	14,9	7,6	7,1	15,5	6,0	8,6
Maand	**21,0**	**9,2**	**7,3**	**18,2**	**7,0**	**10,6**
APRIL						
Decade 1	12,3	6,1	7,0	17,0	5,9	7,3
Decade 2	10,9	4,7	6,0	12,2	4,4	5,6
Decade 3	12,2	4,3	6,0	6,8	3,8	4,4
Maand	**11,8**	**5,0**	**6,4**	**12,0**	**4,7**	**5,8**
MEI						
Decade 1	6,4	2,9	5,4	8,7	3,0	3,4
Decade 2	6,8	2,7	5,5	8,8	2,6	3,2
Decade 3	7,1	2,0	6,3	7,4	1,8	2,1
Maand	**6,7**	**2,5**	**5,7**	**8,3**	**2,4**	**2,9**
JUNI						
Decade 1	7,2	1,8	7,1	13,0	3,2	3,1
Decade 2	9,1	2,7	8,0	12,0	3,1	4,2
Decade 3	9,6	4,0	8,1	16,8	4,5	4,2
Maand	**8,6**	**2,8**	**7,7**	**14,0**	**3,6**	**3,8**
JULI						
Decade 1	5,5	1,8	5,3	12,1	2,6	2,9
Decade 2	13,7	3,8	8,1	15,0	3,3	3,9
Decade 3	11,5	4,3	6,6	14,4	3,3	3,7
Maand	**10,3**	**3,3**	**6,7**	**13,8**	**3,1**	**3,5**
AUGUSTUS						
Decade 1	8,8	3,8	8,3	13,3	4,1	4,2
Decade 2	12,6	7,2	13,2	25,7	6,9	7,3
Decade 3	23,1	11,4	15,1	32,1	9,9	10,5
Maand	**15,1**	**7,6**	**12,3**	**24,0**	**7,1**	**7,4**
SEPTEMBER						
Decade 1	16,7	8,1	12,3	23,0	5,7	8,6
Decade 2	9,7	4,5	7,6	16,9	4,5	6,8
Decade 3	6,6	2,9	5,7	11,7	3,5	4,4
Maand	**11,0**	**5,1**	**8,6**	**17,2**	**4,6**	**6,6**
OKTOBER						
Decade 1	8,7	3,5	9,4	15,4	3,9	4,9
Decade 2	5,3	2,8	7,5	14,1	4,0	5,7
Decade 3	6,5	3,2	7,4	12,9	3,8	4,6
Maand	**6,8**	**3,2**	**8,1**	**14,1**	**3,9**	**5,1**
NOVEMBER						
Decade 1	7,6	2,8	7,2	14,7	4,4	4,9
Decade 2	4,5	2,8	6,7	12,9	3,8	4,0
Decade 3	2,6	3,7	6,6	12,9	3,8	4,0
Maand	**4,9**	**3,1**	**6,9**	**13,5**	**4,0**	**4,3**
DECEMBER						
Decade 1	16,4	8,1	11,2	22,1	5,8	8,9
Decade 2	143,6	51,8	28,8	48,6	15,0	25,9
Decade 3	61,7	24,3	13,2	37,5	12,3	20,9
Maand	**73,5**	**27,9**	**17,6**	**36,1**	**11,1**	**18,6**
JAAR	**23,2**	**9,8**	**9,6**	**20,8**	**6,3**	**8,8**

Tabel 19 - Zeescheldebekken: bovendebieten aan de meetraaien - 2011 tiendaagse en maandelijkse gemiddelde waarden (alle debieten zijn in m³/s)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.2.2 wasregimes

Elk jaar worden de doorgaans lange periodes van gemiddelde, kleine en zeer kleine afvoer, "onderbroken" door enkele aparte dagen of bvb. twee weken van grote en zeer grote afvoer. Dan wordt gesproken van was-regimes, met dagenlang een zeer grote afvoer. Het hoeft niet aan alle randen van het tijgebied tegelijkertijd om een wasregime te gaan. Bij bvb. langdurige hevige neerslag in de Vlaanders en Noord-Frankrijk, of plotse dooi van sneeuw aldaar, zullen Bovenschelde en Leie lang zeer veel bovenafvoer naar het Gentse kennen en volgt een wasregime in de Boven-Zeeschelde tussen Gent en Dendermonde. Het kan dat tegelijk niet een zeer grote bovenafvoer in het Netebekken bestaat als daar niet tegelijk ook langdurig veel neerslag viel. De tussenin gelegen rivieren zullen nog een ander afvoerbeeld kunnen geven, alles afhankelijk van de duur en de intensiteit van de neerslag-verdeling. Of zoals het spreekwoordelijke "*hier en daar een bui*" wordt "*hier en daar een was*" … Maar het kan dus ook dat op alle meetraaien van bovenafvoer naar het Zeescheldebekken, een was-regime heerst, eventueel op de ene plaats nog flinker dan elders.

Uiteraard verschilt het beeld van wasregimes sterk van jaar tot jaar. In elk MONEOS-jaarboek wordt er nader op ingegaan, gezien de belangrijke invloeden van wasregimes op het tijregime in vooral de meest opwaartse delen van het tijbekken, en op bvb. turbiditeit-zone's en het chloride-gehalte in vooral de Beneden-Zeeschelde. *In dit basisrapport wordt ingezoomd op het jaar 2011. Het eigenlijke jaarboek 2012 handelt aansluitend over het jaar 2012.*

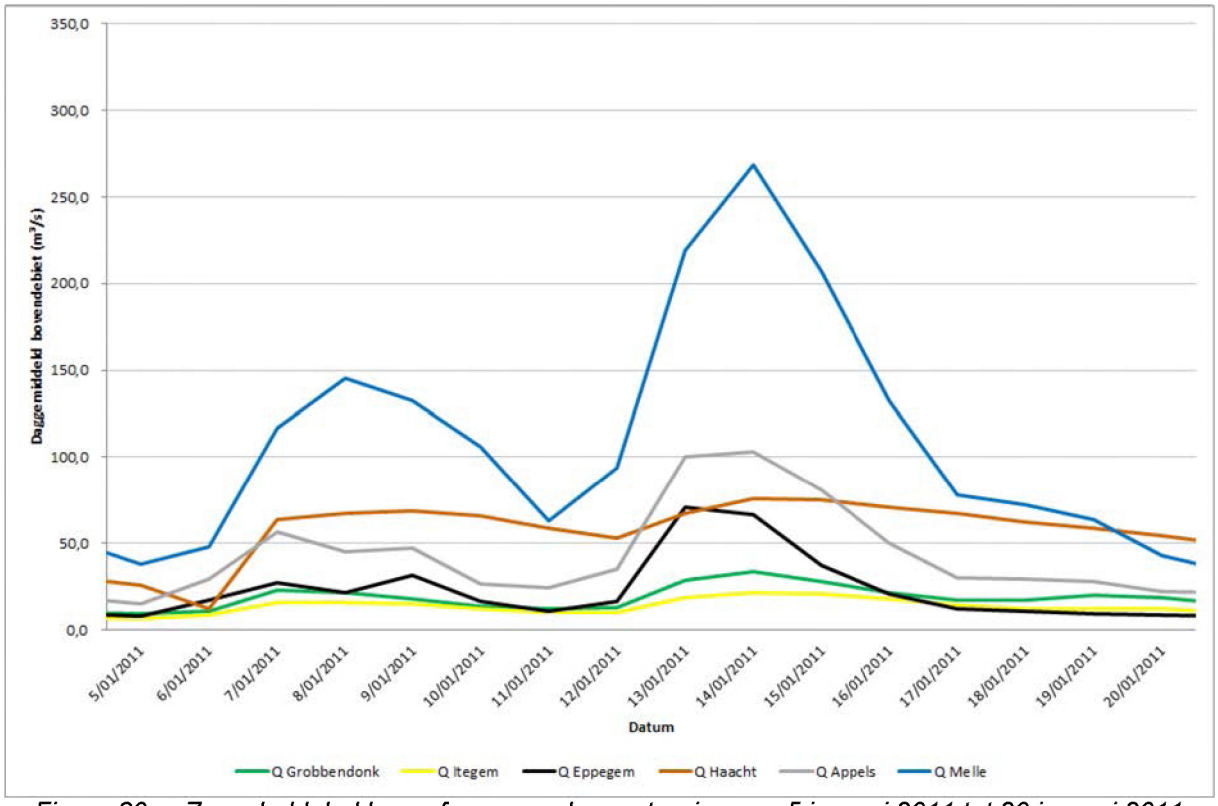
2.2.2 - a wasregime januari 2011

Het eerste wasregime ging van begin januari tot eind januari 2011 (figuur 58). Het is gekenmerkt door 2 pieken, waarbij vooral de 2^{e} piek sterk verhoogd was. We merken op dat deze twee pieken in min of meerdere mate ter hoogte van alle meetposten merkbaar zijn, zij het dat deze te Melle sterkst voelbaar is, gezien de relatieve grootte van de debieten daar. Vooral via de Zeeschelde, de Dijle, de Dender en de Zenne werden toen grote bovendebieten afgevoerd. Bij de Grote Nete en de Kleine Nete was dit veel minder het geval. Tijdens de piek van 13-16 januari 2011 traden op verschillende plaatsen overstromingen op.

De oorzaak van deze grote afvoeren was eerder een combinatie van (relatief normale) neerslag op een verzadigde bodem (mede door smeltende sneeuw). Na de grote overstromingen van de tweede decade van november 2010 (waarin te Ukkel een zeer uitzonderlijke neerslag sinds het begin van de metingen in 1901 werd opgetekend, nl. 124,7 mm tegenover een normale waarde van 68,3 mm), was de neerslag in alle daaropvolgende decades normaal (tabel 20) (Boeckx et al. 2011).

Het optreden van een wasregime kan dus niet enkel met de duur en de intensiteit van de betrokken periode zelf te maken hebben, maar ook met wat aan neerslag of sneeuw viel in de voorgaande weken, en of die neerslag vlot weg kon (als oppervlakte-afvoer of indringing bodem) dan wel dat bvb. sneeuw op een bevroren ondergrond bleef liggen en door opeens een warmtegolf plots kon dooien dus even plots al een flinke afvoer veroorzaakte.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 80 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien van 5 januari 2011 tot 20 januari 2011

Maand	Decade	Neerslaghoeveelheid winter 2010-2011 (Ukkel, KMI) (mm)	Gemiddelde neerslaghoeveelheid (Ukkel, KMI) (mm)	Beschrijving
November	2	86,8	21,8	zeer uitzonderlijk
	3	10,8	25,2	normaal
December	1	26,7	24,5	normaal
	2	31,1	26,9	normaal
	3	18,4	29,7	normaal
Januari	1	31,1	27,2	normaal
	2	43,8	16,6	uitzonderlijk

Tabel 20: decade-neerslagen november 2010 à januari 2011

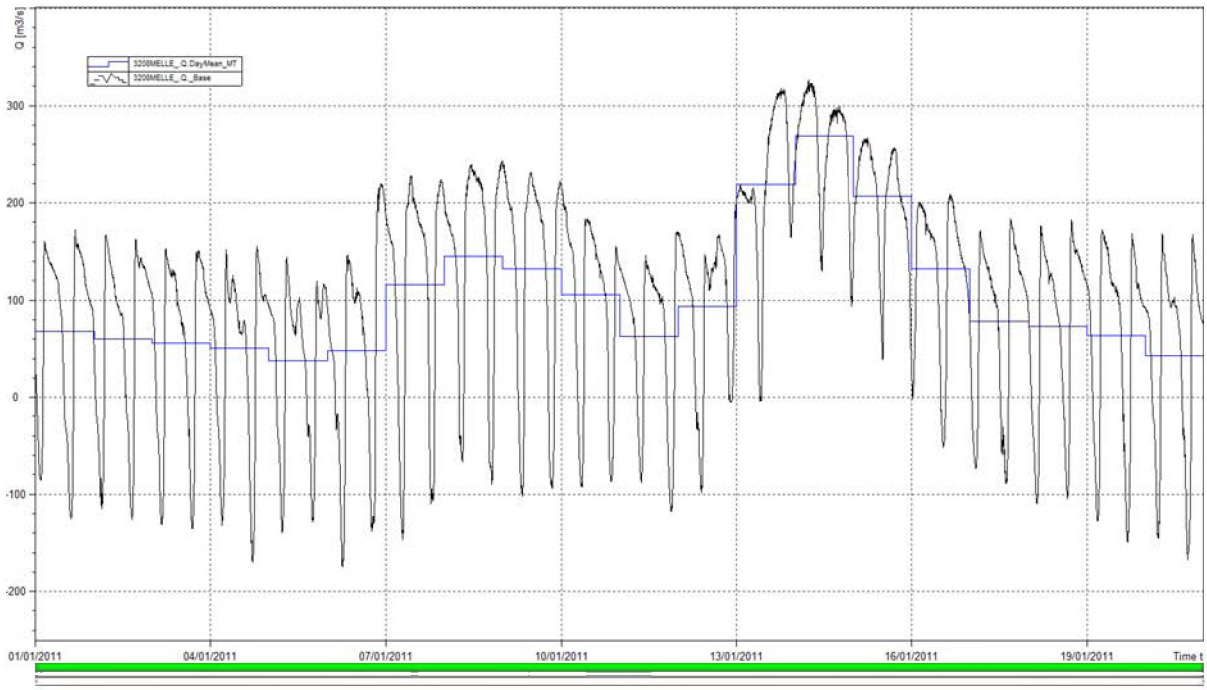
Hoewel de gemeten neerslagen uit Tabel 20 net voorafgaande aan het overstromingsevent van 13-16 januari 2011 normaal waren, dient wel de belangrijke kanttekening gemaakt te worden dat veel van deze neerslag viel als sneeuw en door de lage temperaturen bleef liggen. Met Kerstmis 2010 lag in het westen van Vlaanderen 0-5 cm sneeuw, en in de rest van Vlaanderen 10 tot 30 cm. Ten zuiden van Samber en Maas bedroeg de dikte van de sneeuwlaag nog 30-40 cm en in de Oost-kantons tot 70 cm dik. In Vlaanderen smolt de sneeuw tijdens de kerstvakantie, doch in de Oost-kantons zette de dooi zich pas stevig in op donderdag 6 januari, wat in combinatie met de neerslag leidde tot enkele overstromingen in Wallonië.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De sneeuwsmelt net voorafgaand aan 13 januari, gecombineerd met de neerslag voorafgaand aan de gebeurtenissen, zorgden voor een verzadigde bovenlaag van de bodem. Regent het dan enkele dagen flink, kan zeker een wasregime verwacht worden.

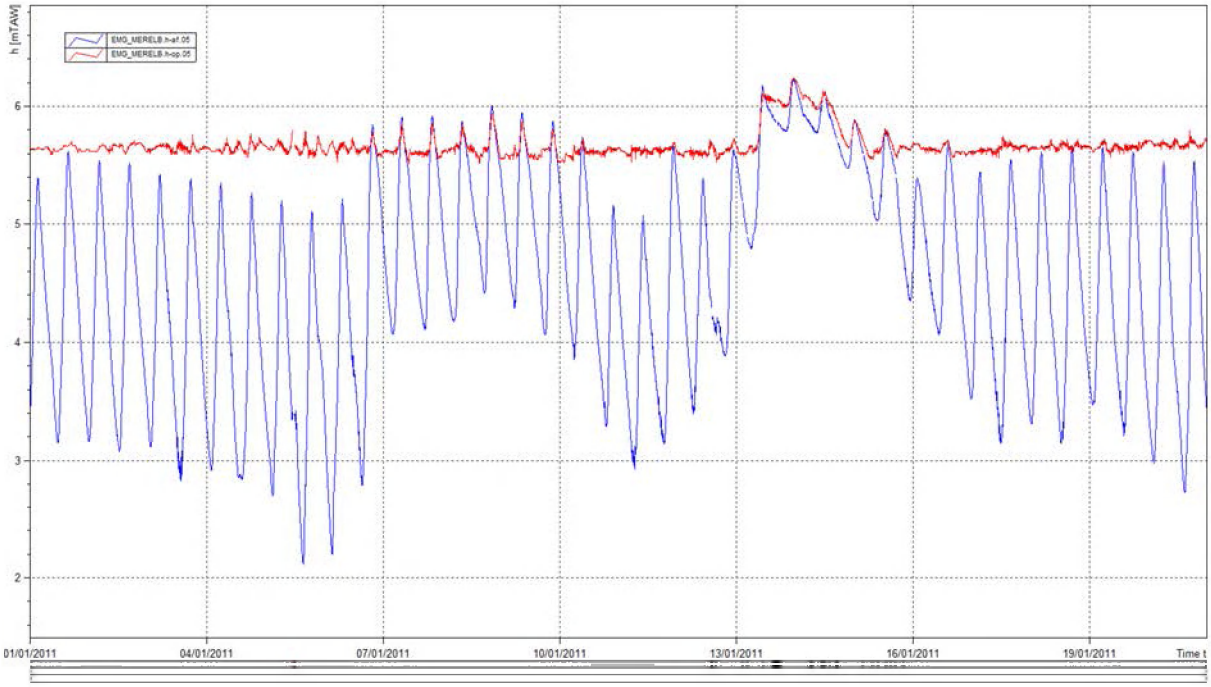
Voor de **Zeeschelde te Melle** toont figuur 71 de evolutie van de continue en de dag-gemiddelde debieten. De Zeeschelde te Melle is een rechtstreeks aan het getij onderworpen rivier, dus gaat er vloed en eb. In periodes van kleine bovenafvoer zijn vloed- en ebvolumes van eenzelfde orde van grootte. Het overschot aan totaal ebvolume per etmaal op het totaal vloedvolume van dezelfde dag, geeft een klein resulterend bovendebiet naar zee. Let wel: het gaat hier om eenzelfde orde van grootte van volumes, daar de duurtijden van vloed en eb duidelijk verschillen. Bij het toenemen van de bovenafvoer worden zowel de duur van de vloed als het vloedvolume kleiner t.o.v. deze bij eb. De mate waarin hangt af van de grootte van de bovenafvoer, al kan ook de sterkte van het afwaartse getij een (doch kleinere) rol spelen. Zoals te zien op figuur 59 is in de periode 13-16 januari 2011 het verloop van het ogenblikkelijk debiet op deze drie dagen gans anders dan op de voorgaande dagen. Er is immers gedurende enkele dagen géén vloed meer, doch er heerst te Melle steeds eb. Het water gaat -als een schijngetij- nog wel steeds op en neer, doch zoals bij wasperiodes het geval is, met flink verhoogde laag- en hoogwaterstanden en met slechts een klein tijverschil.

Figuur 72 toont gedurende deze periode de evolutie van de waterstanden op- en afwaarts Merelbeke, uiteraard beïnvloed door hoge afvoerdebieten vanuit Leie en Bovenschelde via de Ringvaart. Ook hier merken we duidelijk de twee pieken op, met hogere waarden en de meeste afvoer beïnvloede waterstanden in de periode 13-16 januari 2011. In deze laatste periode zijn de laagwaters te Merelbeke vaak hoger dan de hoogwaters in normale periodes, wat duidt op een flink afvoer-beïnvloed laagwater. In de eerste piekperiode (7-10 januari 2011) merken we ook verhoogde laagwaterstanden op maar niet in die mate dat ze hoger komen dan de normale hoogwaterstanden ter hoogte van deze locatie.



Figuur 81 - Evolutie van de continue (10-minuut) en daggemiddelde debieten op de Zeeschelde te Melle voor de periode 1/1/2011 – 20/1/2011

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

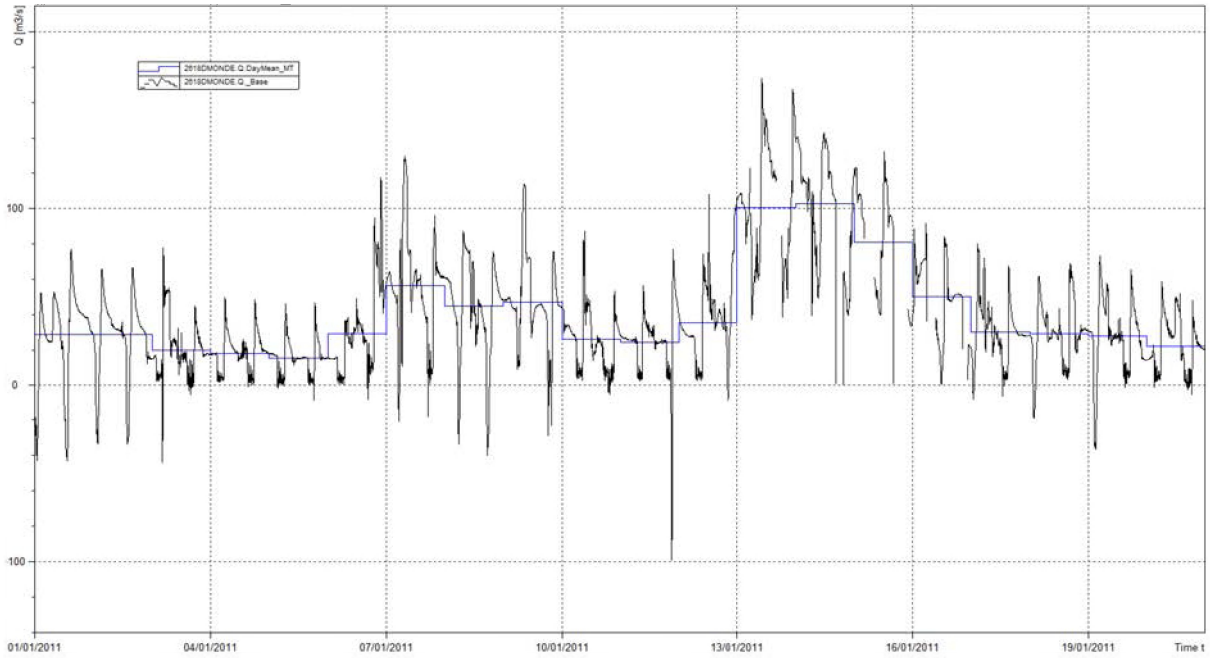


Figuur 82 - Evolutie van de peilen op- en afwaarts de stuwen te Merelbeke op de Ringvaart voor de periode 1/1/2011 – 20/1/2011.

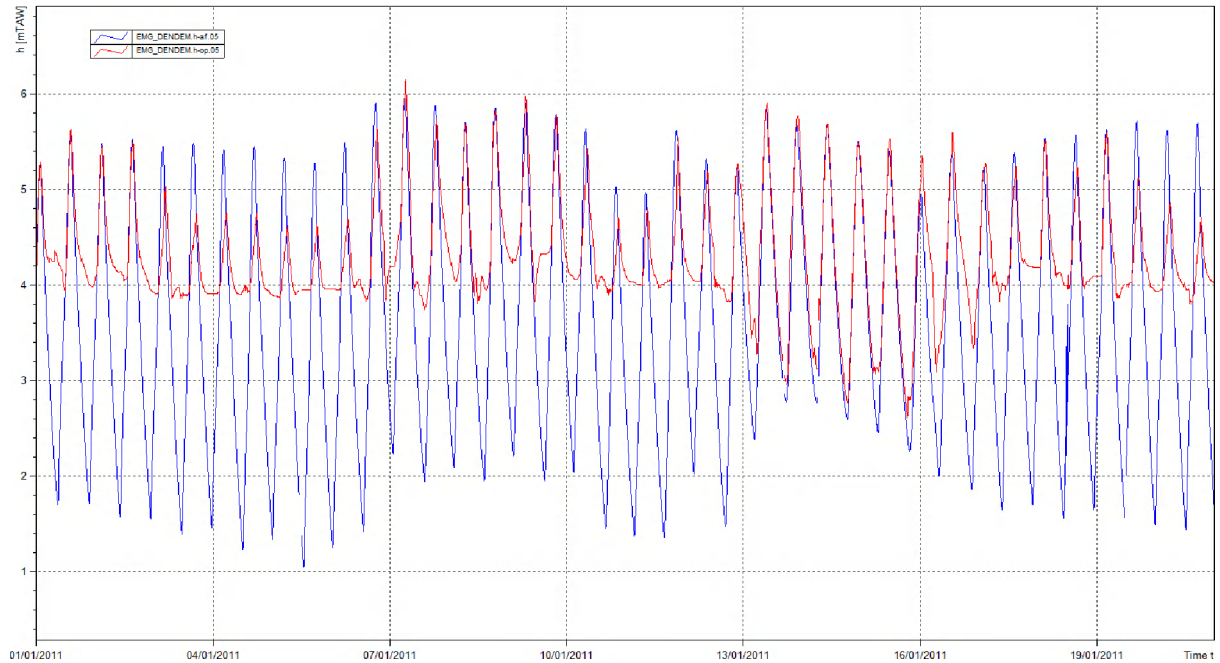
In blauwe lijn wordt het getijverloop getoond van de tijarm van de Ringvaart net afwaarts van het complex van sluizen en stuwen te Merelbeke. In rode kleur wordt de waterstand van de kanaal-Ringvaart opwaarts van dat complex gegeven. Er zijn duidelijk twee periodes waarin een schijn-getij op die kanaal-Ringvaart is opgetreden. In de eerste periode bleef de waterstand onder TAW +6,00 m doch in de tweede periode ging die waterstand ruim anderhalve dag boven dat peil. Op zich schept dat een begin van mogelijke overstromingen langs de Ringvaart, het beperken van de binnen-scheepvaart, en het beperken van waterafvoer van Bovenschelde en Leie naar Gent. De stuwen te Evergem zorgen dan alvast voor een vergrootte afvoer naar het Zeekanaal Gent-Terneuzen, wat echter ook aan beperkingen onderhevig is zoals overstromingsgevaar van het Moervaartbekken en zoals wat er te Terneuzen naar de Westerschelde kan afgevoerd worden gezien getij op die Westerschelde en gelet op de belangen van de scheepvaart aan de sluizen te Terneuzen.

Voor de **Dender te Dendermonde (Appels)** toont figuur 73 dezelfde periode van verhoogde afvoeren van eind januari 2011, met ook hier de invloed van de hoge afvoerdebieten op de hoog- en vooral laagwaters in de Schelde voor deze periode, te merken op figuur 74. Hierbij valt ook op dat in de periode 13-16 januari 2011 de stuw van Dendermonde heel de tijd maximaal werd opengezet om het overtollige water van bovenaf weg te krijgen. Hierdoor treedt in het meest afwaartse vak van de Dender een flink schijngetij op, zoals te zien in de onderste grafiek (zie de rode grafieklijn).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 83 - Evolutie van de continue (10-minuut) en daggemiddelde debieten op de Dender te Dendermonde (Appels) voor de periode 1/1/2011 – 20/1/2011

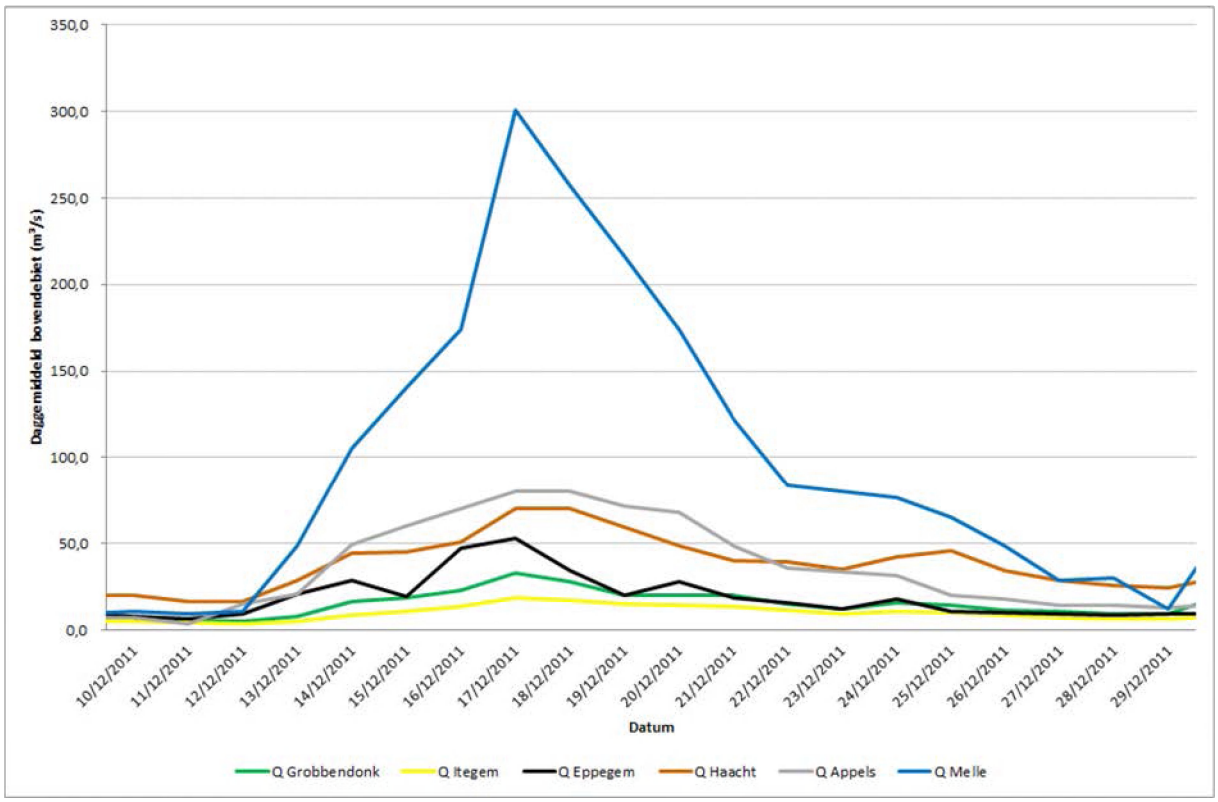


Figuur 84 - Evolutie van de peilen op- en afwaarts de stuwen te Dendermonde voor de periode 1/1/2011 – 20/1/2011.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.2.2 - b wasregime december 2011

Een tweede wasregime kwam in het kalenderjaar 2011, *jaar waarin in dit basisboek bij uitstek voorbeelden gehaald worden*, voor half december 2011, meerbepaald tussen 15 en 20 december. Zoals te merken op de onderstaande figuur trad deze wasperiode vooral op de Zeeschelde te Melle op, door verhoogde afvoer vanuit Noord-Frankrijk via de Leie en de Bovenschelde. De andere randen van het getijbekken zijn in veel mindere mate gekenmerkt geweest door verhoogde afvoeren, wat voor deze periode het regionaal karakter van de gevallen neerslag aanduidt. Weliswaar werd de afvoer op de andere rivieren ook iets vergroot, doch de mate waarin is veel, zeer veel kleiner dan wat het verloop van de Schelde te Melle te zien geeft.



Figuur 85 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in december 2011

Eind november waren de afvoeren op de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen vrij stabiel, maar vrij klein zelfs aanleunende bij de minima voor die periode van het jaar. De neerslag in de hele maand november was zeer uitzonderlijk laag, zelfs het minimumrecord sinds 1981. En dan kwam de periode van flinke neerslag in vooral de Vlaanders en Noord-Frankrijk.

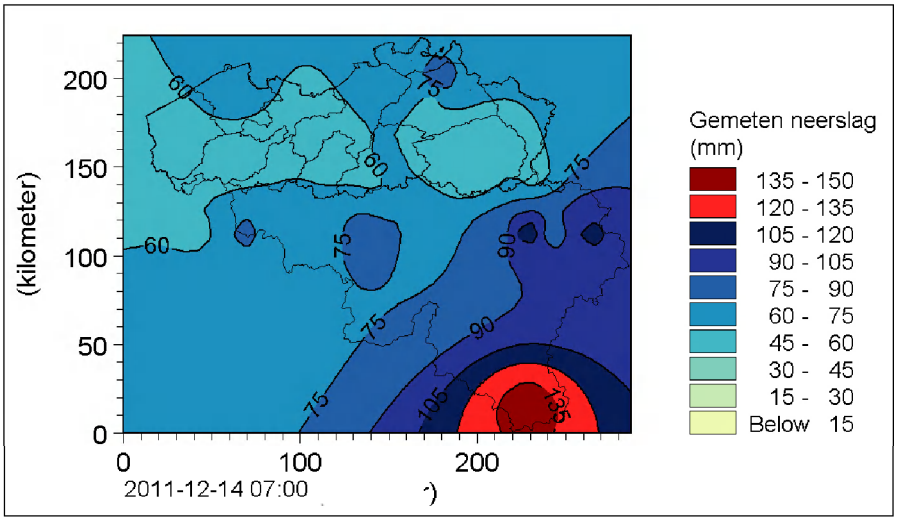
Om de verdeling van die neerslag mooi te tonen, zijn op de volgende bladzijden enkele kaartjes afgebeeld met de gemeten neerslag per periode en in kleurcode's, gelegd over een kaart met de contouren van België en de verschillende hydrografische rivierbekkens in Vlaanderen. Zodoende kan de gevallen neerslag geografisch goed worden voorgesteld.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Maand	Decade	Gemeten neerslag (Ukkel) (mm)	Normale neerslag (Ukkel) (mm)	
September	1	59,8	22,1	Abnormaal hoog
September	2	23,3	27,4	Normaal
September	3	0	19,3	Zeer uitzonderlijk laag
Oktober	1	31,4	29,6	Normaal
Oktober	2	10,6	19,3	Normaal
Oktober	3	6,8	22,8	Normaal
November	1	4,9	22,8	Abnormaal laag
November	2	0,1	28,7	Uitzonderlijk laag
November	3	3,5	25,2	Zeer abnormaal laag
December	1	33,8	24,5	Normaal
December	2	96,1	26,9	Uitzonderlijk hoog

Tabel 21: Overzicht neerslag te Ukkel in de periode voor en tijdens de was van december 2011 (bron: KMI)

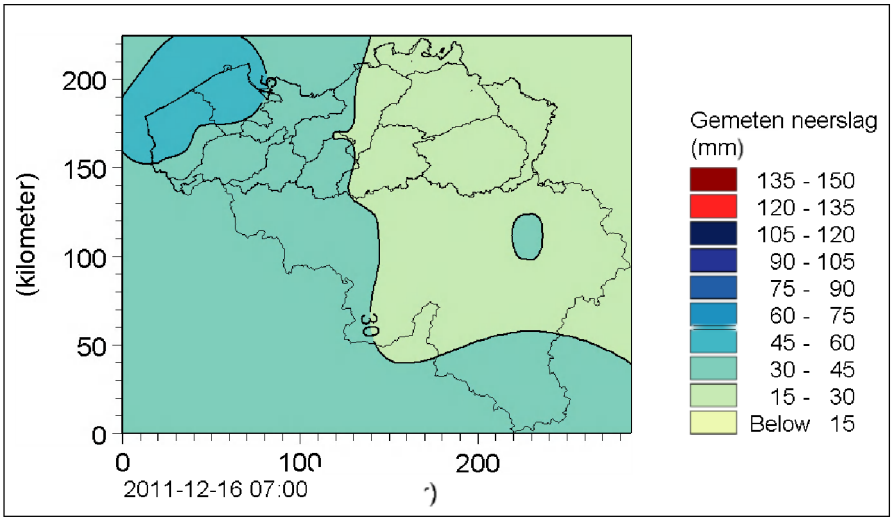
Begin december begon het opnieuw te regenen, en de neerslag in de eerste decade was normaal. Tot 14 december viel er 45-60 mm in het grootste deel van Vlaanderen. In Wallonië en vooral op de bovenlopen van de Maas viel aanzienlijk meer neerslag.



Figuur 86: Neerslag 1/12/2011 07:00 tot 14/12/2011 07:00, voorafgaand aan de was.

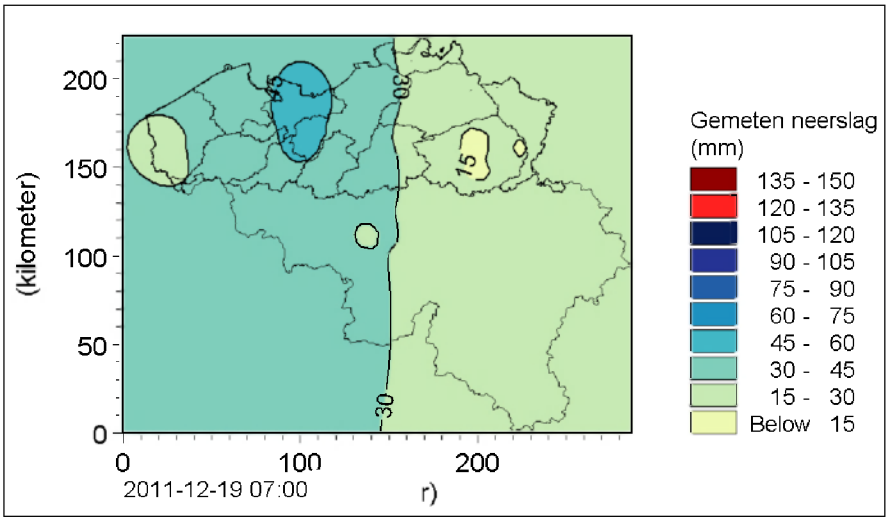
In de nacht van woensdag 14 op donderdag 15 december kreeg het westen van het land een eerste aanzienlijke hoeveelheid neerslag te verwerken. Tot vrijdagochtend viel er 40-55 mm neerslag over de bekkens van de IJzer, Brugse Polders en Gentse Kanalen. In de rest van het land waren de hoeveelheden kleiner en werd 20-30 mm geregistreerd.

FORMULIER: F-WL4PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 87: Neerslag 14/12/2011, 07:00u tot 16/12/2011 07u

De daaropvolgende ochtend (vrijdag 16 december) begon het opnieuw te regenen. In de namiddag werd het tijdelijk droog, nadien vielen tot en met maandagochtend 19 december nog kleinere hoeveelheden neerslag. Wederom vielen de grootste hoeveelheden in het westen van het land. Zo viel in de regio rond Gent 45-60 mm neerslag, aan de kust en in het IJzerbekken nog meer, en in het oosten minder tot ruim minder dan 30 mm.

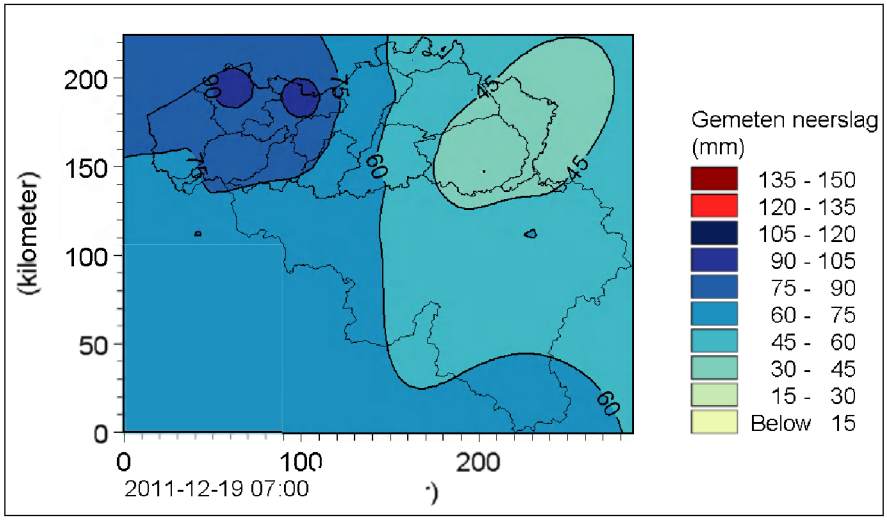


Figuur 88: Neerslag 16/12/2011, 07:00u tot 19/12/2011 07u

Tussen 14 en 19 december viel er 45-60 mm neerslag in het oosten van Vlaanderen en het grootste deel van Wallonië, in het westen van Vlaanderen viel tot 100 mm neerslag in het bekken van de Brugse Polders en de Gentse Kanalen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

*Een **cumulatief** beeld geeft volgend kaartje, nl. de gevallen neerslag van 14 t/m 19 december 2011.*



Figuur 89: Neerslag 14/12/2011, 07:00u tot 19/12/2011 07u

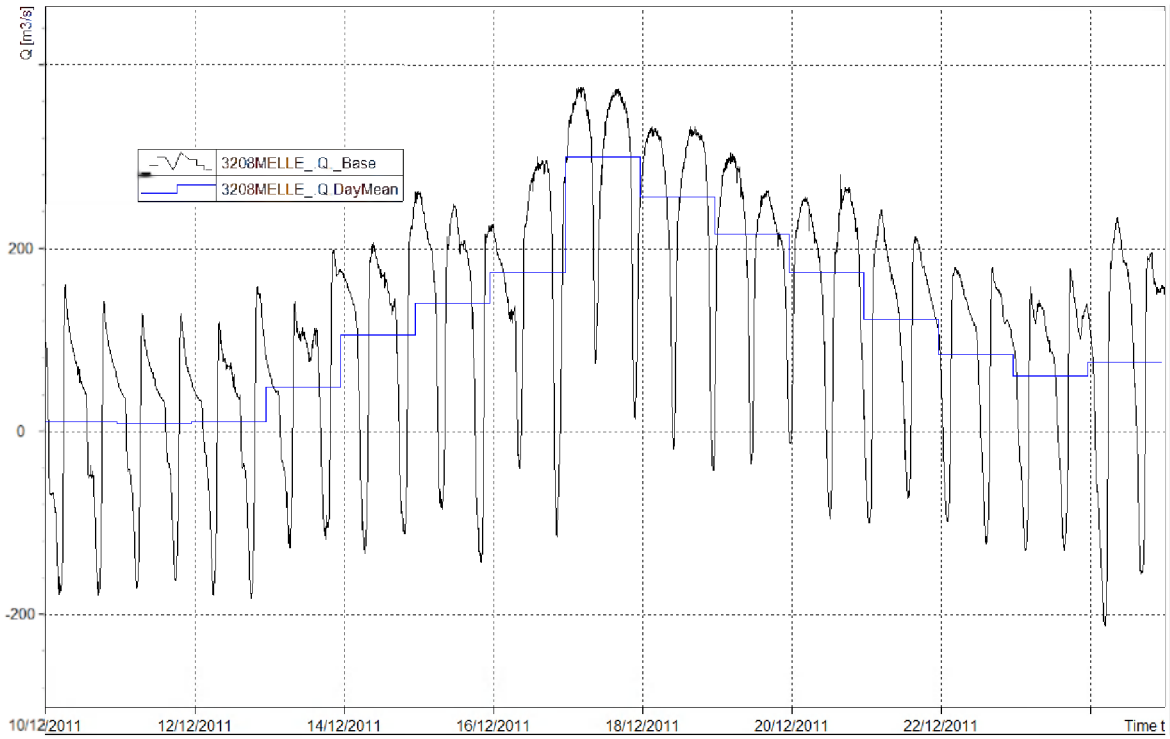
Daarmee is de neerslag in de tweede decade van december de grootste hoeveelheid sinds het begin van de waarnemingen in Ukkel (1901). Dit had, naast uiteraard effecten op de afvoer-debieten van de IJzer en de kanalen richting de kust, vooral effect op de bovendebieten van Leie en Bovenschelde, en dus ook op de afvoer te Melle, zoals te zien in figuur 68.

Voor de **Zeeschelde te Melle** toont die figuur het verloop van de continue en de dag-gemiddelde debieten. Zoals te zien op figuur 90 is er op 17 december 2011 géén vloed meer, doch er heerste die dag te Melle steeds eb. Het water gaat -als een schijngetij- nog wel steeds op en neer, doch zoals bij wasperiodes het geval is, met flink verhoogde laag- en hoogwaterstanden en met slechts een klein tijverschil.

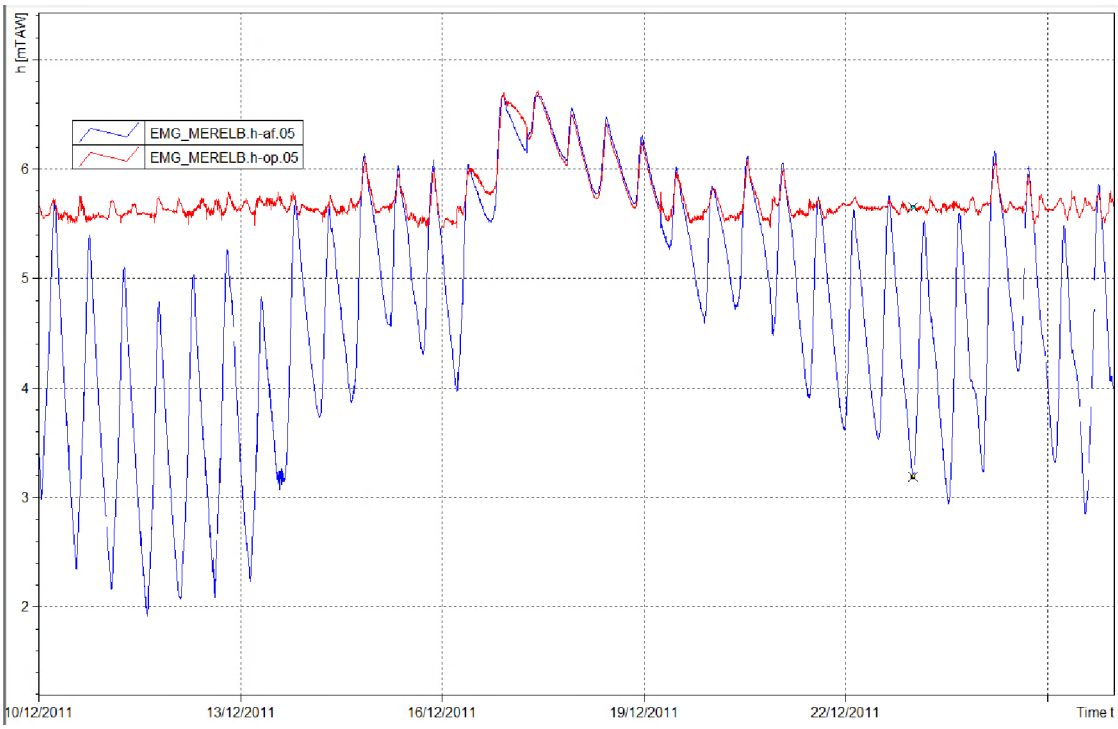
Figuur 91 toont gedurende deze periode de evolutie van de waterstanden op- en afwaarts het complex van sluizen en stuwen te Merelbeke, uiteraard beïnvloed door hoge afvoerdebieten vanuit Leie en Bovenschelde via de Ringvaart. In de periode van 17-18 december 2011 zijn de laagwaters te Merelbeke hoger dan de hoogwaters in normale periodes, wat duidt op een flink afvoer-beïnvloed laagwater.

Bovenal dient te worden gewezen op het feit dat gedurende iets meer dan twee dagen de waterstand in de kanaal-Ringvaart opwaarts Merelbeke, hoger was dan TAW +6,00 m, met een uitschieter tot bijna TAW +6,75 m. Zoals al enkele bladzijde eerder vermeldt, schept dit een begin van mogelijke overstromingen langs de Ringvaart, het beperken van de binnenscheepvaart, en het beperken van waterafvoer van Bovenschelde en Leie naar Gent. De stuwen te Evergem zorgen dan alvast voor een vergrootte afvoer naar het Zeekanaal Gent-Terneuzen, wat echter ook aan beperkingen onderhevig is zoals overstromingsgevaar van het Moervaartbekken en zoals wat er te Terneuzen naar de Westerschelde kan afgevoerd worden gezien getij op die Westerschelde en gelet op de belangen van de scheepvaart aan de sluizen te Terneuzen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 90 - Evolutie van de continue (10-minuut) en daggemiddelde debieten op de Zeeschelde te Melle voor de periode 10/12/2011 – 25/12/2011



Figuur 91 - Evolutie van de peilen op- en afwaarts de stuwen te Merelbeke op de Ringvaart voor de periode 10/12/2011 – 25/12/2011.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.2.2 - c het wasregime van november 2010 als extra informatie : een wasperiode met overstromingen

Als extra-informatie wordt hierna in dit basisboek even het bijzondere wasregime van medio november 2010 uitgetekend, waarbij in vele rivieren en kanalen opwaarts van het tijgebied verschillende dagenlange grote overstromingen, ook van bebouwing en industrie, optraden. Medio november 2010 trad immers een -relatief langdurige- periode van zéér grote bovenafvoer op. De navolgende tabel geeft een overzicht over de periode 10 t/m 20 november; het aantal dagen in de laatste kolom kan dus maximaal 11 zijn, wat duidelijk laat zien hoe groots de bovenafvoer toen was.

Na een periode van maritieme luchtstromingen verbonden aan een uitgestrekt lagedrukgebied over de Britse eilanden, werd het weer beïnvloed door frissere maritieme luchtstromingen aangevoerd door een anticycloon boven Scandinavië. Tenslotte kwam in die wasperiode de lagedrukkern dichter, nl. over Groot-Brittannië en het westen van Frankrijk.

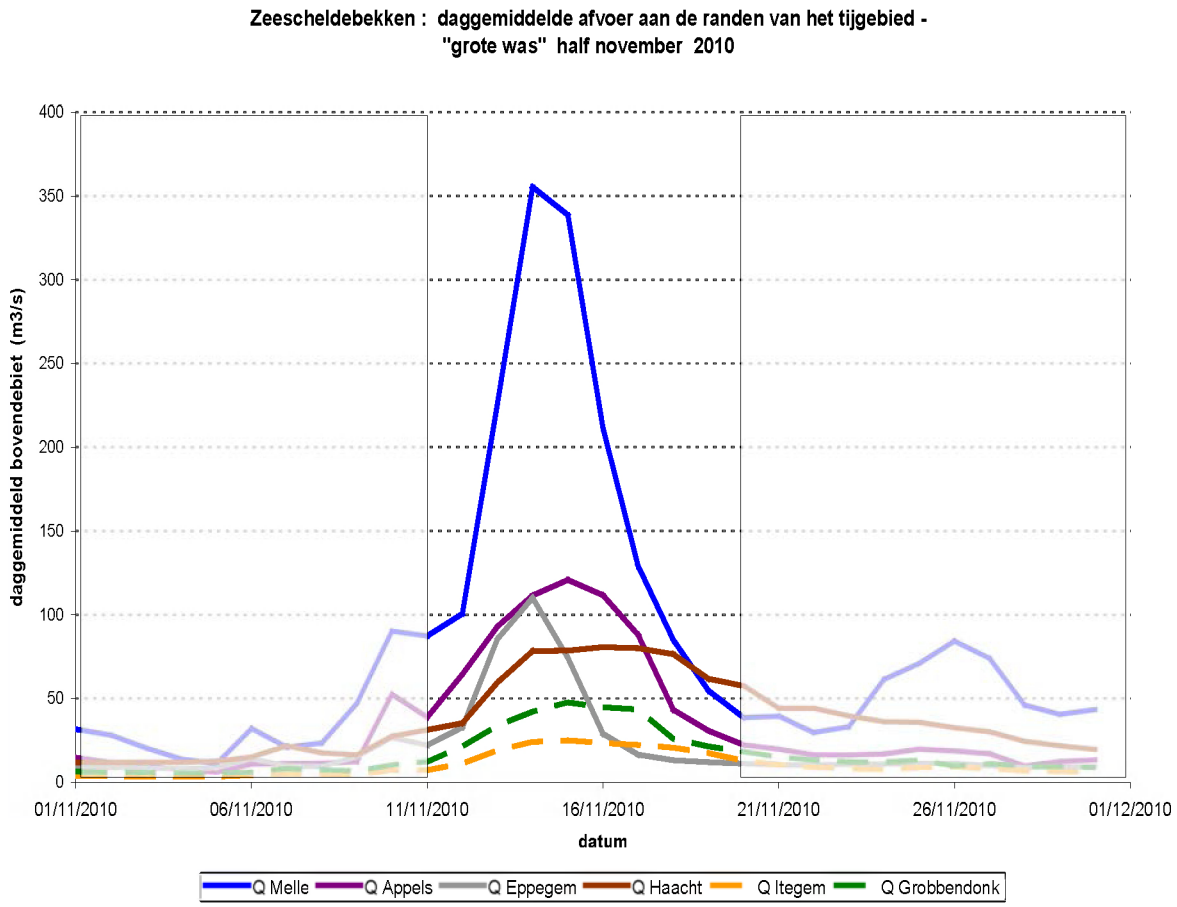
De neerslag was dagenlang zeer fel, met afwijkingen ten overstaande van de normale maand-waarde tot 200% (!!!) in de Kempen. De afwijkingen waren o.a. abnormaal aan de Kust, zeer abnormaal in de Polders, in Vlaanderen en in Brabant. De hoogste dagwaarden gingen tot bijna 70 mm en deden zich voor op de 12e en de 13e.

locatie	**kleinste daggemiddeld bovendebiet**	**gemiddeld bovendebiet ganse periode**	**grootste daggemiddeld bovendebiet**	**bijzonderheid** *(op 11 dagen)*
Zeeschelde te Melle	39	156	355	gedurende 6 dagen meer dan 100 m³/s
Dender te Appels	22	71	121	gedurende 10 dagen meer dan 30 m³/s
Zenne te Eppegem	11	39	110	gedurende 6 dagen meer dan 25 m³/s
Dijle te Haacht	31	61	81	gedurende 8 dagen meer dan 40 m4/s
Grote Nete te Itegem	7	17	25	gedurende 7 dagen meer dan 15 m³/s
Kleine Nete te Grobbendonk	12	29	48	gedurende 9 dagen meer dan 15 m³/s

Tabel 22 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de wasperiode van half november 2010, meerbepaald van 10 t/m 20 november dus over elf dagen beschouwd (alle debieten zijn in m³/s)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 92 geeft er een grafisch overzicht van: het verloop der daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied. Ook hier zijn aan linker- en aan rechterzijde de periodes vlak voor en vlak na het was-regime in een rechthoek aangeduid. Duidelijk is dat aan de meetraai te Melle een zeer groot bovendebiet optrad, en aan de meetraaien te Appels, Eppegem en Haacht grote boven-debieten. Te Itegem en Grobbendonk bleven de debieten gewoon. Ook hier moeten al die boven-debieten per locatie geprojecteerd worden aan wat als zeer groot, groot of normaal bovendebiet in het betrokken opwaarts hydrografisch bekken, en doorheen de dwarssectie, kan voorkomen. De debieten die in de laatste kolom als referentie gebruikt werden ("zoveel dagen een bovenafvoer groter dan een bepaalde waarde") zijn daarmee bepaald geworden.



Figuur 92 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van half november 2010 (alle bovendebieten zijn in m³/s)

Zoals de vorige figuur duidelijk laat zien, zijn de dagwaarden van afvoer aan de randen van het tijgebied op alle meetlocaties flink tot uitzonderlijk vergroot. Deze waarden kunnen ook in tabel-vorm worden aangehaald:

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

datum	Schelde te Melle	Dender te Appels	Zenne te Eppegem	Dijle te Haacht	Grote Nete te Itegem	Kleine Nete te Grobbendonk
01/11/2010	31.7	14.6	8.9	11.8	3.9	6.3
02/11/2010	28.0	11.7	8.9	11.8	3.6	5.8
03/11/2010	20.3	9.4	8.5	12.0	3.4	5.6
04/11/2010	13.8	7.5	8.1	11.8	3.4	5.2
05/11/2010	11.0	6.0	8.5	12.5	3.3	5.2
06/11/2010	32.0	10.8	14.0	15.0	4.3	6.1
07/11/2010	20.8	11.1	9.8	21.7	4.7	8.1
08/11/2010	23.4	11.3	9.3	17.5	4.5	7.3
09/11/2010	47.1	12.2	15.3	16.3	4.4	6.7
10/11/2010	**90.1**	**52.5**	**26.6**	**27.4**	7.1	10.3
11/11/2010	**87.3**	**38.9**	**22.1**	**31.2**	7.2	12.2
12/11/2010	**100.6**	**64.5**	**32.8**	**35.2**	11.0	**21.3**
13/11/2010	**226.3**	**93.0**	**85.5**	**59.5**	**19.0**	**33.7**
14/11/2010	**355.4**	**111.5**	**110.1**	**78.3**	**24.1**	**42.0**
15/11/2010	**338.6**	**120.8**	**74.2**	**78.6**	**24.9**	**47.6**
16/11/2010	**211.5**	**111.7**	**28.9**	**80.6**	**23.4**	**44.7**
17/11/2010	**129.1**	**88.0**	16.5	**80.0**	**22.2**	**43.5**
18/11/2010	**84.9**	**43.2**	13.1	**76.4**	**20.6**	**25.8**
19/11/2010	**54.6**	**30.7**	12.0	**61.8**	**17.3**	**21.3**
20/11/2010	38.6	**22.2**	11.0	**57.5**	12.9	**18.2**
21/11/2010	39.4	19.7	10.3	**44.1**	10.6	15.0
22/11/2010	29.7	16.3	10.3	**44.1**	8.9	13.2
23/11/2010	33.0	16.2	10.6	**39.6**	8.2	12.2
24/11/2010	61.4	16.9	10.7	**36.1**	7.6	12.0
25/11/2010	70.9	19.7	11.2	**35.8**	8.8	13.1
26/11/2010	84.2	18.6	11.3	32.6	9.1	9.7
27/11/2010	73.9	17.0	9.8	30.1	8.0	11.0
28/11/2010	46.1	9.7	8.9	24.4	6.8	9.7
29/11/2010	40.5	12.3	9.1	21.7	6.4	9.2
30/11/2010	43.3	13.2	9.3	19.6	6.0	8.7

Tabel 23 - Zeescheldebekken: bovendebieten aan de meetraaien - maand november 2010
(alle debieten zijn in m³/s)

In vorige tabel zijn de dagwaarden van bovenafvoer die het predicaat "was" verdienen, in vetjes aangeduid. De grootste dagwaarde per meetlocatie van die periode is bovendien tegen een grijze achtergrond geplaatst.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

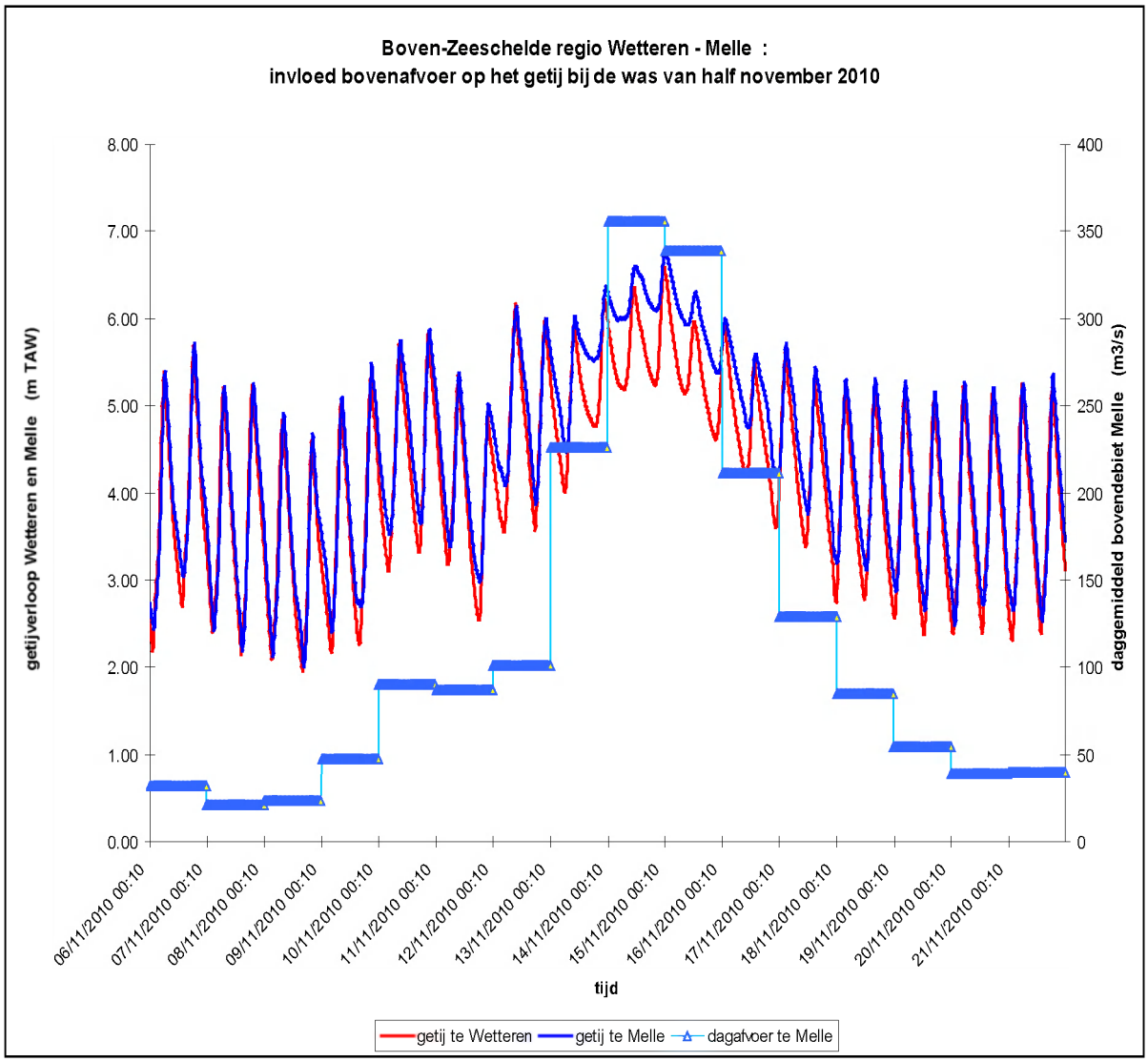
De invloed van een wasregime … twee maal eenzelfde locatie … droog en nat …

Figuur 93 - Dender te Geraardsbergen: twee maal eenzelfde kanaalbocht, bovenaan bij mooi droog weer, onderaan tijdens de wasperiode van november 2010 (foto's WL)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Uiteraard heeft het dagenlang optreden van zeer grote bovenafvoeren vanuit het niet-getij-gebied naar het Zeescheldebekken, beduidende invloed op het getij gehad. Die invloed kan zich uiteindelijk vrij ver naar afwaarts uitstrekken, maar bestaat vanzelfsprekend het snelst, het grootst en het langst in de opwaartse delen van het tijbekken.

De zeer grote bovendebieten van Schelde en Leie naar de Zeeschelde, met twee dag-waarden van meer dan 300 m³/s, gaven te Melle en bvb. te Wetteren, enkele laagwaters die hoger waren dan het langjarig gemiddeld hoogwater aldaar. Tegen een tienjarig gemiddelde hoogwater te Melle van TAW +4.93 m, zijn er half november 2010 toch vijf laagwaterstanden voorgekomen die hoger waren, tot zelfs 1,20 meter hoger ! De hoogwaterstanden bereikten in die dagen waarden tussen TAW +6.50 m en +6.80 m, zijnde hoogwaterstanden die -bij gemiddeld of matig bovenafvoer- door stormtijen vanuit zee kunnen bereikt worden. Daarbij hoort dat het getij vanuit zee gedurende de ganse wasperiode -komende van een springtijperiode- vrij rustig bleef, en gedurende de laatste dagen van de wasperiode het om doodtij-omstandigheden ging. Dit heeft uiteraard de afvoer van de was-debieten doorheen het Zeescheldebekken bevorderd.

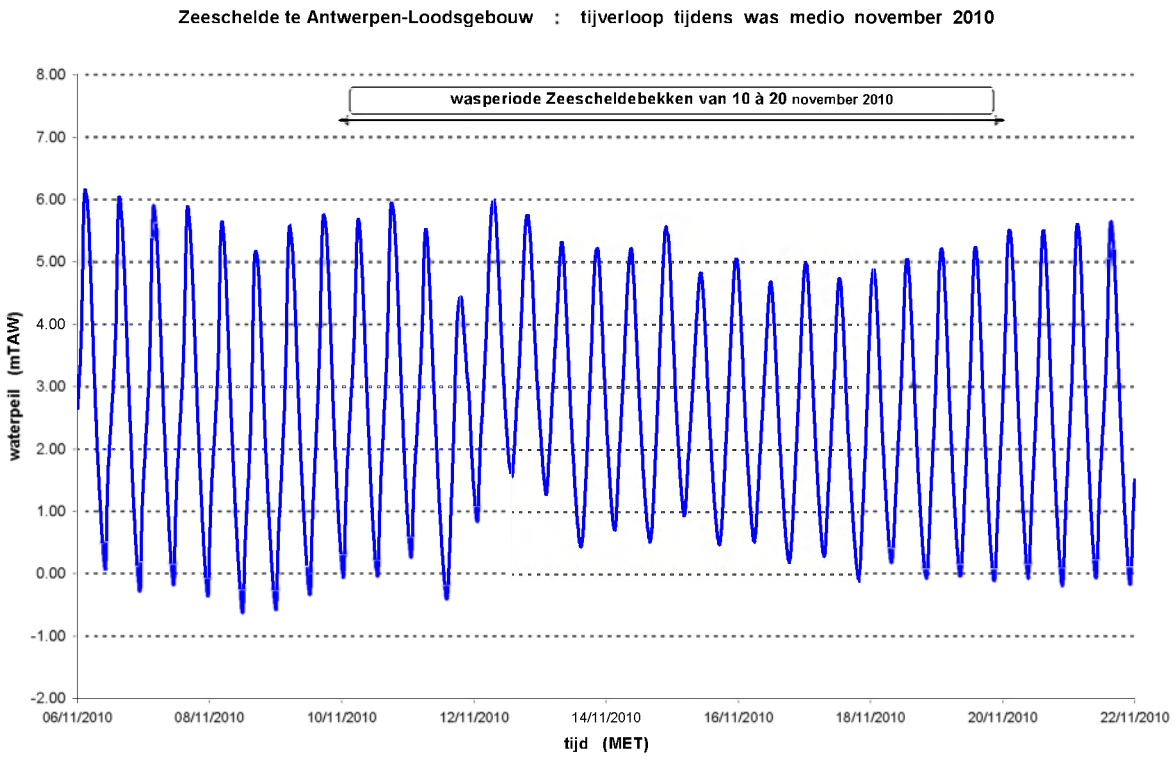


Figuur 94 - Zeeschelde te Wetteren en Melle : verloop van het getij onder invloed van de wasafvoer bij de wasperiode van half november 2010

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Voorgaande figuur toont de vrij snelle en fikse respons van de vergroting van de afvoer te Melle op het getij te Melle en bvb. te Wetteren. Reeds bij daggemiddelde bovendebieten rond 100 m³/s verhogen laag- en hoogwaters. Het alsdan relatief lage getij op 12 november is zuiver een gevolg van het getij vanuit zee, zie volgende figuur met het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw.

Bij danig vergroten van de wasafvoer op 13, 14 en 15 november 2010 stijgen én laagwaters én hoogwaters in die mate, dat zoals al aangegeven, er laagwaters optreden die hoger zijn dan normale hoogwaters, en dat de laagwaterstanden veel meer zijn verhoogd dan de hoogwaterstanden. Het gevolg is uiteraard een fel verkleinen van het getijverschil. Dit typisch danig verkleinen van het getijverschil bij was, is te vergelijken met het gemiddelde getijverschil te Melle nl. 2,40 meter, met normaliter iets meer bij springtijen en iets minder bij doodtijen. Op 13, 14 en 15 november 2010 verkleinde het getijverschil te Melle verschillende keren tot minder dan een meter, en met een kleinste -recordmatige- waarde rond 30 centimeter !



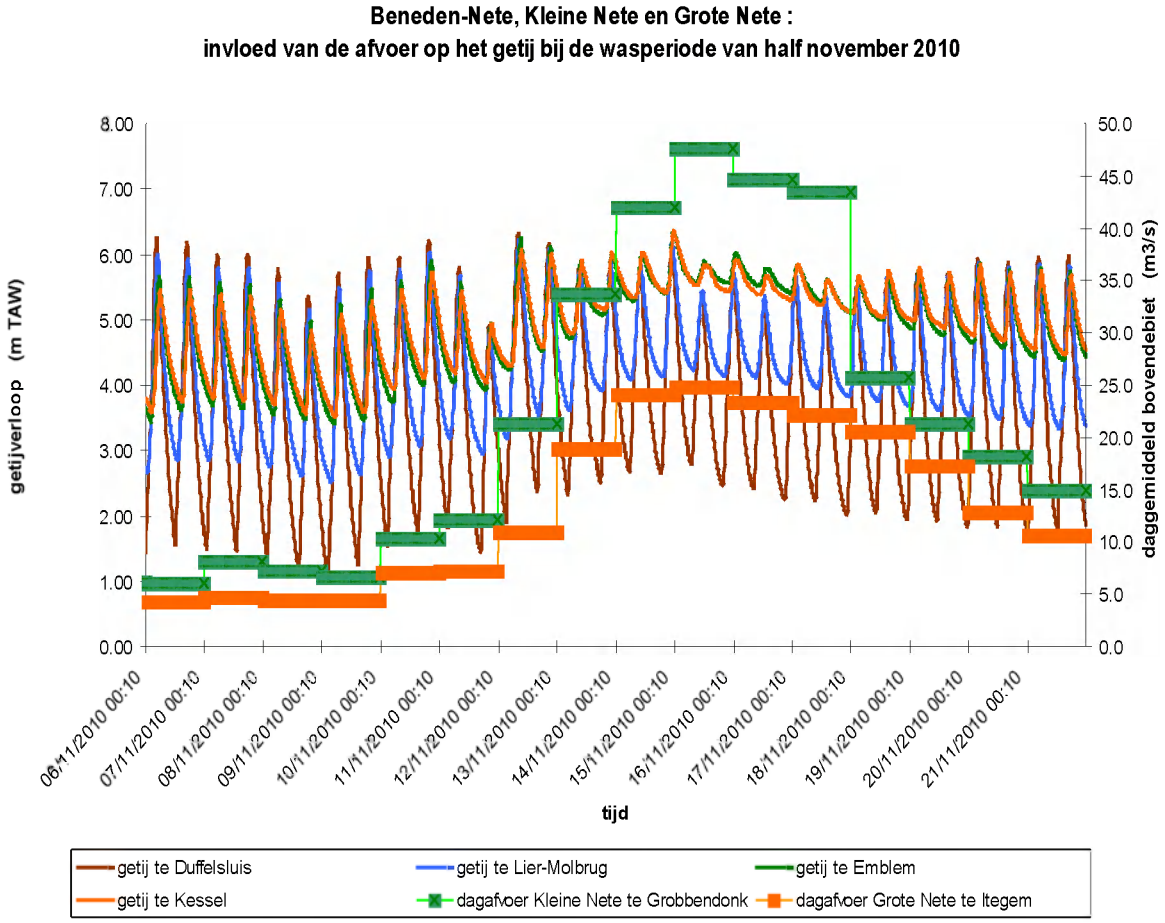
Figuur 95 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : verloop van het getij "vanuit zee" tijdens de wasperiode van half november 2010

Ook op de andere tijrivieren van het Zeescheldebekken deden zich in de opwaartse regio's analoge tij-verschijnselen voor, met name een zeer danig verhogen van de laagwaters, een danig verhogen van de tussenliggende hoogwaters, en dus een danig verkleinen van de getijverschillen. Nogmaals: allemaal typische zaken bij wasperiodes, zoals ook door de navolgende figuur -voor het gebied van de Nete's- getoond wordt.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Hoeveel de stijgingen van laag- en hoogwaters bedragen en zij zich tot elkaar verhouden, is aan de randen van het tijgebied kleinendeels functie van de getijïndringing in de Zeeschelde, tenzij het ook nog om een stormtij zou gaan, doch grotendeels functie van zowel de grootte als de duur van de grote tot zeer grote bovenafvoeren.

Volgende figuur geeft ook aan dat hoe meer op een afwaarts gelegen locatie, de invloed van de was op het getij wordt bekeken, de invloed nog flink aantoonbaar is op de laagwaterstanden, maar slechts weinig op de hoogwaters. Het getijverloop te Duffelsluis en te Lier-Molbrug kent in de periode van zeer grote bovenafvoeren op Kleine en Grote Nete, dagenlang een flinke verhoging van de laagwaterstanden, geenszins gerelateerd aan de tij-invloed vanuit zee doch volledig beheerst door de grootte van het bovendebiet. Tegen deze duidelijke en grote verhoging van de laagwaters, geldt te Duffelsluis en Lier-Molbrug evenwel geen of soms maar matige verhoging van de hoogwaterstanden. De getijverschillen verkleinen in deze omstandigheden uiteraard wel.



Figuur 96 - Beneden-Nete, Kleine Nete en Grote Nete : verloop van het getij onder invloed van de wasafvoer bij de wasperiode van half november 2010

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Op de meer opwaarts gelegen meetlocaties Emblem (op de Kleine Nete) en Kessel (op de Grote Nete) is de invloed van de zeer grote bovenafvoer zowel op laag- als hoogwaters te zien, maar: op laagwaters is er een zeer grote verhoging terwijl deze bij de hoogwaters relatief beperkt is, maar in de globale verbindingslijn van de hoogwaters van 6 november (springtijperiode) naar 21 november (opnieuw springtijperiode) kunnen de hoogwaterstanden door deze was zich niet tot een laag doodtij-peil verlagen. Ook hier vallen de zeer kleine getijverschillen onmiddellijk op.

Figuur 97 - Grote Nete te Kessel (aan rechterkant de tijmeter) : dagenlang zeer hoge waterstand bij de was van half november 2010, met het waterpeil reikend tot onderkant baanbrug (ref. ing. P. Verhaegen, WenZ, afdeling Zeeschelde)

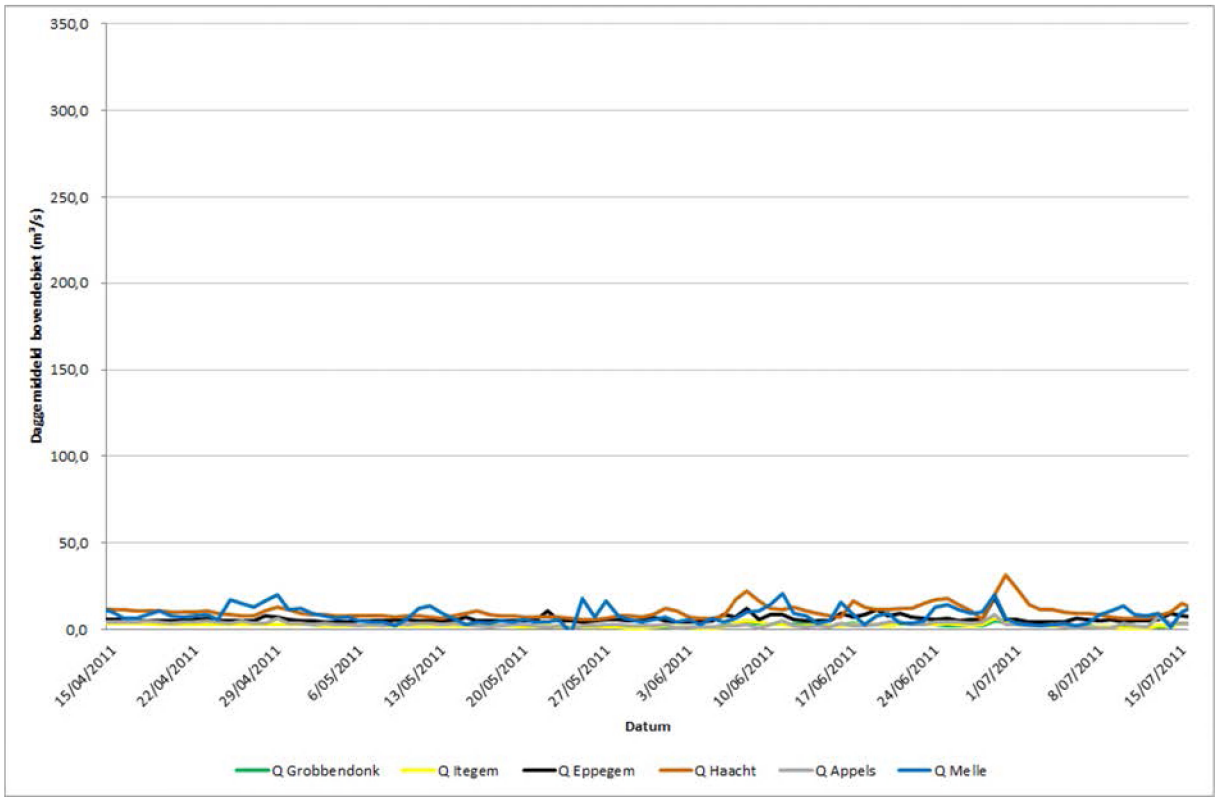
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.2.3 droogteperiodes

Daar waar in winterse omstandigheden door langdurige en hevige neerslag (of sneeuw) was-regimes kunnen ontstaan, geven zomerse omstandigheden van langdurig geen of weinig neerslag aanleiding tot droogteperiodes. Alsdan kan de bovenafvoer naar het tijbekken gedurende lange tijd (dagen, weken, uitzonderlijk zelfs maanden) klein tot zeer klein worden. Het tij dringt dan verder naar opwaarts door, bvb. is er een veel groter schijngetij in de Dijle te Haacht, of in de Nete's te Grobbendonk en Itegem.

Bij langdurig optreden van een droogteperiode heeft dit gevolgen voor o.a. de zone van maximum-turbiditeit in de Beneden-Zeeschelde, m.n. het naar opwaarts opschuiven ervan. Tegelijk vergroot er het chloridegehalte tot zelfs waarden van 12 g/l Cl- en iets meer aan de Belgisch/ Nederlandse grens.

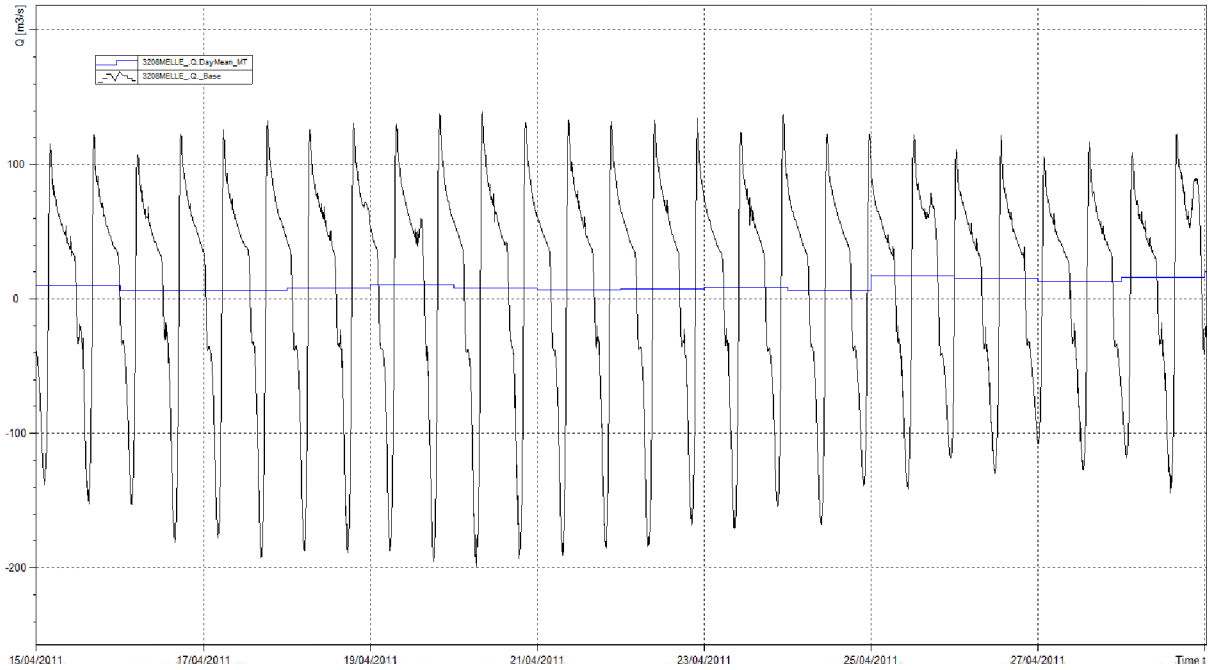
In 2011, *het voorbeeldjaar van dit basisboek*, is een maandenlange droogteperiode opgetreden van april tot en met juli: dus zeer lage debieten aan alle bovenranden van het getij (figuur 82). Gedurende deze periode maakt het KMI ook melding van abnormaal kleine hoeveelheden neerslag in maart en mei 2011, wat uiteraard zijn weerslag heeft op de afvoeren en de vrij lange (liefst vier maanden !) en zeer droge periode heeft veroorzaakt.



Figuur 98 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in de periode half april – half juli 2011

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Als voorbeeld geeft figuur 99 hierna, voor de 2e helft van april 2011 de daggemiddelde bovendebieten te Melle weer (zie blauwe lijn). In zwarte kleur zijn de tienminuutse ogenblikkelijke vloed- en ebdebieten uitgetekend. In deze periode was er nauwelijks sprake van enige bovenafvoer. Uiteraard speelt ook hier weer de verdeling van de afvoer van Leie en Bovenschelde over de verschillende Gentse kanalen mee, waarbij in droogteperiodes zo weinig mogelijk "verlies" aan boven-debiet naar de Zeeschelde gaat (dat zogezegd toch altijd voldoende tijwater heeft ...) doch zo veel als mogelijk water voor de spijzing van de kanalen in Oost- en West-Vlaanderen dient, zoals voor het Afleidingskanaal van de Leie en voor het kanaal Gent-Brugge-Oostende. Ook het Zeekanaal Gent-Terneuzen behoeft een basisdebiet, zowel om een bepaalde waterstand (dus waterdiepte voor de zeescheepvaart) te kunnen garanderen als om de verzilting van dat kanaal tegen te gaan.



Figuur 99 - Evolutie van de continue (10-minuut) en daggemiddelde debieten op de Zeeschelde te Melle voor de periode 15/4/2011 – 29/4/2011

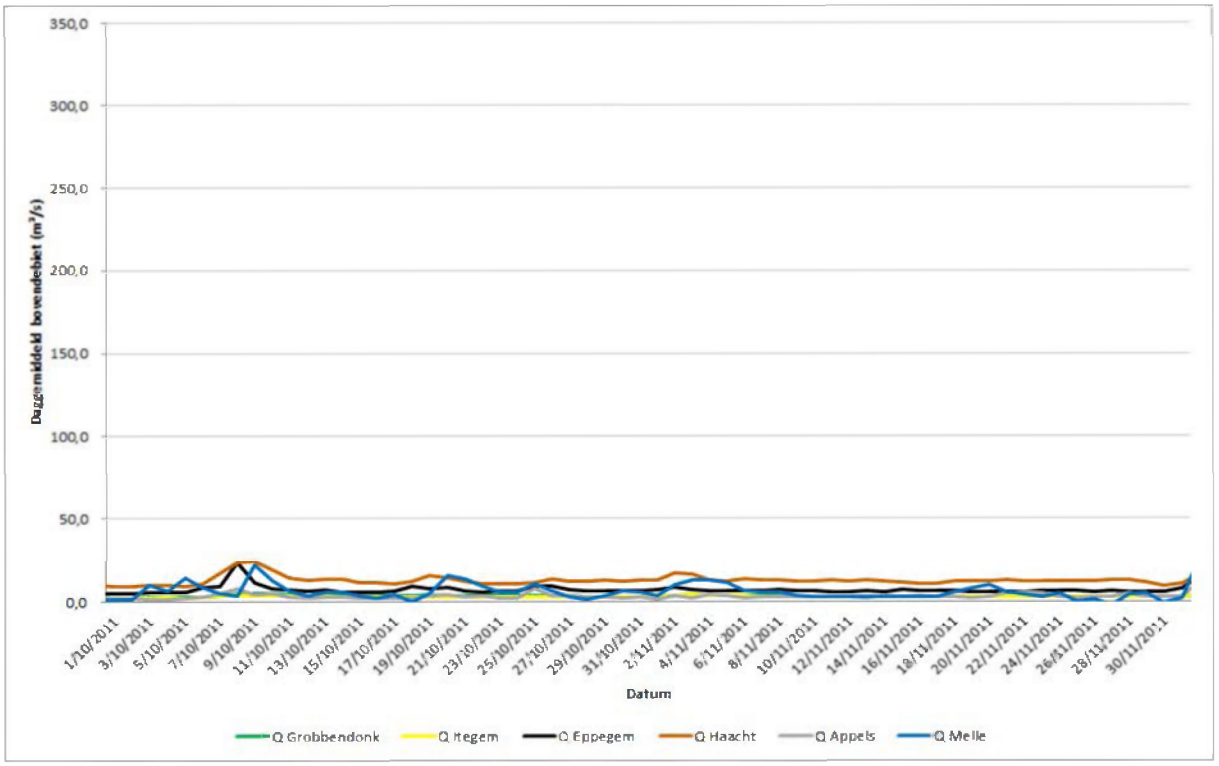
Bij de op zich toch vrij simpele parameter "bovendebiet" (afvoer naar het tijbekken) horen dus verschillende belangrijke aspecten van waterbeschikbaarheid, bevaarbaarheid, turbiditeit, aanzanding/ aanslibbing, verzilting enz. Deze aspecten zijn niet enkel van regionaal en nationaal belang, maar er gaan ook internationale verdragen over zoals voor het Zeekanaal Gent-Terneuzen.

Het kan opvallen dat aan het fenomeen wasregimes met zijn overstromingen, dus aan een te veel aan water, veel meer aandacht wordt besteed en vele werken worden uitgevoerd zoals dijk-verhogingen, oeverwerken, vergroten van komberging, aanleggen van overstromingsgebieden enz. Doch naar droogteperiodes, dus aan weinig tot een te kort aan water; gaat minder aandacht, veel minder, en horen er weinig werken bij. Enerzijds is de maatschappelijke gewaarwording van over-stromingen veel groter dan van lage waterstanden in rivieren en kanalen, en kan er anderzijds meer en makkelijker concreet tegen opgetreden worden.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Doch: droogteperiodes duren veel langer dan deze van wasregimes, een Achillespees daar moeilijk zo'n grote waterbekkens kunnen voorzien worden om gedurende dergelijke lange tijd voldoende extra water aan rivieren en kanalen te geven.

Zoals in een kalenderjaar verschillende aparte periodes van wasregimes kunnen optreden, zo kunnen er ook aparte periodes van droogte voorkomen. In het jaar 2011 was bvb. ook de periode van oktober tot begin december gekenmerkt door zeer lage debieten aan alle bovenranden van het getij (figuur 84). Gedurende deze periode maakt het KMI melding van abnormaal lage hoeveelheden neerslag in november 2011.



Figuur 100 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in de periode begin oktober – begin december 2011

Elk jaarboek van de MONEOS-rapportage zal op ongeveer eenzelfde wijze een beeld schetsen van wasregimes en van droogteperiodes. Telkens kan een jaarbesluit getrokken worden zoals voor het jaar 2011, waar geldt dat:

- er twee wasperiodes waren, m.n. in januari en december 2011;
- er twee langdurige periodes van kleine tot zeer kleine bovenafvoer waren, m.n. van april tot juli 2011 en van begin oktober tot begin december 2011.

Telkens zal het kenschetsend zijn dat in periodes van wasregime het niet op alle meetraaien van bovendebiet in dezelfde grote mate zal moeten voorkomen, doch dat droogteperiodes gelden voor wel alle meetraaien tegelijk.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.2.4 bovendebieten meetraaien in historisch perspectief

Relatief gezien, hangt meer nog dan het verloop van het getij in het Zeescheldebekken, de gang van de bovendebieten dagdagelijks van meteorologische omstandigheden af, in casu voor-namelijk en bij uitstek duur en intensiteit van neerslag. Maar ook sneeuw en het mogelijks verzadigd of bevroren zijn van de bodem, zijn bij een te veel aan waterafvoer factoren van groot belang.

In de MONEOS-rapportage wordt uiteraard jaar na jaar het verloop van de bovendebieten van het Zeescheldebekken aangegeven, maar wordt het tevens gekaderd in een historisch perspectief.

Gezien de systematische metingen en bepalingen van bovendebieten in het Zeeschelde-bekken begon in 1947 of 1949, al naargelang men de eerste systematieken en rapportages bekijkt, kunnen historische overzichten beginnen vanaf -in de regel- 1949. Doordat sinds het begin steeds op eenzelfde methodiek werd gemeten en berekend, zijn al die resultaten vrij homogeen en kunnen zij zeer goed onderling vergeleken worden. Doch doordat de belangrijkste aanbrenger van bovendebiet, nl. Bovenschelde en Leie in het Gentse, een soort trendbreuk kende in 1969 met het in dienst stellen van de Ringvaart om Gent, en o.a. van de stuwen te Merelbeke, gaan historische overzichten “maar” tot 1970 terug en dan nog veelal vanaf 1971, begin van een nieuw decennium, tijdsperiode die door o.a. de Tienjaarlijkse Overzichten van Tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken, sterk in de dienst waar zowel getij als bovendebieten werden gemeten en bepaald, is ingebakken.

De “trendbreuk” anno 1969 met het in dienst komen van de Ringvaart en de stuwen te Merelbeke, bestaat er in dat vanaf toen *sneller* dan vroeger *grotere* afvoeren van Bovenschelde en Leie naar de Zeeschelde konden weggewerkt worden, daar waar vroeger al die waterafvoer doorheen het centrum van Gent diende te gaan, en via de stuw te Gentbrugge naar de Zeeschelde gebracht. Dat beperkte de grootte van de afvoer gezien uiteraard het willen tegengaan van wateroverstromingen in het Gentse centrum, en beperkte ook de capaciteit van grootte van afvoer gezien de beperkte omvang van de stuw te Gentbrugge. Deze te Merelbeke is fors groter: twee zeer grote stuwen, makkelijk en snel te bedienen. De stuw te Gentbrugge vroeg veel, hard en tijdrovend manueel labeur.

Kortom: vele historische overzichten van bovendebieten beginnen daarom in 1970 of 1971.

De volgende grafiek geeft de seizoenale en langjarige variabiliteit aan van wat normalerwijze de belangrijkste aanbrenger van bovenafvoer in het Zeescheldebekken is: het toont de dag-gemiddelde bovenafvoer van "het Gentse" sinds 1970 t/m 2011. Het begrip "het Gentse" omvat de som van de debieten vanuit Gentbrugge, Merelbeke en Zwijnaarde samen. Er wordt zoals zonet uitgelegd in deze grafiek begonnen met 1970 omdat het jaar voordien de Ringvaart om Gent in dienst werd gesteld, dus o.a. ook de stuwen en sluizen te Merelbeke, terwijl voordien alle afvoer (en alle scheepvaart) via de Gentse binnenstad naar de stuw/sluis te Gentbrugge ging. De stuwen te Zwijnaarde zijn lange tijd gesloten gehouden, en pas later effectief in dienst gesteld. Sinds 1987 wordt die bovenafvoer vanuit “het Gentse” niet meer aan de stuwen te Gentbrugge, Merelbeke en Zwijnaarde gemeten, doch rechtstreeks en globaal door de akoestische debietsmeter in de Zeeschelde te Melle, net afwaarts van de uitmonding van de Ringvaart in die Zeeschelde.

Daarom zijn alle bovendebieten naar de locatie “Melle” getransponeerd, d.w.z. dat buiten de som van de afvoeren van Gentbrugge, Merelbeke en Zwijnaarde, ook de zijdelingse afvoer van het meest opwaartse deel van de Zeeschelde (Gentbrugge à Melle) en van de tij-Ringvaart zijn berekend en bijgevoegd geworden, uiteraard totdat de bovenafvoer vanaf 1987 te Melle zelf werden bemeten.

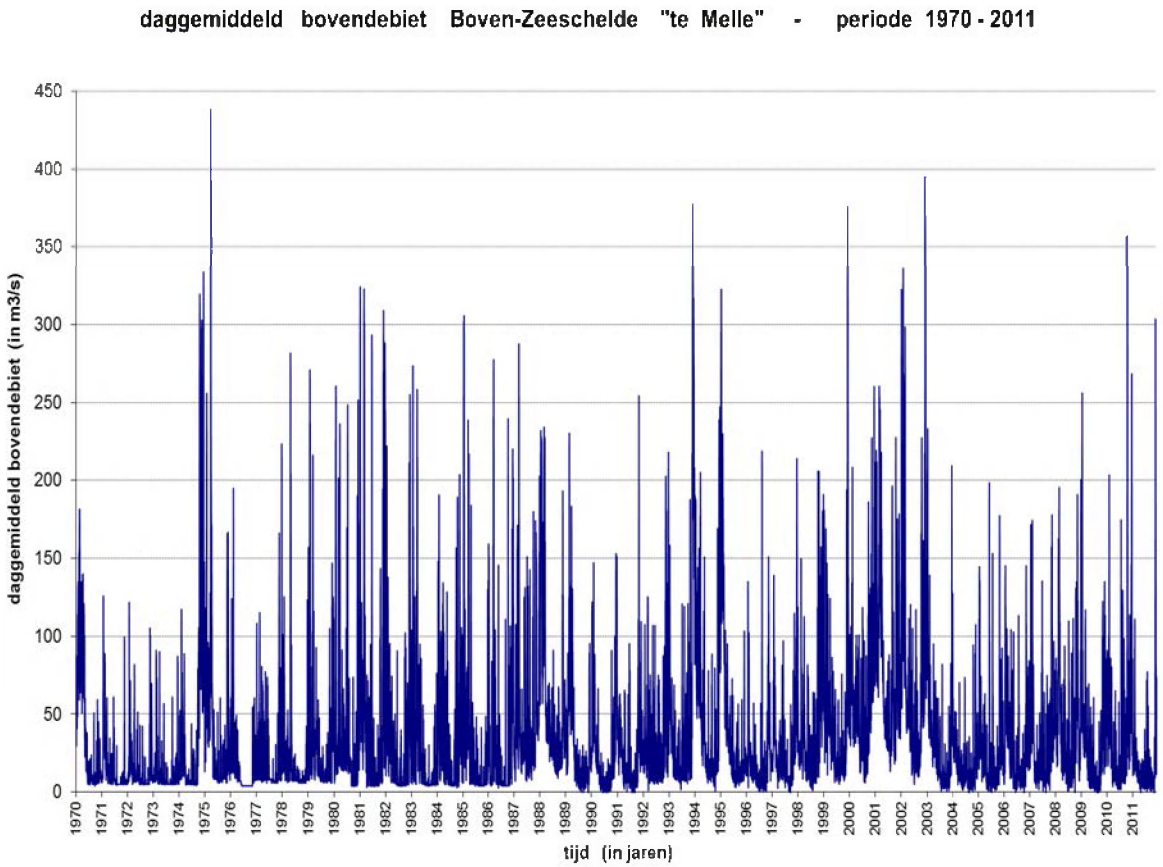
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Zoals bijna alle voorbeelden in dit basisboek van MONEOS-rapportage, zijn de data van het jaar 2011 zelf of gaan ze t/m 2011, om het jaarboek over 2012 niet voor de voeten te lopen. In dat laatste worden die data uiteraard geactualiseerd.

Het valt op dat de wasperiode van december 2011 in de top 10 (van die periode van toch 42 jaren) voorkomt van grootste daggemiddelde bovendebieten te Melle. Daarnaast vallen uiteraard ook de twee droge periodes in 2011 op met daggemiddelde bovendebieten te Melle die in historisch perspectief toch gelden als mee van de laagste.

De grafiek met de *dag*gemiddelde waarden van het bovendebiet, hier in de Zeeschelde te Melle, en dan nog over een periode van "slechts" 1970 à 2011, toont ook aan dat er een variatie aan waarden mee gepaard gaat, dat weliswaar een volledig doch niet meteen duidelijk (trendmatig) beeld schetst.

Onderstaande figuur helpt om na te gaan hoe frequent kleine, gemiddelde, grote of zeer grote daggemiddelde bovendebieten te Melle optraden, of wanneer er zogenaamd “natte” of “droge” jaren optraden.

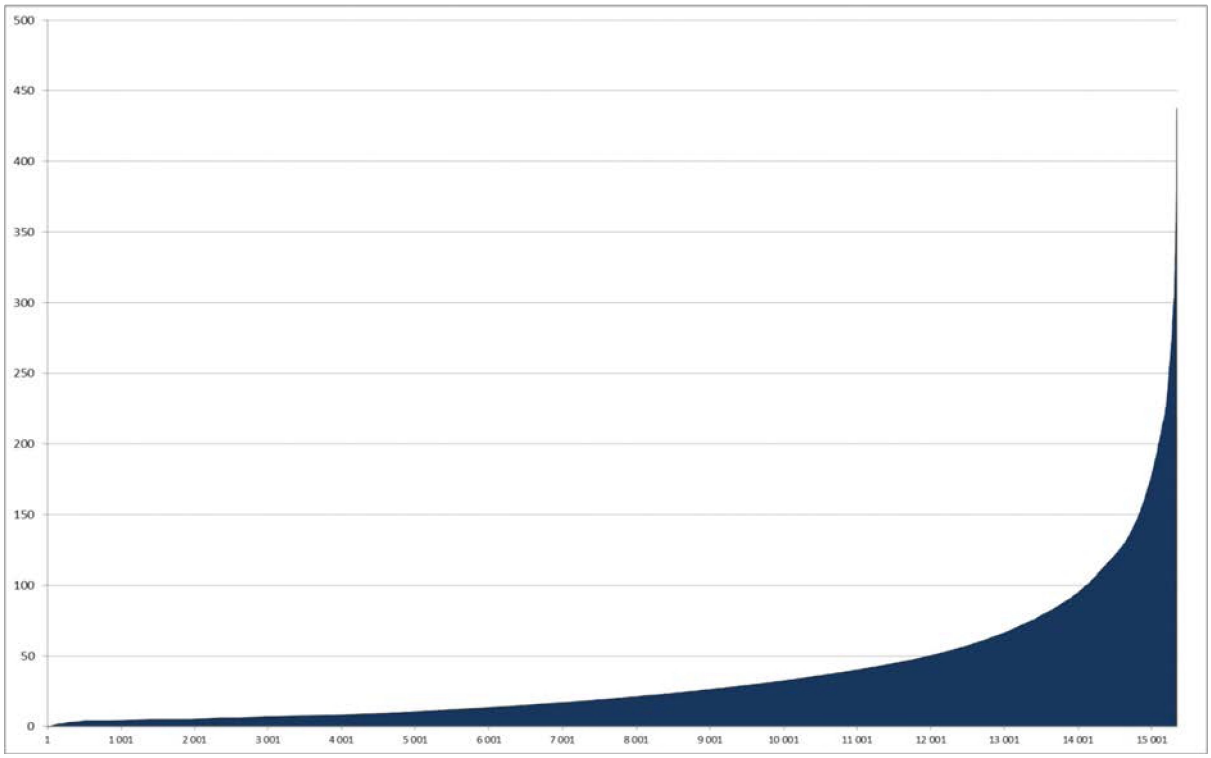


Figuur 101 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle periode 1970-2011 (alle bovendebieten in m³/s)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Met de volgende grafiek wordt de frequentie van voorkomen van grootte van daggemiddelde bovenafvoer te Melle gegeven. Deze klassieke voorstelling leert dat *volgens zeer langjarig gemiddelden*:

- een daggemiddeld bovendebiet van 2 m³/s wordt in 4% van de tijd niet gehaald (zijnde 15 dagen per jaar);
- een daggemiddeld bovendebiet van 5 m³/s wordt in 12% van de tijd niet gehaald (zijnde 44 dagen per jaar);
- in 1/3 van de tijd (122 dagen per jaar) is het daggemiddeld bovendebiet te Melle gelijk aan doch vooral kleiner en veel kleiner dan 10 m³/s;
- in de helft van de tijd (183 dagen) is dat 20 m³/s;
- in 2/3 van de tijd (243 dagen per jaar) is het bovendebiet te Melle gelijk aan of vooral kleiner en veel kleiner dan 33 m³/s
- in 10% van de tijd (37 dagen per jaar) is het daggemiddeld bovendebiet van de Zeeschelde te Melle groter dan 86 m³/s
- in 5% van de tijd (18 dagen per jaar) gelijk aan of groter dan 121 m³/s
- in 1% van de tijd (maar 4 dagen per jaar) gelijk aan of groter dan 208 m³/s.

