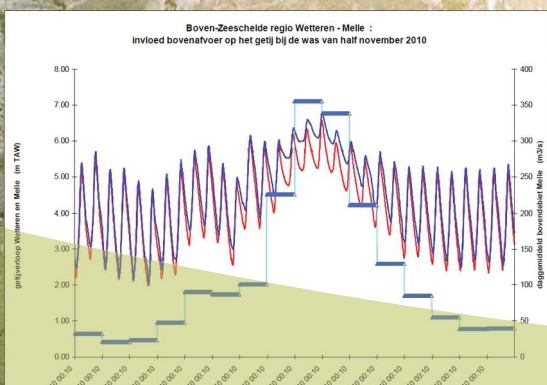




departement
Mobiliteit en
Openbare Werken

MONEOS - jaarboek monitoring WL 2010

OVERZICHT MONITORING HYDRODYNAMIEK EN FYSISCHE PARAMETERS
ZOALS DOOR WL IN 2010 IN HET ZEESCHELDEBEKKEN GEMETEN



MONEOS



833_07

WL Rapporten



MONEOS - jaarboek monitoring WL 2010

Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters
zoals door WL in 2010 in het Zeescheldebekken gemeten

ir. Eric Taverniers, ir. Hans Vereecken en dr. Frank Mostaert

juni 2011

WL2011R833_07_03rev4_0

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

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, 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

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

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

Documentidentificatie

Titel:	MONEOS - jaarboek monitoring WL 2010: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2010 in het Zeescheldebekken gemeten		
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2011R833_07_03rev4_0
Keywords (3-5):	Zeescheldebekken Moneos monitoring jaarboek 2010		
Tekst (p.):	233	Tabellen (p.):	30
Bijlagen (p.):	-	Figuren (p.):	185
Vertrouwelijk:	☐ Ja	Uitzondering:	☐ Opdrachtgever
			☐ Intern
			☐ Vlaamse overheid
	Vrijgegeven vanaf		
	☒ Nee		☒ Online beschikbaar

Goedkeuring

Auteur & Projectleider	Revisor	Afdelingshoofd
ir. Eric Taverniers	ir. Hans Vereecken	dr. Frank Mostaert

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur
1_0	april 2011	conceptversie 1	ir. Eric Taverniers
2_0	15 mei 2011	conceptversie 2	ir. Eric Taverniers
3_0	mei 2011	revisie	ir. Hans Vereecken
4_0	6 juni 2011	definitieve versie	ir. Eric Taverniers

Abstract

Dit is het derde gelijknamige (jaarlijkse) zgde Moneos-rapport dat het Waterbouwkundig Laboratorium uit geeft, met name over de monitoring van het jaar 2010. Eerdere rapporten gingen over 2008 en 2009.

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 bemeaten. Zo voert het Waterbouwkundig Laboratorium in het Zeescheldebekken vele continue metingen uit over waterstand, debieten, stromingen, chloridegehalten, turbiditeit en andere fysische parameters.

Dit rapport geeft een globaal overzicht van die monitoring zoals het Waterbouwkundig Laboratorium in 2010 in het Zeescheldebekken deed, meer bepaald het deel dat voor Moneos dienstig is. Dit rapport heeft de bedoeling om een jaarbeeld 2010 van getij, bovendebieten en andere parameters zoals stromingen, conductiviteit en turbiditeit te schetsen.