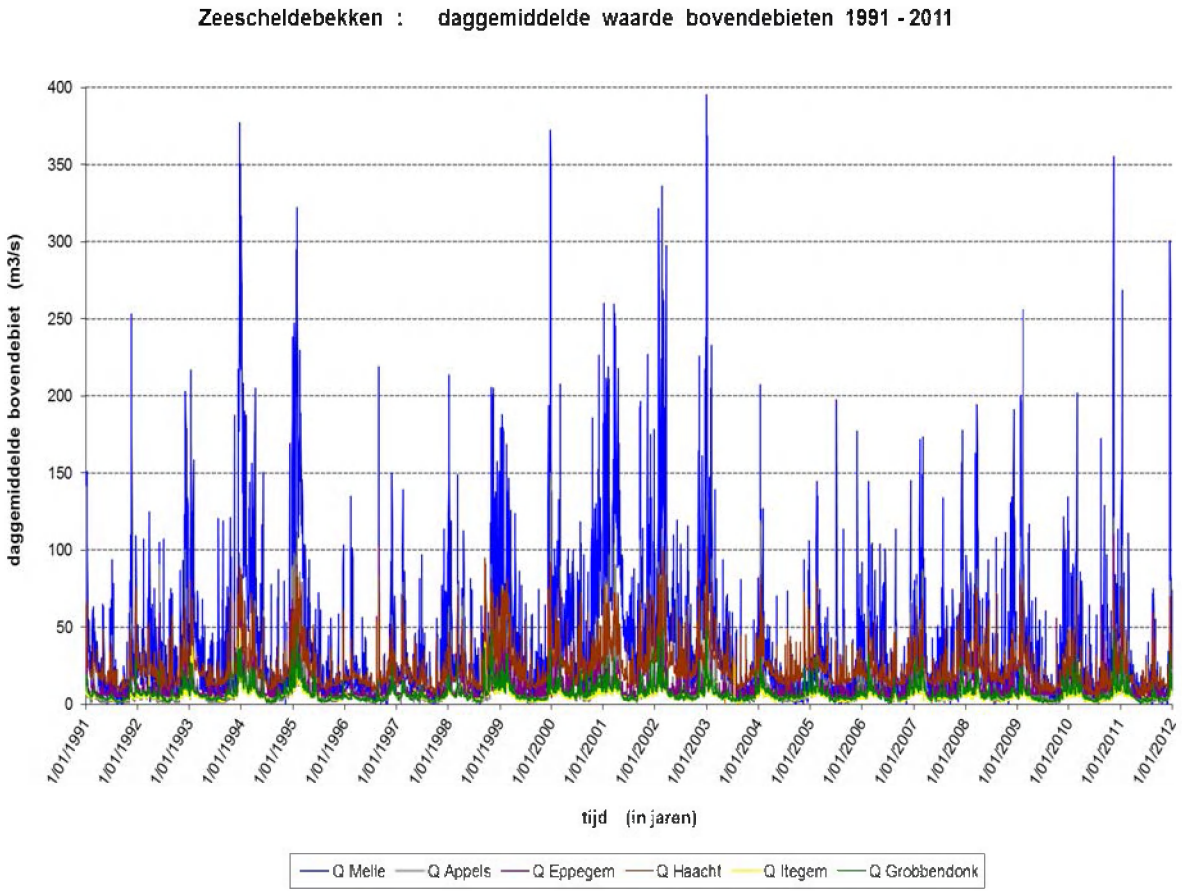


Figuur 102 - Zeescheldebekken: in grootte gerangschikt verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle over de periode 1970-2011 (alle bovendebieten in m³/s)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Hierbij moeten we steeds in het achterhoofd houden dat het gaat om de afvoer in de Zeeschelde te Melle, dus een niet meer zo natuurlijke afvoer gezien kunstmatig ofwel zo weinig mogelijk van Bovenschelde en Leie naar de Zeeschelde wordt afgevoerd om de andere kanalen in Oost- en West-Vlaanderen in droge jaarperiodes te spijzen, ofwel zo veel als mogelijk om bij periodes van was, overstromingen langs die andere kanalen te vermijden. De Zeeschelde krijgt dus niet het bovendebiet dat het van nature uit verdient, doch krijgt lijdzaam weinig of veel bovendebiet al naargelang het die àndere kanalen best uitkomt …

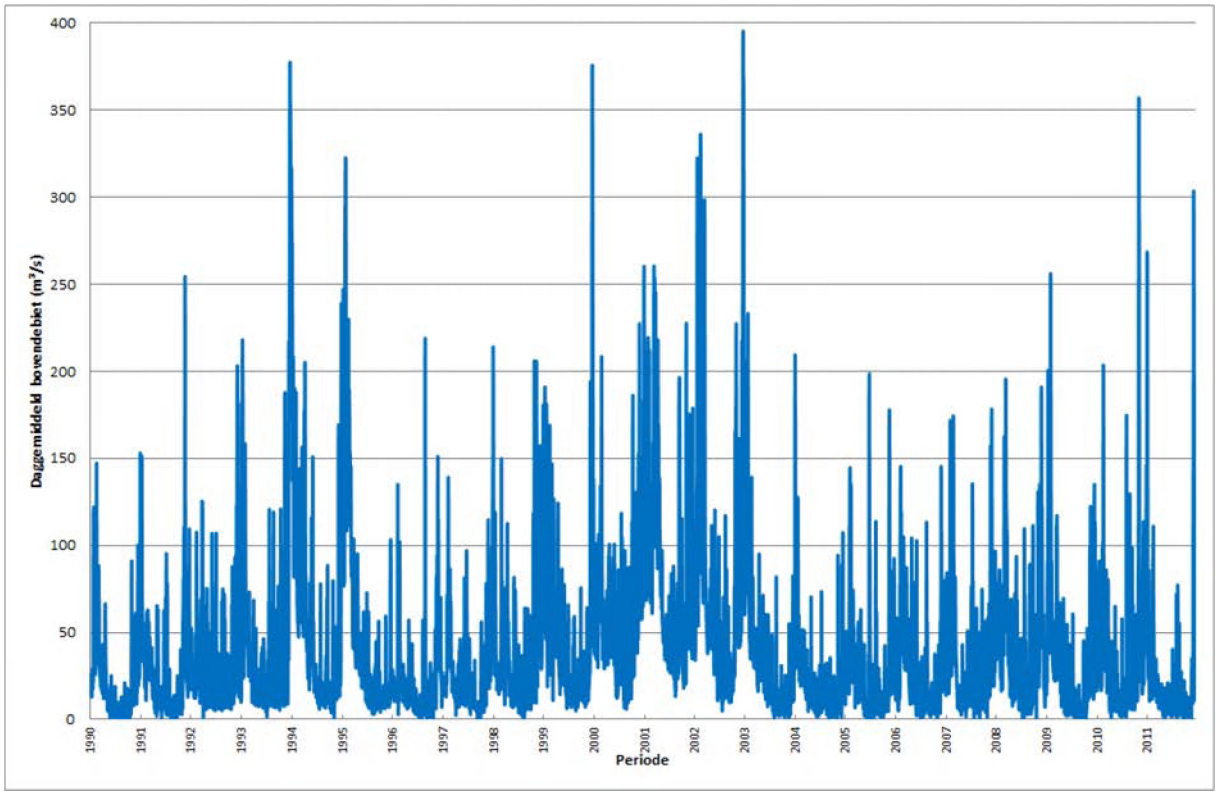
Hierna volgen voor de verschillende meetlocaties van bovenafvoer aan de randen van het tij-gebied, grafieken over de periode 1990-2011 met alle *dag*waarden van bovendebiet. Vooreerst een gecombineerde grafiek, waar op één figuur alle zes locaties hun afvoerverloop tonen. Nadien volgens zes aparte grafieken, één per locatie aan de rand van het tijbekken. Behalve de eerste grafiek (voor de Boven-Zeeschelde te Melle, de grootste aanbrenger van bovendebiet) is de y-as (debieten-as) steeds dezelfde, nl. van nul tot 150 m³/s. Zodoende kan er gemakkelijk tussen de verschillende meetlocaties vergeleken worden.



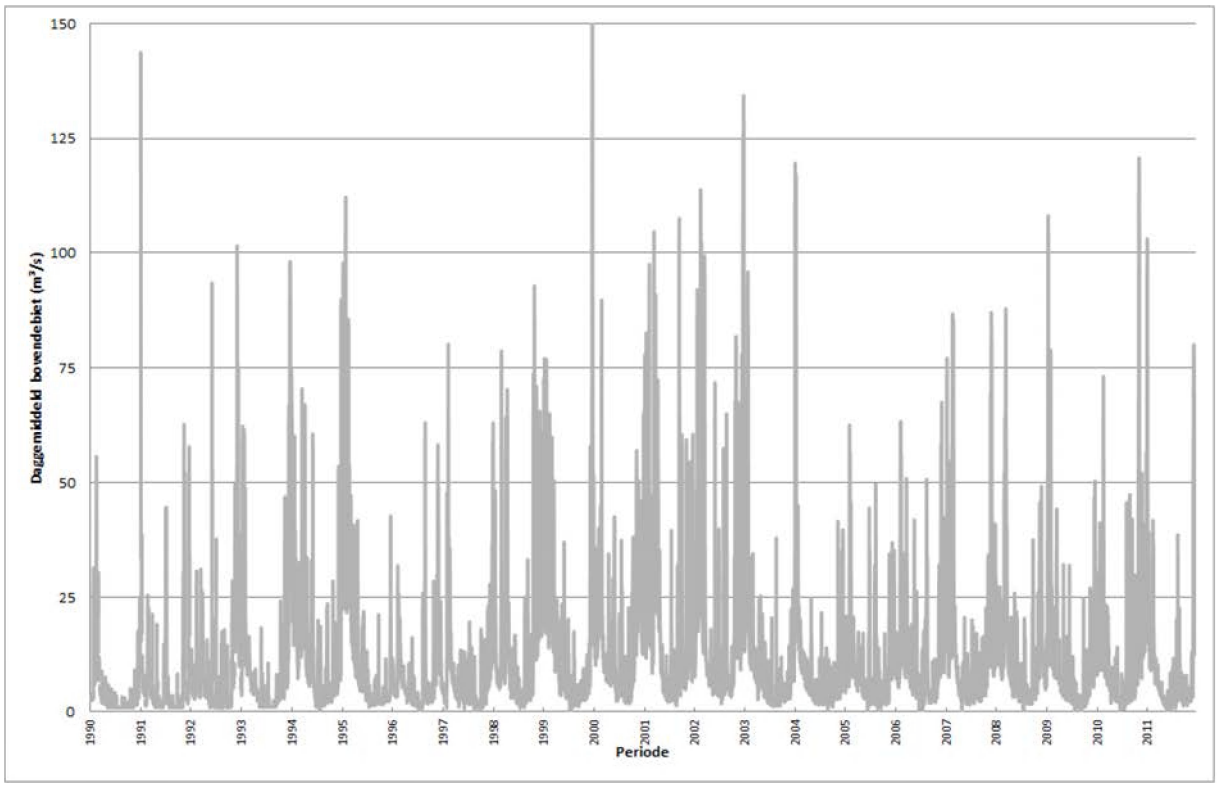
Figuur 103 - Zeescheldebekken : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011 aan de zes meetraaien aan de rand van het tijgebied

Het is nogal vanzelfsprekend dat navolgende grafieken -op de schaal na- grosso modo vrij congruente verlopen tonen. Natte of droge jaren op een bepaalde locatie, komen immers ongeveer tegelijk ook op de andere locaties voor. De zes meetraaien waar bovenafvoer in het tijbekken binnen-komt, liggen geografisch nogal dicht bij elkaar, al zijn er bij individuele wasregimes verschillen in duurtijd en grootte van wasregime mogelijk.

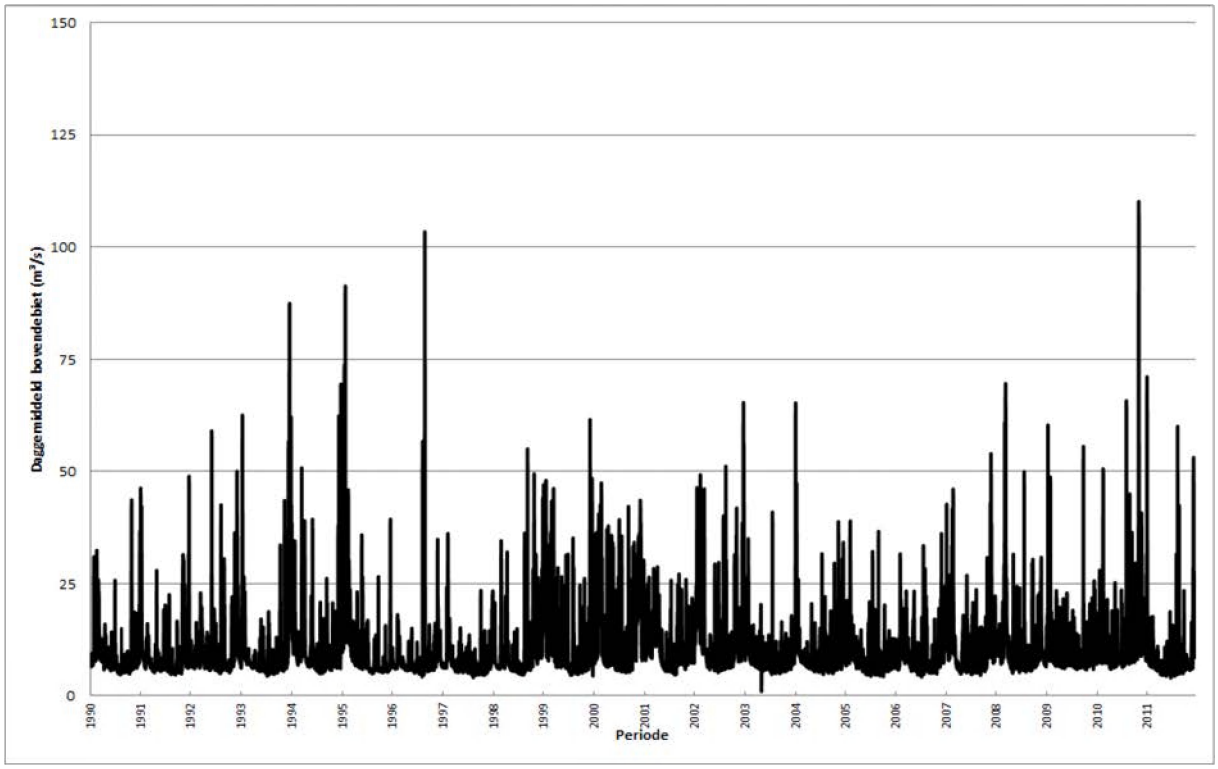
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



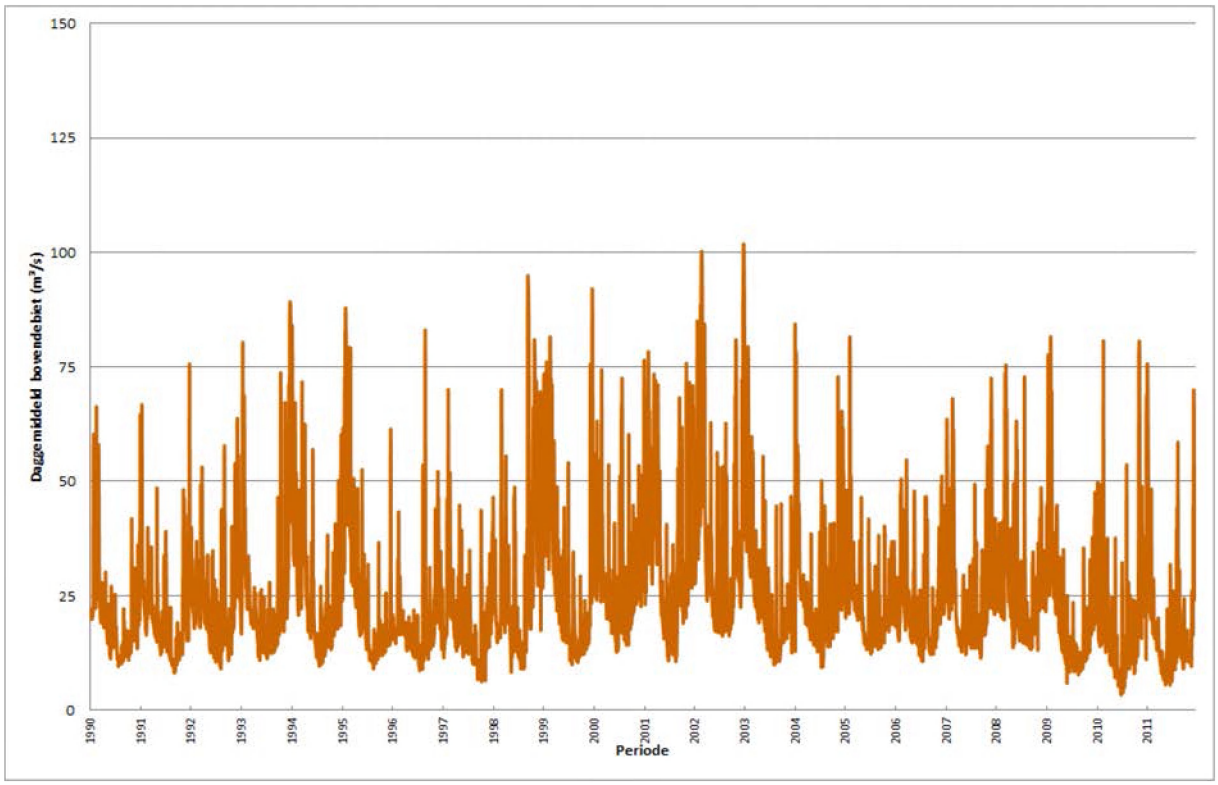
Figuur 104 - Zeeschelde te Melle : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011



Figuur 105 - Dender te Appels : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011

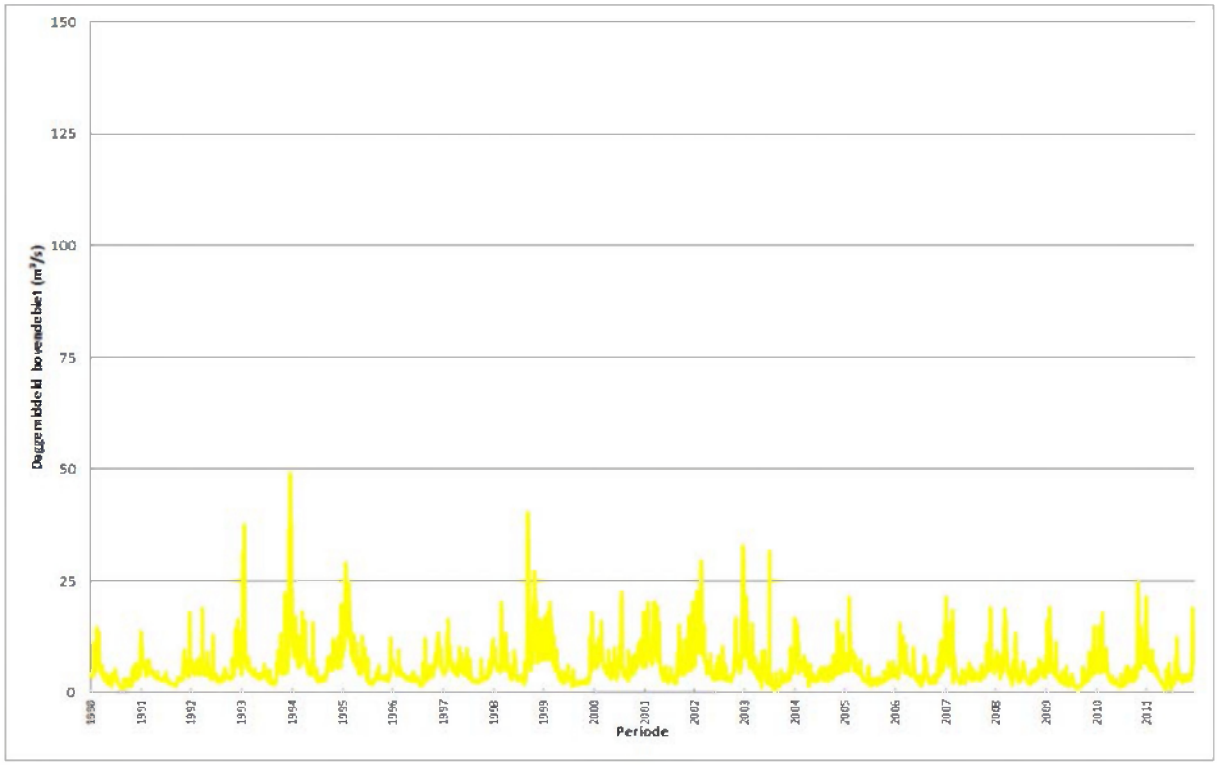


Figuur 106 - Zenne te Eppegem : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011

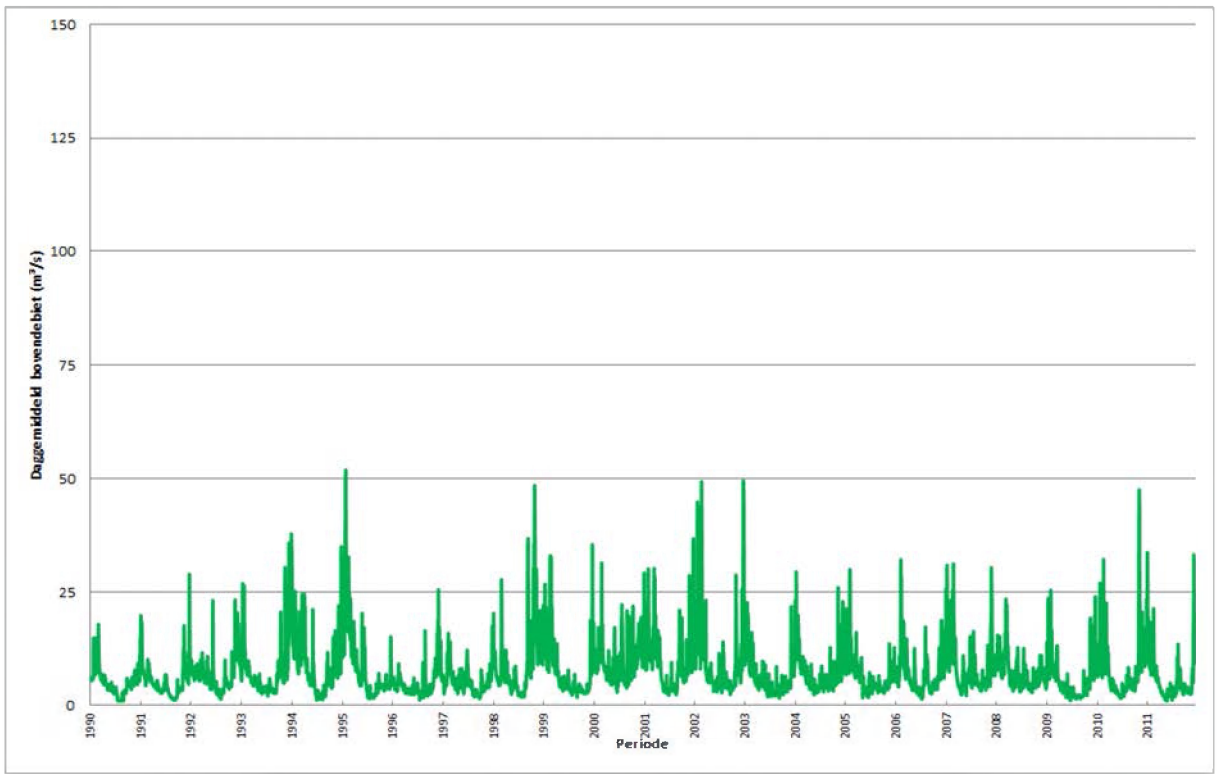


Figuur 107 - Dijle te Haacht : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 108 - Grote Nete te Itegem : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011



Figuur 109 - Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas) :
verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2011

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.3 doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts

2.3.1 klassieke (tiendaagse) methode ir. R. Codde (1949)

In de MONEOS-jaarboeken over 2008 t/m 2011 werd reeds beschreven hoe via extrapolatie van de bovenafvoeren aan de rand van het tijgebied (Melle, Appels, Eppegem, Haacht, Itegem en Grobbendonk) er naar afwaarts doorgerekend wordt (via de methode van ir. R. Codde, 1949) om een tiendaags gemiddeld "bovendebiet" van "de Schelde te Schelle" te bepalen. Dat is dan de zoetwater-afvoer van het Zeescheldebekken, in tegenstelling tot de intrede van zout zeewater door het getij vanuit de Noordzee, en de brakke omstandigheden van het afwaartse en het middendeel van het Zeescheldebekken. Bij deze doorrekening worden ook de afvoeren van het tussengebied, dus tussen de randen van het tijbekken en Schelle, in rekening gebracht, met name de gebieden langs de Beneden-Nete, de Rupel, de Schelde tussen Melle en Schelle, en de Durme.

Deze doorrekening geschiedde vanaf het begin via tiendaagse gemiddelden, nl. de drie decades per kalendermaand. De doorrekening geschiedt naar Schelle, aan de uitmonding van het Rupelbekken in de Zeeschelde. Hoofdreden was de maritieme invloed van dat “bovendebiet” in de Beneden-Zeeschelde want het bepaalt mee de saliniteit van het Scheldewater, zelfs tot in de Westerschelde, en doet mee de zogenaamde maximum-turbiditeitszone in de Beneden-Zeeschelde verschuiven. Het is daarmee van invloed op de seizoenale verontdieping/verdieping van bvb. drempels in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde en van toegangsgeulen tot de sluizen.

In het meer afwaartse gebied (Beneden-Zeeschelde en Westerschelde) wordt een verdere doorrekening van die zoetwaterafvoer minder juist tot uiteindelijk beduidend onnauwkeurig, en heeft ze ook minder fysische betekenis als parameter op zich. Het heeft nog slechts weinig invloed op het hydraulisch regime. Daar waar de zoetwaterafvoer in de Beneden-Zeeschelde nog 0,3 à 5 % van de totale tij-volumes uitmaakt, al naargelang plaats (want vermindert sterk naar afwaarts toe) en al naargelang doodtij, middeltij of springtij (want belangrijker bij kleiner tijverschil), en uiteraard al naargelang kleine, gemiddelde of grote bovenafvoer. In de Westerschelde daalt het aandeel van het bovendebiet verder, tot 0,1 % ’s winters tot nog veel minder ’s zomers aan de monding te Vlissingen. In tegenstelling tot de kleine tot zeer kleine invloed op het hydraulisch regime, geldt dus wel een beduidende seizoenale invloed van het bovendebiet te Schelle op saliniteit, turbiditeit en aanslibbing.

De aan de randen van het tijgebied bepaalde dagwaarden van de bovendebieten, worden via de methode ir. R. Codde, toenmaals Hoofdingenieur-Directeur van Bruggen en Wegen, later Inspecteur-Generaal van Bruggen en Wegen tevens Administrateur der Antwerpse Zeediensten, en anno 1949 op punt gesteld, naar afwaarts doorgerekend. In eerste instantie gebeurt dit naar de uitmondingen van de betrokken rivieren in andere, in tweede instantie naar het totale Rupelbekken (dat nog een natuurlijke afvloei kent wegens nergens stuwen en sluizen, tenzij de stuw te Mechelen-Bovensluis, doch deze speelt bij de hoeveelheid zoetwaterafvoer een mindere rol), derdes van Schelde en Dender naar de Rupelmonding toe, en tenslotte de som van dat alles zijnde de bovenafvoer van de “Schelde te Schelle”, tegelijk de zoetwateraanvoer in de “praktische” Beneden-Zeeschelde. Juridisch is de bovengrens van de Beneden-Zeeschelde aan het opwaartse einde van de Rede van Antwerpen (grens Antwerpen/Hoboken) doch in praktijk wordt meestal het deel van de Zeeschelde bedoeld tussen de Belgisch/Nederlandse grens en de Rupelmonding, zegge Schelle.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De basisaanname van de doorrekening naar afwaarts, veronderstelt dat de bovenafvoer in twee beschouwde dwarsprofielen zich lineair verhoudt tot de oppervlakten van het overeenkomstige hydrografische gebied telkens opwaarts van die twee beschouwde dwarsprofielen.

Deze vrij praktische methode voor doorrekening van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied naar afwaarts, werd tot op heden ook aangehouden, om de homogeniteit van de afvoer-gegevens te bewerkstelligen. Deze methode geeft een goede benadering, zeker toenmaals bij gebrek aan betere metingen en betere uitwerkingen, en bij louter manueel gebruik van pen, papier en eenvoudig rekenmachine ...

De doorrekening van de bovendebieten aan de rand van het tijgebied naar afwaarts, gebeurt in eerste instantie naar de uitmonding van de betrokken rivier, geldt telkens voor tiendaagse periodes (de maand-decades) en gaat als volgt: de afvoer aan de meetraai wordt vermenigvuldigd met onder-staande multiplicator om te komen tot de afvoer aan de uitmonding van de betrokken rivier in de afwaartse tijrivier.

rivier	meetplaats bovenafvoer	multiplicator van meetplaats naar uitmonding
Dender	Appels	1,00
Zenne	Eppegem	1,08
Dijle	Haacht	1,08
Kleine Nete	Grobbendonk	1,46
Grote Nete	Itegem	1,35

Tabel 24 - Overzicht van de meetplaatsen van de bovenafvoer, met waarde van de multiplicator van doorrekening naar de uitmonding van de betrokken rivier

Voor de Dender staat de meetraai bijna aan de sluis en stuw van de Dender naar de Schelde, en komt er geen zijwaartse afwatering meer in dat kanaal, dus is de multiplicator gelijk aan 1. Voor de Schelde te Melle is de daggemiddelde bovenafvoer het verschil van alle ebvolumes minus alle vloed-volumes per etmaal.

Aldus zijn per decade van de maand de bovenafvoerdebieten bekend aan de uitmondingen van Ringvaart om Gent (afvoer van Bovenschelde en Leie), Dender, Zenne, Dijle, Kleine Nete en Grote Nete, en kunnen deze afvoeren worden gesommeerd. Daartoe dienen nog wel de afvoeren bekend te zijn van de tussengebieden, bvb. het gebied langszij de Beneden-Nete, de Rupel, en uiteraard ook van de Zeeschelde tussen Melle en Schelle, en tenslotte van de tij-Durme.

Er bestaan grote deviaties van de bovenafvoer van Bovenschelde en Leie onderweg naar Gent, en zelfs nog te Gent zelf, zoals de invloed van de Ringvaart, de afvoer via het Afleidingskanaal van de Leie naar Heist, het kanaal Gent-Brugge-Oostende, en het Zeekanaal Gent-Terneuzen, zowel in periodes van kleine, gemiddelde als grote afvoer, doch telkens in een verschillende mate.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Aldus stemt het bovendebiet van Gentbrugge, “het Gentse”, te Melle of hoe men het bovendebiet van de Zeeschelde ook noemt, niet overeen met de specifieke afvoer van het hydrografische bekken van Schelde en Leie opwaarts Gent. Men kan het bovendebiet van de Zeeschelde dus geenszins goed uit de afvoeren van Bovenschelde en Leie bepalen. De regel van het vergroten van het hydrografische bekken gaat hier totaal niet op.

ir. Codde heeft er wel een goed en eenvoudig middel voor bepaald. Hij achtte de specifieke afvoer (dus de afvoer per eenheid van oppervlakte, bvb. ha) van het zijbekken van de Schelde tussen Gent (of Melle) en Schelle, alsook deze van de Beneden-Nete, de Rupel en de tij-Durme, overeen te komen met de specifieke afvoer van de Dijle, de Zenne, de Kleine Nete en de Grote Nete tezamen, die alle wél bekend zijn want bvb. rechtstreeks bemeten worden. De overeenkomst van die specifieke afvoeren (m3/s per ha) zou zeker voldoende zijn voor het vooropgezette doel, vooral gezien er per decade werd gerekend en het om in de context grote naburige gebieden gaat. Eens de specifieke afvoer van Dijle plus Zenne plus Kleine Nete plus Grote Nete bekend, volstaat een vermenigvuldiging met de oppervlakte van de zijbekkens van de Beneden-Nete en de Rupel, maar ook van de Schelde tussen Melle en Schelle, en tenslotte van de tij-Durme, om hun resp. afvoer voor dezelfde decade te kennen.

Wat in deze methode niet in rekening wordt gebracht, is een tijdsverschuiving tussen de dag dat een daggemiddeld bovendebiet aan de rand van het tijgebied werd gemeten en dus het tijbekken binnenkwam, en de iets latere dag dat het de uitmonding van de betrokken tijrivier bereikt, of van een zijbekken binnenkomt, of tenslotte het Rupelbekken verlaat en uiteindelijk aan de “Schelde te Schelle” geraakt.

2.3.2 nieuwe (vijfdaagse) methode ir. E. Taverniers (2009)

Met het oog op het leggen van nadere verbanden tussen enerzijds de aanvoer van zoetwater naar de Beneden-Zeeschelde (en de Westerschelde) en anderzijds de variaties in saliniteit en in turbiditeit in het Scheldewater, werd er bij de allereerste MONEOS-rapportage in 2009 gezocht naar afvoerwaarden over kortere periodes dan een decade.

Praktisch gezien stond de keuze tussen ééndaagse, driedaagse of vijfdaagse bovenafvoeren voorop. Met redenen omkleed is daaruit de vijfdaagse periode gekozen. Deze is te aanzien als steeds zes vijfdaagse periodes per maand, telkens beginnend op de eerste van de maand, en met de laatste vijfdaagse periode met een veranderlijk aantal etmalen (3 of 4 in februari, 5 of 6 voor de andere maanden). Dat is geheel analoog met de indeling in decades, waar ook telkens per eerste dag van de maand werd begonnen, en de laatste decade een veranderlijk aantal etmalen telt (8, 9, doch meestal 10 of 11) al naargelang de lengte van de kalendermaand.

De keuze van een ééndaagse periode werd snel verworpen. Het bepalen van ééndaagse bovendebieten in de Schelde te Schelle, *uitgaande van daggemiddelde bovenaanvoeren aan de rand van het tijgebied*, levert inderdaad geen eenduidige fysische relevantie op. Het komt bovendien tot een paar dagen per jaar voor, dat het resulterend debiet van alle eb- en vloedvolumes te Schelle “negatief” is, dus naar opwaarts gaande, hoezeer ook alle bovenaanvoeren aan de rand van het tij-gebied steeds naar zee zijn gezind. Dergelijke dagen zijn gekenmerkt door bvb. een laagwater op normaal peil in de voormiddag, waarna een zeer grote stijging van het water tot een zeer hoge hoog-waterstand door plotse grote opstuwing vanuit zee, en liefst op diezelfde dag nog een laagwater dat mee door het getij vanuit zee verhoogd, niet tot "normale" hoogte (eigenlijk laagte) komt doch hoger.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Ook stelde zich het probleem dat het inrekenen van een tijdsvertraging tussen de boven-debieten gemeten aan de locaties aan de rand van het tijgebied, en Schelle, variabel is al naargelang de grootte van elk bovendebiet aan die locaties, en al naargelang de sterkte van het getij vanuit zee.

Met een keuze voor driedaagse periodes kon reeds veel van die euvels worden verholpen, doch niet geheel. Het nadeel van driedaagse periodes is evenwel dat het aantal in de maand februari één driedaagse periode kleiner is dan bij de andere maanden, terwijl bij de andere maanden het aantal dagen per laatste driedaagse van de maand, drie of vier is, zijnde 100% of 133% van de lengte van "drie dagen". Eéns niet zinnig kon gekozen worden naar ééndaagse periodes, geldt ook dat er geen wezenlijk voordeel bij driedaagse periodes bestaat t.o.v. vijfdaagse periodes. De nummering van driedaagse periodes in een kalendermaand is ook niet meteen vanzelfsprekend en sprekend, terwijl deze bij vijfdaagse periodes wel.

In ieder geval is een keuze van vijfdaagse i.p.v. tiendaagse periodes een grote tegemoetkoming aan de wens en de nood om over waarden over kleinere periodes dan decades te beschikken.

Maar dé grote verbetering is het inrekenen van tijdsvertragingen tussen enerzijds de aanvoer van het bovendebiet aan de locaties aan de rand van het tijgebied, en anderzijds de passage van dat bovendebiet aan de "Schelde te Schelle", waarbij -bij vijfdaagse periodes- die tijdsvertraging locatie per locatie kan constant gehouden worden per locatie. Uiteraard verschilt de tijdsvertraging van locatie tot locatie, want heeft een verandering van aanvoer van bovendebiet uit de Dender het sneller invloed op het globale bovendebiet van de "Schelde te Schelle", tegen de aanvoer van de Schelde te Melle, en is deze van de Grote Nete te Itegem het traagst van alle.

Die tijdsvertraging per locatie werd bepaald op basis van:

- het bepalen van waterverplaatsingen per getij door middel van de "Kubatuurberekeningen voor het Scheldebekken" van ir. E. Smets (rapport WL - Mod. 405 - 1996). Deze methode veronderstelt een verplaatsing van waterdeeltje per waterdeeltje, en levert dus een maximum-waarde van de tijds-vertraging.

- het nagaan van de tussentijd tussen enerzijds het optreden van plots zeer grote bovendebieten vnl. te Melle, Appels en Eppegem, en anderzijds het flink verkleinen van de conductiviteit (zegge saliniteit) van het Scheldewater aan de continue meetplaatsen in de Beneden-Zeeschelde. Dat moet een vrij realistisch beeld geven.

- het feit dat met etmalen moet gewerkt worden. De bovendebieten aan de rand van het tijgebied worden bepaald als dagwaarde. Het feit van schijngetij dwingt daartoe. De te bepalen bovendebieten van de "Schelde te Schelle" gaan ook per etmaal, nl. voor 89% vijfdaagse periodes van inderdaad vijf dagen in een kalenderjaar, 10% van zes dagen, en 1% van ofwel 3 ofwel 4 dagen (maand februari). Hoe ook, steeds wordt tegen een verschillend aantal etmalen per meerdaagse periode gestoten. Maar de conclusie van dit alles is dat de tijdsvertragingen ook veelvouden van een etmaal moeten zijn, hetgeen zaken vergemakkelijkt, daar anders de factor moet bekeken worden of er invloed is door het feit dat hoogwater (of laagwater) net om middernacht valt, of halftij vloed (of halftij eb) om middernacht valt, of op andere tijdstippen in de dag. Bovendien eindigt eenzelfde tijgolf niet om exact hetzelfde tijdstip aan de verschillende locaties aan de rand van het tijgebied.

- tenslotte het benaderen van de te zoeken tijdsvertraging door gezonde toepassing van expertise en hanteerbaarheid, dat laatste vnl. bij het bepalen welke tijdsvertraging geldt voor de aanvoer van "bovendebiet" vanuit de zijbekkens.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

In de vorige MONEOS-jaarboeken werd ook al het onderscheid aangegeven of de boven-debieten zeer groot, groot, middelmatig, klein of zeer klein zijn. Bij gemiddelde of kleine boven-debieten zal het inderdaad iets langer duren eer de bovenafvoer de locatie Schelle zal bereiken, dan wel bij grote en zeer grote bovendebieten, waar de afstand tussen de randen van het tijgebied en de “Schelde te Schelle” veel sneller wordt overbrugd. Bovendien: bij doodtijen kan het normaliter iets sneller gaan dat bovendebieten naar afwaarts hun invloed geven, dan wel bij springtijen waar dit iets trager is.

Er moet dus een goede afweging tussen al die variabelen genomen worden, om niet keer op keer de tijdsvertragingen al naargelang bovenafvoer en tij, zelf erg veranderlijk te moeten nemen. Uit ervaring en systeemkennis kan geleerd worden dat die klemtoon bij het bepalen van de tijdsvertraging tussen de doorgang van bovenafvoeren aan de rand van het tijgebied en de aankomst te Schelle, ligt op periodes van grote en zeer grote bovendebieten, wanneer de doorstroming van die bovendebieten naar Schelle ook sneller verloopt. De variatie tussen opeenvolgende dagwaarden van gemiddeld bovendebiet is ook veel groter dus belangrijker bij grote bovendebieten dan wel bij gemiddelde, kleine of zeer kleine, dus is er bij grote bovenafvoer een juistere tijdsvertraging nodig.

Uiteindelijk zijn de tijdsvertragingen per locatie aan de rand van het tijgebied, om het globale bovendebiet van de "Schelde te Schelle" te bepalen :

locatie aan de rand van het tijgebied	**tijdsvertraging van doorgang bovendebiet aan een locatie aan de rand van het tijgebied, naar de "Schelde te Schelle"**
	bij klemtoon op eerder grote afvoer
Zeeschelde te Melle	**2 etmalen**
Dender te Appels	**1 etmaal**
Zenne te Eppegem	**2 etmalen**
Dijle te Haacht	**2 etmalen**
Grote Nete te Itegem	**3 etmalen**
Kleine Nete te Grobbendonk	**3 etmalen**

Tabel 25 - overzicht van de (gemiddelde) tijdsvertraging van doorkomen van bovenafvoer aan de meetraaien, bij doorrekening naar Schelle (met o.a. Itegem en Grobbendonk als meetraaien)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Vanaf 2012 wordt de debietsbepaling van het Netebekken gedaan aan de hand van de continue meting van vloed- en ebdebieten van de Beneden-Nete te Duffelsluis. Dit totale bovendebiet van het ganse Netebekken (op een klein stuk van Duffelsluis naar de uitmonding in de Rupel na) moet sowieso een betere bepaling opleveren van de bovenafvoer van de "Schelde te Schelle" dan wel via de methode van de doorrekening van daggemiddelde bovendebieten van de Grote Nete te Itegem en de Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas) naar afwaarts.

In het eigenlijke jaarboek van MONEOS over 2012, zal de afvoer van het Netebekken dus gepresenteerd worden door de dagwaarden van bovenafvoer in de Beneden-Nete te Duffelsluis. De tijdsvertraging van deze locatie naar de "Schelde te Schelle" is vanzelfsprekend klein (tussenafstand is 23 km) en wordt, zoals deze van de Dender te Appels (afstand van Dendermonding naar Schelle is 33 km) genomen op één etmaal, en nogmaals: eerder bepaald bij omstandigheden van grote bovendebieten dan wel gemiddelde of kleine.

Alsdan wordt die tabel van de tijdsvertragingen per locatie aan de rand van het tijgebied, om het globale bovendebiet van de "Schelde te Schelle" te bepalen, vanaf het jaar 2012:

locatie aan de rand van het tijgebied	**tijdsvertraging van doorgang bovendebiet aan een locatie aan de rand van het tijgebied, naar de "Schelde te Schelle"**
	bij klemtoon op eerder grote afvoer
Zeeschelde te Melle	**2 etmalen**
Dender te Appels	**1 etmaal**
Zenne te Eppegem	**2 etmalen**
Dijle te Haacht	**2 etmalen**
Beneden-Nete te Duffelsluis	**1 etmaal**

Tabel 26 - overzicht van de (gemiddelde) tijdsvertraging van doorkomen van bovenafvoer aan de meetraaien, bij doorrekening naar Schelle, (met Duffelsluis als meetraai i.p.v. Itegem en Grobbendonk)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.3.3 doorrekening bovendebieten per decade naar de “Schelde te Schelle”

Zoals in vorige paragrafen uitgelegd, zijn het, in de klassieke methode ir. Codde, de decade-waarden van de bovendebieten aan de randen van het tijgebied (Melle, Appels, Eppegem, Haacht, Itegem en Grobbendonk) die -ook per decade- zonder tijdsvertraging naar afwaarts worden door-gerekend, via de gewone weg van multiplicatoren gelijk aan de vergroting van het hydrografisch bekken.

In eerste instantie worden de bovendebieten aan de meetraaien doorgerekend naar de volledige lengte van de betrokken rivieren (genoemd "aan de mondingen"). In tweede instantie worden de zijbekkens mee ingerekend, zijnde primo het zijbekken van de Schelde tussen Melle en Schelle samen met het bekken van de tij-Durme, en secundo zijnde het zijbekken van de Beneden-Nete en van de Rupel. De afvoer van deze zijbekkens stoelt op de gelijktijdige specifieke afvoer van de rivieren Kleine Nete, Grote Nete, Dijle en Zenne (dus tot aan hun mondingen), verdisconteerd met de grootte van elk der hydrografische zijbekkens waarvan sprake.

Aldus worden decade-waarden bepaald voor enerzijds het Scheldebekken opwaarts van de Rupelmonding, en anderzijds voor het ganse Rupelbekken. Hun som levert de uiteindelijk beoogde decade-waarden op van "het bovendebiet van de Schelde te Schelle".

Op deze wijze werden de bovendebieten van dat Scheldebekken (opwaarts van de Rupel-monding) en van het totale Rupelbekken sinds 1947 bepaald, en uiteraard dus ook hun som zijnde de bovenafvoer naar de “Schelde te Schelle”.

Vanaf 2012 wijzigt deze methode in de zin van het rechtstreeks meten van de afvoer van het Netebekken te Duffelsluis, i.p.v. gebruik te maken van de “ver opwaartse” meetraaien Itegem (op de Grote Nete) en Grobbendonk (op de Kleine Nete). En zulks houdt een flinke verbetering van het bepalen van de bovenafvoer van de “Schelde te Schelle” in.

Tot en met 2011 werd nog steeds de klassieke methode (ir. R. Codde, met decade-waarden, en zonder tijdsvertraging) die werd toegepast (vanaf 2008 gold ook de nieuwe berekeningsmethode met pentadegemiddelden). Voor 2011 geeft deze decade-methode het overzicht op volgende bladzijde. Duidelijk is de seizoenale variatie van de tiendaags gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien te zien, en dus uiteraard deze van het Scheldebekken opwaarts Rupelmonde, van het ganse Rupelbekken en van hun som de “Schelde te Schelle”. De beide grafieken op twee bladzijden verder tonen dit nog duidelijker. Enerzijds is er een grafiek die chronologisch de 36 decadewaarden doorheen het jaar 2011 weergeven, anderzijds is er een grafiek waarop die 36 decadewaarden naar grootte gerangschikt zijn geworden. De zeer kleine, kleine en gemiddelde waarden maken het gros van het aantal uit; de zeer grote waarden komen slechts enkele keren op een jaar voor, hier het jaar 2011 doch een zulkdanig beeld geldt algemeen -ietwat van jaar tot jaar verschillend- voor bijna alle jaren. Nogmaals: navolgende tabel en navolgende grafieken zijn steunen op de (oude) klassieke methode van ir. Codde, dus per decade, en zonder tijdsvertraging.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

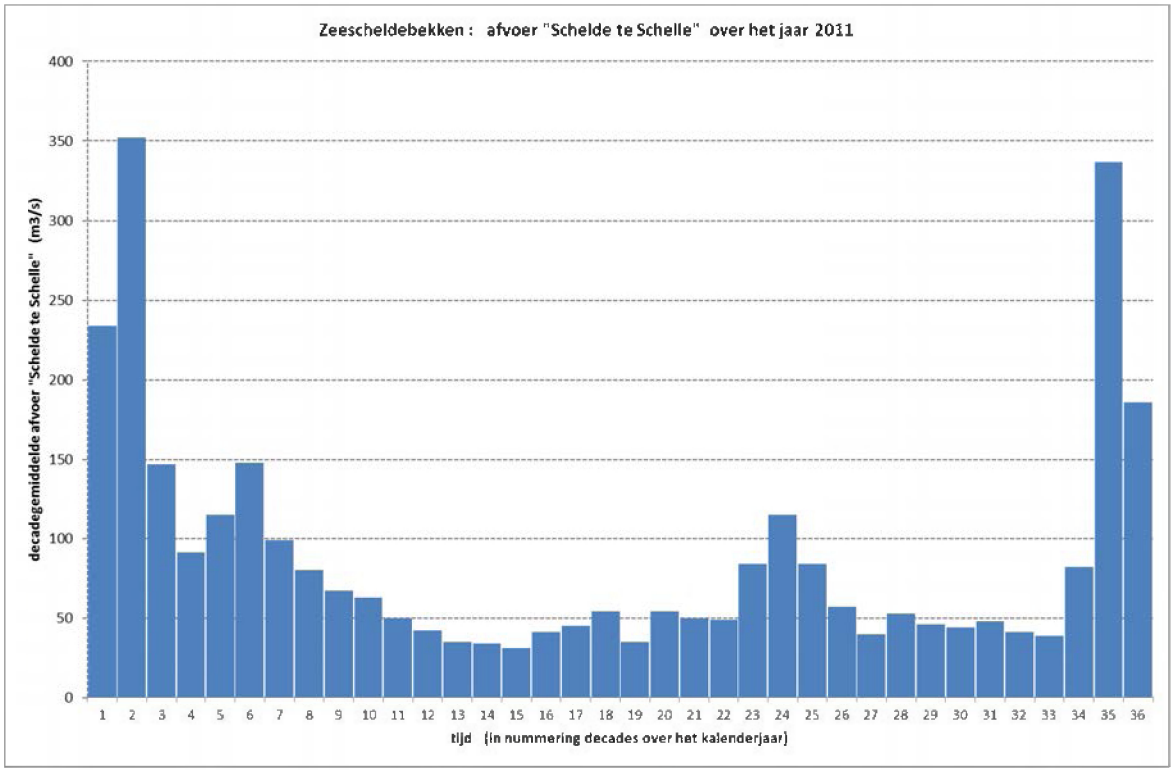
DE AFVOER VAN DE SCHELDE IN 2011

Tiendaags en maandgemiddeld debiet (m3/s) ter hoogte van de meetlocaties, aangereikt in de tussengebieden, aan de mondingen en te Schelle

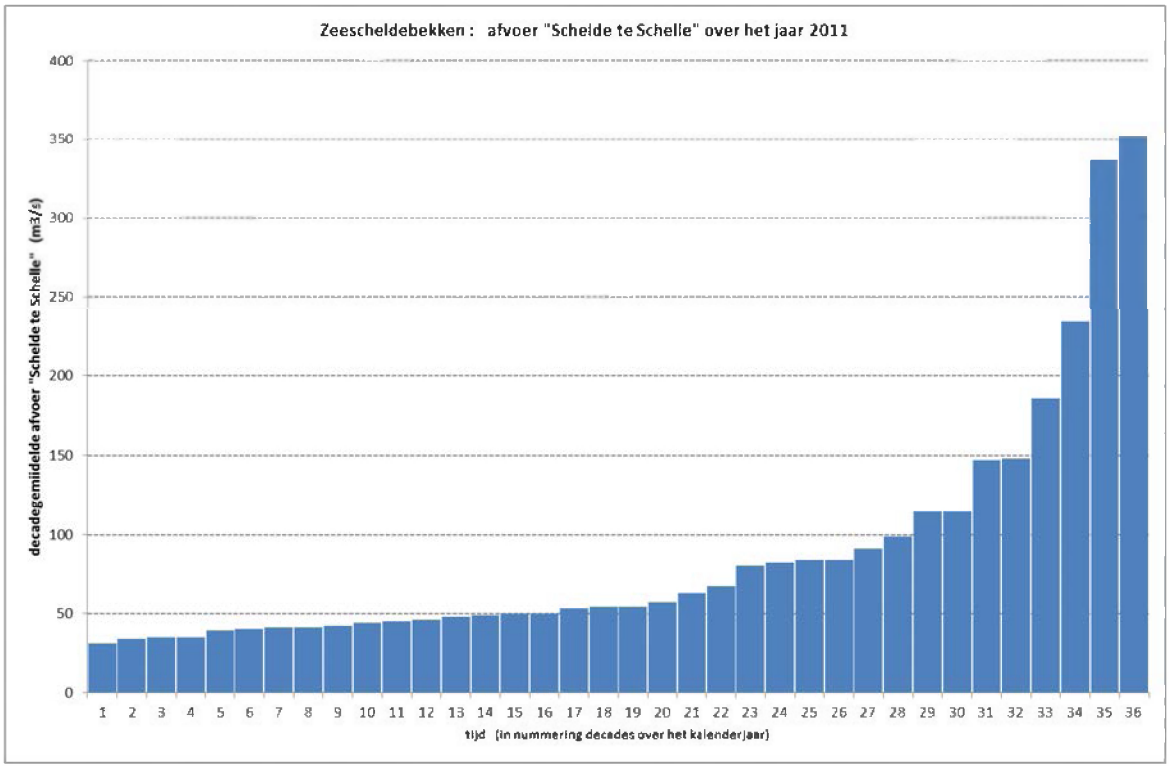
			Zijbekken					Zijbekken	TOTAAL		
	Schelde Melle	Dender Appels	Schelde + Durme	Zenne Eppegem	Dijle Haacht	Grote Nete Itegem	Kleine Nete Grobbendonk	Rupel + Ben Nete	Schelde opw. Rupel	Monding Rupel	Schelde te Schelle
JANUARI											
Decade 1	82,2	31,5	13,3	18,3	47,2	14,3	20,5	6,5	127	107	234
Decade 2	124,1	50,4	19,6	28,3	69,5	20,0	30,7	9,5	194	158	352
Decade 3	33,5	20,2	10,3	9,8	40,5	10,8	16,9	5,0	64	83	147
Maand	**78,4**	**33,6**	**14,3**	**18,5**	**52,0**	**14,9**	**22,5**	**6,9**	**126**	**115**	**241**
FEBRUARI											
Decade 1	17,8	10,8	6,8	8,0	24,7	7,8	11,9	3,3	35	56	91
Decade 2	21,4	13,4	8,9	9,2	30,7	9,5	17,0	4,4	44	71	115
Decade 3	55,8	21,6	7,7	11,2	24,2	8,6	14,7	3,8	85	63	148
Maand	**30,0**	**14,8**	**7,8**	**9,3**	**26,7**	**8,6**	**14,5**	**3,8**	**53**	**63**	**116**
MAART											
Decade 1	27,8	11,8	6,6	7,5	20,4	8,2	13,6	3,2	46	53	99
Decade 2	20,8	8,2	5,6	7,2	18,7	6,8	9,8	2,9	35	45	80
Decade 3	14,9	7,6	4,9	7,1	15,5	6,0	8,6	2,7	27	40	67
Maand	**21,0**	**9,2**	**5,7**	**7,3**	**18,2**	**7,0**	**10,6**	**2,9**	**36**	**46**	**82**
APRIL											
Decade 1	12,3	6,1	4,9	7,0	17,0	5,9	7,3	2,7	23	40	63
Decade 2	10,9	4,7	3,7	6,0	12,2	4,4	5,6	2,3	19	31	50
Decade 3	12,2	4,3	2,7	6,0	6,8	3,8	4,4	2,0	19	23	42
Maand	**11,8**	**5,0**	**3,8**	**6,4**	**12,0**	**4,7**	**5,8**	**2,3**	**21**	**31**	**52**
MEI											
Decade 1	6,4	2,9	2,7	5,4	8,7	3,0	3,4	2,0	12	23	35
Decade 2	6,8	2,7	2,7	5,5	8,8	2,6	3,2	2,0	12	22	34
Decade 3	7,1	2,0	2,4	6,3	7,4	1,8	2,1	2,0	11	20	31
Maand	**6,7**	**2,5**	**2,5**	**5,7**	**8,3**	**2,4**	**2,9**	**2,0**	**12**	**21**	**33**
JUNI											
Decade 1	7,2	1,8	3,5	7,1	13,0	3,2	3,1	2,2	12	29	41
Decade 2	9,1	2,7	3,6	8,0	12,0	3,1	4,2	2,2	15	30	45
Decade 3	9,6	4,0	4,4	8,1	16,8	4,5	4,2	2,5	18	36	54
Maand	**8,6**	**2,8**	**3,9**	**7,7**	**14,0**	**3,6**	**3,8**	**2,3**	**15**	**32**	**47**
JULI											
Decade 1	5,5	1,8	3,0	5,3	12,1	2,6	2,9	2,0	10	25	35
Decade 2	13,7	3,8	3,8	8,1	15,0	3,3	3,9	2,3	21	33	54
Decade 3	11,5	4,3	3,7	6,6	14,4	3,3	3,7	2,2	20	30	50
Maand	**10,3**	**3,3**	**3,5**	**6,7**	**13,8**	**3,1**	**3,5**	**2,2**	**17**	**29**	**46**
AUGUSTUS											
Decade 1	8,8	3,8	3,9	8,3	13,3	4,1	4,2	2,3	17	32	49
Decade 2	12,6	7,2	7,1	13,2	25,7	6,9	7,3	3,5	27	57	84
Decade 3	23,1	11,4	8,9	15,1	32,1	9,9	10,5	4,3	43	72	115
Maand	**15,1**	**7,6**	**6,8**	**12,3**	**24,0**	**7,1**	**7,4**	**3,3**	**30**	**54**	**84**
SEPTEMBER											
Decade 1	16,7	8,1	6,6	12,3	23,0	5,7	8,6	3,2	31	53	84
Decade 2	9,7	4,5	4,7	7,6	16,9	4,5	6,8	2,6	19	38	57
Decade 3	6,6	2,9	3,4	5,7	11,7	3,5	4,4	2,1	13	27	40
Maand	**11,0**	**5,1**	**4,9**	**8,6**	**17,2**	**4,6**	**6,6**	**2,6**	**21**	**40**	**61**
OKTOBER											
Decade 1	8,7	3,5	4,4	9,4	15,4	3,9	4,9	2,5	17	36	53
Decade 2	5,3	2,8	4,2	7,5	14,1	4,0	5,7	2,4	12	34	46
Decade 3	6,5	3,2	3,7	7,4	12,9	3,8	4,6	2,3	13	31	44
Maand	**6,8**	**3,2**	**4,1**	**8,1**	**14,1**	**3,9**	**5,1**	**2,4**	**14**	**34**	**48**
NOVEMBER											
Decade 1	7,6	2,8	4,1	7,2	14,7	4,4	4,9	2,4	15	34	48
Decade 2	4,5	2,8	3,6	6,7	12,9	3,8	4,0	2,2	11	30	41
Decade 3	2,6	3,7	3,6	6,6	12,9	3,8	4,0	2,1	10	29	39
Maand	**4,9**	**3,1**	**3,7**	**6,9**	**13,5**	**4,0**	**4,3**	**2,2**	**12**	**31**	**43**
DECEMBER											
Decade 1	16,4	8,1	6,4	11,2	22,1	5,8	8,9	3,1	31	51	82
Decade 2	143,6	51,8	15,6	28,8	48,6	15,0	25,9	7,6	211	126	337
Decade 3	61,7	24,3	11,1	13,2	37,5	12,3	20,9	5,4	97	89	186
Maand	**73,5**	**27,9**	**11,0**	**17,6**	**36,1**	**11,1**	**18,6**	**5,4**	**112**	**89**	**201**
JAAR	**23,2**	**9,8**	**6,0**	**9,6**	**20,8**	**6,3**	**8,8**	**3,2**	**39**	**49**	**88**

Tabel 27 - Zeescheldebekken: algemeen overzicht 2011 van de afvoer van de tijrivieren de zijbekkens, het Rupelbekken, en aan de Schelde te Schelle (alle debieten zijn in m³/s)
(klassieke methode ir. Codde)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 110 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over 2011 - chronologisch per decade
(klassieke methode per decade en zonder tijdsvertraging, methode ir. Codde)

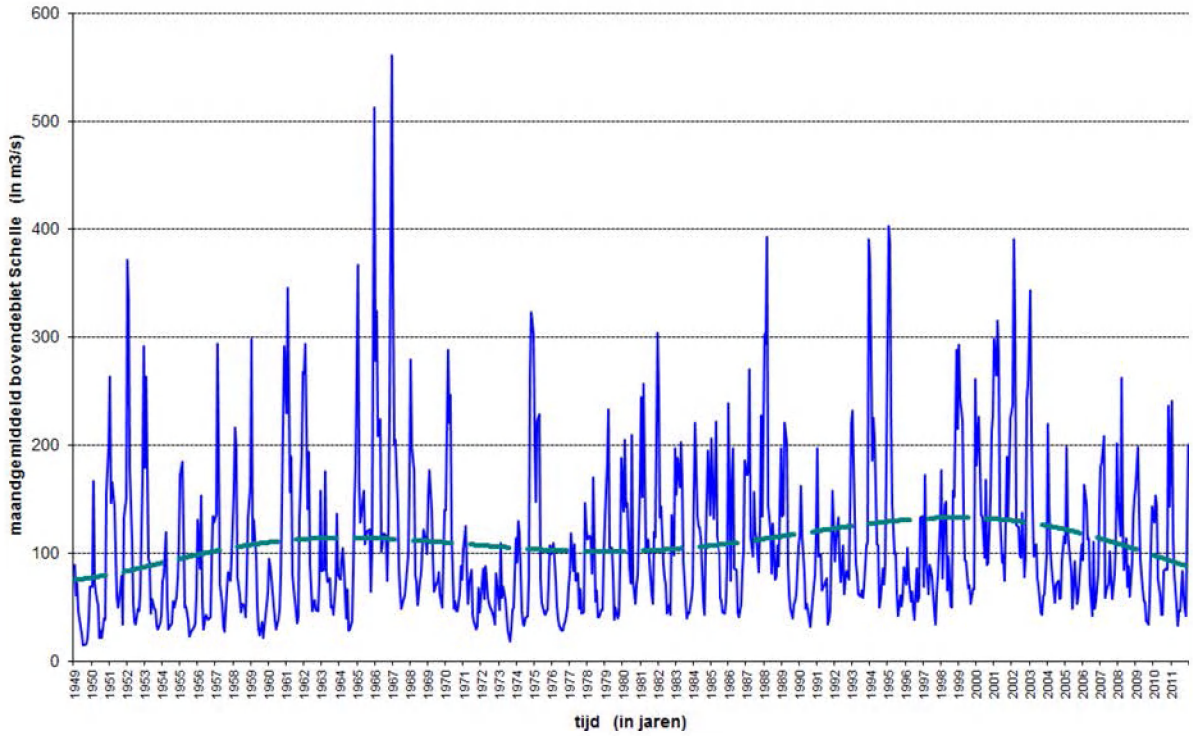


Figuur 111 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over 2011 - in grootte decadewaarden
(klassieke methode per decade en zonder tijdsvertraging, methode ir. Codde)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.3.4 bovendebieten "Schelde te Schelle" in historisch perspectief

De volgende twee grafieken geven het historisch perspectief sinds 1949 weer van de decade-gemiddelde bovenafvoer van de Schelde te Schelle. De eerste grafiek handelt over maand-waarden op zich, de tweede over de lopende twaalfmaanden gemiddelden van al die aparte maandwaarden. Daar waar de grafiek van loutere maandwaarden een seizoenaal erg variabel beeld geeft (pieken in natte winters, kleine waarden in zomerperiodes) geeft de tweede grafiek een ietwat gemiddeld lopend jaarbeeld te zien, per lopende twaalf maanden na elkaar.

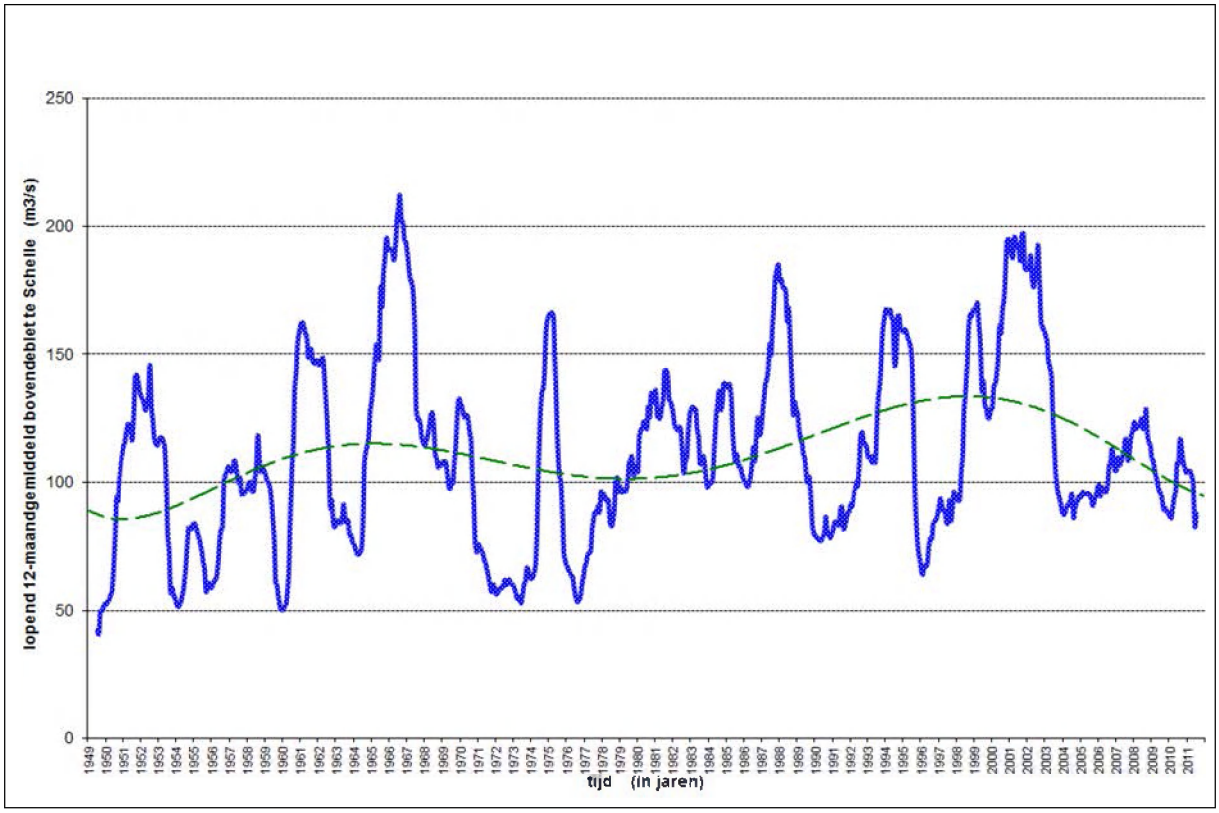


Figuur 112 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2011 op basis van maandgemiddelde waarden

Bij die beide figuren met chronologisch verloop van maandwaarden (of 12-maand-waarden), vallen uiteraard de periodes met zéér grote afvoer meteen op, zoals:

- december 1952 + januari en februari 1953
- december 1965 + januari en februari 1966
- november en december 1966 + januari en februari en maart 1967 (vijf maanden lang)
- januari en februari en maart 1988
- december 1993 + januari 1994
- januari en februari en maart 1995
- januari en februari en maart 2002
- jaarovergang 2002/2003
- maart 2008
- en november 2010

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 113 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2011 op basis van een lopend 12-maandgemiddelde waarde

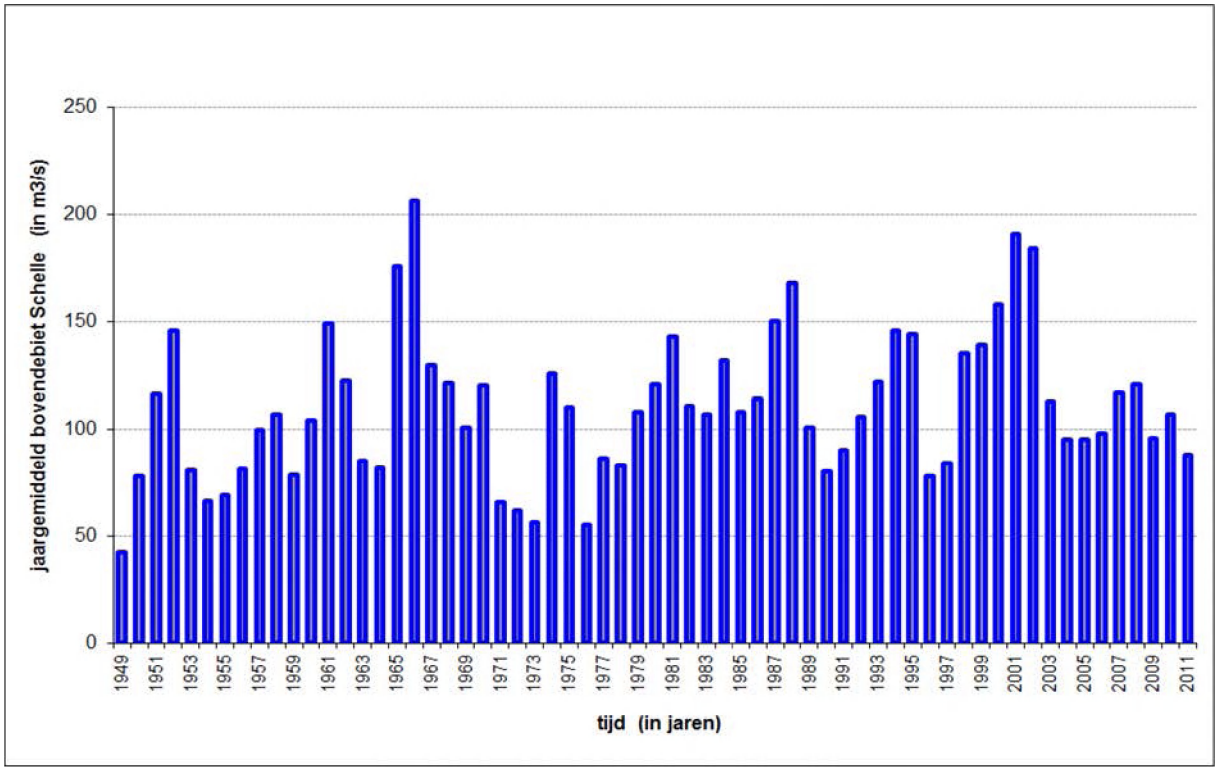
Verder vallen in beide bovenstaande figuren ook verschillende periodes met zeer kleine afvoeren op, zoals in volgende jaren:

- jaren 1953 tot 1956
- jaren 1959 en 1960
- jaren 1971 tot 1974 en 1976-1977
- jaren 1995-1996

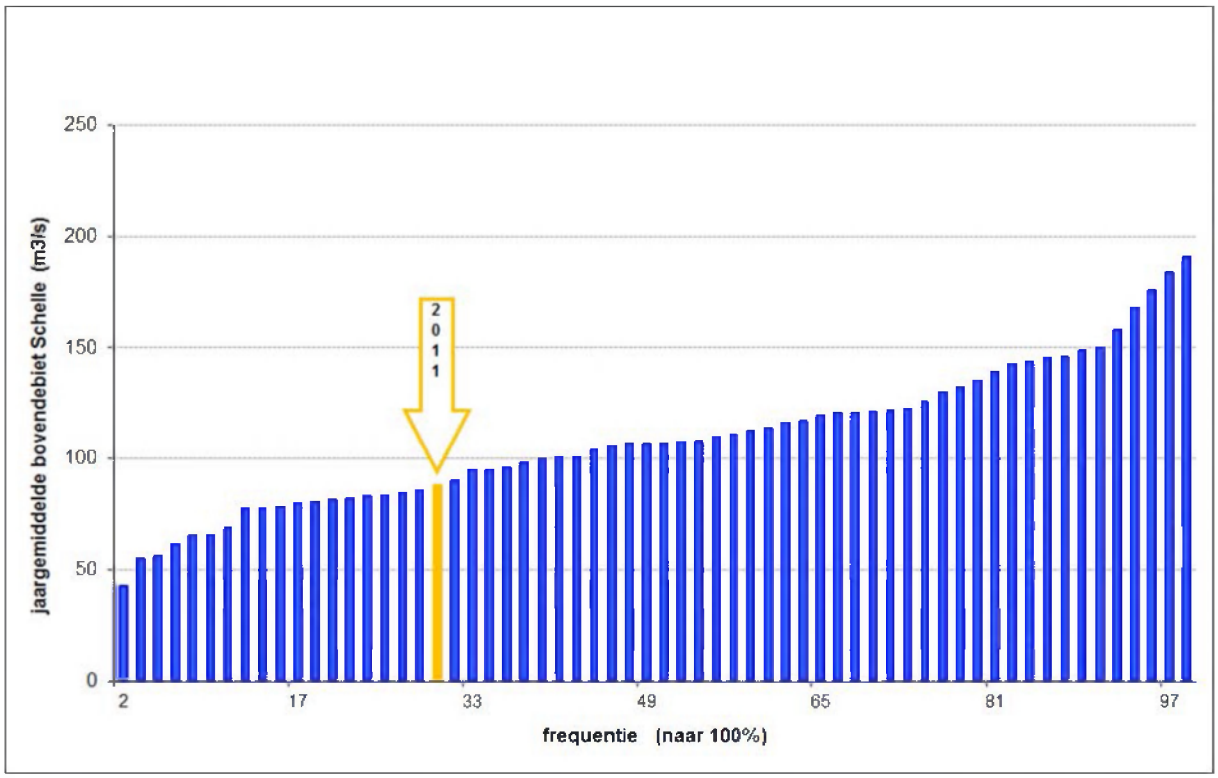
Zoals te merken in bovenstaande figuren is er een duidelijke dalende trend in de ordegrootte van afvoeren sinds enkele jaren. Nochtans traden in bvb. medio november 2010 en half december 2011 zeer belangrijke wasregimes op, met plaatselijk aanzienlijke overstromingen. Dat desondanks over de jaren heen, de afvoer kleiner werd t.o.v. de afvoer in bvb. de tien jaren daarvoor, wijst er op dat indien er zeer grote neerslag was en dus zeer grote afvoer van bovenafvoer, dat in zeer korte tijdsperiodes was geconcentreerd en zich niet over weken uitspreidde, en er de rest van de tijd slechts relatief weinig bovendebiet was.

De figuren op volgende bladzijde tonen de jaargemiddelde afvoer van het Zeescheldebekken als zijnde het "bovendebiet van de Schelde te Schelle", en dat sinds hun onafgebroken en systematische meting en berekening vanaf 1949 (methode ir. R. Codde), t/m 2011. In het eigenlijke jaarboek over 2012 wordt dit uiteraard geactualiseerd.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 114 - Zeescheldebekken: : afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2011 op basis van jaargemiddelde waarden

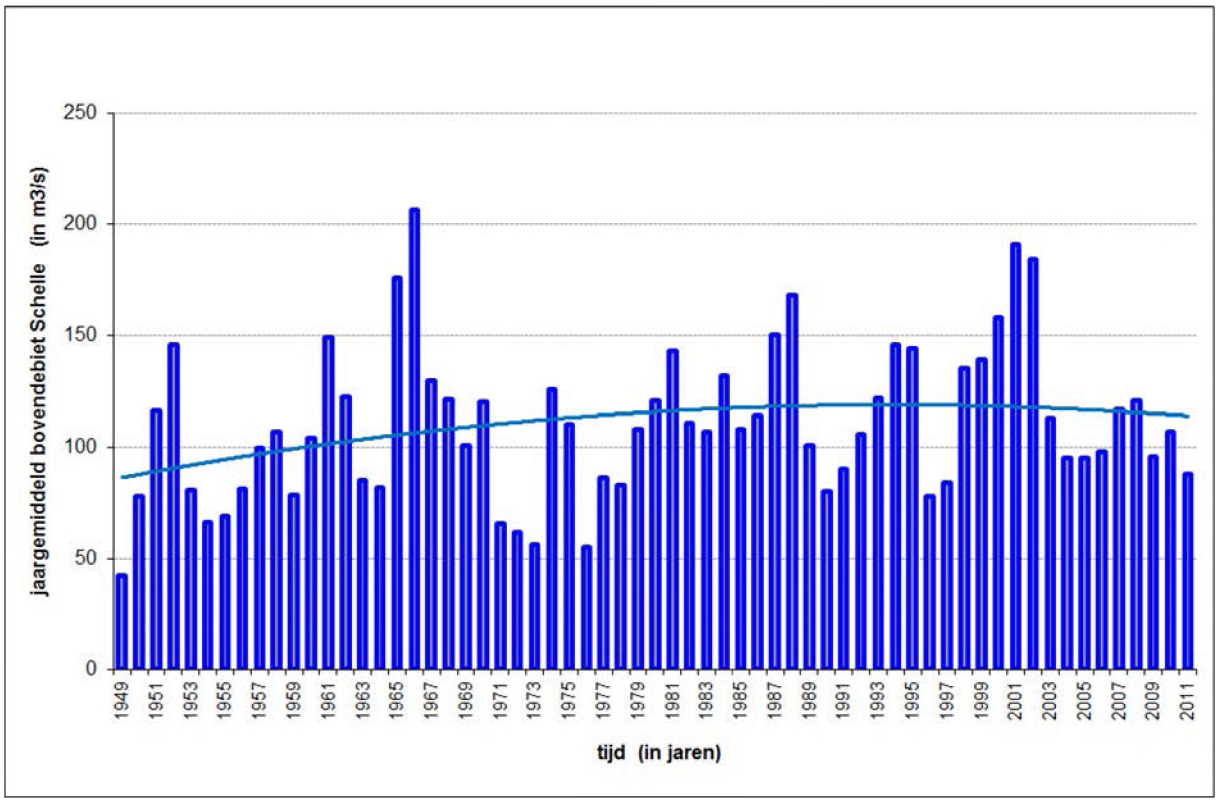


Figuur 115 - Zeescheldebekken : afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2011 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De voorgaande figuur schetst de jaarwaarden van de bovenafvoer van het Zeescheldebekken naar de “Schelde te Schelle” in volgorde van grootte. Het jaargemiddeld bovendebiet van de "Schelde te Schelle" in 2011, nl. 88 m3/s, klasseert zich op bijna een derde van de hele rij. Samengevat kunnen we stellen dat het jaargemiddeld debiet te Schelle in 2011 bijna 20 m³/s lager ligt dan de mediaan over de ganse periode, en dat het nog net bij de 20 droogste jaren kan gerekend worden over die beschouwde periode 1949-2011.

Tenslotte toont de volgende figuur een tweedegraads-trendlijn die een verhoging van de "basis"-afvoer van het gehele Zeescheldebekken sinds 1949 laat zien, van rond en om 95 m³/s bij aanvang tot rond en om 120 m³/s in 2002, bekeken op basis van die trendlijn. We merken ook een dalende trend sinds 2003. Enerzijds worden afvoerevoluties gegenereerd door een sterk toegenomen bebouwing van het land (woon- en nijverheidsgebouwen, wegen, parkings, ...) waardoor veel meer neerslag tot oppervlaktewater wordt i.p.v. kans te krijgen om in de ondergrond te dringen, en anderzijds geldt uiteraard de van jaar tot jaar verschillend zijnde hoeveelheid neerslag, o.a. het feit dat buiten de afwisseling in de opeenvolging van droge en natte jaren het ook kan dat enkele natte jaren na elkaar kunnen optreden, en evengoed enkele droge jaren na elkaar. Komt zulks voor op het einde van een periode in een grafiek, dan heeft dit meteen danig gevolg voor een Excelmatig bepaalde trendlijn ...



Figuur 116 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2011 op basis van jaargemiddelde waarde, inclusief een langjarige trendlijn (tweedegraads polynoom)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.3.5 doorrekening bovendebieten naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis ("pentades") en met tijdsvertraging (nieuwe methode)

Sinds enkele jaren worden -zoals hoger al uitgelegd- een nieuwe methode gebruikt om de afvoer van de "Schelde te Schelle" beter te bepalen. De waarden zijn nu per vijfdaagse periode i.p.v. per tiendaagse, en er wordt daarbij ook een tijdsvertraging in rekening gebracht tussen het aan de randen van het tijgebied binnenkomen van bovendebieten en het te Schelle geraken van die afvoer.

Deze methode is voor het eerst gebruikt bij het eerste MONEOS-jaarboek, nl. over het jaar 2008. Er werd ook een terugrekening gedaan vanaf het jaar 1991, om enige evolutie te kunnen tonen.

Het onderhavige basisboek toont waarden voor of t/m het jaar 2011, om het eigenlijke jaarboek over 2012 niet voor de voeten te lopen. Zodoende is het resultaat van de doorrekening op vijfdaagse basis in volgende tabel, voor het jaar 2011 opgesomd. Per maand zijn de opeenvolgende pentades met Romeinse cijfers aangeduid. De laatste vijfdaagse periode van een maand, is per jaar maar in een derde van de maanden vijf dagen lang, nl. in de vier maanden van 30 kalenderdagen, maar is korter in februari en is één dag langer in de zeven maanden met 31 kalenderdagen.

overzicht van de vijfdaagse bovendebieten Schelle 2011		
januari	i	179
	ii	236
	iii	353
	iv	390
	v	177
	vi	161
februari	i	95
	ii	90
	iii	122
	iv	100
	v	101
	vi	163
maart	i	161
	ii	83
	iii	78
	iv	78
	v	74
	vi	66
april	i	76
	ii	59
	iii	55
	iv	46
	v	43
	vi	46

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

mei	i	44
	ii	32
	iii	35
	iv	32
	v	30
	vi	31
juni	i	30
	ii	40
	iii	50
	iv	42
	v	45
	vi	**51**
juli	i	55
	ii	30
	iii	35
	iv	65
	v	62
	vi	45
augustus	i	36
	ii	51
	iii	57
	iv	94
	v	125
	vi	122
september	i	59
	ii	104
	iii	66
	iv	55
	v	51
	vi	38
oktober	i	33
	ii	55
	iii	58
	iv	41
	v	49
	vi	45
november	i	49
	ii	48
	iii	40
	iv	**38**
	v	43
	vi	38
december	i	60
	ii	89
	iii	101
	iv	443
	v	316
	vi	152

Tabel 28 - de afvoer van het Zeescheldebekken:
vijfdaagse gemiddelde bovendebieten (m³/s - pentades) van "de Schelde te Schelle" in 2011

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het jaargemiddelde van al deze 72 pentade-waarden is 88 m³/s zijnde gelijk aan het jaargemiddelde berekend volgens de methode ir. R. Codde op basis van tiendaagse periodes en zonder tijdsvertraging.

Nochtans zou het door het feit van een verschillende methode en door het spel van de afrondingen bij elk der pentade- resp. decade-waarden, gerust één m3/s mogen verschillen. In fysisch opzicht is de nieuwe methode met pentades en met tijdsvertraging, juister dan de klassieke wijze. Bovendien moet steeds bedacht worden welke fysische nauwkeurigheid aan de debietswaarden moet gehecht worden. Op zijn minst past het aan te nemen dat elke afvoerwaarde, gegeven tot op de eenheid van m3/s, het niet verdient om met decimalen aangegeven te worden, en dat bij elke waarde meteen moet aanvaard worden dat het fysisch draait om een waarde tussen de afgeronde nul- of vijf-waarde onder of boven de aangegeven waarde. Een pentadegemiddelde afvoer te Schelle van bvb. 78 m3/s is dus sowieso beter aan te geven als zijnde 75 à 80 m3/s, en zelfs dat is mooi voorgesteld. Wat niet wegneemt dat alle vernoemde waardes toch hun “waarde” kennen, zeker als onderlinge vergelijking van de mate van afvoer, en zeker omdat ze alle via eenzelfde methode zijn bepaald geworden, en omdat ze als dusdanig goed met hun invloed op andere parameters zoals het chloride-gehalte in de Beneden-Zeeschelde of de Westerschelde kunnen “gematcht” worden.

Het grootste vijfdaagse gemiddelde te Schelle in 2011 komt voor in de vierde pentade van december, met name de grootste was-periode in 2011, met een pentadewaarde van liefst 443 m³/s. Ter vergelijking geven we hierbij het pentadegemiddelde van de vierde pentade van november 2010, een periode gekenmerkt door meerdere en relatief langdurige overstromingen in Vlaanderen, namelijk een waarde van 565 m³/s.

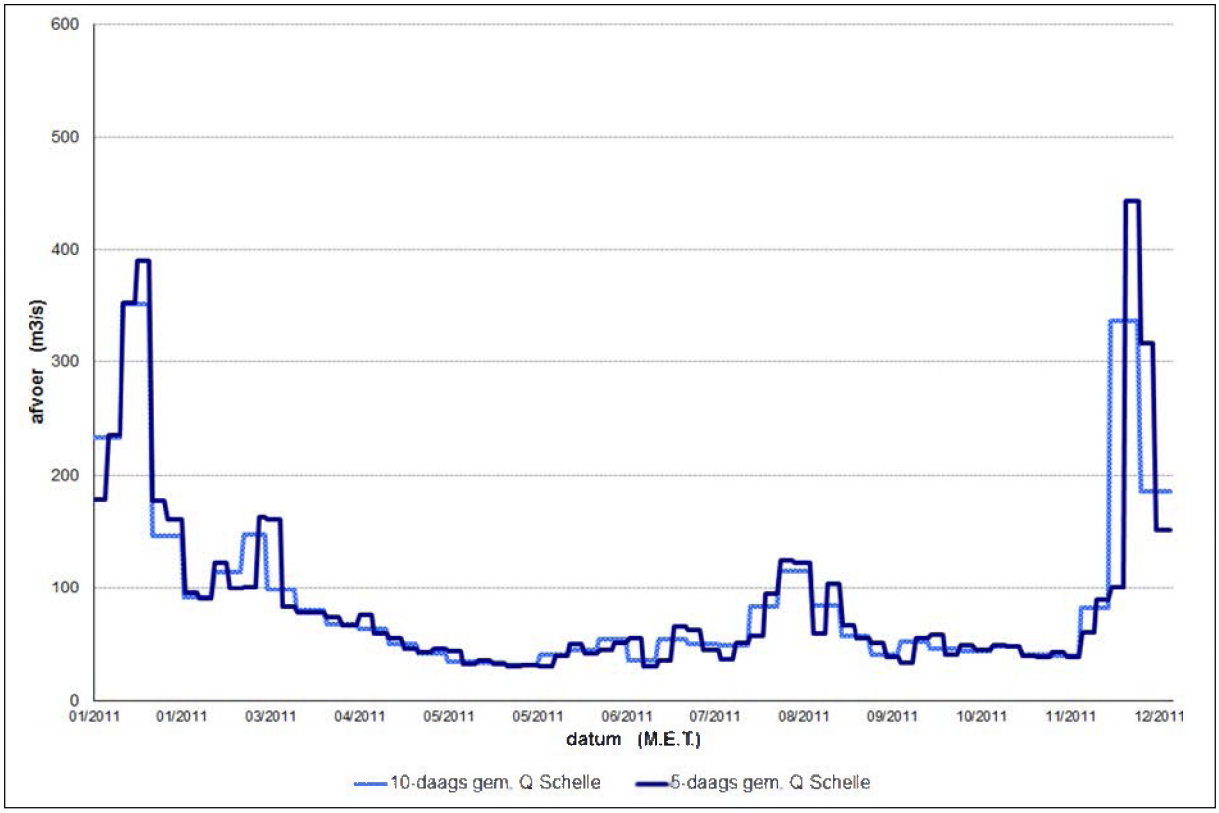
Het kleinste vijfdaagse gemiddelde was in de vijfde pentade van mei en de eerste pentade van juni met 30 m³/s. Opvallend zijn ook de lage pentadegemiddelden in oktober en november, met uitschieters tot 38 m³/s in de vierde én de zesde pentade van november, doorgaans toch een vrij natte maand.

Uiteraard zullen vele gebruikers van de vroegere decade-waarden van de afvoer van het Zeeschelde aan de “Schelde te Schelle”, vragen naar enige vergelijking van die decade-waarden met de pentade-waarden. Gezien de pentade-waarden gaan over kleinere periodes, zijn ze meer uitgemiddeld dus kleiner in absolute waarden dan de decade-waarden. Dat is kanttekening die bij zo vele data van bovendebieten moet gemaakt worden, nl. goed te letten over welke tijdsduur (periode) de afvoergemiddelden gaan …

De volgende figuur toont zowel de decade-waarden samen met de vijfdaagse waarden. Uiteraard is dus de variatie van de opeenvolgende vijfdaagse waarden iets groter dan bij de tien-daagse waarden, want deze laatste zou men kunnen aanzien als een gemiddelde van vijfdaagse waarden, wat ze qua berekening evenwel niet zijn.

En even uiteraard is er een na-ijling van vijfdaagse waarden op hun tiendaagse collega's te zien, want bij de methode ir. Codde wordt geen vertraging beschouwd tussen het optreden van de bovendebieten aan de rand van het tijgebied en hun doorkomen te Schelle, wat bij de berekening van de vijfdaagse gemiddelden wel het geval is.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



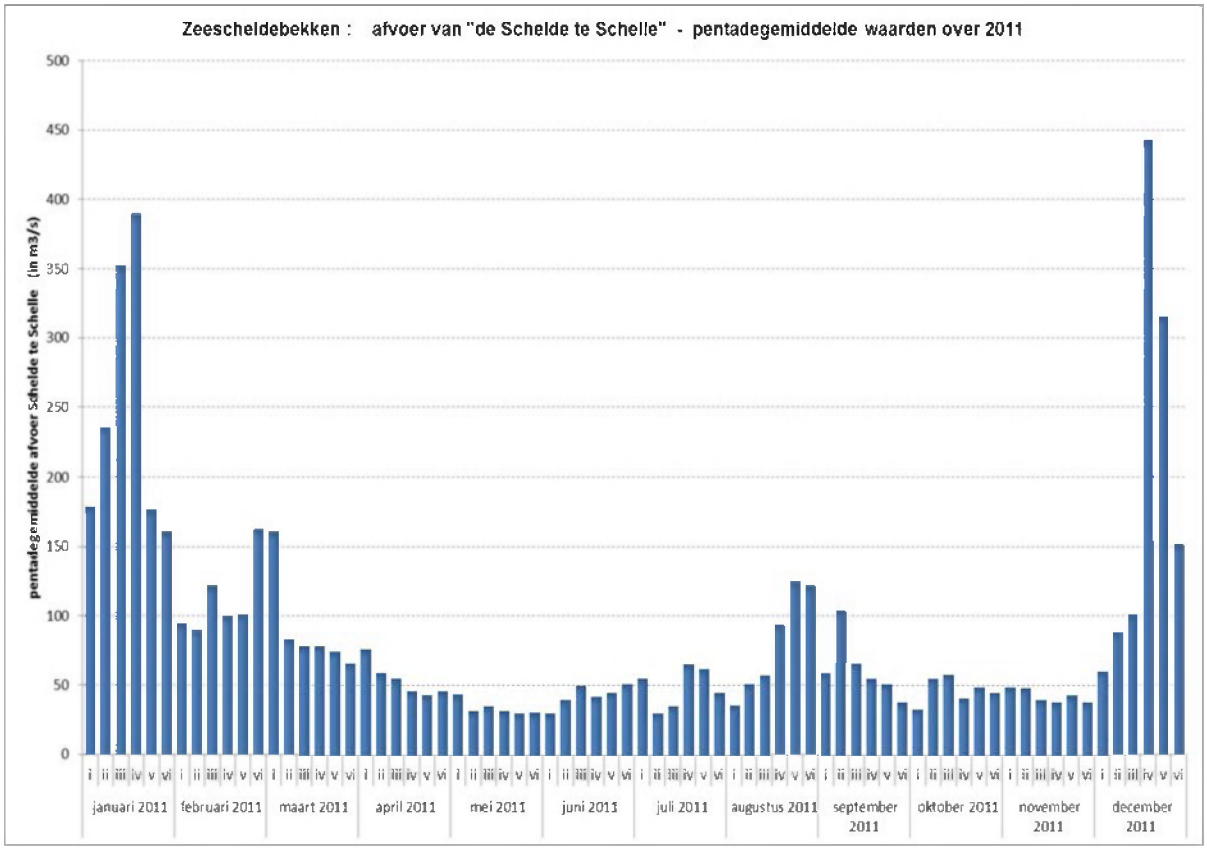
Figuur 117 - Zeescheldebekken: afvoer volgens tiendaagse en vijfdaagse gemiddelde bovendebieten met name van de "Schelde te Schelle" over het jaar 2011

Vanaf 2008 wordt er dank zij de MONEOS-rapportage volop gewerkt met pentade-afvoeren, en vanaf 2012 zijn er -mede door het gebruiken van debietwaarden te Duffelsluis i.p.v. te Itegem en te Grobbendonk zoals vroeger- geen decade-waarden meer bepaald dus niet meer beschikbaar.

Uiteindelijk toont de onderstaande figuur het jaarverloop van alle pentadewaarden 2011 van “de Schelde te Schelle”, zijnde de bovenafvoer van het opwaartse Zeescheldebekken naar de Beneden-Zeeschelde, en zoals in tabel 26 aangegeven.

Met het jaarboek 2012 worden de data uiteraard t/m 2012 geactualiseerd.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 118 - Zeescheldebekken: afvoer volgens vijfdaagse gemiddelde bovendebieten (pentades) met name van de "Schelde te Schelle" over het jaar 2011

In dit hoofdstuk over "bovendebieten Zeescheldebekken" zijn tabellen en grafieken getoond van dag-gemiddelde waarden, vijfdaags gemiddelde waarden, tiendaags gemiddelde waarden, en maand-gemiddelde waarden, en tenslotte ook twee maal een jaargemiddelde waarde. Vanzelfsprekend heeft de duur van de tijdsperiode waarover een gemiddelde wordt gepresenteerd, een zeer grote invloed op de gemiddelde waarde zelf. Dagwaarden zijn uiterst variabel doorheen het jaar, vijfdaagse waarden vlakken dat al flink uit, en gemiddelden over tiendagen en maanden vlakken nog beduidend meer uit. Er moet dus steeds goed op gelet worden over welke locatie of rivier, MAAR OOK over welke tijdsduur-gemiddelden het telkens handelt.

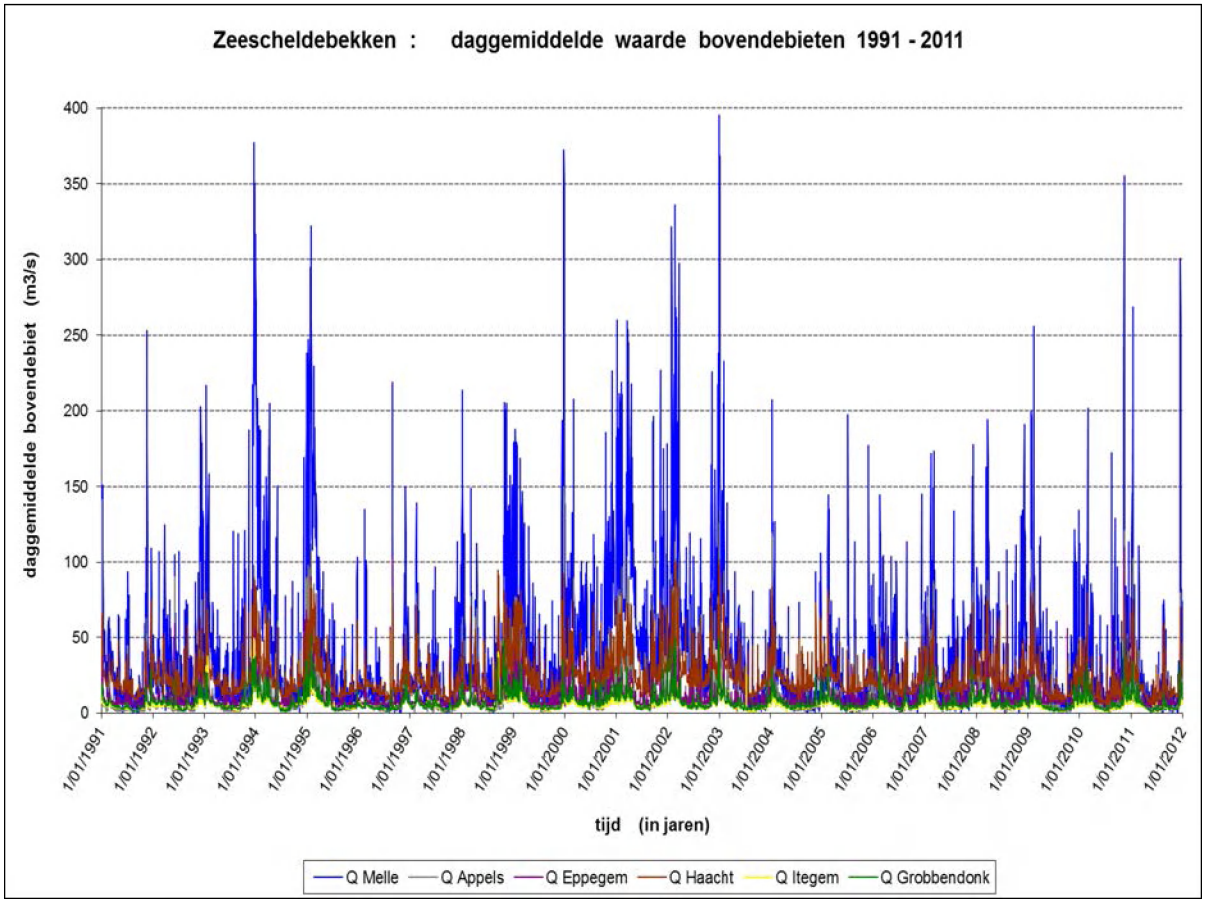
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2.3.6 bovendebieten "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis ("pentades") en met tijdsvertraging (nieuwe methode), in historisch perspectief

Slechts vanaf de bovendebieten over het jaar 2008 werden meteen pentadewaarden mét tijdsvertraging bepaald. Voordien ging het steeds over decadewaarden en zonder tijdsvertraging (dus de zgde methode ir. R. Codde, dd. 1949). Over 2008, 2009, 2010 en 2011 zijn ook nog dergelijke decade-waarden berekend, zie hiervoor.

Om voor de pentadewaarden toch enige historiek te kunnen tonen, zijn alle dagwaarden aan de randen van het tijgebied, sinds 1991 doorgerekend met de pentademethode, dus niet enkel naar vijfdaagse waarden te Schelle, maar meteen ook mét tijdsvertraging zoals hoger uitgelegd, en meerbepaald met de methode waarbij de klemtoon op eerder grote en zeer grote bovenafvoer wordt gelegd.

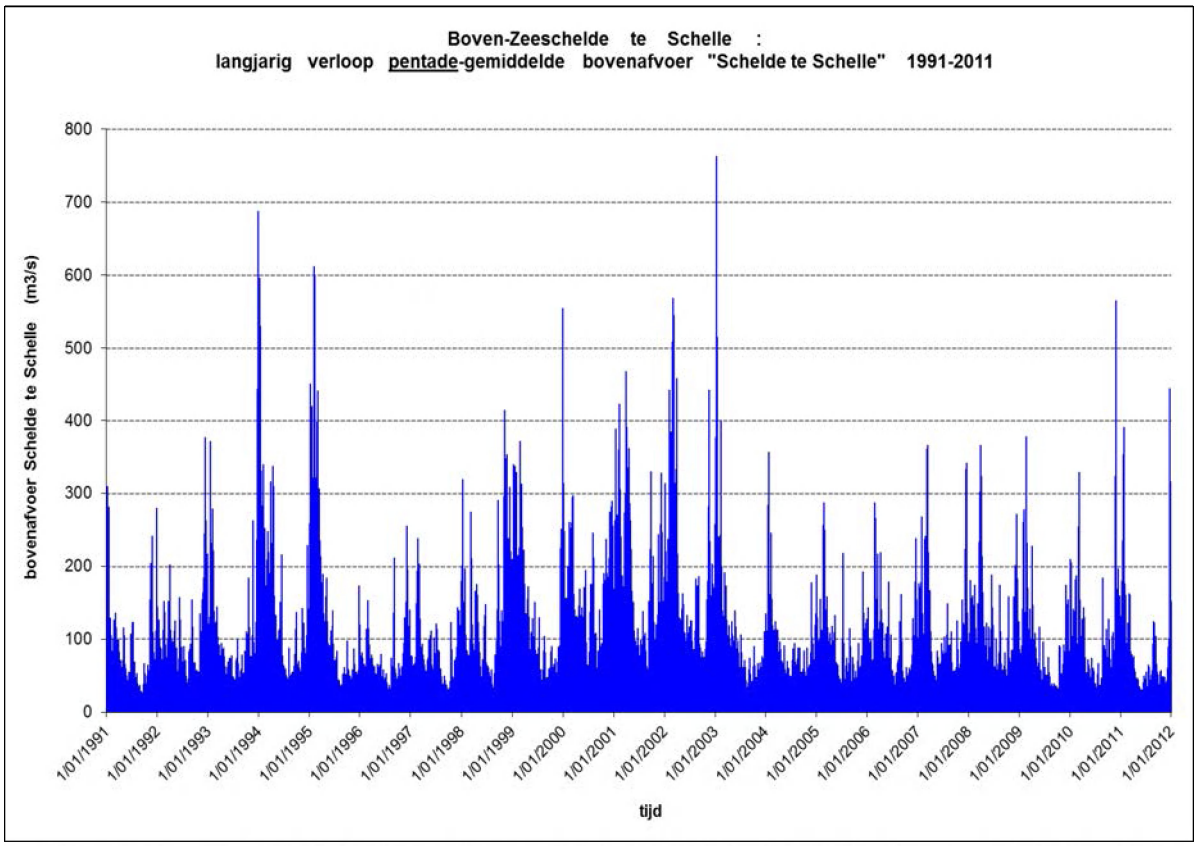
De hiernavolgende grafiek toont eerst de daggemiddelde bovenafvoeren aan de randen van het tijgebied sinds 1991. Een beeld dat ondertussen vertrouwd moet zijn geworden.



Figuur 119 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde afvoer aan de randen van het tijgebied over de periode 1991-2011
(alle bovendebieten zijn in m³/s)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De doorrekening naar "de Schelde te Schelle" met als resultaat pentadewaarden mét dus ook inrekening van tijdsvertraging, geeft volgende grafiek over de periode 1991-2011.



Figuur 120 - Zeescheldebekken: afvoer aan "de Schelde te Schelle" volgens pentadewaarden (nieuwe methode) over de periode 1991-2011 *(alle bovendebieten zijn in m³/s)*

Bij deze grafiek met het chronologisch verloop van pentadewaarden 1991-2011, vallen uiteraard de periodes met zéér grote afvoer meteen op, zoals:

- december 1993 + januari 1994;
- januari en februari en maart 1995;
- en januari en februari en maart 2002;
- de jaarovergang 2002/2003;
- de wasperiode in november 2010;
- en nu ook de wasperiode in december 2011.

Bij vergelijking van de extreme pentadewaarde van afvoer te Schelle in december 2011, nl. 443 m³/s, met vorige pentadewaarden sinds 1991, is die was-pentade enkel overtroffen door :

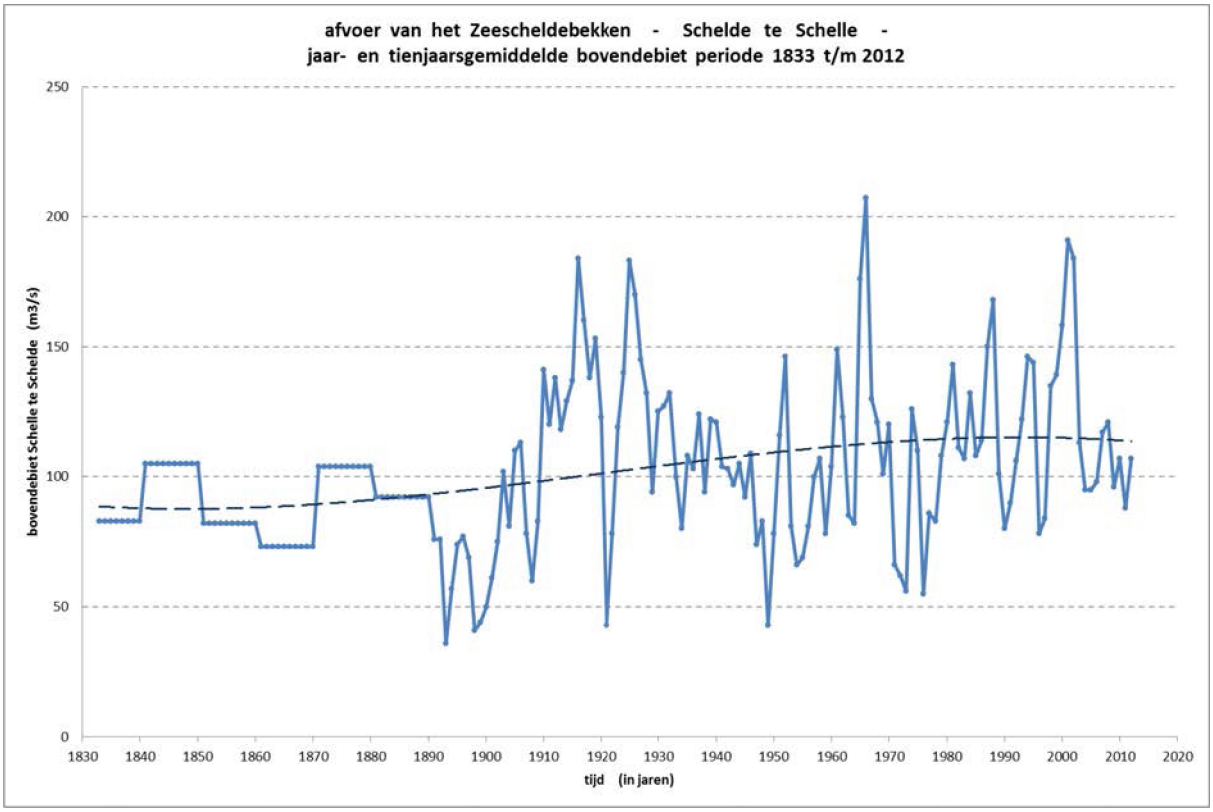
- de eerste pentade van januari 2003 (764 m³/s),
- van 6^{e} pentade februari 2002 (569 m³/s),
- de 6^{e} pentade januari 1995 (612 m³/s),
- de 1^{e} pentade februari 1995 (598 m³/s),
- de 1^{e} pentade januari 1994 (596 m³/s)
- de 5^{e} pentade december 1993 (687 m³/s).
- en de 4^{e} pentade van november 2010 (565 m3/s).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De systematische en continue metingen om het bovendebiet van het Zeescheldebekken te bepalen, zijn begonnen in 1949. Sinds dat jaar zijn er dus metingen aan de randen van het tijgebied, en gebeurt een doorrekening naar de locatie "Schelde te Schelle". Dat daarbij de methode (klassieke methode à ir. Codde, en nieuwe methode à ir. Taverniers) iets veranderde, of ook dat nu te Melle het bovendebiet van de Boven-Zeeschelde wordt bepaald i.p.v. vroeger te Gentbrugge en later Merelbeke en Zwijnaarde, geeft -zeker op maand- en jaarwaarden- geen verschil op de jaarwaarden van de afvoer van "de Schelde te Schelle".

In onderstaande figuur wordt dit hoofdstuk over bovendebieten van het Zeescheldebekken afgesloten met een wat gedurfde grafiek over de afvoer "Schelde te Schelle" sinds **1833** … !

Maar "pas" sinds 1949 zijn er bovendebieten volgens metingen en doorrekening. Vroeger dan 1949 kan een jaarlijkse waarde van de bovenafvoer "Schelde te Schelle" geschat worden via correlaties tussen de neerslag te Ukkel (als goede referentie genomen) en de bovenafvoer voor de periode dat er wel metingen en doorrekening beschikbaar zijn. ir. Y. Coen deed hier anno jaren 1970 studie over. Op deze wijze kan men teruggaan tot 1833 … Weliswaar ***als een globale indicatie*** **… !** Want enerzijds wordt aangenomen dat de jaarafvoer van het Zeescheldebekken correlatief ongewijzigd is t.o.v. de neerslag te Ukkel, en anderzijds wordt er voor de periode 1833-1890 aangenomen dat de tienjaar-waarden (bij ontbreken van jaarwaarden) een even werkzame referentie zijn. Meer studie en meer data zijn vanzelfsprekend gewenst.



Figuur 121 - Zeescheldebekken: afvoer aan "de Schelde te Schelle" 1833 - 2012
enerzijds t/m 1948 volgens correlaties met neerslagwaarde te Ukkel,
en anderzijds sinds 1949 volgens gedane metingen waarna doorrekening naar Schelle
(alle bovendebieten zijn in m³/s)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3 Jaaroverzicht "fysische parameters"

3.1 aanduiding "fysische parameters"

3.1.1 algemeen

Hydrometrie-Schelde gaat over het meten, het verwerken, het presenteren, het interpreteren en het bestuderen van "fysische" elementen in het Zeescheldebekken. Het is de vanuit Antwerpse Zeediensten stammende zgde "Studiedienst", die -naar monitoring toe- vanouds de metingen van tij, afvoer, stromingen, en de zogezegde "fysische parameters" uitvoert.

De aanduiding "fysische parameters" speelt nader in op parameters -buiten de waterstanden (tij) en de afvoer (bovendebieten)- van die elementen die voor het vroegere Ministerie van Openbare Werken en nu voor het huidige beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken, rechtstreeks van eigen belang zijn. Tot een dertigtal jaar terug ging het om de parameters temperatuur, chloridegehalte en hardheid, zowel in (en met nadruk) de Beneden-Zeeschelde als het overige Zeescheldebekken, als aan de randen va het tijgebied. Einde jaren 1960 kwam ook de parameter opgeloste zuurstof in beeld, naar aanleiding van de Belgische vragen om de zgde "Rechttrekking van de Bocht van Bath" en om de aanleg van het "Baalhoekkanaal" langs Saeftinge, beide aan de oostrand van de Nederlandse Westerschelde. Deze parameter was destijds zeer moeilijk om continu te monitoren, en werd een hoofdparameter bij de toenmaals reeds gestarte metingen bij kentering van laagwater, vaart van de Belgisch/Nederlandse grens tot Rupelmonde, aangevuld door een analoge vaart door Rijkswaterstaat in de Westerschelde van Hansweert tot de grens.

Toen bleek dat er aan de randen van het tijgebied een goede correlatie bestond tussen chloridegehalte en de hardheid, en de parameter hardheid binnen wat nu V.M.M. noemt als een basisparameter wordt bemeten, viel die parameter voor de Antwerpse Zeediensten weg. Er bleven dus enkel temperatuur en chloridegehalte als continu te meten parameters.

Met technisch betere mogelijkheden om op ook continue wijze turbiditeit te kunnen meten, om zo te trachten het suspensiegehalte te kunnen bepalen, werd ook deze parameter vrij intensief bij de systematische monitoring gevoegd. Door de omschakeling van optische (licht-)sensoren, in wezen "donkerheid"-meters (= opaciteitmeters), naar laser-detectie-meters, vervolgens naar gecombineerde zeewaardige multiparametertoestellen, leidde dit tot de uitbreiding van de "fysische parameters" tot volgende reeks:

- temperatuur (T°)
- conductiviteit (cond)
- chloridegehalte (Cl-)
- turbiditeit (Turb)
- suspensiegehalte (ZS of SSC of “slibgehalte”)
- en -eerder singulier- pH (pH)

De stroomsnelheid (en stroomrichting) wordt al naargelang het geval, bvb. het meettoestel, tot die reeks van "fysische parameters" gerekend of apart beschouwd.

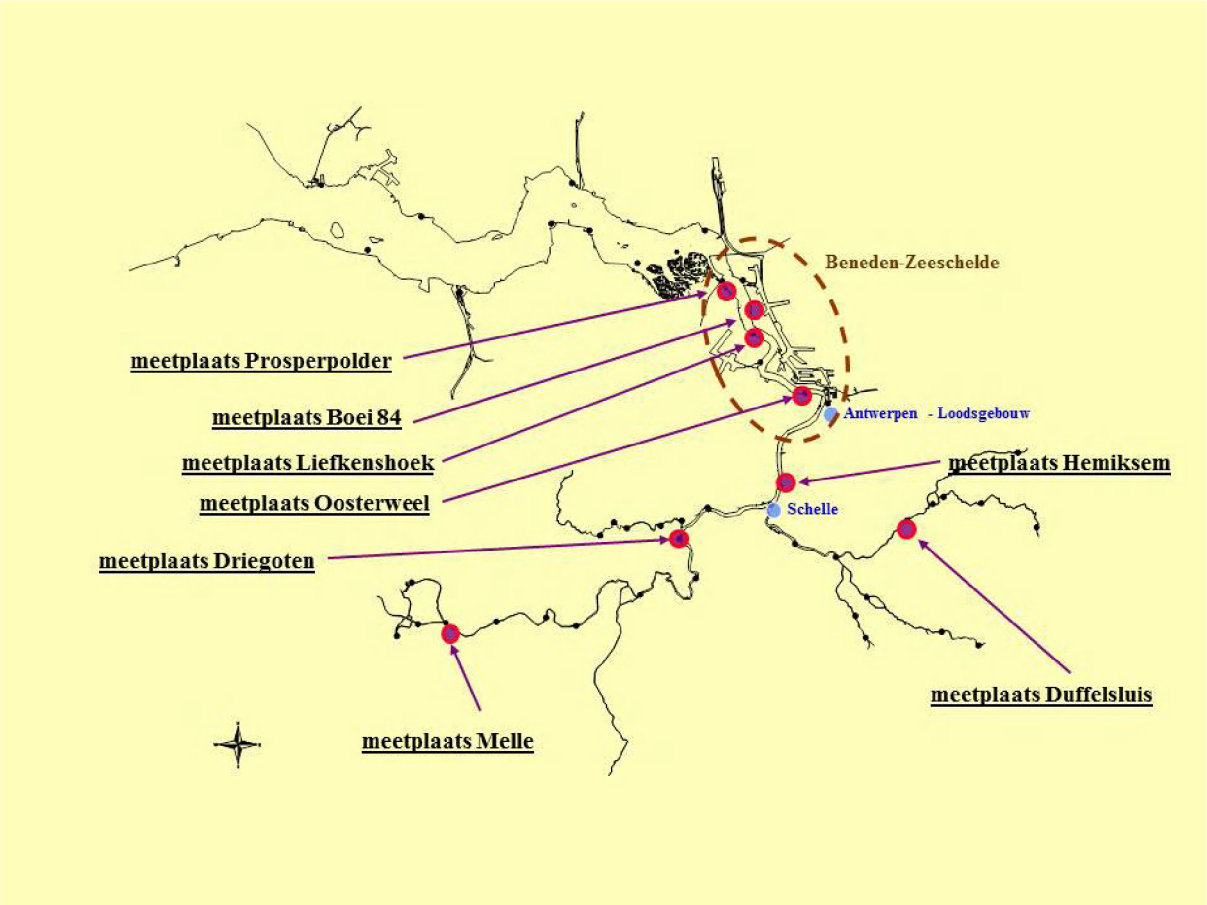
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Buiten deze continue metingen, worden in de Zeeschelde nog singuliere vaarten gedaan zoals de al vernoemde kenteringsvaarten bij laagwater, maar evengoed ook deze bij kentering van hoogwater, beide ééns per maand gevaren tussen Bath en Rupelmonde.

Buiten de Zeeschelde worden per maand ook "langs"-vaarten bemeten in de dokken van het havengebied Antwerpen-rechteroever en idem van het havengebied Antwerpen-linkeroever, doch deze vallen buiten de opzet van Moneos.

Sinds enkele jaren worden door het Waterbouwkundig Laboratorium, ter uitbreiding van de wensen aan eigen monitoring en tevens kaderend in de monitoring van Moneos, ook andere multi-parametertoestellen aangekocht en in het Zeescheldebekken opgesteld, die buiten deze "klassieke" parameters ook meten: opgeloste zuurstof, zuurtegraad, redox-potentiaal, enz., binnenkort aangevuld met chlorofyl-a en blauwalgen.

3.1.2 continue meetlocaties "fysische parameters"



Figuur 122 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van de meetplaatsen van continue monitoring van de zgde "fysische parameters" I

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De in dit rapport aan bod komende continue meetplaatsen zijn op de figuur van voorgaande bladzijde aangeduid, en van af- naar opwaarts: Prosperpolder, Boei 84 (twee meettoestellen, op verschillende hoogte hangend), Liefkenshoek, Oosterweel (ook twee toestellen), Hemiksem, Driegoten en Melle, alle in de Zeeschelde, en Duffelsluis in de Beneden-Nete. Te Prosperpolder, Liefkenshoek en Hemiksem worden enkel temperatuur en conductiviteit gemeten, en op de andere locaties de volledige set dus ook stroming, druk en turbiditeit. Te Melle en Duffelsluis komen daar ook redoxpotentiaal, zuurtegraad en zuurstofgehalte bij.

Van belang is nog te weten dat bij deze continue metingen, "continu" wil zeggen "om de vijf" of "om de tien minuten", tenminste: er is om de vijf of tien minuten een meetresultaat, want de metingen zelf kunnen -al naargelang het meetinstrument- van een paar seconden tot bijvoorbeeld een minuut duren. En zelfs al wordt frequenter gemeten, de uiteindelijke database gaat per vijf of tien minuten. De frequenties van vijf, tien of zelfs vijftien minuten, blijken in praktijk ruim voldoende te zijn, aangezien alle echte (fysische) variaties in die frequenties, in de waarden van de meetparameters worden gevat, er bijna geen storingen optreden ("spikes"), en het -praktisch- naar voeding en data-opslag allemaal zonder problemen kan om toestellen met dergelijke meetfrequentie lange tijd opgesteld te laten.

3.1.3 gebruikte meettoestellen

Er worden verschillende multiparametertoestellen gebruikt, zie onderstaande tabel 26.

Meetlocatie	Toesteltype	Gemeten parameters
Boei 84 (onder)	Aanderaa RCM9	Temperatuur Conductiviteit Turbiditeit Stroomrichting Stroomsnelheid
Boei 84 (boven)	Aanderaa Seaguard	Totale druk Temperatuur Conductiviteit Turbiditeit Stroomrichting Stroomsnelheid
	Aanderaa Seaguard	
Oosterweel (onder)	Aanderaa Seaguard	Totale druk Temperatuur Conductiviteit

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

	Aanderaa Seaguard	Turbiditeit Stroomrichting Stroomsnelheid
Oosterweel (boven)	Aanderaa RCM9	Totale druk Temperatuur Conductiviteit Turbiditeit Stroomrichting Stroomsnelheid
Driegoten	Aanderaa Seaguard	Totale druk Temperatuur Conductiviteit Turbiditeit Stroomrichting Stroomsnelheid
Prosperpolder	Aanderaa RCM9	Totale druk Temperatuur Conductiviteit
	Valeport CTD	
Liefkenshoek	Valeport CTD	Temperatuur Conductiviteit
Hemiksem	Valeport CTD	Temperatuur Conductiviteit
Duffel-Sluis	YSI	Totale druk Temperatuur Conductiviteit pH Redoxpotentiaal Turbiditeit Zuurstofgehalte
Melle	YSI	Totale druk Temperatuur Conductiviteit pH Redoxpotentiaal Turbiditeit Zuurstofgehalte

Tabel 29 - Zeescheldebekken : overzicht van de in dienst zijnde continue meettoestellen

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Op de maritieme locaties worden drie types multiparametertoestellen gebruikt: twee types van het merk Aanderaa (het al enkele jaren oude type RCM9 en het nieuwere type Seaguard, zie figuur 92), en het CTD toestel van het merk Valeport (type Monitor CTD) te zien in figuur 93. Al deze meettoestellen zijn ingesteld op een “continue” metingen om tien minuten.

De **Aanderaa toestellen** zijn relatief kleine maar handige en robuuste toestellen die in heel wat landen als standaard oceanografische en estuariene toestellen in gebruik zijn om de betrokken parameters te meten, zowel over verticalen als continu gedurende maanden op eenzelfde locatie. De toestellen zijn voorzien van eigen droge batterijen, en slaan alle meetgegevens op een interne harde schijf op.

In ons gebruik wordt het toestel op continu-meting ingesteld, wat in praktijk neerkomt op het om tien minuten meten en opslaan van alle parameters. Die tien-minuut-periode is in vele landen het standaard-tijdsinterval met dewelke dergelijke langdurige of continue metingen langdurig worden gepresenteerd, ook bij de Nederlandse Rijkswaterstaat. Het stemt o.a. overeen met wat wereldwijd in meteorologische en maritieme waarnemingen het standaard-interval is. Nogmaals: het eigenlijke toestel kan frequenter meten, bvb. per minuut, doch de opslag of presentatie van data gaat per die standaard-interval van tien minuten.

De eigenlijke meetsondes zijn verzameld op het boveneinde van het meettoestel. Via afzonderlijke sondes worden gemeten:

- de vectoriële stroomsnelheid, dus zowel de grootte (standaard in cm/s of omgerekend tot m/s) als de richting (t.o.v. 0° = 360° = Noord). De meting geschiedt door het Doppler-effect binnen een horizontale bundel rondom de sonde, gaande tot ongeveer één meter van de sonde. De stroomsnelheid is dus deze in het horizontale vlak;

- de watertemperatuur (°C), gemeten met een stabiele thermistor;

- de conductiviteit (mS/cm) bij heersende temperatuur, gemeten door inductie;

- de totale druk boven de meetsonde, gemeten via een piëzo-resistieve brug. Die druk is de som van de heersende luchtdruk en van de waterdruk. Omdat deze laatste in het tijgebied het meest beduidend varieert, van laag- naar hoogwater enz., geeft het verloop van de druk in eerste instantie het verloop van de waterstand en dus van het getij weer;

- en de turbiditeit. De turbiditeit van het omgevend estuarien water wordt gemeten door een optische back-scattering-sensor op basis van lasertechniek, door middel van twee uitzenddiodes die onder een hoek van 10 à 25° uitzenden naar een punt dat door een foto-diode wordt bemeten: een uitgezonden laserstraal weerkaatst op de omringende sedimentdeeltjes en de ontvangen golf wordt gedetecteerd.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 123 - Aanderaa-multiparametertoestel (type RCM9 (links) en type Seaguard (rechts))

Aangezien te Prosperpolder, Liefkenshoek en Hemiksem enkel de parameters temperatuur, conductiviteit en druk van belang zijn, gezien de meetopstelling, is de Aanderaa multiparametersonde vervangen door een **Valeport CTD sonde** (zie figuur 93), die enkel deze parameters bemeet:

- de watertemperatuur (°C), gemeten met een stabiele thermistor;
- de conductiviteit (mS/cm) bij heersende temperatuur, gemeten door inductie;
- de totale druk boven de meetsonde, gemeten via een drukopnemer met rekstrookje (strain gauge). Die druk is de som van de heersende luchtdruk en van de waterdruk.

Figuur 124 - Valeport-CTD toestel (type CTD monitor)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Vanuit de hierboven vermelde gemeten parameters kunnen ook enkele afgeleide parameters berekend worden:

- zo varieert de druk in het tijgebied het meest beduidend met de waterdruk, van laag- naar hoogwater enz., en geeft het verloop van de druk in eerste instantie dus het verloop van de waterstand en dus ook van het getij weer;
- daarnaast kan via correlaties de conductiviteit omgerekend worden naar de geleidbaarheid bij standaard-temperaturen bvb. 20 of 25 °C, en kan verder doorgerekend worden naar het chloridegehalte of de saliniteit zijnde het aandeel van zeewater in het bemeten rivierwater. Bij zuiver zeewater geldt daarbij de zgde Unesco-formule dat een vaste omrekening van conductiviteit naar saliniteit aangeeft. Voor het Scheldewater geldt evenwel van landzijde een aanvoer van (land-)ionen bvb. carbonaten en stikstof, terwijl er van landzijde bvb. geen chloriden in het Scheldebekken naar zee worden afgevoerd;

  De samenstelling van de in het Scheldewater aanwezige zouten is dus anders dan in zeewater. Die samenstelling wijzigt overigens ook met de grootte van de bovenafvoer. Aangezien het de bedoeling is om van conductiviteit naar chloridegehalte over te kunnen gaan, nl. om plaats per plaats en seizoen per seizoen, het aandeel van zeewater in het Scheldewater te kunnen bepalen, geldt de Unesco-formule in het Zeescheldebekken niet, en moeten er vele watermonsters in het Zeescheldebekken genomen worden om de overgang van conductiviteit naar chloridegehalte te kunnen maken;
- tot slot is de turbiditeit een maat voor zowel de kleur van het bemeten rivierwater als van de hoeveelheid aanwezig fijn (gesuspendeerd) sediment.

In het "niet-maritieme" deel van het Zeescheldebekken, zegge de Zeeschelde opwaarts van Temse en het Rupelbekken opwaarts van Boom, worden normaliter geen Aanderaa-meettoestellen opgesteld maar multi-parametertoestellen van het merk **YSI (type YSI-6920)**, uitgerust met meetsondes voor temperatuur, conductiviteit, zuurtegraad, ORP of redox-potentiaal, zuurstof (zowel de absolute waarde als de verzadigingsgraad), en turbiditeit (zie figuur 94).

Ook deze toestellen kunnen werken op inwendige droge batterijen, maar gezien hun plaats van opstelling aan een tijmeethut waar elektriciteit voorhanden is, werken ze rechtstreeks op het stroomnet. De data kunnen intern worden opgeslagen maar het gebeurt ook in die meethut op PCL. De toestellen worden geregeld naar het Waterbouwkundig Laboratorium teruggebracht voor nazicht en kalibratie.

Momenteel zijn YSI-toestellen opgesteld in de Boven-Zeeschelde te Melle en in de Beneden-Nete te Duffelsluis.

Er zijn enkele verschillen tussen de YSI en de Aanderaa-meettoestellen. De Aanderaa-toestellen zijn zeer robuust en geëigend om in het maritieme water opgesteld te staan, bvb. aan een meetframe dat op de bodem rust, of aan een kraan via kabel en onderaan een zwaar gewicht, om de draagkabel ondanks alle stromingen zo verticaal mogelijk te houden. De Aanderaa-toestellen meten ook stroomsnelheid en -richting, parameters die in het maritieme gedeelte zo over breedte als diepte van de dwarssectie verschillen. Daarentegen meten YSI-toestellen parameters die Aanderaa-toestellen niet kunnen meten, bvb. redox-potentiaal en zuurstof.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 125 - YSI-multiparametertoestel

3.1.4 normale verlopen van “fysische parameters” in functie van het getij

Het typisch verloop van de verschillende gemeten parameters door Aanderaa-meettoestellen gedurende een halve springtij/doodtij-cyclus wordt getoond in Figuur 109.

De parameter druk is in deze figuur in grijze lijn aangeduid, en toont praktisch een tijverloop, op en neer gaande tussen ongeveer 120 en 185 kPa, meer bepaald bij laag- resp. hoogwaters bij springtij (aan rechterzijde van de grafiek). De druk is bij onze continue metingen op zich niet zo waardevol, aangezien in het Zeescheldebekken, eender waar multi-parametertoestellen worden geplaatst, meteen een tijmeter in de buurt staat die zonder omrekening de waterstand ter plaatse aangeeft. De parameter druk wordt evenwel in verwerken en presenteren van de andere parameters gebruikt om meteen te tonen of het laag- dan wel hoog-water is, en of het vloed dan wel eb is. Het vergemakkelijkt met andere woorden het vinden van zijn weg in de verlopen van de andere parameters. Deze druk wordt ook niet naar de eigenlijke "water"-druk omgerekend, gezien de invloed van veranderingen in de atmosferische druk en van waterdichtheid.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De makkelijkst te herkennen parameter is temperatuur: de rode lijn met licht sinusoïdaal verloop bovenaan de grafiek, in de gekozen periode (een nazomer) langzaam dalend van 19.5 naar 17.5 °C.

De vrij opdringerige donkerbruine, zeer variërende zelfs piekerige lijn is het verloop van de turbiditeit, maat van de concentratie aan zwevende stof (in het jargon van "Openbare Werken" eerder suspensie-gehalte genoemd, en dikwijls nog kortweg *(doch pejoratief …)* slibgehalte geheten). Aan de linkerkant van de grafiek, zijnde doodtijen, zijn de turbiditeitswaarden kleiner dan aan rechterkant, zijnde springtijen, waar zelfs een verdubbeling van die waarden optreedt. Het valt ook op dat er relatief grote schommelingen in het turbiditeitsverloop optreden.

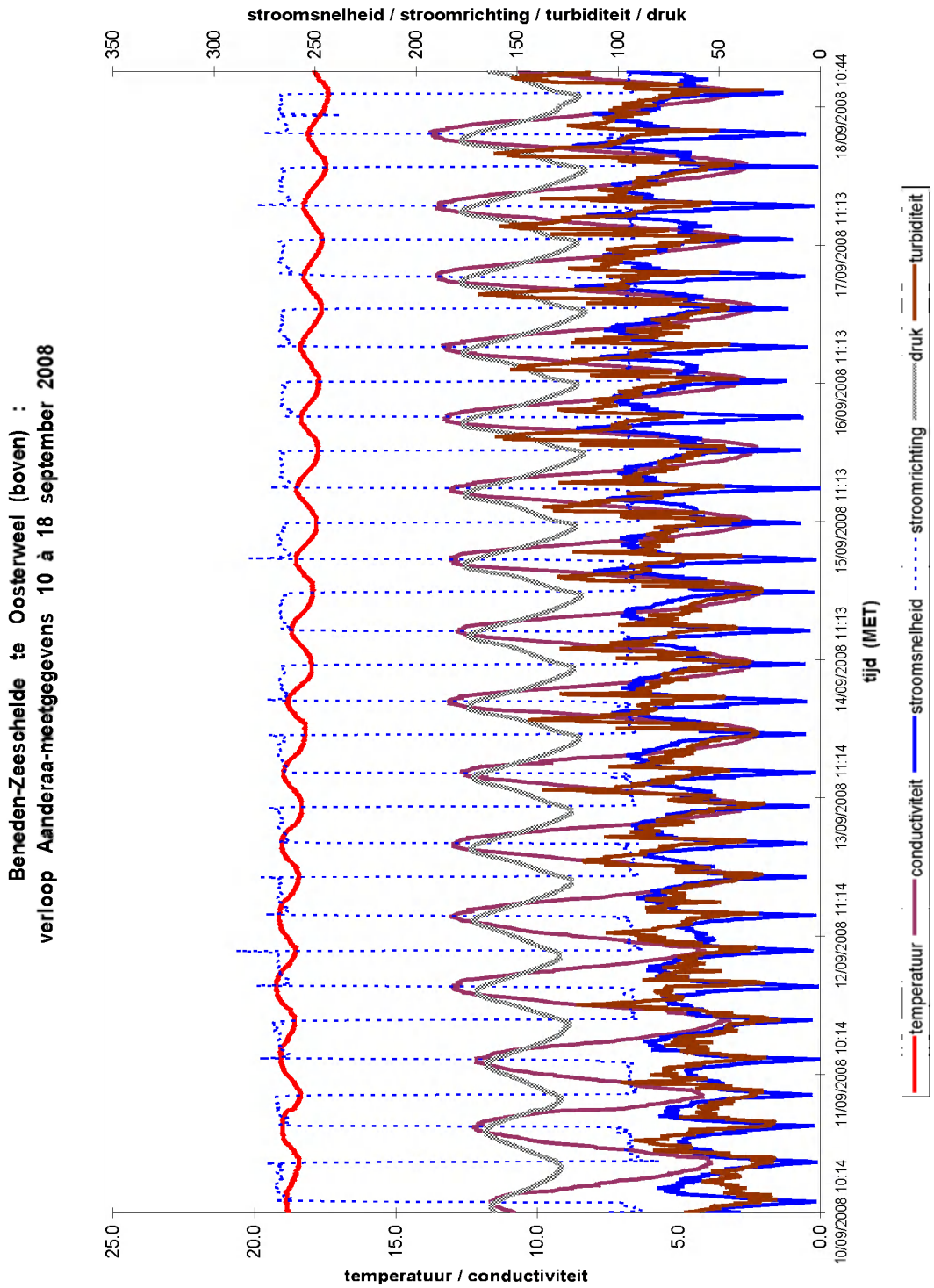
De volle blauwe lijn toont de stroomsnelheid, in absolute waarden, d.w.z. steeds positief voorgesteld, al is het vloed, al is het eb. Tussen elke vloed en eb in, gaat de stroomsnelheid naar nul, soms inderdaad echt even nul, maar dikwijls slechts "bijna nul". Uiteraard is de snelheid bij het omdraaien van stroomrichting eventjes "nul", doch duurt die periode zo kort dat het met metingen om tien minuten niet geheel gevat wordt. Maar op zich is dat niet erg: het moment van de kentering wordt immers duidelijk bepaald.

In de grafiek is er nog een blauwe lijn, maar dan een streepjeslijn. Het gaat om de stroomrichting. In tegenstelling tot windrichting, waarbij gezegd wordt <u>vanuit</u> welke hoek de wind waait, is het bij stroomrichtingen -overigens conventioneel- net andersom: er wordt aangegeven <u>naar</u> welke hoek de stroom gaat. Zo zijn er waarden te zien van enerzijds ongeveer 95° à 100° (Noord is 0° = 360°) en dan gaat het op deze locatie Oosterweel om vloed dat inderdaad naar het oosten stroomt, en anderzijds ongeveer 265° à 275° en dan is het hier eb dat naar het westen stroomt.

Wat moeilijker te zien, is de paarse lijn. Deze stelt de conductiviteit voor, meer bepaald deze bij heersende temperatuur. Het is een op en neer gaande lijn, ongeveer mooi sinusoïdaal, met op deze locatie en voor deze periode waarden tussen ongeveer 2 en 14 mS/cm. De conductiviteit van oppervlaktewater is functie van de opgeloste zouten én van de watertemperatuur, en kan gegeven worden bij heersende temperatuur, of kan omgerekend worden naar standaardwaarden van temperatuur. Waar zulks dertig jaar terug om een standaardwaarde van 15°C ging, evolueerde dat twintig jaar geleden naar 20°C en tegenwoordig wordt ook geregeld 25°C aangehouden.

Bovenstaande zaken geven zeer algemeen het verloop van zogenoemde "fysische parameters" weer, als voorbeeld te Oosterweel, voor een tiental dagen, gaande van doodtij over middeltij naar springtij. Het is een voorbeeld. *In navolgende paragrafen worden die parameters apart of gekoppeld nader besproken, en worden in dit basisboek jaaroverzichten over 2011 gepresenteerd. In het eigenlijke jaarboek gaat het uiteraard om de waarden in 2012.*

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 126 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen over een week (= halve springtij/doodtij-cyclus) met name temperatuur, conductiviteit (bij heersende temperatuur), stroomsnelheid, stroomrichting, druk (som van lucht- en waterdruk) en turbiditeit

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Een bespreking van normale verlopen van "fysische parameters", kan niet zonder eerst het verband uit te leggen met het verloop van het getij, zo naar waterstand, stijging of daling, vloed of eb, dus ook het begrip "kentering" aan te snijden.

Figuur 127 geeft een typisch verloop van die zogenoemde "fysische parameters" bij doodtij, en figuur 128 bij springtij, telkens over één etmaal, om zaken nog duidelijker te maken. Uiteraard zijn de verlopen bij doodtij "kalmer" en "kleiner" dan bij springtij, uitgezonderd de stroomrichting die onafhankelijk van het tijverschil, vloed naar (hier op de meetplaats te Oosterweel) het oosten en eb naar het westen doet stromen, op enkele graden na elk steeds constant.

De eerste echte verlooplijn waarop aandacht moet getrokken worden, is de grijze lijn van de **druk**. Het gaat om de som van de atmosferische druk en de druk uitgaande van de waterkolom boven de meetsonde, en aangezien het toestel op constante hoogte boven de bodem blijft dus het tij die waterkolom doet vergroten (van LW naar HW toe) en verkleinen (omgekeerd van HW naar LW toe) Omdat de atmosferische druk met maar een kleine variatie in die som speelt, wordt de druk in wezen beschouwd als zijnde het tijverloop. Het dient uiteindelijk niet als tijverloop, want dat wordt gehaald uit de nabijgelegen tijmeetlocatie, in meter T.A.W. en niet in drukeenheid (hier kPa) dat dan nog met dichtheid van het Scheldewater moet omgezet worden naar een echte waterhoogte. De parameter druk wordt dus enkel gebruikt als een goede indicator om snel uit tabellen en grafieken te lezen of het laag- of hoogwater is, of stijgend dan wel dalend water.

Bij doodtij is het tijverschil kleiner dan bij springtij, hetgeen dan ook geeft dat het drukverschil bij doodtij kleiner is dan bij springtij, hetgeen in beide navolgende figuren is af te lezen.

Om even de andere parameters te overlopen:

- **stroomrichting** (de blauwe streepjeslijn): het is een soort Heaviside-functie ("stap-functie" of ook "kantelen-verloop" genoemd), waarbij het plots overgaan van enkele uren durende stroomrichting (bvb. van vloed) naar nadien enkele uren durende àndere stroomrichting, met ongeveer 180° tussen beide waarden van stroomrichting in, ... waarbij die plotse overgang NIET op maxima of minima van het drukverloop geschiedt, doch steeds iets nadien. Het fysische proces is kortweg dat van de inertie, waarbij bij stijgend water uren vloed heerst (vloed = waterstroming vanuit zee), doch waar bij het moment van hoogwater zelf de vloedstroming nog een tijdje door blijft gaan om pas na een kwartuur tot driekwartuur soms een uur, de stroming van zin verandert ("kentert") en in eb (= stroomrichting naar zee) overgaat. Het waterpeil is dan al flink gedaald. Hetzelfde doet zich voor bij overgang van eb naar vloed, met een kentering iets na laagwater. De stroomrichting gaat dus niet mee met hoog- en laagwater, doch wel met vloed en eb, en er is een tijdsverschuiving tussen hoogwater (HW) en kentering van hoogwater (KHW), en tussen laagwater (LW) en kentering van laagwater (KLW).

- **stroomsnelheid** (de volle blauwe lijn): is hier steeds als een positieve waarde voorgesteld, omdat het meettoestel buiten snelheid tevens richting meet en weergeeft, en uit die combinatie vloed of eb kan afgeleid worden. Binnen hydraulische modellen van estuaria, wordt doorgaans vloed als positieve zin gezien, en is eb negatief. Ook hier valt meteen op dat de stroomsnelheden groter zijn bij springtij en kleiner bij doodtij, en dat deze bij springtij nog meer schommelen dan bij doodtij. In bijgaande voorbeelden gaan de stroomsnelheden bij doodtij tot 75 cm/s en bij springtij tot bijna 125 cm/s, waarbij moet aangemerkt worden dat die stroomsnelheden te Oosterweel op een constante hoogte boven de bodem worden gemeten, dus bij laagwater eerder hoog in de waterkolom doch bij hoogwater eerder laag tot iets onder halverwege de verticale. Dat heeft uiteraard zijn weerslag; de stroomsnelheid is groter over de bovenste waterlagen van de verticale, en wordt klein vlakbij de bodem.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

- **temperatuur** (de rode lijn bovenaan de grafiek): het sinusoïdaal verloop heeft maxima bij de maxima van het drukverloop, dus bij hoogwater. Minima treden op bij minima van het drukverloop dus bij laagwater. Dit is echter geen algemene trend: de extrema van het temperatuurverloop vallen nogal exact op de momenten van plaatselijke kenteringen. In dit voorbeeld is de temperatuur lager bij KLW, doch dit hangt af van locatie en van seizoenen. In Westerschelde en in de afwaartse Beneden-Zeeschelde is het wél steeds duidelijk: vloed brengt altijd kouder water aan, eb altijd warmer water. Bij KHW is de watertemperatuur dan ook lager dan bij KLW. Maar in het opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde en in de Boven-Zeeschelde is het doorgaans omgekeerd. Oosterweel ligt net tussen die beide zones in, zodat het temperatuursbeeld doorheen de seizoenen wisselt.

- **conductiviteit** (de paarse lijn): hier heerst een duidelijk sinusoïdaal verloop, maar met extrema die steeds en overal duidelijk gelinkt zijn aan KHW en KLW: onafhankelijk van het temperatuursverloop stroomt zout water steeds vanuit zee naar land; de afvoer van het hydrografisch bekken van het tijgebied is arm aan chloriden, terwijl het in zeewater abundant is. Het aandeel van de chloriden in zeewater is, ook aan onze Noordzeekust, ongeveer constant, nl. 19.5 g op 35.5 g totale zeezouten, maar beide waarden schommelen al naargelang de locatie aan onze kust en al naargelang de seizoenen. Maar de verhouding van 55% chloride op 100% zeezout blijft nagenoeg constant. Dit is niet meer het geval als het zeewater in zijn weg naar opwaarts met landwater wordt verdund. Dan komen ook andere ionen bij, en bvb. wordt het aandeel van carbonaten groter tot veel groter dan in zeewater het geval is. De verhouding van chloride op totaal opgeloste zouten (waarvan een deel "zee"-zouten doch naar opwaarts meer en meer "land"-zouten) wordt dan ook kleiner tot veel kleiner.

Het geldt vrij uniform dat de parameter chloride sterk aanwezig is in Westerschelde doch naar opwaarts toe verkleint, om in Beneden-Zeeschelde sterk te verkleinen, en dan verder opwaarts zeer klein te blijven. Ook geldt uniform dat binnen één getij het maximum van chloride-gehalte valt op praktisch exact KHW, en het minimum op KLW. Het op een locatie aanwezig zijn van chloride is gebonden aan het aan- of afstromen van zout water, dus niet op de extrema van de waterstand doch op de kenteringen. Aangezien in de Beneden-Zeeschelde het chloride veruit het meest voorkomende ion is, is het verloop van de conductiviteit er ten volle een afspiegeling van.

- **turbiditeit** (in bruine lijn): De turbiditeit van een vloeistof is de mate van helderheid van die vloeistof. Deze grootheid wordt op het WL gemeten door het opvangen van uitgestuurde lichtstralen die teruggekaatst worden door de aanwezige partikels in de stroom.

Tot op zekere hoogte is de hoeveelheid licht die weerkaatst wordt door een bepaalde hoeveelheid partikels afhankelijk van de vorm, kleur en reflectiviteit van die partikels, alsook van de kleur van het medium. Daarom is de relatie tussen turbiditeit en de sedimentconcentratie locatie- en seizoensafhankelijk. De meest gebruikte eenheid internationaal is FTU “Formazine Turbidity Unit”, deze wordt door ISO FNU (Formazine Nephelometric Unit) genoemd. Daarnaast wordt ook nog de eenheid NTU, "Nephelometric Turbidity Unit" gebruikt voor gekalibreerde nephelometers.

Deze eenheid laat kalibratie tussen verschillende toestellen toe. Er zijn namelijk standaardvloeistoffen met gekende NTU/FNU/FTU op de markt, en door toestellen daarop te ijken, kan men kwaliteitsborging bieden. Eenzelfde waterstaal zal dan steeds dezelfde NTU/FNU/FTU-waarde geven wanneer het door eenzelfde toestel gemeten wordt. Let wel, deze relatie is eveneens toestel (en meetprincipe) afhankelijk. Twee toestellen, beiden gekalibreerd met kalibratievloeistoffen voor bvb. het bereik 0-500 NTU/FNU/FTU, kunnen dus iets verschillende waarden registreren voor eenzelfde water/sedimentpartikel mengsel. Enkel in ijkvloeistof geven ze dezelfde output.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De turbiditeit in de Schelde is een maat voor de aanwezigheid van vaste deeltjes in het water. In onderhavig geval handelt het om het gehalte aan suspensiemateriaal, en omdat het in de waterkolom van de Beneden-Zeeschelde meestal gaat om fijn materiaal, wordt het vaak aangegeven als slibgehalte. Dat begrip weze best niet overal aangehouden, gezien enige pejoratieve bijklank, doch ook omdat het niet geheel samenvalt met de 63 (64) micrometer die in grondmechanica granulometrisch het onderscheid tussen "slib" (eigenlijk "silt") en "fijn zand" maakt.

In estuariene morfologie wordt nl. ook gerekend met rheologische klassen, en uitgaande van het feit dat "fijn zand" er zich tot grootte van (afgerond) 100 micron rheologisch als "silt" gedraagt, wordt de grens van 63 micron vaak verlegd naar 100 micron. De met Aanderaa-meettoestellen gemeten turbiditeit moet ook in die zin begrepen worden. Indien via ijkmonsters en filtering van turbiditeit naar concentratie aan suspensie-materiaal wordt overgegaan, geschiedt ook geen eerdere scheiding op 63 micron, maar worden grote korrels, als ze duidelijk een aparte korrel te midden van "het slib" zijn, wat al eens kan voorkomen, en ook ongerechtigheden zoals takjes of kleine diertjes, er eerst uit gehaald.

Aangezien het meten van de turbiditeit geschiedt via laser-backscattering, telt ook de vorm van de granulaten. Kleur en vorm verschillen van seizoen tot seizoen; het gehalte aan suspensie-materiaal uiteraard ook., wat de omzetting van turbiditeit naar gehalte aan suspensiemateriaal tot een seizoenaal en lokaal gegeven maakt, dat regelmatige ijking vergt. Tot daar enige uitleg over het soms verwarrende begrip "turbiditeit".

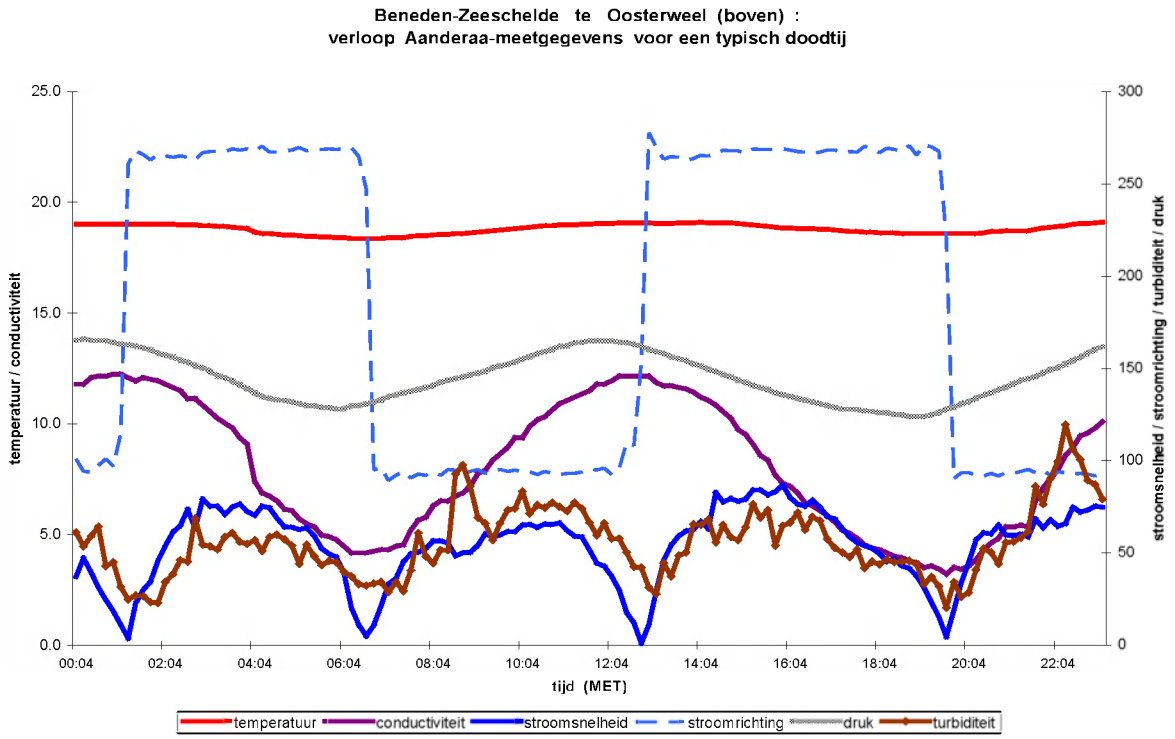
Op de figuren 127 en 128, bij doodtij resp. springtij, is het grillige verloop van turbiditeit te zien, met beduidend grotere waarden bij springtij, en in eenzelfde type tij grotere waarden bij steeds dezelfde momenten binnen het tijverloop zelf. Doch dergelijke zaken zijn zeer plaatsgebonden.

Algemeen kan gesteld dat grotere waterstromingen ook grotere waarden aan turbiditeit geven, en aangezien de grootte van de watersnelheid ook verbonden is aan de maat van stijging of daling per tijdsperiode (bvb. tien minuten) van het tijwater, is turbiditeit ook verbonden aan het tijverloop.

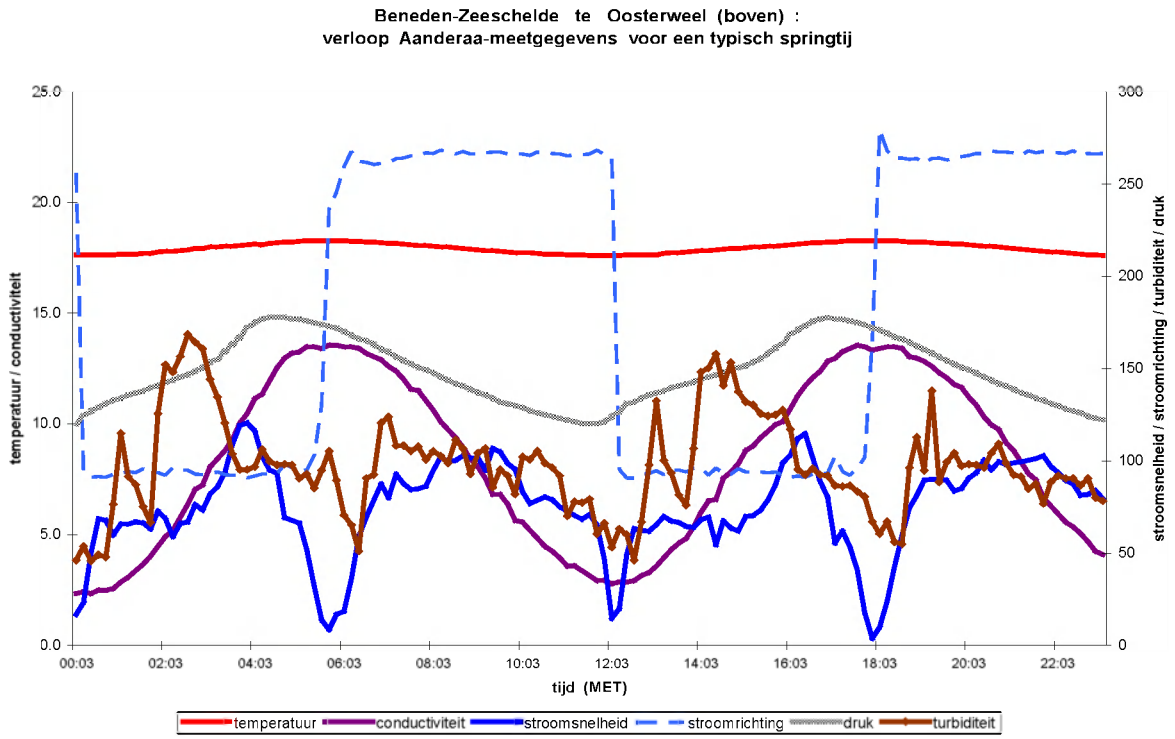
Nogmaals: de waarden van en het verloop gedurende een tij, van druk, stroomsnelheid en stroomrichting, turbiditeit, en van de duur van kenteringen, hangt af van de locatie, van de diepte onder waterlijn of de hoogte vanaf bodem dat de meetsonde opgesteld staat, van het type tij (doodtij/middeltij/springtij), van de seizoenen (invloed bovendebiet Schelle op bvb. turbiditeit en conductiviteit) (invloed luchttemperatuur), enz. De getoonde patronen uit figuren 96 en 97 zijn dus niet universeel geldig.

Bvb. of de stroomsnelheden bij vloed inderdaad steeds of doorgaans groter zijn dan deze bij eb, hangt af van de plaats in de dwarssectie, eigenlijk van het algemeen stroombeeld van dat vak ten aanzien van de invloed van bochten in de rivier. Zo wordt onderscheid gemaakt tussen wat heet vloed-dominante plaatsen tegen eb-dominante.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



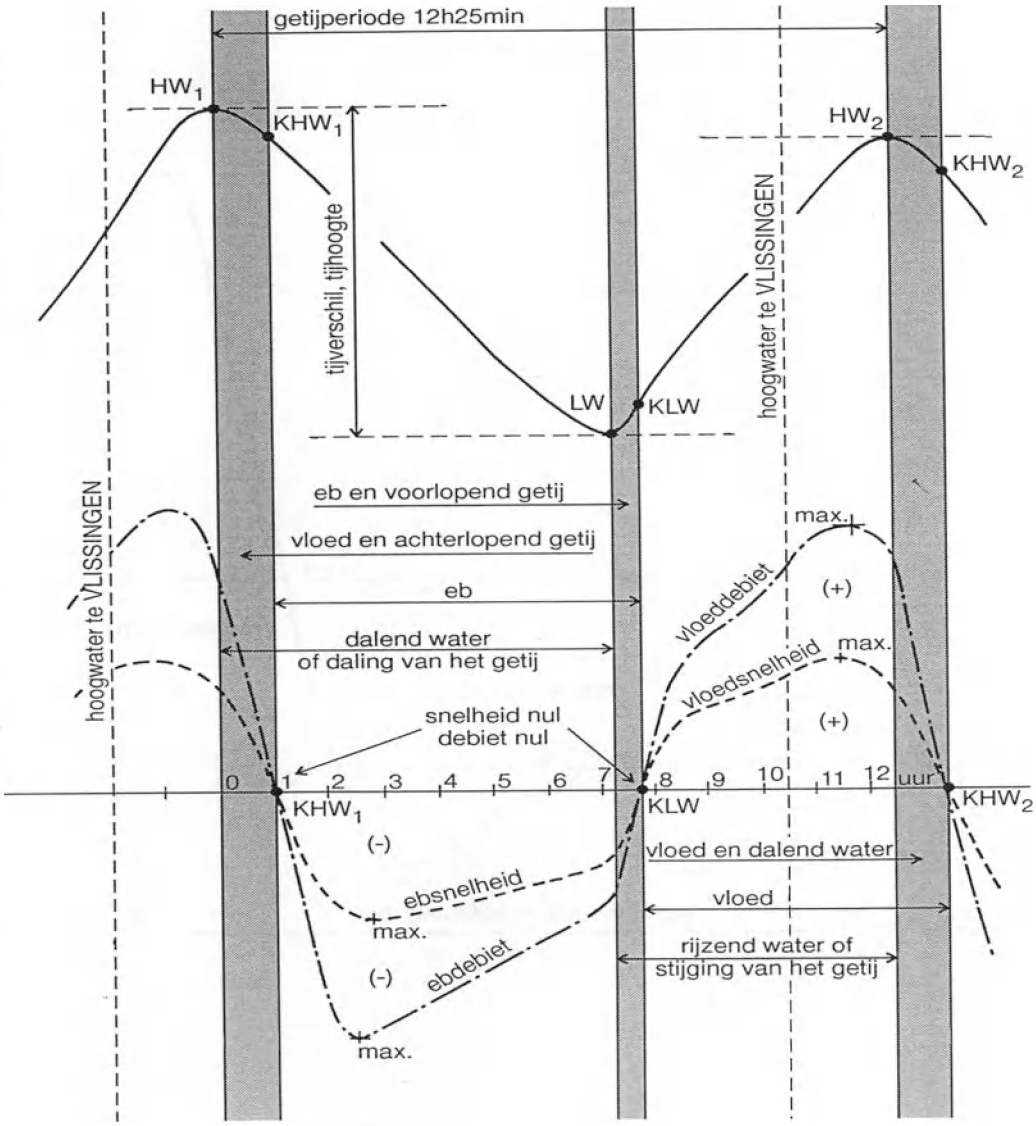
Figuur 127 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen met name temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit ***en zulks bij een doodtij*** *(gedurende één etmaal)*



Figuur 128 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen met name temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit ***en zulks bij een springtij*** *(gedurende één etmaal)*

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 112 geeft een algemeen (gemiddeld) beeld van het tijverloop te Antwerpen, maar geldt voor de regio Vlissingen-Dendermonde, mits aanpassingen in tijd en hoogte qua waterstand, of in grootte qua debiet en snelheid. Daarom is de zogenaamde y-as niet getalsmatig uitgedrukt. De figuur wil enkel een algemene schets geven, en enkele benamingen juist stellen. Het is ook geen beeld van een meetpunt (x,y,z) ergens in de rivier, maar geeft het verloop van waterstand, snelheid en debiet aan zoals geldt over een ganse dwarssectie.



Figuur 129 - typisch verloop van het tij: verloop van de waterstand (bovenaan), het debiet doorheen de ganse dwarssectie (zie ebdebiet en vloeddebiet), en de gemiddelde waterstroomsnelheid door de ganse dwarssectie (zie ebsnelheid en vloedsnelheid).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Toch zijn de typische trekken goed geschetst: na hoogwater heerst er een relatief lange kenteringsduur, waar na KHW een vrij gelijkmatige daling van de waterstand optreedt (tijdens de kentering zelf was die nl. relatief matig per tijdseenheid), met een op een kwart van eb grootste ebsnelheid en grootste ebdebiet, waarna eb-snelheid en -debiet verkleinen doch relatief groot blijven, tot LW zelf, en pas dan (maar wél snel) tot nul reduceren. Een relatief korte kenteringsduur na laag-water geeft wel al een behoorlijke stijging van het waterpeil te zien, doch de vloed-snelheid en -debiet zetten pas een half à driekwart uur na LW flink in, om gestaag te vergroten tot ongeveer een uur voor HW : "maximum-vloed" genaamd. Maar opmerkelijk: bij HW zelf heerst er nog een zeer grote vloedsnelheid, weliswaar iets kleiner (relatief) dan bij maximum-vloed. Tijdens de kenteringsduur verkleinen vloed-snelheid en dus -debiet van nog grote waarden tot nul, volgens een kort lineair verloop.

INTERMEZZO

Het begrip kentering

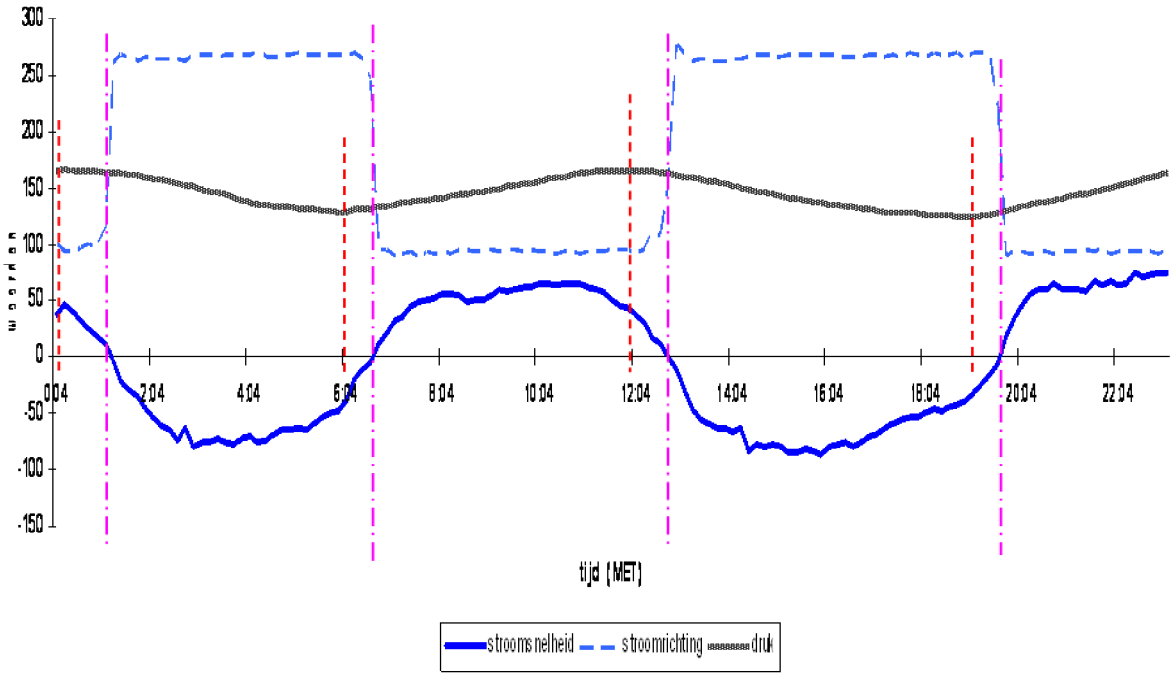
Het begrip "kentering" is enerzijds te onbekend en anderzijds te belangrijk, zodat het hier nog extra in de verf gezet wordt.

De figuren 130 en 131 tonen het verloop van druk (dus waterstand zijnde tij), stroomsnelheid en stroomrichting van de meetplaats Oosterweel (bovenste van beide Aanderaa-meettoestellen, dus op ongeveer 4.5 m boven de bodem, op iets onder laag-laagwater). Figuur 131 toont het beeld van een etmaal bij springtij, figuur 130 bij doodtij. Gezien de locatie kan dat ook zonder aangeven afgeleid worden uit het tijdstip van vloed en eb, of van hoog- en laagwater: hoogwater 's middags is bij doodtij, hoogwater 's morgens en late namiddag of vooravond is bij springtij. Op beide figuren is duidelijk de décalage in het etmaal te zien van vnl. de stroomrichting, nl. ongeveer 6 à 7 uren verschillend, precies hét onderscheid tussen dood- en springtij. Nogmaals: het tijdstip binnen het etmaal van bvb. hoog- en laagwater doodtij of springtij, hangt af van de locatie in het tijbekken. Het is in deze alinea gegeven voor de regio Antwerpen.

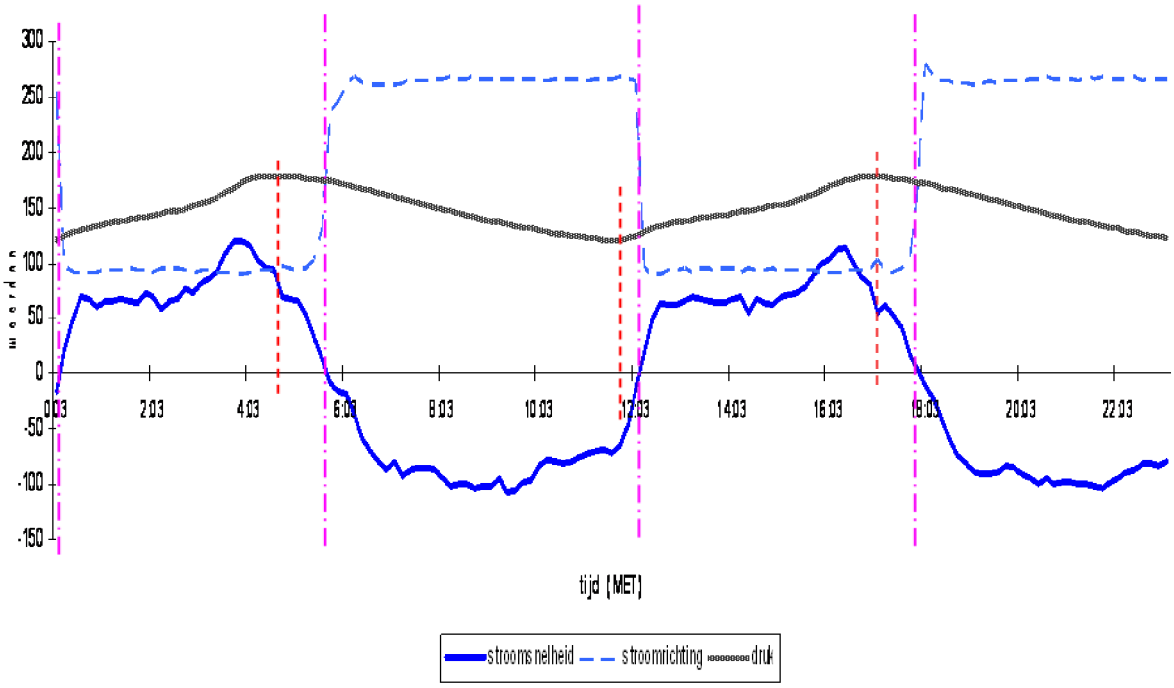
Op figuren 130 en 131 zijn verticale hulplijnen getrokken: de (korte) rode streeplijnen zijn getrokken op de opeenvolgende momenten van hoog- en laagwater, dus bij de extrema van het verloop in waterstand. De (lange) roze punt-streep-lijnen zijn getrokken op de momenten van de opeenvolgende kenteringen, van hoog- en laagwater. Het tijdsverschil tussen elk moment van extremum in waterstand en zijn moment van kentering, is duidelijk. Het is -voor deze locatie- ook duidelijk verschillend tussen kenteringen van hoogwater en kenteringen laagwater.

Het "kenteren" op zich staat voor het omslaan van de stroomrichting, dus op een "tijdstip", alhoewel het kenteren over de volle sectie van een tijrivier niet op één enkele seconde plaatsvindt want enige minuten kan duren van bvb. linker- naar rechteroever, al naargelang rivierbochten en geulen. Het begrip "kentering" slaat wél op een "tijdsduur", nl. het tijdsverschil tussen bvb. hoogwater en zijn moment van kenteren; in het jargon worden beide begrippen al eens door elkaar gebruikt en wordt uit de context duidelijk wat precies bedoeld wordt.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



*Figuur 130 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, met name stroomsnelheid, stroomrichting en druk, met hulplijnen van hoog- en laagwater en kenteringen, **en zulks bij een doodtij** (gedurende één etmaal)*



*Figuur 131 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, met name stroomsnelheid, stroomrichting en druk, met hulplijnen van hoog- en laagwater en kenteringen, **en zulks bij een springtij** (gedurende één etmaal)*

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Aldus, en geldig voor de locatie Oosterweel:

|- duurt de kentering van HW drie kwartuur tot een uur;
|- duurt de kentering van LW 20 à 40 minuten.

Over de extrema in waterstand en over het omslaan van de stroming, worden ook de begrippen horizontaal en verticaal tij gebruikt. "Horizontaal tij" slaat duidelijk op stijgen en dalen van de waterstand, o.m. op HW en LW. "Verticaal tij" doelt op de stroming, dus vloed en eb, o.m. ook op KHW en KLW. Bij deel 2 over de bovendebieten in het Zeescheldebekken, was sprake van een schijn-getij, nl. dat er enkel en steeds een horizontaal tij heerst (water gaat op en neer, al naargelang opwaartse aanvoer, en cumulatie of niet door afwaarts hoog- of laagwater), doch nooit verticaal tij (dus nooit vloed, want altijd eb, al zijn deze begrippen dan net aan de rand van hun betekenis in de context van tij).

Aan de Belgische kust vallen de ogenblikken van de kenteringen ongeveer samen met de ogenblikken van halftij. Stroomrozen tonen dit mooi. Er gaat van halftij tussen laag- en hoogwater zee-water van zuid-west naar noordoost (van Frankrijk naar Nederland), zulks ook bij moment van plaatselijk hoogwater, en dat tot halftij van hoog- naar laagwater. Dan keert de stroming om, van Nederland naar Frankrijk. In de Westerschelde en de Zeeschelde verschuiven de momenten van de kenteringen meteen van halftij op naar hoog- en laagwater. Deze verschuiving wordt des te groter langs de langs-as van de Zeeschelde, tot bepaalde afstand.

Te Dendermonde duurt de kentering zeer kort, en opwaarts ervan valt het moment van kenteren van hoogwater zelfs eerder dan het ogenblik van hoogwater zelf. In de aan tij onderhevige bijrivieren zoals Dijle, Zenne en Nete's valt uiteindelijk de vloedkentering samen met deze van eb, waarna er verder opwaarts geen omkeren van de stroomrichting meer is: er is daar ver van zee geen vloed meer maar enkel eb, dus enkel nog maar water dat steeds van land naar zee stroomt, en waar in de overgang een schijngetij kan heersen, zoals hoger al vermeld.

De uitleg van de "kenteringen" in een tijrivier zoals de Schelde, is vrij mechanisch van aard, en kan heel theoretisch uitgelegd worden, zoals in onderstaand kaderstuk.

kaderstuk over " *Kenteren en kentering* "

De uitleg van de "kenteringen" in een tijrivier zoals de Schelde, is vrij mechanisch van aard, en stoelt enerzijds op de (maritieme) getijbeweging als zijnde een zuivere golfbeweging van zee naar land (nl. de opeenvolging van zogenaamde hoogwater- en laagwatergolven na elkaar, die van zee de Schelde landwaarts instromen) en anderzijds op de (fluviatiele) waterbeweging door een stroming met verhang, zijnde de afvoer van landwater naar zee (neerslagwater, lozingen enz.). De zaak kan heel theoretisch uitgelegd worden, doch in het kader van dit rapport kan volstaan worden met de uitleg die stoelt op energieverlies vanwege de weerstand van de rivier, zoals bvb. de indringsnelheid van de hoog- resp. laagwatergolf *(duur van HW op een plaats langs de rivier t.o.v. het moment van HW Vlissingen, en idem voor LW)*, en bij de vaststelling van een inkorting van de vloedduur tegen een verlenging van de ebduur naarmate men zich naar opwaarts begeeft.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Op het ogenblik van laagwater aan de monding, of in een ander willekeurig punt van de rivier, is er steeds een groot gedeelte van watervolume van de voorgaande getijgolf in de rivier aanwezig. Het spel van vloed en eb, van HW en LW, is er één van eeuwigdurende opeenvolging. Voor dit volume is er in een getijrivier als de Schelde slechts één weg, nl. naar zee. Aan het opwaartse einde zijn er stuwen en sluizen, waar enkel (fluviatiel) water van het hoger gelegen kanaalpand naar de afwaarts gelegen tijrivier kan komen, doch nooit omgekeerd.

Als het waterpeil bij LW aan de monding onder invloed van het getij in de Noordzee, gaat stijgen, is deze vooralsnog te klein (energetisch beschouwd) om de heersende naar zee gerichte stroming tegen te houden, laat staan te keren.

Op een bepaald ogenblik wordt de energie van de vanuit zee opkomende stijging van het waterpeil te Vlissingen evenwel dermate sterk, om de heersende ebstroming juist genoeg tegen te houden. Dàt is het moment van KLW. Van dan af heerst er vloed, en gaan stijging van het waterpeil en landinwaartse waterstroming samen. Eenzelfde redenering leidt ertoe dat ook na het bereiken van hoogwater te Vlissingen, er nog een tijd vloed heerst, tot de energie van dalend water deze van instromend water egaliseert: KHW. Van dan af heerst er eb.

Bij dat alles komen er in het Schelde-estuarium, en dan vooral in de Nederlandse Westerschelde, nog andere belangrijke factoren hun rol opeisen. De Westerschelde is bij uitstek gekenmerkt door een bochtige maar doorgaande ebgeul *(de hoofdvaargeul)*, door een dynamische afwisseling van platen en slikken *(die bij laagwater droogvallen doch bij hoogwater overstromen)*, en door *(min of meer doodlopende)* nevengeulen, zowel vloed- als eb-scharen. De morfologie van deze nevengeulen en platen is vrij dynamisch, en, in scharen, kan door bagger- en stortactiviteiten beduidend worden beïnvloed. Het geheel maakt wel dat de vloedstroming zich uiteindelijk over gemiddeld hogere waterstanden afspeelt dan wel de ebstroming. Er wordt ook wel gesproken van het feit dat de vloed zich over de volle breedte van de rivier afspeelt, over geulen én platen, terwijl de eb zich meer in de geulen concentreert.

Over de platen gaat er omwille van het bestaan van de kenteringen, en in de tijd van een tij bezien, meer vloedstroming dan ebstroming. Dat heeft belangrijke gevolgen. De vloed kent aldus *-globaal genomen-* minder weerstand van de rivier dan de eb; de vloed gaat volgens een minder bochtig tracé dan de eb *(want de vloed verloopt eerder tussen de tracés van de dijken, daar waar de eb zich eerder tussen de lijnen van de vaargeul = ebgeul beweegt)*. Het komt uiteindelijk ook hier weer neer op het zich sneller voortplanten van de hoogwatergolf dan deze van laagwater, en op het steeds korter worden van de vloedduur t.o.v. een langer worden van de ebduur. Het resulteert in de al omschreven naar opwaarts groter wordende asymmetrie van de tijkromme.

Nogmaals: de waarden van en het tijverloop van druk, stroomsnelheid en stroomrichting, en van de duur van kenteringen, hangt af van de locatie, van de diepte onder waterlijn of vanaf bodem, van het type tij (doodtij/middeltij/springtij), van de seizoenen (invloed bovendebiet Schelle op bvb. turbiditeit en conductiviteit) (invloed luchttemperatuur), enz. De op vorige bladzijden getoonde beelden zijn dus niet universeel geldig. Bvb. of de stroomsnelheden bij vloed inderdaad steeds of doorgaans groter zijn dan deze bij eb, hangt af van de plaats in de dwarssectie, eigenlijk van het algemeen stroombeeld van dat vak ten aanzien van de invloed van bochten in de rivier. Zo wordt dus onderscheid gemaakt tussen wat heet vloed-dominante plaatsen tegen eb-dominante.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

In principe zou turbiditeit ongeveer dat verloop van snelheid volgen, de omgevingsfactoren zoals aanvoer van bovendebieten daar gelaten. Het verloop van temperatuur en conductiviteit gaat van kentering naar kentering, met daarbij schommelingen die afhankelijk zijn van het debietverloop, nl. de tij-gerelateerde aanvoer of afvoer van warmer/kouder of zouter/zoeter Scheldewater. Buiten druk (dus waterstand), stroomsnelheid en stroomrichting, hebben ook temperatuur, conductiviteit en turbiditeit hun typische verlopen in functie van het tij, zie desbetreffende figuren voor de locatie Oosterweel, voor een gemiddeld doodtij resp. een gemiddeld springtij.

Zoals al hoger vermeld, volgen de verlopen van temperatuur en conductiviteit (en dus ook van chloridegehalte) het tijverloop van kentering naar kentering. Conductiviteit (en chloridegehalte) is bij KHW steeds groter dan bij KLW. Temperatuur kan groter zijn bij KHW als bij KLW, of omgekeerd, al naargelang locatie en seizoen, hoewel het in de Beneden-Zeeschelde afwaarts Kallo wél éénduidig is: met vloed komt tot Kallo steeds kouder water naar opwaarts en met eb gaat steeds warmer naar afwaarts, zodat de temperatuur bij KHW steeds kleiner is dan bij KLW. Het verschil tussen die waarden bij KHW en KLW, bvb. dag op dag of week op week genomen, of met het feit van nieuwe berekeningsmethode van de afvoer van het Zeescheldebekken (bovendebieten Schelde te Schelle) op vijfdaagse basis en met inrekening van tijdsvertraging, per opeenvolgende vijfdaagse periode, ... het verschil tussen die waarden bij KHW en KLW is niet constant, noch absoluut noch procentueel. Het hangt af van de seizoenen, en uiteraard per locatie.

In ieder geval is het regel dat het verschil tussen de waarden van temperatuur en conductiviteit (en dus chloridegehalte) mee gaat met het tijverschil, dus dat het verschil kleiner is bij doodtij dan bij middeltij, en dat het bij springtij groter is dan bij middeltij.

Het verloop van de turbiditeit is ingewikkelder. In principe moet het -andere omstandigheden gelijk blijvend- mee gaan met de stroomsnelheid. Aangezien de stroomsnelheden per tij afhankelijk zijn van het tijverschil, hoort ook hier een nauwe band met doodtij, middeltij en springtij. Normaliter is (op een vloed-dominante meetlocatie) het verloop bij een gemiddeld springtij: na laagwater komen rond éénkwart en tweekwart van vloed, periodes voor met piekwaarden, en daalt de turbiditeit na maximum-vloed.

Bij dit gezegde moet evenwel voorzichtigheid geboden worden en het mag niet veralgemeend worden; deze zaken zijn zeer plaatsgebonden, niet alleen waar in de rivier, maar ook de wijze van ophangen/opstellen van het meettoestel: ofwel op constante diepte onder watervlak ofwel op constante hoogte boven bodem, geeft beduidende invloed. Het verloop van de turbiditeit is inderdaad de moeilijkste om te vatten, zowel om metingen uit te werken, kenmerkende waarden van te bepalen, en het onderwerp goed te presenteren.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.1.5 normale verlopen van “fysische parameters” in functie van de seizoenen

Sommige verlopen van zogenaamde "fysische parameters" van Scheldewater zijn schijnbaar te triviaal om te vernoemen, en toch. Dat de watertemperatuur seizoenaal meegaat met de beter gekende luchttemperatuur, is algemeen bekend. Dat daarbij een na-ijling optreedt, is ook nog ruim bekend. Toch blijft de temperatuur een basis-parameter bij quasi alle monitoringen.

Zoals hoger al ruim kon begrepen worden, is er -overigens al vele jaren- een continue meting (elke tien minuten) op de locatie Oosterweel (zie figuur 132). Als voorbeeld voor alle andere meetlocaties worden in dit deelhoofdstuk metingen van deze locatie getoond.

Er hangen twee Aanderaa-toestellen op constante hoogte boven de bodem, nl. één met sondes op ongeveer een meter boven de bodem, en het andere op ongeveer 4,5 meter boven de bodem, dus ongeveer een meter onder laag-laagwaterpeil. Beide toestellen meten met dezelfde frequentie dezelfde parameters.

Voor stroomsnelheid, druk en turbiditeit is er uiteraard een fysisch verklaarbaar beduidend verschil tussen de meetwaarden van het bovenste en het onderste meettoestel. Voor temperatuur en conductiviteit is er geen of slechts weinig verschil, gezien de zeer goede menging van het Schelde-water en gezien de kleine verschillen op eenzelfde ogenblik in die regio, eender aan linker- dan wel aan rechteroever gelinkt zijn, dan wel bovenaan als onderaan de verticale.

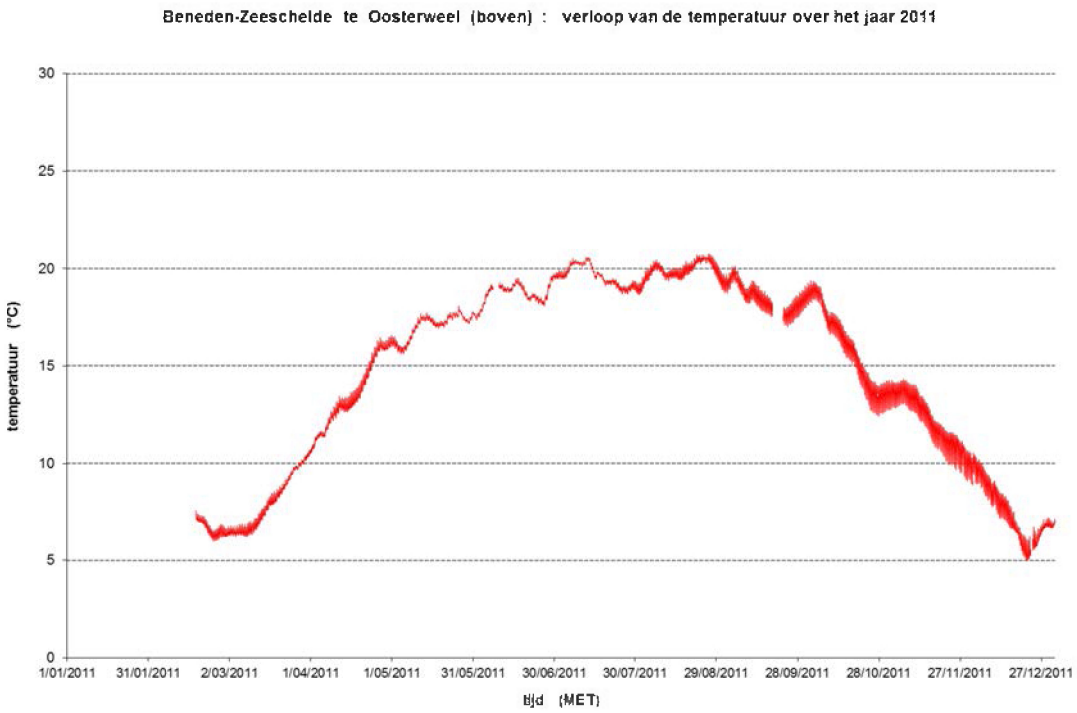
Figuur 132 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: foto van de meetdukdalf met aan linkerkant (opwaartse zijde) de twee kranen elk dragend een Aanderaa-meettoestel en aan rechterkant (afwaartse zijde van de dukdalf) de meethut met tij- en meteo-meting

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Aldus kan figuur 133 met -als voorbeeld- het jaarverloop 2011 van de **watertemperatuur** te Oosterweel begrepen worden. Zoals hoger aangegeven komen de tij-afhankelijke extrema van temperatuur (zoals van conductiviteit) voor bij KHW en KLW. De figuur toont alle meetwaarden (om tien minuten) en dus niet enkel de extrema nl. bij enkel KHW en KLW. De bandbreedte (= dikte van de grafieklijn) geeft dus aan welk het verschil in temperatuur is tussen deze opeenvolgende, halfdaagse extrema. In de lente en de zomer is dat temperatuursverschil tussen KHW en KLW kleiner; in herfst en in winter is het groter. Dat was ook zo in vorige jaren, en is een plaatsafhankelijke situatie.

Het ontbreken van data voor de periode 17/12/2010 tot 17/02/2011 is te wijten aan een defecte hefkraan, waardoor het toestel niet kon neergelaten worden. Verder waren er toestel-problemen en dus ontbrekende data gedurende enkele dagen in juni en september. Het is inderdaad moeilijk om steevast continu te meten …

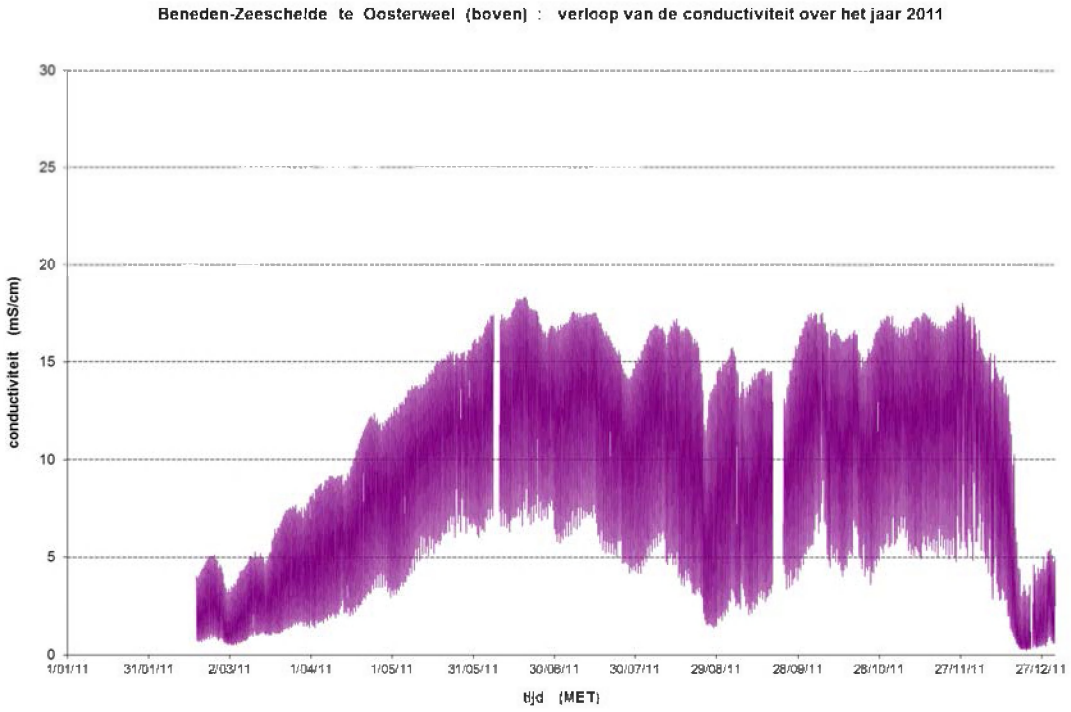
De watertemperatuur te Oosterweel tussen KHW en KLW verschilt dus iets, van nature, en de mate waarin is afhankelijk van de seizoenen. Uit de data blijkt dat het te Oosterweel niet zo éénduidig is of het Scheldewater bij KHW steeds kouder of warmer is dan deze bij KLW (zoals het in de Wester-schelde en in de Beneden-Zeeschelde afwaarts Kruisschans immers wél steeds het geval is dat de temperatuur bij KHW kleiner is dan bij KLW). Te Oosterweel is de watertemperatuur in de regel groter bij KHW dan bij KLW ervoor en erna. Daar speelt het "warmtehart" van de Beneden-Zeeschelde zijn rol: de thermische lozingen van elektriciteitscentrales en vanuit diverse vnl. petrochemische industrie-en, zijn immers van belang. Dat mag evenwel niet zomaar veralgemeend worden tot temperatuurs-metingen op andere locaties, maar geldt specifiek voor de locatie Oosterweel. Bij warm weer kan het echter ook omgekeerd zijn, dat de temperatuur iets groter is bij KLW dan bij KHW, doch het temperatuursverschil blijft dan zeer klein.



Figuur 133 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De volgende figuur toont *-in dit uitleggend basisboek als voorbeeld getoond, en zie het eigenlijke jaarrapport voor de data over 2012-* het jaarverloop in 2011 van de **conductiviteit** van het Scheldewater te Oosterweel. Dat verloop geldt typisch voor alle locaties in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken. De conductiviteit hangt -zie hoger- in hoofdzaak af van het gehalte aan zeewater zegge chloride, en gezien het in de figuur handelt om de conductiviteit bij heersende temperatuur, hangt het ook af van die watertemperatuur (doch in zee en in Westerschelde is dat in mindere mate dan van chloride, gezien de abundantie en de conductiviteitsinvloed van chloride).



Figuur 134 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de conductiviteit

Ook hier handelt het om de voorstelling van alle meetwaarden, dus om de tien minuten, en niet enkel de waarden bij de extrema, dus niet enkel deze bij KHW en KLW.

De bandbreedte (= dikte van de grafieklijn) geeft het verschil weer tussen die extrema bij KHW en KLW. In lente, zomer en nazomer is dat verschil in conductiviteit veel groter dan in winter. Wat erg opvalt is de drastische vermindering aan conductiviteit rond half december 2011, die te wijten (of te danken ...) is aan de wasperiode die toen plaatsvond. De bovenafvoer van het ganse Scheldebekken naar zee was toen over verschillende dagen behoorlijk toegenomen, zodat het zeewater in Westerschelde en Zeescheldebekken naar afwaarts werd teruggedrongen en door zoeter water "vervangen". M.a.w. de conductiviteit (en het chloridegehalte en de saliniteit) zijn in het Zeescheldebekken op korte tijd fel verkleind.

De wasperiode van half januari 2011 is, door een technisch defect van het meettoestel op dat moment, niet zichtbaar in deze figuur.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Alleszins is het bij KHW steeds conductiever dan bij KLW, zonder uitzondering. Het verschil tussen de grotere conductiviteit bij KHW en de lagere bij KLW, is wel veranderlijk doorheen het jaar. Het is relatief klein tot vrij klein in de winter, en groot tot flink groot in voorjaar, zomer en nazomer. De precieze periodes van ofwel kleiner dan wel groter verschil hangt af van de grootte van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle", dat immers een grote rol speelt in het aandeel zeewater op een locatie, en van de temperatuur. Mooie nazomers (kleine bovendebieten, grote dag- en nacht-temperaturen) geven aanleiding tot een langdurig grote waarde van de conductiviteit bij KHW en ook doch in iets mindere mate, althans hier te Oosterweel, bij KLW. De locatie Oosterweel ligt qua het verloop van chloridegehalte dus conductiviteit, in een brakke overgangszone, daar waar mooie nazomers in Westerschelde (en beperkter in Beneden-Zeeschelde afwaarts Kruisschans) aan-houdend grote waarden (bijna "zee"-waarden) van conductiviteit geven zowel bij KHW als bij KLW.

Dat het verschil tussen conductiviteit bij KHW en bij KLW in een tij-dag zo groot kan worden, is opmerkenswaardig en typisch voor de brakke overgangszone waarin Oosterweel ligt. KLW geeft in wezen een achtergrondwaarde terwijl KHW aanleiding geeft tot uiteenlopende waarden, van niet veel groter dan de waarde bij KLW bij flinke afvoer van het Zeescheldebekken, tot veel groter dan de waarde bij KLW bij kleine (vooral aanhoudend kleine) afvoer.

2011, *het jaar dat in dit basisboek als voorbeeldjaar wordt getoond*, was een jaar dat een relatief warme en droge lente en een warme maand juli kende, doch in augustus viel behoorlijk wat neerslag. Vervolgens bleef het weer behoorlijk droog tot half november. Uiteraard komen de meteo-rologische omstandigheden tot uiting in het jaarverloop van de conductiviteit aangezien deze niet naar een standaard-temperatuur is omgerekend doch bij heersende temperatuur is gegeven. De conductiviteit stijgt behoorlijk in de maanden maart tot mei (omwille van de temperatuur en relatieve droogte) om dan in augustus (door de neerslag dus het bovendebiet) te dalen. De warme en droge herfst stuwde de conductiviteit opnieuw de hoogte in om dan bruusk te dalen tijdens de was van half december.

Nogmaals: dit voorbeeld gaat over de meetlocatie te Oosterweel, maar kan in zijn betekenis eenvoudig uitgebreid worden over de ganse Beneden-Zeeschelde en zelfs tot in (het afwaartse deel van) de Boven-Zeeschelde en in de Rupel. De mate waarin zal plaats per plaats verschillen, o.m. door -in langsas bekeken- de helling in ogenblikkelijk verloop van de conductiviteit en van het chloride-gehalte, zo moment per moment, als per KHW of per KLW. Die helling (= verhang) in chloridegehalte is beduidend groter in de regio Kruisschans-Antwerpen dan afwaarts en opwaarts ervan. Opwaarts verkleint dat "langs-verhang" in chloride danig en wordt uiteindelijk zeer flauw, zodat er geen groot verschil meer is tussen conductiviteit of chloridegehalte bij KHW en bij KLW binnen eenzelfde tijdag.

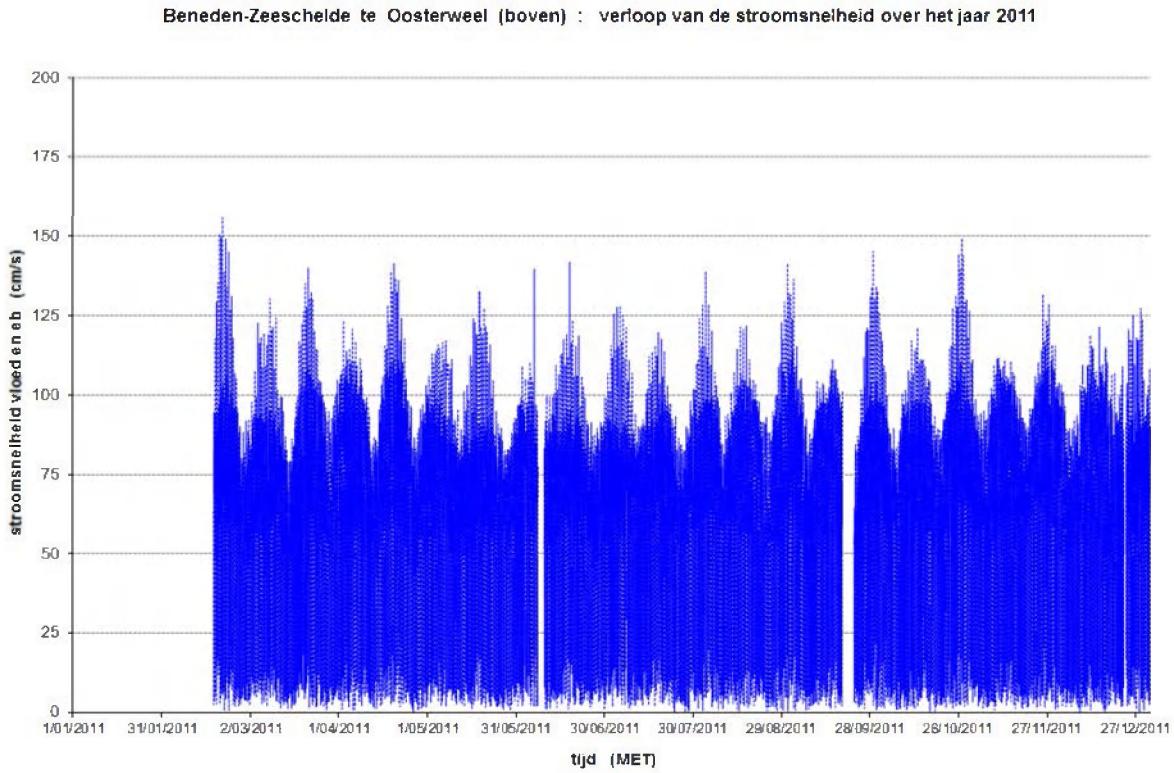
Verlopen watertemperatuur en conductiviteit dus volgens relatief mooie, telkenjare weer-kerende seizoenale waarden, dan is dat minder tot veel minder het geval voor andere fysische parameters. De **stroomsnelheid** is rechtstreeks gerelateerd aan het tijverschil, dus varieert volgens een patroon van doodtij/middeltij/springtij. Seizoenaal is er lichte invloed doordat in de winterperiode flink ontwikkelde springtijen en stormtijen kunnen optreden, waarbij het laagwater voorafgaand aan het zeer hoog (storm-)hoogwater niet altijd hoger of veel hoger dan astronomisch voorspeld is, m.a.w. er vlak voor het bereiken van een zeer hoog (storm-)hoogwater een zeer groot tijverschil optreedt, soms van om en rond zeven meter (meerbepaald in de Beneden-Zeeschelde). Even ter vergelijking: het langjarig gemiddeld tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw bij gemiddeld springtij is 5,95 meter. In de zomer zijn sterk verhoogde springtijen en stormtijen eerder uitzondering, dus treden ook geen sterk vergrootte tijverschillen op. Alles bij elkaar geeft dit normaliter in zomers niet aanleiding tot extreem grote stroomsnelheden wat in winters wél kan.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 135 geeft het jaarverloop 2011 van de gemeten stroomsnelheid op de locatie Oosterweel-boven. Daarbij zijn alle stroomsnelheden als positieve waarden uitgetekend, dus zowel deze bij vloed als deze bij eb.

Duidelijk is de grote variatie op veertiendaagse basis te zien, nl. over de doodtij/middeltij/springtij-periode. In 2011 zijn er minder variaties te observeren tussen zomer en winter dan het geval was in 2010. Toen telde de zomer, in tegenstelling tot dit jaar, geen uitschieters van stroomsnelheden groter dan 1,25 m/s, tenminste op de locatie in (x, y, z) waar het meettoestel hangt. Die locatie is dus driedimensionaal te zien: de snelheid varieert van de ene oever tot de andere, alhoewel in de dwarsraai te Oosterweel niet zo als in een echte rivierbocht, maar kent uiteraard een grote variatie over de verticale. Hier is te bedenken dat het meettoestel op steeds eenzelfde hoogte boven de bodem hangt, en dus niet steeds in eenzelfde relatieve hoogte is t.a.v. de tijstand.

Met deze kanttekening moet de figuur 135 dus voorzichtig benaderd worden. Alleszins is er duidelijk dat in de winterperiode zeer grote stroomsnelheden kunnen optreden, tot (in 2011) hoger dan 1,50 m/s. Nogmaals: het gaat over de stroomsnelheid in het punt waar het meettoestel is opgesteld; zaken moeten minder absoluut dan wel relatief worden bekeken. Aan het wateroppervlak komen grotere, tot zeer grote snelheden voor, tot zelfs 2,50 m/s bij maximum-vloed net voor stormhoogwaters. Maar dan hangt het meettoestel meters onder dat wateroppervlak en daar zijn de stroomsnelheden kleiner. De piekwaarden in stroomsnelheden hangen in grote mate af van de grootte van het tij-verschil, dus gaan mee met de piekwaarden in het opgetreden tijverschil.



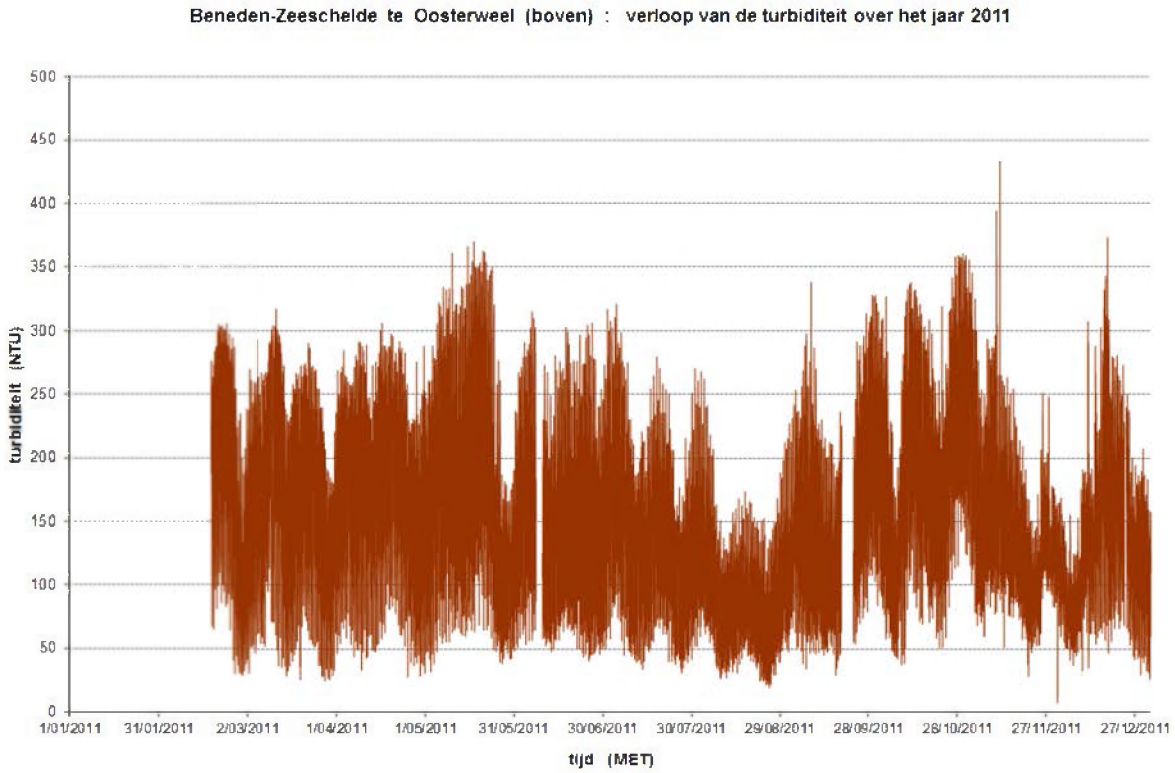
Figuur 135 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de stroomsnelheid

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De **turbiditeit** van het Scheldewater hangt zoals hoger al duidelijk aangegeven, van diverse factoren af. In eerste instantie geldt de algemene omgevingswaarde nabij de meetlocatie. In de Beneden-Zeeschelde is er een zone van zgde maximum-turbiditeit, d.w.z. dat er normaliter meer suspensiegehalte in het Scheldewater is dan afwaarts (de Westerschelde) en opwaarts (het afwaartse deel van de Boven-Zeeschelde). Deze zone is duidelijk meetbaar en zelfs met het blote oog waarneembaar. Maar deze zone ligt niet strikt op steeds dezelfde plaats; overigens gaat het niet om "een plaats" maar om een lengte van de rivier, een zone, vele kilometers lang en over de ganse breedte van de rivier aanwezig al zijn er plaatsen waar er -al naargelang de stroomsnelheid langs een oever tijdelijk beduidend groter is dan aan de andere oever- toch variatie volgens de dwarssectie aanwezig is.

Het is duidelijk dat deze zone met het getij mee schuift: vloed brengt die zone meer naar opwaarts, terwijl eb ze weer naar afwaarts doet gaan. Is het tijverschil groter, dus zijn de vloed- maar ook de ebstromingen groter, dan is de verschuiving over de langs-as van die zone van zgde maximum-turbiditeit ook groter dan bij kleinere tijverschillen. Of: bij springtijen verschuift die zone meer over de langs-as dan wel bij doodtijen.