Inhoudstafel

Inhoudstafel.....	I
Voorwoord.....	III
Lijst van de tabellen	V
Lijst van de figuren	VII
1 Jaaroverzicht 2010 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 2010 te Antwerpen-Loodsgebouw	12
1.4.1 globaal overzicht getijwaarnemingen 2010 te Antwerpen-Loodsgebouw.....	12
1.4.2 getijwaarnemingen 2010 Antwerpen-Loodsgebouw in historisch perspectief.....	24
1.4.3 opgetreden stormvloed 2010.....	35
1.4.4 opgetreden speciale tijen in 2010.....	41
1.5 Getijwaarnemingen 2010 op overige tijmeetposten.....	47
1.5.1 globaal overzicht getijwaarnemingen 2010	47
1.5.2 getijwaarnemingen 2010 in historisch perspectief.....	50
1.5.3 opgetreden stormvloed 2010.....	69
1.5.4 opgetreden wasregimes 2010 en de invloed op het getij	72
1.5.5 en nog wat evolutie van het getij, maar dan aangaande duurtijden	84
2 Jaaroverzicht 2010 bovendebieten Zeescheldebekken	91
2.1 overzicht meetlocaties van bovendebieten aan de randen van het tijgebied	91
2.2 overzicht 2010 bovendebieten aan de randen van het tijgebied	94
2.2.1 globaal overzicht 2010.....	94
2.2.2 wasregimes 2010	100
2.2.3 bovendebieten meetraaien 2010 in historisch perspectief	124
2.3 doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts	132
2.3.1 klassieke (tiendaagse) methode ir. R. Codde (1949)	132
2.3.2 nieuwe (vijfdaagse) methode (2009)	134
2.3.3 doorrekening bovendebieten 2010 naar "Schelde te Schelle"	137

2.3.4	bovendebieten 2010 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief	139
2.3.5	doorrekening bovendebieten 2010 naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis ("pentades") en met tijdsvertraging (nieuwe methode)	143
2.3.6	bovendebieten 2010 "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis ("pentades") en met tijdsvertraging (nieuwe methode), in historisch perspectief	147
3	Jaaroverzicht 2010 "fysische parameters"	149
3.1	aanduiding "fysische parameters"	149
3.1.1	algemeen	149
3.1.2	continue meetlocaties "fysische parameters"	150
3.1.3	normale verlopen van "fysische parameters" in functie van het getij	151
3.1.4	normale verlopen van "fysische parameters" in functie van de seizoenen	161
3.1.5	verlopen van "fysische parameters" in functie van zowel het tij als de seizoenen	167
3.2	verloop 2010 stroomsnelheid- en richting meetlocaties Zeeschelde	195
3.2.1	verloop van stroomsnelheid	195
3.2.2	verloop van stroomrichting	199
3.3	verloop 2010 temperatuur continue meetlocaties	203
3.4	verloop 2010 conductiviteit en chloridegehalte continue meetlocaties	210
3.5	verloop 2010 turbiditeit en suspensiegehalte meetlocaties Zeeschelde	221
3.6	Beneden-Zeeschelde aan Galgeschoor: golfmetingen tussen vaargeul en schor	231
3.6.1	meetopzet	231
3.6.2	eerste meetgegevens	233
	Colofon	235

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 **ON**twikkeling-**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 bestaande meetnetten en metingen, of uitgebreid naar meer locaties of 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 (water, slikken en platen, schorren, gebieden aan landzijde van de dijk zoals overstromingsgebieden, enz.).

In het Zeescheldebekken voert het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout vele continue metingen uit over waterstand, debiet, stroming, conductiviteit/chloridegehalte, turbiditeit/suspensiegehalte, en andere fysische parameters, waarvan vele metingen in het globale MONEOS-programma mee opgenomen zijn.

Dit rapport geeft een globaal overzicht van de aldus in 2010 door het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout in eigen regie en uitvoering gedane monitoring in het Zeescheldebekken en dat kadert in MONEOS. Het gaat in dit rapport om basis-parameters van het Zeescheldebekken, parameters die eigen zijn aan het beleidsdomein "mobiliteit en openbare werken" waartoe het Waterbouwkundig Laboratorium behoort, zoals:

- **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 meetplaatsen);
- **turbiditeit en suspensiegehalte** (grotendeels op continue meetplaatsen in Zeeschelde en Nete aangevuld met metingen aan de opwaartse rand van het tijbekken).