De rol van het bovendebiet van het opwaartse Scheldebekken speelt ook een belangrijke rol. Net zoals bij de conductiviteit (of chloridegehalte of saliniteit) de waarde te Oosterweel toeneemt bij kleiner wordende bovendebieten en afneemt bij groter wordende bovendebieten, met een gans scala aan variaties op het thema, dus net zoals de conductiviteit door het bovendebiet volgens de langs-as verschuift, zo verschuift ook de zone van maximum-turbiditeit in de Beneden-Zeeschelde met de bovenafvoer mee.



Figuur 136 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de turbiditeit

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Kortom, doch niet eenvoudig: de turbiditeit op eenzelfde plaats varieert mee met de cyclus van doodtij/middeltij/doodtij, kent piekwaarden bij het optreden van stormvloeden met zeer groot tijverschil, en kent een seizoenale invloed zoals de saliniteit want verschuift volgens langs-as van de rivier al naargelang de grootte van de bovenafvoer. De turbiditeit zou ook enigszins kunnen beïnvloed worden door nabijvarende scheepvaart met grote woeling van het rivierwater, of door agitatie door vlakbijgelegen baggerwerken, of door stortactiviteiten van baggerspecie. De meetlocaties zijn echter zo gekozen dat deze laatste invloeden beperkt blijven.

Onder punt 3.5 wordt verder in dit rapport ingegaan op de jaarverlopen van turbiditeit, zulks op alle in 2011 operationele meetlocaties, en zulks met vergelijking met de bovenafvoer.

3.1.6 verlopen van “fysische parameters” in functie van zowel het tij als de seizoenen

In vorige deelhoofdstukken werd vooreerst de betekenis van de zgde fysische parameters aangegeven, en werd een beeld geschetst hoe die enerzijds in functie van het getij en anderzijds in functie van de vier seizoenen (normaliter) verlopen. Het gegeven voorbeeld betrof vnl. de metingen in de Beneden-Zeeschelde te Oosterweel, meer bepaald het bovenste meettoestel.

In dit deelhoofdstuk worden alle meetlocaties overlopen, met telkens een typisch voorbeeld per seizoen van het verloop gedurende één etmaal dus twee halfdaagse tijen. Vele grafieken spreken voor zich, vooral omdat in de vorige deelhoofdstukken al veel van het nuttige en het nodige werd becommentarieerd.

3.1.5 - a - te Prosperpolder

Aan de Belgisch/Nederlandse grens wordt een continue monitoring gedaan van -uiteraard tij - de conductiviteit en de temperatuur. Gezien de meting gebeurt in een meetbuis van de aanwezige dukdalf, heeft het geen zin om stroomsnelheid of turbiditeit te meten. Een uitkraging aan de dukdalf uitbouwen om zoals te Oosterweel meettoestellen buiten de invloedzone van de dukdalf te brengen, levert weinig betekenis aangezien de ligging van de meetplaats dusdanig is dat de stromingen van vloed en vooral eb singuliere betekenissen hebben en niet staan voor de gehele dwarssectie. De dukdalf staat uiteraard naast de vaargeul doch staat ook aan de rand van de rivier en in wezen buiten de doorgaande stroomgeul. Aan opwaartse kant van de dukdalf is er een enorme invloed van de aanwezigheid van de strekdam van Ouden Doel, en waar de thermische lozing geschiedt van de kerncentrales van Doel. Dat maakt dat de stroomsnelheid bij eb alle fysische relevantie als zijnde betekenisvol voor de brede rivier verloren heeft, en slechts een weinig interessante singuliere zin heeft. Zo ook voor de parameters temperatuur (invloed thermische lozing) en zelfs turbiditeit (niet enkel omwille van de stroomloosheid achter de strekdam van Ouden Doel maar ook door de stortactiviteiten en het heropbaggeren van zandige specie tussen de strekdam en de dukdalf). De dukdalf is altijd zeer geschikt voor waterstandsmeting, en bij vloed voor temperatuur en conductiviteit. Het verloop tijdens de eb is een singulier verloop, totdat bij laagwater het eigenlijke Scheldewater ook langs de dukdalf komt en er bij kentering van laagwater dan wél een voor de rivier betekenisvolle waarde van temperatuur en conductiviteit kan gemeten worden. M.a.w.: voor die parameters zijn enkel de waarden bij vloed en bij de kenteringen écht betekenisvol, maar niet deze tijdens de eb.

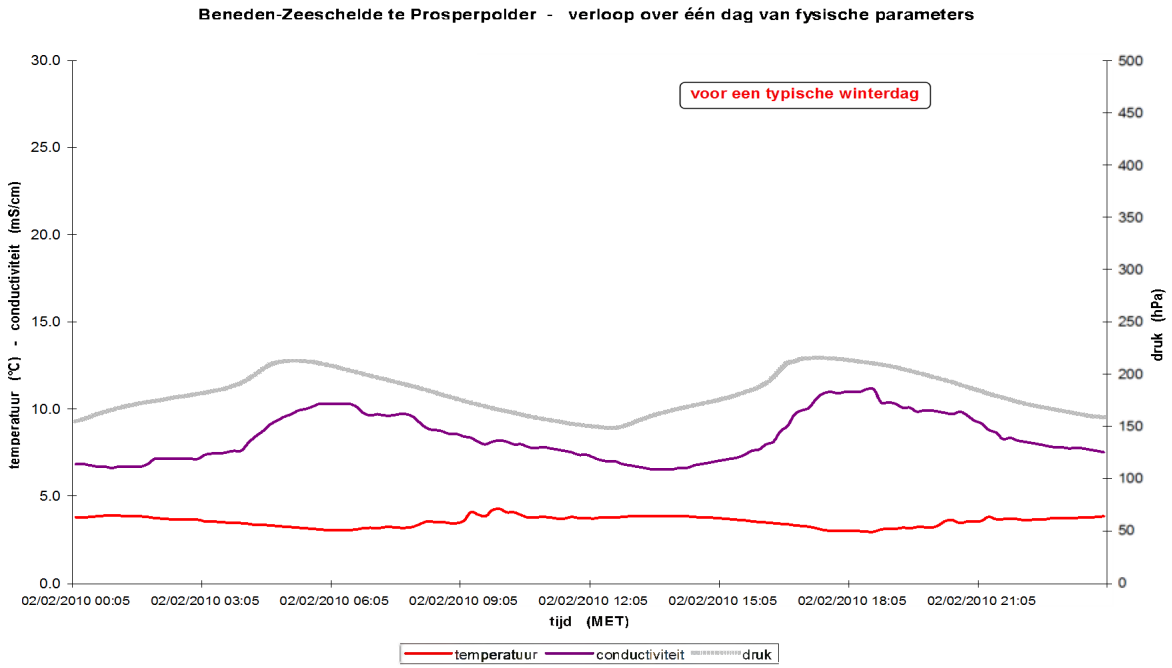
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 137 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: meetlocatie

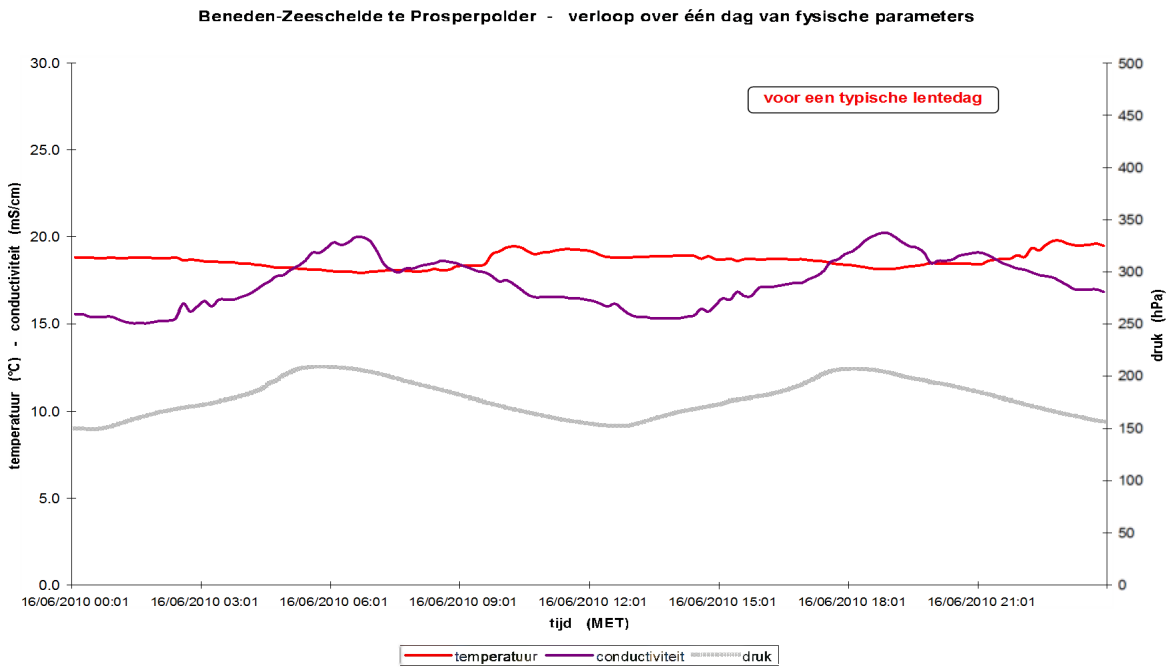
Figuur 137 toont een Google Earth-plannetje waarop de meetlocatie van Prosperpolder is aangeduid: in de Beneden-Zeeschelde pal langs de linkeroever, net opwaarts van de Belgisch/Nederlandse grens. De strekdam van Ouden Doel ligt opwaarts van de meetlocatie, vertrekkend van de kerncentrale te Doel (linkeroever) en gaande tot praktisch het midden tussen de dijken van de Beneden-Zeeschelde. Rechts van deze strekdam situeert zich de Drempel van Frederik, tevens vaargeul en tevens stroomgeul.

Onderstaande vier figuren tonen het verloop over een etmaal (dus twee maal een halfdaags tij) van temperatuur en conductiviteit te Prosperpolder tijdens respectievelijk een typische winter-, lente-, zomer- en herfstdag.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

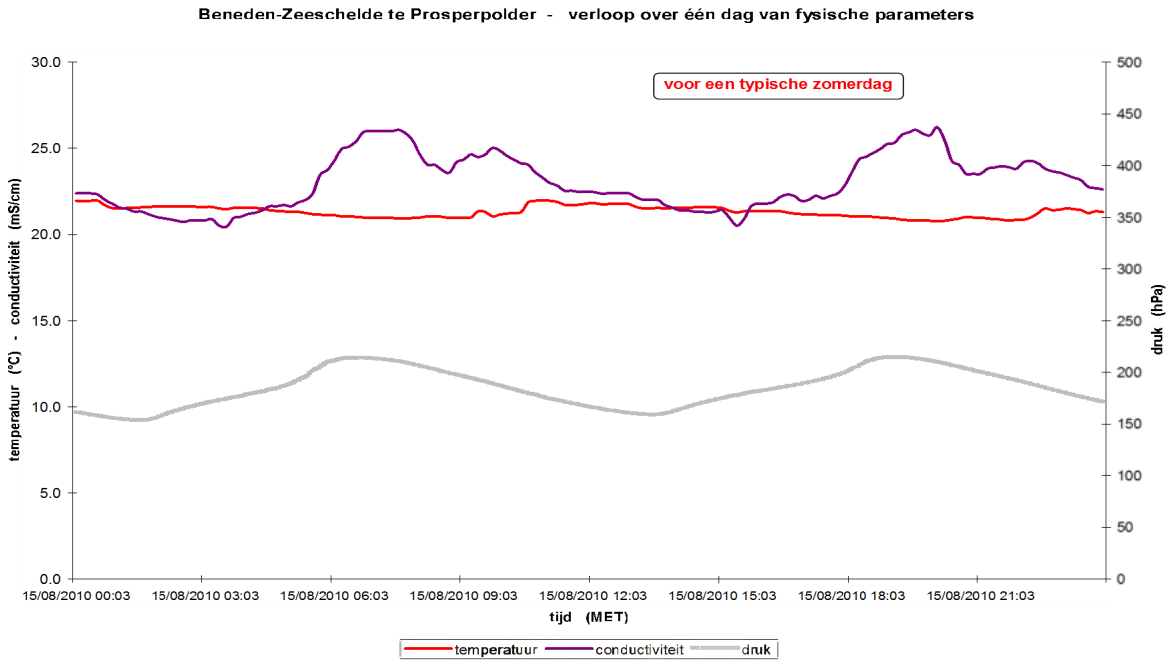


Figuur 138 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische winterdag

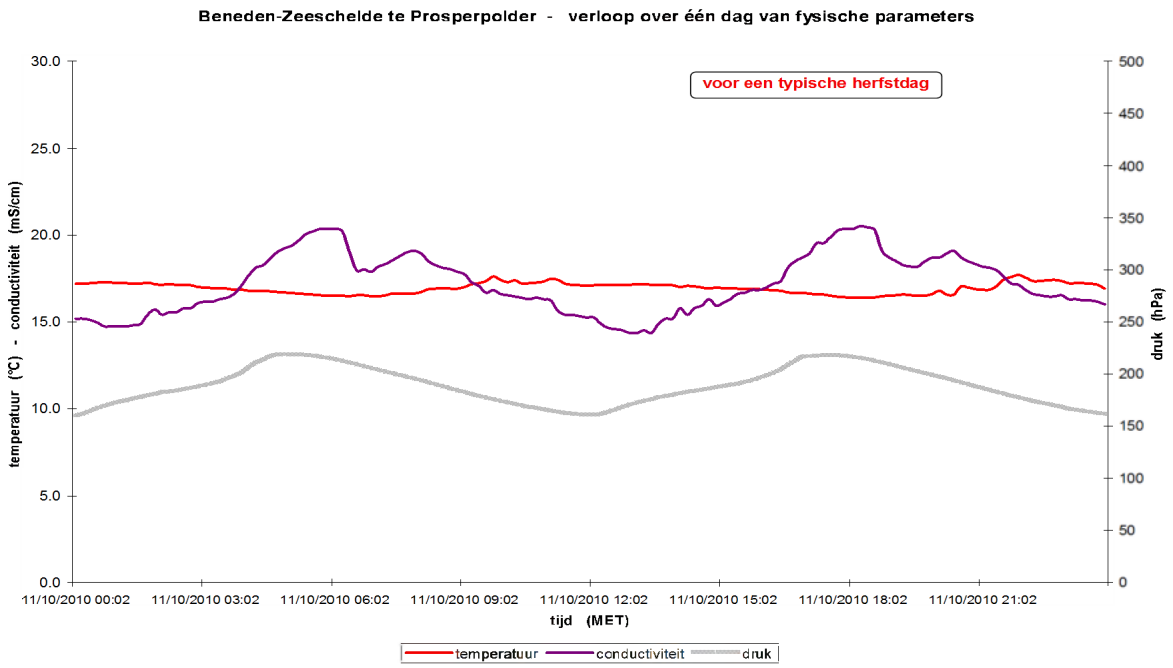


Figuur 139 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische lentedag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 140 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische zomerdag



Figuur 141 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische herfstdag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Gezien telkens ook het verloop van de (lucht- en water-)druk is weergegeven, dus ongeveer het verloop van de waterstand, kan gezien worden wanneer de grootste of kleinste waarden van temperatuur en conductiviteit tijdens een tij voorkomen. Dat beeld is te Prosperpolder gedurende het ganse jaar steeds hetzelfde: steeds is de watertemperatuur kouder bij kentering van hoogwater dan bij kentering van voorgaand of nakomend laagwater, en steeds is de conductiviteit groter bij KHW dan bij de geburige KLW's. Met vloed komt inderdaad kouder en zouter Westerscheldewater naar opwaarts, en met eb gaat het weer naar afwaarts en wordt "vervangen" door warmer en minder zout Schelde-water.

Verder kan gezien worden dat de temperatuur en de conductiviteit bij vloed kort en mooi (gestaag) verlopen. Bij eb is dat verloop steeds "verstoord" in die zin dat -na een uur eb- het vooral de uitstroming van het Scheldewater vanuit de kom gevormd door de strekdam van Ouden Doel en de linkeroeverdijk is dat langs de meetlocatie passeert, en niet het eigenlijke Scheldewater dat vanuit de vaargeul/stroomgeul naar afwaarts gaat. Tijdens het grootste deel van de eb is het water uit de kom achter de strekdam van Ouden Doel én warmer én zouter dan het eigenlijke Scheldewater komend van de Drempel van Frederik. Op de grafieken is duidelijk een verstoord verloop tijdens eb te zien, maar -zoals al hoger vermeld- juist op moment van laagwater stopt de afvoer vanuit de kom achter de strekdam van Ouden Doel, en komt ook aan de dukdalf echt Scheldewater dat van de Drempel van Frederik is gekomen, dus zijn de waarden bij KLW gelukkig échte Scheldewaarden, representatief voor de regio.

3.1.5 - b - aan Boei 84 (bovenste meettoestel)

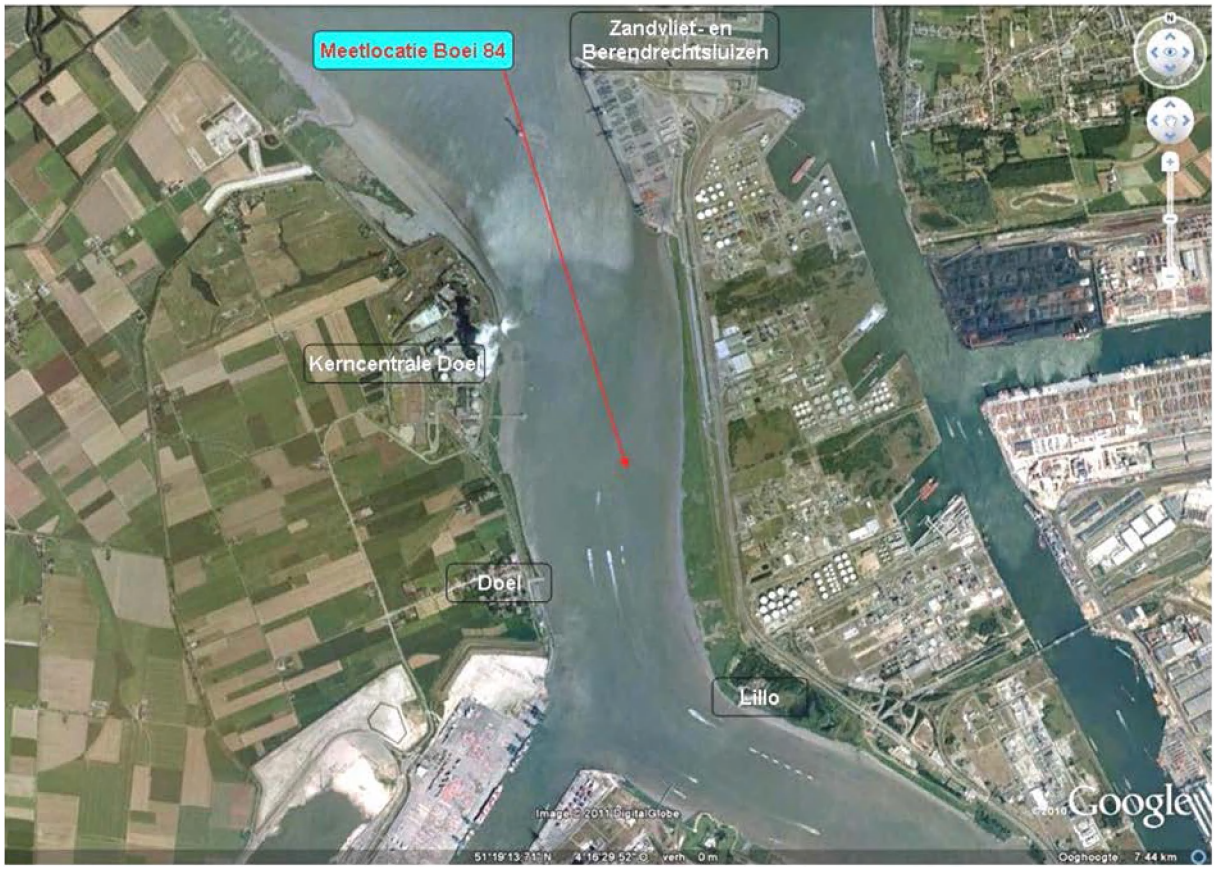
Naast de vaargeul, langs rechteroeverzijde, is een frame op de bedding van de Schelde geplaatst, en waarop twee Aanderaa-meettoestellen vast zijn opgesteld: een onderste (van het type RCM9) met meet-sondes ongeveer 1 meter boven de bodem, en een bovenste (van het type Seaguard) met meetsondes op ongeveer vier meter boven de bodem. De bedding aldaar is zowel over een flinke rivierbreedte als over een zeer lange rivierlengte, praktisch horizontaal, zodat de intrinsieke waarde van deze locatie zeer groot is want representatief voor de betrokken regio.

Aan Boei 84 meten beide Aanderaa-toestellen druk, temperatuur, conductiviteit, stroom-snelheid en -richting, en turbiditeit. De meetplaatsen laten een zinvolle meting van al deze parameters toe.

Het verloop van de temperatuur is vrij mooi; de meetresultaten geven over het gehele jaar eenzelfde beeld, nl. zoals bij Prosperpolder is het steeds bij KHW kouder dan bij KLW ervoor en erna. Het temperatuursverschil tussen de koudere KHW en de warmere KLW is klein, en ongeveer constant over het gehele jaar nl. een halve graad Celsius. Dat is wel locatie-afhankelijk want geldt niet algemeen voor alle meetlocaties in het Zeescheldebekken.

Het verloop van de conductiviteit is ook redelijk glad, met steeds een grotere conductiviteit bij KHW dan bij de KLW's ervoor en erna. Het verschil in conductiviteit tussen de KHW's en KLW's blijft door de seizoenen relatief constant. Ook dat is plaatsgebonden, want bij bvb. Oosterweel is het verschil doorheen het jaar niet gelijk. De telkens weerkerende plotse en tijdelijke vergroting van de conductiviteit iets voor halftij van vloed, kan te maken hebben met het "verdrinken" van de strekdam van Ouden Doel waardoor meer en zouter vloedstroom passeert.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 142 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 : meetlocatie

De stroomrichting en -snelheid bevestigen dat deze meetlocatie vloeddominant is, d.w.z. dat er tijdens vloed steeds en ruim grotere stroomsnelheden optreden dan wel tijdens eb. Congruent aan de grootte van de stijging van het waterpeil per minuut (of per tien minuten) verloopt de grootte van de stroomsnelheid. In wezen is het nog sterker: als op het einde van de vloed er zgd. maximum-vloed heerst tot hoogwater, nl. dat dan de grootste stroomsnelheden bij vloed optreden, is dit uiteraard te danken aan de grotere stijgsnelheid van het waterpeil per tijdseenheid, maar nog extra versterkt doordat naarmate hoogwater dichter komt, de natte sectie op deze plaats maar ook op alle plaatsen opwaarts ervan, dus over het ganse Zeescheldebekken, groter wordt en bij zelfs een gelijke stijgsnelheid van waterpeil dus een groter debiet behoeft.

De vier navolgende voorbeelden, resp. typische winter-, lente-, zomer- en herfstcondities, tonen maximum stroomsnelheden van telkens meer dan 1 m/s en gaande tot meer dan 1,5 m/s. Dat geldt dan wel op die (x,y,z)-locatie van het bovenste Aanderaa-meettoestel aan Boei 84, want stroom-snelheid is sterk afhankelijk van de plaats in x en y doch nog sterker over de verticale dus over de z-coördinaat. Bij eb komen op deze plaats en hoogte boven de bodem, geen stroomsnelheden van meer dan 0,80 m/s voor. De vorm van het snelheidsverloop is ook vrij typisch: daar waar deze bij eb gedurende lange tijd ongeveer constant is (rond 0,6 à 0.7 m/s gezien) verloopt de snelheid bij vloed met twee piekperiodes: een eerste bij het inzetten van de vloed, waarna er een periode van gestaag groter wordende of ongeveer gelijk blijvende snelheid is, en waarna naar het einde van de vloed, er maximum-vloed is met zeer grote stroomsnelheden, zoals in vorige alinea al verhaald.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Wat ook interessant is om zien, is de tijdspanne tussen het moment van hoogwater en het ogenblik dat de stroomsnelheid nul wordt. Dat is de tijdsduur van de kentering; de kentering is het omslaan van de stroming, in dit geval van vloed naar eb, en gebeurt dus ruim na het moment van hoogwater zelf. Analoog is er een tijdsduur na laagwater alvorens de stroming van eb omslaat naar vloed. Vloed is de stroming van het tijwater van zee naar land, en ijlt na op de stijging van het water-peil. Analoog met eb. Aan Boei 84 komen -zie figuren- kenteringsduren bij HW voor van een half uur tot drie kwartier, terwijl dit bij LW ongeveer de helft is. Dit resultaat van inertie van het tij bestaat op alle plaatsen, maar wordt klein naar opwaarts toe.

Het verloop van de stroomrichting is over het ganse jaar steeds hetzelfde. Vloed- en eb-stromingen gaan elk volgens steeds dezelfde richting, tenminste enkele graden niet te na gesproken. Maar er is geen significant verschil al naargelang de seizoenen of het type tij te vinden. De waarden spreken voor zich: vloed gebeurt aan Boei 84 steeds van noord naar zuid, dus op 180° (plusminus 5°) en eb van zuid naar noord dus op 360° (plusminus 5°). Die 5° in plus en in min heeft geen bijzondere betekenis want is gewoon de maat van grootste hoekverdraaiing van de stroming van vloed en eb rond hun gemiddelde; het zou gewoon niet natuurlijk zijn mocht de stroming tot op één enkele graad steeds volgens eenzelfde richting gaan.

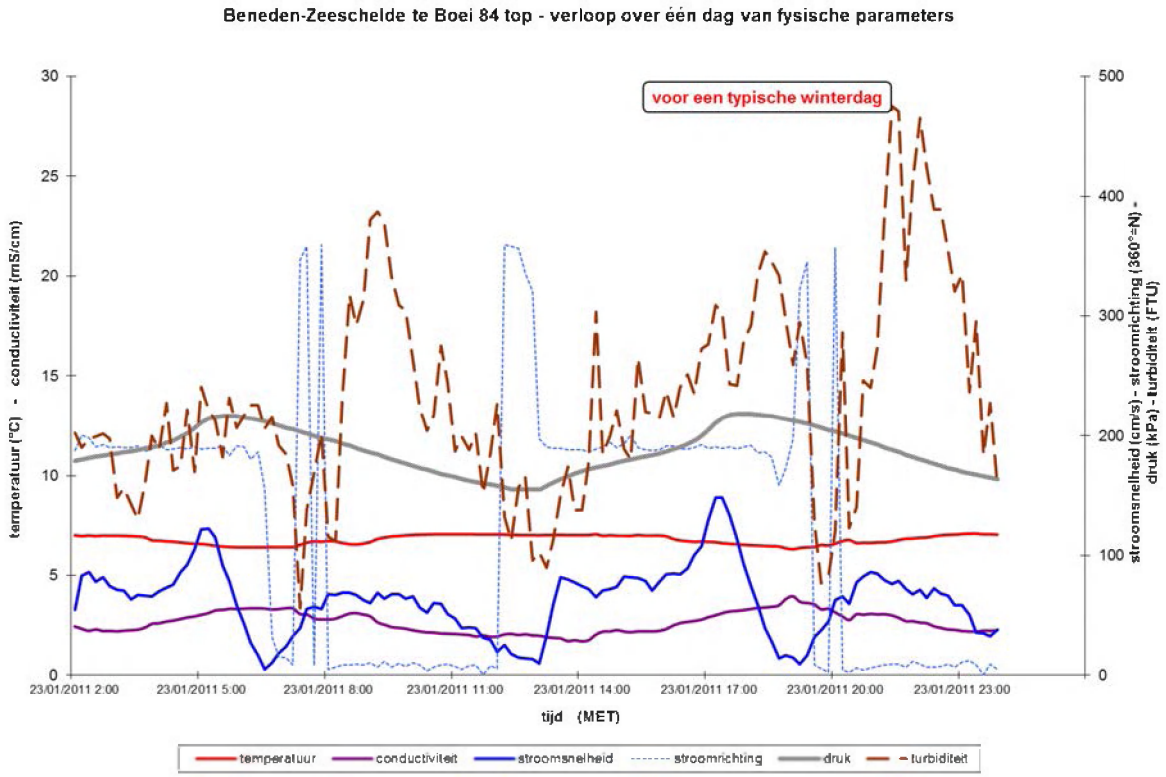
Bij volgende vier figuren is de gemeten turbiditeit in donkerbruine streeplijn aangeduid. Meteen valt de grilligheid van die verlopen op. De mate van die grilligheid is typisch kleiner bij vloed en groter bij eb, met daarbij -absoluut gezien- grote turbititeitswaarden bij vloed maar nog beduidend grotere waarden bij eb.

Er is hier geen flink éénduidig verband met de stroomsnelheid, iets wat ergens toch zou kunnen verwacht worden. Andere factoren spelen inderdaad ook nog een rol, bvb. dat bij vloed aan Boei 84 Scheldewater passeert dat van een diepe Drempel van Frederik komt, terwijl bij eb er invloed is van de Plaat van Lillo dus van een vrij slibrijke ondiepe plaat.

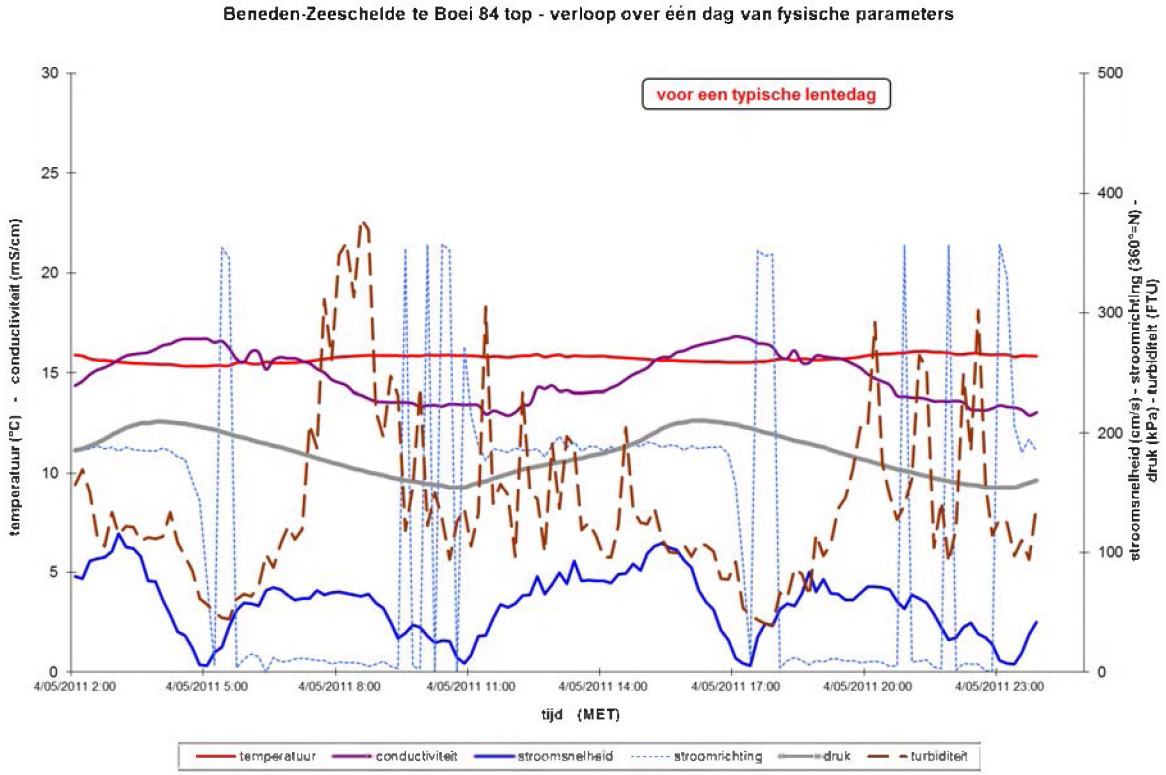
Vroegere metingen (van jaren terug) met een continue monitoring aan de steiger van Lillo, gaven aldaar zeer grote turbiditeitswaarden te zien, en bij in situ metingen varend over de rivierbreedte, kon al op zicht vastgesteld worden dat het Scheldewater aan de Plaat van Lillo en dus aan de steiger te Lillo, zeer slibrijk is; de kleur sprak voor zicht: zwart van veel organisch materiaal in het slib.

Over de seizoenen heen is er ook een variatie in de grootte van de turbiditeit. Deze is o.a. gelegen aan de verschuiving van de zgde zone van maximum-turbiditeit in de Beneden-Zeeschelde, dus met de invloed van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle", zoals al hoger uitgelegd, en zoals verder in dit rapport bij de jaaroverzichten van de fysische parameters conductiviteit en turbiditeit nog aan bod komt.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

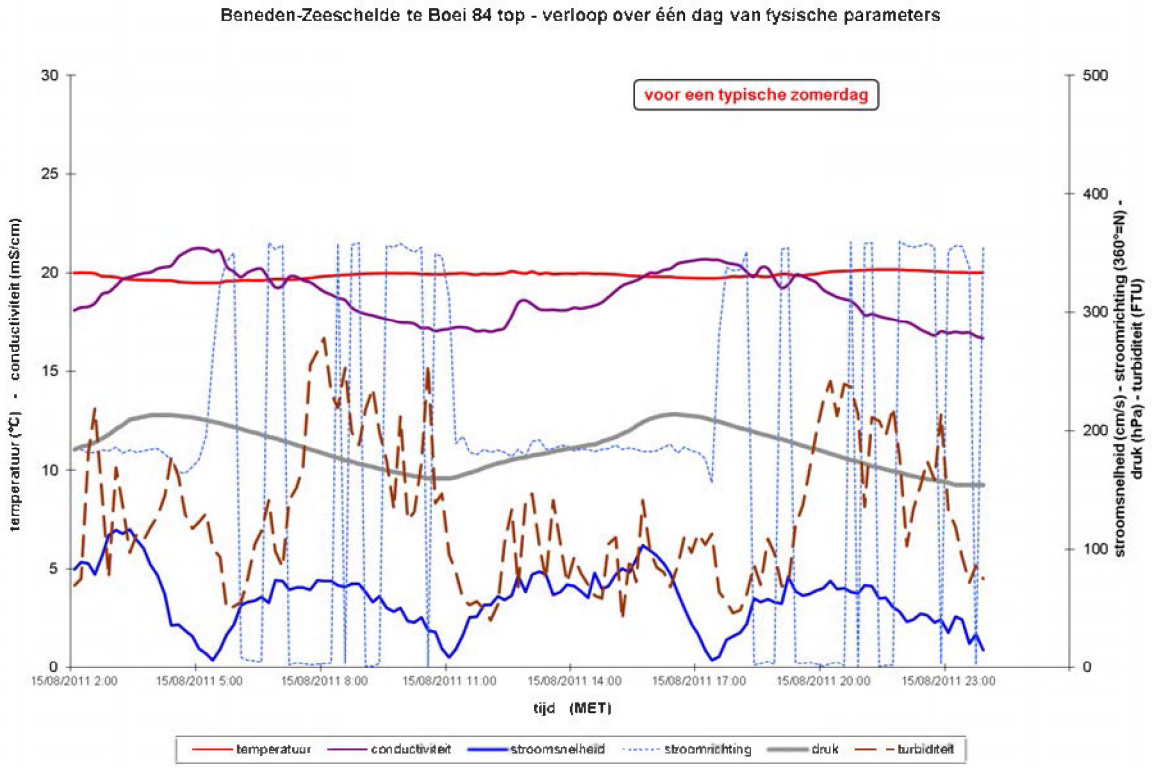


Figuur 143 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische winterdag

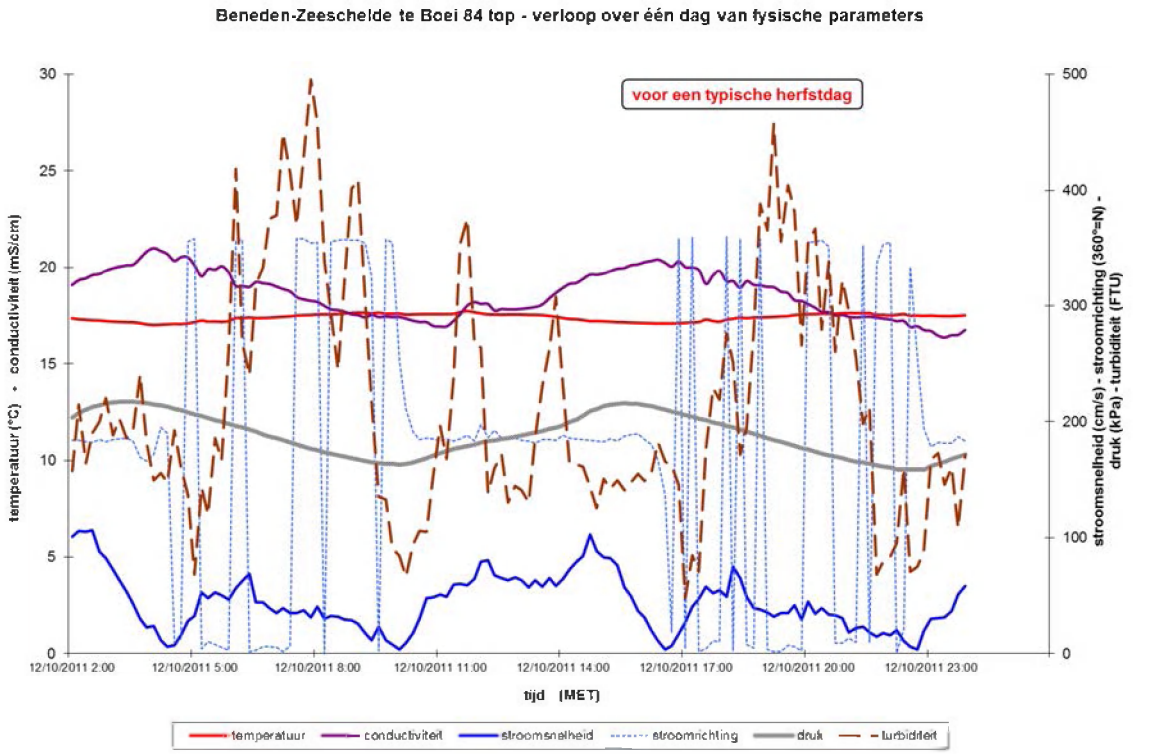


Figuur 144 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische lentedag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 145 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag



Figuur 146 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.1.5 - c - te Oosterweel (bovenste meettoestel)

Een zeer mooie meetplaats is deze te Oosterweel. Deze vrij grote dukdalf werd destijds gebouwd voor de studie (einde jaren 1970 / begin jaren 1980) van de aldaar voorziene stormvloed-kering, en dienstig voor o.a. golfmetingen, meteo-metingen, en nagaan van corrosie van metalen en bestendigheid van verfsystemen in zout en sedimentrijk Scheldewater. De dukdalf staat in een relatief lang recht rivierdeel, aan linkeroever, en wordt door zowel vloed als eb goed aangestroomd om metingen zinvol te kunnen uitvoeren. Van belang is ook dat er geen invloed is van de stortingen van baggerspecie op de Plaat van Boomke langs de andere oever; de stroombanen verlopen (tot aan de bocht van Royerssluis) inderdaad mooi volgens langs-as van de rivier zodat bvb. aan de meetlocatie geen sediment wordt bemeten dat van de stortlocatie afkomstig is, tenzij dat die specie door vloed of eb is meegenomen en uren later met eb of vloed terug deze raai in de Schelde passeert doch dan uitgesmeerd over de ganse sectie zoals al het andere suspensiemateriaal zonder dat enig onderscheid kan gemaakt worden tussen residueel sediment en aldaar gestort sediment.

Ook hier staan twee Aanderaa-meettoestellen opgesteld, op vaste hoogte boven de bodem, net zoals aan Boei 84. De hier getoonde figuren hebben betrekking op het bovenste toestel (type RCM9), met meetsondes ongeveer 4,50 meter boven de bodem. Overigens heeft de watertemperatuur hier over de verticale dezelfde waarde op een bepaald tijdstip, en idem met de conductiviteit, gezien de goede menging van het Scheldewater. De stroomsnelheid is bij het onderste toestel (type Seaguard) uiteraard kleiner dan bij het bovenste, doch de maat van variatie is ongeveer dezelfde. Ook de turbiditeit is verschillend, echter de verwachte hogere turbiditeit bij het onderste toestel is veel groter dan bij het bovenste, door het gebruik van verschillende turbiditeitsondes op de verschillende types Aanderaa toestellen. Dit wordt verder besproken in alinea 3.5.

Figuur 147 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : meetlocatie

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Van alle gemeten parameters is de watertemperatuur uiteraard de meest egale: Er is normaliter een klein temperatuursverschil tussen de opeenvolgende temperaturen bij KHW en KLW. nl. dat het Scheldewater bij KHW warmer is dan bij KLW, toch: het verschil is klein. Het zgde "warmtehart" van de Beneden-Zeeschelde speelt daarin een rol: de vele en grote thermische lozingen van elektriciteitscentrales en van diverse vnl. petrochemische industrieën, resulteren in een zone van zgde maximum-temperatuur tussen Doel en Antwerpen. Nogmaals: de verschillen in temperatuur tussen KHW en KLW op eenzelfde dag blijven klein. Er is zoals al hoger gezien, wel een bepaalde bandbreedte in deze temperatuursverschillen. In de lente en de zomer is dat temperatuursverschil tussen KHW en KLW kleiner; in herfst en in winter is het groter.

Het verloop van de conductiviteit kent een vrij sinusoidaal verloop, met het tijverloop mee doch dan verschoven over de duur van de kenteringen, zoals hoger bij de metingen aan Boei 84 al gezegd. Er zijn geen plotse verstoringen in dat mooie verloop, iets dat inderdaad naar opwaarts algemeen geldt, nl. dat steeds minder en minder verstoringen in een verloop van fysische parameters optreden tegen zulks in de afwaartse regio, in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde afwaarts Kallo, wél het geval is.

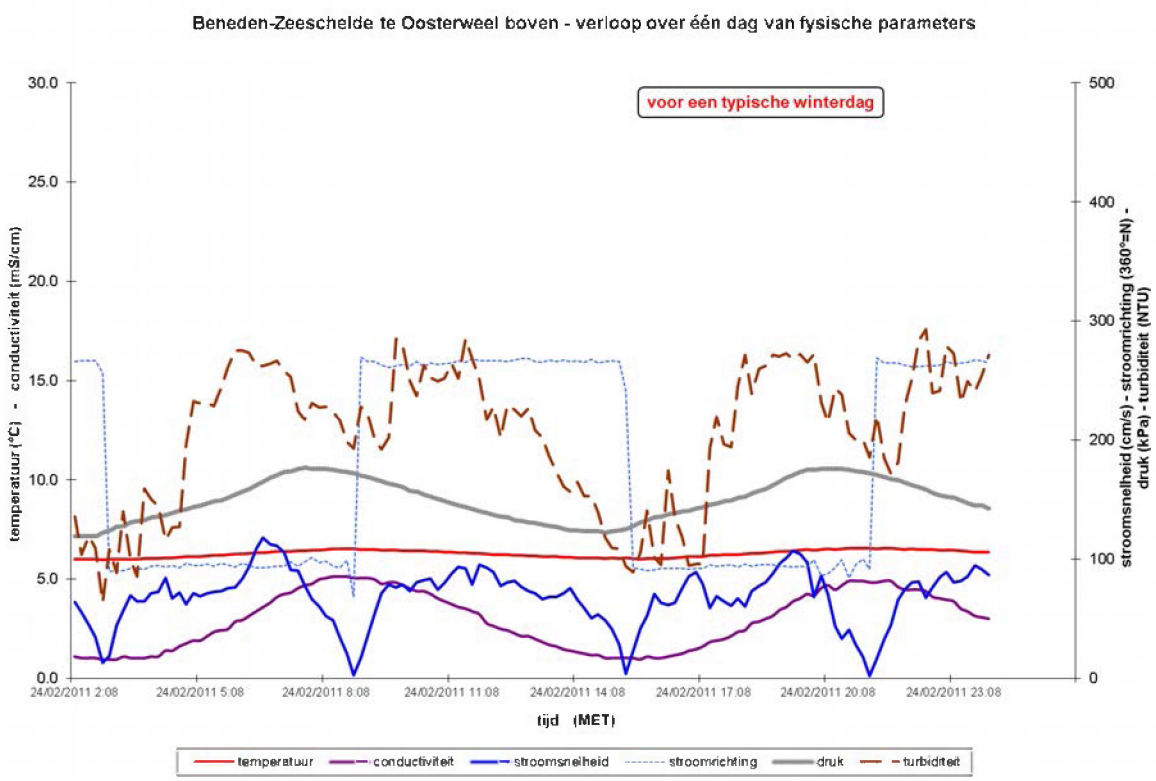
De conductiviteitswaarden bij KLW blijven over het jaarverloop relatief klein, en enkel in een echte zomerperiode (wat hier moet verstaan worden als een periode van kleine aanvoer van opperwater zegge bovenafvoer) worden de waarden van conductiviteit bij KLW bepaald groter. Dat duurt dan ook maar enkele weken, afhankelijk van de duur van de droogte dus van de kleinte van bovendebieten. Daarentegen volgen de waarden van conductiviteit bij KHW wél een mooie jaarcyclus, met veel grotere zomerwaarden tegen kleine winterwaarden. Aan Boei 84 en te Prosperpolder volgen zowel de conductiviteitswaarden bij KHW en bij KLW een uitgesproken jaarverloop met beide kleine waarden in de winterperiode en grote waarden in de zomerperiode, dus én deze bij KHW zoals bij Oosterweel doch ook deze bij KLW wat te Oosterweel enkel in periodes van zomerse droogte het geval is.

Het verloop van de stroomrichting duidt op een licht vloeddominante locatie: de maximum stroomsnelheden bij vloed zijn iets groter dan deze bij eb. Het verschil is echter minder dan aan bvb. Boei 84. De sectie rond en om Oosterweel is immers deze van een relatief lang en recht riviervak, zodat er minder uitgesproken verschillen in stroomsnelheden zijn over de dwarsbreedte. Over het jaar heen, en bij gelijk tijverschil, bedragen de maximum stroomsnelheden bij vloed, nl. bij maximum-vloed zijnde de periode vlak voor hoogwater, iets van 15% meer dan de maximum-snelheden bij eb. In de voorbeelden van navolgende vier figuren gaan maximum-stroomsnelheden bij maximum-vloed van 100 à 115 m/s, en gaan maximum-stroomsnelheden bij eb rond 90 à 100 m/s. Dat moet gerelativeerd worden want de stroomsnelheden hangen rechtstreeks af van het tijverschil, dus zijn groter bij stormtijen, die op hun beurt groter zijn dan bij springtijen, die dan groter dan bij middeltijen, en bij doodtijen zijn de stroomsnelheden het kleinst.

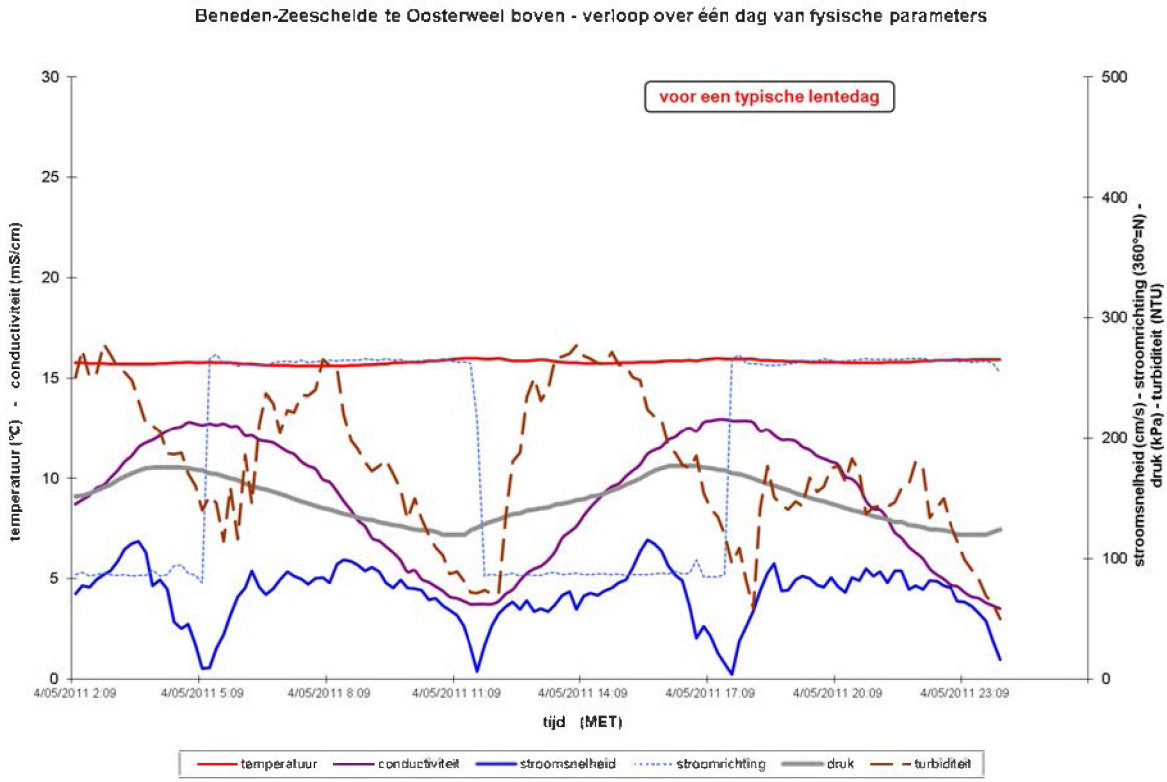
De eigenlijke verlopen van stroomsnelheden zijn zeer typisch voor het Zeescheldebekken: vloed zet relatief krachtig in, behoudt dan een paar uren gelijke stroomsnelheid, waar na bij maximum-vloed de stroming het sterkst is. De stroming bij eb daarentegen blijft uren op vrij constante grootte.

Op het verloop van de stroomsnelheden is uiteraard het feit van de kentering goed te zien: ook hier zijn deze bij HW langer dan bij LW, nl. van een half uur tot een uur voor KHW, en van een kwartier tot een half uur voor KLW, dus analoog als aan Boei 84, en eigenlijk geldig voor de ganse Beneden-Zeeschelde.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

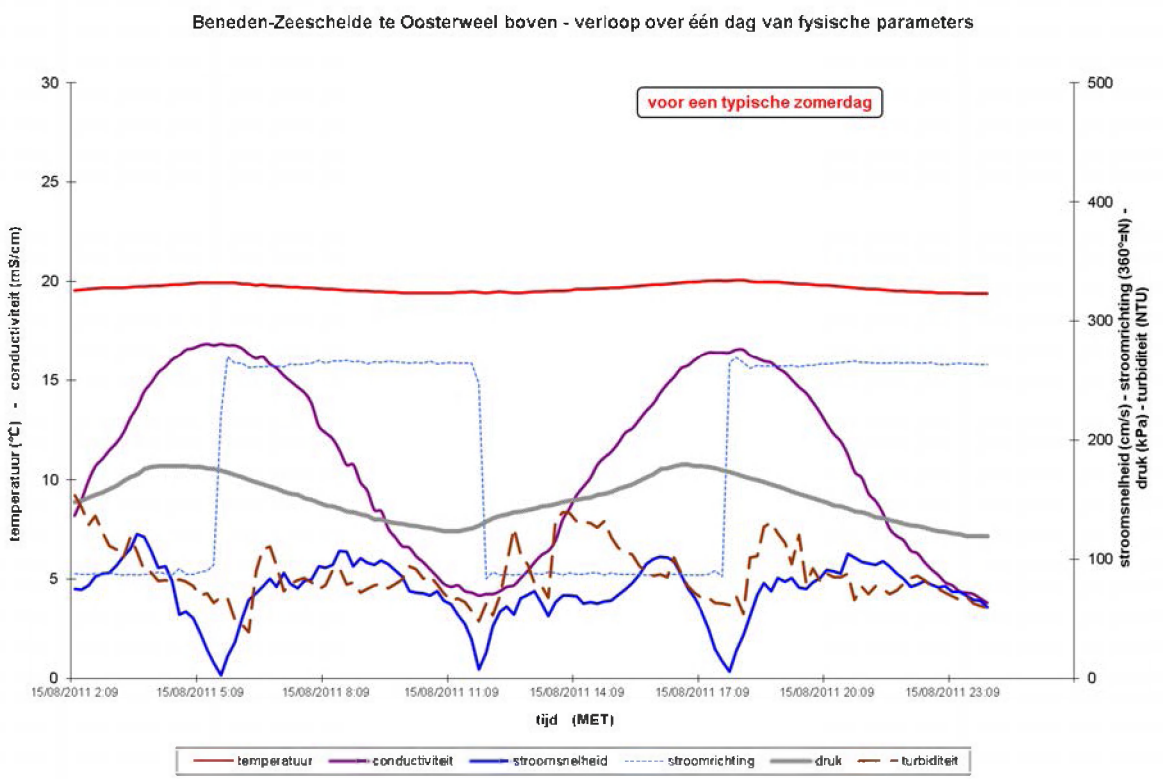


Figuur 148 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische winterdag

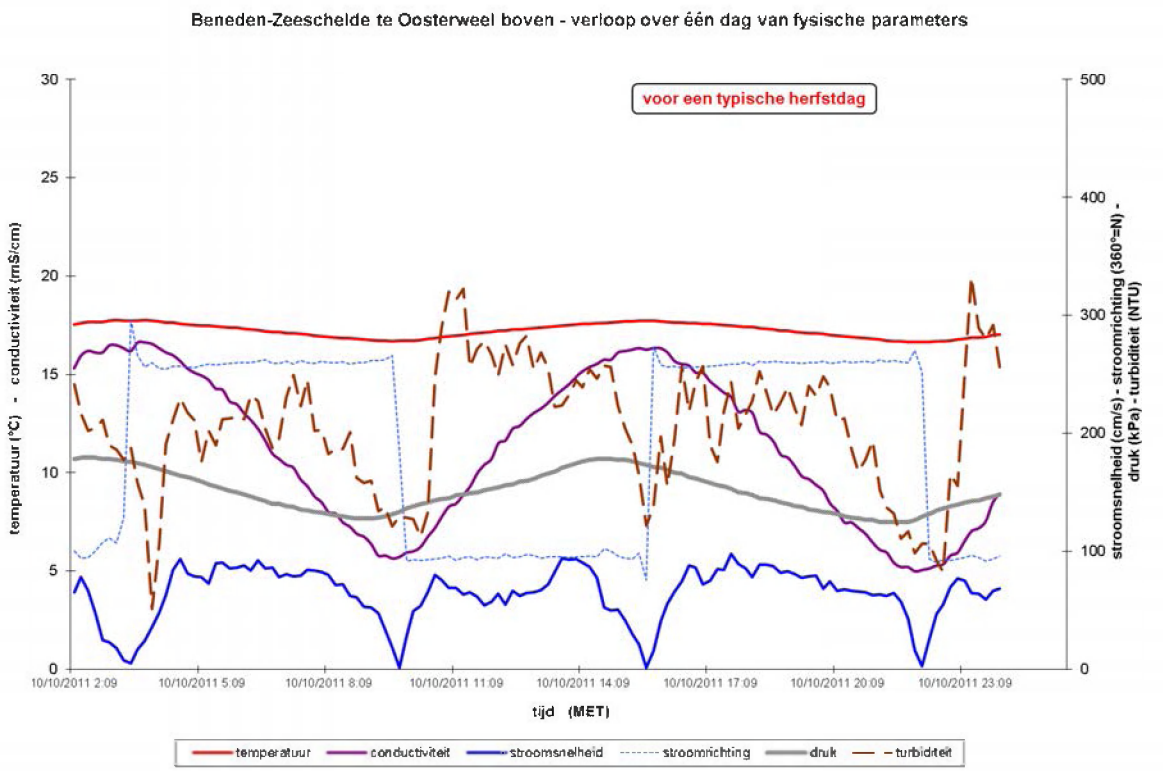


Figuur 149 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische lentedag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 150 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag



Figuur 151 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het verloop van de stroomrichting is duidelijk en steeds hetzelfde: vloed gaat ongeveer 90° (plusminus een vijftal graden, overigens een normale spreiding rond het gemiddelde) dus naar het oosten, en eb gaat ongeveer 260 à 265° dus westelijk. De overgangen van stroomrichting zijn steeds zeer net en kort, en vallen uiteraard overeen met het naar nul gaan van de stroomsnelheid dus met de kenteringen.

De turbiditeit kent een normaal fluctuerend verloop dat de lichte vloeddominantie bevestigt. Er is steeds een maximumwaarde van turbiditeit rond halftij van vloed. Bij eb is er eerst een relatief maximum, waarna tijdens de rest van eb de turbiditeit gestaag kleiner wordt. De waarden zijn vrij normaal voor de regio, met in de getoonde voorbeelden, de eerder grote waarden gaande van 200 à 300 NTU, waarbij de grotere maxima bij vloed worden gehaald en de kleinere bij eb zoals juist al gesteld.

3.1.5 - d - te Driegoten

Ter goede spreiding van de in het Zeescheldebekken te kiezen meetlocaties, werd gekozen om in de Boven-Zeeschelde een Aanderaa-meettoestel te plaatsen aan het veer te Driegoten. Daarbij werd rekening gehouden met de beperkte mogelijkheden om toestellen te plaatsen wegens gebrek aan daartoe dienstige constructies waar zonder hinder van woeling van het water door bvb. dukdalven en palen en omliggende andere constructies gemeten kan worden. Daarbij moet ook getracht worden om zoveel mogelijk de invloed van vlakbij varende schepen en van invloeden van bochten in de rivier te vermijden.

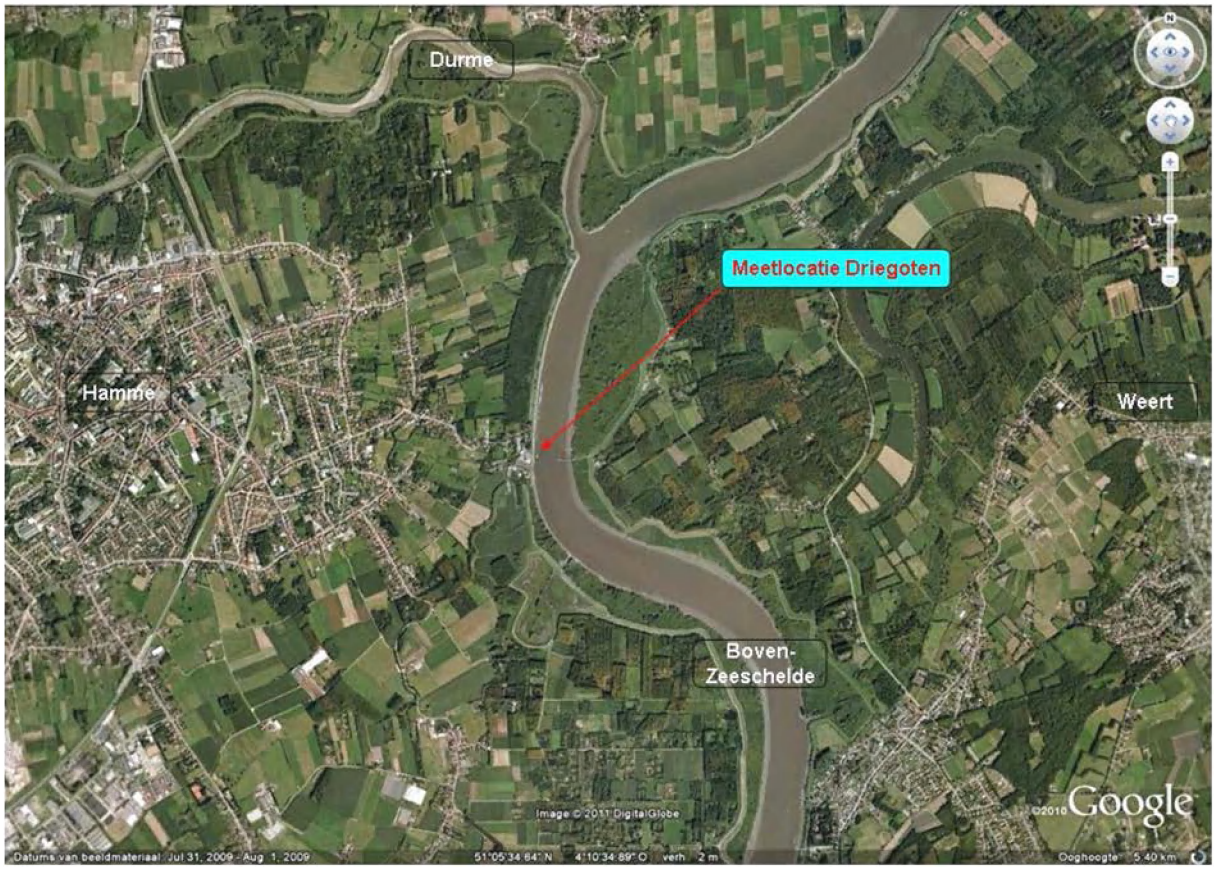
De gekozen locatie te Driegoten ligt net afwaarts en aan dezelfde oever als het studie-GOG en -GGG Lippenbroek, zodat het tevens het continue meetpunt van Scheldewater is dat bij GOG in het Lippenbroek overloopt, en bij GGG elk hoogwater in wisselende mate (nl. al naargelang de doodtij/middeltij/ springtij-cyclus) Lippenbroek binnenstroomt.

Hier is één meettoestel aanwezig (type Seaguard), dat op een ongeveer constante hoogte onder het wateroppervlak hangt.

Zoals voor de andere meetlocaties, worden hiernavolgend vier typische dagverlopen van de fysische parameters getoond, voor elk seizoen één.

Ook hier is de watertemperatuur -van nature- het mooist verlopende van alle parameters. Maar te Driegoten is de watertemperatuur iets groter i.p.v. iets kleiner bij KLW dan bij de omringende KHW's. Van opwaarts komt dus steeds iets warmer Scheldewater dan van afwaarts. Het temperatuur-verschil is ongeveer een halve graad Celsius, al is het in de lente, bij het opwarmen van het Schelde-water, iets meer. Dat van opwaarts iets warmer water komt dan van afwaarts, heeft denkelijk het meest te maken met het in die regio beduidend ondieper worden van de rivier, zodat de opwarming door de luchttemperatuur zich over flink wat van de verticale kan voordoen, er dus geen koudere onderlaag blijft wat bij menging van het Scheldewater zich over ganse breedte en diepte verspreid.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



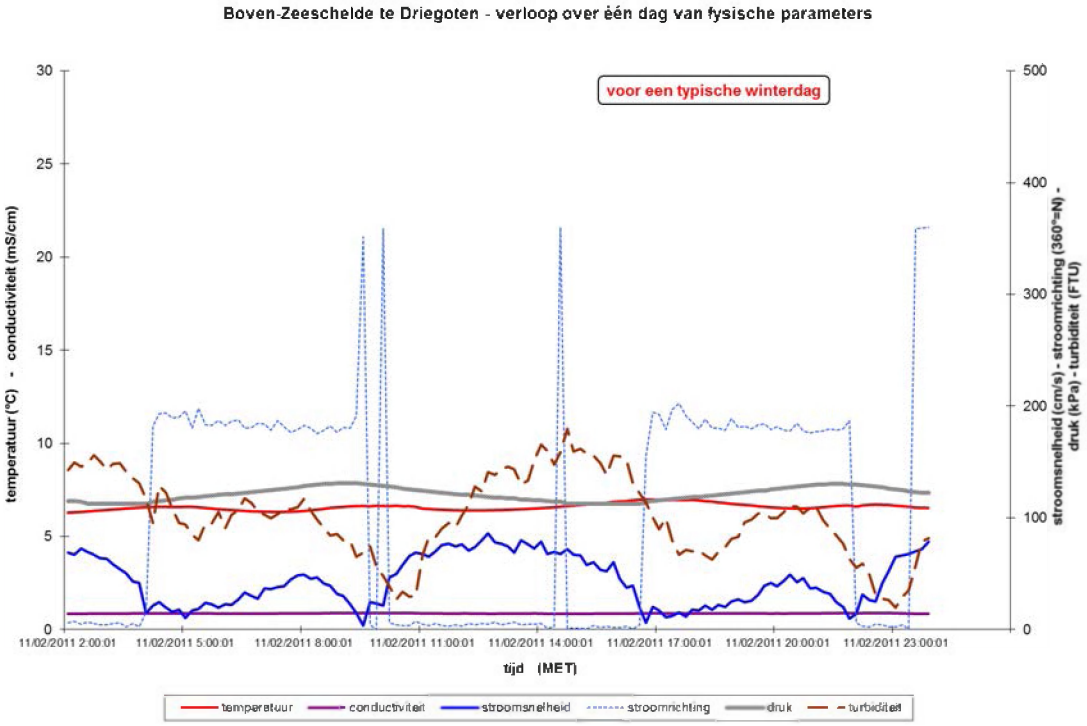
Figuur 152 - Boven-Zeeschelde te Driegoten : meetlocatie

De stroomsnelheid wijst op een duidelijk ebdominante locatie. De stroomsnelheden op deze plaats kennen een duidelijke maximum-vloed vlak voor elk hoogwater, en een tijdens eb naar halftij van eb gestaag vergroten van de snelheid waarna een even gestage daling volgt naar laagwater toe. De stroomsnelheden variëren niet doorheen de seizoenen, doch en uiteraard -wat op het jaarverloop beter zal te zien zijn- met de doodtij/middeltij/springtij-cyclus nl. met het tijverschil.

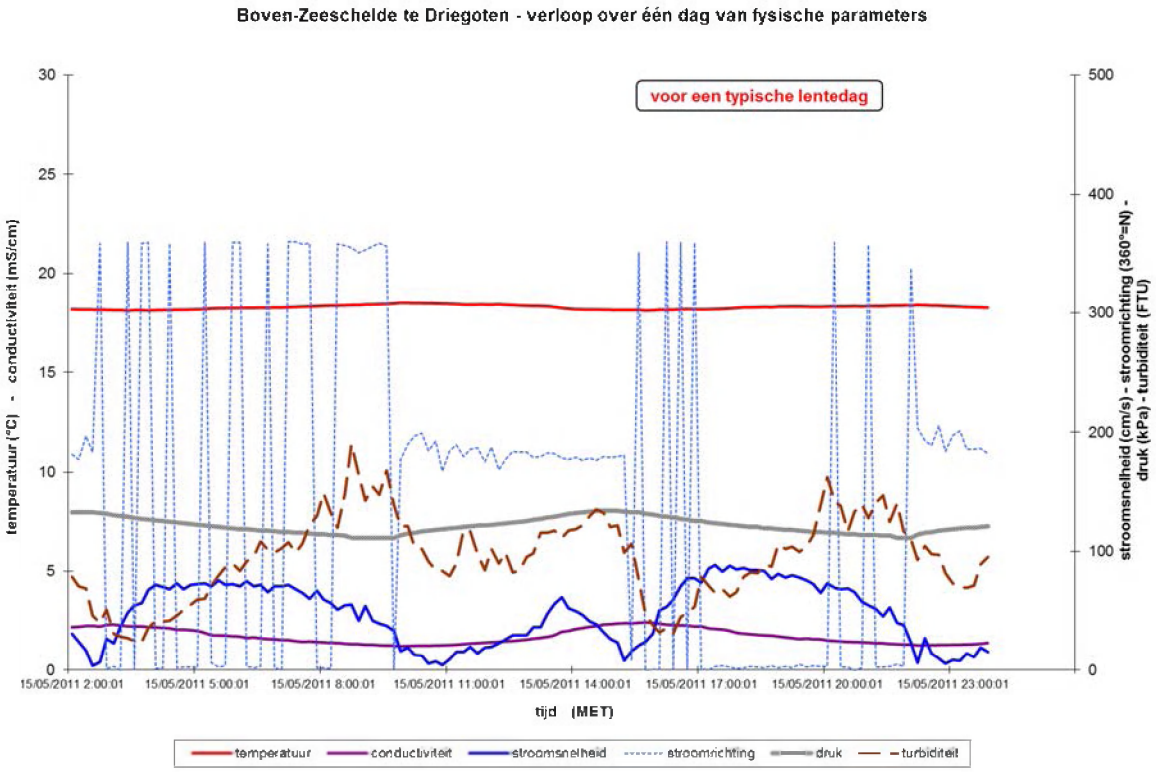
De stroomsnelheden zijn in de getoonde voorbeelden alle kleiner dan 1 m/s. In het jaarverloop - zie verder- komen op deze locatie inderdaad maar op enkele ogenblikken grotere snelheden voor, en dan nog beperkt tot 1,05 m/s. In tegenstelling met de Westerschelde en de Zeeschelde t.e.m. Temse, waar op het merendeel der plaatsen tijdens elk tij in de bovenste waterlagen makkelijk stroom-snelheden van 1,5 m/s worden gehaald, zelfs bij springtijen 2 m/s en bij stormtijen nog iets groter, gaan de stroomsnelheden in de Boven-Zeeschelde opwaarts van de Durmemonding op meer dan helft der plaatsen tot zo'n meter per seconde, terwijl slechts op bepaalde locaties stromingen kunnen optreden van 1,25 m/s of meer bij bijzondere omstandigheden zoals bij wasregimes in de meest opwaartse delen van het tijbekken.

De conductiviteit te Driegoten is uiteraard steeds klein in vergelijking met het echt maritieme deel van het Zeescheldebekken. Slechts in de droge zomerperiode komen conductiviteiten tot een drietal mS/cm voor. Doorheen alle seizoenen is de conductiviteit bij KHW groter dan bij KLW; de grootste bron voor conductiviteit is immers de saliniteit vanuit zee; de ionen vanuit het achterland blijven daarop ten achter.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

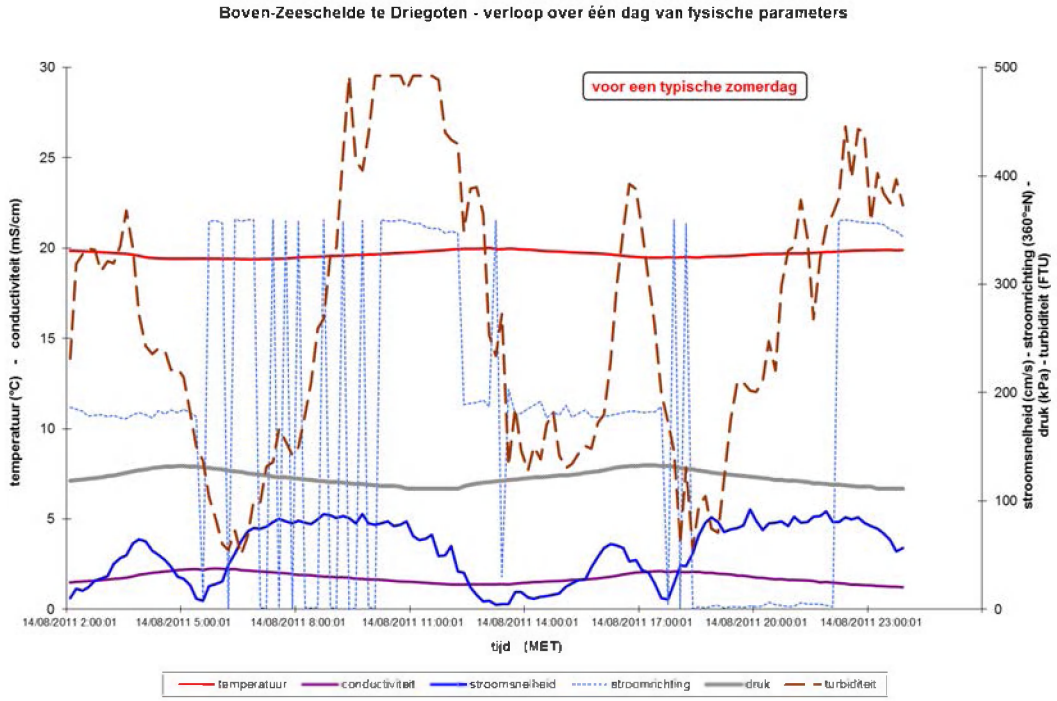


Figuur 153 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische winterdag

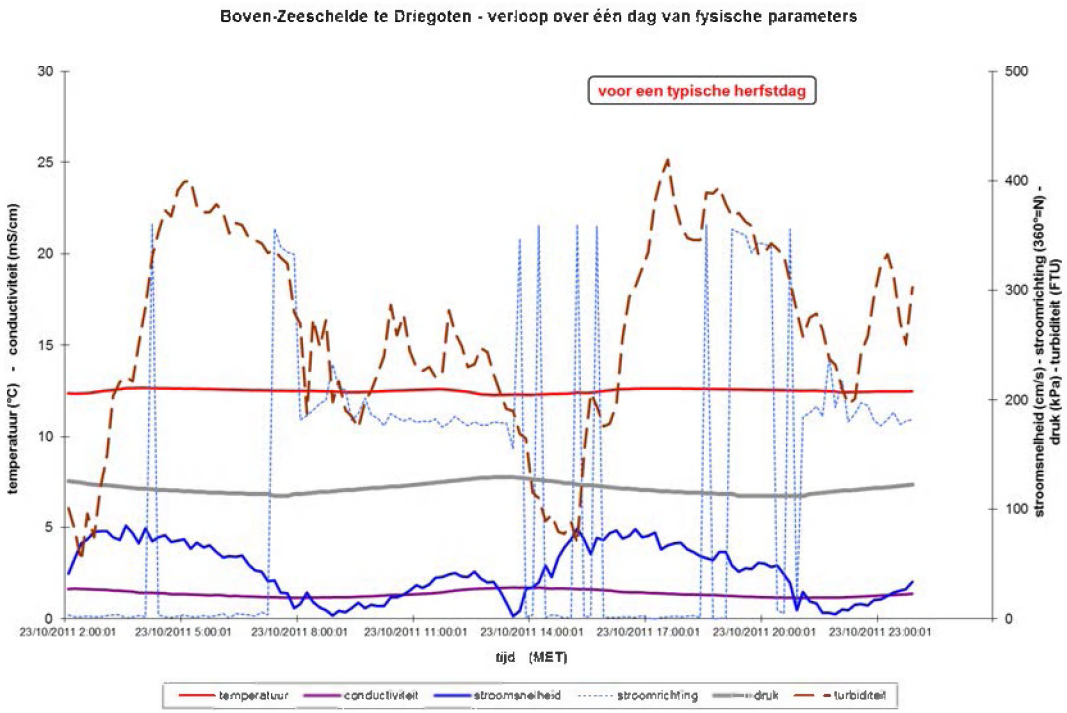


Figuur 154 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische lentedag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 155 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag



Figuur 156 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De zeezouten zijn in periodes van gemiddelde en grote bovendebieten volgens oceanografische normen beperkt tot Antwerpen; de waarden opwaarts daarvan schommelen dan rond een chloridegehalte van 0,2 à 0,4 g/l (let op de eenheden: deze zijn van maritieme orde van grootte; in zoetwateromstandigheden wordt gewerkt met mg/l dus een factor duizend verschillend). Met een bij oceanografische toestellen in situ in continu bedrijf opgesteld, normale meetjuistheden van 0,2 g/l, horen dus waarden die een ondergrens van 0,2 g/l kennen. Het is dan ook deze waarde voor chloridegehalte die het merendeel van het jaar in de Boven-Zeeschelde voorkomt.

Slechts in droge zomerperiodes rukt het zeezout tot de Rupelmonding in beduidende waarden op, en bij springtijen nog iets verder, tot hier te Driegoten waar -zie het jaarverloop verder in dit rapport- slechts dan waarden van 3,5 mS/cm bereikt worden. Alsdan geldt ook een relatief groot verschil tussen de conductiviteit bij KLW met dit bij KHW. De waarden van KLW worden immers ook in droge zomerse omstandigheden, niet zoveel groter dan in de andere jaarperiodes. Het is vooral bij einde van vloed, rond hoogwater en KHW, en bij aanvang van eb, dat de conductiviteit zich opwaarts Temse boven een basiswaarde weet te verheffen.

De turbiditeit van het Scheldewater te Driegoten bevestigt het ebdominant karakter van deze meetplaats. Bij vloed is er meestal wel een toename van de turbiditeit bij maximum-vloed net voor hoogwater, maar voor het overige blijven de waarden kleiner dan bij eb.

Karakteristiek voor deze meetlocatie is dat de turbiditeit doorgaans een grotere waarde bereikt bij het einde van de eb. Alsdan passeert aan de meetplaats Scheldewater dat meer vanuit het middendeel van de rivierbreedte komt, omdat de bedding langs dezelfde oever opwaarts de meetplaats, bij het einde van eb dus stilaan bij laagwater, droog komt of er nog maar weinig water staat, zodat -in tegenstelling tot het begin en het midden van de eb- vanuit deze sector weinig stroming kan aankomen. Het Scheldewater uit het midden van de rivier stroomt sneller en is dus meer met suspensiemateriaal beladen.

Het hier getoonde voorbeeld als zijnde een zomerconditie, geeft zeer grote turbiditeits-waarden te zien. De maximale waarden overschrijden zelfs de 500 FTU (de maximale waarde registreerbaar door het Aanderaa Seaguard toestel). Dergelijke overschrijdingen komen nog voor met dit type meettoestel, en worden verder besproken in paragraaf 3.5.

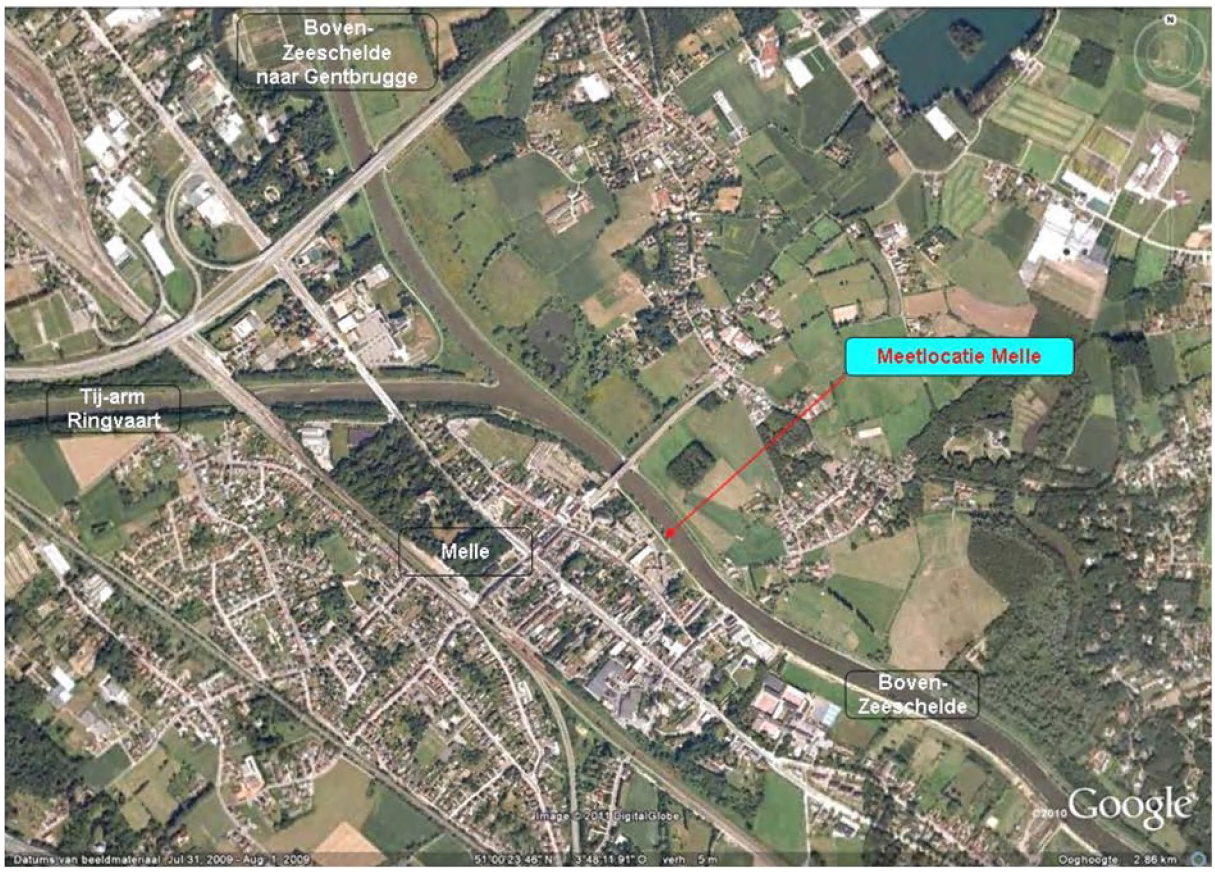
Verder kent de turbiditeit te Driegoten en omgeving een variatie volgens de klassieke cyclus van doodtij/middeltij/springtij, en een seizoenaal verloop, minder met wat als klassiek seizoenaal wordt begrepen nl. de warmte van het weer, dan wel met de droogte of nattigheid van deelperiodes dus met de neerslag en de bovenafvoer.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.1.5 - e - te Melle

Het is een vanzelfsprekendheid dat in de Boven-Zeeschelde te Melle ook een multi-parameter-meettoestel werd opgesteld. "Melle" is het praktische opwaartse einde van de Zeeschelde; nog meer naar opwaarts splitst het tij zich naar enerzijds de Tij-arm Ringvaart naar de stuwen en de sluizen te Merelbeke, en anderzijds de Tij-arm naar Gentbrugge toe. Ook hier te Melle wordt continu de bovenafvoer van Schelde en Leie naar de Zeeschelde bemeten. Hier kunnen dan ook diverse verbanden tussen tij, bovendebiet, en fysische parameters onderzocht worden.

De meetlocatie is gelegen langs de rechteroever, aan de grote meetdukdalf van waterstand en ogenblikkelijk debiet. Er wordt gemeten met een YSI-meettoestel, zodat naast temperatuur, conductiviteit en turbiditeit ook zuurtegraad, redox-potentiaal en zuurstof gemeten worden. Deze zullen later aangevuld worden met blauwalgen- en chlorofyl-a-metingen. Er worden echter geen stroomsnelheid of –richting gemeten. De stroming wordt wel al sinds bijna 25 jaar gemeten door de hier opgesteld akoestische debietsmeter (ADM), m.n. per tien minuten de gemiddelde stroomsnelheid over de sectie en op een vlak net onder laagwaterpeil.



Figuur 157 - Boven-Zeeschelde te Melle : meetlocatie

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Op de vier navolgende figuren zijn respectievelijk een typische winter-, lente-, zomer- en herfstdag weergegeven. In grijze kleur is ook hier de (samengevoegde lucht- en water-)druk getoond, dewelke toelaat na te gaan in welk stadium van het tij de andere fysische parameters verkeren. De verlopen zijn hier minder strak dan op de afwaartse meetplaatsen, zelfs de watertemperatuur vertoont grotere variatie bovenop het tijverloop. Bovendien is deze variatie niet steeds éénduidig gewoon gekoppeld aan hoog- of laagwaters, maar gaat regelmatig mee met de opwarming overdag en de afkoeling 's nachts, of gewoon met het meerdaags verloop in een algemeen warmer of kouder wordend weer. Van de verwachting dat het vanuit de Ringvaart komend water 's zomers warmer zou zijn (grotendeels water van de Bovenschelde) en er dus bij laagwater iets hogere watertemperaturen zouden optreden, is slechts bij voldoende bovenafvoer iets te merken.

Er weze herhaald dat te Melle gedurende vele dagen van het jaar, slechts weinig bovendebiet vanuit Schelde en Leie naar de Zeeschelde komt, en er dus van daar uit dan ook weinig of geen invloed op de fysische parameters kan zijn.

Wat de turbiditeit betreft, worden slechts lage waarden genoteerd, die op volgende figuren niet meteen aan het tijverloop verbonden lijken. Er blijkt echter wel enig verband te bestaan, nl. hogere turbiditeiten bij kentering laagwater. Dit wordt verder besproken in 3.5.

Ook de conductiviteit varieert onafhankelijk van het tijverloop, en blijft buiten deze eerder kleine variaties per dag op ongeveer eenzelfde niveau. Er mag niet vergeten worden dat de schaal nu uitgedrukt is in mg/l, en variaties van 50 mg/l slechts een variatie van 0,05 g/l voorstellen. Dit is te koppelen aan het eerder aangegeven feit dat mede meetgrenzen worden benaderd, nl. omwille van het én in situ én in continu bedrijf inzetten van meettoestellen.

Er moet ook herinnerd worden aan het binnen maritieme wereld aanhouden van een ondergrens aan saliniteit dus aan conductiviteit, en dat de te Melle gemeten conductiviteiten inderdaad onder deze maritieme ondergrens vallen. En toch: enkel in uitzonderlijke toestanden zoals bij grote wasregimes dus een grote aanvoer van Schelde- en Leiewater naar de Zeeschelde, treden significante verschijnselen op.

Figuur 162 geeft het verloop van het tij en de bovenafvoer van de Schelde te Melle tijdens de maand januari 2011 weer, terwijl figuur 163 het verloop van de fysische parameters tijdens deze periode toont. Figuren 164 en 165 geven deze parameters weer tijdens de maand december. Op deze figuren is duidelijk te zien dat de wasperiodes van half januari en half december beduidende invloed hebben op het verloop van de fysische parameters.

De conductiviteiten (zowel deze bij heersende temperatuur als deze omgerekend naar 25°C) kennen een significante verlaging ten gevolge van de sterk vergrote bovenafvoer. De verlaging tijdens december 2011 is echter veel groter dan degene in januari, waar deze verlaging in twee stappen gebeurt (overigens: mooi analoog aan de twee pieken van de was). Na de wasperiode vergroten ze beide weerom. Alleszins is duidelijk dat de bovenafvoer van Schelde- en Leiewater duidelijk zoeter is dan het residuele water van de Boven-Zeeschelde.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Tijdens de was van half-januari 2011 is een stijging in het verloop van de temperatuur te zien terwijl zo'n stijging uitblijft tijdens de was van half december. Dit heeft te maken met de vriestemperaturen, en smeltwater die deel uitmaakten van de was van half januari 2011.

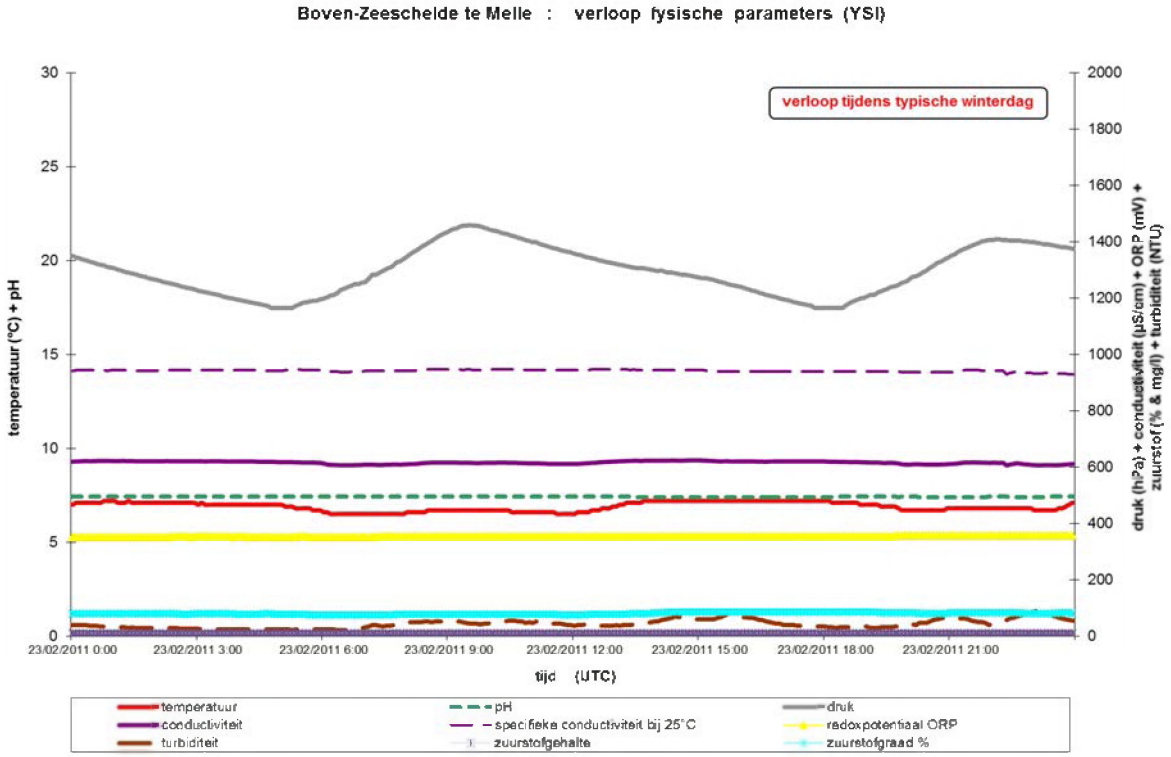
Tevens is er tijdens beide wasperioden een significante toename van de turbiditeit (donkerbruine grafieklijn) en van het suspensiegehalte (oranje driehoekjes). Het suspensiegehalte bedraagt buiten de eigenlijke wasperiodes tussen 200 en 700 mg/l, piekwaarden niet mee beschouwd. In de eigenlijke wasperiode komen geen waarden kleiner dan 700 mg/l voor. In de was van januari (die meer uitgesproken is in sedimentafvoer) worden pieken tot meer dan 7 g/l bereikt, terwijl tijdens de was van december waarden boven 2 g/l werden waargenomen.

Zaken zijn duidelijk: enerzijds (en vooral) brengt het wasregime suspensierijk water vanuit Schelde en Leie via de Ringvaart naar de Zeeschelde, anderzijds (doch in mindere mate) zijn de stromingen tijdens het wasregime in het tijbekken zo groot dat alle daar op de bodem bezonken suspensiedeeltjes worden gehersuspendeerd en voorbij de meetlocatie stromen. Dat laatste kan natuurlijk maar zo lang duren tot het wasregime bijna alle bezonken suspensiedeeltjes in de Tij-arm van de Ringvaart en in het deel Melle-Gentbrugge heeft heropgenomen, dus daaraan komt dra een einde; het binnenkomen van veel suspensiedeeltjes van Schelde en Leie kan bij een wasperiode veel langer duren.

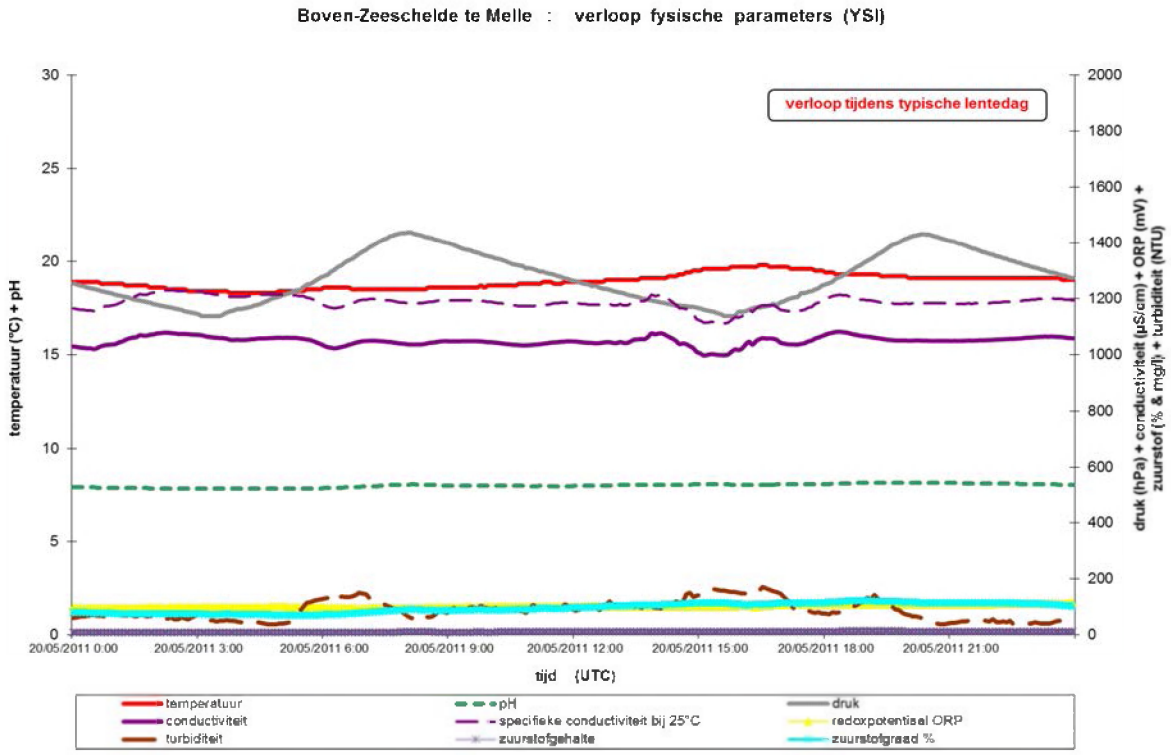
Bij dat alles mag niet de gedachte opduiken dat het met het waswater naar afwaarts voeren van suspensiemateriaal, zowel vanuit Schelde en Leie naar Zeeschelde, als wat geresuspendeerd wordt in de Tij-arm Ringvaart en in de opwaartse Zeeschelde zelf, voor problemen zorgt dat door latere aanslibbing de vaargeul nautisch verslecht. De kracht van het alledaagse getij zorgt voor een verder transport naar afwaarts en voor een beduidende draagkracht om materiaal in suspensie te houden, behoudens kenteringen doch wat vlak na elk kentering terug over de watersectie wordt verdeeld.

Het enige nautische probleem doet zich voor aan de monding van de Tij-arm in de Zeeschelde te Melle, waar inderdaad een drempel bestaat waar grote, diepliggende binnenschepen bij zeer lage laagwaterstanden last van ondiepte kennen. Dat fenomeen heeft evenwel niet van doen met suspensietransporten bij wasregimes.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

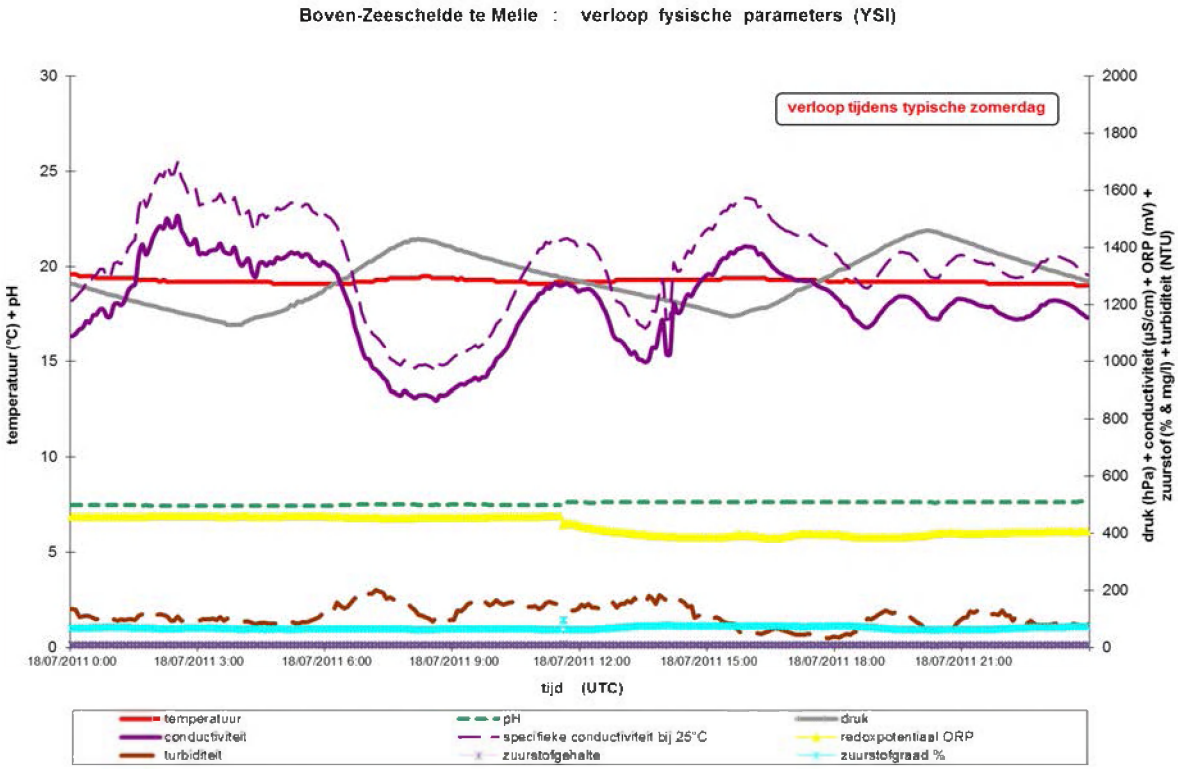


Figuur 158 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische winterdag

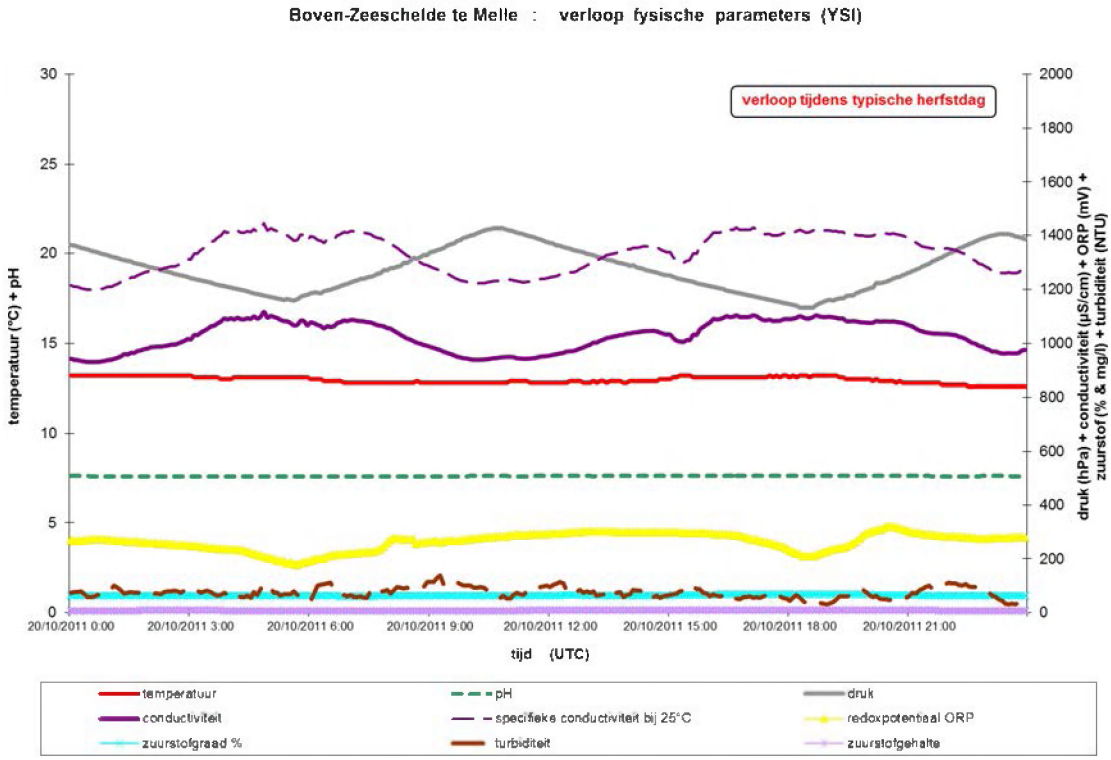


Figuur 159 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische lentedag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

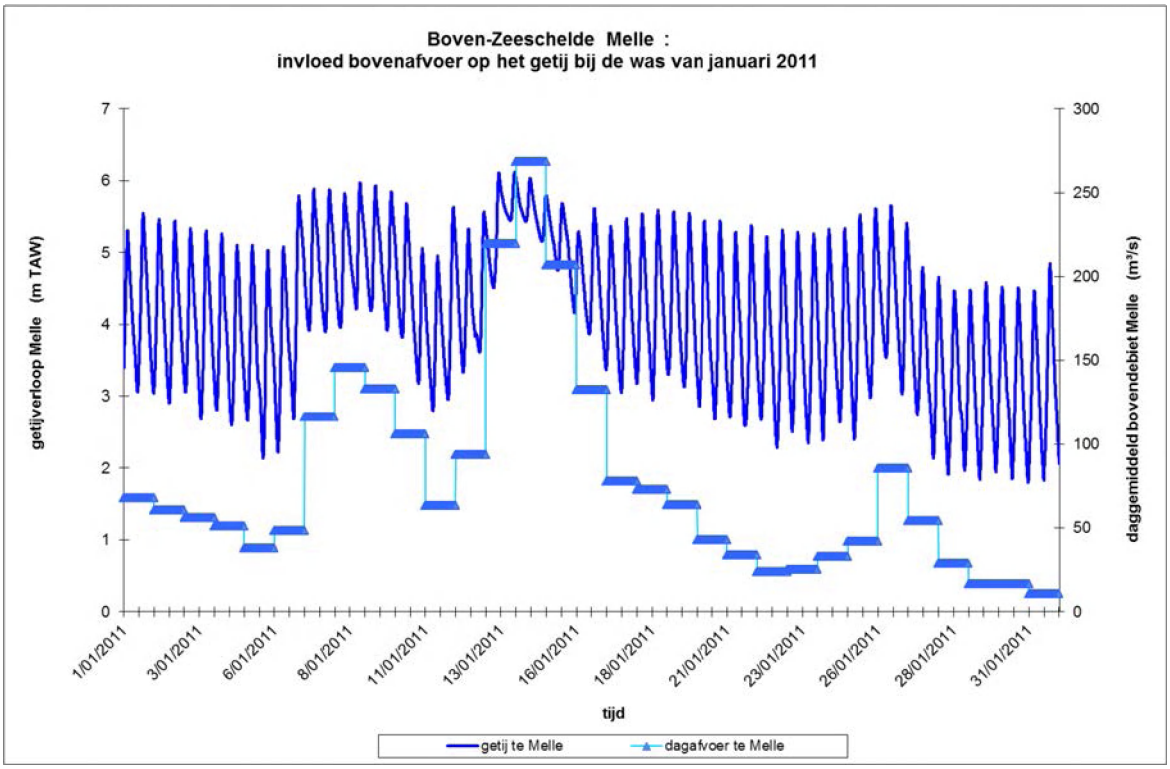


Figuur 160 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag

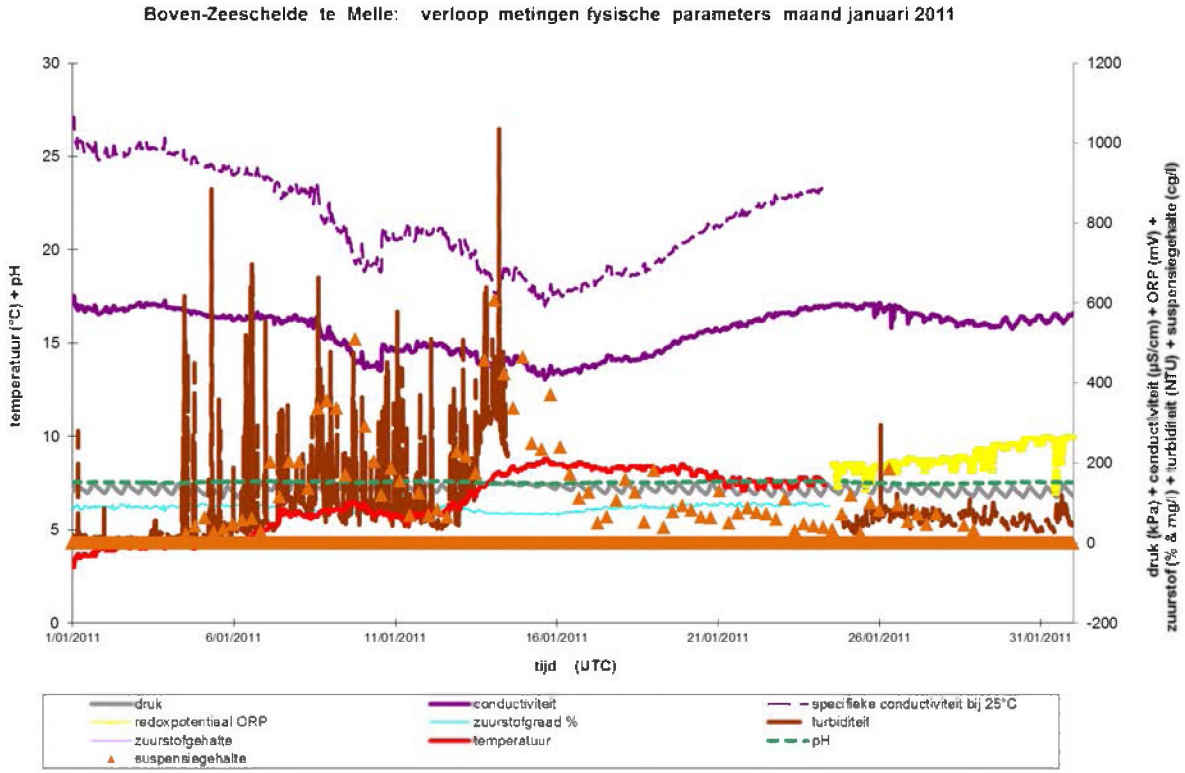


Figuur 161 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

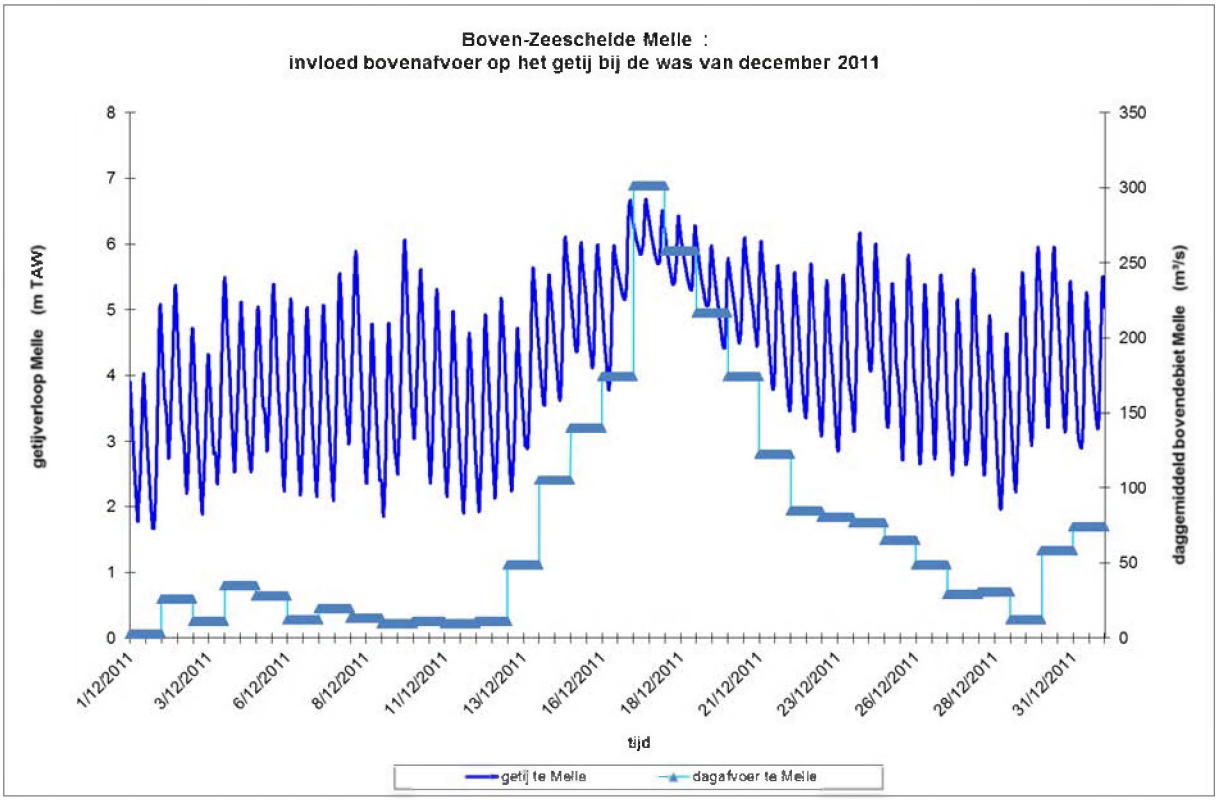


Figuur 162 - Zeeschelde te Melle : verloop van het tij en van de gemiddelde dagdebieten in januari 2011, waarin de wasperiode van half januari 2011 te zien is.

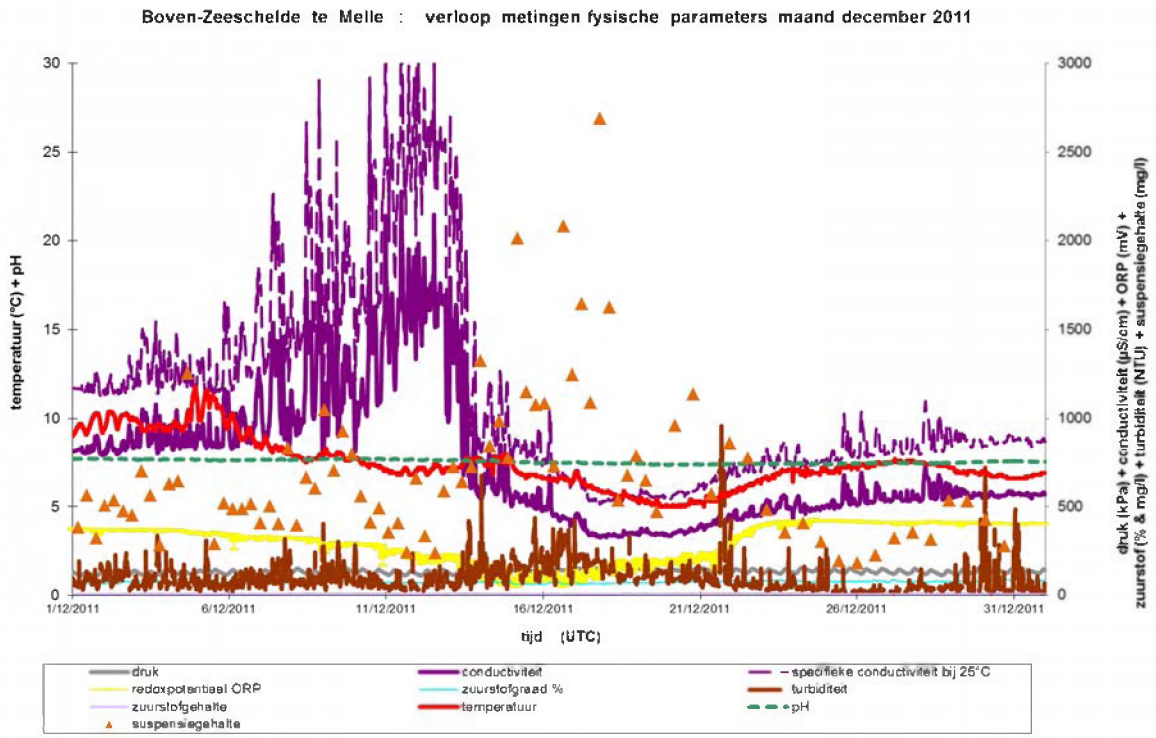


Figuur 163 - Zeeschelde te Melle : verloop van diverse fysische parameters in januari 2011, waarin de wasperiode van half januari 2011 te zien is

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 164 - Zeeschelde te Melle : verloop van het tij en van de gemiddelde dagdebieten in december 2011, waarin de wasperiode van half december 2011 te zien is.



Figuur 165 - Zeeschelde te Melle : verloop van diverse fysische parameters in december 2011, waarin de wasperiode van half december 2011 te zien is

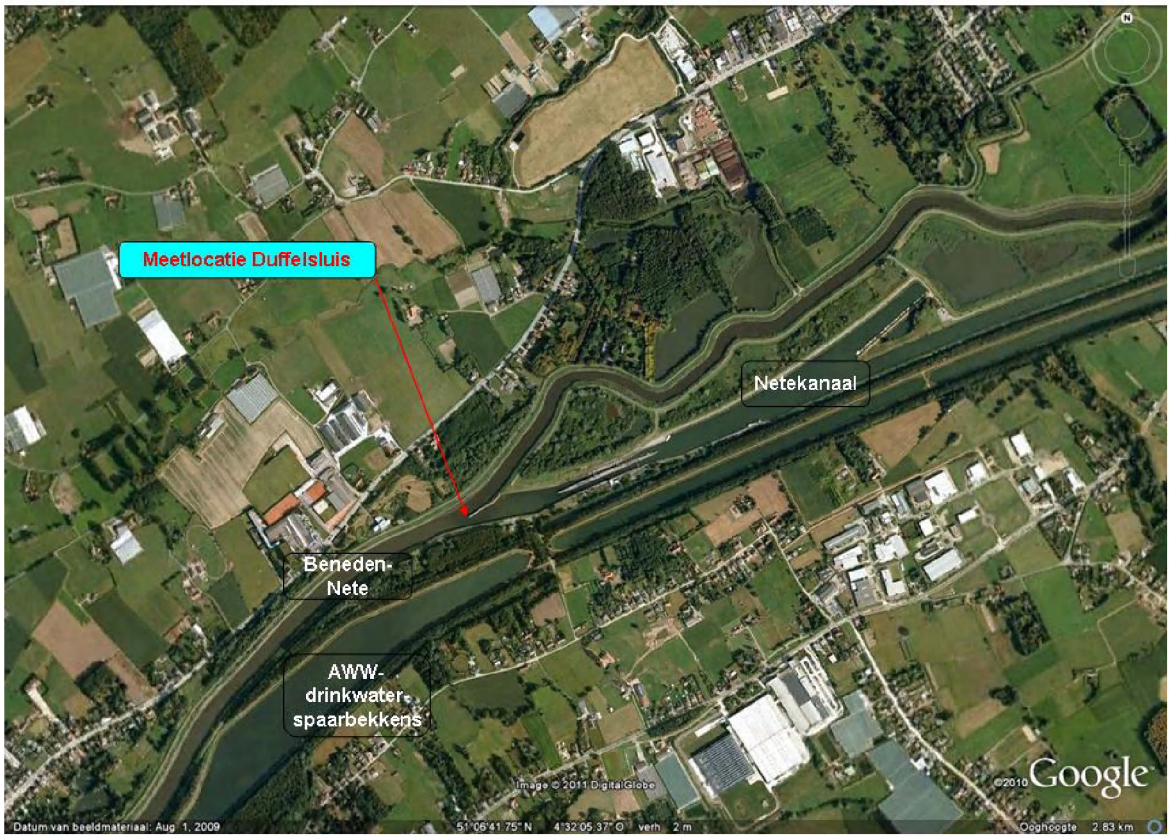
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.1.5 - f - te Duffelsluis

Met nood om de bovenafvoer vanuit het Netebekken nauwkeuriger te kunnen bepalen, en exacter te kunnen doorrekenen naar wat heet het bovendebiet van "de Schelde te Schelle", werd de locatie Duffelsluis gekozen om een continue debietmeter uit te bouwen. Aldus vervangt Duffelsluis stilaan de debietmeetposten op de Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas) en op de Grote Nete te Itegem. Daarmee zijn ook de beïnvloedende duikers van beide Nete's onder het Netekanaal niet meer van tel, en kan nog beter de tijdsvertraging van het bovendebiet vanuit het Netebekken naar "de Schelde te Schelle" gesteld worden i.p.v. de nu "ver opwaarts gelegen" meetposten Grobbendonk en Itegem.

Meteen werd als vanzelfsprekend beslist om Duffelsluis ook uit te rusten met een multi-parameter-meettoestel. De locatie is zeer geschikt voor meting van alle betrokken fysische parameters, en situeert zich aan de betonnen langspier tussen de Beneden-Nete en de toegangsgeul tot de Duffelsluizen van het Netekanaal; uiteraard staat het multiparametertoestel aan de kant van de Beneden-Nete, waar het door zowel vloed als eb rechtstreeks en ten volle wordt aangestroomd.

Het gaat zoals te Melle om een YSI-multiparametertoestel, dus volgende parameters worden geregistreerd: temperatuur, conductiviteit, zuurtegraad, redox-potentiaal, zuurstof en turbiditeit. Deze zullen later aangevuld worden met blauwalgen- en chlorofyl-a-metingen. Ook zoals te Melle is te Duffelsluis een akoestische debietsmeter (ADM) geïnstalleerd geworden, zodat ook de stroomsnelheid, maar dan gemiddeld over een horizontaal vlak over de dwarssectie, bemeten wordt.



Figuur 166 - Beneden-Nete te Duffelsluis : meetlocatie

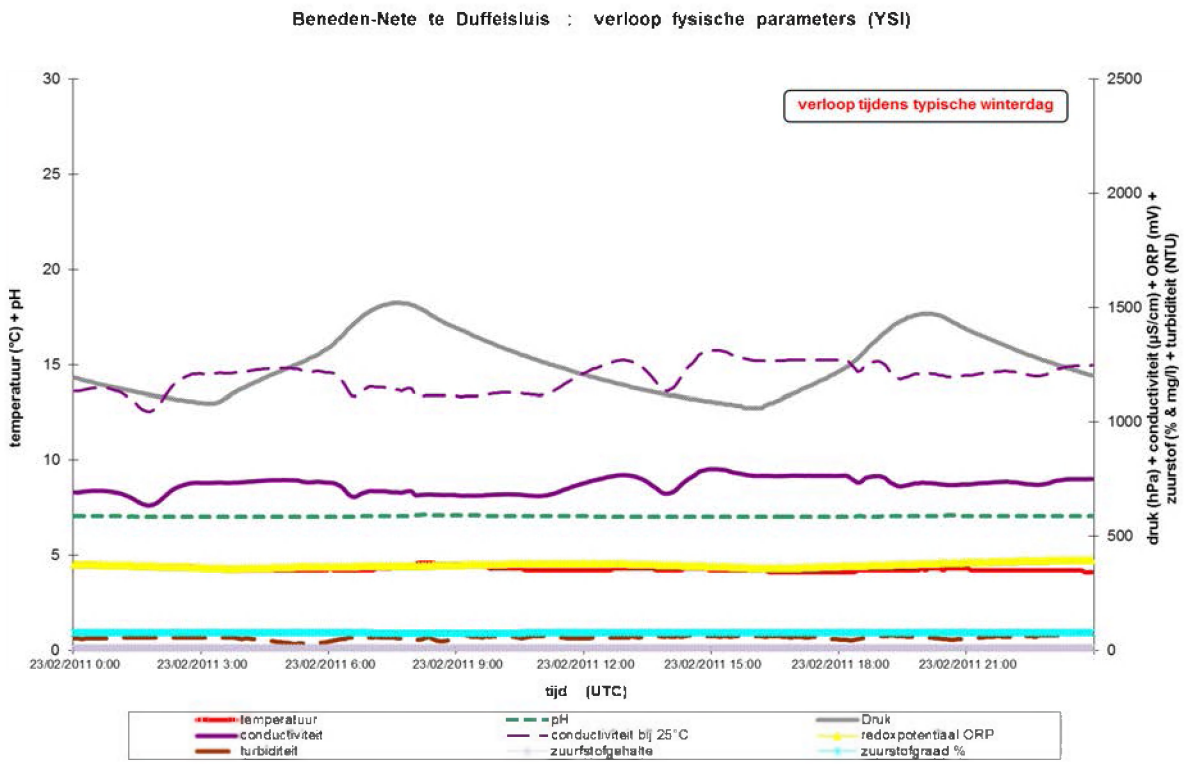
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Op de figuren 167, 168, 169 en 170 zijn respectievelijk een typische winter-, lente-, zomer- en herfstdag weergegeven. Deze tonen dat de watertemperatuur erg kleine temperatuursverschillen kent tussen opeenvolgende KHW's en KLW's, in orde van grootte van een halve graad Celsius. De watertemperatuur vertoont wel een grotere variatie bovenop het tijverloop. Die is dus niet zo gekoppeld aan hoog- of laagwaters, maar gaat regelmatig mee met de opwarming overdag en de afkoeling 's nachts, of gewoon met het meerdaagse verloop in een algemeen warmer of kouder wordend weer.

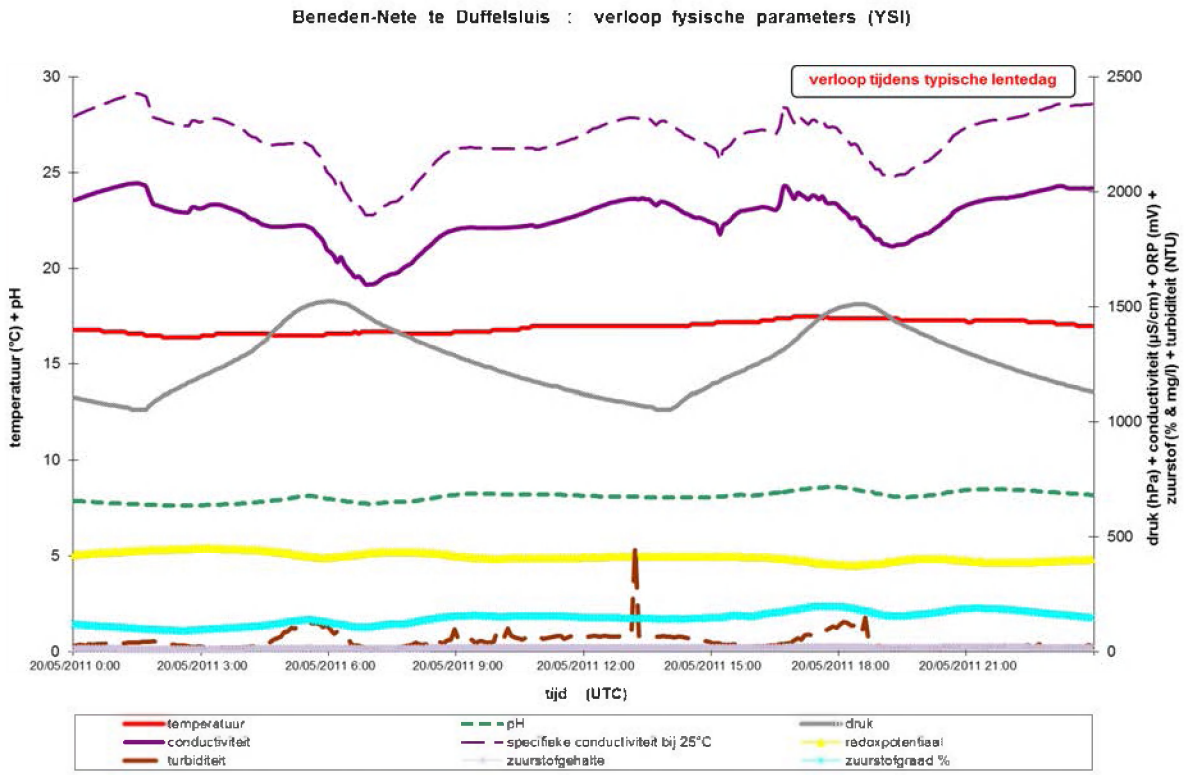
Het verloop van de conductiviteit op onderstaande figuren, toont in periodes van normaal tij en normaal bovendebiet geen enkel verband met het tijverloop. De conductiviteit is ten eerste vrij grillig, maar kent geen extrema die -bij normaal tij en normaal bovenafvoer- met het tij van doen hebben. Er moet wel op gewezen worden dat de maat van de conductiviteit op beide figuren gegeven is in µS/cm, dus een duizendste van de schaal waarmee conductiviteit wordt gemeten en weergegeven in het maritieme gedeelte van het Zeescheldebekken.

Dat is conform de interne (en op zich vrij normale zelfs logische) afspraak dat -gezien orde van grootte van parameters zoals conductiviteit en chloridegehalte of saliniteit, en gezien de meetnauwkeurigheid van de langdurig continu metende instrumenten, en bovendien gezien de fysische betekenis van de waarden van de parameters, ...- kortom: er geldt een interne afspraak dat in het afwaartse deel van het Zeescheldebekken, tot aan de Scheldebrug te Temse en tot aan de Rupelbrug te Boom, de parameters als maritiem worden aanzien en dus in die orde van grootte worden gegeven (bvb. g/l, mS/cm), en dat opwaarts van deze beide bruggen de waarden in fluviatiele grootte-ordes worden gegeven (bvb. mg/l en µS/cm).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

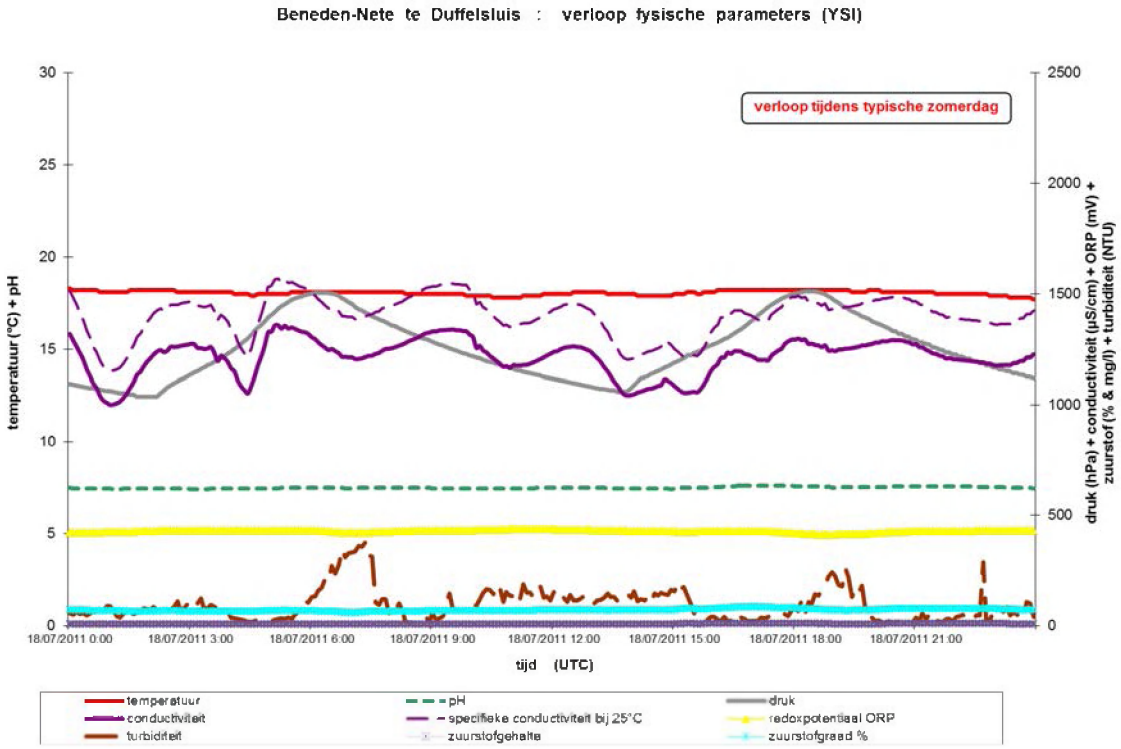


Figuur 167 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters bij een typische winterdag

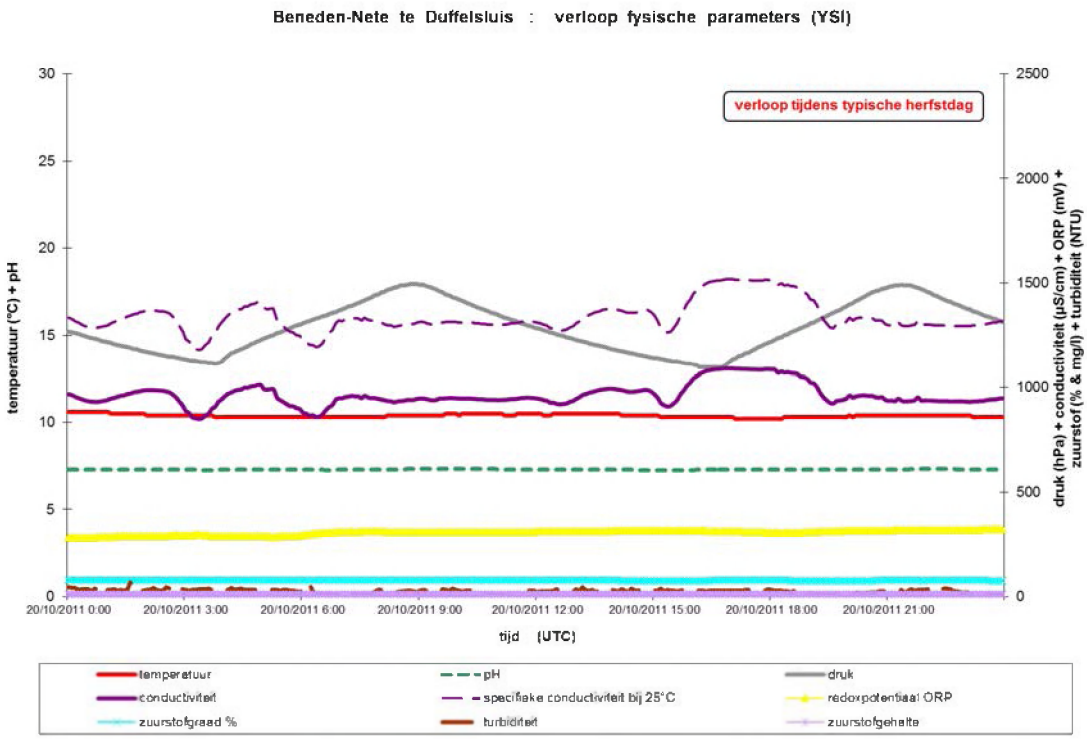


Figuur 168 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters bij een typische lentedag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 169 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag



Figuur 170 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het verloop van de turbiditeit vertoont wel een bepaald verband met het tijverloop, nl. dat rond hoogwater, er een maximum aan turbiditeit optreedt. Dit is voornamelijk merkbaar bij de lente- en zomer-voorbeelden. De mate waarin dit verband zichtbaar is verschilt van seizoen tot seizoen, van aanvoer van bovendebieten uit het Netebekken (wat van invloed is op de aanvoer van suspensiemateriaal), en uiteraard van de grootte van het tijverschil dus met de cyclus van doodtij/middeltij/springtij. Alleszins zijn turbiditeitswaarden per etmaal gaande van 20 à 400 NTU blijkbaar vrij normaal.

In de zomerperiode, algemener de “droge” periode met weinig bovenafvoer, zijn er grotere turbiditeiten dan in “natte” periodes. Dit wordt verder besproken in 3.5.

De blijkbaar toch beduidende invloed van het bovendebiet vanuit het achterliggende Netebekken op zowel de conductiviteit als op de turbiditeit kan afgetoetst worden aan de hand van de wasperiodes van half januari en van half december 2011. Figuur 171 geeft het verloop van het tij en de bovenafvoer van de Beneden-Nete te Duffelsluis tijdens de maand januari weer, terwijl figuur 172 het verloop van de fysische parameters tijdens deze periode toont. Figuren 173 en 174 geven deze parameters weer tijdens de maand december. Op deze figuren is duidelijk te zien dat de wasperiodes van half januari en half december invloed hebben op het verloop van fysische parameters.

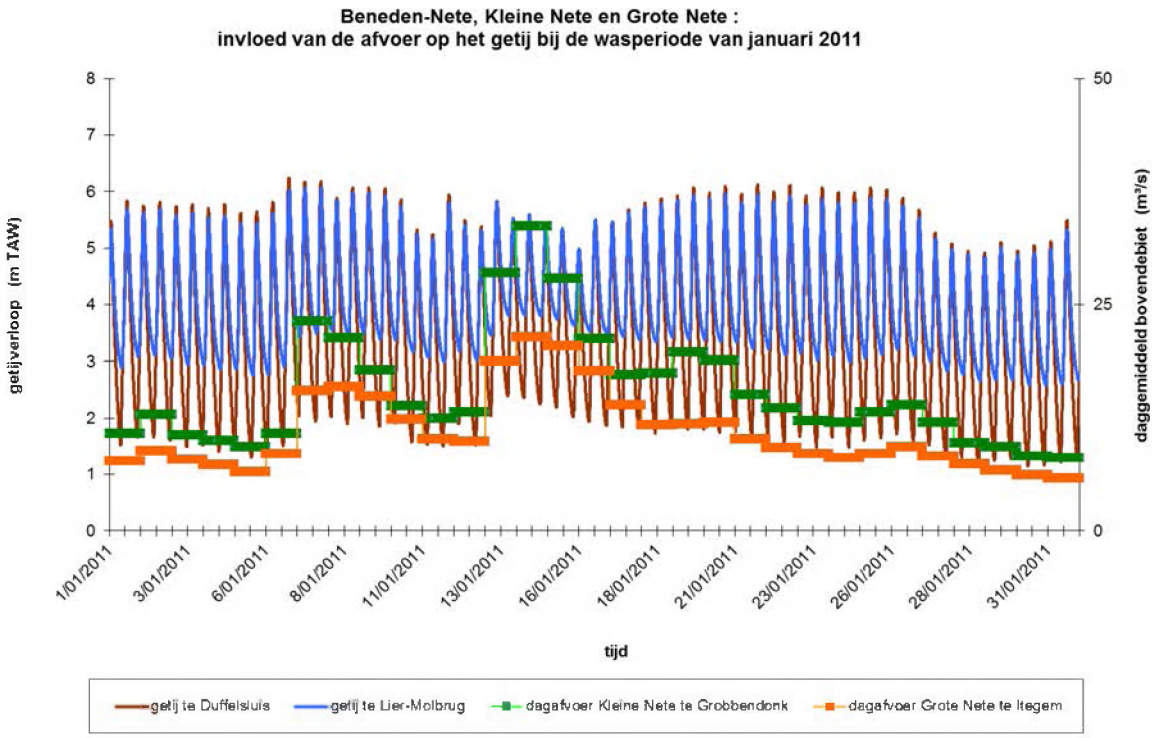
De verhoging van het tij onder invloed van het wasregime is duidelijk, zeker op de laagwaterstanden; opwaarts van Lier (opwaarts van de duikers onder het Netekanaal) verhogen ook de hoogwaters flink onder de invloed van de wasafvoeren.

Net zoals bij de Boven-Zeeschelde te Melle, resulteert een grote wasafvoer in een duidelijke en grote vermindering van de conductiviteit. Ook hier is de tweestapsverlaging van de conductiviteit tijdens de dubbele afvoerpiek half januari 2011 duidelijk merkbaar. Het opwaartse Nete-water is "veel" zoeter dan het water dat vanuit de Rupel bij vloed, naar hoogwater toe, Duffelsluis bereikt. De relatieve vermindering van de conductiviteit door wasafvoeren is in de Beneden-Nete te Duffelsluis groter dan zulks in de Boven-Zeeschelde te Melle het geval is. Dit komt doordat de locatie Duffelsluis op "maar" 112 km van Vlissingen verwijderd ligt tegen Melle 149 km. De residuele aanwezigheid van zeezouten te Duffelsluis is dus groter dan te Melle.

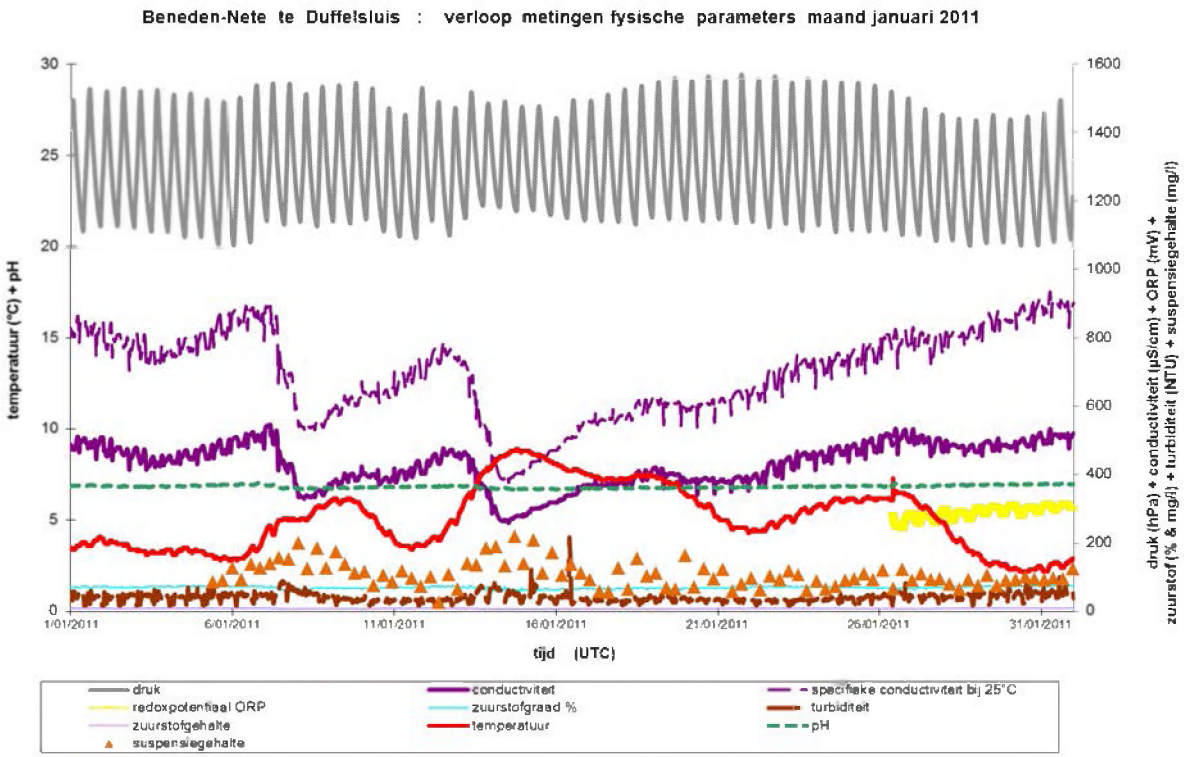
Bovendien mondt tussen Vlissingen en Melle de Dender uit, wat toch een flinke zoetwater-aanbrenger is, in die zin nog versterkt door de uitmonding van de Durme. Tussen Vlissingen en Duffelsluis is er geen grote dergelijke zoetwater-aanbrenger voorhanden. Uiteraard zijn er zijbekkens, doch in grootte beschouwd wegen ze naar het aspect conductiviteit/zeezout/saliniteit/chloridegehalte niet door tegen Dender en Durme. Dit versterkt de reden van een grotere residuele aanwezigheid van "zeezouten" te Duffelsluis in vergelijking met Melle.

Als dan grote wasafvoeren worden afgevoerd, is de vermindering van conductiviteit te Duffelsluis dan ook groter dan te Melle. Maar het blijft zo dat er nooit sprake is van saliniteitswaarden zoals in het maritieme deel van het Zeescheldebekken.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

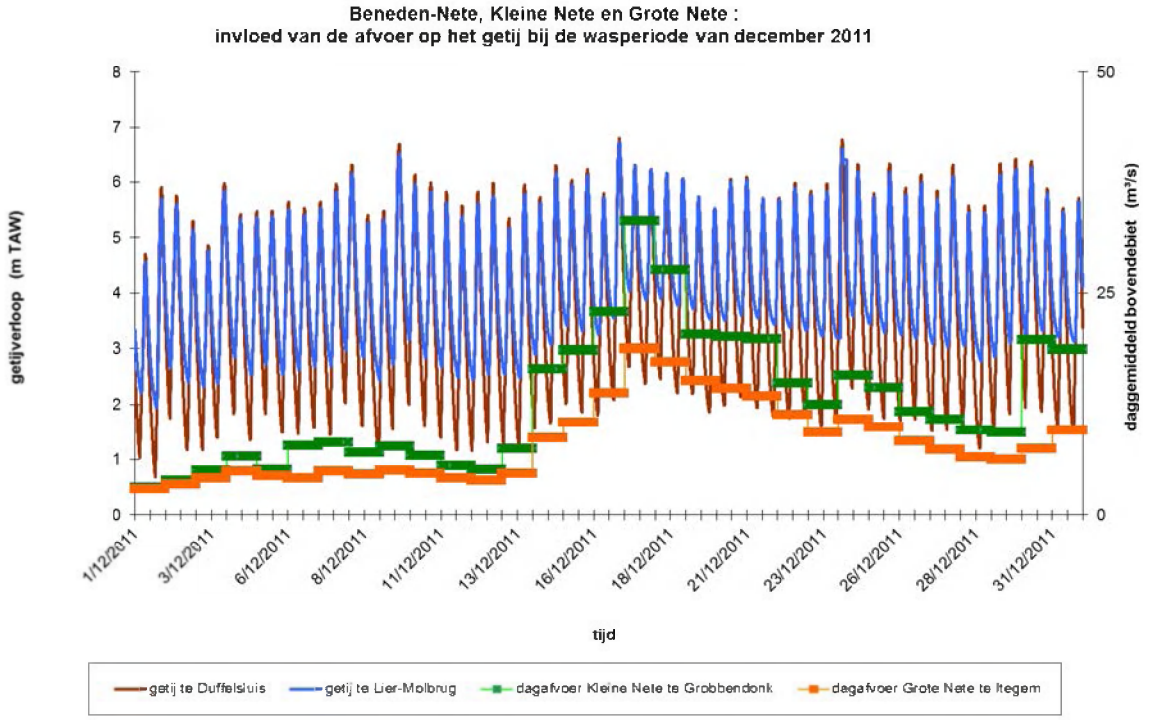


Figuur 171 - Nete-bekken: verloop van de bovenafvoer op Kleine Nete en Grote Nete (resp. Grobbendonk en Itegem) en het tijverloop in de Beneden-Nete te Lier-Molbrug en te Duffelsluis, bij het wasregime van half januari 2011

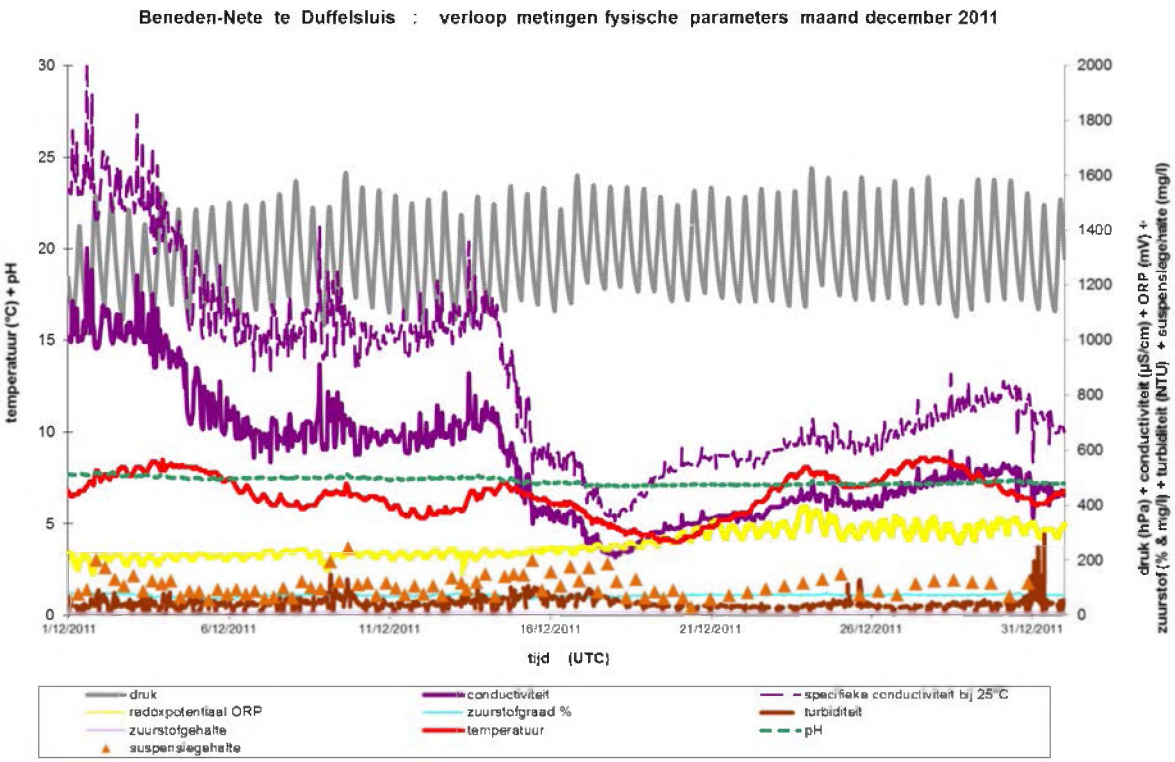


Figuur 172 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters in januari 2011, o.a. bij het wasregime van half januari 2011

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 173 - Nete-bekken: verloop van de bovenafvoer op Kleine Nete en Grote Nete (resp. Grobbendonk en Itegem) en het tijverloop in de Beneden-Nete te Lier-Molbrug en te Duffelsluis, bij het wasregime van half december 2011



Figuur 174 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters in december 2011

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Ook zoals te Melle, vergroot de turbiditeit (en dus het suspensiegehalte) bij wasafvoeren in het Netebekken. Doch, de vergroting is veel minder significant dan in Melle.

3.2 jaarverloop stroomsnelheid- en richting meetlocaties Zeeschelde

3.2.1 verloop van stroomsnelheid

In vorige paragrafen werd al het verloop van stroomsnelheid en -richting doorheen een tij-dag en doorheen een springtij/middeltij/doodtij-cyclus voor de verschillende meetplaatsen aangegeven. De waarden van stroomsnelheid rond en om de kenteringen zijn zeer klein tot bijna nul, en blijken op zich geen fysische betekenis te hebben om er jaarbeelden of evoluties van aan te maken.

Worden rond en om het moment van de kenteringen, de stroomsnelheden tussen een bepaalde (kleine) tijdsduur voor kentering tot een andere bepaalde (ook kleine) tijdsduur na kentering, niet beschouwd, dan kunnen gemiddelde stroomsnelheden voor de overgebleven tijdsduren van vloed resp. eb bepaald worden. Deze hebben wél een fysische betekenis: bij springtijen zijn ze groter dan bij middeltijen en die zijn dan weer groter dan bij doodtijen. Bij stormtijen kunnen die stroomsnelheden beduidend groter zijn. In wezen is de stroomsnelheid vooral een functie van het tijverschil.

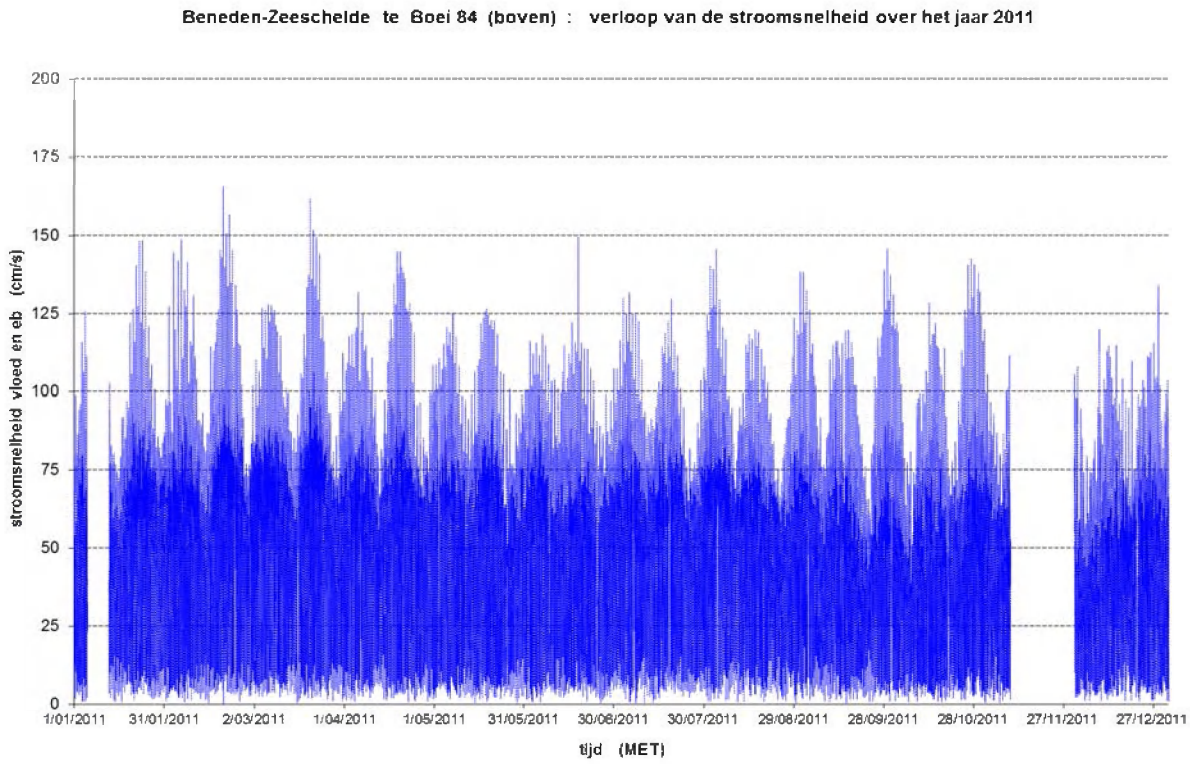
Buiten de aldus bepaalde "gemiddelde" stroomsnelheden bij vloed en bij eb, gelden ook de "maximum" stroomsnelheden bij vloed en eb als fysisch kenmerkend. Ook hier speelt het tijverschil dé rol van betekenis, dus is er grote afhankelijkheid van doodtij, middeltij, springtij en stormtij.

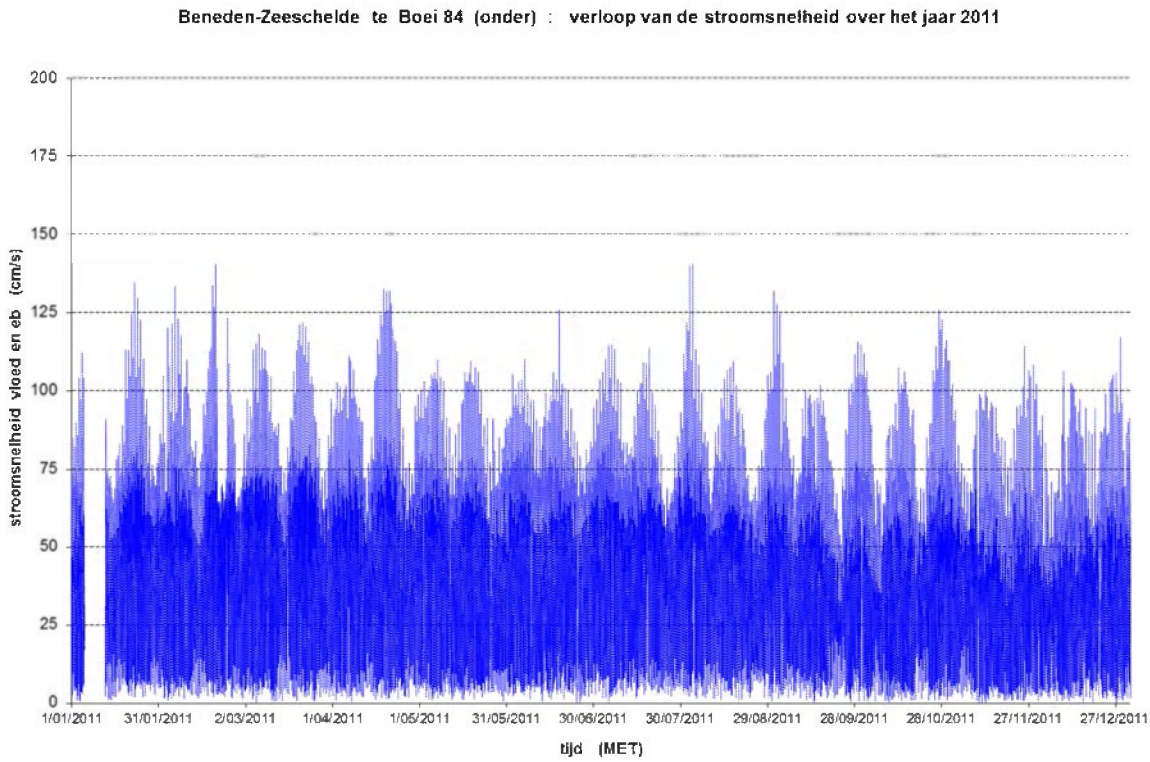
In de vijf volgende grafieken zijn evenwel àlle stroomsnelheden over -als voorbeeld in dit algemeen basisboek- het jaar 2011, bij vloed en bij eb, om de tien minuten gemeten, weergegeven voor resp. de locaties Boei 84 (boven en onder), Oosterweel (ook boven en onder) en Driegoten (waar één toestel is). De verlopen tonen de maximale waarden per vloed en per eb, alsook de minimale waarden per kentering. De maximale snelheden zijn duidelijk te zien: het zijn telkens de "pieken" die de bovenkant van de grafiek uitmaken. De minimale waarden zijn ook nog relatief eenvoudig te zien, nl. onderaan de blauwe op en neer gaande grafieklijnen aan de hand van hoe groot het witgedeelte onder die blauwe grafieklijnen is.

De conclusie is duidelijk: steeds is het patroon van doodtij/middeltij/springtij te herkennen. Zoals hoger -bij bespreking van de verlopen van fysische parameters gedurende een tij- al gezien is, zijn aan Boei 84 en Oosterweel de stroomsnelheden bij vloed groter dan bij eb, zowel wat als gemiddelde stroomsnelheid kan aanzien worden als de maximale stroomsnelheden. Te Driegoten is het omgekeerd, gezien daar ebdominantie heerst, wat puur aan de locatie ligt, en bovendien: is het verschil in grootste waarden van vloed- en ebsnelheid niet erg groot.

In winterperiodes komen ook grotere maximale vloedsnelheden voor dan in zomerse omstandigheden. Dat is veroorzaakt door -algemeen genomen- 's winters grotere tijverschillen dan in zomer. Ook het feit van flink ontwikkelde springtijen en van bijna-stormtijen speelt daarin.

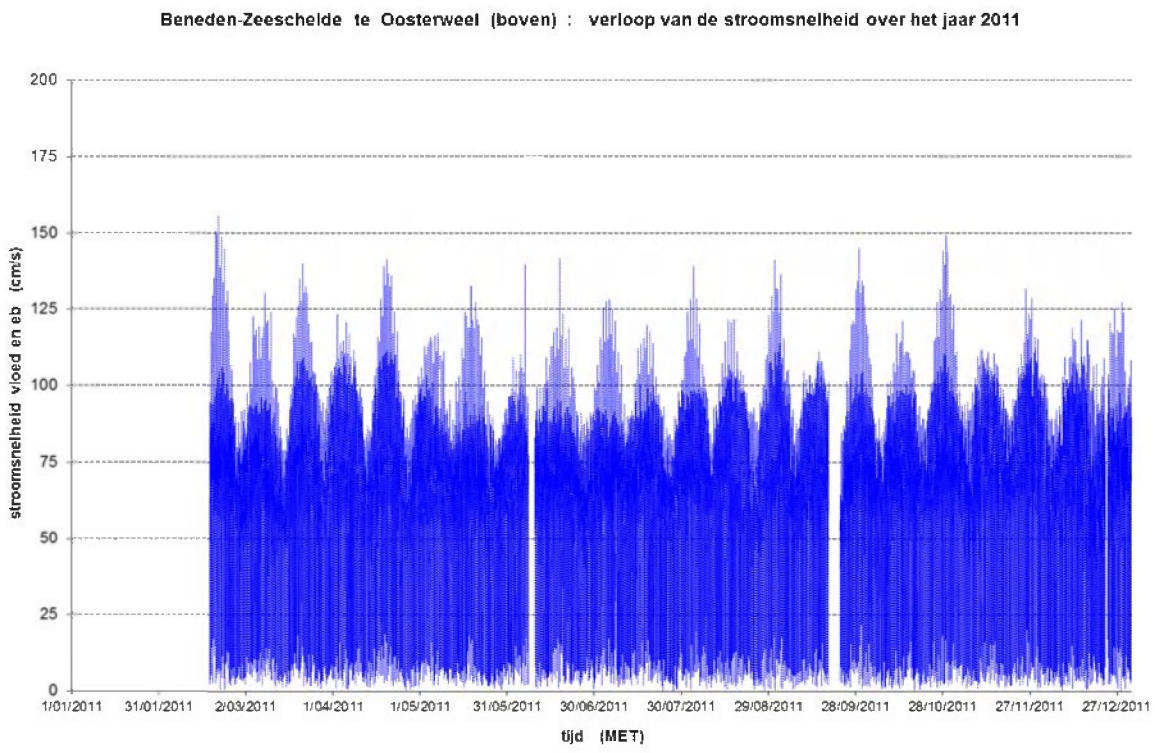
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

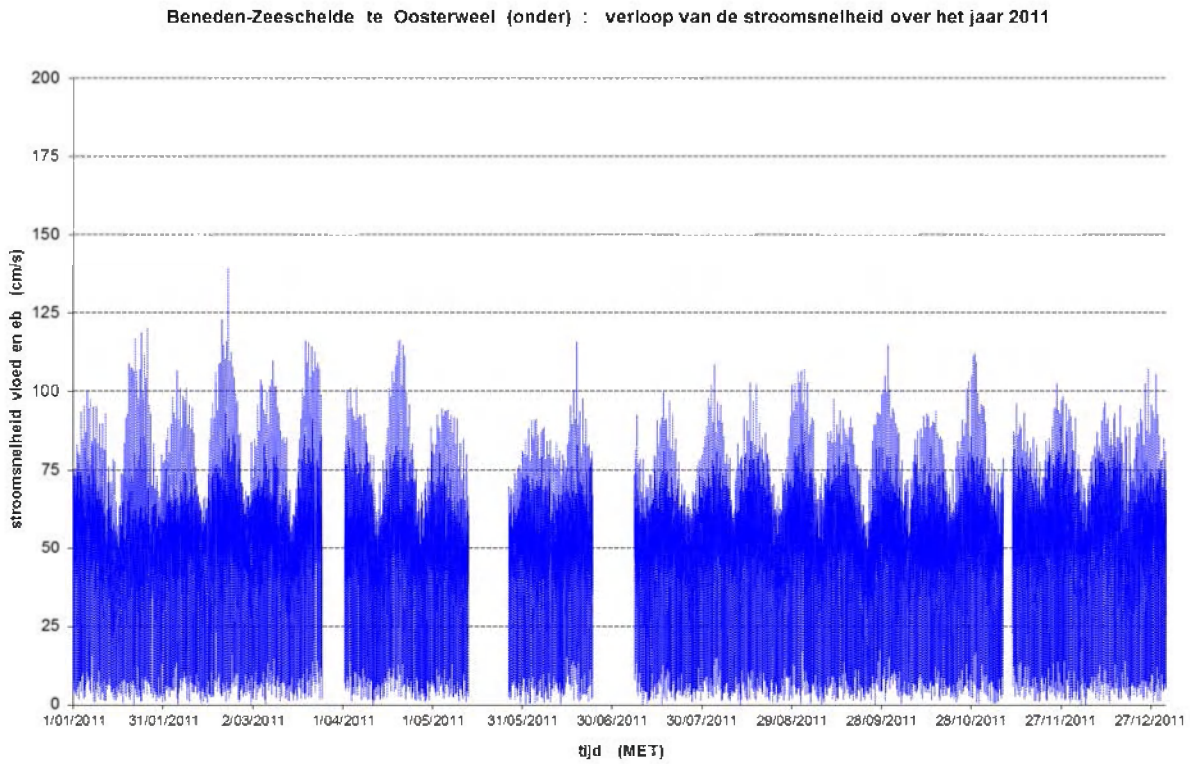




Figuur 175 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 : jaarverloop 2011 van de stroomsnelheid bovenaan bovenste meettoestel, onderaan onderste meettoestel

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009





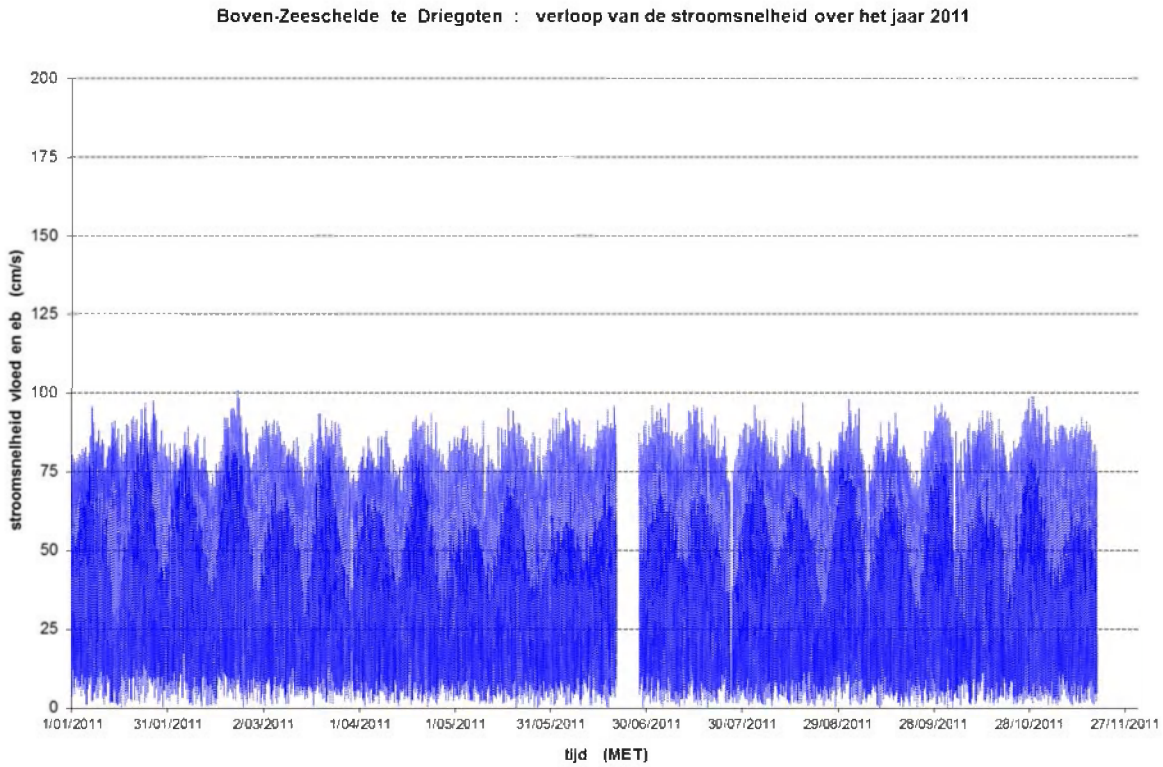
Figuur 176 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : jaarverloop 2011 van de stroomsnelheid bovenaan bovenste meettoestel, onderaan onderste meettoestel

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Aan Boei 84 en te Oosterweel komen op de betrokken meetlocaties, bij springtijen stroomsnelheden van 1,25 m/s courant voor, met pieken tot 1,50 m/s en meer. Bij doodtijen gaat het om snelheden van 0,75 à 0,80 m/s. Aan het wateroppervlak is uit andere metingen bekend dat grotere stroomsnelheden voorkomen, o.a. bij maximum-vloed rond 2 m/s bij middeltijen, bij springtij iets meer en bij stormtijen van meer dan 2,5 m/s op sommige plaatsen zelfs 3 m/s. De variatie is groot en hangt bovenal af van de plaats in de rivier, zo volgens langs-as als in breedte, en in bochten.

Te Driegoten kennen de stroomsnelheden ook het effect van de doodtij/middeltij/springtij-cyclus, maar zijn de snelheden op zich kleiner dan in de Beneden-Zeeschelde, van nature logisch, en zijn de variaties in de maximale stroomsnelheden ook kleiner. Onderstaande figuur toont dit alles. Stroomsnelheden bij maximum-vloed en maximum-eb reiken bijna steeds tot 0,70 m/s, en gaan bij springtijen makkelijk tot 0,85 m/s soms naar 1 m/s.

Nogmaals: stroomsnelheden zijn plaatsgebonden parameters zelfs in eenzelfde regio, al naargelang gemeten wordt nabij de oever, in het midden van de vaargeul dat gewoonlijk tevens hoofdstroomgeul is, en bovenal al naargelang de hoogte(/diepte) volgens de waterkolom.



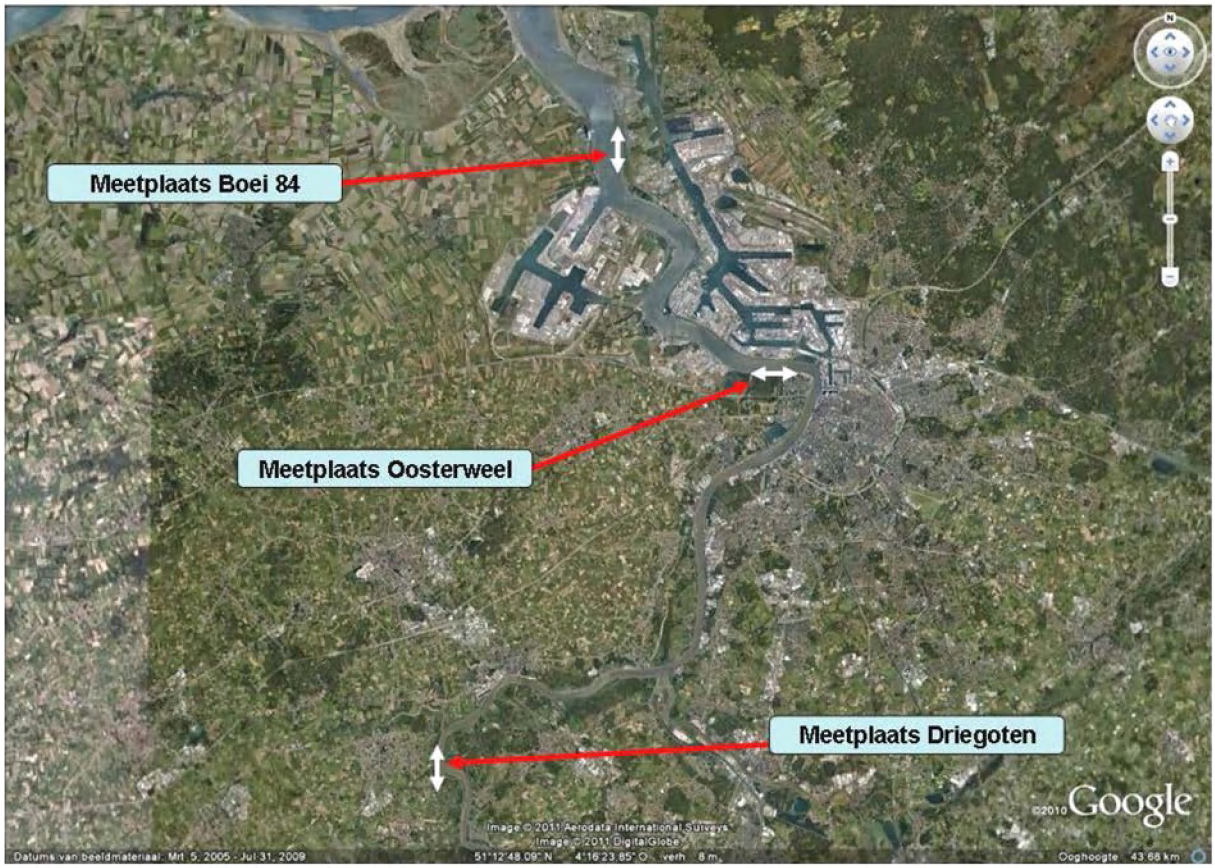
Figuur 177 - Boven-Zeeschelde te Driegoten : jaarverloop 2011 van de stroomsnelheid

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.2.2 verloop van stroomrichting

De Aanderaa multiparametertoestellen meten de vectoriële watersnelheid in een horizontaal vlak, tot een drietal meter rondom de meetsonde. Buiten de absolute grootte van snelheid is dus ook de stroomrichting gekend. Deze geldt in het horizontale vlak, en wordt klassiek uitgedrukt in 360-delige graden t.o.v. Noord. Noot: de water-stroomrichting duidt de zin aan waarnaar de stroming gaat, in tegenstelling tot windrichting.

De vijf volgende figuren tonen de stroomrichting over het jaar 2011, zulks resp. voor de locaties Boei 84 (boven en onder aangezien er twee meettoestellen over een verticale zijn opgesteld), Oosterweel (ook boven en onder), en Driegoten. Zoals verwacht is er een vrij éénduidige stroomrichting bij vloed, en een andere evengoed vrij éénduidige bij eb, en is er een verschil tussen beide van ongeveer 180°. De stroomrichting per locatie en dan per vloed resp. eb, varieert voorts niet (of amper) gedurende de seizoenen. De betrokken grafieken spreken eigenlijk voor zich.



Figuur 178 - Zeeschelde - ligging meetplaatsen Boei 84, Oosterweel en Driegoten, en aanduiding van de stroomrichting bij vloed en eb (witte pijl)

Wat enigszins spijtig is doch geheel aan toeval is te wijten, is het feit dat de stroomrichtingen vloed en eb aan Boei 84 en te Driegoten precies verlopen volgens de Noord-Zuid-richting, en te Oosterweel volgens de Oost-West-richting. Bij Noord-Zuid-stroomrichtingen beneemt de grafiek uiteraard de volle hoogte van de y-as indien deze gaat van 0° = Noord tot 360° = Zuid.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Dat maakt dat de grafieken voor Boei 84 en Driegoten een eerste stroomrichting kennen die gaat van 355 à 5 graden dus om en rond 0° = 360° = Noord, met name bij eb, en een tweede die gaat van 175 à 185 graden dus rond en om 180° = Zuid dus halverwege op de y-as. Bij overgang van eb naar vloed en omgekeerd, gaan de grafieklijnen dan nog van noord naar zuid en omgekeerd. Het is aan de grafieken te zien …

Te Oosterweel gaan de vloed- en ebstromingen volgens de Oost-West-lijn. Vloed gaat naar Oost dus rond en om 90°, eb naar West dus rond en om 270°.

Op alle meetlocaties is het verschil tussen vloed- en ebstroming rond en om 180°, dus zijn er geen locale invloeden van riviermorfologie of van constructies die of vloed of eb gedurende ganse tijd of tijdelijk significant van de -bij deze locaties- Noord-Zuid of Oost-West-lijnen doen afwijken.

De stroomrichting is een parameter die telkenmale bij vloed resp. eb heel constant is, en die tijdens een vloed resp. eb slechts weinig variatie kent.

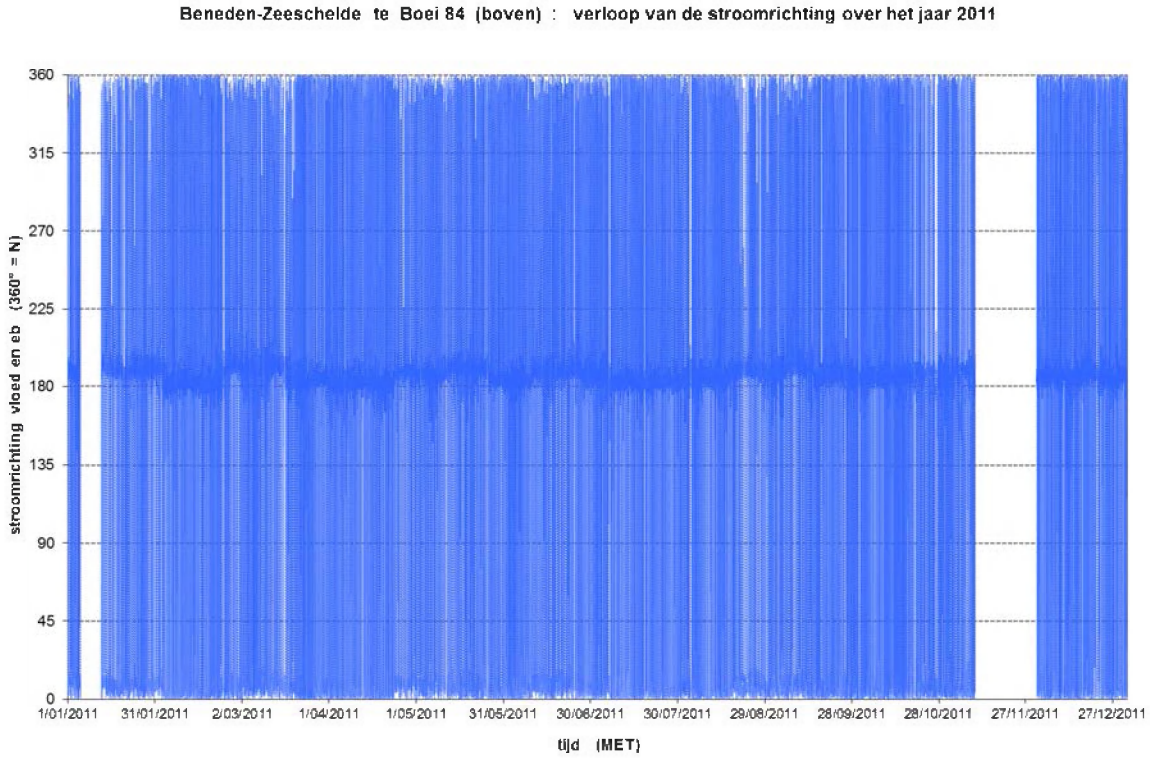
Het gaat telkens over alle stroomrichtingen van vloed en eb, dus tienminuut-waarden, die in de grafieken getoond worden.

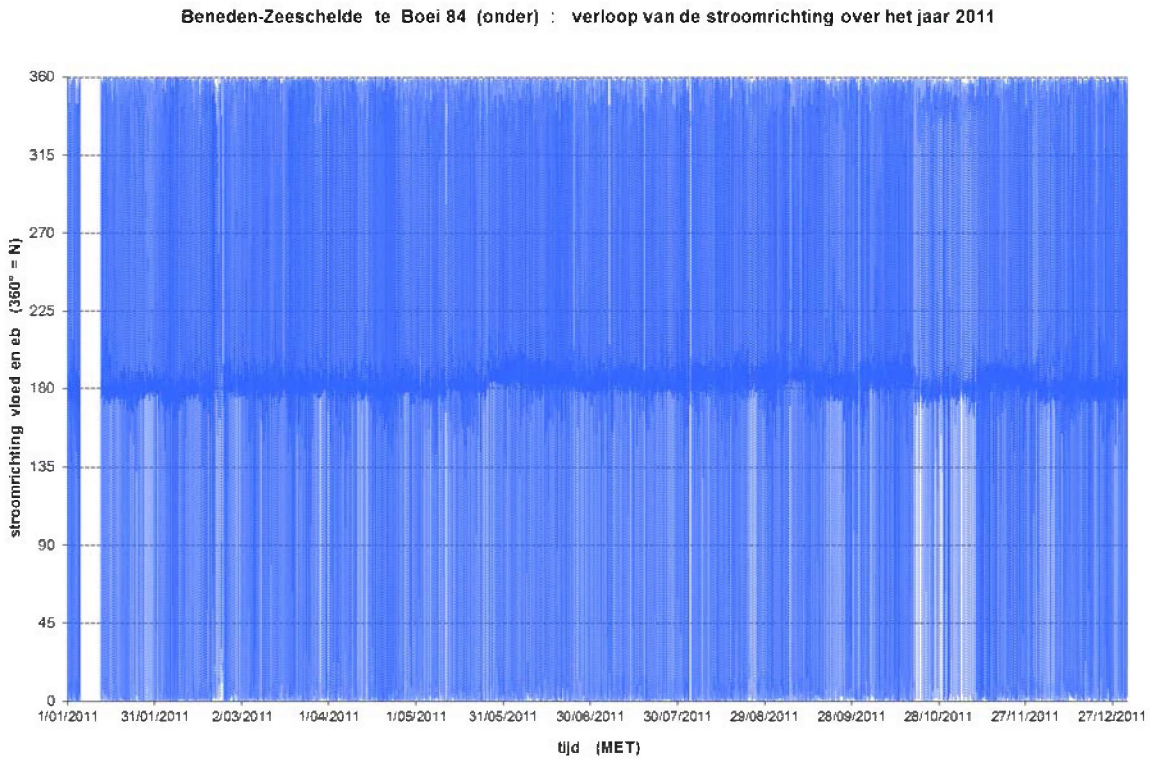
Er is bij deze locaties in de Zeeschelde ook geen verschil in stroomrichting volgens vloed of eb tussen het type tij zegge volgens de cyclus van doodtij/middeltij/springtij(/stormtij). Dat is in de Westerschelde op vele plaatsen anders, gezien het feit van slikken en platen, en van hoofd-, zij- en dwarsgeulen. Dat geeft trouwens ook aanleiding tot variatie van de stroomrichting gedurende eenzelfde vloed en gedurende eenzelfde eb.

In de Beneden-Zeeschelde zijn er ook een paar dergelijke locaties, bvb. nabij de strek- en leidammen tussen de grens en Doel, doch de locatie Boei 84 ondervindt er -want aan de andere oever van de strekdam van Ouden Doel gelegen- geen invloed van.

De buiten de tijden van vloed en eb zijn er deze bij de kenteringen, waarbij de stroomrichting soms zeer variabel kan zijn, en het rondgaan van de vloedrichting naar de ebrichting (of omgekeerd) soms "twijfelend" gebeurt, doorgaans wel -locatie per locatie- volgens eenzelfde draaizin (bvb. met of tegen de klok), maar soms ook andersom, eerder toevalstreffer dan fysisch uitlegbaar. Daarom zijn er op de grafieken te Oosterweel korte uitschieters van stroomrichting onder en boven de vele tienminuutwaarden van vloed en eb.

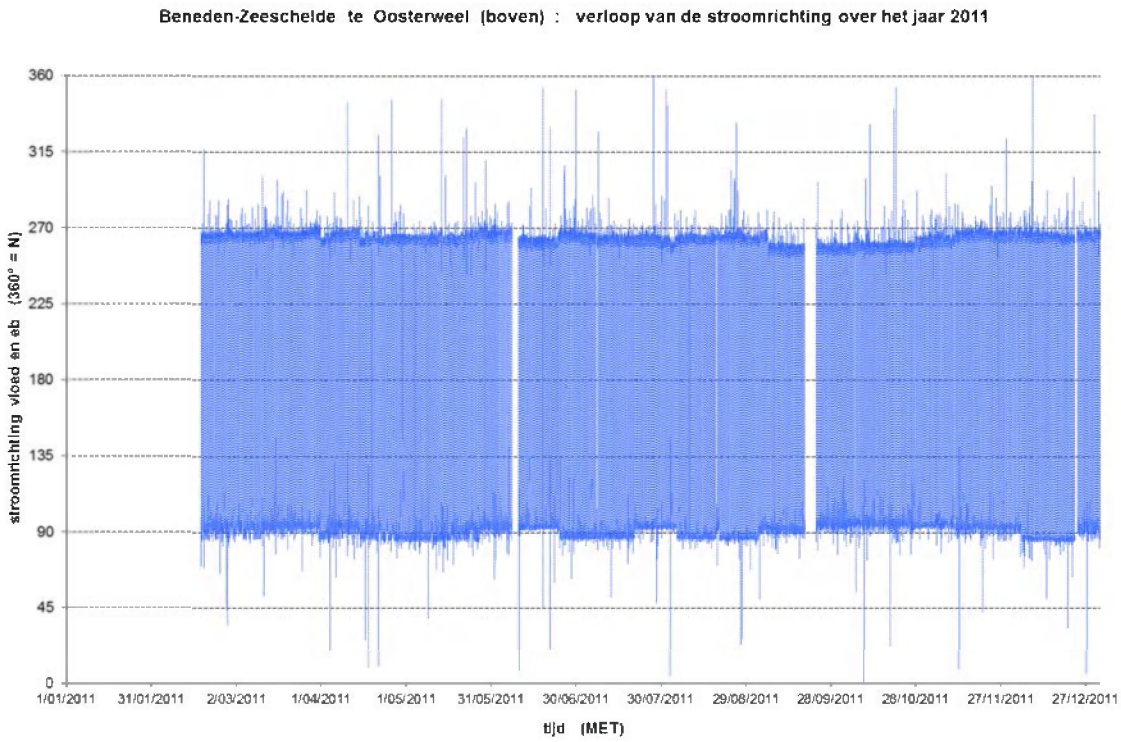
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

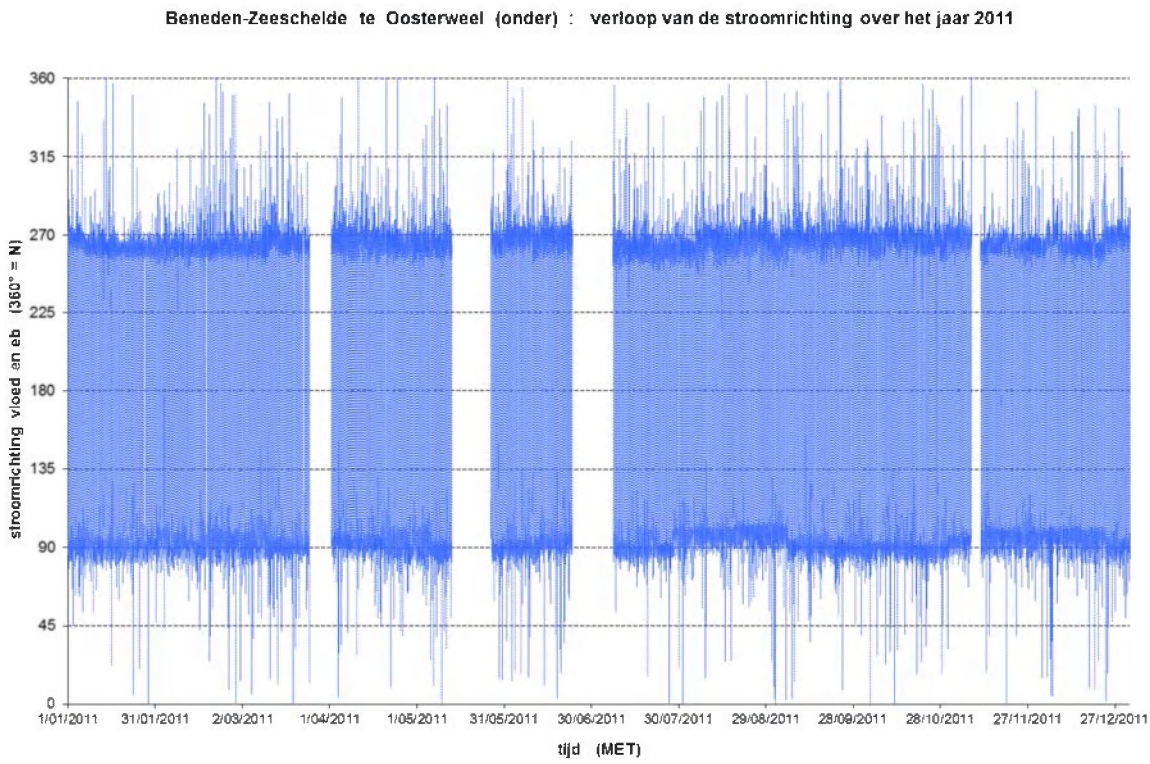




Figuur 179 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 : jaarverloop 2011 van de stroomrichting bovenaan bovenste meettoestel, onderaan onderste meettoestel

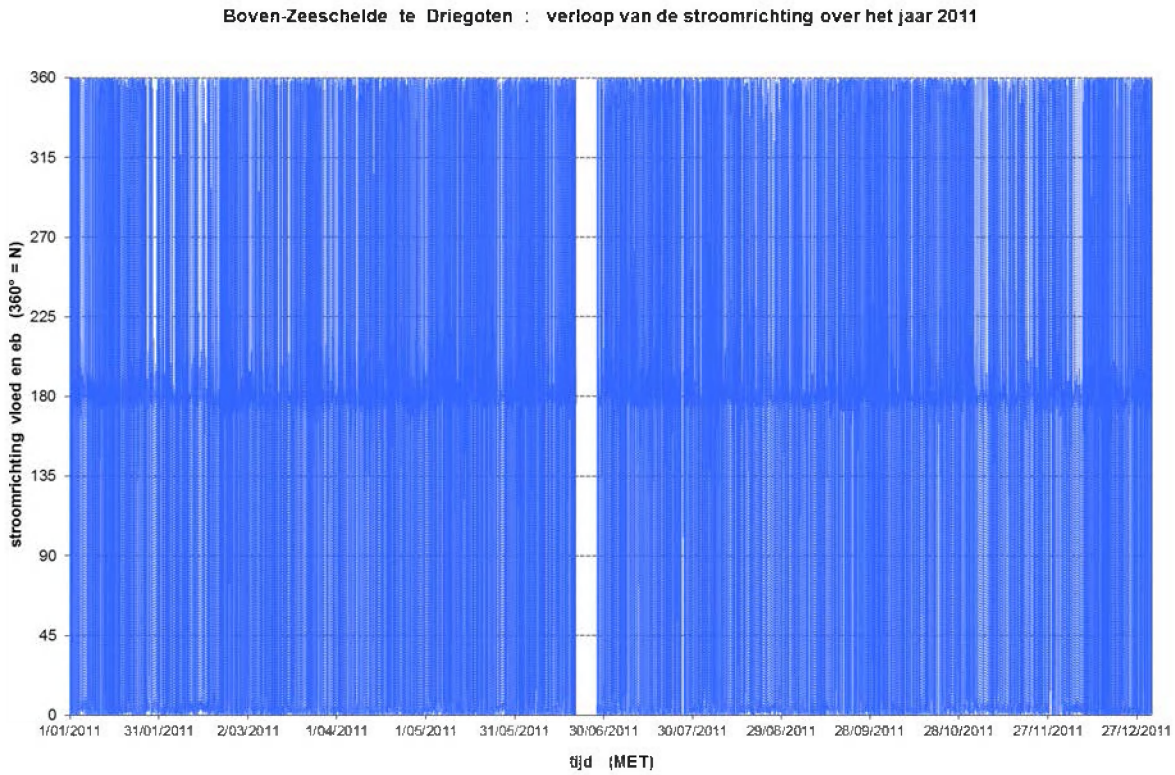
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009





Figuur 180 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : jaarverloop 2011 van de stroomrichting bovenaan bovenste meettoestel, onderaan onderste meettoestel

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 181 - Boven-Zeeschelde te Driegoten : jaarverloop 2011 van de stroomrichting

3.3 jaarverloop temperatuur continue meetlocaties

Zowel te Prosperpolder, Boei 84, Oosterweel, Driegoten, Melle en Duffelsluis wordt de watertemperatuur continu gemeten. Zoals al hoger aangehaald, betekent "continu" een meting om de tien minuten (en te Melle en Duffelsluis zelfs om de vijf minuten). Aan Boei 84 en te Oosterweel handelt het om twee toestellen op eenzelfde verticale; de meetsondes staan er resp. op ongeveer één meter en ongeveer 4,5 meter boven de bodem, dat laatste punt dus ongeveer een meter onder het peil van laag-laagwater. Hoewel: voor meting van watertemperatuur doen twee of meer metingen over de verticaal weinig. Door de grote menging is er op eenzelfde ogenblik immers zeer weinig verschil in temperatuur tussen het bovenste en het onderste toestel. Er is wel een verloop gedurende een tij, zie hoger in dit rapport. Dat maakt dat de temperaturen, net zoals de conductiviteit en het chloridegehalte, in de Beneden-Zeeschelde bepaald worden bij de kenteringen. Het ongeveer sinusoïdale verloop tussen KHW en KLW en dan terug naar KHW, verschilt wel van meetlocatie tot meetlocatie. Het verloop te Prosperpolder is, zoals eerder al gesteld, tijdens de eb sterk door de thermische lozing van de kerncentrales te Doel beïnvloed.

Deze afhankelijkheid maakt dat de grafiek met alle tienminuutwaarden van watertemperatuur te Prosperpolder een relatief "dikke" lijn is, dus dat de temperatuursvariaties bij vloed en eb wel vrij groot zijn.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het algemene temperatuursverloop over een jaar is op alle plaatsen uiteraard duidelijk en zeer vanzelfsprekend, nl. meegaande met de luchttemperatuur dus mooi seizoenaal.

Het temperatuursverloop te Prosperpolder en aan Boei 84 binnen een tij is duidelijk: onafhankelijk van de seizoenen is het Schelde-water steeds iets kouder bij KHW dan bij KLW. Het temperatuursverschil is niet constant, en hangt al af van het tijverschil: hoe groter het tijverschil des te groter het verschil in temperatuur bij de kenteringen.

Het verschil bij de opeenvolgende kenteringen in een tij, een dag, enz. kan ook een weliswaar kleine seizoenale invloed kennen, wat maakt dat het verschil groter of kleiner is tijdens opwarming of tijdens afkoeling van het Scheldewater. Te Oosterweel is dat uitgesproken, zie grafieken, waar bij opwarmend water de temperatuursverschillen tussen KHW en KLW kleiner is dan bij afkoelend water.

Globaal is het temperatuursverloop te Prosperpolder en aan Boei 84 gelijk aan eenzelfde globaal beeld als in de Westerschelde en geldt het ook voor de Beneden-Zeeschelde afwaarts Kruisschans: vloed brengt van afwaarts kouder (en ook zouter, doch dat staat hier los van) water aan tot een tijdelijk minimum wordt bereikt waarna het, met eb, weer "warmer" wordt.

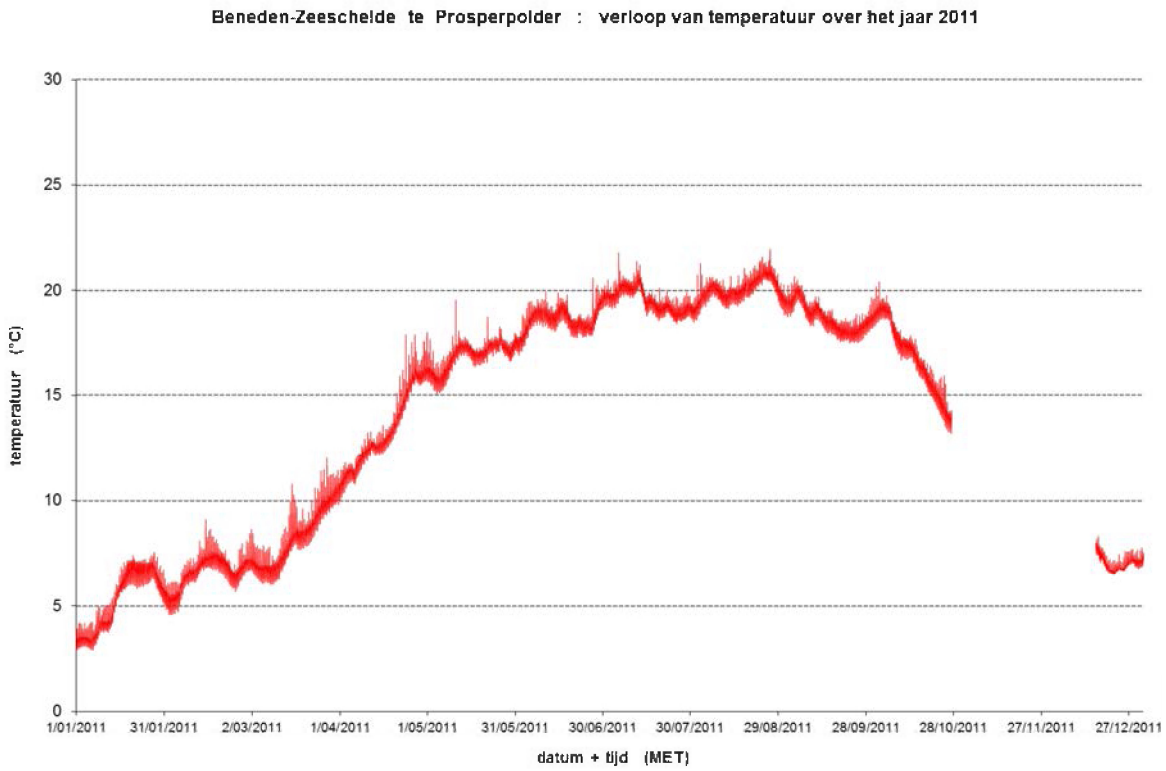
Het temperatuursverloop te Oosterweel “wijkt” daar iets van af. Daar speelt het "warmtehart" van de Beneden-Zeeschelde: de thermische lozingen van elektriciteitscentrales en vanuit diverse vnl. petrochemische industrieën, speelt een rol. Dat mag echter niet zomaar veralgemeend worden tot temperatuursmetingen op andere locaties. In 2011 -een jaar met een warme lente en warme nazomer, maar zonder hete zomer- is de temperatuur algemeen genomen iets groter bij de KHW's dan bij de KLW's.

In warme jaren kan het beeld evenwel wisselend zijn al naargelang warmer of kouder weer, of al naargelang warm of koud weer persistent aanhoudt. Alsdan kan het voorkomen dat de temperatuur te Oosterweel bij KHW toch iets kouder is dan bij de omringende KLW's. Oosterweel ligt in een overgangszone, zoals verder in dit rapport wordt aangegeven voor turbiditeit heel duidelijk is, doch soms ook voor watertemperatuur.

Op de navolgende bladzijden zijn -als voorbeelden in dit uitleggende basisboek, want de data over 2012 komen in het apart hierbijhorende MONEOS-jaarboek- de jaargrafieken over 2011 van de watertemperatuur gegeven, resp. te Prosperpolder, aan Boei 84, te Oosterweel, te Driegoten, te Melle (allen in de Zeeschelde gelegen) en in de Beneden-Nete te Duffelsluis. De figuren zijn op eenzelfde schaal zodat vergelijking zondermeer mogelijk is.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 182 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder : meetplaats waterstand, temperatuur en conductiviteit

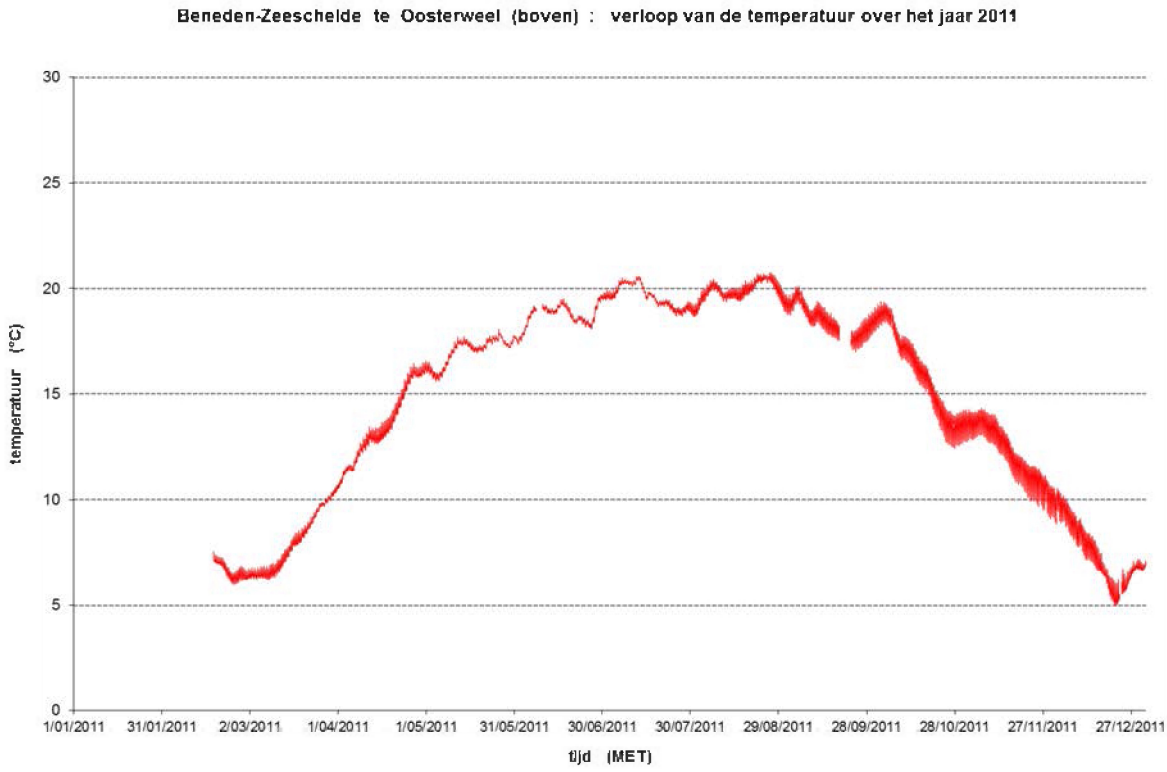


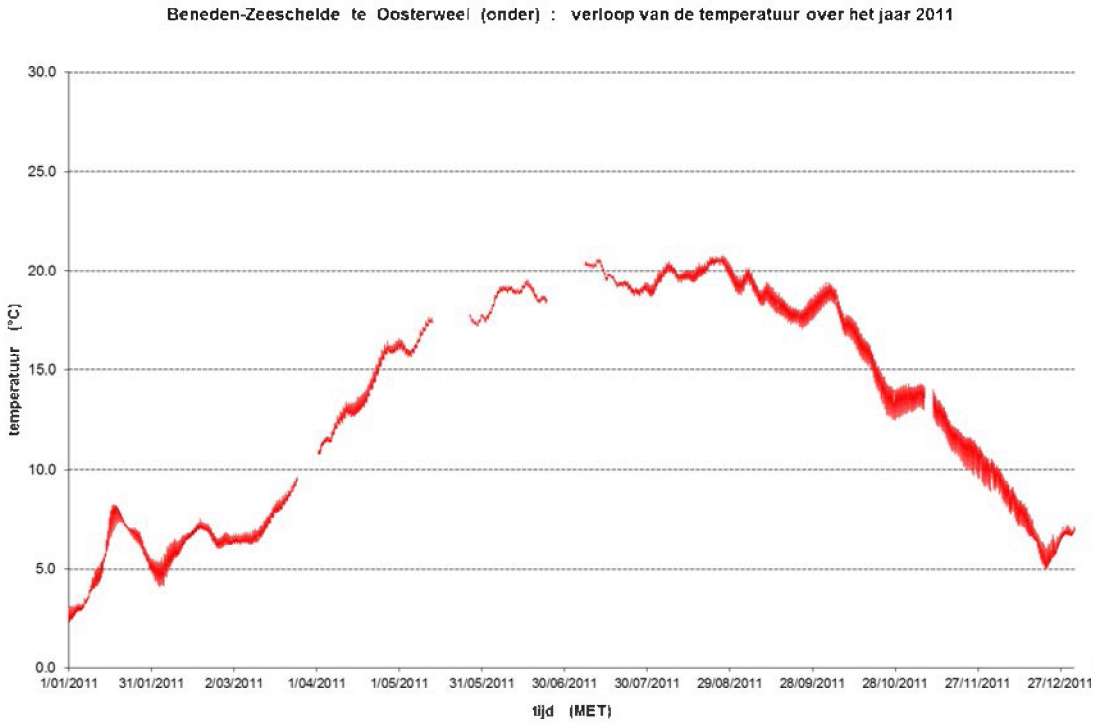
Figuur 183 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder : jaarverloop 2011 van de watertemperatuur

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

*Figuur 184 - Beneden-Zeeschelde te **Boei 84** : jaarverloop 2011 van de watertemperatuur, nl. bovenaan bovenste meettoestel en onderaan het onderste meettoestel*

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



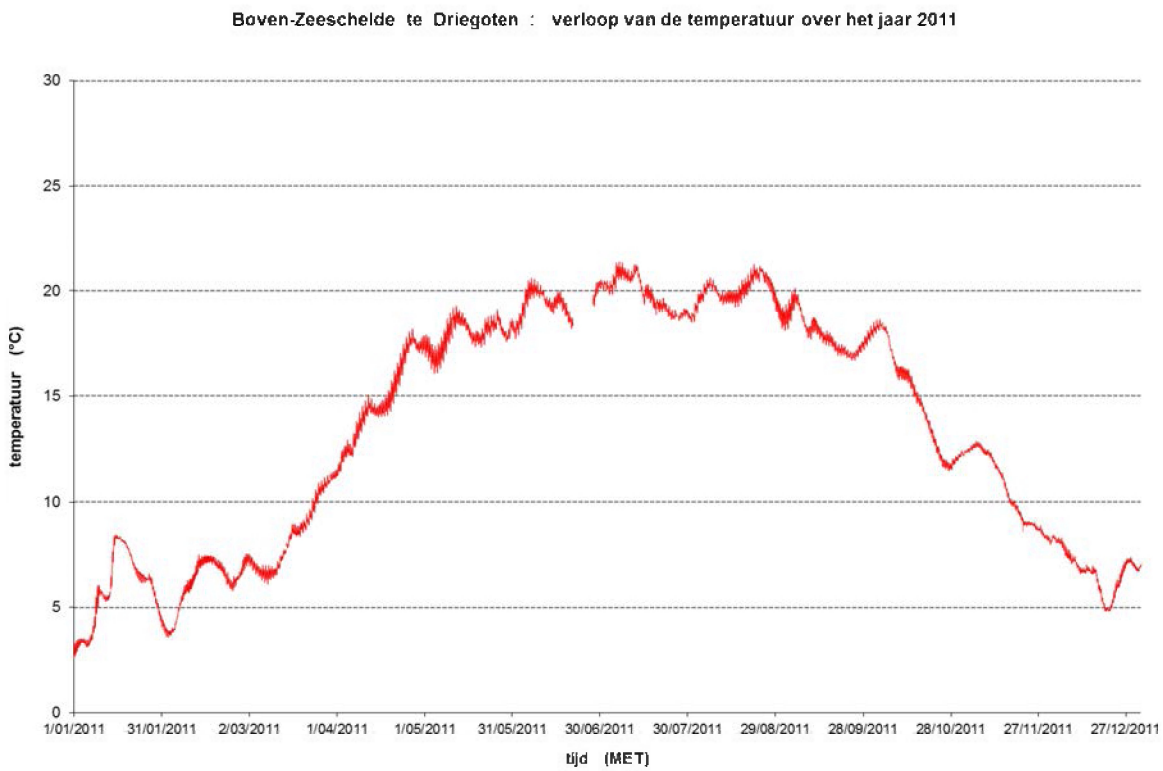


*Figuur 185 - Beneden-Zeeschelde te **Oosterweel**: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur, nl. bovenaan het bovenste meettoestel en onderaan het onderste meettoestel*

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Zoals door de goede menging van het Scheldewater verwacht, is er tussen de twee aan Boei 84 opgestelde meettoestellen, alleszins binnen de meetnauwkeurigheid van (in situ en in continu bedrijf zijnde) plusminus 0,2 °C, geen verschil in temperatuur. Vergelijking met de metingen te Prosperpolder levert -bij de kenteringen- ook geen temperatuursverschil van belang tussen Boei 84 en Prosperpolder, zeker niet bij KHW, terwijl bij KLW er een zeer klein doch wisselend verschil kan zijn. Bij laagwater kan de thermische lozing van de kerncentrales te Doel daartoe reden zijn, maar nogmaals: de verschillen zijn klein en daarenboven wisselend.