Dit rapport wil in de eerste plaats een "**jaarbeeld**" geven, een verzameling van tabellen en grafieken die het verloop van de vernoemde parameters duidelijk weergeeft. Dit rapport is het derde in een reeks, en zou niet meer zo uitgebreid en uitleggend behoeven te zijn als het eerste met het jaarbeeld over 2008. Toch werd het rapport niet korter gehouden, opdat het als dusdanig -op zich- toch voldoende gestoffeerd kan gelezen worden.

Toch kent elk jaarrapport 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 voorstellen 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.

Dit rapport (over 2010) staat 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 bij 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 .

Lijst van de tabellen

	<u>blz.</u>
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 tijrivers 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 2010	13
Tabel 4 - hoofdkenmerkende waarden getij Antwerpen-Loodsgebouw in het jaar 2010 en in vergelijking met langjarige waarden sinds 1971	24
Tabel 5 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen overzicht 2001-2010 van hoofdkenmerkende tijwaarden (HW's & LW's & tijverschillen)	25
Tabel 6 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen tienjarig overzicht 2001-2010 van hoofdkenmerkende tijwaarden	26
Tabel 7 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen overzicht 2001-2010 van hoofdkenmerkende tijwaarden (m.n. de uiterste hoog- en laagwaterstanden)	27
Tabel 8 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel hoogwaters 2001-2010 verdeeld per decimeter TAW	28
Tabel 9 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel laagwaters 2001-2010 verdeeld per decimeter TAW	29
Tabel 10 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel tijverschillen 2001-2010 verdeeld per decimeter	30
Tabel 11 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel hoogwaterstanden bij stormvloed 1971-2010 verdeeld per decimeter	39
Tabel 12 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden 2010	48
Tabel 13 - Rupel en Beneden-Nete: overzicht per locatie van hoofdkenmerkende tijwaarden 2010	49
Tabel 14 - Zeeschelde: gemiddeld hoogwater 2010 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)	51
Tabel 15 - Zeeschelde: gemiddeld laagwater 2010 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)	52
Tabel 16 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld hoogwater 2010 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)	53

Tabel 17 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld laagwater 2010 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)	53
Tabel 18 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de laatste decade van februari 2010 en de eerste decade van maart 2010 n.a.v. de wasperiode van 23 februari tot 5 maart 2010	73
Tabel 19 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de tweede decade van augustus 2010, n.a.v. de wasperiode van 16 à 18 augustus 2010	76
Tabel 20 - 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	78
Tabel 21 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, jaar 2010	97
Tabel 22 - Zeescheldebekken: bovendebieten aan de meetraaien - 2010 tiendaagse en maandelijkse gemiddelde waarden	99
Tabel 23 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de laatste decade van februari 2010 en de eerste decade van maart 2010, n.a.v. de wasperiode van 23 februari tot 5 maart 2010	101
Tabel 24 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de tweede decade van augustus 2010, n.a.v. de wasperiode van 16 à 18 augustus 2010	103
Tabel 25 - Zeescheldebekken: bovendebieten aan de meetraaien - maand november 2010	107
Tabel 26 - Overzicht van de meetplaatsen van de bovenafvoer, met waarde van de multiplicator van doorrekening naar de uitmonding van de betrokken rivier	133
Tabel 27 - overzicht van de (gemiddelde) tijdsvertraging van doorkomen van bovenafvoer aan de meetraaien, bij doorrekening te Schelle (in twee varianten: bij klemtoon op eerder kleine dan wel op eerder grote afvoer)	136
Tabel 28 - Zeescheldebekken: algemeen overzicht 2010 van de afvoer van de tijrivieren, de zijbekkens, het Rupelbekken, en aan de Schelde te Schelle	138
Tabel 29 - de bovenafvoer van het Zeescheldebekken: vijfdaagse gemiddelde bovendebieten (pentades) van "de Schelde te Schelle" in 2010	144
Tabel 30 - Beneden-Zeeschelde te Galgeschoor-Lillo: samenvatting van de belangrijkste statistische parameters voor verschillende deelperiodes	233