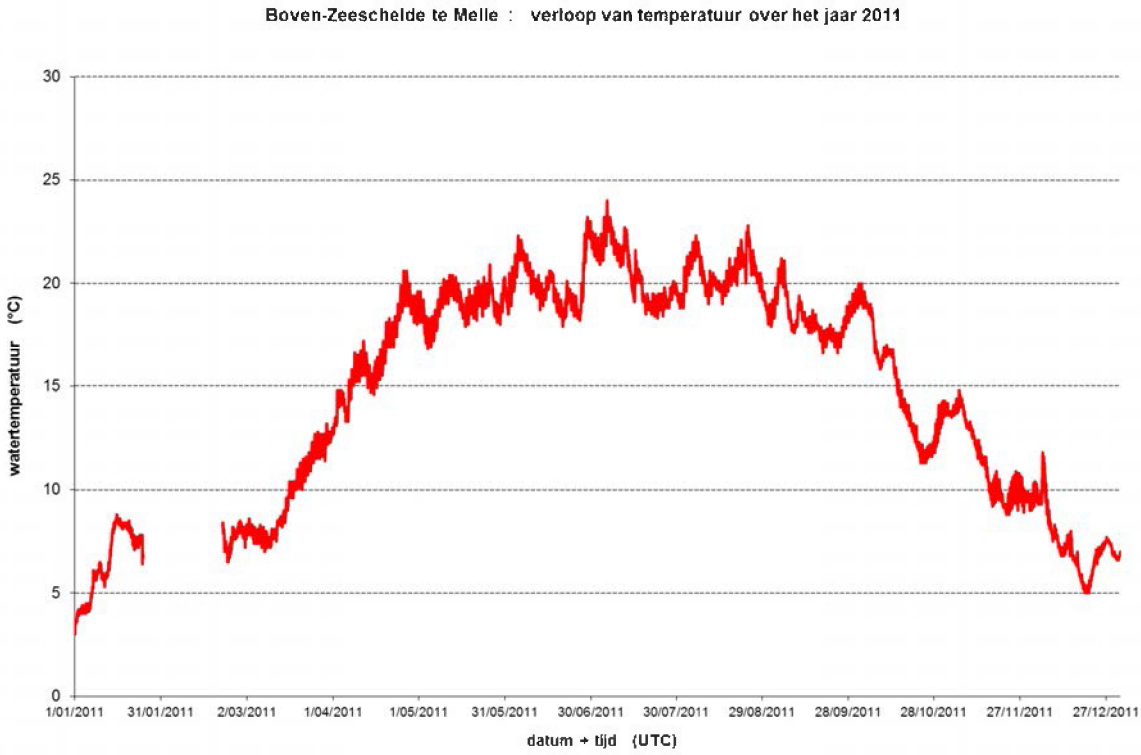
Ook zoals door de goede menging van het Scheldwater verwacht, is er tussen de twee te Oosterweel opgestelde meettoestellen, geen temperatuursverschil te merken. Vergelijking tussen de meetwaarden van Boei 84 en Oosterweel toont dat de watertemperatuur te Oosterweel bijna steeds iets groter is dan aan Boei 84; Het feit van een thermisch hart in de Beneden-Zeeschelde tussen Doel en Kallo, en de verschuiving volgens langszin bij vloed en eb, maakt wel verschil of -op eenzelfde locatie blijvend, bvb. te Oosterweel- het warmer dan wel kouder is bij KHW of bij KLW, zoals zojuist al aangegeven.



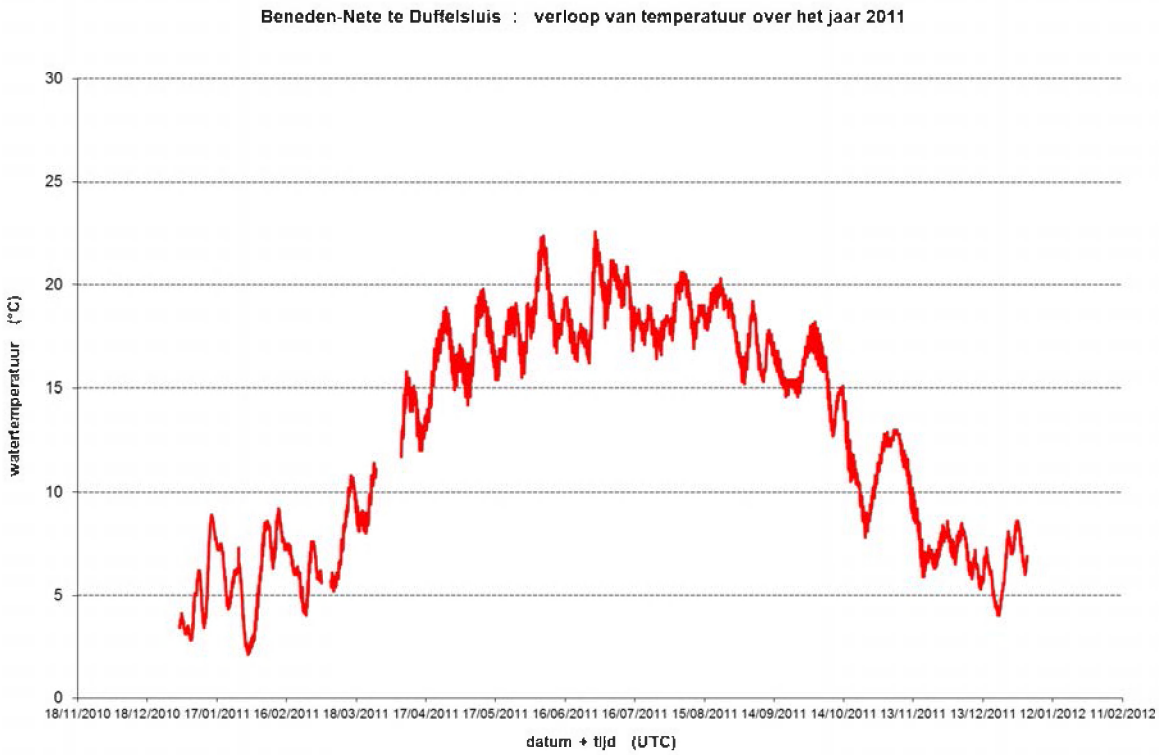
*Figuur 186 - Boven-Zeeschelde te **Driegoten**: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur*

Er zijn wel duidelijke temperatuursverschillen tussen de jaarverlopen van de temperatuur te enerzijds Prosperpolder, Boei 84 en Oosterweel, tegen anderzijds Driegoten, Melle en Duffelsluis. Waar de ogenblikkelijke waarden van de temperatuur in de Beneden-Zeeschelde elkaar dus zeer weinig ontlopen, is het over bijna het ganse jaar warmer te Driegoten en nog warmer te Melle. De locatie Duffelsluis houdt het midden tussen Driegoten en Melle. In winterperiodes moet "warmer" vervangen worden door "minder koud". Zeker bij de jaarmaxima verschilt het enkele graden Celsius, maar ook in voorjaar en najaar is het verschil beduidend.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



*Figuur 187 - Boven-Zeeschelde te **Melle**: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur*



*Figuur 188 - Beneden-Nete te **Duffelsluis**: jaarverloop 2011 van de watertemperatuur*

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.4 jaarverloop conductiviteit en chloridegehalte continue meetlocaties

De conductiviteit van het Scheldewater in de Beneden-Zeeschelde hangt af van vooral het gehalte aan zeewater (zegge het chloridegehalte), en van de watertemperatuur.

Herhaald weze dat in dit rapport met conductiviteit bij de metingen te Prosperpolder, Boei 84, Oosterweel en Driegoten, steeds de absolute conductiviteit bedoeld wordt, dus deze bij heersende watertemperatuur, dus niet een herleide conductiviteit naar een standaard-temperatuur (bvb. 15, 20 of 25 °C). Te Melle en Duffelsluis zijn zowel de conductiviteit bij heersende temperatuur als deze herleid naar 25°C beschikbaar.

Ook in de midden- en meer opwaartse delen van het Zeescheldebekken blijft de conductiviteit in grote resp. minder grote mate afhankelijk van het gehalte aan zeezouten in het water, maar de boven- en zij-afvoeren brengen met hun bovendebiet bijna geen chloride aan, wat in zeewater liefst 55% van de opgeloste ionen uitmaakt en er dus de conductiviteit van bepaalt. Bovendien zijn alle andere ionen in zeewater (Na+, Mg++, SO4--, Ca++, K+ ...) in een vrij constante verhouding met het chloridegehalte aanwezig, althans in de oceanen en o.a. de Noordzee. Dat alles maakt dat een algemene wereld-standaardformule bestaat dat uitgaande van de conductiviteit (en de temperatuur en de druk) éénduidig het chloridegehalte en -algemener- de saliniteit van het bemeten water berekent: de zgde Unesco-formule.

Deze formule kan gebruikt worden in de Noordzee en in de Westerschelde, doch tot ongeveer Hansweert, tenminste om een juiste bepaling van het zeezoutgehalte in het Scheldewater te doen. Klassiekerwijze wordt dat zeezoutgehalte in Westerschelde en Zeescheldebekken niet als saliniteit gegeven, doch als chloridegehalte (of de variant chlorositeit). Het chloride is immers de veruit dominante conductieve stof in zeewater, en historisch werd het zeezoutgehalte bepaald via titratie op precies chloride, m.n. een eenvoudige, snelle en exacte manier van handelen, toch tot een vijftigtal jaren terug. Sindsdien zijn de conductiviteitsmeters opgekomen.

Het Scheldewater in bvb. de Beneden-Zeeschelde is een mengsel van (vanuit afwaarts) "zee"-water uit de Noordzee, dus water dat o.a. voldoet aan de Unesco-formule, en (vanuit zijwaarts en opwaarts) "land"-water van diverse bronnen, zoals neerslag, grondwater, al dan niet en zo ja volledig of onvolledig gezuiverd gebruikswater van huishoudens en industrie, andere lozingen enz.. In de loop van oorsprong tot doorstroming in het Zeescheldebekken, voert al dat "land"-water opgeloste en niet-opgeloste stoffen mee. Al dat "land"-water bevat ionen dus is conductief, doch het bevat bijna geen chloriden, en omvat buiten de klassieke andere zeezoutionen gans andere ionen of in gans andere hoeveelheidsverhouding. Een voorbeeld is calciumcarbonaat, dat in kleine mate aanwezig is in zeewater, doch in grote mate in "land"-water.

Kortom: de samenstelling van de ionen in het water van het Scheldewater varieert van afwaarts naar opwaarts, m.n. van "gelijkend op zeewater" naar "niet meer gelijkend op zeewater". Aldus is de Unesco-formule van omrekening van conductiviteit naar saliniteit dus chloridegehalte in het Zeescheldebekken niet meer geldig, tenzij voor een eerste algemeen idee zonder hoge nauwkeurigheid na te streven, en dan nog enkel in het meest afwaartse deel maar niet meer in de midden- en opwaartse delen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Met voorgaande uitleg wordt duidelijk dat:

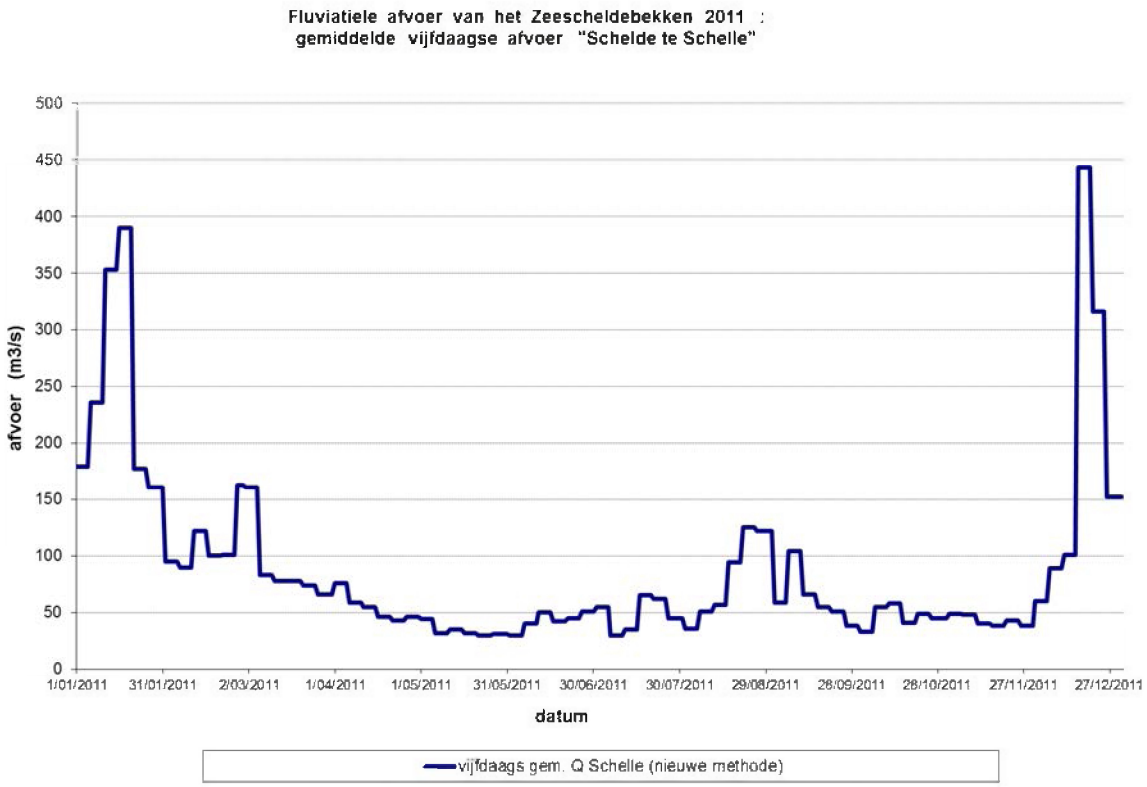
- de conductiviteit bij elke KHW groter is dan bij de in tijd omringende KLW's gezien alsdan de grotere aanwezigheid van chloride;

- de conductiviteit kleiner zelfs vlug veel kleiner wordt naar opwaarts;

- er een seizoenale invloed is nl. door de grootte van de aanvoer van wat als "land"-water werd aangeduid, zegge de bovenafvoer van het Zeescheldebekken, of -voor de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde- het bovendebiet van "de Schelde te Schelle".

De invloed van het getij op de conductiviteit werd reeds hoger in dit rapport beschouwd. Het jaarverloop op de verschillende plaatsen komt hier aan bod. En dan geldt vooral de invloed van de bovenafvoer. Die afvoer varieert flink doorheen het jaar, en bedroeg in 2011 *(jaar dat in dit basisboek als voorbeeld wordt genomen)* en op vijfdaagse basis (dus volgens de nieuwe pentade-methode met tijdsvertraging, zie hoofdstuk 2.3) gemiddeld 97 m³/s doch met een kleinste waarde van 30 m³/s (in de laatste pentade van mei en de tweede pentade van juni) en een grootste waarde van 443 m³/s (de vierde pentade van december). Vanzelfsprekend is die afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, jaar na jaar zeer variabel, want hangt helemaal af van wat gemeenzaam droge of natte jaren, seizoenen en maanden worden genoemd.

Kenmerkend voor het jaarverloop van de bovenafvoer is dat er veel meer pentades zijn met kleine tot zeer kleine afvoer, en dat de echte piekafvoeren bijna telkens kortstondig duren.

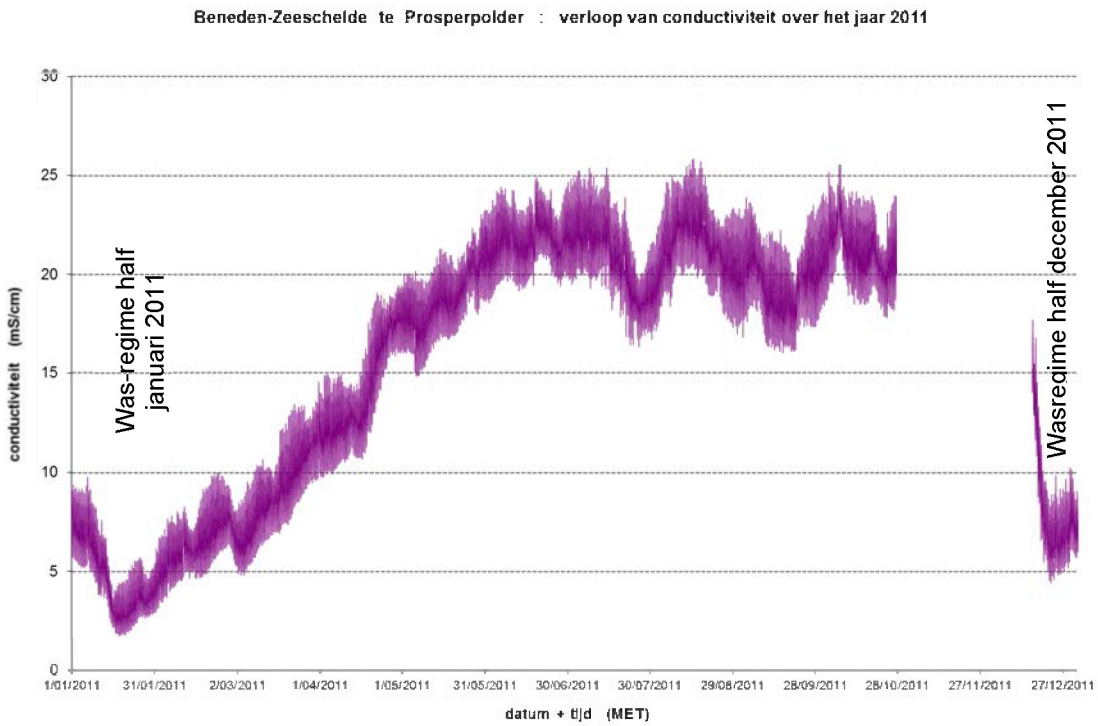


Figuur 189 - Zeescheldebekken: afvoer volgens vijfdaagse gemiddelde bovendebieten "Schelde te Schelle" over het jaar 2011 (nieuwe methode) (alle bovendebieten zijn in m³/s)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

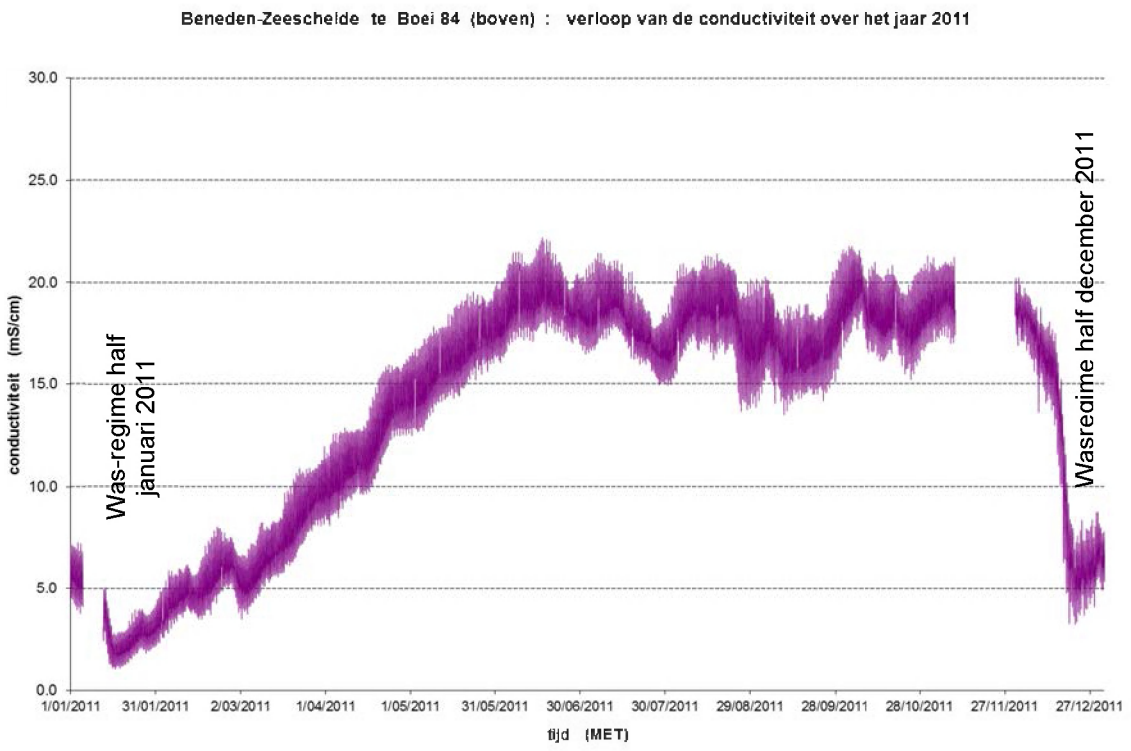
De afvoer van het Zeescheldebekken kende in 2011, buiten een normaal jaarverloop met een groter dan gemiddelde afvoer in wintermaanden en een kleiner dan gemiddelde afvoer in zomer-maanden, twee wasregimes, nl. de toch flinke was van midden januari, en het wasregime van half december 2011, zie figuur 189. Deze wassen zijn vanzelfsprekend in het jaarverloop van de conductiviteit terug te vinden. Hoe meer naar opwaarts, des te groter die invloed verwacht kan worden want hoe belangrijker de wasafvoer t.o.v. de vloed- en ebvolumes. Maar hoe meer naar opwaarts, des te kleiner zelfs heel klein zijn de conductiviteitswaarden op zich, want gaat het om zoeter tot beduidend zoeter dan brak water, en dus hoe kleiner die invloed op zich maar groot kan zijn. Daaruit volgt o.a. dat de conductiviteit in het maritieme deel van het Zeescheldebekken wordt uitgedrukt in de eenheid mS/cm, en in de opwaartse delen in µS/cm, zaak waarop bij vergelijking van grafieken op moet gelet worden.

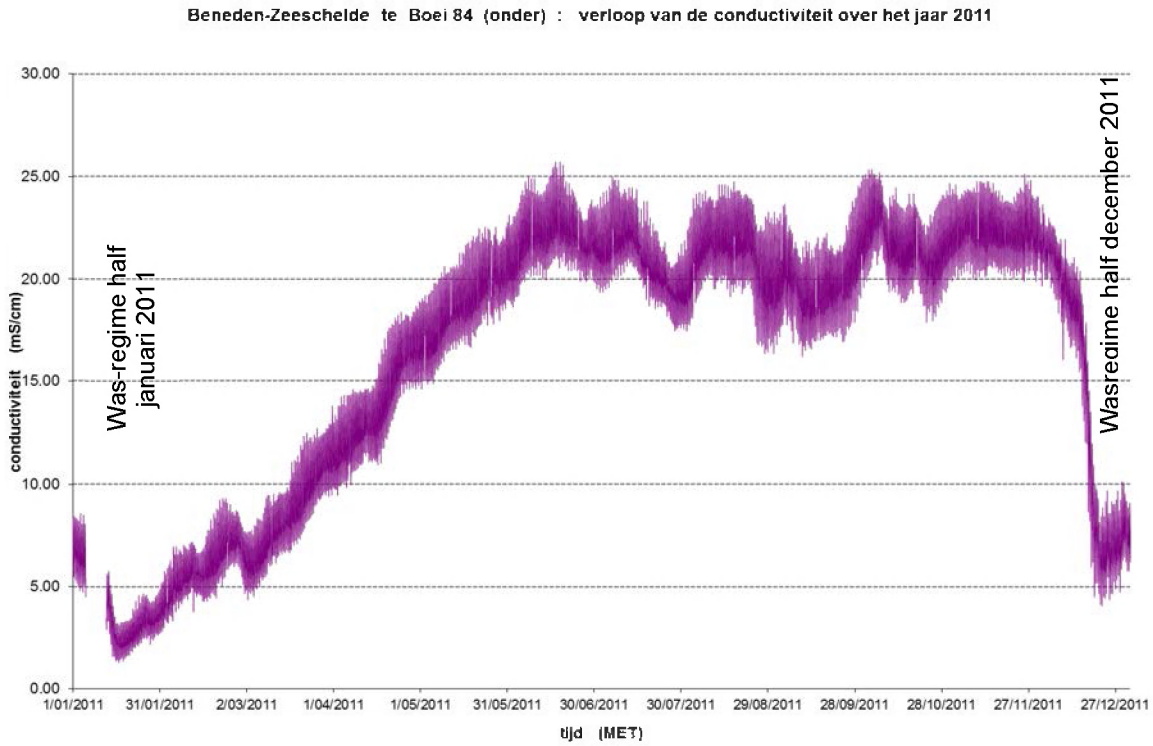
Zoals bij al de andere fysische parameters, is op volgende bladzijden ook de conductiviteit per locatie van afwaarts naar opwaarts gepresenteerd. Het eerste beeld is dat van het conductiviteits-verloop te Prosperpolder. In januari 2011 is de duidelijke daling in conductiviteit merkbaar van de was van 13-16 januari, waarna een gestage vermeerdering optrad tot de zomer, analoog aan het steeds kleiner worden van de afvoer van het Zeescheldebekken. Enkele verhoogde afvoeren in juli, augustus en september (zoals te zien in figuur 190) leiden tot kleine depressies in het conductiviteitsverloop te Prosperpolder. Het Aanderaa RCM9 toestel werd net op tijd vervangen door een Valeport CTD toestel om de was van half december in beeld te brengen: er is met name een zeer snelle en zeer grote daling van de conductiviteit, van waarden van ongeveer 14 mS/cm bij de KLW's vlak voor de was tot ongeveer 5 mS/cm bij de KLW's vlak na de was.



Figuur 190 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder : jaarverloop 2011 van de conductiviteit bij heersende temperatuur

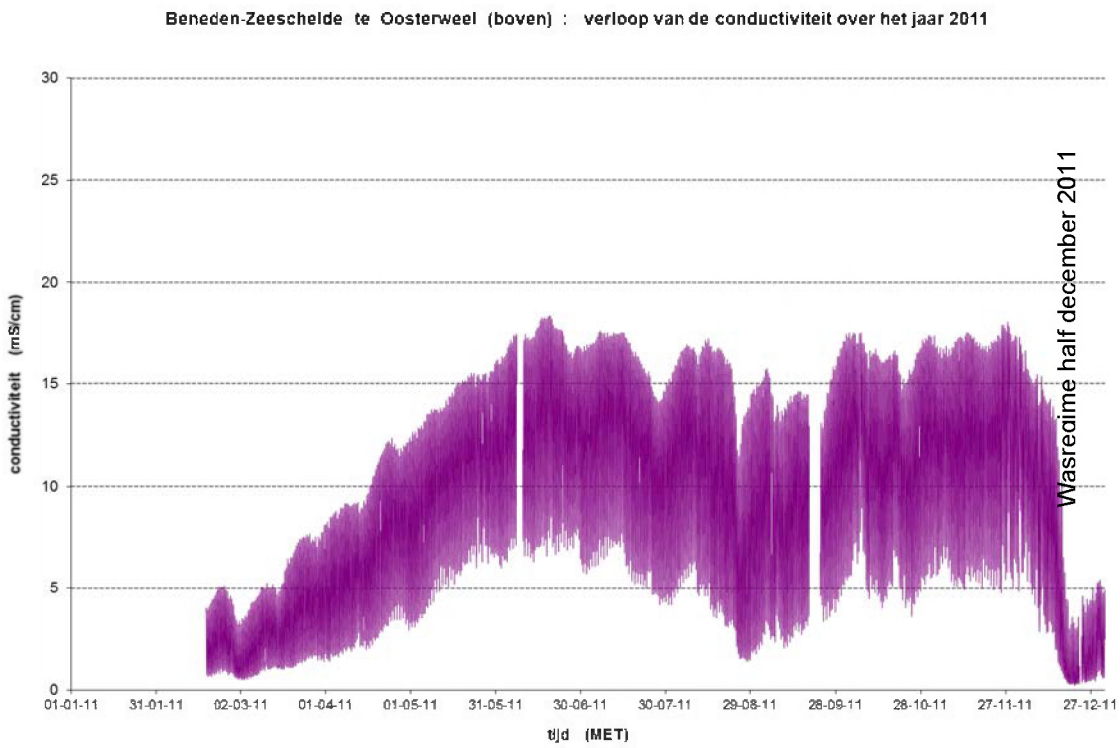
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

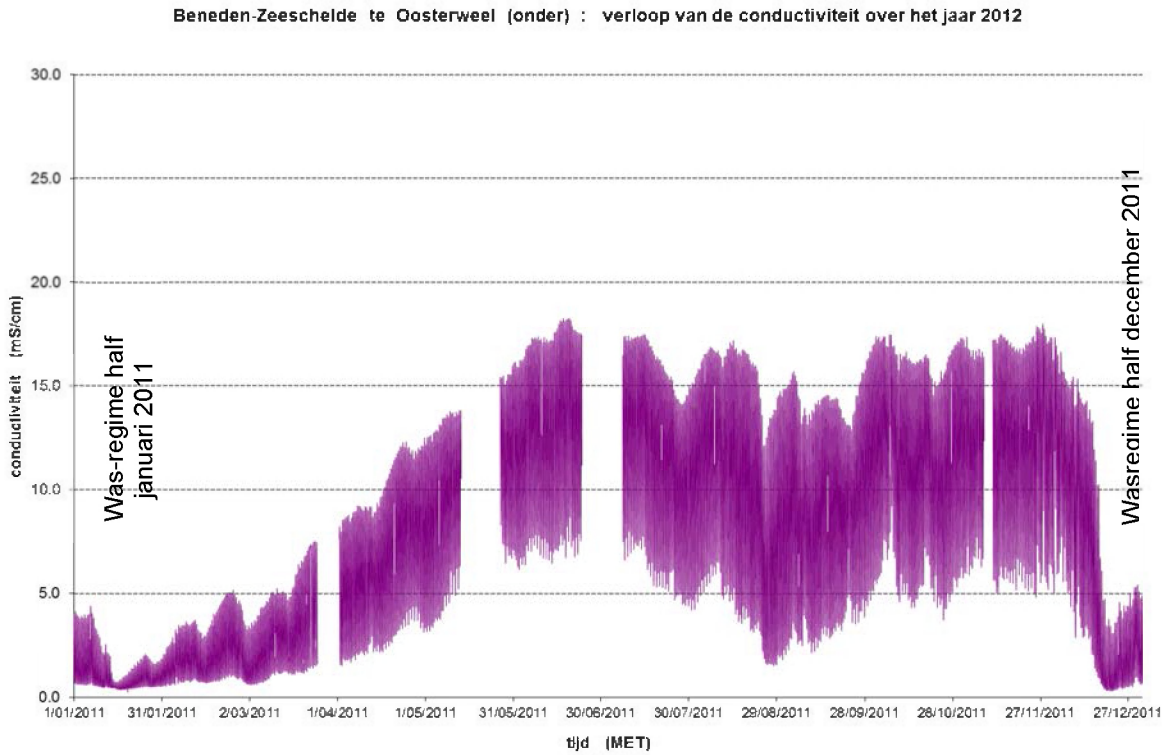




Figuur 191 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 :
jaarverloop 2011 van de conductiviteit bij heersende temperatuur
(bovenaan het bovenste meettoestel, onderaan het onderste meettoestel)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009





Figuur 192 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel :
jaarverloop 2011 van de conductiviteit bij heersende temperatuur
(bovenaan het bovenste meettoestel, onderaan het onderste meettoestel)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Van nature uiteraard, bevestigen de jaarverlopen van de conductiviteit aan Boei 84 en te Oosterweel, het beeld te Prosperpolder. Maar er kunnen beschouwingen bij gemaakt worden:

Deze beschouwingen worden hier weliswaar gemaakt met voorbeelden uit het jaar 2011, maar de beschouwingen, verbanden en besluiten gelden algemeen voor alle jaren.

- de invloed van de veertiendaagse cyclus doodtij/middeltij/springtij laat zich op alle plaatsen duidelijk zien. De uitleg is evident, zie hoger in puntje 3.1.4.

- de conductiviteit te Prosperpolder is vanzelfsprekend steeds groter dan deze gemeten aan Boei 84 en Oosterweel. Hoewel: de conductiviteit te Prosperpolder is ongeveer even groot of zelfs iets lager dan deze geobserveerd in het onderste toestel van Boei 84 gedurende de zomermaanden. Dit is de periode met de grootste luchttemperatuur en de kleinste bovenafvoer in 2011. Deze observatie geldt niet voor het bovenste meettoestel aan Boei 84, waar de conductiviteit steeds kleiner is dan te Prosperpolder. Aangezien de watertemperatuur geen invloed ter verklaring kan bieden, wijst dit er op dat in die maanden een flinke zoutwig over de bodem van de Beneden-Zeeschelde aanwezig is, waartoe de omstandigheden zowel qua bathymetrie àls dan ook qua seizoen aan Boei 84 gunstig zijn. Dit werd ook al geobserveerd in 2010.

- de conductiviteitswaarden tussen Prosperpolder en Boei 84 ontlopen elkaar niet veel, zeker niet in de winter- en in herfstmaanden, nl. wanneer de bovenafvoer relatief aanhoudend groot is dus het bovendebiet het zeewatergehalte in de Beneden-Zeeschelde terugdringt. In de zomermaanden is de conductiviteit aan Boei 84 bovenste meettoestel duidelijk kleiner dan te Prosperpolder en aan Boei 84 over de bodem (onderste meettoestel).

- de invloed van een gedurende bepaalde tijd flink vergrotend bovendebiet, laat zich op alle meetplaatsen zien, maar aan Boei 84 duidelijk in grotere mate dan te Prosperpolder. Ook dat is vanzelfsprekend.

Het jaarverloop van de conductiviteit te Oosterweel is algemeen deze zoals te Prosperpolder en aan Boei 84. Toch zijn er enkele verschillen:

- de invloed van de veertiendaagse cyclus doodtij/middeltij/springtij is te Oosterweel, alhoewel duidelijk aanwezig, iets kleiner dan afwaarts voor de conductiviteiten bij KHW, doch flink kleiner bij de conductiviteiten bij KLW. Dit koppelt zich met wat in volgend gedachtestreepje is aangegeven.

- het verschil tussen de waarden van conductiviteit bij KHW en de naburige KLW's, is ruim groter dan afwaarts. Dat ligt -zo leren langsverlopen- vooral aan het relatief klein blijven van de conductiviteiten bij kentering van laagwater. Te Oosterweel komt met vloed nl. een flinke toemaat van saliniteit mee, terwijl bij eb dergelijke zoutwig echt naar afwaarts is weggestroomd en er eerder een basis-saliniteit aanwezig blijft. De onder- en bovencontouren van het conductiviteitsverloop (dus de waarden bij KLW resp. KHW) zijn niet congruent: daar waar te Prosperpolder en aan Boei 84 de conductiviteit bij KLW deze van KHW gedurende het ganse jaar mooi op ongeveer gelijke voet volgt (een verschil van 3 à 5 mS/cm), is er te Oosterweel, bij beide aldaar aanwezige meettoestellen, een groot achterblijven van de conductiviteit bij grote waarden, van in lente over zomer tot in begin van herfst, nl. alsdan verschillen van 8 à 11 mS/cm, tegen "slechts" 2 à 5 mS/cm in winterse maanden. (Bij de was van januari 2011 werd het verschil nog kleiner.)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

- dit kan nog eens een derde keer verhaald worden, nl. aan de hand van de volgens langsvaarten gekende langsverhangen van de conductiviteit (en het chloridegehalte) bij enerzijds KHW en anderzijds KLW, gemeten van Bath tot aan Kruibeke. Het verhang in de conductiviteit (en chloride-gehalte) is bij KHW steeds groter dan het verhang bij KLW, en zeker in zomerse omstandigheden wordt dat verhang tussen Bath en Kruisschans/Kallosluis vrij groot. De verhangen bij KLW zijn steeds kleiner, en opwaarts Kruisschans blijven ze gedurende het ganse jaar vrij klein. Bij het met vloed en eb verschuiven van de zoutindringing vanuit zee naar land en omgekeerd, kan het dus niet anders dan dat de variatie van de conductiviteit (en het chloridegehalte) bij de kenteringen van hoogwater beduidend groter moet zijn dan deze bij de kenteringen van laagwater.

Te Oosterweel is er praktisch geen verschil tussen de conductiviteit bij het bovenste meet-toestel en deze bij het onderste. De zeer goede menging van het Scheldewater is opwaarts Kruisschans/Kallo echt wel een feit.

De invloed van een gedurende bepaalde tijd sterk vergroten van de bovenafvoer, laat zich op alle drie locaties in Beneden-Zeeschelde duidelijk zien. Bij de wassen van half januari en half december 2011 verkleint de conductiviteit zeer snel en in een zeer grote mate, wat zeer markant op alle vijf bovenstaande figuren te zien is (voor zover een meettoestel aanwezig was tijdens de wasperiode). Maar toch ook markant zijn de dalingen in het conductiviteitsverloop bij de verhoogde afvoeren in juli, augustus en september 2011. Aan alle meetlocaties zijn kleine dalingen van de conductiviteit, al bijna even uitgesproken bij KLW als bij KHW ter hoogte van Prosperpolder en Boei 84, maar toch meer uitgesproken bij KHW dan bij KLW te Oosterweel.

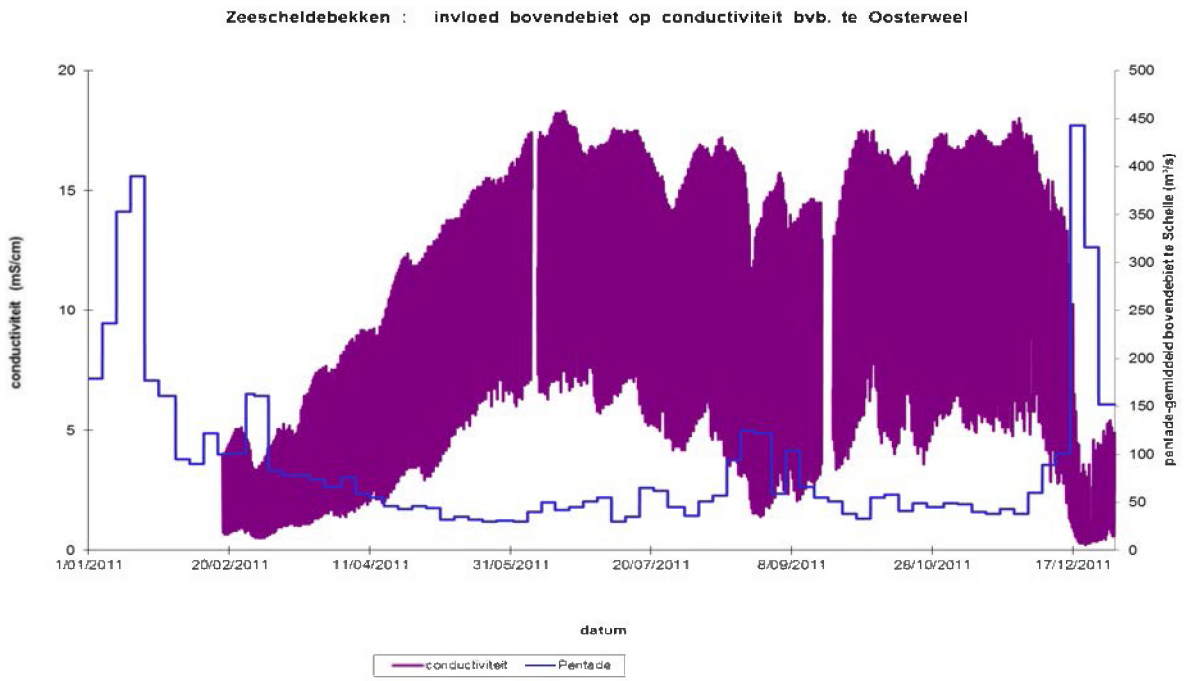
Hoewel de laagste conductiviteitswaardes geregistreerd werden tijdens de was van half januari, is de meest uitgesproken daling die van half december, waarbij de conductiviteitswaarden zeer snel verkleinen. De waarden bij KLW verkleinen tot iets meer dan één derde te Prosperpolder, iets minder dan een vierde aan Boei 84, en tot zelfs meer dan een zesde te Oosterweel.

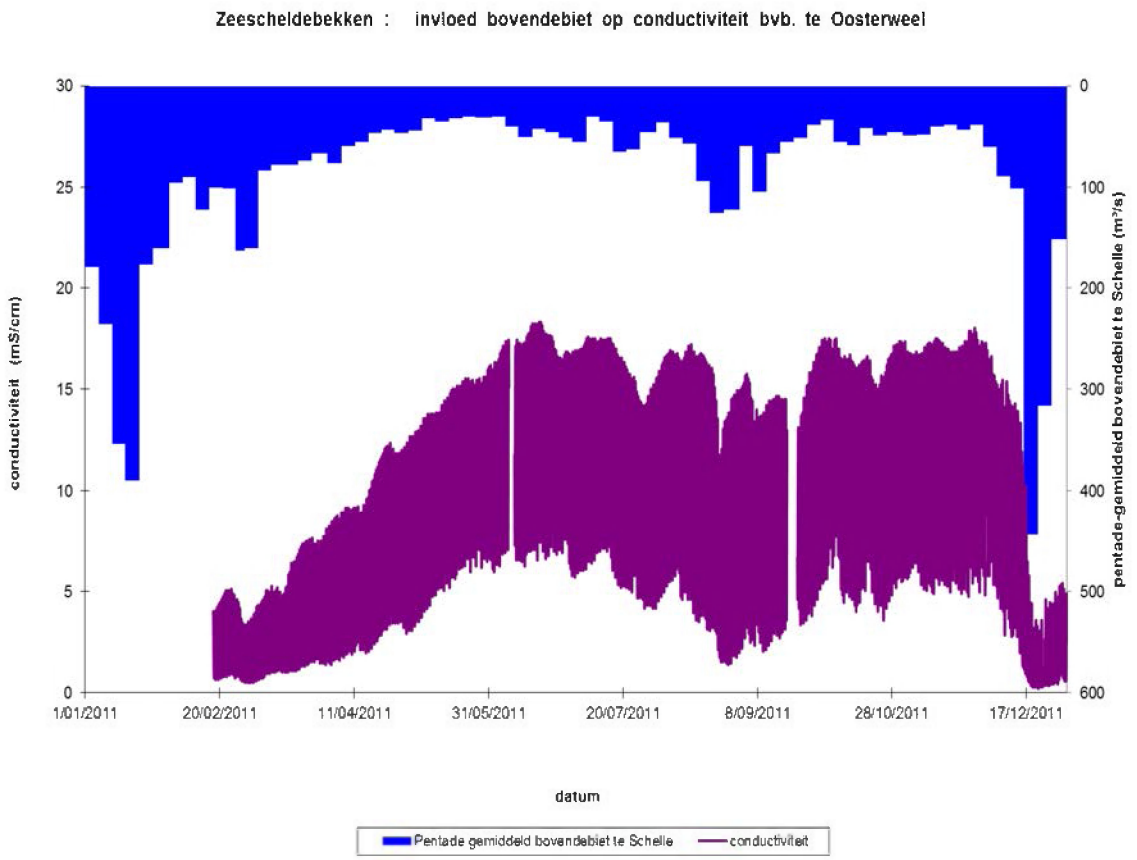
Bij alle wasregimes volgt de vermindering van de conductiviteit (en dus het chloride-gehalte) vrij snel op het doorgaan van de wasafvoeren te Schelle. Met de nieuwe methode van vijfdaagse i.p.v. tiendaagse bovendebieten van "de Schelde te Schelle", én met inrekening van een realistische tijdsvertraging van bovenafvoeren vanuit de randen van het tijgebied naar Schelle, blijkt inderdaad terdege een snelle respons van conductiviteit in de Beneden-Zeeschelde op de bovenafvoer, alleszins bij wasregimes.

Bij langdurige periodes van vrij gelijkblijvende gemiddelde tot kleine en zeer kleine bovendebieten, verloopt de conductiviteit zoals het ook anders in jaarverlopen te zien gaf, nl. een in lente gestaag vergroten tot het bereiken van maxima in zomer en -bij mooie nazomer- tot aan de herfst, waarna een daling naar de winter toe. Door de weinige neerslag tot november 2011, blijft de daling in conductiviteit lange tijd uit. De daling die halverwege november pas ingezet wordt, zet zich door de was van half december extreem door. In het jaarverloop 2011 blijkt duidelijk welke grote en snelle invloed een tijdelijk flink vergroten van de bovenafvoer wel heeft.

Als voorbeeld tonen beide volgende figuren én het verloop van de conductiviteit te Oosterweel én de aanvoer van bovendebiet van "de Schelde te Schelle" over het jaar 2011. De bovenste grafiek is deze volgens normale opbouw der y-assen, daar waar in de onderste grafiek de bovendebieten in andersom zin zijn uitgetekend.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009





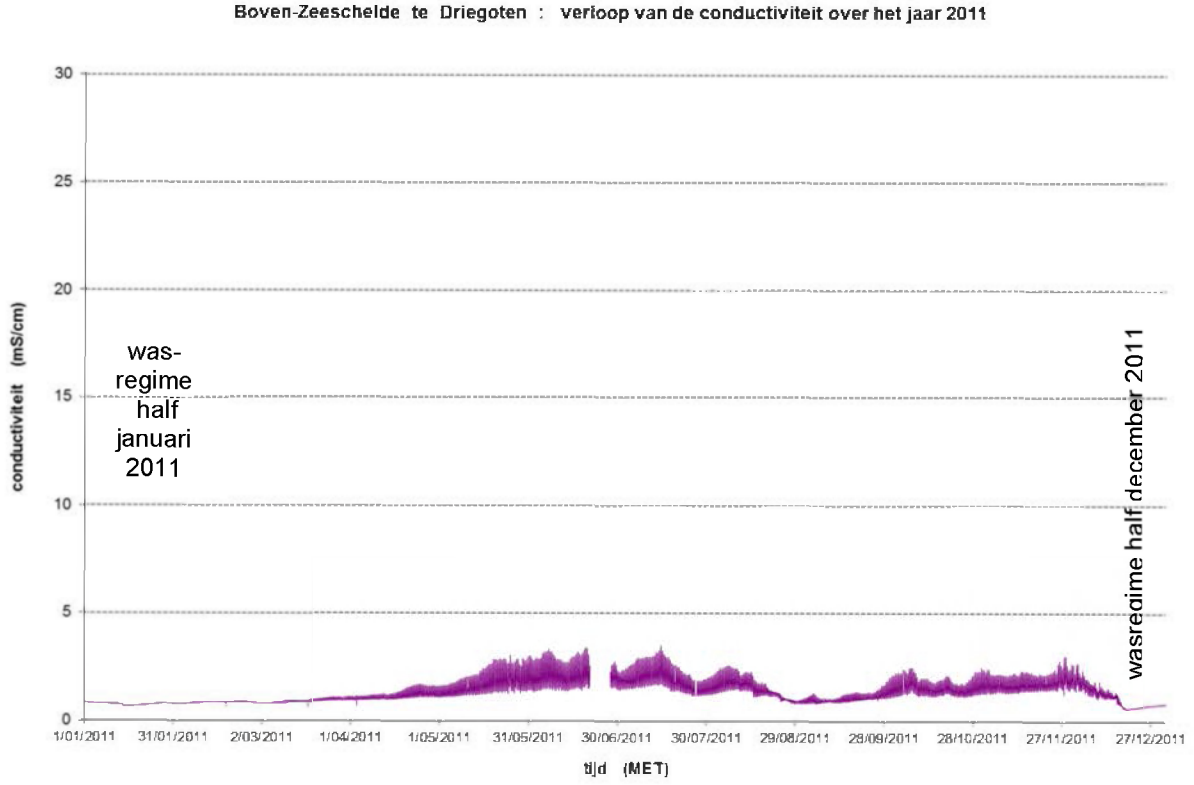
Figuur 193 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : jaarverloop 2011 van de conductiviteit bij heersende temperatuur, en van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle" (bovenaan het bovendebiet volgens positieve y-as, onderaan volgens negatieve y-as)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

In de Boven-Zeeschelde te Driegoten zijn de conductiviteitswaarden over het jaar uiteraard vrij klein. Gedurende het jaar is er weinig of geen variatie binnen de wintermaanden, eerste lente-maanden, en laatste herfstmaanden. De waarden gaan van ongeveer 0,3 à 1 mS/cm, met meestal echt geen verschil tussen de waarden bij KHW en KLW. Enkel in de "zomerse" maanden wordt de conductiviteit beduidend groter en worden ook de waarden bij KLW relatief "groot" nl. 1 à 1,5 mS/cm. Bij KHW kunnen waarden van 2 à 3 mS/cm voorkomen.

Onderstaande figuur toont mooi de invloed van het wasregime van half augustus 2011. Conductiviteitswaarden van rond 3 mS/cm bij KHW en rond 1,4 mS/cm bij KLW gaan plots en snel tot waarden kleiner dan 1 mS/cm met slechts een miniem verschil tussen KHW en KLW (nl. 0,2 mS/cm). Daarna kan de conductiviteit niet meer veel groter worden; de bovenafvoer is dan voor de rest van het jaar niet meer gedurende voldoende tijd voldoende klein om nog veel zoutindringing vanuit zee naar de Boven-Zeeschelde te bewerkstelligen.

De was van half december 2011 is op onderstaande figuur duidelijk te zien. De (nog steeds licht verhoogde) conductiviteiten zakken aanzienlijk en dan voornamelijk de waarden bij KHW, waardoor deze nagenoeg op dezelfde hoogte komen als de waarden bij KLW. De was van half januari 2011 is veel moeilijker te zien, omdat de conductiviteitswaarden van KHW en KLW daar al nagenoeg gelijk waren. De zomerse verhogingen in afvoer (vooral augustus en september) zijn eveneens vooral waarneembaar door de daling in conductiviteiten tijden KHW.



Figuur 194 - Boven-Zeeschelde te Driegoten : jaarverloop 2011 van de conductiviteit bij heersende temperatuur

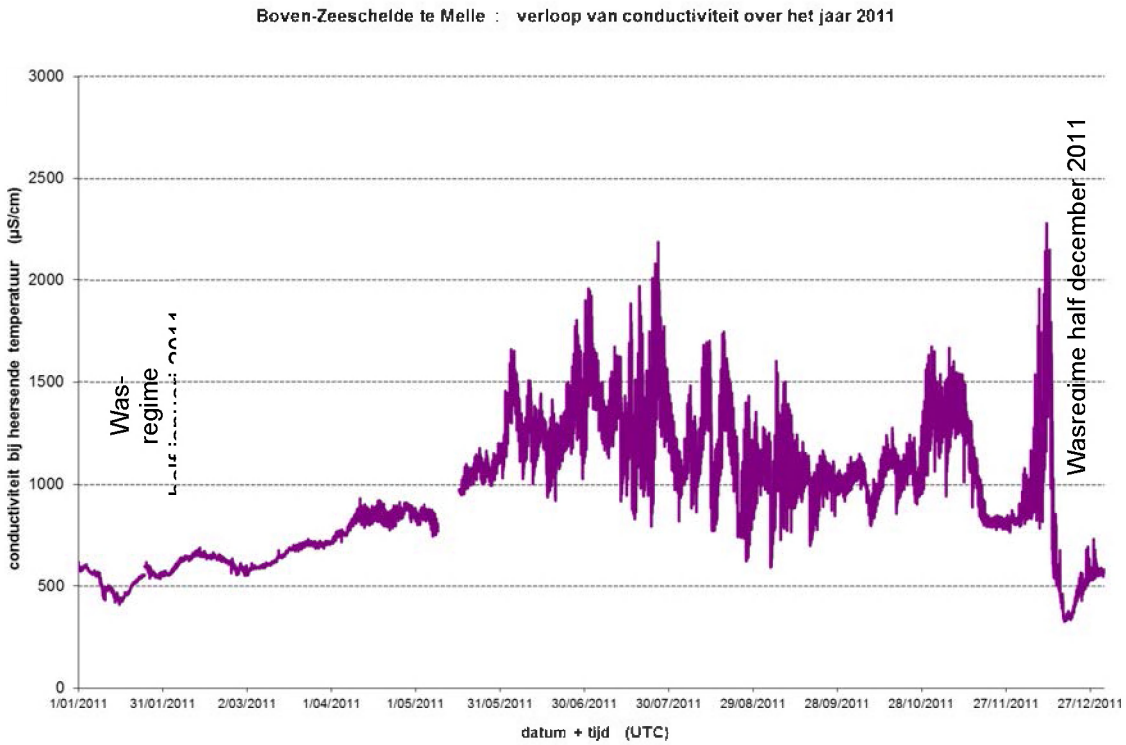
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De volgende twee figuren tonen het jaarverloop 2011 van de conductiviteit in de Boven-Zeeschelde te Melle en in de Beneden-Nete te Duffelsluis. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de schaal van de y-as nu µS/cm is (i.p.v. mS/cm). De conductiviteit is dus alleszins op deze opwaartse plaatsen zeer klein.

Daar waar maxima-waarden van de conductiviteit te Melle gaan tot 2275 µS/cm, en eigenlijk kortstondig boven de 2000 µS/cm uitkomen, reiken deze te Duffelsluis gedurende langere tijd tot meer dan 2000 en kennen uitschieters groter dan 2650 µS/cm. Al vroeger in dit rapport werd terzake aangegeven dat de locatie Melle beduidend "verder van zee" is gelegen dan de locatie Duffelsluis. De zoutindringing in het Zeescheldebekken bereikt eerder en grootser Duffelsluis dan wel Melle, te meer daar van Schelle naar Melle nog flinke zoutreducerende aanvoer van zij- en bovendebiet is (vnl. afvoer Durme en Dender).

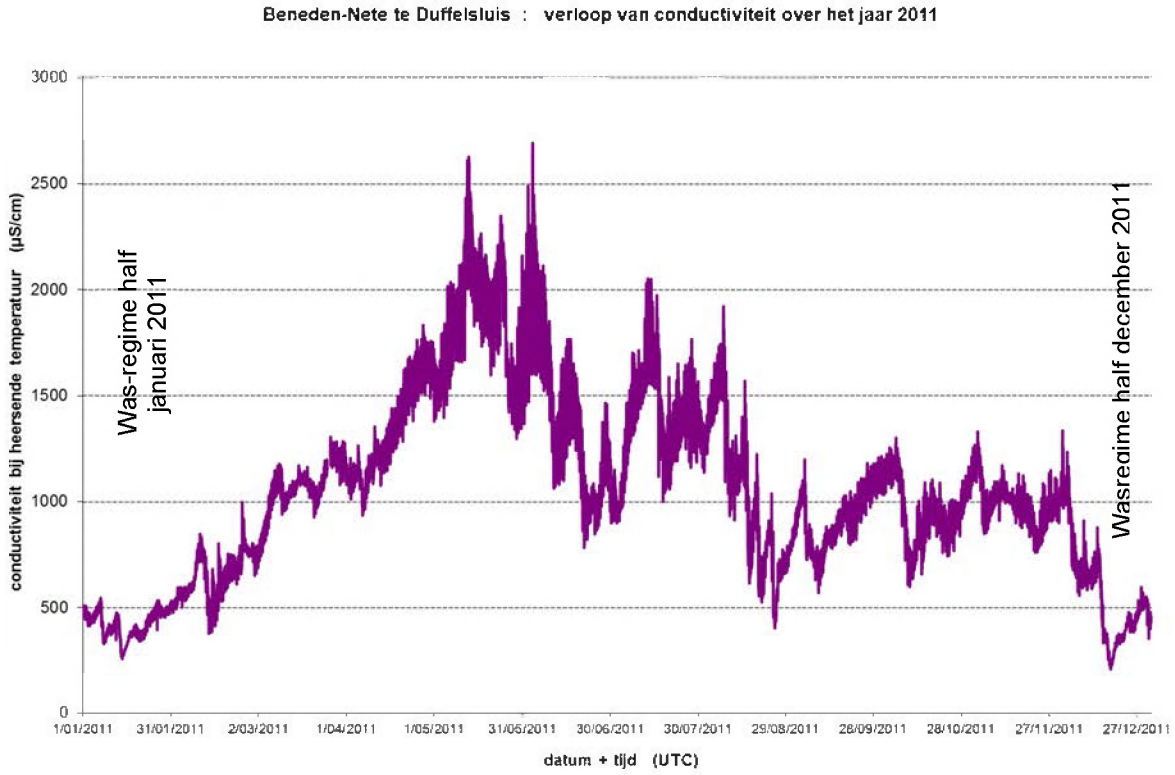
Eerder in dit rapport werd ook al uitvoerig stilgestaan bij de invloed van de wasregimes van half januari en half december, op de conductiviteit van het Scheldewater te Melle en het Netewater te Duffelsluis. De bovenafvoer handelt inderdaad telkens over nog zoeter water, resp. vanuit Schelde en Leie, en vanuit het Netebekken.

Bij het wasregime van half december 2011 ging het vooral om veel afvoer op de Zeeschelde. Dat resulteert te zowel te Melle als te Duffelsluis in een beduidende vermindering van de conductiviteit. Bij het wasregime van half-januari is enkel in Melle een daling van de conductiviteit merkbaar. Te Duffelsluis is wel een veertiendaagse invloed van de doodtij/springtij-cyclus merkbaar die door het wasregime nog lichtjes verkleind wordt.



Figuur 195 - Boven-Zeeschelde te Melle :
jaarverloop 2011 van de conductiviteit bij heersende temperatuur

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 196 - Beneden-Nete te Duffelsluis :
jaarverloop 2011 van de conductiviteit bij heersende temperatuur

3.5 jaarverloop turbiditeit en suspensiegehalte meetlocaties Zeeschelde

Zoals reeds aangehaald in Sectie 3.1.4 wordt de turbiditeit van een vloeistof gedefinieerd als de mate van helderheid van die vloeistof. Deze grootheid wordt op het WL gemeten door multi-parameter toestellen, die uitgestuurde lichtstralen opvangen die teruggekaatst worden door de aanwezige partikels in de stroom.

De hoeveelheid licht die weerkaatst wordt door een bepaalde hoeveelheid partikels is tot op zekere hoogte afhankelijk van de vorm, kleur en reflectiviteit van die partikels, alsook van de kleur van het medium. En daarom is de relatie tussen turbiditeit en de sedimentconcentratie locatieafhankelijk maar ook toestelafhankelijk.

Zoals aangehaald in sectie 3.1.3, worden turbiditeiten gemeten op twee hoogten langs de verticale te Oosterweel en aan Boei 84, terwijl te Driegoten, Melle en Duffelsluis op één hoogte gemeten wordt. De eerste drie locaties (in het 'maritieme' gedeelte van de Zeeschelde) worden bemeten met Aanderaa toestellen (die om de 10 minuten waarden registreren). Daarbij is het toestel te Driegoten, het onderste toestel te Oosterweel en het bovenste toestel aan Boei 84 van het type Seaguard, terwijl het bovenste toestel te Oosterweel en het onderste toestel aan Boei 84, Aanderaa's van het type RCM9 zijn.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Daarnaast meten de toestellen te Melle en Duffelsluis om de 5 minuten en zijn het YSI-toestellen van het type YSI 6920.

Dit houdt in dat deze drie toesteltypes elk een andere relatie zullen hebben tussen hun turbiditeitseenheid (in de praktijk NTU voor YSI en Aanderaa RCM9 en FTU voor Aanderaa Seaguard toestellen) en de bijbehorende sedimentconcentraties die zij waargenomen hebben. Zelfs al zouden zij op dezelfde locatie meten.

3.5.1 turbiditeiten te Oosterweel, Boei 84 en Driegoten

Wanneer men op éénzelfde locatie, op éénzelfde diepte onder watervlak of op éénzelfde hoogte boven bodem, turbiditeit continu meet dan zal dit een sterk variërend beeld geven, hoe goed de meetlocaties ook zijn gekozen.

Dit komt doordat de gesuspendeerde deeltjes geen homogeen verdeeld veld vormen. Men ziet in situ duidelijk dat al dat suspensiemateriaal dikwijls als afzonderlijke "wolken" passeren, en slechts weinig optreden als een iets of wat veld met homogene trekken. Men kan in de Beneden-Zeeschelde wijzen op de grote turbulentie van het Scheldewater, op locale "verstoringen" (invloed wisselende geulen langs en dwars, invloed zijdokken of toegangen tot sluizen, invloed dammen, invloed steigers en dukdalven, enz.) die alle samen het beeld van passerend suspensiemateriaal heterogeen maken. Kenschetsend zijn de "slib-wolken" die vanaf de steiger te Liefkenshoek of aan de toegangsgeul van Kallosluis kunnen gezien worden: het suspensiemateriaal passeert niet enkel in afzonderlijke wolkenformaties volgens langs-as, maar er borrelen duidelijk suspensiewolken verticaal naar het wateroppervlak. In beide soorten "wolken" is het suspensiegehalte makkelijk een vijfvoud van het suspensiegehalte in de tussenin gelegen "suspensie-arme" tijdsgebonden overgangen tussen die "suspensie-rijke" "wolken". Uiteraard worden dergelijke qua sediment-voorkomen extreme locaties als meetlocatie vermeden, en worden de toestellen uitgezet op veel rustiger locaties.

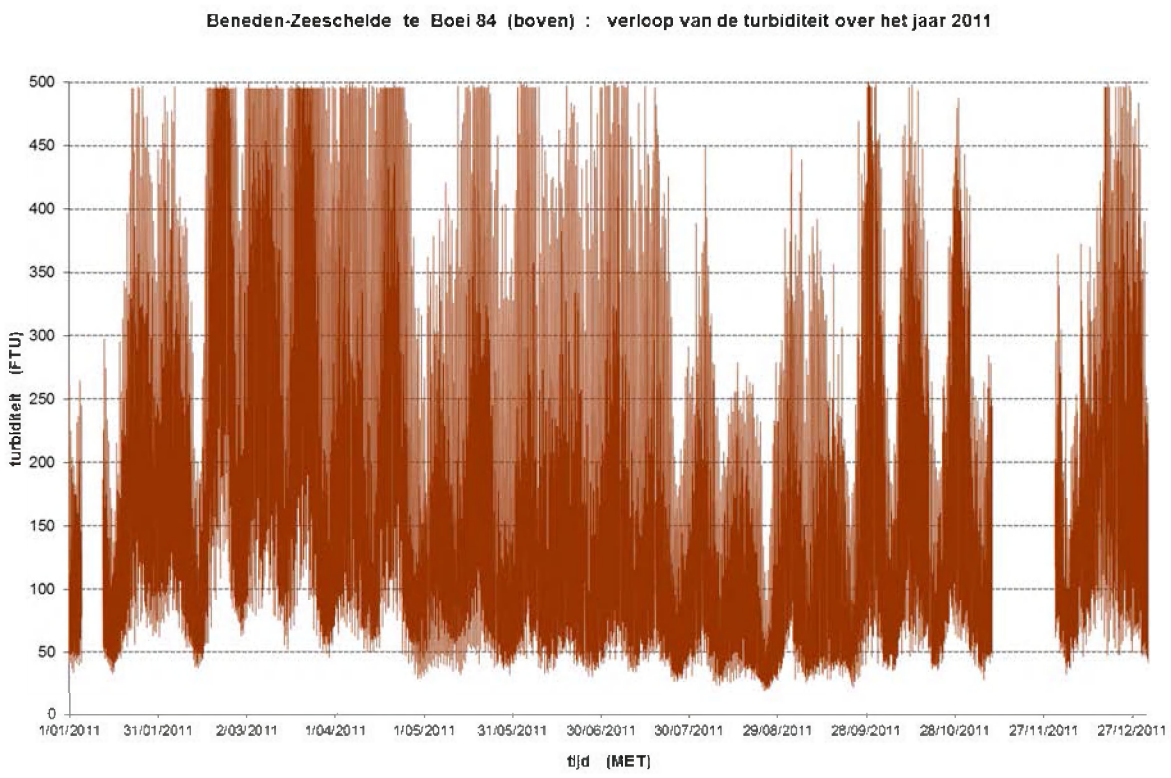
Volgende vier figuren tonen àlle meetwaarden (per tien minuten) voor de locaties Oosterweel, Boei 84 en Oosterweel en Driegoten.

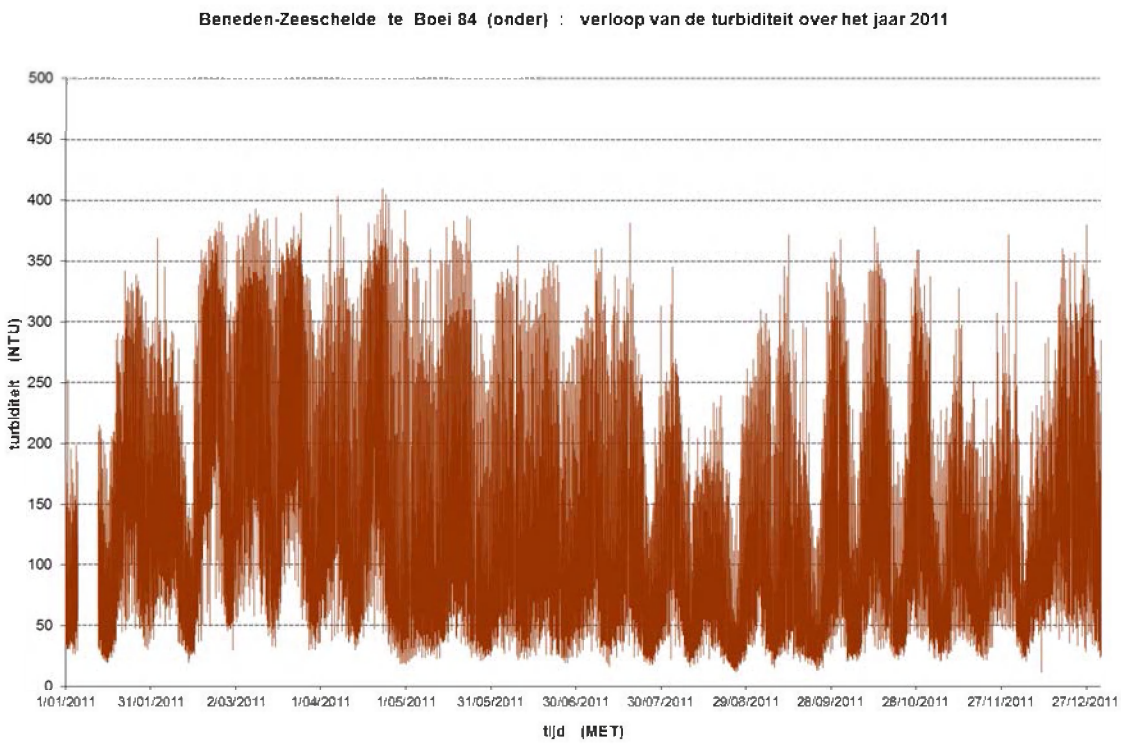
Hier valt meteen op dat alle Seaguard toestellen regelmatig maximale meetwaarden vertonen (500 FTU) terwijl de RCM9 toestellen hun maximale meetwaarden van 500 NTU nooit bereiken. In deze blijkt de gevoeligheid van de Seaguard toestellen dus groter dan die van de RCM9 toestellen, waardoor de backscatter van eenzelfde concentratie aan sedimentpartikels groter is. De sensor van de Seaguard raakt dus sneller verzadigd, waardoor de maximum waarde vaker bereikt wordt.

Aangezien de maximale waarden van de Seaguard gedurende langere periodes worden aangehouden (de waarden plafonneren) toont dit eigenlijk aan dat het aanwezige suspensiegehalte groter was dan wat de sensor kon registreren. Met andere woorden, turbiditeitswaarden hoger dan 500 FTU deden zich voor, maar konden niet geregistreerd worden.

Men kan dus stellen dat de Seaguard toestellen, hoewel ze eveneens een turbiditeitsrange van 0-500 FTU bestrijken, te gevoelig zijn voor de metingen in de Zeeschelde. In 2012 lopen acties om de range van de turbiditeitsensoren van de Seaguard toestellen te vergroten tot 2500 FTU om dit probleem te verhelpen.

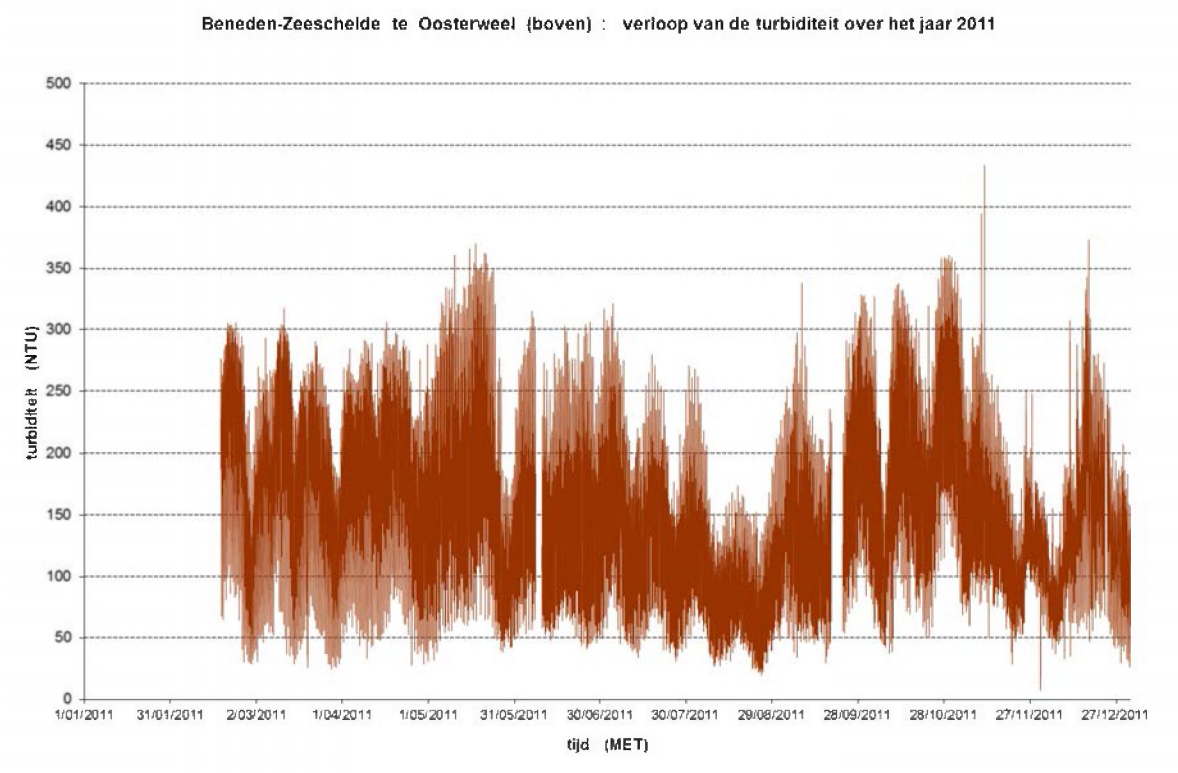
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

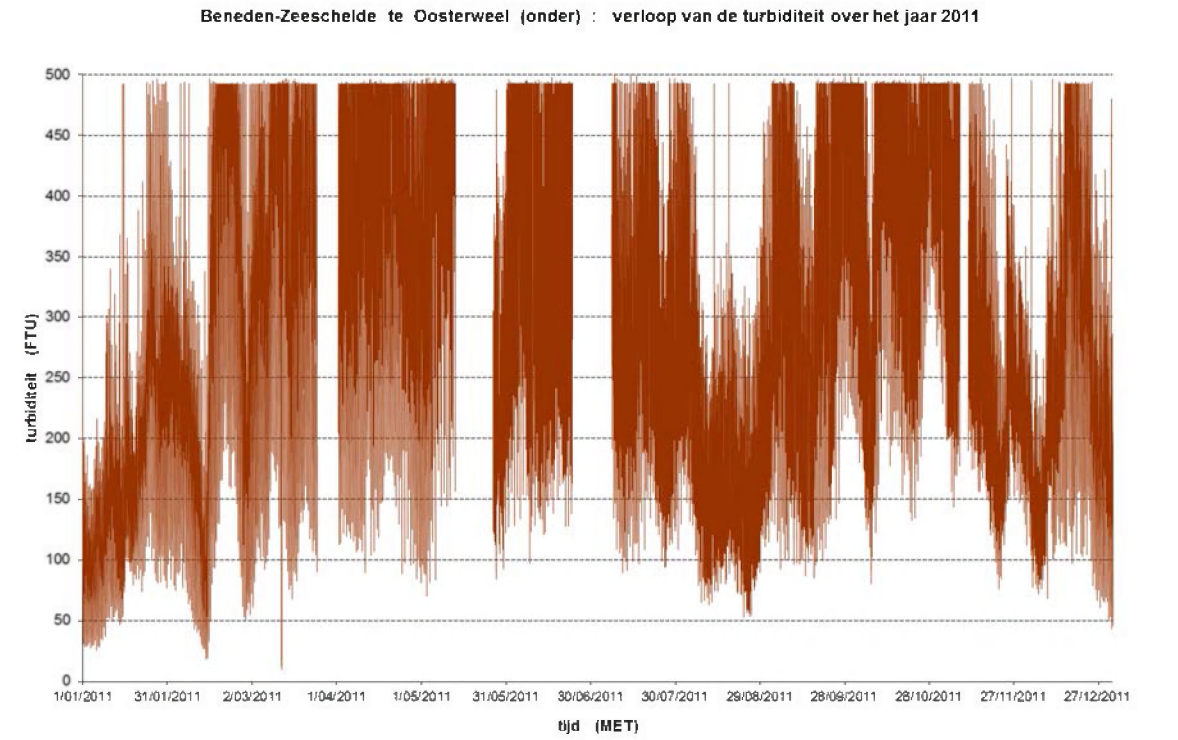




Figuur 197 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2011 van de turbiditeit, boven het bovenste meettoestel, onderaan het onderste meettoestel

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009





Figuur 198 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van de turbiditeit, boven het bovenste meettoestel, onderaan het onderste meettoestel

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Ondanks de problemen met het bereiken van de maximale meetwaarde voor de Seaguard toestellen, kunnen toch nog steeds relevante observaties gemaakt worden.

De kleinste turbiditeiten worden steeds geobserveerd tijdens kentering, en geven dus als het ware een 'achtergrondwaarde' voor turbiditeiten (en het corresponderende suspensiegehalte). Aldus geeft de onderkant van de grafieklijn de minimum-waarden van de turbiditeit bij kentering weer. De bovenkant van de grafieklijn geeft de maximale waarden per vloed en eb weer. De bandbreedte van de grafiek spreekt voor zich: het bereik van de turbiditeit per opeenvolgende vloeden en ebben. Daaruit volgt meteen de veertien/vijftiendaagse cyclus van doodtij/middeltij/springtij zoals ook bij de conductiviteit gezien. Buiten de seizoenale variaties is de turbiditeit ook functie van de stroomsnelheid, en deze is functie van het tijverschil, wat deel uitmaakt van voornoemde cyclus van doodtij/middeltij/ springtij. De grafieken tonen ook dat er binnen àlle meetwaarden over een jaar, of over een deel-periode van een jaar bvb. voornoemde tijcyclus maar ook binnen een tij zelf, meer waarden aanwezig zijn van kleine en gemiddelde grootte aan turbiditeit, en dat de grote tot zeer grote waarden uitschieters zijn waarvan er ook telkens een respectabel aantal van aanwezig kunnen zijn.

Het is bekend dat zich tussen Antwerpen en Doel, een zone van zgde "maximum-turbiditeit" voordoet, die volgens de langs-as naar op- of afwaarts verschuift al naargelang de grootte van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, net zoals de brakke zone. Op zich vormt dit al een eerste drijfveer van seizoenale variatie van turbiditeit. De temperatuur van het Scheldewater is mede een tweede doch onrechtstreekse drijfveer: 's winters zullen de suspensie-partikels meer als aparte deeltjes aanwezig zijn, tegen 's zomers meer als samengeklitte vlokken. Ook de mogelijkheid van erosie of resuspensie van deeltjes is zo seizoenaal gebonden.

De onderbrekingen in de grafieken betreffen periodes dat meettoestellen voor ijkingen, nazicht en onderhoud van hun meetplaats werden weggenomen, of (te Oosterweel-onder, januari 2011) de kraanopstelling waaraan het meettoestel is opgehangen, defect was. Alle continue metingen in situ, en zeker in ruw water zoals de Beneden-Zeeschelde, kennen hun moeilijkheden en tegenslagen.

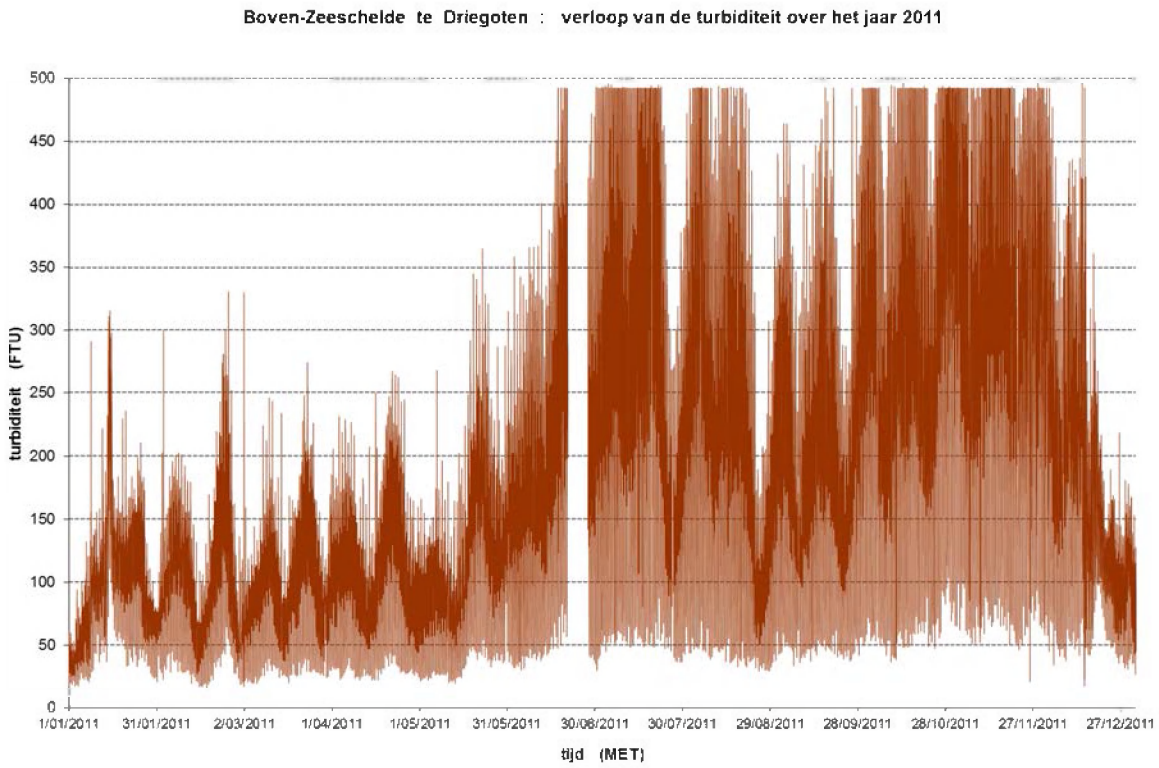
Door het feit dat de Seaguards te Oosterweel en aan Boei 84 niet beiden bovenaan hangen (enkel ter hoogte van Boei 84 is dat het geval) is het moeilijk om op basis van turbiditeiten vergelijkende uitspraken over deze meetlocaties te doen. In 2010 was het zeer duidelijk dat de turbiditeiten te Boei 84 doorgaans groter tot veel groter waren dan te Oosterweel.

In de Boven-Zeeschelde te Driegoten kent het verloop van de turbiditeit ook het veertien/ vijftien-daags verloop van de doodtij/middeltij/springtij-cyclus. Ook hier is de stroomsnelheid dus het tijverschil daartoe bepalend. Ook hier omvatten de opeenvolgende tienminuut-waarden veel kleine en gemiddelde waarden, waarboven de grootste waarden van turbiditeit als uitschieters aanwezig zijn, zonder als spikes te mogen aanzien worden.

Opvallend is de sterke toename in turbiditeit in de tweede helft van het jaar. Dit zou kunnen verklaard worden door de opschuiving van het turbiditeitsmaximum naar meer stroomopwaarts, door de lange droge periode. De turbiditeiten zakken namelijk opnieuw eind november 2011, wanneer de afvoer opnieuw begon toe te nemen. En hoewel de was van half 2011 de turbiditeiten wel enigszins verhoogden, blijft de turbiditeit toch significant lager dan de maanden ervoor, wat de hypothese van een verplaatsend turbiditeitsmaximum bevestigd.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Als het turbiditeitsmaximum zich inderdaad stroomopwaarts verplaatst, zouden de turbiditeiten aan Boei 84 moeten dalen in de tweede helft van het jaar. Dit gebeurt inderdaad ook, doch minder uitgesproken dan de stijging van turbiditeiten te Driegoten.

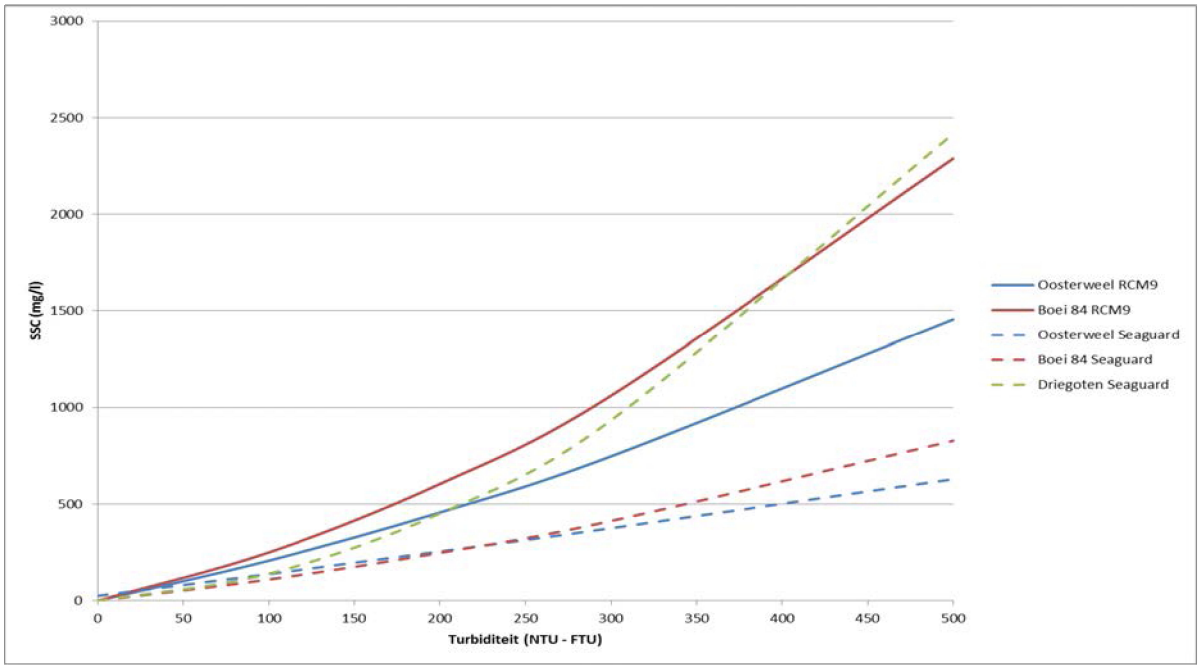


Figuur 199 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2011 van de turbiditeit

3.5.2 suspensiegehaltes te Oosterweel, Boei 84 en Driegoten

Gedurende meerdere jaren zijn te Oosterweel, Boei 84 en Driegoten kalibratiecampagnes uitgevoerd, waarbij een groot aantal meetstalen opgepompt werden, terwijl tevens de turbiditeitswaarden geregistreerd werden met de desbetreffende Aanderaa-toestellen. Uit deze gegevens konden vervolgens relaties tussen suspensiegehalte (SSC) en turbiditeit opgesteld worden. Deze worden weergegeven in figuur 200.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 200 - Kalibratierelaties opgesteld voor Aanderaa RCM9 en Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Oosterweel, Boei 84, en Driegoten

Uit deze kalibratiecampagnes konden volgende conclusies getrokken worden:

- alle gekalibreerde RCM9 toestellen reageren op eenzelfde manier (hebben eenzelfde NTU-SSC relatie) voor eenzelfde meetlocatie. Hetzelfde geldt voor alle Seaguard toestellen. Het is dus niet nodig om voor elk toestel afzonderlijk een relatie te tonen. Figuur 167 toont voor elk toesteltype een relatie per locatie.

- de relatie opgesteld voor RCM9 toestellen kent altijd hogere suspensiegehaltes voor eenzelfde turbiditeit als de Seaguard toestellen, waardoor het maximale meetbereik door Seaguard toestellen sneller bereikt wordt.

- de Seaguard te Driegoten lijkt bij hogere sedimentconcentraties te verzadigen, maar daar heeft nooit een RCM9 toestel ter vergelijking gehangen, waardoor geen toestelvergelijkingen op deze locatie mogelijk zijn. Daarnaast werden er op deze locatie slechts een beperkt aantal sedimentstalen met hoge concentratie bemonsterd, waardoor deze relatie nog met enige voorzichtigheid dient gehanteerd te worden, met name bij hoge FTU's en grote sediment-concentraties.

- er zijn kalibratiecampagnes uitgevoerd tijdens winter- en tijdens zomercondities. Door de lage sedimentconcentraties tijdens de zomercampagnes was het niet mogelijk om afzonderlijke seizoenale relaties op te stellen (om na te gaan of deze verschillen van elkaar). Daarom worden extra kalibratiecampagnes gepland in de zomer van 2012 om dit wel te kunnen nagaan. De relaties voorgesteld in figuur 200 gelden voor het gehele jaar.

- het is duidelijk dat zowel de RCM9 toestellen als de Seaguard toestellen aantonen dat voor eenzelfde sedimentconcentratie de turbiditeit te Oosterweel hoger is dan die aan Boei 84. Dit houdt in dat de eigenschappen van het getransporteerde sediment (vorm, grootte, kleur, …) verschillen te Oosterweel en aan Boei 84.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Door deze relaties toe te passen kan men voor alle meetlocaties en voor alle RCM9 toestellen goede inschattingen van het suspensiegehalte verkrijgen. Echter voor de Seaguard toestellen zullen onderschattingen van het suspensiegehalte gegenereerd worden wanneer alle maximale turbiditeiten (500 FTU) omgezet worden naar het corresponderend suspensiegehalte, aangezien de maximale meetwaarden van 500 FTU in deze meetreeksen eigenlijk onderschattingen zijn van de echt aanwezige turbiditeiten.

Om dit probleem op te lossen, is volgende aanpak toegepast. Men kan ervan uitgaan dat een goede correlatie bestaat tussen de toestellen die op eenzelfde verticale hangen (bovenste en onderste toestellen respectievelijk te Boei 84 en te Oosterweel).

Daarom werden de 'onderschatte' maximale turbiditeitswaarden van de Seaguards vervangen door waarden afgeleid uit de RCM9 datareeks van het toestel dat daar net boven (Oosterweel) of net onder (Boei 84) hing. Vervolgens werden de gevonden relaties, zoals gepresenteerd in figuur 167 toegepast op deze turbiditeitswaarden, om zo een inschatting te krijgen voor de suspensiegehaltes die tijdens deze piekmomenten voorbijstroomden. Aangezien er geen tweede toestel aanwezig is te Driegoten, kan deze extrapolatie-oefening daar niet uitgevoerd worden. Enkel het veranderen van het meetbereik van de sonde naar 2500 FTU kan daar (in de toekomst) soelaas voor brengen.

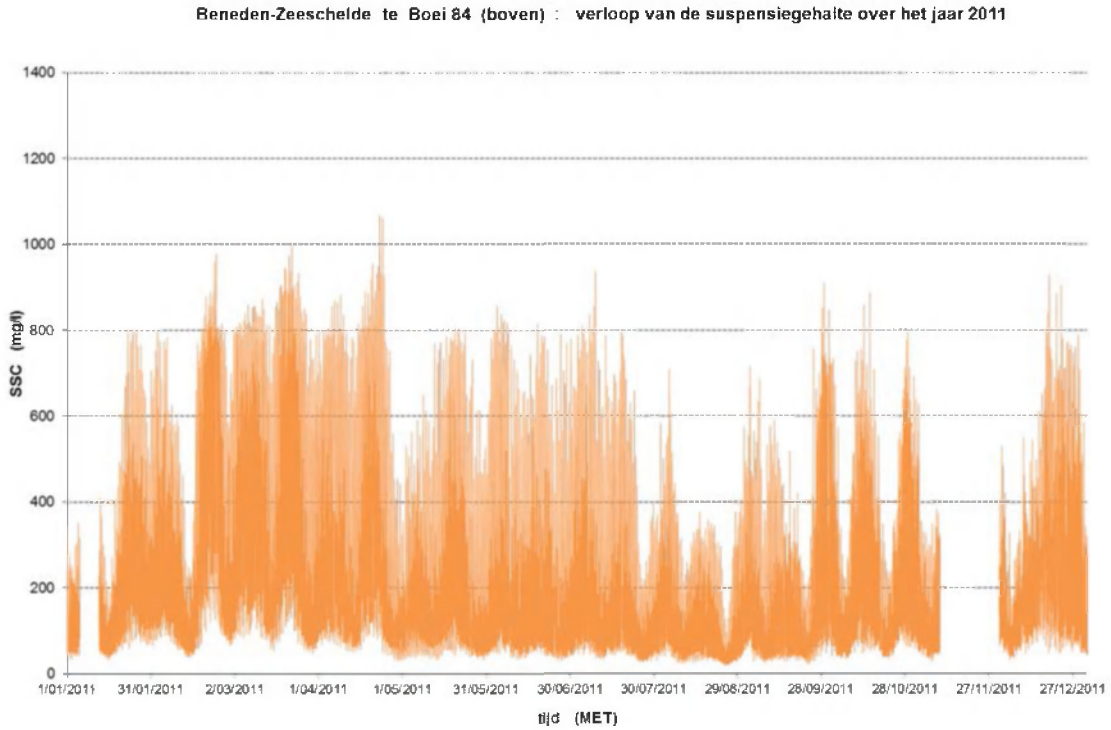
Hoewel deze techniek goed onderbouwd is, dienen deze geëxtrapoleerde waarden wel met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. Door de extrapolatie neemt namelijk de onzekerheid op de resultaten toe.

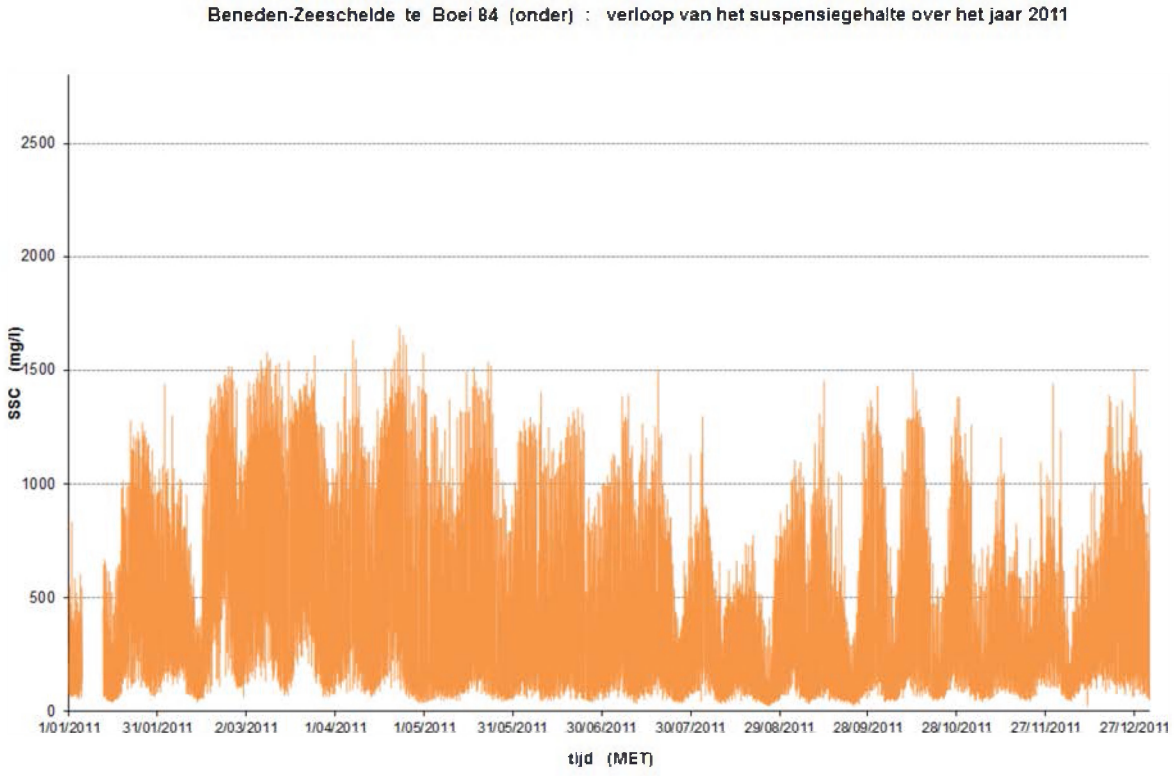
De volgende figuren tonen de aldus herbepaalde berekende suspensiegehaltes te Boei 84, Oosterweel en Driegoten.

Uit deze figuren valt duidelijk af te leiden dat de toestellen die dichter bij de bodem hangen, hogere sedimentconcentraties registeren. Niet alleen de hoogste waardes liggen hierbij hoger (deze dienen immers met een zekere voorzichtigheid benaderd te worden) ook de laagste sedimentconcentraties vertonen deze trend: over de bodem gaat inderdaad meer sediment dan in de waterkolom.

Ook valt af te leiden dat Oosterweel iets hogere sedimentconcentraties vertoont dan Boei 84, maar dat de grootteordes van suspensiegehalte gelijkaardig zijn.

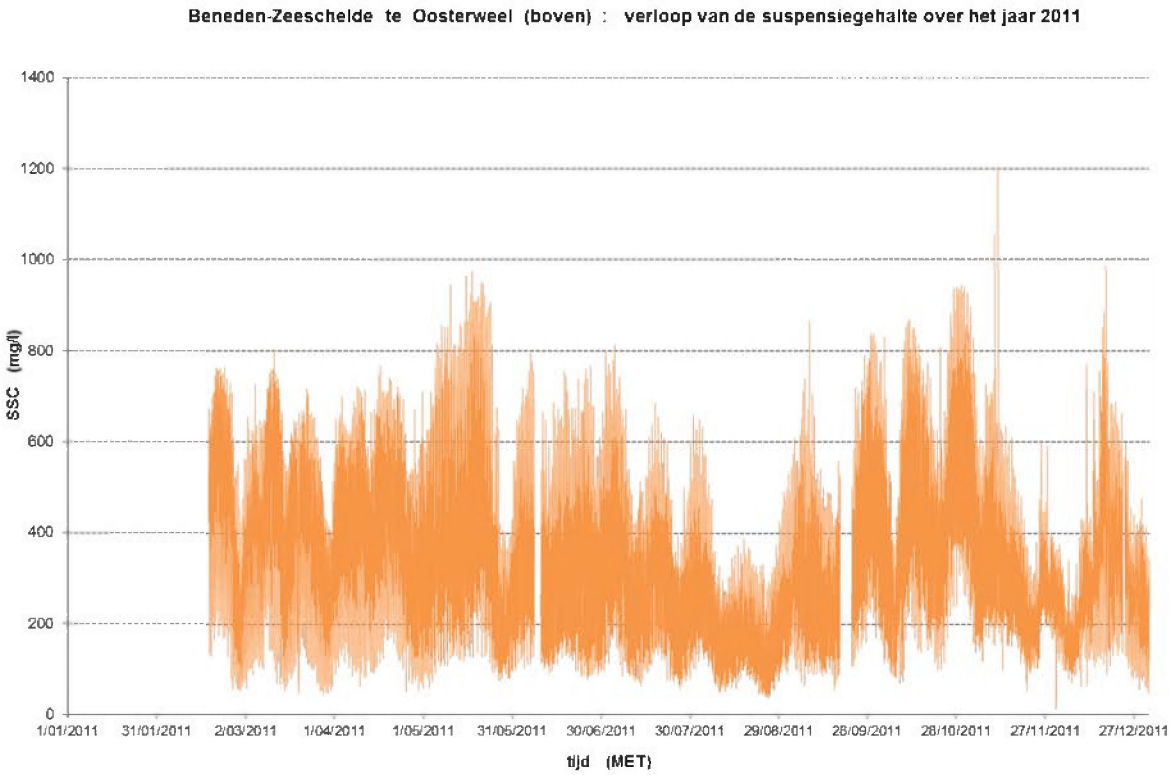
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

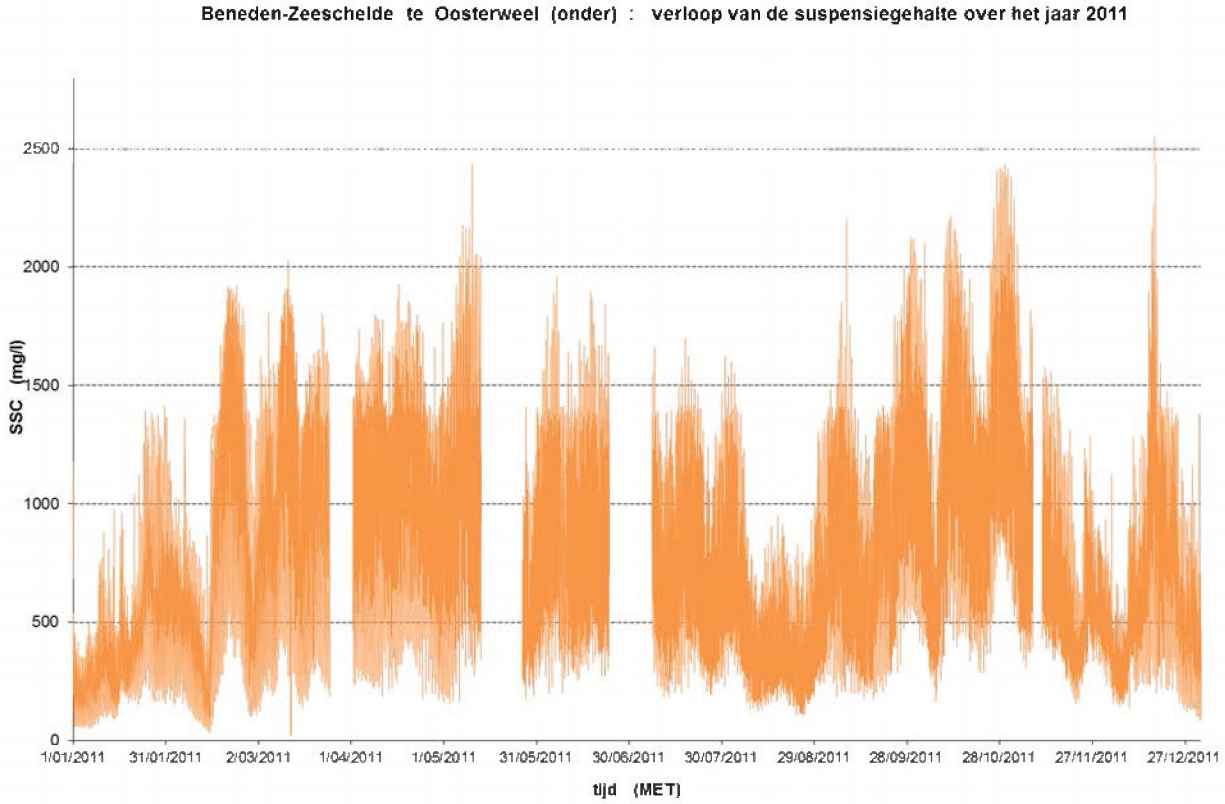




Figuur 201 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2011 van het suspensiegehalte, boven het bovenste meettoestel, onderaan het onderste meettoestel

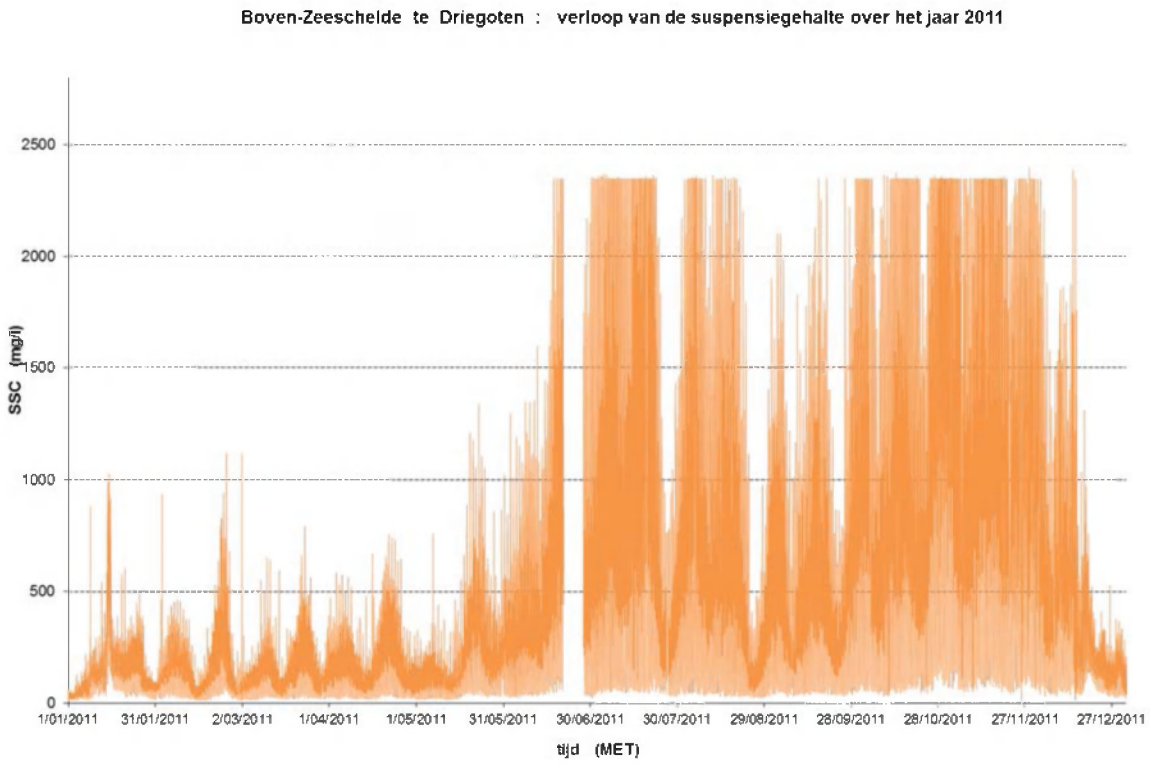
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009





Figuur 202 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2011 van het suspensiegehalte, boven het bovenste meettoestel, onderaan het onderste meettoestel

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 203 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2011 van het suspensiegehalte met onderschatting van maximale waardes

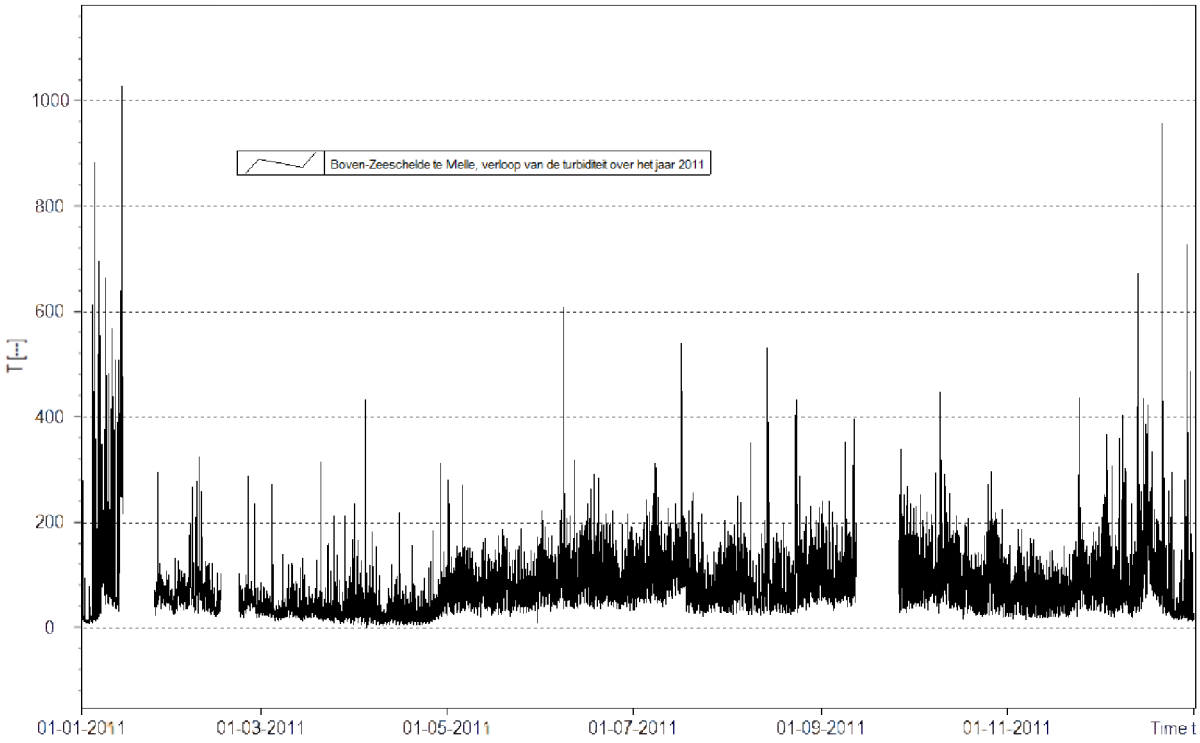
3.5.3 turbiditeiten en suspensiegehaltes te Melle en te Duffelsluis

3.5.3 a - turbiditeiten te Melle en Duffelsluis

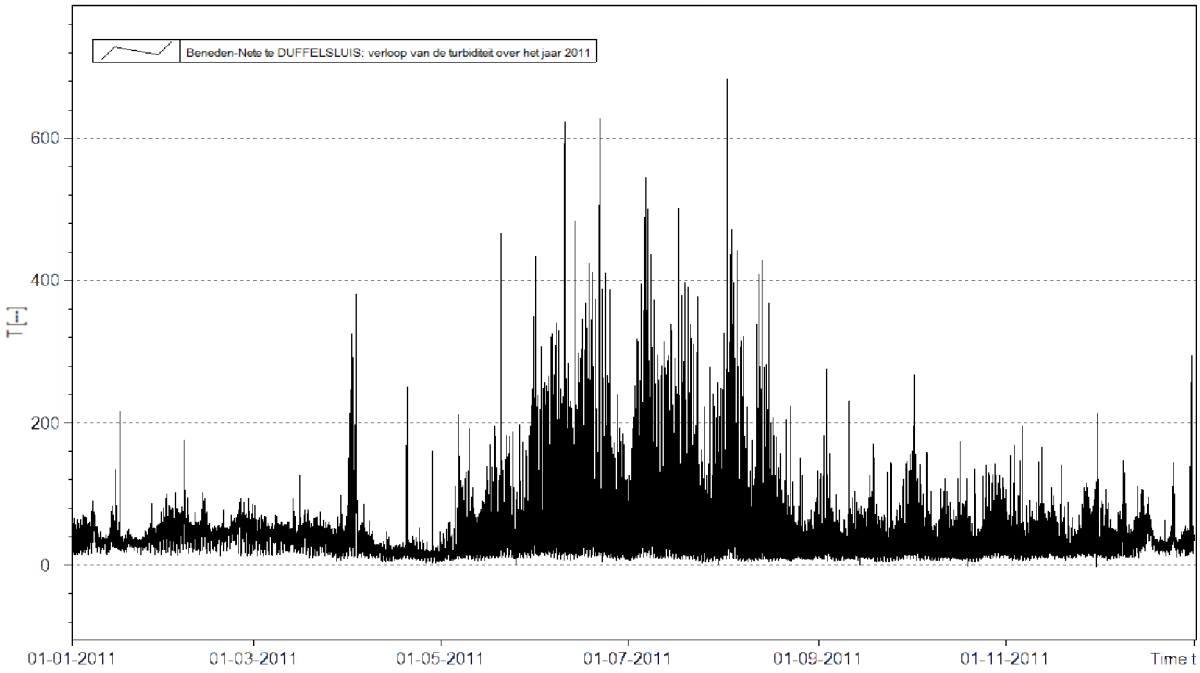
Figuren 204 en 205 tonen àlle turbiditeitswaarden (per vijf minuten) voor de locaties Zeeschelde te Melle en Beneden-Nete te Duffelsluis.

De onderbrekingen in de grafieken betreffen periodes dat meettoestellen voor ijkingen, nazicht en onderhoud van hun meetplaats werden weggenomen, of (te Melle, januari en oktober 2011) het meettoestel defect was.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 204 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2011 van de turbiditeit (NTU).



Figuur 205 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2011 van de turbiditeit (NTU)

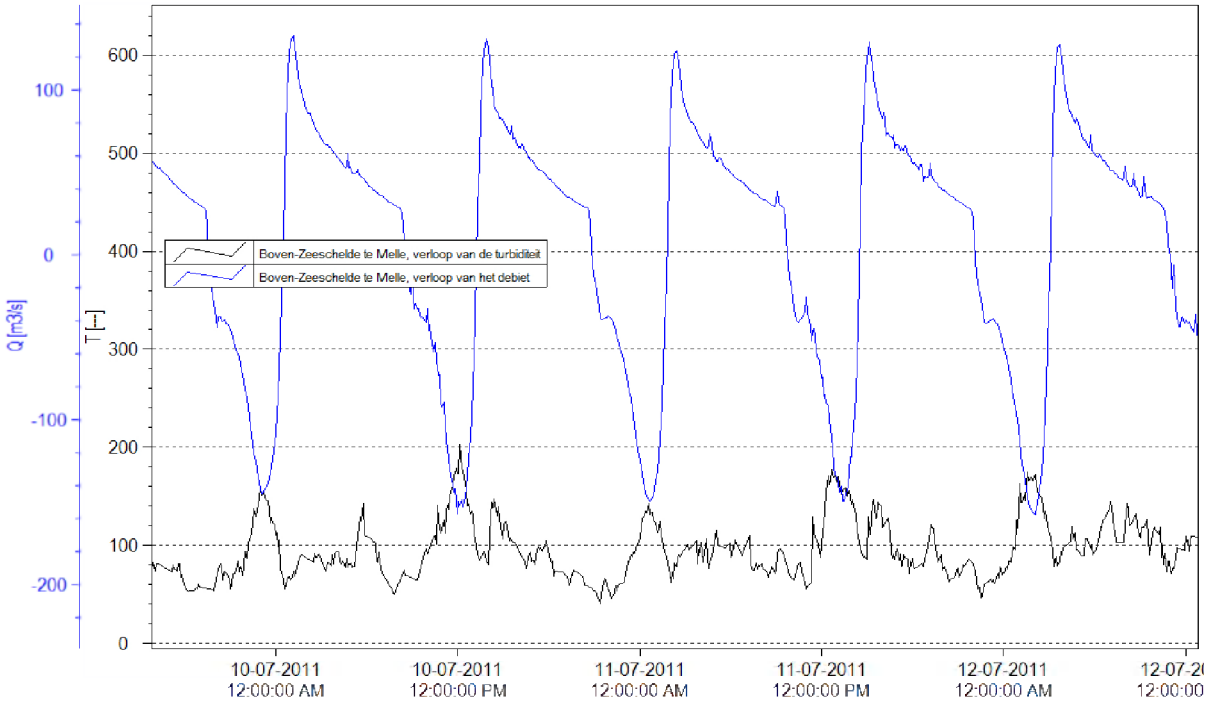
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Zoals vermeld in § 3.1.3, zijn zowel in Melle als in Duffel in het voorjaar van 2010 YSI-multi-parametersondes geïnstalleerd.

Behalve voor de wassen van januari en december 2011, vallen de turbiditeiten van Melle (fig. 204) binnen een range van 0 tot ongeveer 200 NTU, uitgezonderd enkele uitschieters tot maximum 600 NTU. Bij de wassen van januari en december 2011 worden te Melle piekwaardes tot ruim 1000 NTU verkregen, en vergroot de turbiditeitsrange tot ruim 300 NTU. Deze hoge turbiditeitswaardes bij de piekdebieten van januari en december worden in belangrijke mate veroorzaakt door hoge sedimentconcentraties (zie punt 3.5.4).

Behalve de variatie ten gevolge van wassen, is voor Melle doorheen het jaar nog een trend merkbaar. Vanaf mei 2011 is een verschil merkbaar van de minimum turbiditeiten naar grotere waarden in vergelijking met de periode daarvoor. Ook de range waarbinnen de turbiditeiten binnen een getijcylcus variëren wordt groter. Vanaf oktober 2011 is er terug een (geringe) neerwaartse shift naar kleinere minimum-turbiditeiten.

De turbiditeitswaarden binnen een tijcyclus zijn in Melle het grootst wanneer de grootste variatie in debiet optreedt, met andere woorden wanneer de helling van de stijgende en dalende tak van het hydrogram het grootst is. Deze invloed van de stroomsnelheid op de turbiditeit wordt geïllustreerd in fig. 206.



Figuur 206 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van turbiditeit (NTU, zwarte tijdsreeks) en debiet (m³/s, blauwe tijdreeks)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

In Duffelsluis (fig. 205) worden maximum turbiditeiten van ongeveer 700 NTU bemeten in de zomerperiode (juni-augustus). De meeste turbiditeitswaarden in deze periode liggen in het bereik van 0-300 NTU. Behalve enkele uitschieters (tot maximum 400 NTU), liggen de turbiditeitswaarden in de periode vóór en na de zomer meestal binnen een smalle band van ongeveer 50 NTU vóór de zomer en ongeveer 100 NTU na de zomer. Dit grotere turbiditeitsbereik én uitschieters tijdens de zomerperiode in vergelijking met de winterperiode is net het omgekeerde van wat te Melle vastgesteld wordt.

3.5.3 b - suspensiegehaltes te Melle en Duffelsluis

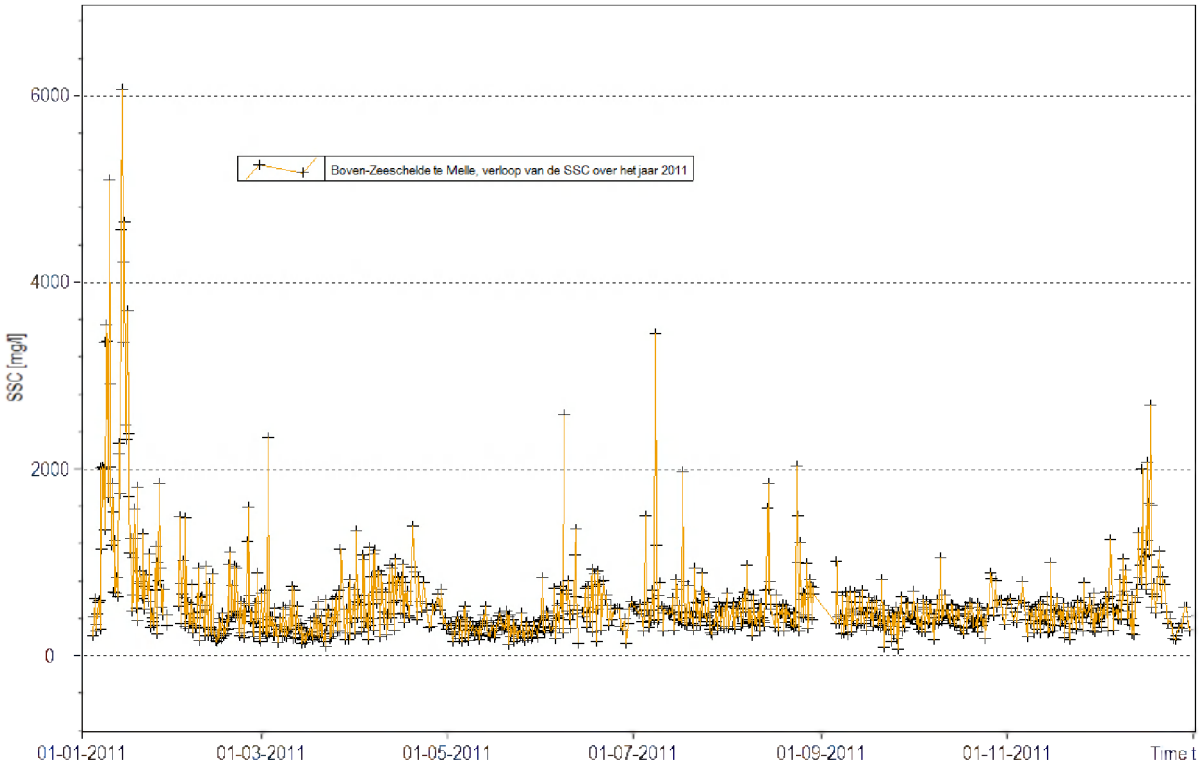
In tegenstelling tot de meetlocaties in het 'maritieme' gedeelte van het Zeescheldebekken, zijn de meetlocaties te Duffelsluis en Melle erg toegankelijk, is er een vast en ruim platform, en kan er gebruik gemaakt worden van het stroomnet. Daarom kon er op deze locaties een automatisch staal-nametoestel (ISCO type 6712FR) geïnstalleerd worden (zie Figuur 207).

Figuur 207 - automatisch staalname-toestel ISCO (type 6712FR), met koeling.

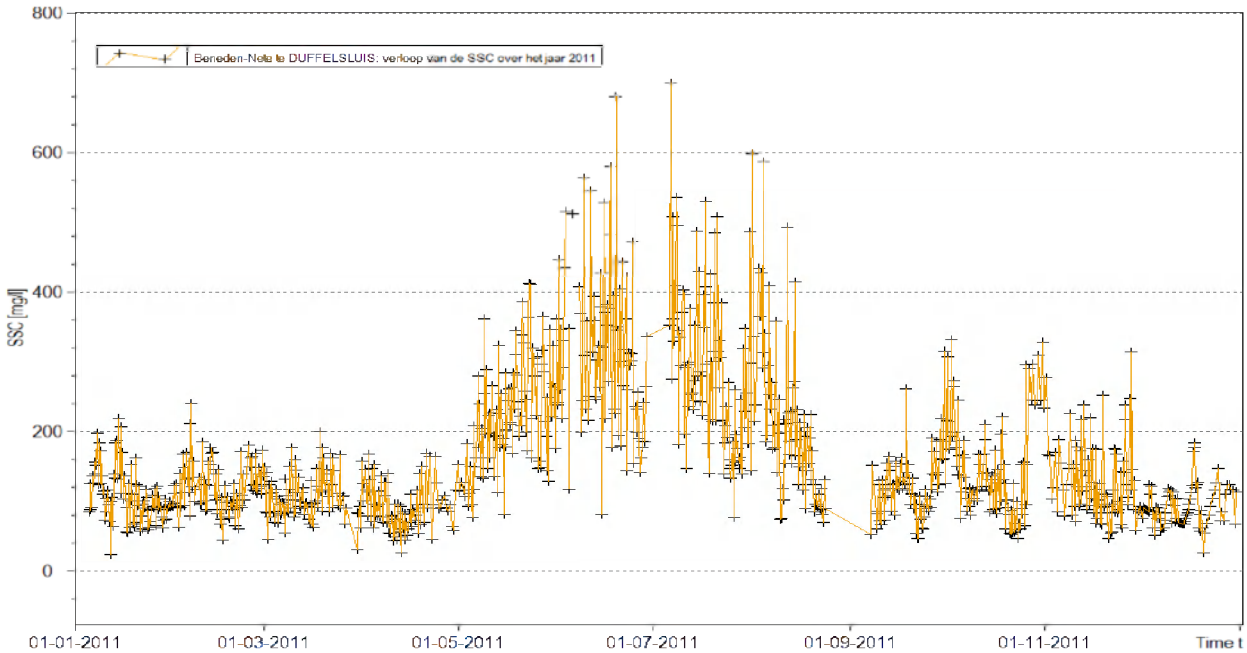
Dit toestel is geprogrammeerd om om de 7 uur een staalname uit te voeren. De stalen worden gekoeld bewaard ter plaatse en eenmaal per week opgehaald en naar het sedimentologisch laboratorium gebracht. Daar wordt de sedimentconcentratie op deze stalen bepaald aan de hand van filtratie.

In figuren 208 en 209 worden de suspensiegehaltes (SSC, mg/l) weergegeven voor de stations te Melle en Duffelsluis, zoals verkregen uit de zevenuurlijkse ISCO staalname...

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 208 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2011 van het suspensiegehalte (verkregen uit automatische staalname).



Figuur 209 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2011 van het suspensiegehalte (verkregen uit automatische staalname).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Uit de bevindingen weergegeven in 3.5.3 kan grofweg gesteld worden dat de turbiditeits-waarden in Melle zowat het dubbele zijn van de turbiditeit te Duffelsluis. Als men echter de SSC-waarden van Melle vergelijkt met deze van Duffelsluis, zijn er grotere verschillen merkbaar:

- de SSC-waarden buiten wasregime (dus grofweg van februari tot december) zijn voor Melle meestal in de grootte-orde van 400 tot 800 mg/l. Voor Duffelsluis zijn de meeste SSC-waarden in de grootte-orde van 50 tot 200 mg/l, behalve tijdens de zomer-maanden.

- de maximum SSC-waarde te Melle bedraagt iets meer dan 6000 mg/ en treedt op tijdens de was van januari 2011. De maximum SSC-waarde in Duffelsluis bedraagt ongeveer 700 mg/l, iets meer dan een tiende van de maximum SSC van Melle. Daarbij treedt de maximum SSC in Duffelsluis niet op tijdens de winter tijdens een was, maar tijdens de zomer bij laagwater.

- te Melle worden ook tijdens kleinere wassen vlot SSC-waarden van 2000 mg/l gehaald. De hoge SSC-waarden voor Melle zijn meestal onder invloed van een wasregime. Tijdens deze events wordt een duidelijke correlatie vastgesteld tussen debieten en SSC-waarden. Voor Duffelsluis worden de hoge sedimentconcentraties niet veroorzaakt door hoge debieten; de hoogste SSC-waarden in de Beneden-Nete worden daarentegen vastgesteld bij de laagste debietregimes. Tijdens de wassen in Duffelsluis worden iets verhoogde SSC-waarden vastgesteld.

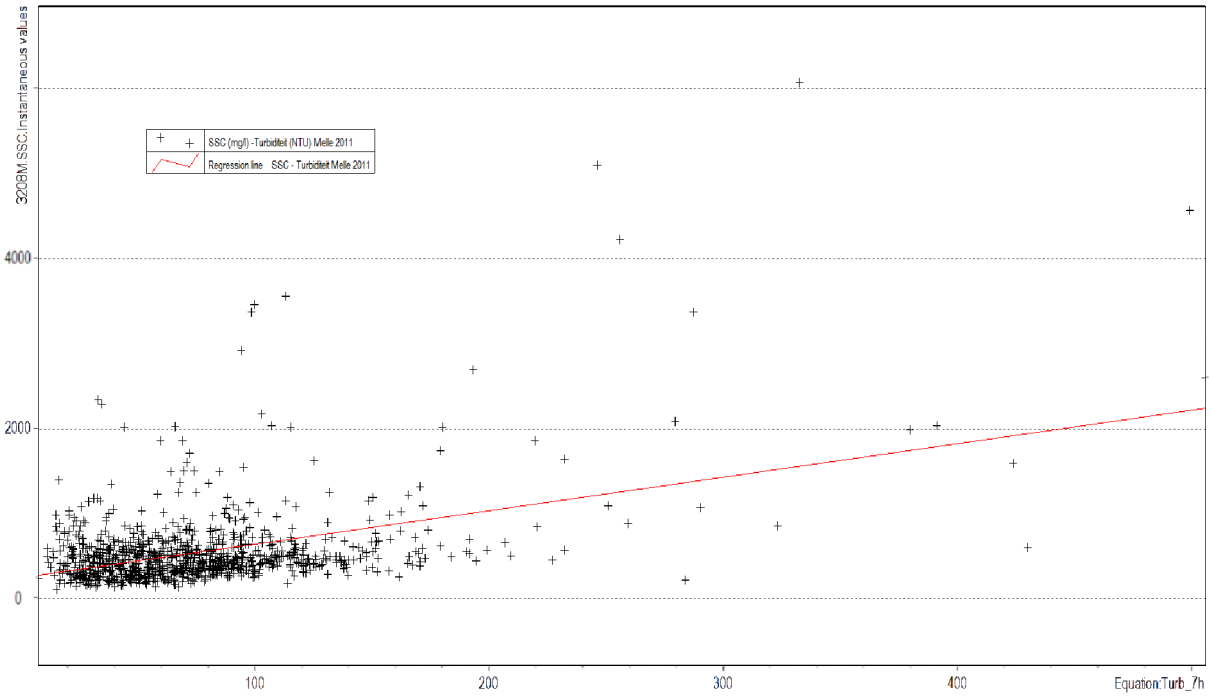
3.5.3 c - correlatie turbiditeit en suspensiegehalte te Melle en Duffelsluis

Met behulp van de suspensiegehaltes afgeleid uit de 7-uurlijkse staalname en de overeenkomstige turbiditeitswaarden, kan het regressieverband opgesteld worden tussen turbiditeitswaarden en sedimentconcentraties. Indien dit verband met voldoende kwaliteit (= statistische significantie) kan opgesteld worden, kunnen continue suspensiegehaltes (SSC) worden afgeleid uit de continue turbiditeitswaarden (ipv 7-uurlijkse waarden). In de figuren 210 en 211 worden alle puntenkoppels “turbiditeiten-sedimentconcentraties” voor 2011 samen voorgesteld voor respectievelijk Melle en Duffelsluis. Voor beide scatterplots zijn lineaire regressies opgesteld, zonder uitfiltering van data. Voor het station Melle bedraagt de R^2 van de lineaire regressie 0.44, voor het station Duffelsluis bedraagt de R^2 van de lineaire regressie 0.52.

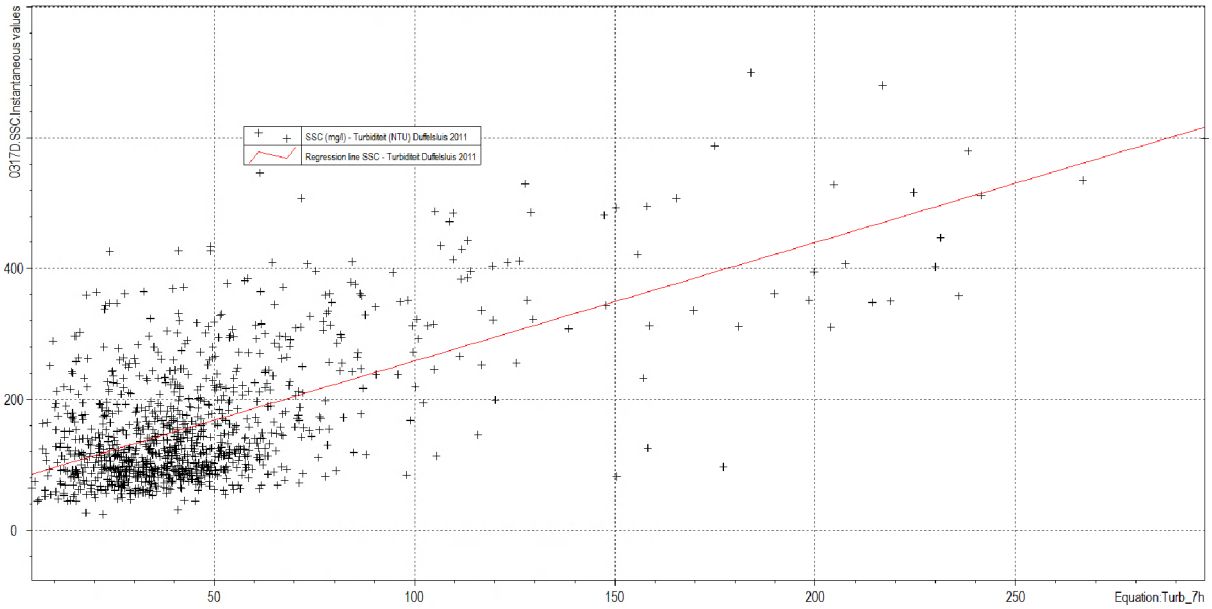
Als beide puntenwolken en lineaire regressieverbanden bekeken worden, kan gesteld worden dat er -zonder uitfiltering data- een betere relatie turbiditeit-sedimentconcentratie kan gevonden worden voor het station Duffelsluis dan voor het station Melle. Mits filtering van “afwijkende” koppels, kan voor Duffelsluis wellicht een bruikbare relatie turbiditeit-SSC worden opgesteld die voor langere periode geldig is.

Als echter de relatie wordt nagegaan tussen turbiditeit en sedimentconcentratie voor de hoogwaterperiodes van januari en december 2011 voor de meetpost Melle, blijkt deze relatie zeer significant te zijn. Dit geeft aan dat ook voor het station Melle significante relaties kunnen opgesteld worden, maar dan slechts terdege geldig voor kortere termijn/seizoen/omstandigheden. Dit wordt verder onderzocht in 2012.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 210 - Boven-Zeeschelde te Melle: relatie suspensiegehalte ifv turbiditeit opgesteld a.h.v. alle automatische staalnames en bijbehorende YSI turbiditeitsmetingen.



Figuur 211 - Beneden-Nete te Duffelsluis: relatie suspensiegehalte ifv turbiditeit opgesteld a.h.v. alle automatische staalnames en bijbehorende YSI turbiditeitsmetingen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.6 Dertienuursmetingen (stroming en sedimentconcentratie) dwarsraaien

3.6.1 algemeen

Reeds vele tientallen jaren worden in het Zeescheldebekken zogenaamde dertienuurs-stroommetingen uitgevoerd. Begonnen bij de Antwerpse Zeediensten (tot 1995) werden zij door de opvolgende diensten Afdeling Maritieme Schelde (1995-2001) en Afdeling Maritieme Toegang (2002-2004) (voornamelijk) zelf bemeten en (deels) uitbesteed. De betrokken cel die daarbij steeds uitvoerder of opdrachtgever was, nog bekend als “Studiedienst” van Antwerpse Zeediensten, werd in 2004 als “Hydrometrie-Schelde” bij het Waterbouwkundig Laboratorium gevoegd.

Deze dertienuursmetingen handelen over het “doorheen het getij” (dus gedurende minstens de duur van een halfdaags getij, gemiddeld 12u25min lang, en vandaar het adjectief “dertienuurs”) over de ganse dwarssectie van de rivier meten van de watersnelheid en van het gehalte aan suspensiemateriaal. Als “ganse dwarssectie” moet worden verstaan de volle hoogte van de water-kolom, zeker tot bijna het wateroppervlak, maar ook tot bijna de bodem hetgeen meestal tot één meter boven de bedding uitkwam. In breedte van de rivier gaat het uiteraard over de natte breedte, dus breder bij hoogwater dan bij laagwater, en voor zover het betrokken meetschip gezien zijn diepgang en de nodige kielspeling tot nabij de oever kon verankerd liggen of kon varen.

Tot begin jaren 1990 werden dergelijke metingen uitgevoerd met verschillende schepen die mooi verdeeld over de dwarsbreedte van de rivier, op hun plaats bleven (op enkele of dubbele ankers) en alle gelijktijdig à twee of drie maal per uur een ganse verticaalmeting deden naar snelheid van het water en waarbij ook over verschillende punten over die verticaal, watermonsters werden opgezogen die nadien via filtratie resulteerden in de gehaltes aan suspensiemateriaal. Bodemtransport werd daarbij dus niet gemeten. Dat betreft inderdaad een andere soort meting, waarbij via bvb. een Delftse Fles, net boven de bodem, gedurende minuten water binnenstroomt en door de constructie van deze “fles” het meegevoerde sediment daarin bezonk en dus -na ophalen- kon gewogen worden.

Begin jaren 1990 werd door de Antwerpse Zeediensten een A.D.C.P.-toestel aangekocht: Acoustic Doppler Current Meter. Dat toestel is in staat om continu stroomsnelheden te meten, zowel en tegelijk over de (bijna) hele waterkolom (verticale) als over de dwarsbreedte van de rivier indien het schip dat het ADCP-toestel voert, mooi over de dwarsbreedte vaart. Allerlei instellingen qua diepte- en dwarsbreedtes zijn mogelijk, maar doorgaans gebeurden dergelijke metingen per cel van een halve meter hoogte (dus van een meter onder wateroppervlak tot een meter boven bodem, verdeeld in delen van een halve meter), en telkens -cel per cel- over een 25-tal meter volgens de dwarsbreedte.

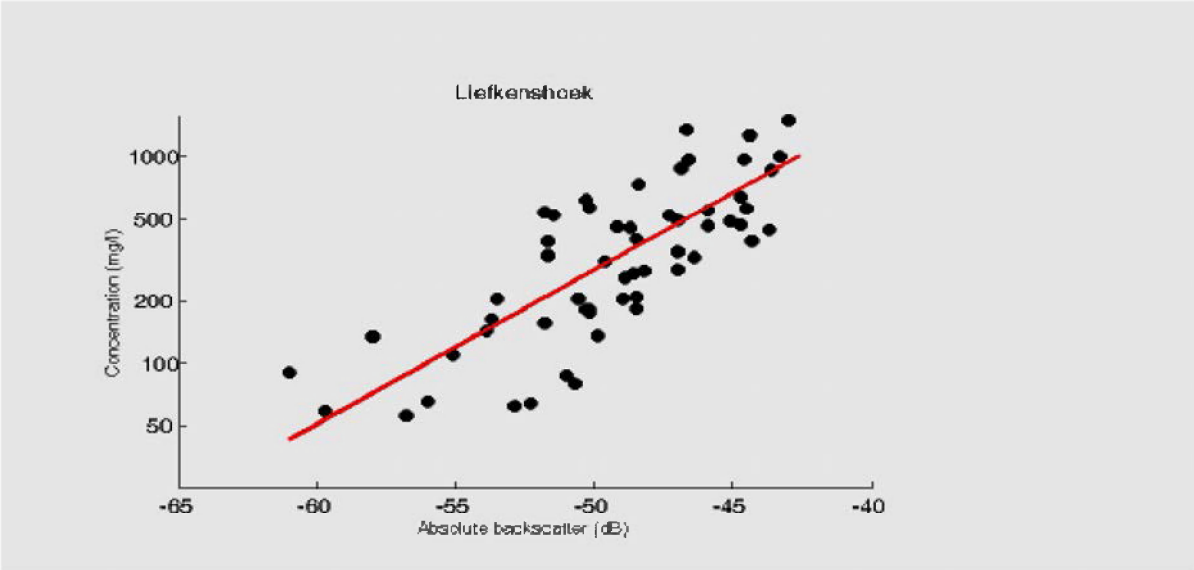
Zulk ADCP-toestel geeft evenwel ook een redelijk beeld van het gehalte aan zwevend materiaal in het water, ook per cel, dus ook telkens over een halve meter hoogte over de verticale en per eenheid over de breedte. Om de waterstroming te kunnen meten wordt immers hoogfrequent een akoestisch signaal uitgezonden, waarvan door het Doppler-effect (= de fase-verschuiving tussen de uitgezonden en de ontvangen puls) de stroomsnelheid rechtstreeks wordt bepaald. Er is evenwel en uiteraard, een vermindering van intensiteit tussen het (krachtige) uitzendsignaal en het (zwakkere) ontvangen signaal, zijnde de “backscatter”. Dat verschil is een geluidsabsorptie veroorzaakt door eensdeels de absorptie in het eigenlijke water, en anderdeels de verspreiding en de absorptie van de geluidsgolf door alle zwevende stoffen dat het signaal in zijn heen en weer gaan ondervind.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het voert in dit rapport te ver om nader in het principe, de meting en de verwerking van de Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) in te gaan; daarover gaat specifieke technische documen-tatie. Hier worden enkele resultaten van ADCP-metingen van 2011 gepresenteerd, waarbij dus informatie komt over zowel de stroomsnelheden (in grootte en in richting) als het gehalte aan zwevende stof (suspensieconcentratie), en dit over bijna telkens een ganse dwarssectie van de rivier, en bovendien over een volledig (halfdaags) getij.

De bepaling van sedimentconcentratie is dus afgeleid uit het signaalverlies tussen het door de ADCP uitgezonden en ontvangen akoestische signaal, maar wordt gecorreleerd met het gehalte aan suspensiemateriaal door primo het regelmatig nemen van watermonsters en secundo de ijking met een turbiditeitsmeetinstrument waarvan de turbiditeit ook naar sedimentgehalte gevalideerd is.

Onderstaande figuur toont de uit dat alles toch vrij goede mogelijkheid van omrekening van het backscatter-signaal van het ADCP-meettoestel naar het gehalte aan suspensiemateriaal, als voorbeeld te Liefkenshoek, en voor de betrokken meetdag in mei 2011. De omrekening is inderdaad plaats- en seizoensgebonden.



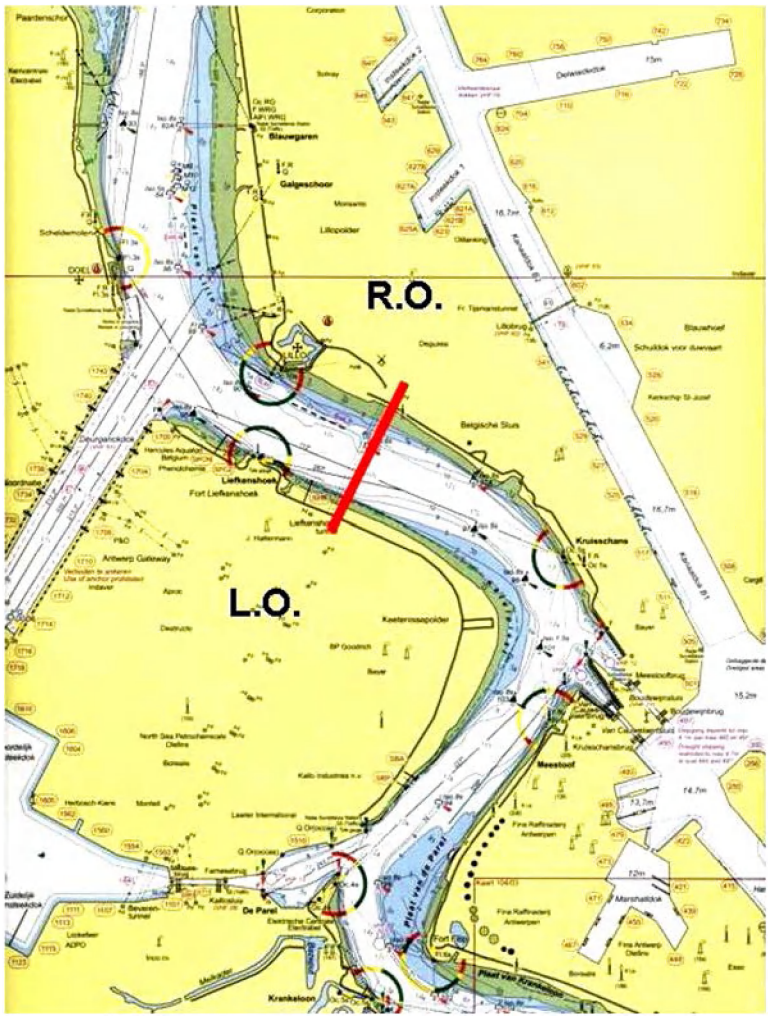
Figuur 212 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - correlatie suspensieconcentratie i.f.v. backscatter ADCP-meettoestel

Van elke gemeten raai worden hiernavolgend twee beelden naast elkaar gepresenteerd. In het linkerdeel staat bovenaan de gemeten snelheidsgrootte (in m/s) in kleurcode aangegeven; halverwege dat linkerdeel staat (ook in kleurcode) de richting van de stroming; en onderaan wordt het getij aangegeven en het moment in dat getij waarbij de betrokken dwarsraai werd gemeten. Het rechterdeel toont telkens -bovenaan- een dwarsaanzicht van de gemeten totale sediment-concentratie van de gevaren dwarsraai, en -onderaan- een bovenaanzicht van te varen raai (rode lijn) en de door het meetschip reëel gevaren raai (zwarte lijn), en per cel over die dwarsbreedte telkens twee pijlen: de blauwe pijl geeft grootte en richting van de waterstroming in de bovenste waterlaag (ongeveer een meter onder wateroppervlak) en de rode pijl geeft hetzelfde in de onderste waterlaag (zegge een meter boven de bodem).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.6.2 dertienuursmeting (stroming en sedimentconcentratie) aan Liefkenshoek

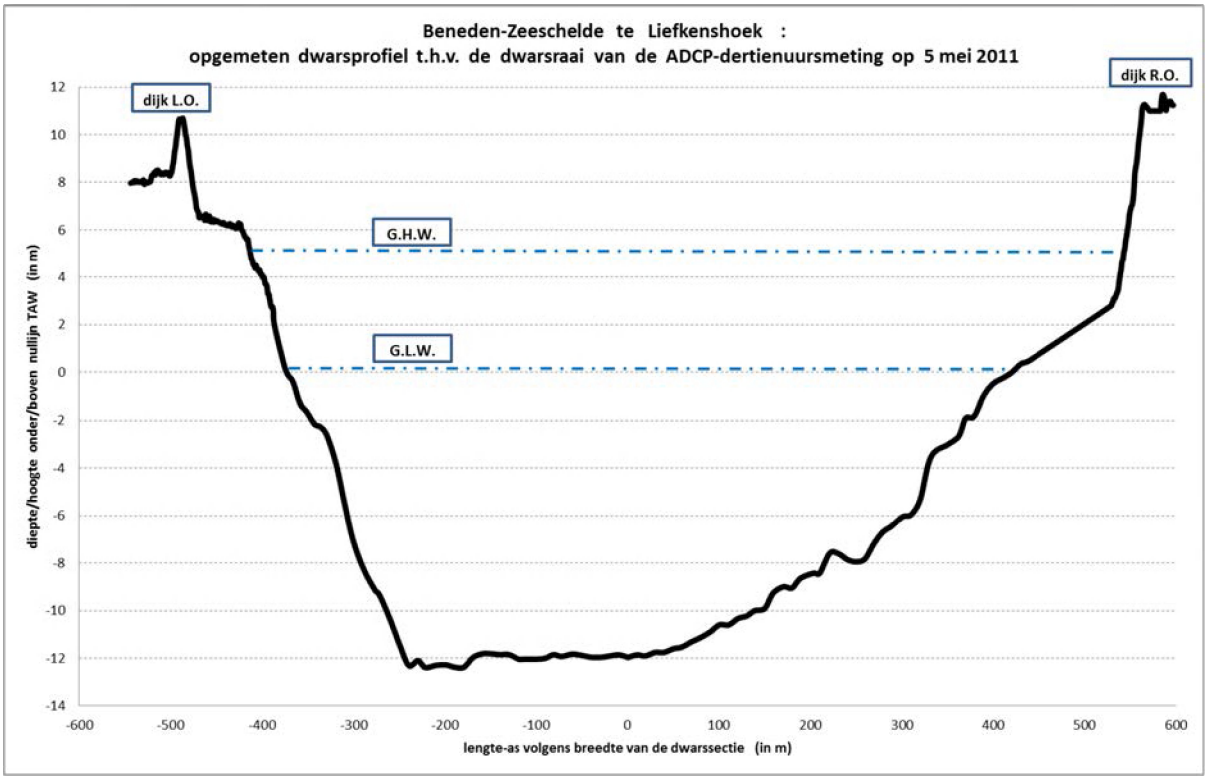
Op 5 mei 2011 werd een dertienuurs-meting middels ADCP uitgevoerd in de Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek. De onderstaande figuur toont de ligging van de gevaren dwarsraai, net opwaarts van (aan linkeroever) de steiger aan Fort Liefkenshoek en (aan rechteroever) Lillo, in wezen dus de lijn boven de Liefkenshoektunnel.



Figuur 213 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - aanduiding van de gevaren meetraai

De rode lijn stelt dus de gevaren dwarsraai voor, waarin het meetschip, met een ADCP-meettoestel aan boord nl. langszij, gedurende dertien uren bijna onafgebroken weg en weer heeft gevaren. Bij elke vaart werden watermonsters genomen om zowel de backscattering van de ADCP als de meevarende turbiditeitsmeter te ijken, derwijze dat naast stroomgegevens ook een beeld van de verdeling en de grootte van het suspensiemateriaal over de dwarssectie kan opgemaakt worden.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 214 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - dwarssectie rivier volgens de gevaren dwarsraai

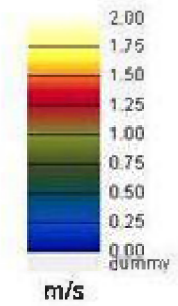
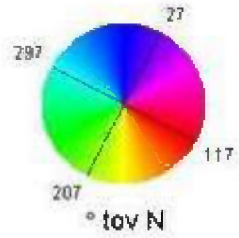
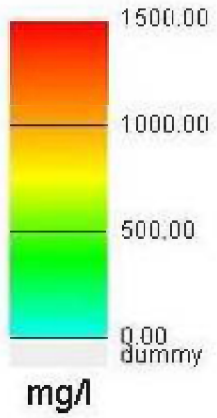
De verdeling van de snelheid, in grootte en in richting, alsmede de verdeling van het gehalte aan suspensiemateriaal, worden gegeven in dwarszicht. Bovenstaande figuur toont het dwarsprofiel ter hoogte van de gevaren meetraai. Dat dwarsprofiel omvat zowel de natte sectie van de rivier, als de hoogteligging van de ondiepte langs rechteroever (het smalle opwaarts einde van de Plaat van Lillo), en de beide Scheldedijken (op peil TAW +11 (L.O.) à 11,40 m (R.O.)). Ook de hoogte van gemiddeld hoogwater en van gemiddeld laagwater zijn aangeduid.

Nu volgen verschillende figuren met -zoals eerder al aangegeven- zowel presentaties van stroomsnelheden als sedimentverdeling over de dwarssectie, in hoogte en in breedte. Aan linkerkant van elke figuur staat midden onderaan een kleine grafiek met het verloop van het getij op de meetdag, met in lichtblauwe verticale streep het moment doorheen dat getij. Op figuur 215 is het dus net hoogwater geweest. In de loop van de verdere figuren schuift die lichtblauwe verticale streep in het tij (dus naar rechts) op. De opeenvolgende figuren geven de meetresultaten op uitgekozen momenten o.a. kentering van hoogwater, volle eb, bijna einde van eb, laagwater, kentering van laagwater, begin van vloed, halftij vloed, maximum vloed, hoogwater en uiteindelijk terug een kentering van hoogwater, zo'n dertien uren later na aanvang van de eerste meting waarvan figuur 215 het resultaat geeft.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Zoals gezegd: telkens een raai gevaren dus gemeten werd, worden in één figuur (zoals de reeds vermelde figuur 215) twee beelden naast elkaar gepresenteerd. In het linkerdeel staat boven-aan (als dwarsaanzicht, dus volgens breedte en diepte van de rivier) de gemeten snelheidsgrootte (in m/s) in kleurencode; halverwege dat linkerdeel staat (ook in kleurcode) de richting van de stroming over de ganse sectie; en onderaan worden de kleurcodes uitgelegd, links van de stroomsnelheid en rechts van de stroomrichting. Het rechterdeel toont telkens -bovenaan- een dwarsaanzicht van de gemeten sediment-concentratie in de gevaren dwarsraai, en -onderaan- een bovenaanzicht van de theoretisch te varen raai (rechte rode lijn) en de door het meetschip reëel gevaren raai (gekromde zwarte lijn), en per cel over die dwarsbreedte telkens twee pijlen: de blauwe pijl geeft grootte en richting van de waterstroming in de bovenste waterlaag (ongeveer een meter onder wateroppervlak) en de rode pijl geeft hetzelfde in de onderste waterlaag (zegge een meter boven de bodem).

Aangezien de betrokken figuren niet zo groot zijn, zijn de kleurcodes (van stroomsnelheden en -richting, en van sedimentconcentratie) niet zo duidelijk afleesbaar. Daarom worden die kleurcodes hier afzonderlijk duidelijk aangegeven :

		
kleurcode stroomsnelheid	**kleurcode stroomrichting**	**kleurcode concentratie aan suspensiemateriaal**

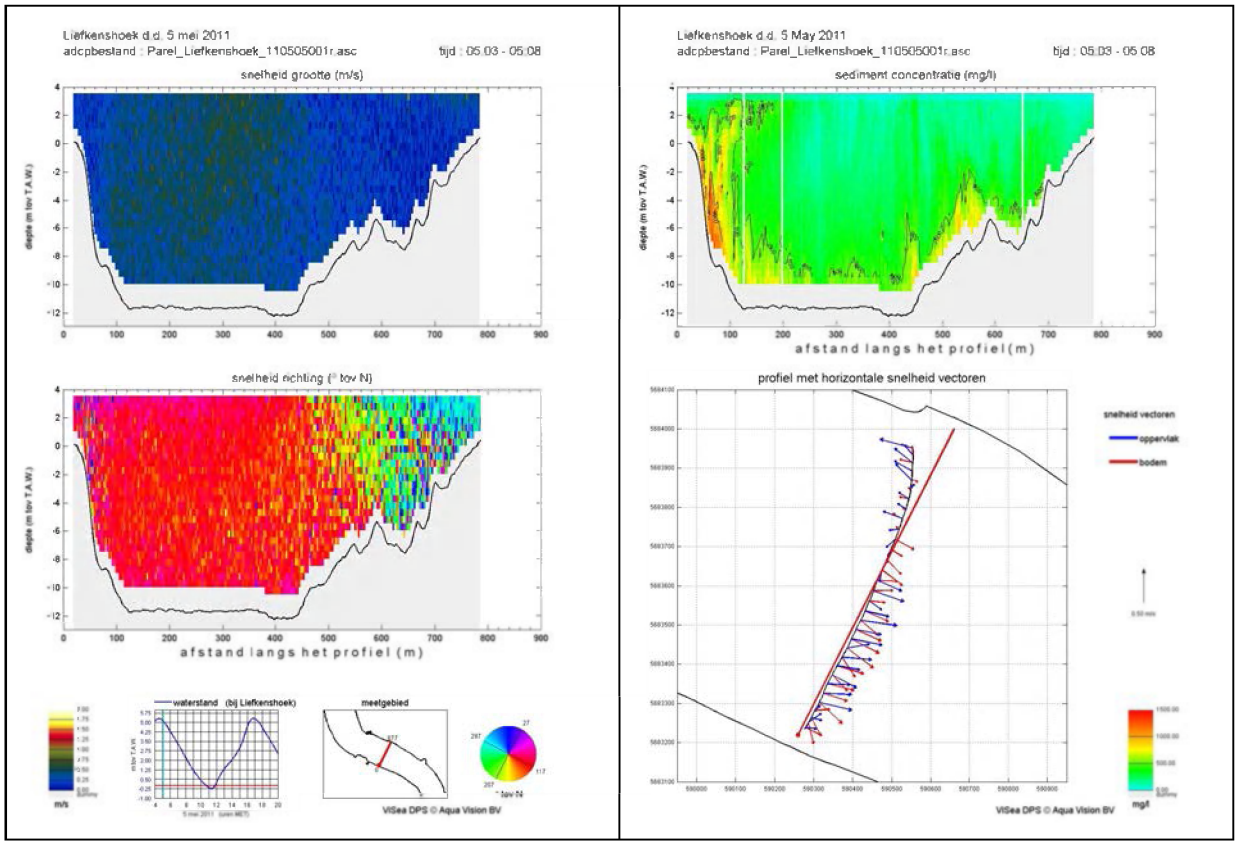
Nogmaals: drie resultaten zijn aangegeven volgens dwarszicht van de rivier. Op die figuren zijn kleur-blokjes te zien, die elk een cel voorstellen. Bij deze meting en uitwerking van meetgegevens, is gekozen voor een constante celhoogte van een halve meter, en een celbreedte van bijna vier meter. Celhoogte en -breedte zijn instelbaar bij de meting zelf, maar kunnen ook tijdens de verwerking softwarematig nog bijgesteld worden. Elk kleurblokje stelt dus een deeloppervlak van de dwarssectie voor van een halve op bijna vier meter. Gezien de keuze van de schaal in hoogte en in breedte zijn de blokjes op de figuren, zelf hoger dan breed: de hoogte van de gepresenteerde dwarssectie handelt immers over iets als vijftien meter, doch de breedte van de raai gaat over ruim 800 meter; er is dus in de figuren een behoorlijke schaal-distorsie.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De eerste figuur (fig. 215) van deze reeks geeft een beeld bij kentering van hoogwater (KHW), aanvang van de dertienuursmeting. De linker-boven-figuur toont de stroomsnelheid; de blauwe tot donkerblauwe blokjes tonen een zeer kleine snelheid, van nul tot een halve meter per seconde. De linker-midden-figuur toont de stroomrichting: in rode kleur gaat de stroming naar oost en zuidoost; in gele kleur naar zuid, in groene kleur naar west, en in lichtblauwe kleur naar noordwest. Zo blijkt dus de stroomrichting op dat moment van KHW over deze ganse dwarssectie naar bijna alle richtingen van het kompas te gaan ... Dat is typisch voor de omstandigheid van een kentering. De stroom-snelheid is zeer klein tot bijna nul, doch de omkering van stroomrichting gebeurt niet tegelijkertijd over alle punten van de dwarssectie. In dit geval (Liefkenshoek) duurt het laatste van de vloed -bij kentering van hoogwater- iets langer in het midden van de sectie en aan linkeroever, dan dat het begin van de ebstroming zich al aanzet langs de rechteroever.

Dat is misschien beter te zien aan het bovenaanzicht dat de rechter-onder-deelfiguur aangeeft: de stroompijlen in het midden van de dwarssectie en aan linkeroever, gaan van links naar rechts, dus meestal zuidoost, terwijl de stroompijlen aan rechteroever net andersom gaan, naar west à noordwest. M.a.w. aan linkeroever en in het midden heerst nog vloed, zij het met kleine stroom-snelheid, doch aan rechteroever is de eb net al begonnen, zij het met nog kleinere stroomsnelheid.

Dergelijk verschil van stroomrichting bij de kentering is plaats en tij-afhankelijk, d.w.z. al naargelang rivierbochten hun invloed op de stromingen doen gelden (m.n. hun helicoïdale stromingen), en al naargelang het handelt over kentering bij hoog- dan wel laagwater.



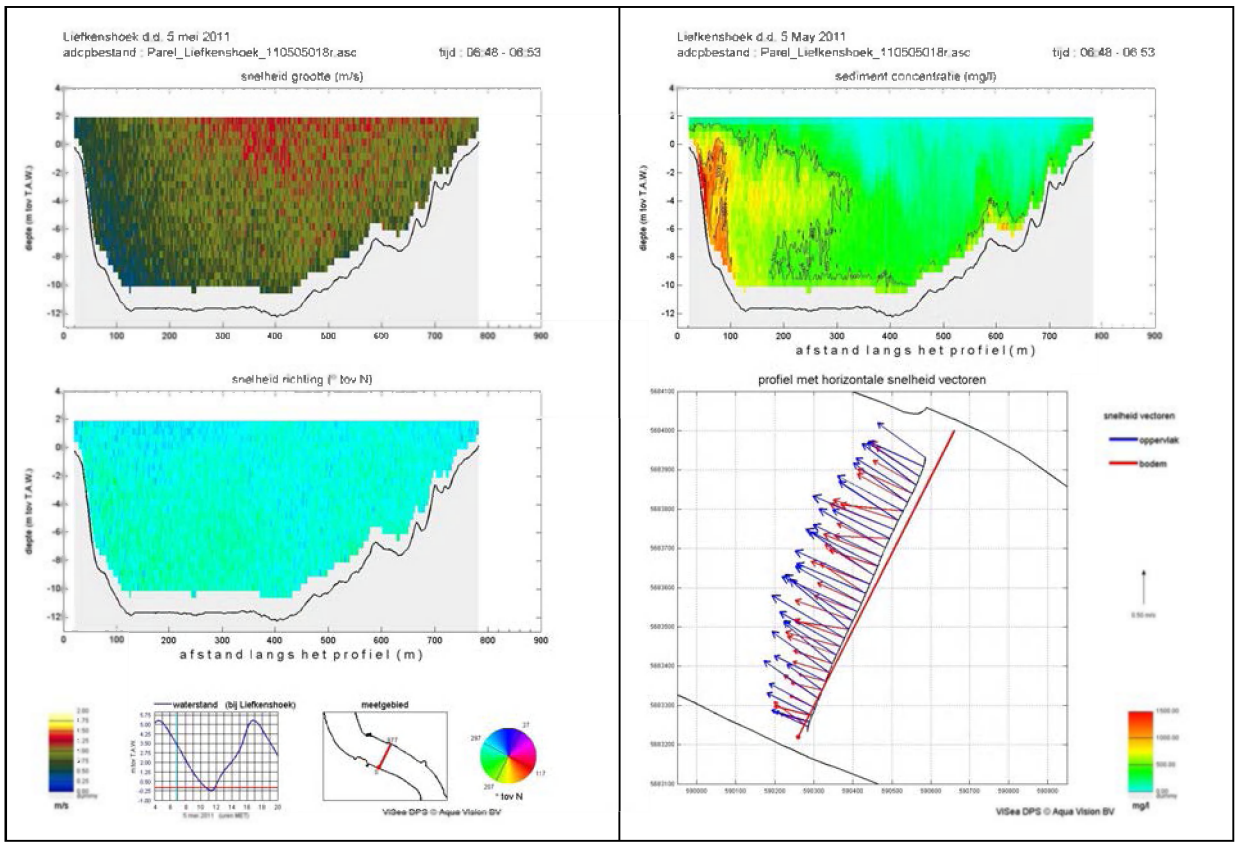
Figuur 215 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij KHW

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De rechter-boven-deelfiguur van fig. 215 (in bruinrode, gele doch voornamelijk groene en groenblauwe kleuren) toont de verdeling van het sediment over de dwarssectie. In bruinrode kleur is het gehalte aan suspensie-materiaal op dat moment van het getij het grootst, van 1.000 tot 1.500 mg/l. Deze grote concentraties liggen -op het moment van KHW !- tegenaan de diepe linkeroever, waar nog vloed heerst. Over de bodem gaat over bijna volle breedte van de rivier, ook een grote concentratie van suspensiemateriaal, van 700 à 900 mg/l. In het midden van de sectie en aan rechteroever overheersen de groene en lichtblauwe kleuren, met dus kleine suspensiegehaltes, en bovenaan de waterkolom zelfs vrij suspensie-arm Scheldewater.

Zo worden navolgend analoge beelden getoond, chronologisch op andere tijdstippen van het getij.

Fig. 216 geeft het beeld bij daadwerkelijk aangevangen eb. De deelfiguur rechts-onder is het duidelijkst: alle stroompijlen wijzen naar noordwest dus gaat er eb. Het is wel zo dat de blauwe stroompijlen (die de stroming op een meter onder wateroppervlak geven) duidelijk bijna alle loodrecht zijn op de dwarsraai, doch: van de rode pijlen (die de stroming op ongeveer een meter boven de bodem geven) gaan er verschillende schuin naar west, dus van rechteroever naar linkeroever toe. Dat is begrijpelijk: aan rechteroever gaat de stroming naar de opwaartse rand van de (ondiepe) Plaat van Lillo toe, in het midden en aan linkeroever is en blijft de bedding vrij diep. Over de bodem gaat dus -en vooral aan de overgang plaat/geul- een behoorlijke stroming van “hoge” bedding naar “diepe” geul.

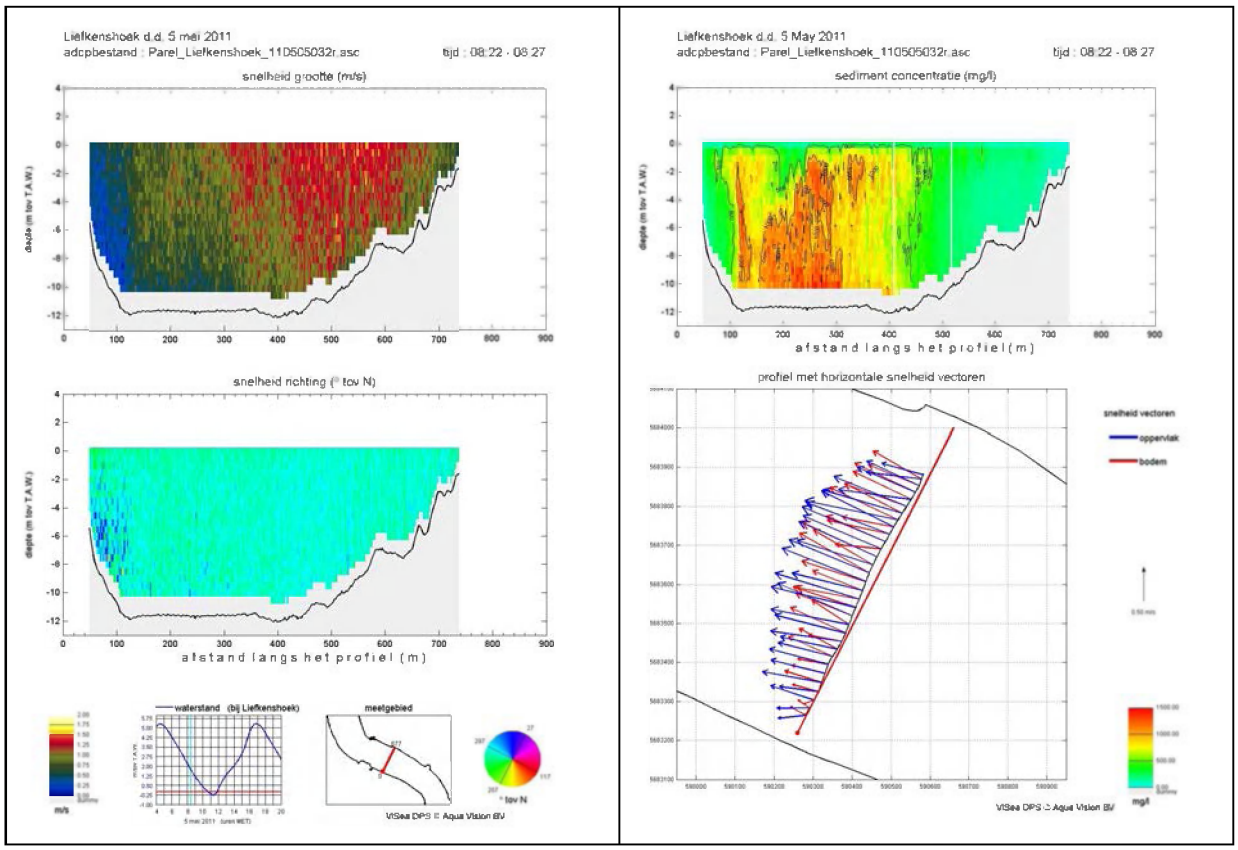


Figuur 216 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij aanvang eb

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Dezelfde figuur 216 toont in de linker-boven-deelfiguur het beeld van de snelheidsverdeling over de dwarssectie. De stroomsnelheden zijn al behoorlijk geworden: de rode blokken geven een stroming tot 1,50 m/s; uiteraard zijn de stroomsnelheden aan wateroppervlak en iets eronder, groter dan deze over de bodem en iets erboven. Aan linkeroever situeert zich een relatieve luwte, gevolg van de opwaarts deze raai aanwezige uitloper van de Ketelplaat. De rechter-boven-figuur toont de verdeling van het suspensiemateriaal: uiteraard is er meer sediment in het met eb stromende Scheldewater, en nu (bij aanvang eb) met een rijkere zone aan linkeroever à midden geul.

De onderstaande figuur 217 toont analoge beelden, maar dan bij halftij van eb, d.w.z. on-geveer halverwege hoog- en laagwater. De stromingen zijn groter geworden, tot iets boven 1,50 m/s. er blijft een relatieve luwte aan linkeroever. De stroomrichting over de bodem gaat bij de overgang plaat/geul nog steeds noordwest, van “hoge” beding naar “diepe” geul. De sedimentconcentratie is beduidend groter, en de bruinrode zone (met concentraties van 1.000 à 1.500 mg/l) is uitgebreider geworden. Aan rechteroever geldt weinig sedimenttransport: eb brengt hier Scheldewater dat uit de bovenstroom uit de Kruisschansbocht komt, en nog naar de slibrijke Plaat van Lillo moet gaan.

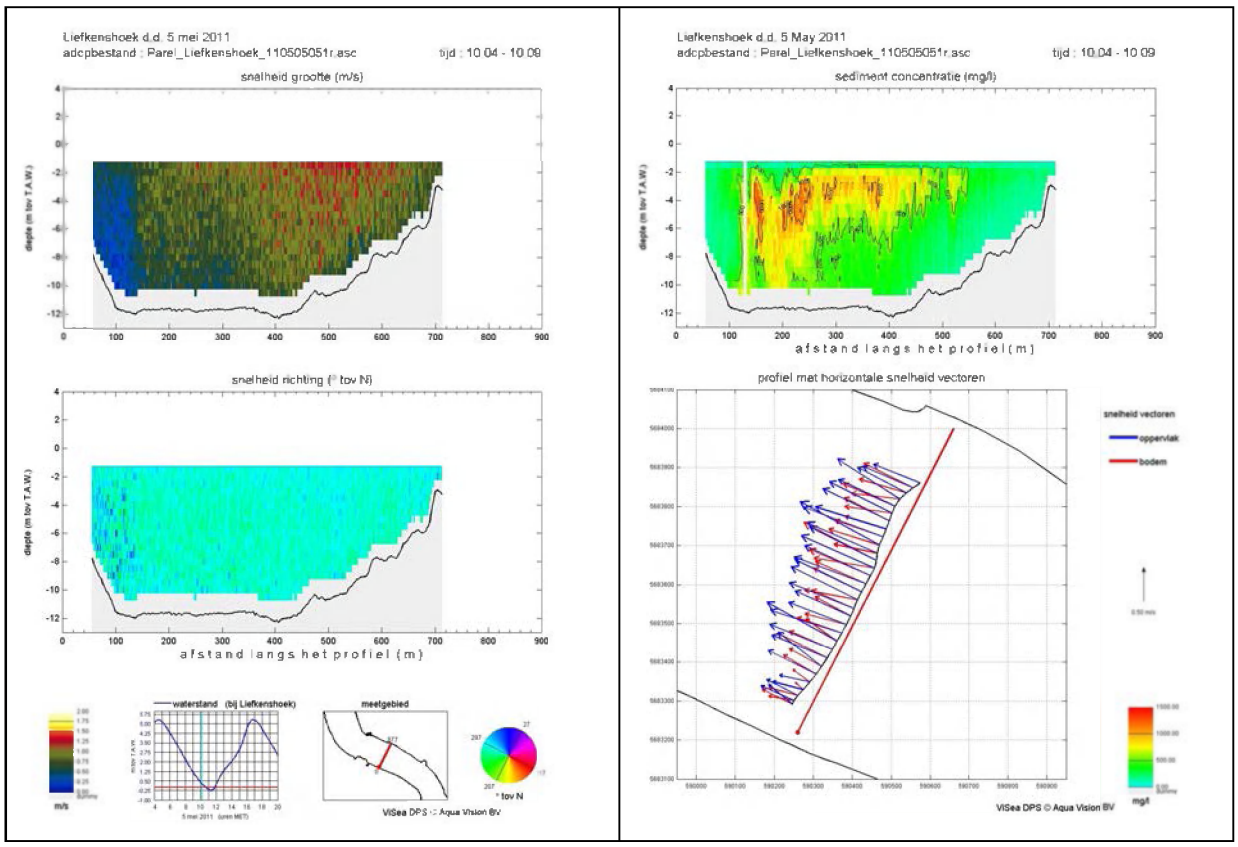


Figuur 217 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij eb

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De volgende figuur staat weer een stap verder in het getij, nl. stilaan naar het einde van eb, m.n. ongeveer een uur voor laagwater. De stroomsnelheden zijn iets minder groot t.o.v. bij halftij eb. De luwte aan linkeroever is ruimer geworden. De stroomrichtingen tonen -eigenlijk logischerwijze- nog steeds eenzelfde beeld.

De sedimentconcentratie blijft -over de sectie genomen- groot. Merkwaardig is dat het gehalte aan suspensiemateriaal aan rechteroever vrij klein blijft, zelfs over de bodem: de helicoïdale stroming vanaf de Kruisschansbocht brengt aldaar weinig specie. Het handelt immers over water dat halverwege Kallosluis en Kruisschanssluizen, nog aan oppervlak van de Schelde was, dus minder suspensierijk.



Figuur 218 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij einde eb

Wat op de onder-rechter-deelfiguur te zien is, nl. op het bovenzicht met de blauwe en rode pijlen van de waterstroming, is dat het meetschip in zijn vaart invloed heeft gehad van de water-stroming aan oppervlak. Het schip voer van linkeroever naar rechteroever, ging in het midden van de breedte mooi nabij en evenwijdig aan de rode lijn (de theoretische vaarroute), doch onder invloed van de naar rechteroever toe grotere en van de rode lijn wegduwende stroming, iets naar afwaarts devieerde en dank zij bijsturen van de schipper terug naar de rode lijn kwam. Bij latere tijdstippen in het getij, bij nog grotere stromingen, zullen dergelijke schommelende vaarlijnen nog groter zijn.

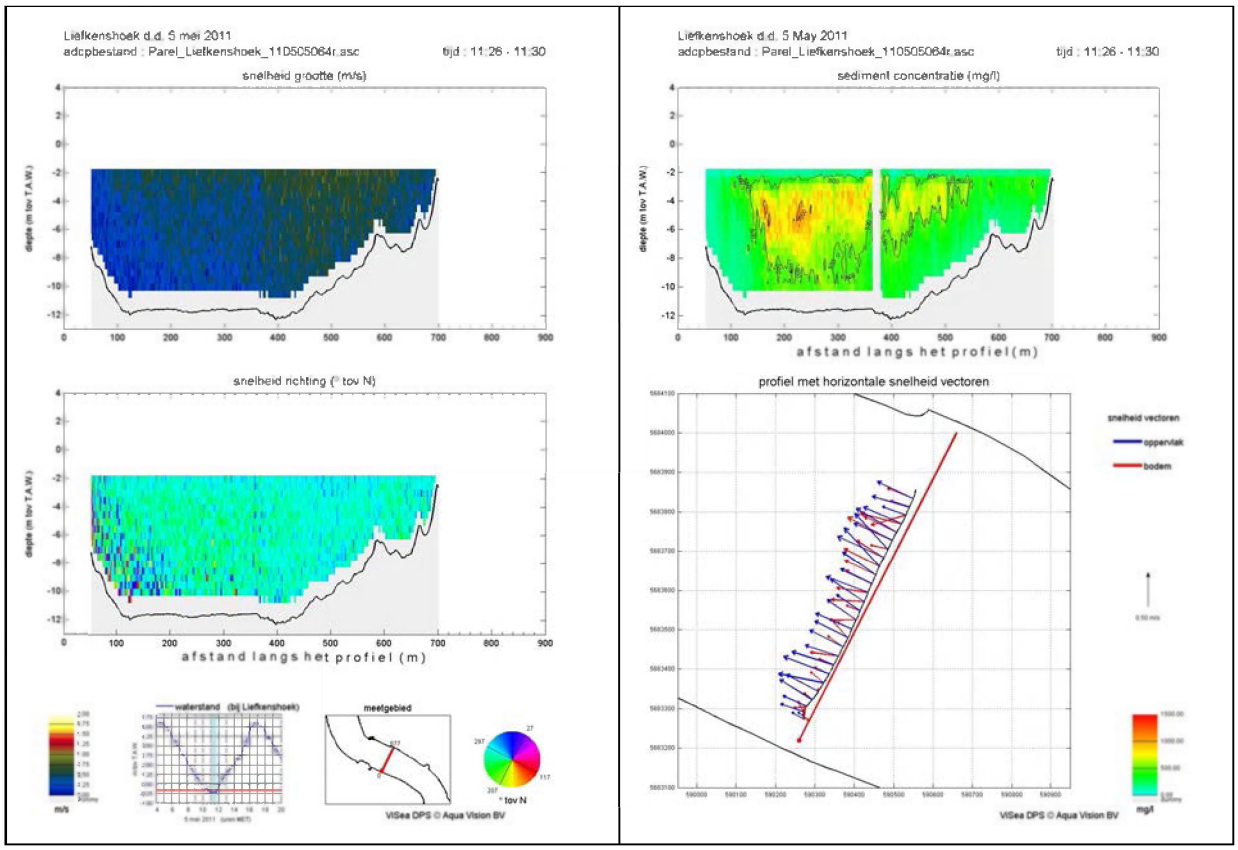
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De figuur 219 geeft het beeld bij laagwater. De stroming is zeer klein geworden, zie de overheersend blauwe kleur op de linker-boven-deelfiguur van de stroomsnelheden. Over de ganse sectie gaat nog duidelijk eb, de kentering van laagwater moet nog komen.

Dat de stromingen kleiner zijn, is ook te zien aan het feit dat het meetschip mooi nabij en mooi evenwijdig aan de theoretische vaarlijn is kunnen blijven.

Het beeld van de sediment-concentratie toont globaal nog eenzelfde verdeling over de natte sectie als bij vorige figuur dus bij “einde van eb”, al zijn de gehaltes iets kleiner geworden.

Wat nog niet aangegeven werd: de drie deelfiguren met de dwarssecties, tonen de natte sectie met inrekening van het met het tij op en neer gaan van het wateroppervlak. Hier is het nu laag-water, en dus is de natte sectie kleiner dan bij de vorige figuren, toen het waterpeil, ook op de tekeningen, hoger was. De bovenlijn van de dwarssectie verhoogt en verlaagt met het tij.



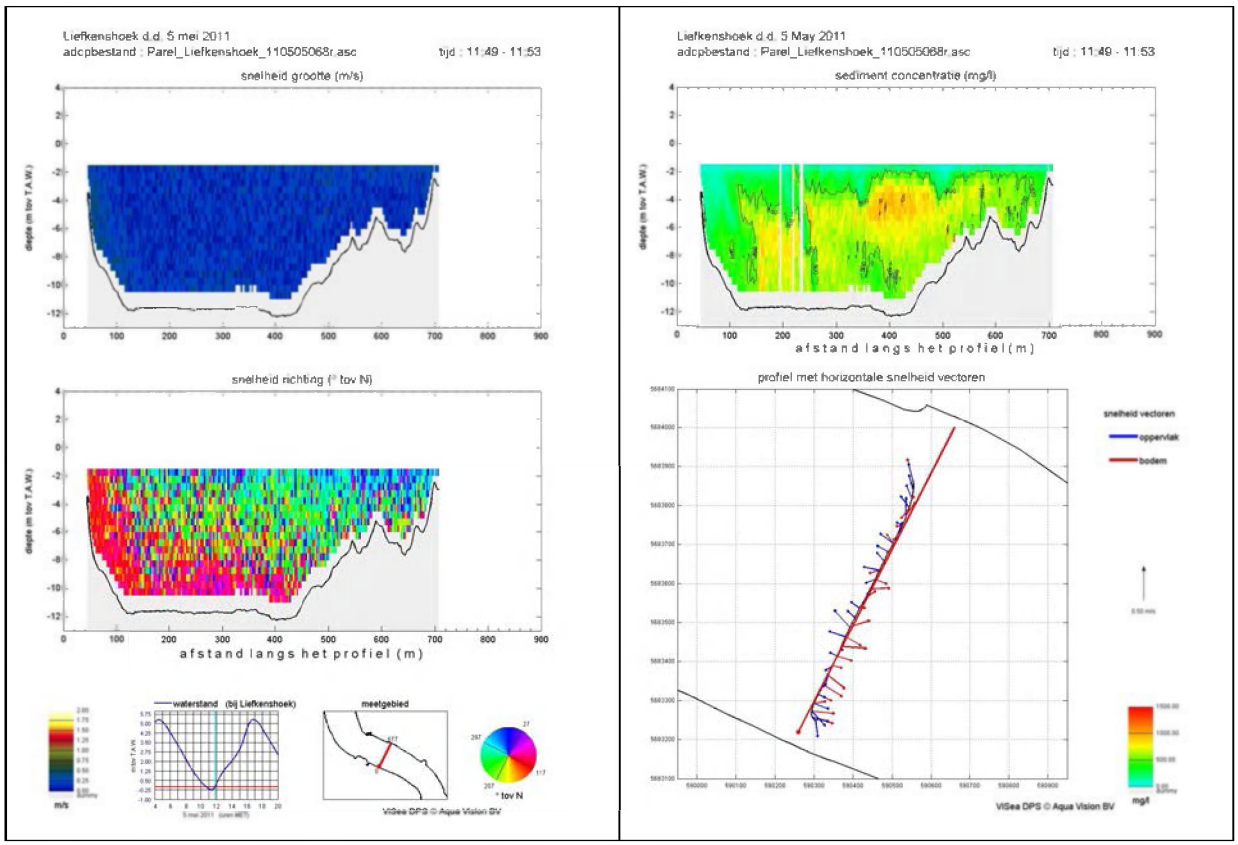
Figuur 219 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij LW

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De volgende figuur toont de situatie bij kentering van laagwater. De snelheden zijn zeer klein (zie de blauwe kleuren op de linker-boven-deelfiguur), doch de stroomrichtingen weten nog niet duidelijk waarheen: aan linkeroever is de vloed al licht ingetreden; halverwege de breedte gaat onderaan al wat vloed doch bovenaan nog wat eb; en aan rechteroever gaat nog steeds eb al is de meest naar rechteroever gelegen stroming aan ronddraaien begonnen (de pijlen wijzen naar noord).

Het beeld van stroomrichtingen die alle kanten uitgaan, is ook overtuigend af te leiden uit de midden-deelfiguur aan linkerzijde: het kleurenpallet van de stroomrichtingen toont alle kleuren van het kompas … rood, geel groen en blauw …

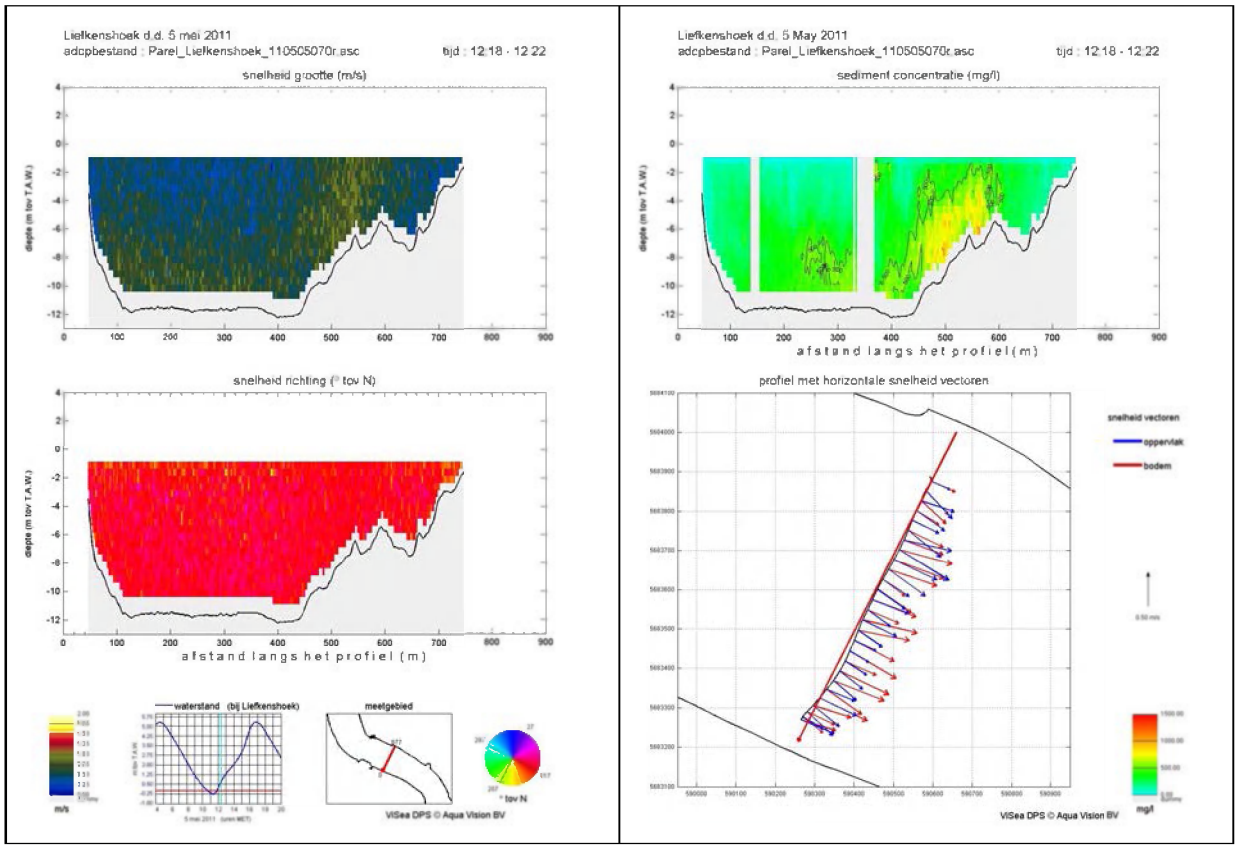
Ten overstaan van vorige figuren aangaande de verdeling van sediment over de sectie, blijkt dat aan wateroppervlak en iets eronder, de sedimentconcentratie te verkleinen, en blijkt het sediment naar beneden toe uit te zakken.



Figuur 220 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij KLW

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De navolgende figuur 221 toont het beeld bij duidelijk aangevangen vloed: alle stroom-richtingen wijzen zuidoost, mooi loodrecht op de meetraai. De stroomsnelheden zijn aan en net onder wateroppervlak nog relatief klein, maar over de bodem gaat al flinke vloed tot 1 m/s. Een flinke stroming gaat over de gànse waterkolom boven de overgang van “hoge” plaat naar “diepe” geul.



Figuur 221 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij aanvang vloed

Ook in die zone, van grotere stroomsnelheden over de volle waterkolom aan de overgang “hoge” plaat met “diepe” geul, is de sedimentconcentratie beduidend groter dan over de rest van de natte sectie: waarden tot 1.000 mg/l tegen (zie blauwe en groene blokjes op de rechter-boven-deelfiguur) 100 à 700 mg/l.

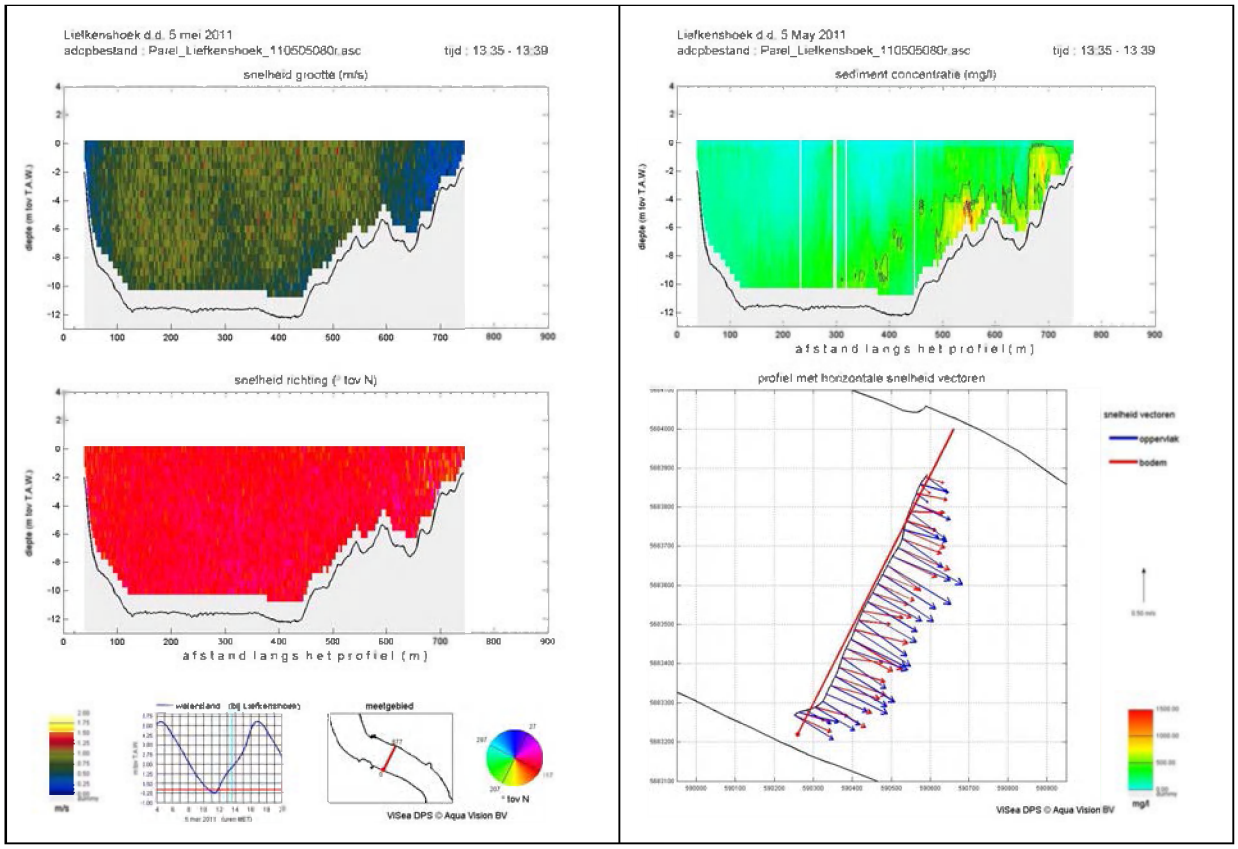
Het beeld van stroomrichtingen die mooi evenwijdig aan elkaar mooi loodrecht op de vaarlijn staan, is ook op volgende figuur 222 te zien. De uniform rode kleur over bijna de ganse natte sectie bij halftij van vloed (ongeveer halverwege laagwater en hoogwater) wijst op dergelijke uniforme stroomrichting. “Mooi loodrecht” op de vaarlijn mag niet te letterlijk genomen worden dat alle hoeken tussen richtingen en vaarlijn exact 90° moeten zijn. Het gaat hier om een flinke tij-stroom, zo in breedte als in diepte, met vele flinke rivierbochten die stromingen sterk kunnen beïnvloeden, en met een bathymetrie die zeer wisselend is; al naargelang bochten wisselt de ligging van de diepe vaargeul, en dus ook van de ondiepe geulen en bij laagwater droogvallende platen, geregeld, éne keer langs linkeroever, andere keer langs rechteroever. In dwarssectie bezien is dus ook de bedding-hoogte noch uniform noch bvb. een “bak”-profiel.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Men kan dus verwachten dat de stroming niet overal en steeds evenwijdig is met de lengte-as van de rivier, vooropgesteld dat men dergelijke as éénduidig zou kunnen bepalen; er gelden bvb. de hydraulische as maar ook de verbindingslijn van de sectie per sectie opeenvolgende middelpunten tussen de laagwaterlijnen aan beide oevers, of hetzelfde tussen de dijkkruinen … Enige speling rond het exact loodrecht zijn van de stroming op de dwarsbreedte is dus vanzelfsprekend, zeker voor de stroomrichtingen net boven de bodem.

De stroomsnelheden zijn vrij uniform over de natte sectie verdeeld, nl. groot over bijna de ganse breedte en diepte doch met luwtes aan linker- en rechteroever, en zijn groter geworden: snelheden van 1,25 m/s komen voor.

Aan de overgang tussen “hoge” plaat en “diepe” geul blijft zich een zone van hogere sedimentconcentratie situeren, vooral over het midden en het onderste deel van de waterkolom. Suspensiegehaltes gaan er tot 1.250 mg/l.



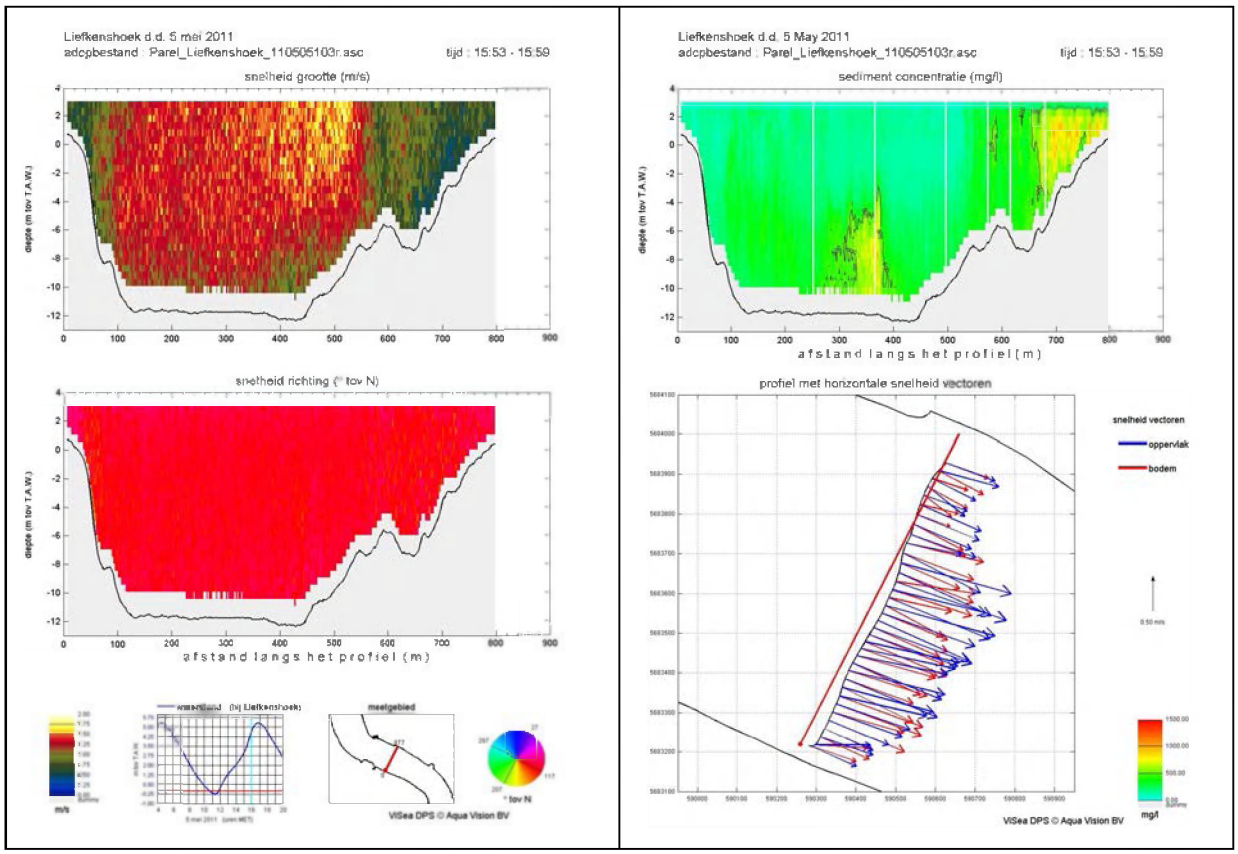
Figuur 222 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij vloed

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Volgende figuur geeft het beeld bij “maximum vloed”, dat is de periode van (hier te Liefkenshoek) (ongeveer) een uur voor hoogwater tot (ook ongeveer) iets na hoogwater; de tijdstippen van aanvang en einde zijn variabel al naargelang de tij-omstandigheden o.a. doodtij/springtij. Zij veranderen ook van plaats tot plaats in het tijgebied. Bij wasperiodes is er een zeer grote impact op deze tijdstippen in de bovengebieden van het tijbekken, tot er daar (bvb. Wetteren à Gent) op de duur zelfs geen kenteringen meer voorkomen en er bij grote en langdurige wasperiodes steeds eb heerst.

De snelheden gaan nu tot 2,00 m/s; op enkele plaatsen zal het geregeld ook iets groter zijn. En uiteraard is alles functie van het tijverschil. Men dient te bedenken dat alle stroomgegevens die in dit rapport gepresenteerd worden, deze zijn van de betrokken meetdag, en dat deze gegevens danig in functie van vooral het getijverschil veranderen. Springtijen geven steeds veel grotere stroomsnelheden dan doodtijen, dat is evident. Bij stormtijen zijn de snelheden nog groter. Al de in dit rapport aangegeven beelden tellen bij bijna een gemiddeld springtij, en daar moet bij elke lezing en interpretatie terdege rekening mee gehouden worden.

De sedimentconcentraties zijn over bijna de ganse sectie nogal uniform, uitgezonderd twee duidelijk aparte zones, in het midden van de sectie onderaan de waterkolom, en langs rechteroever over de ganse hoogte van de waterkolom. Daar gaan de suspensiegehaltes tot iets meer dan 1.000 mg/l. Ook deze waarden hangen van omstandigheden af, o.m. de aanvoer van bovendebiet, zoals al hoger in dit rapport aangegeven.



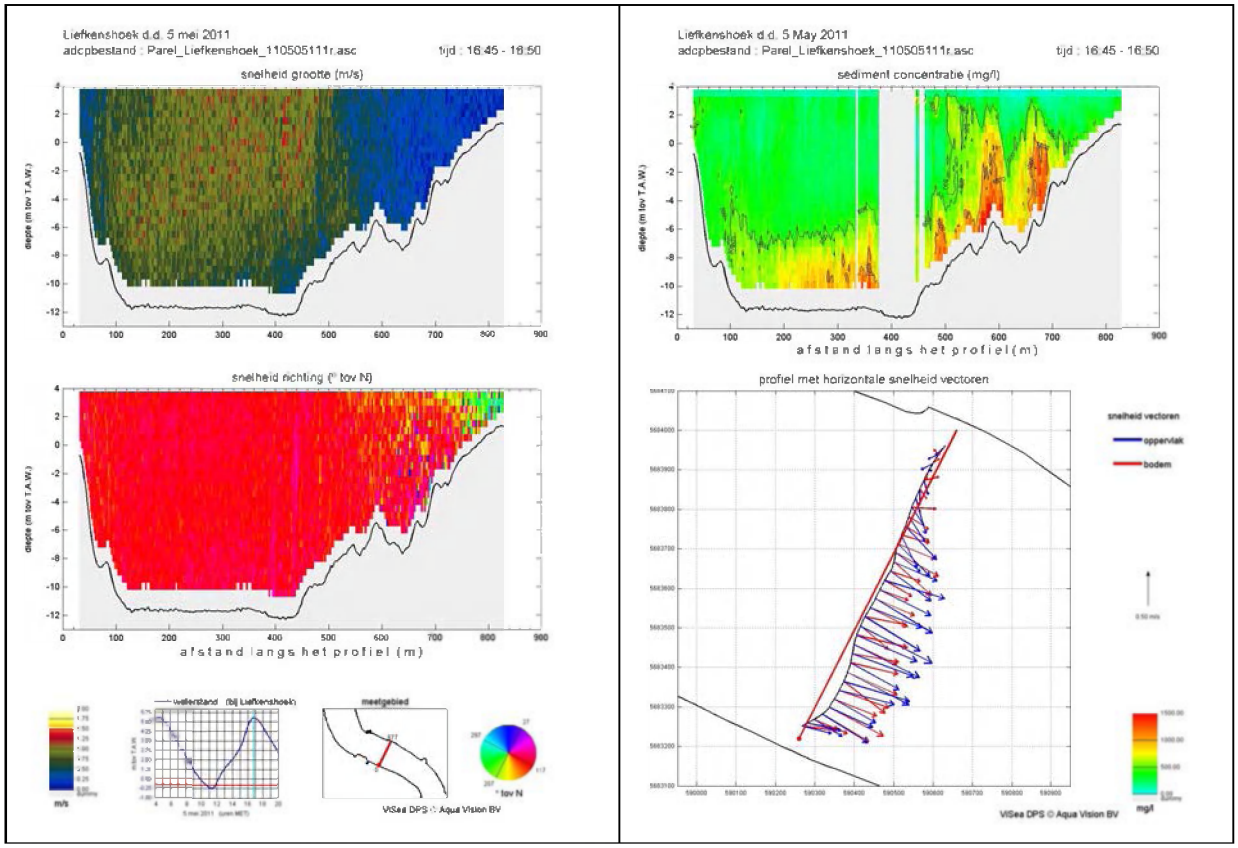
Figuur 223 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij maximum vloed

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Bij hoogwater zelf heerst nog een grote stroming in de Schelde te Liefkenshoek. Stroomsnelheden zijn uiteraard iets kleiner dan bij maximum-vloed, maar gaan -bij de tij-omstandigheden van de betrokken meetdag- nog tot ruim 1 m/s. Aan rechteroever is al een grote luwte te zien; dat is de voorbode dat de eb langs rechteroever eerder zal aanzetten dan in het midden en aan linkeroever van de natte sectie.