Lijst van de figuren

	<u>blz.</u>
Figuur 1 - Zeescheldebekken: algemeen liggingplan met schetsmatige aanduiding van de grootste tij-beïnvloedende componenten	2
Figuur 2 - Zeescheldebekken: algemeen liggingplan met aanduiding van de tijmeetposten (en debietmeetposten aan de rand van het tijgebied)	3
Figuur 3 - gemiddelde tijkrommen (springtij, middeltij en doottij) in de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw	6
Figuur 4 - Zeeschelde: uittekening van de gemiddelde (middel-)tijden 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	7
Figuur 5 - Zeescheldebekken: algemeen liggingplan met aanduiding van gemiddelde tijverschillen en gemiddelde eb-volumes op enkele kenmerkende locaties	8
Figuur 6 - correlaties van hoogwater en laagwater tussen de geburige meetposten Liefkenshoek en Kallosluis	9
Figuur 7 - correlaties van hoogwater en laagwater tussen de geburige meetposten Schoonaarde en Uitbergen	11
Figuur 8 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2010	14
Figuur 9 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2010 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater	15
Figuur 10 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2010 door aanduiding van enkel het verloop van tijverschil	15
Figuur 11 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van (bovenaan) het astronomisch voorspelde tij en (onderaan) het waargenomen tij gedurende de maand januari 2010	17
Figuur 12 - 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 februari 2010	18
Figuur 13 - 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 2010	20
Figuur 14 - Typisch verloop van een springtij en een doottij te Antwerpen-Loodsgebouw met aangeven van het ogenblikkelijk hoogteverschil (bij rijzing en daling) per minuut	22
Figuur 15 - Typisch verloop van springtij en doottij te Antwerpen-Loodsgebouw doch waarbij de momenten van het eerstgetoonde hoogwater bij springtij en idem bij doottij, fictief naar éénzelfde ogenblik verschoven zijn	23

Figuur 16 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van hoogwater (1888-2010)	32
Figuur 17 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van laagwater (1888-2010)	33
Figuur 18 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van tij-verschillen (1888-2010)	34
Figuur 19 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 27 februari à 1 maart 2010 o.a. stormvloed op peil TAW (+6.65m)	35
Figuur 20 - Westerschelde te Hansweert: windverloop van 27 februari t/m 1 maart 2010	36
Figuur 21 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 28 februari 2010 alsmede het ogenblikkelijk waterstandsverschil per minuut	37
Figuur 22 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden	40
Figuur 23 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 15+16+17 december 2010 met een tijdelijk verhoogd laagwater	41
Figuur 24 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: opgetreden tijverloop op 16 december 2010 en als "normaal" te verwachten tijverloop zonder windeffect	42
Figuur 25 - Westerschelde te Vlissingen: tijverloop op 16 december 2010	43
Figuur 26 - Westerschelde te Hansweert: windverloop op 16 december 2010	44
Figuur 27 - Westerschelde te Hansweert: windverloop op 16 december 2010 en nu met doorcijfering van noordoostelijke winden vanaf 360° ipv 0°	45
Figuur 28 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden	46
Figuur 29 - Zeeschelde: algemeen liggingsplan met aanduiding van de beschouwde tijmeetposten	50
Figuur 30 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden	54
Figuur 31 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden	55
Figuur 32 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld getijverschil bij middeltij, springtij en doottij	56

Figuur 33 - Zeeschelde: langjarig verloop jaargemiddeld hoogwater 1971-2010 op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde)	58
Figuur 34 - Zeescheldebekken: langjarig verloop jaargemiddeld hoogwater 1971-2010 op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts)	58
Figuur 35 - Zeescheldebekken: langjarig verloop 1971-2010 van de verschillen in jaargemiddeld hoogwater t.o.v. hoogwater te Vlissingen	59
Figuur 36 - Zeeschelde: langjarig verloop 1971-2010 van de verschillen in jaargemiddeld hoogwater t.o.v. hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw	59
Figuur 37 - Zeeschelde: langjarig verloop jaargemiddeld laagwater 1971-2010 op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde)	62
Figuur 38 - Zeescheldebekken: langjarig verloop jaargemiddeld laagwater 1971-2010 op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts)	62
Figuur 39 - Zeescheldebekken: langjarig verloop 1971-2010 van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Vlissingen	63
Figuur 40 - Zeeschelde: langjarig verloop 1971-2010 van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw	63
Figuur 41 - Zeeschelde: langjarig verloop jaargemiddeld tijverschil 1971-2010 op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde)	66
Figuur 42 - Zeescheldebekken: langjarig verloop jaargemiddeld tijverschil 1971-2010 op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts)	66
Figuur 43 - Zeescheldebekken: langjarig verloop 1971-2010 van de verschillen in jaargemiddeld tijverschil t.o.v. tijverschil te Vlissingen	67
Figuur 44 - Zeeschelde: langjarig verloop 1971-2010 van de verschillen in jaargemiddeld tijverschil t.o.v. tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw	67
Figuur 45 - Boven-Zeeschelde: langjarig verloop 1971-2010 van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw	68
Figuur 46 - Boven-Zeeschelde: langjarig verloop 1971-2010 van de verschillen in jaargemiddeld tijverschil t.o.v. tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw	68
Figuur 47 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop met o.a. stormvloed 28 februari 2010	69
Figuur 48 - Zeescheldebekken: tijverloop van het stormtij op 28 februari 2010 op enkele hoofdlocaties	70
Figuur 49 - Zeescheldebekken: tijverloop van het stormtij op 28 februari 2010 op enkele hoofdlocaties, m.n. in een klein tijdsvenster rond en om hoogwater Antwerpen	71
Figuur 50 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 23 februari à 5 maart 2010	73

Figuur 51 - Dender te Appels: algemeen verloop van de waterstand en van het ogenblikkelijk debiet over de periode 26 februari à 5 maart 2010	74
Figuur 52 - Zeeschelde te Dendermonde en Dender te Appels: algemeen verloop van het tij te Dendermonde en de dagafvoer te Appels, in de periode van 11 februari à 10 maart 2010	75
Figuur 53 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de wasperiode van half augustus 2010	77
Figuur 54 - Zeeschelde te Melle: algemeen verloop van zowel het tij als van de daggemiddelde bovendebieten gedurende de wasperiode van half augustus 2010	77
Figuur 55 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de wasperiode van half november 2010	79
Figuur 56 - Zeeschelde te Wetteren en Melle: verloop van het getij onder invloed van de wasafvoer bij de wasperiode van half november 2010	80
Figuur 57 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: verloop van het getij "vanuit zee" tijdens de wasperiode van half november 2010	81
Figuur 58 - Beneden-Nete, Kleine Nete en Grote Nete: verloop van het getij onder invloed van de wasafvoer bij de wasperiode van half november 2010	82
Figuur 59 - Durme te Zele-Hoek: tijmeter van Zele tijdens de was van november 2010 en tijdens normaal "droog" weer	83
Figuur 60 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie van de duur van de stijging en de duur van de daling over periode 1888-2010	86
Figuur 61 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie van de tij-asymmetrie over periode 1888-2010	86
Figuur 62 - Westerschelde en Zeeschelde: evolutie van de duur van de stijging van het tij over periode 1888-2010	88
Figuur 63 - Westerschelde en Zeeschelde: evolutie van de duur van de daling van het tij over periode 1888-2010	88
Figuur 64 - Westerschelde en Zeeschelde: evolutie van de tij-asymmetrie over periode 1888-2010	89
Figuur 65 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie van de vertraging van hoogwater en laagwater t.o.v. Vlissingen - periode 1888-2010	90
Figuur 66 - 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	86
Figuur 67 - Boven-Zeeschelde te Melle: foto van de meetinstallatie van de tijmeetpost en van de akoestische debietsmeter	87
Figuur 68 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied over het ganse jaar 2010	88