Dat is overigens ook te zien aan de stroomrichtingen. Op de rechter-onder-deelfiguur wijzen alle stroompijlen aan linkeroever en in het midden van rivier, naar zuidoost, met een behoorlijke lengte dus behoorlijk grote stroomsnelheid. Aan de rechteroeverkant zijn de pijlen al vrij kort dus gelden daar al zeer kleine stroomsnelheden, en wijzen de pijlen zowel nog over vloed als reeds over eb. Het is belangrijk dat lezers terdege weten dat de stroomrichting niet tegelijkertijd over de ganse breedte van de rivier omslaan, maar dat -ook hier- onder invloed van de helicoïdale stromingen door rivierbochten, het moment van kentering duidelijk kan verschillen van de éne oever tot de andere.

Wat de sedimentconcentraties betreffen, is het beeld tweeledig: aan de linkeroeverkant van het midden van de rivier concentreert het sediment zich nabij de bodem; aan de rechteroeverkant gaat het over bijna de ganse hoogte van de waterkolom, met -logisch- grotere concentraties over het onderste deel dan bovenaan de waterkolom.

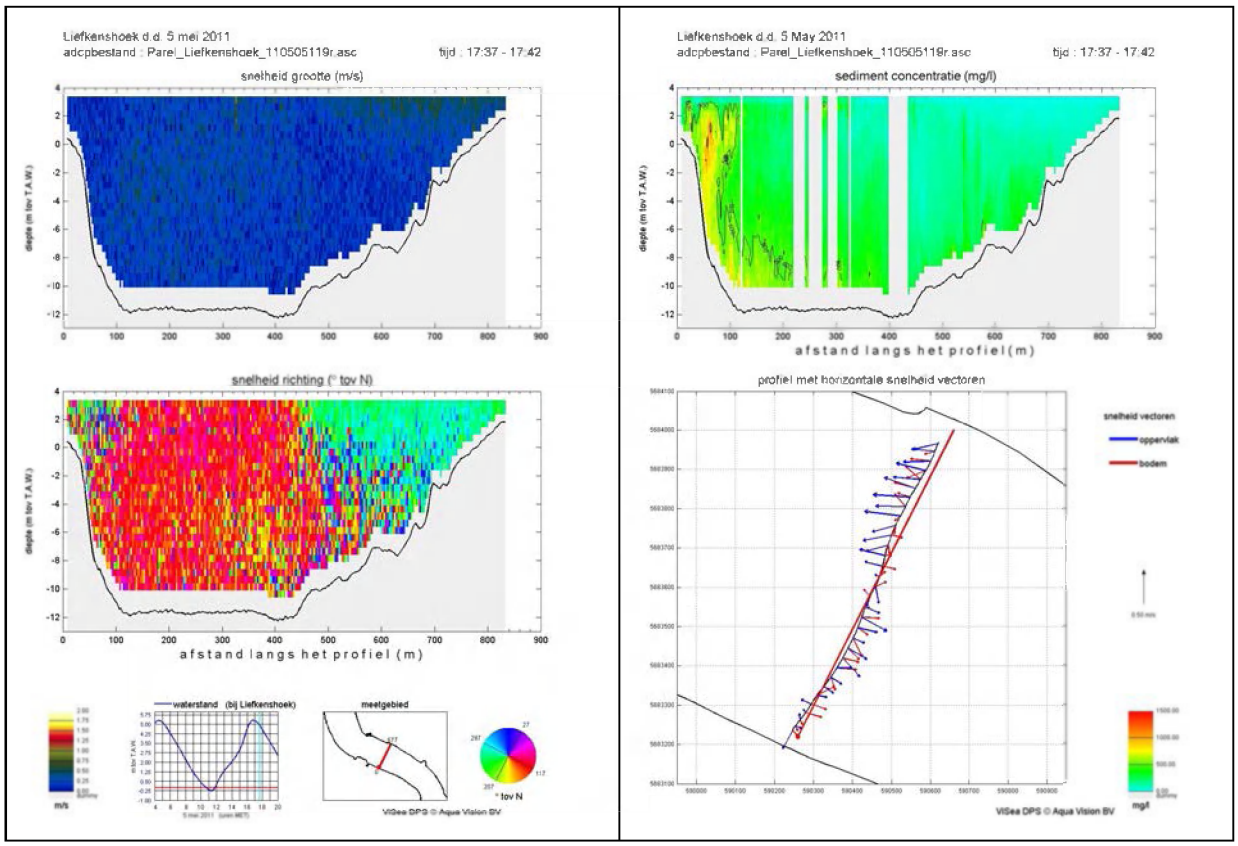


Figuur 224 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij HW

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De onderstaande figuur 225 toont de situatie bij de kentering van hoogwater. Dat is groten-deels eenzelfde beeld als op fig. 215, dat het begin van deze meetdag te Liefkenshoek toonde, al weze beide niet op éxact eenzelfde moment van die kentering. Op zich duurt de kentering niet één seconde maar vele minuten lang, want het omkeren van de stroomrichting gebeurt gestaag en niet over de ganse breedte op eenzelfde moment. Maar de figuren 215 en 225, beide gaande over KHW, doch met een tijdsverschil van bijna dertien uur, geven eenzelfde globaal beeld. Afgaande op de stroomsnelheden en het aantal stroompijlen die al naar noordwest gaan dus over eb handelen, is de situatie van fig. 225 iets later in die minutenlange duur van KHW dan bij fig. 215.

Uiteraard zijn de stroomsnelheden nu alle vrij klein. De linker-boven-deelfiguur geeft dit duidelijk aan: een quasi uniforme blauwe kleur van alle cellen toont snelheden tot voornamelijk 0,25 m/s, en verschillende al wel tot 0,50 m/s, en aan wateroppervlak tussen midden van de breedte naar rechteroever toe, nog groter nl. 0,75 m/s. In die zone heerst overigens al duidelijk eb, zie de rechter-onder-deelfiguur van de stroompijlen. Langs linkeroeverkant gaat nog een beetje vloed, aan rechteroeverkant is het al eb.



Figuur 225 - Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek - ADCP-meting 5 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij KHW

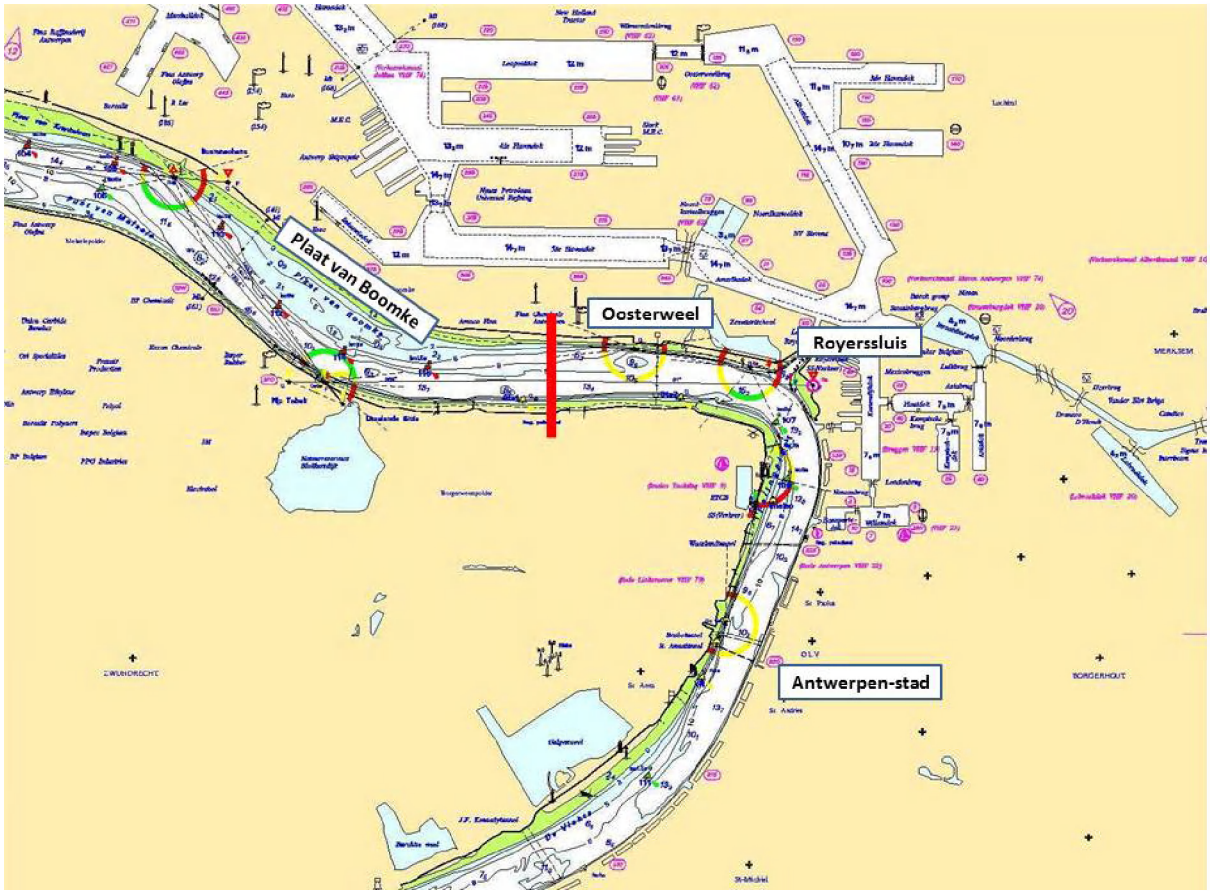
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.6.3 dertienuursmeting (stroming en sedimentconcentratie) aan Oosterweel

Daags voor de net besproken dertienuursmeting in de Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek, ging te Oosterweel een dergelijke meting door. De tij-omstandigheden zijn quasi dezelfde, dus deze van bijna een gemiddeld springtij. Ook nu begon de dertienuursmeting bij een kentering van hoog-water 's morgens vroeg, ging over een daling van het water via laagwater, kentering van laagwater, rijzing van het water, hoogwater, naar de daaropvolgende kentering van hoogwater.

Onderstaande kaart toont de ligging van de meetraai en haar omgeving. De rode lijn duidt de theoretisch te varen meetraai aan. En wat qua bathymetrie echt van belang is, zijn:

- de aanwezigheid afwaarts de meetraai van de ondiepe Plaat van Boomke; niet enkel is het een boven laagwater komende plaat, het is ook een behoorlijke stortzone van fijne tot zeer fijne baggerspecie, ook "slib" genoemd. Deze aanwezigheid kan slibstromen met vloed en eb geven.
- de verbreding van de diepe geul in de rivier van de dwarsraai naar opwaarts; de Plaat van Boomke houdt op maar aan de andere oever duikt niet meteen een nieuwe plaat op; de diepe vaargeul aan linkeroever blijft diep en aan rechteroever wordt het ook even diep.
- de aanwezigheid van de zeer scherpe Royersbocht in de rivier: toch een bocht van 110° (van west-oost-oriëntatie naar "zuid ten westen". Deze bocht geeft belangrijke helicoïdale stromingen op- en afwaarts van de Royerssluis.



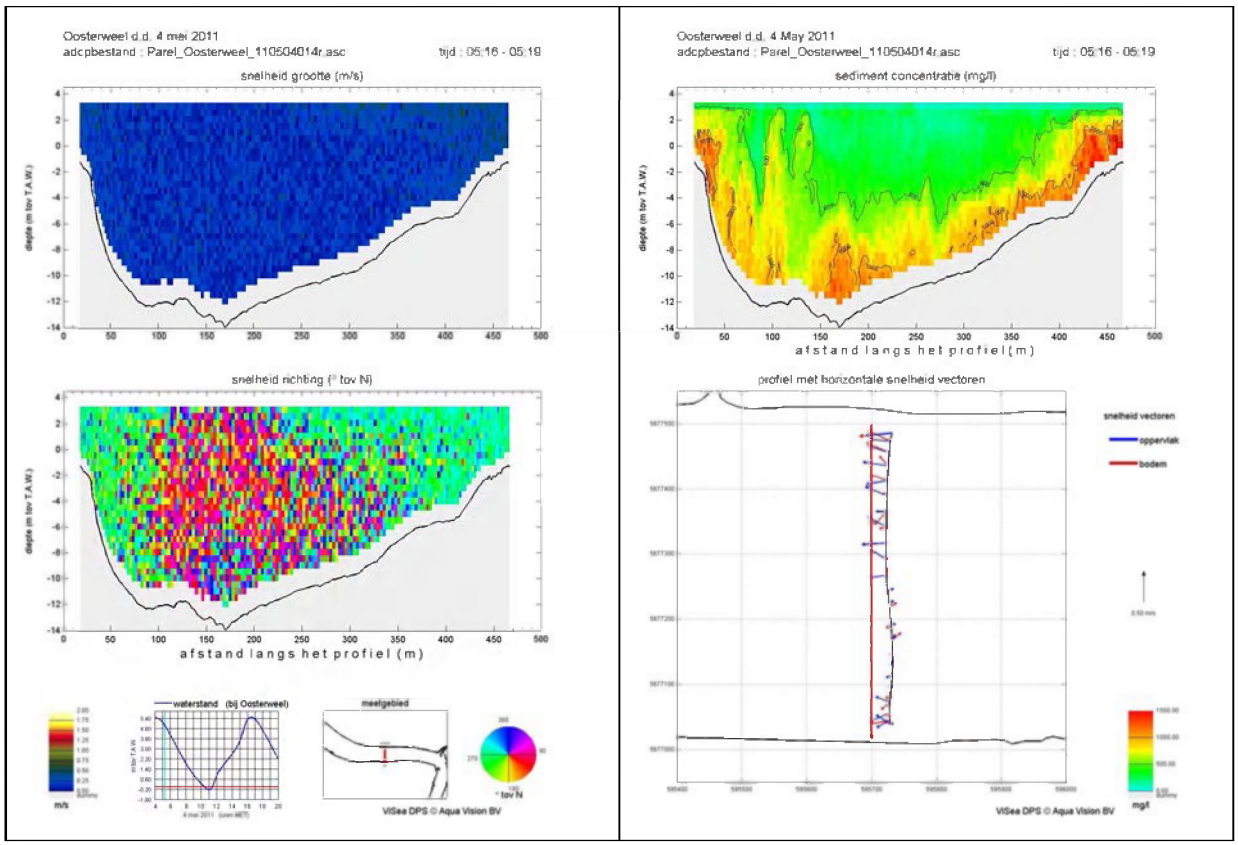
Figuur 226 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - aanduiding van de gevaren meetraai

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het is toeval dat deze meetraai zuiver noord-zuid gericht is. Zoals te verwachten is, gaat vloed dan naar oost en eb naar west, loodrecht (of praktisch loodrecht) op de meetraai.

Het verhaal over alle metingen van de dertienuursmeting te Oosterweel zou heel sterk op de voorgaand besproken metingen te Liefkenshoek lijken; daarom wordt nu een minder uitgebreide reeks voorbeelden getoond.

De beelden zijn van gans dezelfde opmaak en presentatie als deze van Liefkenshoek. Uiteraard toont de figuur 227, bij met name kentering van hoogwater (KHW), een stroombeeld van kleine snelheden (linker-boven-deelfiguur blauw), stroomrichtingen die zowel nog vloed als reeds begin van eb zijn, en een verdeling van sediment over de dwarssectie waarbij beduidend meer suspensiemateriaal over het onderste deel van de waterkolom is dan in het bovenste deel: bezinking van sediment bij kleine stroomsnelheden.



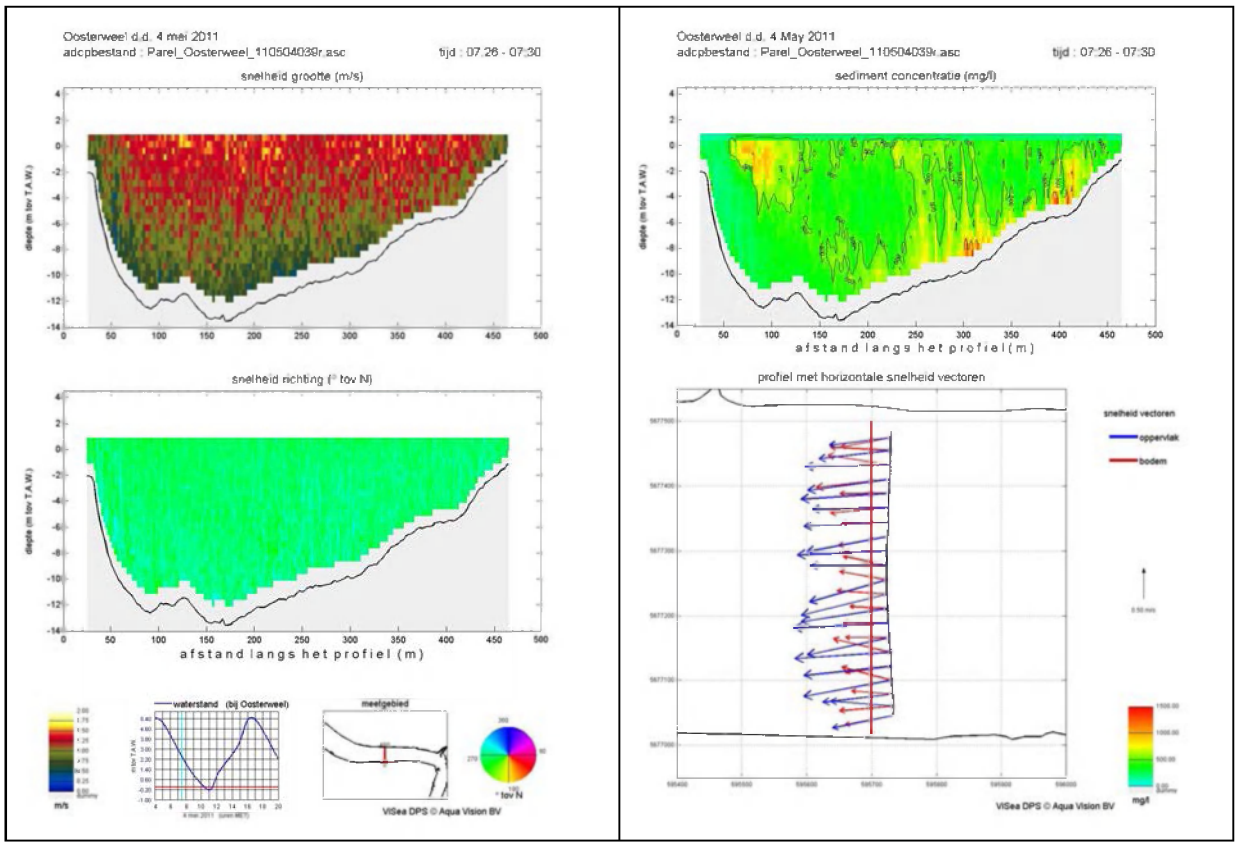
Figuur 227 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij KHW

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De volgende figuur handelt bij halftij-eb. De stroomsnelheden zijn beduidend, groter aan wateroppervlak dan in het midden van de waterkolom en dan over de bodem. De linker-boven-deelfiguur toont dit zeer duidelijk: boven (in geel en bruinrood) heersen snelheden van meer dan 1,50 m/s, in het midden van de waterkolom gaat het om snelheden van 0,75 à 1,25 m/s, en tot iets boven de bodem loopt stroming van 0,50 m/s à 1,00 m/s; net boven de bodem zullen de snelheden kleiner zijn, maar deze zijn (wegens het ADCP-meetprincipe) niet meetbaar. Men ziet, zoals bij alle andere analoge figuren, dat de gekleurde blokjes (meetcellen) niet reiken tot de zwarte lijn die de bedding in dwarsdoorsnede voorstelt, maar er een meter van af blijven.

Ook hier toont de doorsnede dat er aan linkeroever en in het midden van de rivierbreedte, een vrij diepe geul is, en dat het aan rechteroever ondieper tot zeer ondieper is. Het is puur toeval dat de meetraai te Liefkenshoek en deze te Oosterweel, eenzelfde dwarsdoorsnedebeeld tonen, uiteraard met een andere breedte en een andere diepte. Bij beide meetraaien geldt dat net opwaarts ervan, een flinke bocht in de rivier bestaat, en aan afwaartse kant een rivierbocht net andersom. Ook de stroom-patronen zullen dus op eenzelfde manier door eenzelfde type helicoïdale stroom beïnvloed worden. Zowel te Liefkenshoek als te Oosterweel komt de eb aan de meetraai vanuit een rivierbocht van zuid-noord naar oost-west, dus gaat er een rechtshandige helicoïdale stroom. Maar nogmaals: deze gelijkenis van dwarsprofiel en invloed van rivierbochten dus helicoïdale stromingen, is puur toeval.

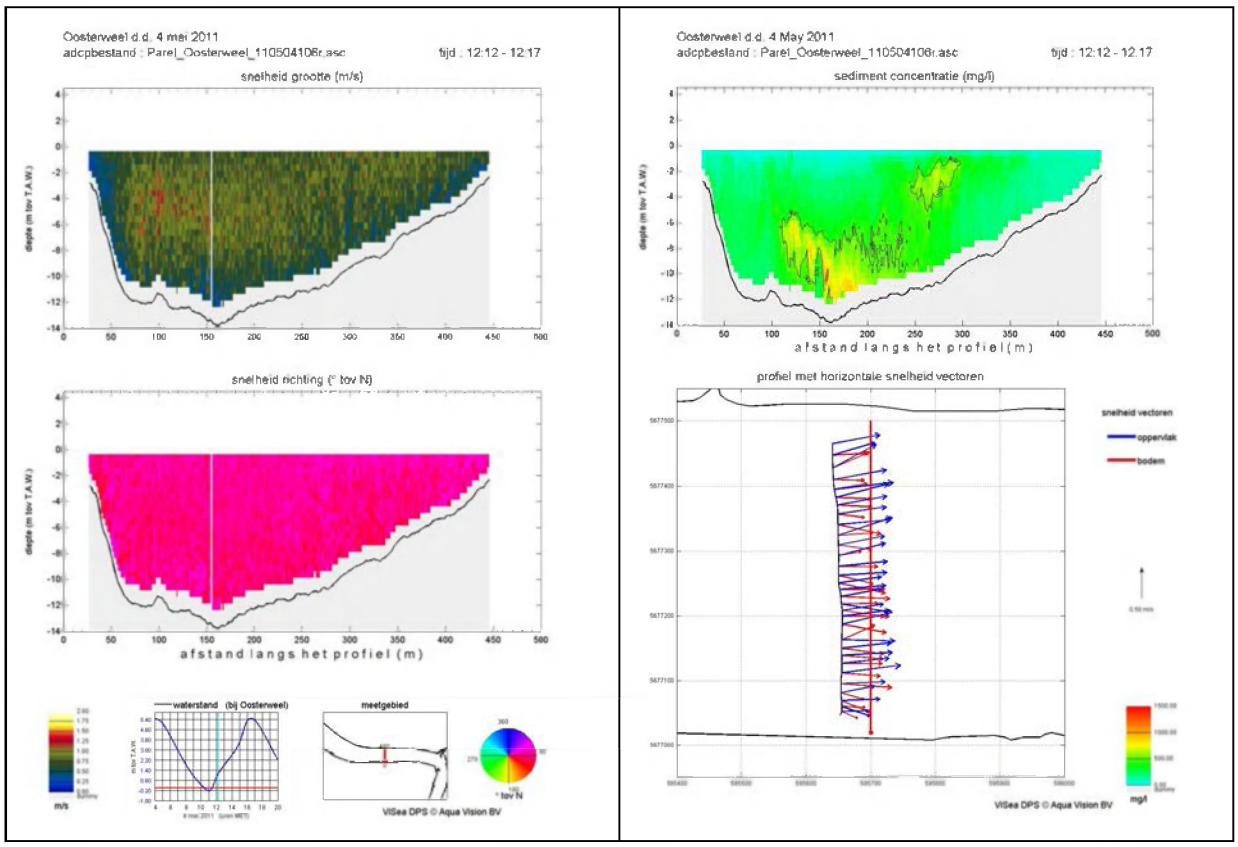
De stroomrichtingen gaan over de volledige sectie westwaarts, dus heerst hier eb.



Figuur 228 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij eb

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De volgende figuur toont de situatie iets na kentering van laagwater. De stroomsnelheden zijn meteen behoorlijk: buiten luwtes aan beide oevers en over de bodem, gaan snelheden van 0,50 à bijna 1,25 m/s. De stroomrichtingen zijn alle naar oost, dus gaat overal vloed. De sediment-concentratie toont een beeld van nogal uniforme verdeling, behalve twee zones met vooral een wat grote zone midgeuls onderaan de waterkolom. Hier gaan suspensiegehaltes tot 1.000 m/l, een enkele keer iets meer.



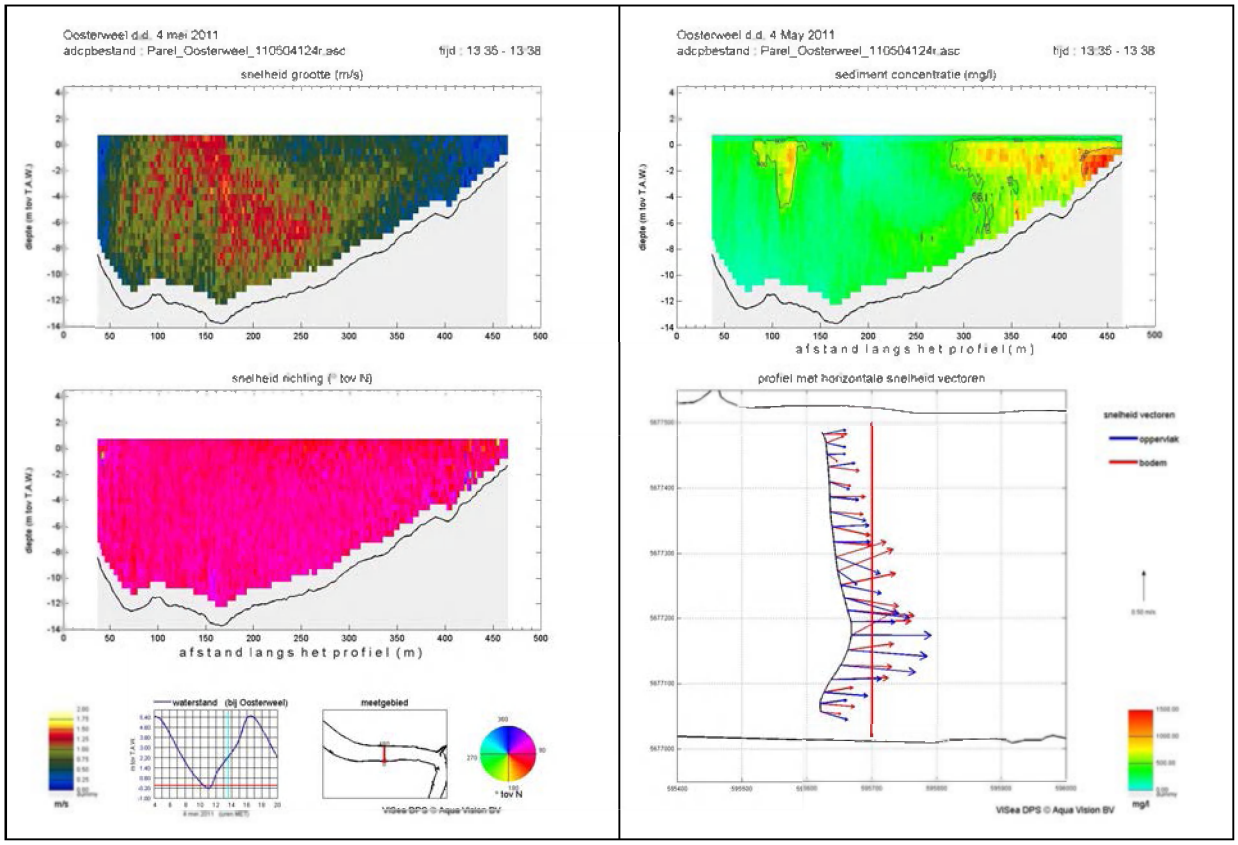
Figuur 229 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte iets na KLW

Figuur 230 geeft het beeld bij halftij van vloed, ongeveer halverwege laagwater en hoogwater.

De stroomsnelheden zijn groter geworden, met vele snelheden van 1,50 à 1,75 m/s. Opvallend zijn de beide zones van luwte, nl. langsheen de beide oevers. Het is ook opvallend welke gelijkenis er heerst met fig. 222 van de dertienuursmeting te Liefkenshoek, ook bij halftij-vloed. Gezien zoals hoger al aangegeven, de bathymetrische situatie nogal analoog is, en de invloed van rivier-bochten ook, is dat niet verrassend. Maar alles moet wel in het juiste perspectief van bvb. diepte en breedte geplaatst worden, zodat de fluxen aan water en sediment uiteindelijk danig verschillen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Op de rechter-onder-deelfiguur is te zien dat het meetschip last had van zijstroming. Het is inherent aan dergelijke dertienuursmetingen, waarbij één meetschip gebruikt worden dat telkens dwars over de rivier vaart en de ADCP over elke vaart laat meten, dat grote vloed- en eb-stromingen zijwaarts op het schip duwen, en koerscorrecties vergen. Het resultaat kan zijn dat de overtocht op sommige plaatsen niet mooi evenwijdig aan de theoretische dwarsvaarlijn (rode lijn) is. Er moet ook bedacht worden dat het meetschip niet alleen op de rivier is, en dat -zeker te Liefkenshoek, maar toch ook hier te Oosterweel- vele andere schepen op de rivier varen (en uiteraard in langsrichting) en dat de schipper daar terdege rekening mee moet houden. Het is niet altijd duidelijk welke voorrang bestaat, en voorrang wordt zoals bij het wegverkeer soms afgedwongen. Het is evident dat zeeschepen beduidend minder hun vaarkoers kunnen wijzigen aan het voor zich over en weer varen van een meetschip, omdat zeeschepen door hun diepgang aan de diepe vaargeul gebonden zijn en hun vaarsnelheid niet zomaar kunnen veranderen; zeeschepen houden in de regel hun koers aan. Binnenschepen kunnen veel makkelijker uitwijken. Het doén is soms een andere zaak.

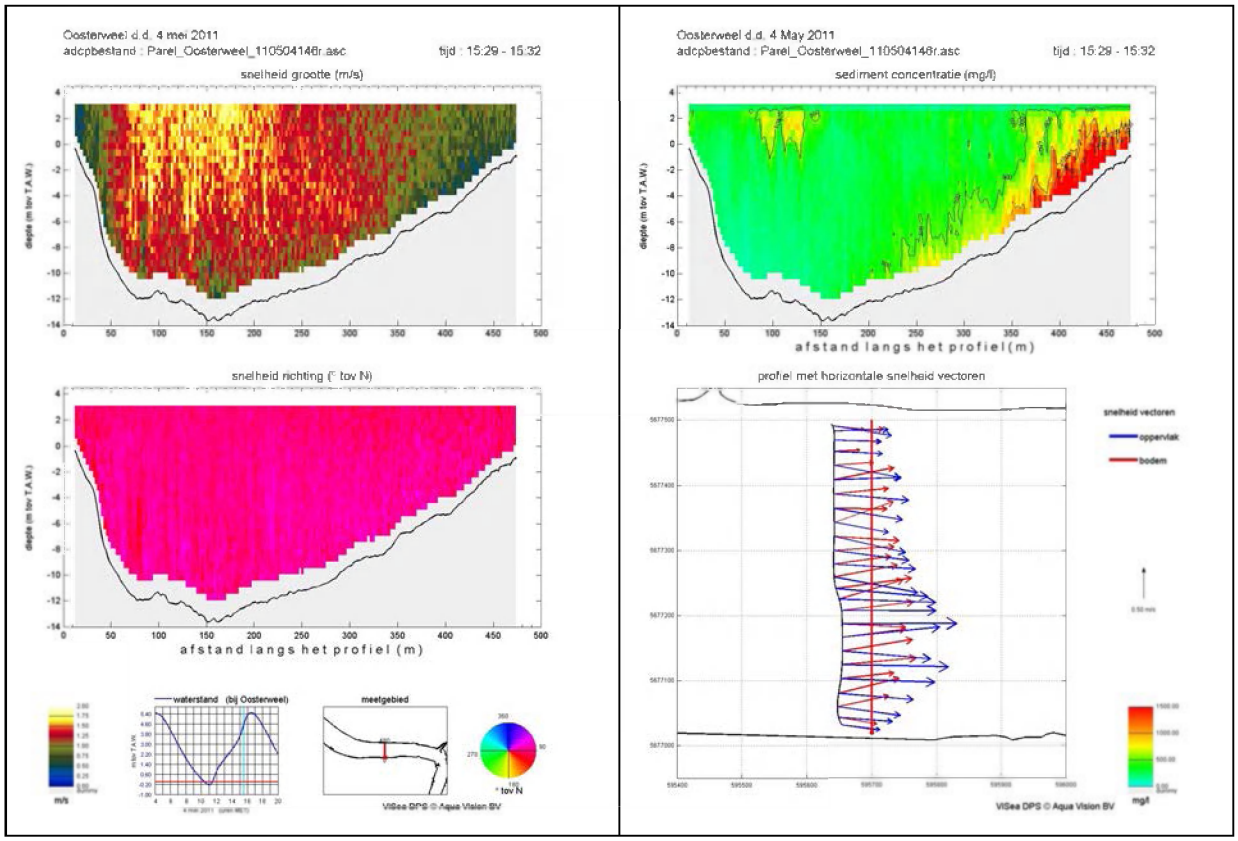


Figuur 230 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij vloed

Het niet steeds mooi evenwijdig aan de theoretische vaarlijn kunnen varen, houdt qua stroombeeld geen erg in. De meetgegevens worden immers in dwarszin aan de werkelijke afstand binnen de dwarsraai geprojecteerd, zodat de blokjes van de drie dwarsbeelden (stromingen en sedimentconcentratie) echt op hun plaats in de dwarsdoorsnede komen. De daaruit afgeleide waterdebieten en sedimentfluxen worden dus ook juist bepaald, alsof het meetschip steeds evenwijdig aan de theore-tische vaarlijn heeft gevaren.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De navolgende figuur toont de situatie bij maximum-vloed. Uiteraard zijn alle stroompijlen oostwaarts, dus gaat overal vloed. De linker-midden-deelfiguur kleurt rozerood, dus geeft een uniforme richting weer. De rechter-onder-deelfiguur, met een bovenzicht op de stroompijlen net onder waterlijn en net boven bodem, toont wel dat verschillende blauwe pijlen iets naar oostzuidoost (juister: oost ten zuiden, dus ietsje zuid van puur oost ...) zijn gedraaid, en verschillende rode pijlen iets naar oostnoordoost (juister: oost ten noorden). Globaal blijft alle stroming relatief loodrecht op de dwars-breedte; dergelijke kleine hoekverschillen zijn zoals hoger al uitgelegd, normaal en eigenlijk niet zo millimetrisch te beschouwen. Tenzij er een significantie is bij de hoekverdraaiingen zoals hier: de stroming aan wateroppervlak gaat duidelijk naar oost doch dan iets meer naar oostzuidoost; de stromingen over de bodem gaan duidelijk naar oost doch iets meer naar oostnoordoost. Dat laatste is eenvoudig uit te leggen: de vloedstroming van west naar oost gaat door een brede en diepe geul midden en linksoeverig van de dwarssectie, wat ook naar opwaarts zo blijft. Daarentegen komt de vloedstroom langs de rechteroever vanaf afwaarts van over een ondiepe Plaat van Boomke, passeert de meetraai, en gaat naar een diep te worden geul de Royersbocht in: de geul blijft dus aan linkeroever en midgeuls diep, maar wordt dat ook langs rechteroever. Dat geeft over de bodem een dwarscomponent aan de stromingen, nl. in dit geval iets naar noord van puur oost.



Figuur 231 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij maximum vloed

Nog vele andere beschouwingen kunnen gemaakt worden, nog meerdere beelden kunnen getoond worden, maar in het kader van dit MONEOS-rapport is daarmee een begin gemaakt van duidelijke en uitleggende rapportage.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.6.4 dertienuursmeting (stroming en sedimentconcentratie) aan Driegoten

Ook op 4 mei 2011 werd in de Boven-Zeeschelde te Driegoten een dertienuursmeting uitgevoerd. Onderstaand Google-Earth-beeld geeft de ligging van de meetraai (rode lijn). Ook enkele bijzondere herkenningsplaatsen zoals Temse, Hamme, Bornem, Durme en Schelde zijn aangegeven.

Figuur 232 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - aanduiding van de gevaren meetraai

De tij-omstandigheden zijn dezelfde als te Liefkenshoek en te Oosterweel, dus deze van bijna een gemiddeld springtij. Ook hier begon de dertienuursmeting bij een kentering van hoogwater 's morgens vroeg, ging over een daling van het water via laagwater, kentering van laagwater, rijzing van het water, hoogwater, naar de daaropvolgende kentering van hoogwater.

Het verhaal over alle metingen van de dertienuursmeting te Driegoten zou heel sterk op de voorgaand besproken metingen te Liefkenshoek en te Oosterweel lijken; daarom wordt ook nu een minder uitgebreide reeks voorbeelden getoond. De beelden zijn van gans dezelfde opmaak en presentatie als deze van Liefkenshoek en Oosterweel.

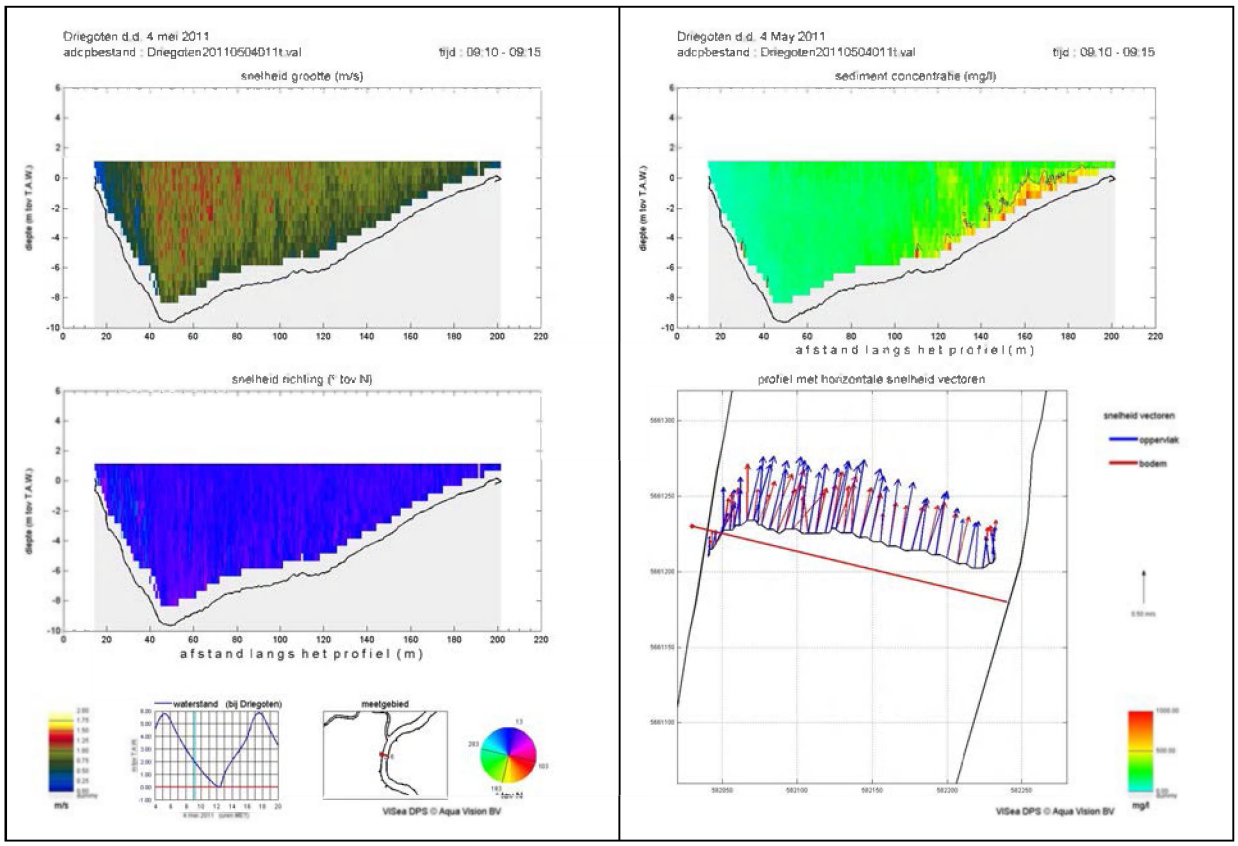
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het verhaal begint hier bij een beeld van halftij-eb, dus halverwege hoogwater en laagwater in. De waterstroming is naar iets ten oosten van puur noord, zegge “noord ten oosten”. De snelheden zijn uiteraard belangrijk: verdeeld over de ganse sectie behalve een luwte langs de linkeroever, gaat stroming van 0,50 m/s nabij de bodem tot 1,50 m/s over de waterkolom aan linkeroeverzijde van het midden van de sectie.

De stroomrichtingen duiden op een vrij evenwijdig patroon aan wateroppervlak (zie blauwe pijlen op de rechts-onder-deelfiguur) en op een wat wisselend patroon over de bodem van de Schelde, vooral aan linkeroeverzijde vanaf midden van de sectie. De helicoïdale stroming ten gevolge van de rivierbocht opwaarts van de meetraai doet zich voelen.

De verdeling van het sediment over de sectie, is vrij uniform (zie groene kleur, waarden van 250 à 600 mg/l) behalve langs rechteroever over de bodem. De opwaarts aan rechteroever aanwezige zandplaat, waarop slibafzetting bij kentering gebeurt, resulteert in een grotere sedimentconcentratie, met waarden tot 1.250 mg/l.

Zoals al eerder aangegeven, moet steeds bedacht worden dat alle meetresultaten gelden voor de betrokken plaats, voor het betrokken getij of algemener het type van tij (hier een gemiddeld springtij) en bij de toen heersende invloed van het bovendebiet vanuit het opwaartse Scheldebekken, o.a. Bovenschelde, Leie, Dender enz.



Figuur 233 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij eb

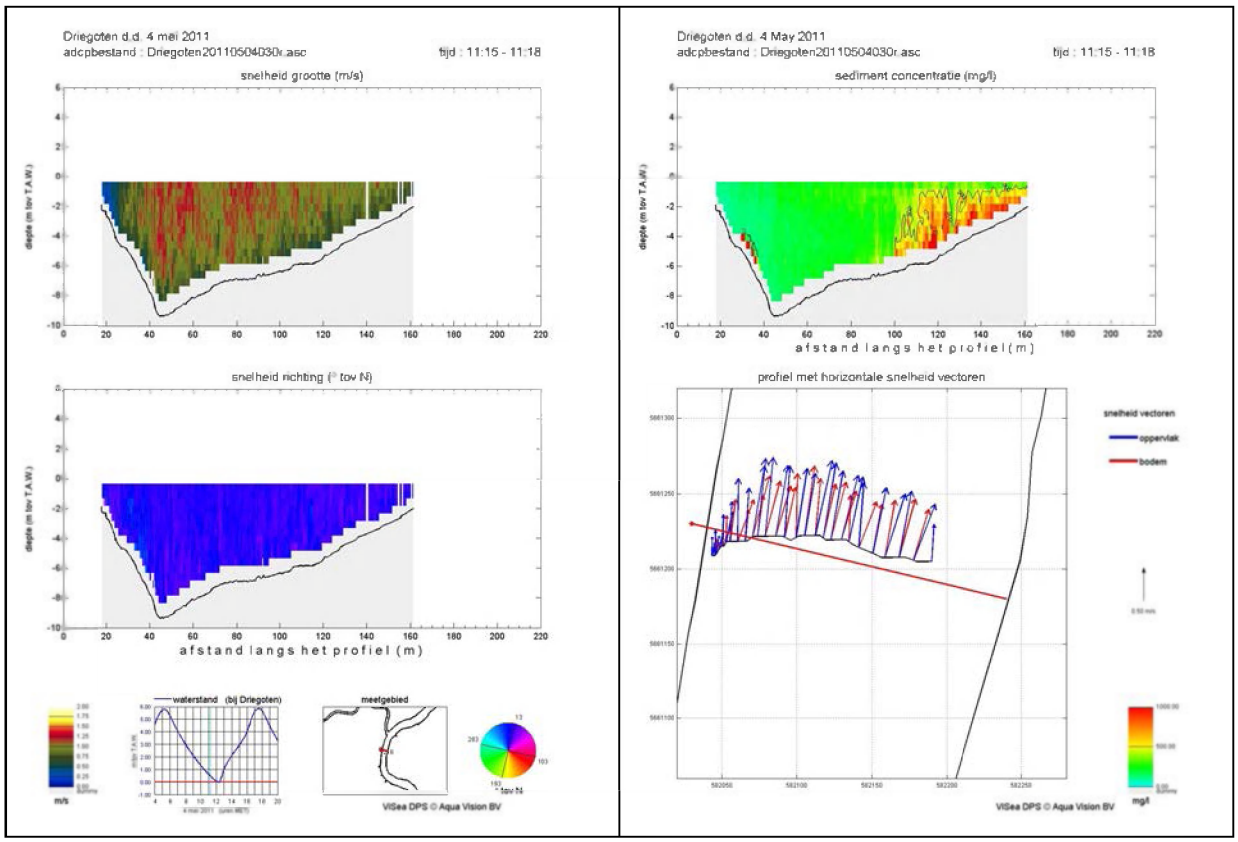
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 234 toont het stromingspatroon en sedimentbeeld bij einde van eb. Ook nu zijn de stroomsnelheden groot, zoals bij vorige figuur: redelijk mooi verdeeld over de ganse sectie behalve een luwte langs de linkeroever, gaat stroming van 0,50 m/s nabij de bodem tot 1,50 m/s over de waterkolom aan linkeroeverzijde van het midden van de sectie.

De stroomrichtingen duiden op een vrij evenwijdig patroon aan wateroppervlak (zie blauwe pijlen op de rechts-onder-deelfiguur) en op een ook aan elkaar evenwijdig patroon over de bodem van de Schelde. Er is wel een hoekverschil tussen de stroomrichting aan watervlak (die meer naar noord neigt) en deze over de bodem (die iets oost van noord gaat). Ook hier doet de helicoïdale stroming ten gevolge van de rivierbocht opwaarts van de meetraai, zich voelen.

De verdeling van het sediment over de sectie, is vrij uniform (zie groene kleur, waarden van 250 à 600 mg/l) behalve langs rechteroeverkant. De opwaarts aan rechteroever aanwezige zandplaat (Plaat van de Kont), waarop slibafzetting bij kentering gebeurt, resulteert in een grotere sediment-concentratie, met waarden tot 1.250 mg/l, en dat over een groter deel van de dwarsdoorsnede dan bij de vorige situatie m.n. halftij-eb.

Op onderstaande figuur is op alle drie dwarsbeelden goed te zien dat de waterstand laag staat: de getoonde doorsnedes zijn kleiner dan bij vorige situatie (fig. 217) en erg duidelijk t.o.v. deze op fig. 220 en 221. De waterstand is immers op alle figuren mee ingerekend, en gaat dus op en neer.

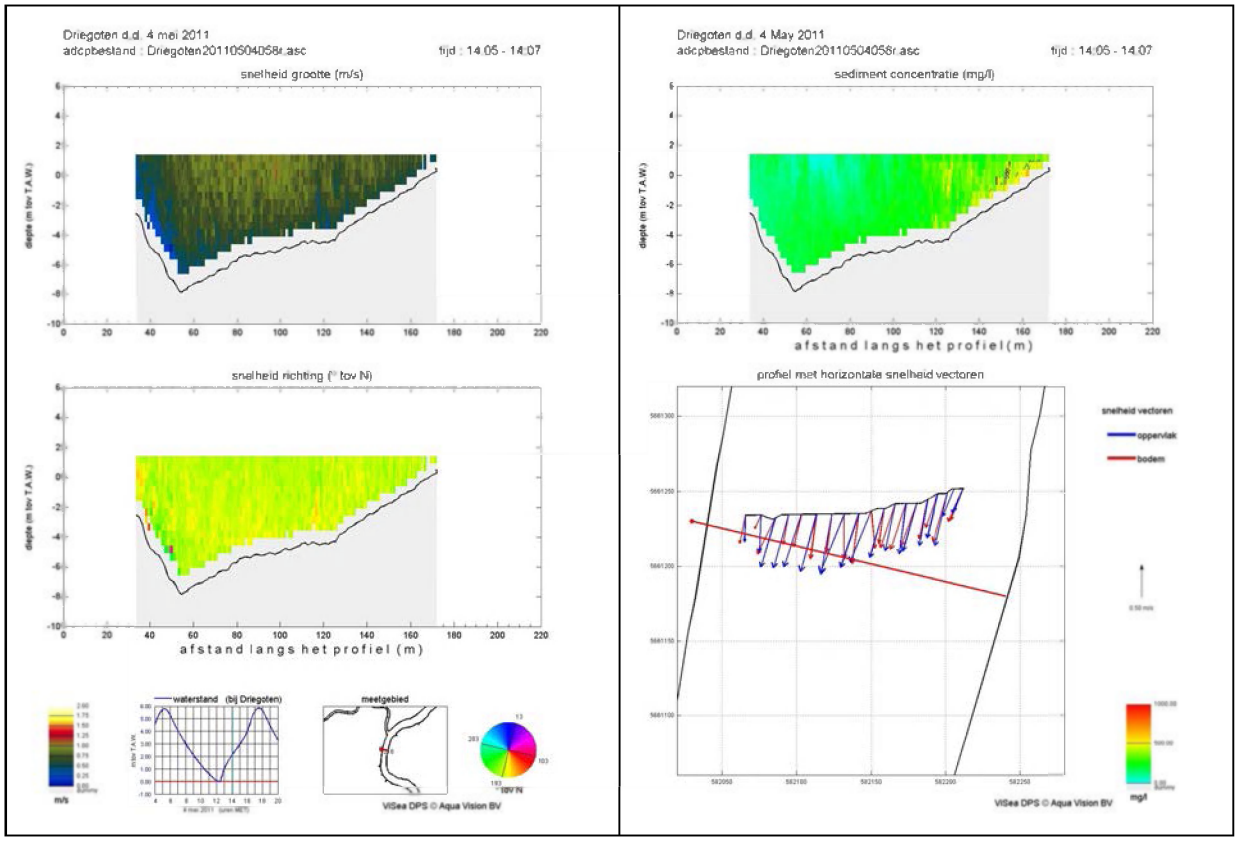


Figuur 234 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij einde eb

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De volgende twee figuren geven het resultaat bij vloed, nl. halftij-vloed en maximum-vloed. Het zijn karakteristieke beelden. De watersnelheden bij halftij-vloed zijn gewoon behoorlijk, tot 1,00 m/s, en worden zeer groot bij maximum-vloed: tot bijna 1,75 m/s, en dat over een redelijk groot deel van de natte sectie. In verhouding tot de grootte van de rivier gaat het dan over grote debieten een uur voor hoogwater. Dat de stroomsnelheden groot tot zeer groot zijn, kan ook worden gezien aan de gevaren meetraai. Ten overstaande van de theoretische rechte vaarlijn, is de werkelijk gevaren raai niet mooi evenwijdig, maar gaat ze -in de loop van het overvaren van de rivier- ervan afwijken door hevige dwarsstroom. Ook hier zijn de resultaten in de dwarsbeelden via projectie aangepast naar de te varen theoretische dwarslijn toe; het bovenaanzicht van de stroomrichtingen toont evenwel de echt gevaren raai.

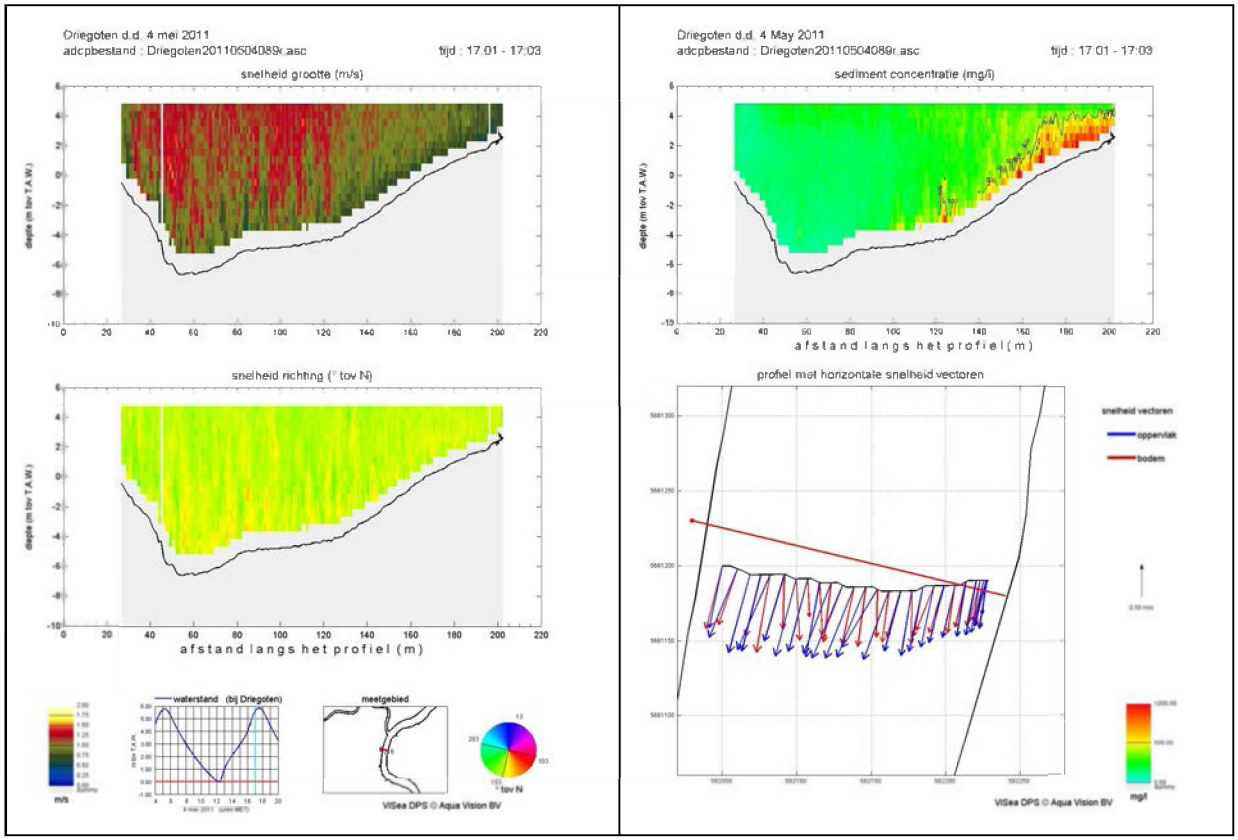
De stroomrichtingen duiden ook op enig hoekverschil tussen de stroming aan wateroppervlak tegen deze over de bodem, vooral in de diepe hoofdgeul. De stroming aan waterlijn gaat ietsje naar linkeroever toe, en deze over de bodem ietsje naar rechteroever. Uiteindelijk gaan ze alle volgens de te verwachten vloedrichting, maar er is een hoekverschil tot een tiental graden aanwijsbaar, wat op zich significant is doch weinig aan het globale beeld doet.



Figuur 235 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij halftij vloed

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De suspensiegehaltes tonen weerom een vrij uniform beeld over de dwarssectie, behalve over de bodem naar rechteroever toe. Over bijna de ganse sectie (groene blokjes) is de sediment-concentratie van 600 mg/l tot 700 mg/l, doch over de bodem naar rechteroever toe vergroot deze concentratie behoorlijk, tot 1.200 mg/l.



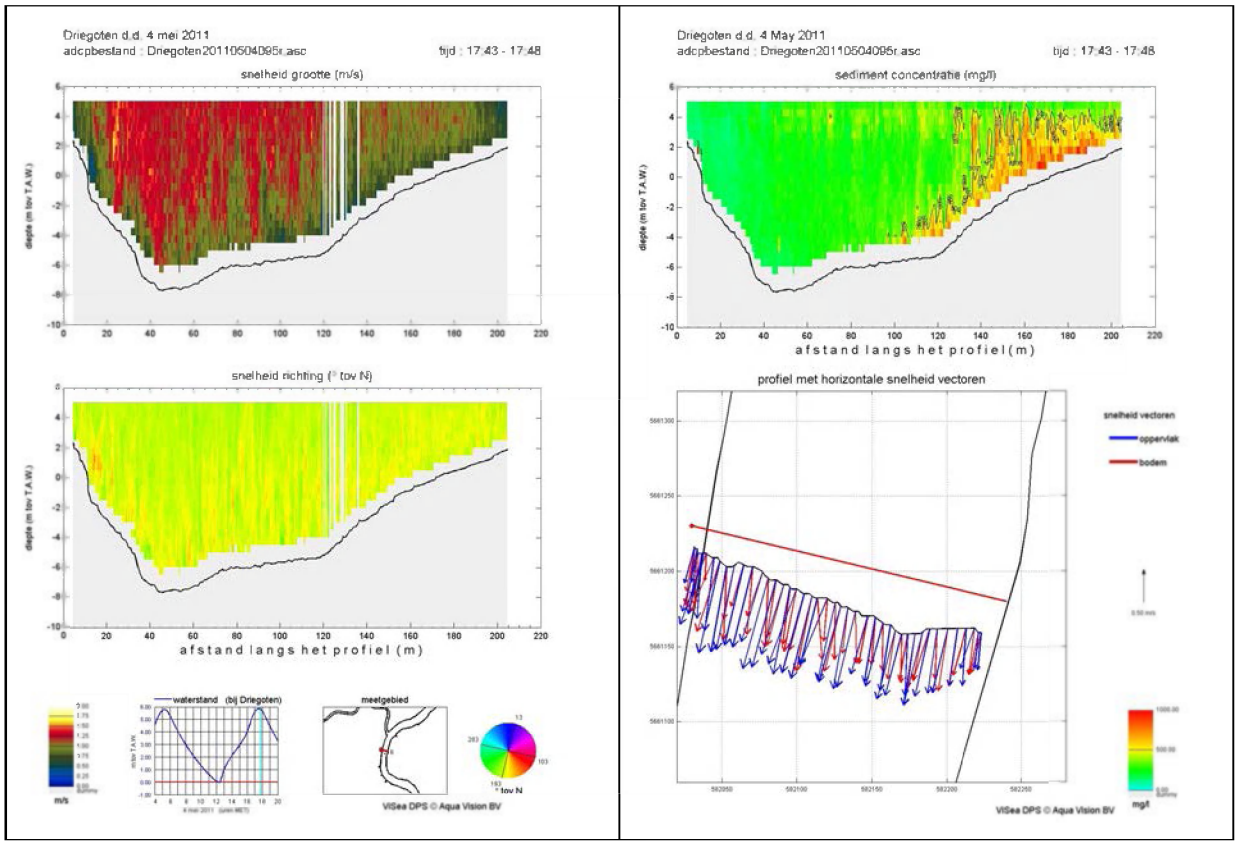
Figuur 236 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij maximum vloed

De voorlaatste figuur van deze dertienuursmeting te Driegoten, gaat over de situatie bij hoogwater. De stroomsnelheden zijn groot tot zeer groot: over een flink deel van de natte sectie, nl. het minder diepe deel aan rechteroever, gaan snelheden tot meer dan een meter per seconde; over het grootste deel van de rest van de natte sectie handelt het om 1,00 à 1,70 m/s. In verhouding tot de grootte van de rivier gaat het dan ook bij hoogwater zelf over grote debieten. Ook nu kan aan de gevaren meetraai worden gezien dat de stroming een flinke zijstuwing op het meetschip gaf.

De stroomrichtingen duiden nu op een significante en in verhouding redelijk behoorlijk hoek-verschil tussen de stroming aan wateroppervlak tegen deze over de bodem, en dat over de volle breedte van de sectie. De stroming aan waterlijn gaat quasi loodrecht op de theoretische vaarraai, terwijl deze over de bodem toch flink naar rechteroever neigt.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

De suspensiegehaltes tonen weerom een vrij uniform beeld over de dwarssectie, behalve naar rechteroever toe. Over ongeveer tweederde van de ganse sectie (zie groene blokjes) is de sedimentconcentratie van 600 mg/l tot 700 mg/l, welke naar rechteroever toe vergroot tot bijna 1.200 mg/l, in het bijzonder (en logisch) over de bodem.



Figuur 237 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij HW

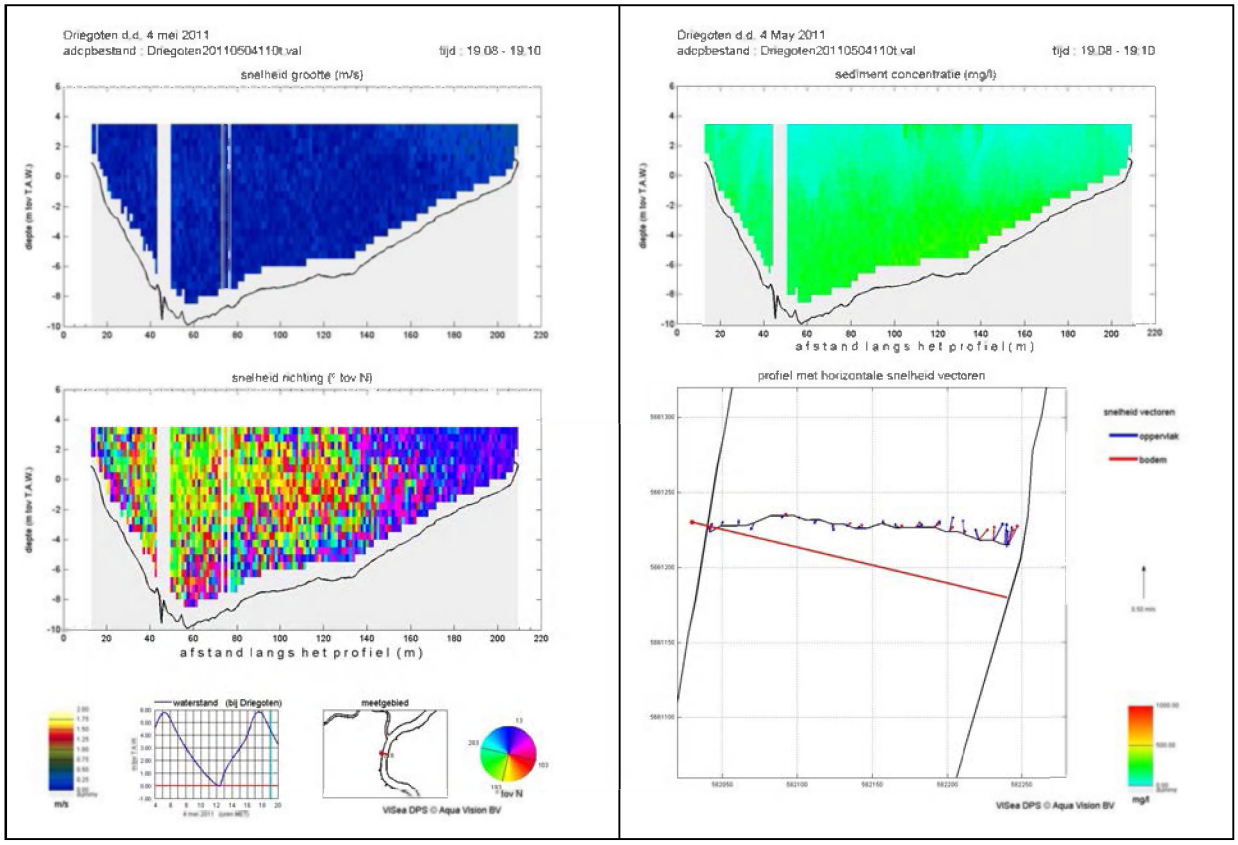
En tenslotte het beeld bij kentering van hoogwater: figuur 238.

De stroomsnelheden zijn zeer klein, zie de blauwe kleur van de blokjes, elk voorstellende een ADCP-cel zoals bemeten en uitgewerkt is, dus met een hoogte van een halve meter en een breedte van ongeveer vier meter. De snelheden gaan -behoudens langs rechteroever- niet meer dan 0,25 m/s.

De deelfiguur linksonder geeft een gans palet aan kleuren van het kompas; het is kentering, de stroming is zeer klein, wisselt van richting, doch doet dat niet tegelijkertijd over de ganse sectie. Daar waar aan linkeroever nog wat vloed heerst, gaat langs de rechteroeverkant al eb, iets meer dan 0,25 m/s.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het rechter-boven-deelbeeldje geeft de verdeling van het sediment over de ganse sectie. Deze verdeling is mooi uniform, en de concentratie klein. Zelfs aan rechteroever is het gehalte aan suspensiemateriaal klein geworden: het aanwezige sediment is bezonken, doch deze laag, vlak bodem de bodem, valt buiten de bemeten ADCP-sectie.



Figuur 238 - Boven-Zeeschelde te Driegoten - ADCP-meting 4 mei 2011 - meetresultaten stroming en suspensiegehalte bij KHW

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3.7 Beneden-Zeeschelde aan Galgeschoor: golfmetingen tussen vaargeul en schor

3.7.1 meetopzet

Binnen MONEOS zijn de twee volgende locaties opgenomen voor het uitvoeren van lang-durige metingen van golfbelasting:

- meetlocatie Galgeschoor-Lillo, net afwaarts van de vlotsteiger en aanlegpalen van Lillo.
Dit meetpunt ligt in het verlengde van de langs-as van Deurganckdok, en meet dus de golven die bij zuidwestenwind vanuit dit dok en verder schuin over de Schelde worden opgewekt; de strijklengte is dan langer dan mochten de golven door de wind gaande over enkel de Schelde worden veroorzaakt. Uiteraard worden ook scheepsgolven opgemeten. De hoogte van de bedding aan dit meetpunt is op TAW (-2.70 m).

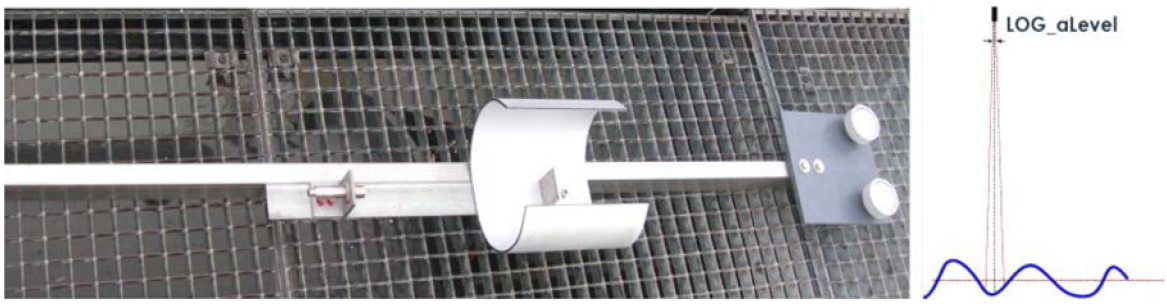
- meetlocatie Galgeschoor-Blauwgaren, meerbepaald tussen de boeien 84 en 86.
Dit meetpunt ligt in het verlengde van de langs-as van het voorziene Saeftingedok.

Figuur 239 - Beneden-Zeeschelde te Lillo en Doel : golfmeetplaatsen Galgeschoor (resp. Lillo en Blauwgaren).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het eerste meetpunt werd in juni 2010 voorzien van een golvenmeter. Het toestel handelt om een Log_a_Level dat via ultrasone golven en vanuit haar vaste opstelplaats aan en bestaande paal, de hoogte tot de onderliggende waterlijn meet met een dergelijk hoge frequentie dat ook water-schommelingen o.a. wind- en scheepsgolven worden gemeten. Op het tweede meetpunt zal een analoog toestel geplaatst worden van zodra een nieuw te bouwen meetconstructie (meetpaal te water) zal gerealiseerd zijn (2012-2013).

De vorige figuur toont de ligging van beide meetplaatsen in de Beneden-Zeeschelde. De meetfrequentie is zeer hoog, nl. 5 Hz, en het uitgestuurde ultrasone meetbundel is verticaal gezien dermate smal dat zeer fijn de golfbeweging van de waterlijn kan gemeten worden. Hierbij wordt zelfs door het toestel zelf, door meting van een referentie-afstand een correctie van de geluidsnelheid aan de heersende luchttemperatuur en luchtdruk uitgevoerd.



Figuur 240 - Log_a_Level-golfmeettoestel met aanduiding van het meetprincipe

Figuur 241 - opstelling van het golfmeettoestel, zonnepanelen, windenergiemolen en data-kast op de meetpaal

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Vanaf begin 2011 worden de meetgegevens via telemetrie naar het WL doorgezonden. Door een defect aan de energievoorziening zijn geen golfmetingen beschikbaar voor de 2 helft van 2011.

3.7.2 meetgegevens 2011

De methodologie voor de verwerking van de meetgegevens is uitgebreid beschreven in het WL-rapport Onderzoek naar de invloedsfactoren van golfbelasting en de morfologische effecten op slikken en schorren in de Beneden Zeeschelde, meer specifiek op het Galgeschoor" (Verelst et al. 2011).

Hier worden enkel de resultaten gegeven van de daarin beschreven verwerking van de waterspiegelschommelingen gemeten met het Log_a_level-golfmeettoestel, voor telkens deelperiodes van een halve maand tussen 1 januari en 1 juni 2011. Voor elke deelperiode van een halve maand zijn de waarden van de golfhoogte en de golfperiode aanwezig in de tijdreeks van schommelingen van de waterspiegel.

Tabel 30 - Samenvatting van de belangrijkste statistische parameters golfmetingen voor de verschillende deelperiodes (alle frequenties worden beschouwd)

		Hmean	Hmax	H1/3	Tmean
		m	m	m	s
Alle frequenties	01/01/2011 - 16/01/2011	0,08	0,82	0,13	1,8
	16/01/2011 - 01/02/2011	0,06	0,77	0,11	1,9
	01/02/2011 - 15/02/2011	0,06	0,69	0,11	1,8
	16/02/2011 - 01/03/2011	0,05	0,69	0,09	2,1
	01/03/2011 - 16/03/2011	0,06	0,90	0,11	2,0
	16/03/2011 - 01/04/2011	0,05	0,84	0,10	2,1
	01/04/2011 - 16/04/2011	0,06	0,81	0,11	2,0
	16/04/2011 - 01/05/2011	0,06	0,90	0,10	2,1
	01/05/2011 - 16/05/2011	0,06	0,85	0,11	1,9
	16/05/2011 - 01/06/2011	0,08	0,67	0,13	1,8
	Minimum	0,05	0,67	0,09	1,8
	Gemiddelde	0,06	0,79	0,11	2,0
	Maximum	0,08	0,90	0,13	2,1
	Standaarddeviatie	0,01	0,09	0,01	0,1

Op basis van de waarden voor de statistische parameters in bovenstaande tabel kan het volgende besloten worden:

- de gemiddelde golfhoogte bedraagt ca. 0.06 m, waarbij de maximale golfhoogte ca. 0.90 m kan bedragen. De significante golfhoogte varieert tussen 0.09 m en 0.13 m.

- de gemiddelde golfperiode bedraagt 2.0 s

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Bijlage 1: MONEOS-T-parameters

A. Situering

In het kader van het project verruiming vaargeul, waarbij de vaargeul in de Westerschelde en de Beneden Zeeschelde verdiept werd ten behoeve van een getij-onafhankelijke vaart tot 131 dm, zal na twee jaar een voortgangsrapport van de monitoring dienen opgemaakt te worden. Basis hiervoor zijn het monitoringprogramma MONEOS-T (Schrijver & Plancke, 2008) en het "Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters". Dit monitoringprogramma omvat verschillende parameters voor de aspecten waterbeweging, morfologie en fysische parameters. In eerste instantie zal voornamelijk voor het getij een uitgebreide evaluatie gebeuren. Gelet op de korte referentieperiode voor de andere parameters, zal de analyse hiervoor voorlopig beperkt blijven.

Voor het getij zullen de jaarlijks gemiddelde hoog- en laagwater geëvalueerd worden. Naar analogie met MOVE, wordt een referentieperiode gekozen waarop de trends worden bepaald. Voor de trends worden 2 processen in beschouwing genomen: de zeespiegelstijging (waarbij aangenomen wordt dat deze lineair is) en de 18,61-jarige nodale getijcyclus (sinusoïdaal verondersteld met vastgelegde fase). Aangezien in de jaren 1970 sterke veranderingen zijn opgetreden in de laagwaters, is geopteerd om de periode 1980 – 2009 als referentieperiode te hanteren. Vervolgens worden de nieuw beschikbare meetgegevens vergeleken met deze trends en de bijbehorende voorspellings-intervallen.

B. Methodologie

Voor het bepalen van de trends werden twee processen in beschouwing genomen:

- zeespiegelstijging: lineaire trend: $WL = \lambda . t + \mu$
- 18,61 jarige nodale cyclus: sinusoïdale trend met vastgelegde fase:
  $WL = \alpha . sin\left(\frac{2.\pi}{T} . t + \varphi\right)$

Met behulp van de methode der kleinste kwadraten werden de parameters λ, μ en α bepaald. Hierbij werd uitgegaan van volgende relatie: $WL_i = \lambda . t_i + \mu + \alpha . \sin\left(\frac{2.\pi}{T} . t_i + \varphi\right) + e_i$

Binnen de sinusoïdale trend werd de periode (T = 18,61 jaar) vastgelegd, terwijl de fase bepaald werd voor het getijverschil in Vlissingen, waarbij eerst het effect van de zeespiegelstijging werd verwijderd. Deze keuze biedt enerzijds het voordeel dat het getij in Vlissingen niet verstoord is door wijzigingen (ten gevolge van ingrepen) in het estuarium, terwijl anderzijds het getijverschil maximaal beïnvloed wordt door de 18,61-jarige cyclus (hogere hoogwater en lagere laagwaters).

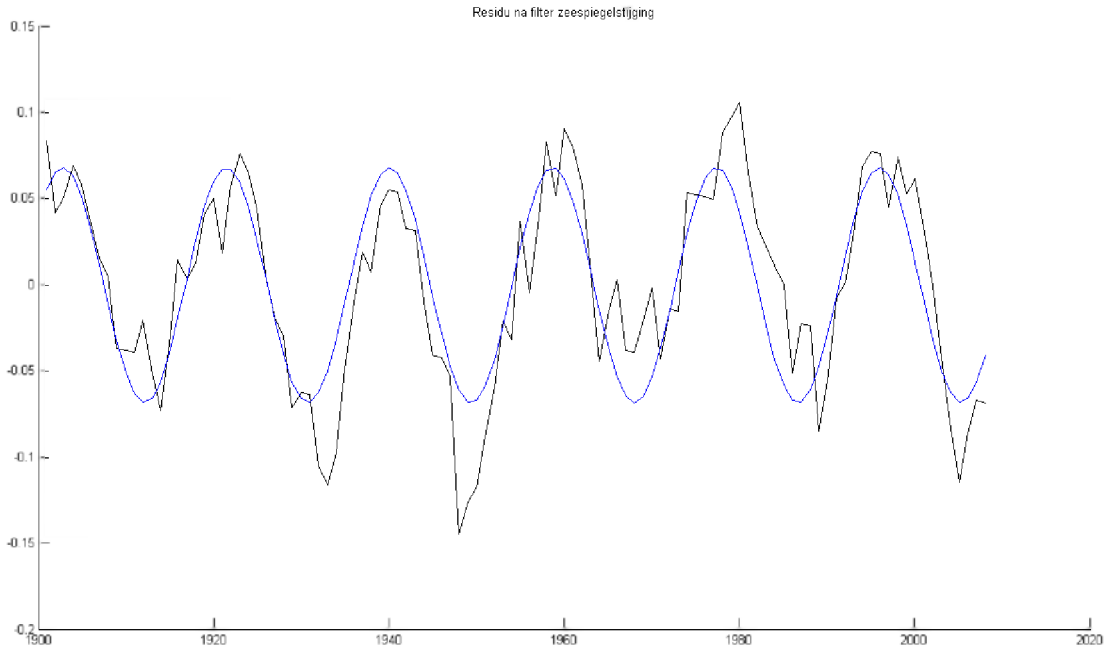
Vervolgens werd voor de beschouwde getijposten in de Beneden Zeeschelde (Liefkenshoek, Antwerpen, Schelle) de regressieparameters (λ, μ en α) bepaald voor het jaargemiddelde hoog- en laagwater.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

C. Resultaten

In eerste instantie werd de fase φ van het sinusoïdale verloop van de 18,61-jarige cyclus bepaald. Figuur B1 - 1 geeft het resultaat van de regressie van die 18,61-jarige cyclus op het getijverschil te Vlissingen (na verwijdering zeespiegelstijging en T = 18,61 jaar). Deze fase wordt vervolgens toegepast in de regressiemodellen voor de verschillende beschouwde posten in de Beneden-Zeeschelde. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het hoog- en het laagwater in tegenfase zijn (hogere hoogwaters vallen samen met lagere laagwaters en vice versa):

- φ_{HW} = 1,27*E-4
- φ_{LW} = 1,27*E-4 + π



Figuur B1 - 1: Bepalen van de fase voor de 18,61-jarige cyclus op het getijverschil te Vlissingen

Vervolgens werd voor de beschouwde getijposten in de Beneden Zeeschelde (Liefkenshoek, Antwerpen, Schelle) de regressieparameters (λ, μ en α) bepaald voor het jaargemiddelde hoog- en laagwater.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

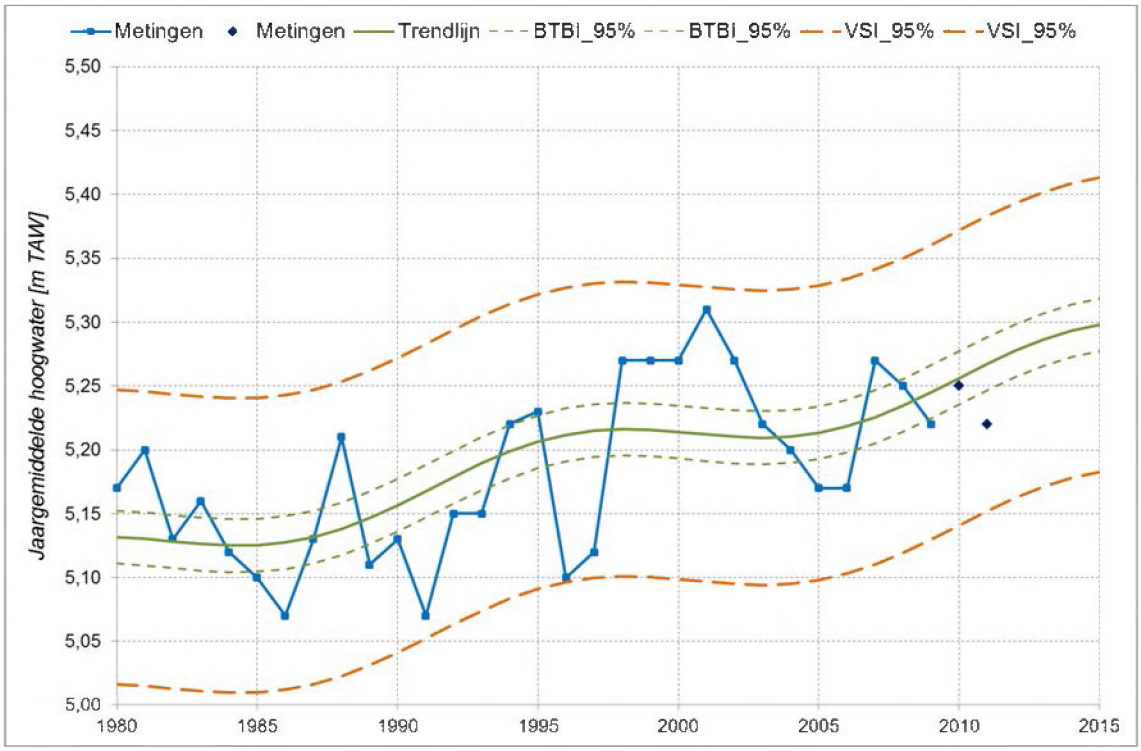
Tabel B1 - 1: Overzicht regressieparameters getijposten Beneden-Zeeschelde

	HOOGWATER			LAAGWATER		
	λ *[m/jaar]*	μ *[m]*	α *[m]*	λ *[m/jaar]*	μ *[m]*	α *[m]*
Liefkenshoek	4,54E-3	-3,87	1,97E-2	4,40E-4	-0,80	3,40E-2
Antwerpen	3,12E-3	-0,94	2,99E-2	1,00E-3	-1,98	3,66E-2
Schelle	4,05E-3	-2,63	2,63E-2	7,91E-4	-1,53	2,58E-2

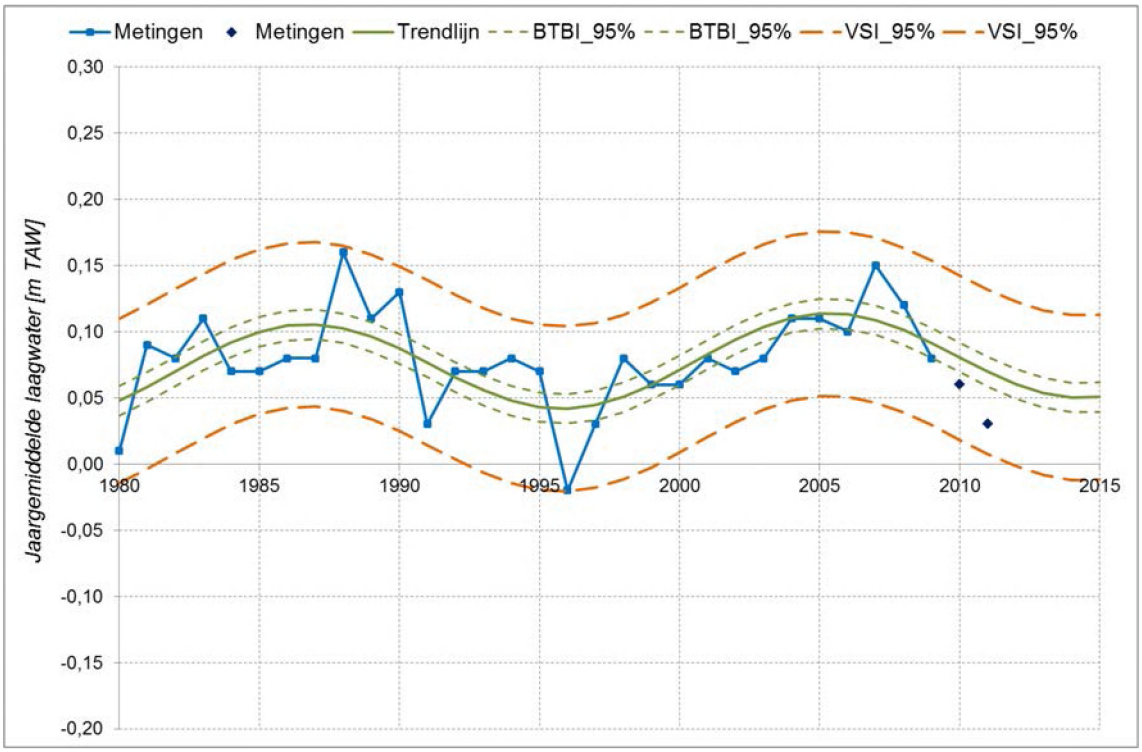
Figuur B1 - 2 tot en met Figuur B1 - 7 presenteren de resultaten voor de beschouwde getijposten voor hoog- en laagwater.

De meetwaarden gebruikt voor de regressie zijn in het licht blauw weergegeven. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde groene het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De oranje gestippelde lijn geeft het 95%-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt tevens rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). Tenslotte worden de recente meetwaarden als donkerblauwe punten weergegeven op de grafiek.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

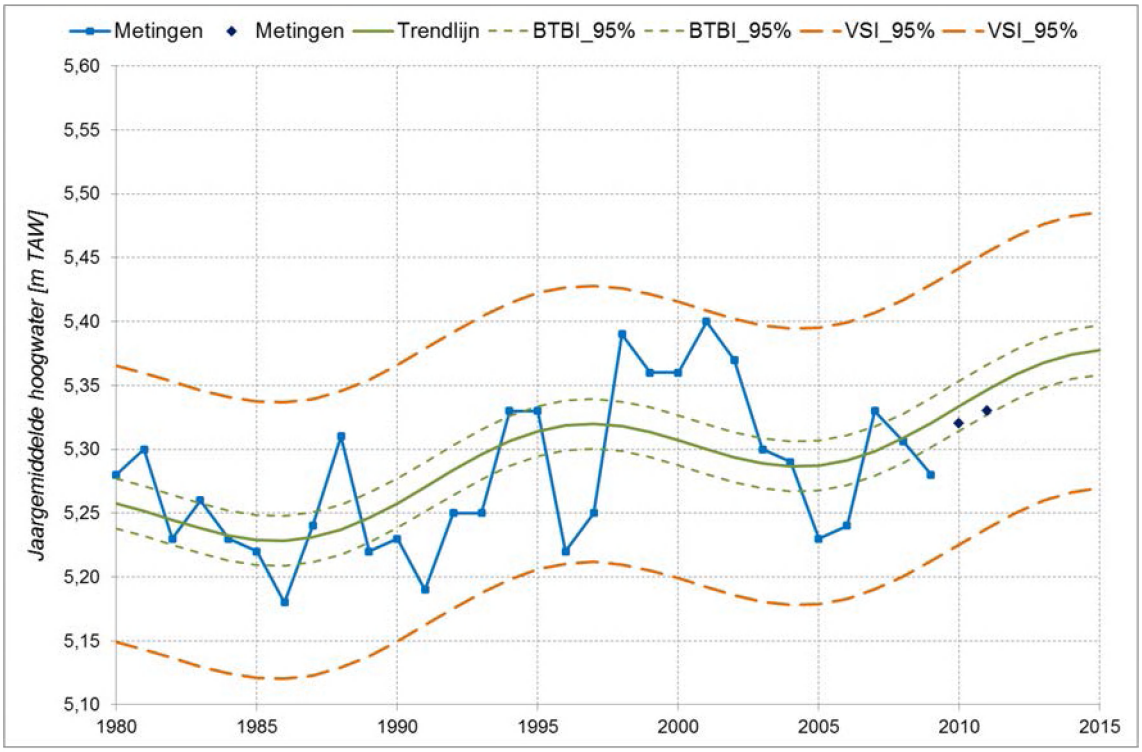


Figuur B1 - 2: Ontwikkeling van het hoogwater te Liefkenshoek

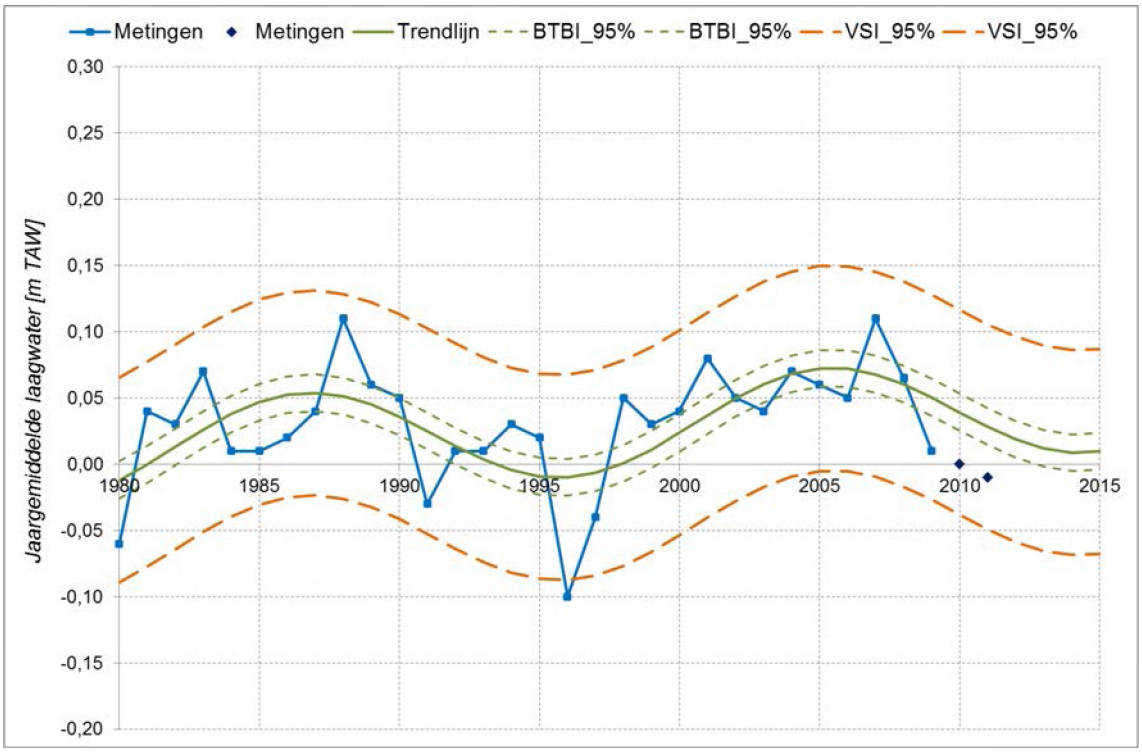


Figuur B1 - 3: Ontwikkeling van het laagwater te Liefkenshoek

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

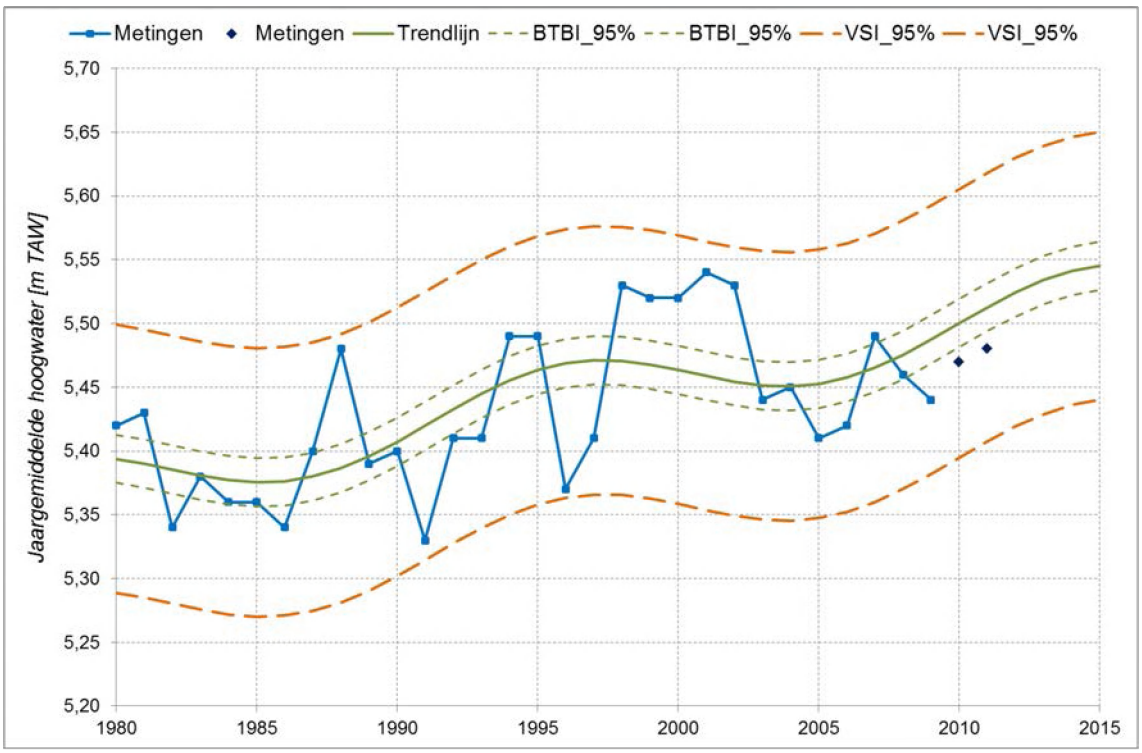


Figuur B1 - 4: Ontwikkeling van het hoogwater te Antwerpen

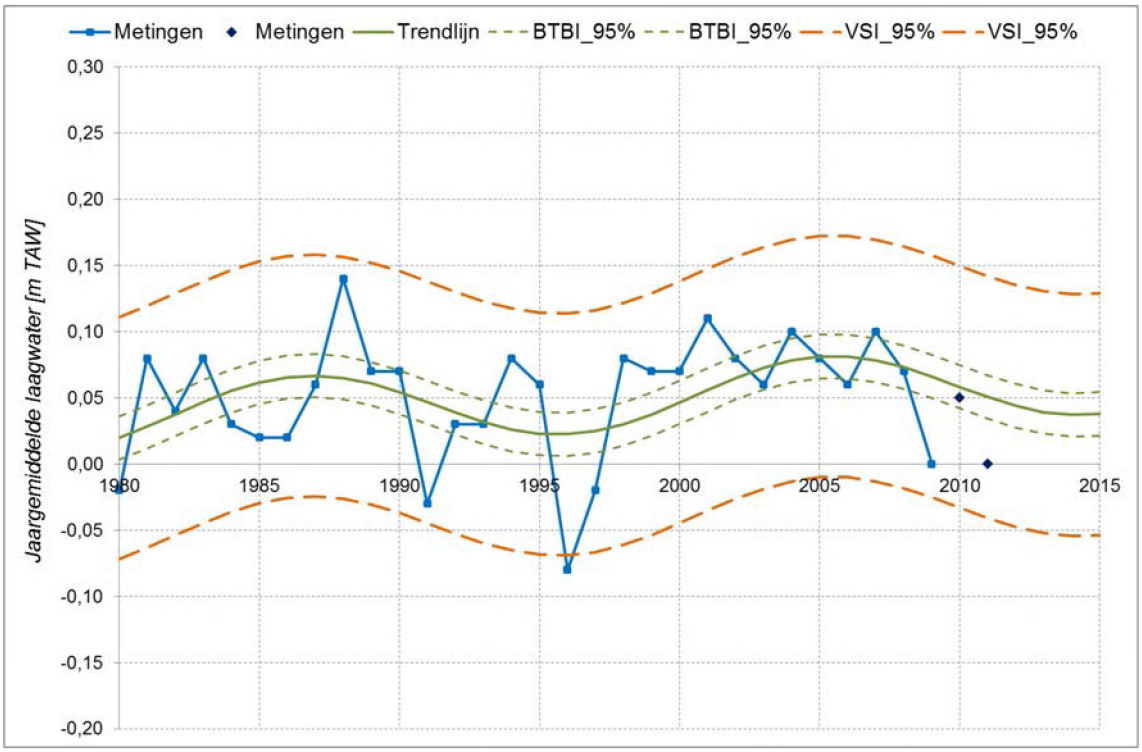


Figuur B1 - 5: Ontwikkeling van het laagwater te Antwerpen

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur B1 - 6: Ontwikkeling van het hoogwater te Schelle



Figuur B1 - 7: Ontwikkeling van het laagwater te Schelle

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Bijlage 2: Referenties

Aqua Vision -- Varende ADCP-metingen Schelde 2011
Rapportnummer AV_DOC_110050
(plus drie bijlagerapporten met de figuren van uitwerking van de ADCP-metingen)

Deschamps, M.; Boeckx, L.; Mostaert, F. (2012). Overzicht laagwaterseizoen 2011. Versie 2_0. WL Rapporten, 746_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Taverniers, ir. E.; Mostaert, dr. F. (2009)
MONEOS - jaarboek monitoring WL 2008: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2008 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. WL Rapporten. Projectnr 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Taverniers, ir. E.; Vereecken, ir. H.; Mostaert, dr. F. (2010)
MONEOS - jaarboek monitoring WL 2009: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2009 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. WL Rapporten. Projectnr 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Taverniers, ir. E.; Vereecken, ir. H.; Mostaert, dr. F. (2011)
MONEOS - jaarboek monitoring WL 2010: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2010 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. WL Rapporten. Projectnr 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Vereecken, ir. H.; Vanlierde, drs. E.; Taverniers, ir. E.; Mostaert, dr. F. (2012)
MONEOS - jaarboek monitoring WL 2011: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2010 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. WL Rapporten. Projectnr 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Taverniers, ir. E.; Mostaert, dr. F. (heruitgave oktober 2009).
Overzicht van de Tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1991-2000.
T.O. Tijwaarnemingen Zeescheldebekken 1991-2000. Versie 2_0. WL Rapporten. Projectnr 833_01.
Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Colofon

Het is nu al voor de vijfde maal in een reeks van elk jaar op te stellen WL-rapporten met een "Jaarbeeld" van WL-monitoring over tij, bovendebieten en andere "fysische parameters" in het Zeescheldebekken, meerbepaald ten nutte van MONEOS. Dat gaat over de monitoring die hoort bij de Ontwikkelingsschets-2010 (OS-2010), om te beantwoorden aan de doelstellingen van de Lange-Termijn-Visie van het Schelde-estuarium (LTV-2030), en dat op zich monitoring bundelt in het kader van enerzijds de Verruiming van de vaargeul in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde, en anderzijds de uitvoering van het Geactualiseerd Sigmaplan.

Daar waar de eerste vier jaarboeken steeds één enkele uitgave per jaar omvatten, met zowel de algemene uitleg en situering van de metingen en hun resultaten, is het vijfde MONEOS-rapport in twee delen gesplitst. Ten eerste is er een uitleggend basisboek, m.n. onderhavig deel, dat nog voor enkele jaren als “moeder”-boek moet fungeren, en waarin de algemene uitleg van de monitoring en van de resultaten is weergegeven. Ten tweede is er eigenlijke -relatief dunne- jaarboek zelf, waarin meerbepaald de monitoring zoals die in het voorbije jaar is verlopen, als “factual data report” wordt voorgesteld. Dat jaarboek heeft de bedoeling om enkel een jaarbeeld te schetsen van de meetresultaten van getij, bovendebieten en andere parameters zoals stromingen, conductiviteit en turbiditeit, doch waarin voor de uitleg naar dit basisboek wordt verwezen. In die zin is onderhavig basisboek bedoeld om enkele jaren als algemeen uitleggend moederboek mee te gaan, tot bvb. de monitoring danig wordt uitgebreid naar meetplaatsen en parameters, en of nieuwe presentaties aan bod komen.

projectleider: ir. Eric Taverniers,
staflid-expert WL-Borgerhout

medewerking: aan het tot stand komen van de MONEOS-rapporten dragen velen van WL bij, in diverse aspecten en domeinen. Metingen vormen er de basis van, met in het bijzonder dank aan dhr. Guy Coppens en mevr. Ria Paulussen voor hun dagdagelijkse inzet en zorg voor de continue meetnetten en singuliere metingen van tij en bovendebieten, aan mevr. Gudrun Timp voor de onafgebroken reeks digitaliseringen en die zoals steeds zeer nauwkeurig en met alle zorg gebeurden, aan dhr. Erwin De Backer voor alle zorg en controle bij de tijmetingen “afwaarts Antwerpen”, en deze met multiparameter-toestellen, en zeer zeker aan de stuwende kracht achter het geheel van Hydrometrie-Schelde, dhr. Marc Wouters, in alle kalmte doch met zo veel inzicht van alle markten in het Zeescheldebekken thuis, organisator van alle taken en oplosser van eenieders problemen.
ir. Hans Vereecken en dr. Elin Vanlierde hebben zich niet enkel ingezet voor de eigenlijke rapportage van het jaarboek over 2012, maar ook voor de data, waar deze laatste met haar “Antea”-ploeg alle data vele malen hebben omgekeerd en nagekeken, zo vele verwerkingen hebben gedaan, en de nodige overzichten opgesteld.
ir. Yves Plancke zorgde als voorzitter van de maandelijkse MONEOS-vergaderingen binnen WL, voor veel sturing en “overzicht houden” van alle moeite die WL zich ten nutte van MONEOS getroost. Hij is tevens auteur van de bijlage over MONEOS-T-parameters in dit rapport, rapport dat hij overigens ook reviseerde.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

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