Figuur 69 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, over het ganse jaar 2010	90
Figuur 70 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien van 11 februari à 10 maart 2010, o.a. met de was-periode einde februari / begin maart 2010	95
Figuur 71 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in augustus 2010, o.a. met de plotse en kortstondige wasperiode van half augustus 2010	97
Figuur 72 - Boven-Zeeschelde te Melle: algemeen verloop van het getij en van van het ogenblikkelijk debiet in de periode 11 à 20 augustus 2010	99
Figuur 73 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in november 2010, o.a. met de grote en langdurige wasperiode medio november 2010	100
Figuur 74 - Zeeschelde te Melle: verloop van het tij en van het ogenblikkelijk vloed- en ebdebet in november 2010, o.a. met de grote en langdurige wasperiode medio november 2010	102
Figuur 75 - Zeeschelde te Melle: verloop van tijstand en ogenblikkelijk tijdebet op 2 november 2010	103
Figuur 76 - Zeeschelde te Melle: verloop van tijstand en ogenblikkelijk tijdebet op 4 november 2010	104
Figuur 77 - Zeeschelde te Melle: verloop van tijstand en ogenblikkelijk tijdebet op 12 november 2010	104
Figuur 78 - Zeeschelde te Melle: verloop van tijstand en ogenblikkelijk tijdebet op 14 november 2010	105
Figuur 79 - Zeeschelde te Melle: verloop tij en tijdebieten van 11 à 20 november 2010	106
Figuur 80 - Zeeschelde te Melle en te Wetteren: verloop van het tij, plus de daggemiddelde afvoer te Melle, periode 6 à 21 november 2010	106
Figuur 81 - Dender te Appels: uurlijks verloop van waterstand en afvoer maand november 2010	107
Figuur 82 - Dender te Appels: uurlijks verloop van waterstand en afvoer van 11 à 20 november 2010	108
Figuur 83 - Zeeschelde te Dendermonde: verloop van het tij; Dender te Appels: verloop van de daggemiddelde afvoer; periode 6 à 21 november 2010	109
Figuur 84 - Dender te Geraardsbergen: twee maal eenzelfde kanaalbocht, bovenaan bij mooi droog weer, onderaan tijdens de wasperiode van november 2010	110
Figuur 85 - Zenne te Hombeek en Zemst: verloop van het tij; Zenne te Eppegem: verloop van de daggemiddelde bovendebieten; periode 6 à 21 november 2010	111
Figuur 86 - Dijle te Haacht: zicht aan de meetlocatie van het bovendebiet tijdens de was van half november 2010	112
Figuur 87 - Dijle te Mechelen-Benedensluis en te Rijmenam: tijverloop 6 à 21 november 2010 aangevuld met de daggemiddelde waarde van het bovendebiet van de Dijle te Haacht over diezelfde periode	113

Figuur 88 - Beneden-Nete te Duffelsluis en te Lier-Molbrug, Kleine Nete te Emblem, en Grote Nete te Kessel: tijverloop van 6 à 21 november 2010, aangevuld met het verloop van de daggemiddelde afvoer van Kleine Nete te Grobbendonk en Grote Nete te Itegem, bij grote en langdurige wasperiode medio november 2010	114
Figuur 89 - Kleine Nete te Grobbendonk (Troonstraat): dagenlang zeer hoge waterstand bij de was van half november 2010, met het waterpeil bijna reikend tot onderkant baanbrug	115
Figuur 90 - Grote Nete te Kessel (aan rechterkant de tijmeter): dagenlang zeer hoge waterstand bij de was van half november 2010, met waterpeil reikend tot onderkant baanbrug	115
Figuur 91 - Kleine Nete te Emblem, Grote Nete te Kessel, Boven-Dijle te Rijmenam, en Zenne te Zemst: vergelijking van de tijverlopen gedurende de wasperiode medio november 2010	117
Figuur 92 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle, periode 1970-2010	118
Figuur 93 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle periode 1970-2010, met aangeven van de seizoenale trendkromme en de langjarige trendlijn	119
Figuur 94 - Zeescheldebekken: in grootte gerangschikt verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle over de periode 1970-2010	120
Figuur 95 - Zeescheldebekken: verloop daggemiddelde afvoer aan de randen van het tijgebied over de periode 1990-2010	121
Figuur 96 - Zeeschelde te Melle: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010	122
Figuur 97 - Dender te Appels: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010	123
Figuur 98 - Zenne te Eppegem: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010	123
Figuur 99 - Dijle te Haacht: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010	124
Figuur 100 - Grote Nete te Itegem: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010	124
Figuur 101 - Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas): verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010	125
Figuur 102 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2010 op basis van maandgemiddelde waarden	133
Figuur 103 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2010 op basis van een lopend 12-maandgemiddelde waarde	134
Figuur 104 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2010 op basis van jaargemiddelde waarden	135
Figuur 105 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2010 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte	135

Figuur 106 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2010 op basis van jaargemiddelde waarde, inclusief trendlijn (tweedegraads polynoom)	136
Figuur 107 - Zeescheldebekken: afvoer volgens tiendaagse en vijfdaagse gemiddelde bovende-bieten met name van de "Schelde te Schelle" over het jaar 2010	139
Figuur 108 - Zeescheldebekken: afvoer volgens vijfdaagse gemiddelde bovende-bieten "Schelde te Schelle" over het jaar 2010 (nieuwe methode)	140
Figuur 109 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde afvoer aan de randen van het gebied over de periode 1991-2010	141
Figuur 110 - Zeescheldebekken: afvoer aan "de Schelde te Schelle" volgens pentadewaarden (nieuwe methode) over de periode 1991-2010	142
Figuur 111 - Zeescheldebekken: algemeen liggingplan met aanduiding van de meetplaatsen van continue monitoring van zgde "fysische parameters"	144
Figuur 112 - Aanderaa-multiparametertoestel (type Seaguard)	146
Figuur 113 - typisch verloop van de tienminuut-metresultaten van Aanderaa-meettoestellen, over een week (halve springtij/doodtij-cyclus) m.n. temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit	148
Figuur 114 - YSI-multiparametertoestel	149
Figuur 115 - typisch verloop van de tienminuut-metresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit, en zulks bij een dootij	152
Figuur 116 - typisch verloop van de tienminuut-metresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit, en zulks bij een springtij	152
Figuur 117 - 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	154
Figuur 118 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: foto van de meetdukdalf met de twee kranen voor Aanderaa-RCM9-meettoestel, en de meethut met tij- en meteo-meting	155
Figuur 119 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de watertemperatuur	156
Figuur 120 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de conductiviteit	157
Figuur 121 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de stroomsnelheid	159
Figuur 122 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de turbiditeit	160
Figuur 123 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: meetlocatie	162
Figuur 124 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische winterdag	163
Figuur 125 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische lentedag	163

Figuur 126 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische zomerdag	164
Figuur 127 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische herfstdag	164
Figuur 128 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 : meetlocatie	166
Figuur 129 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische winterdag	168
Figuur 130 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische lentedag	168
Figuur 131 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag	169
Figuur 132 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag	169
Figuur 133 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: meetlocatie	170
Figuur 134 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische winterdag	172
Figuur 135 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische lentedag	172
Figuur 136 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag	173
Figuur 137 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag	173
Figuur 138 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: meetlocatie	175
Figuur 139 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische winterdag	176
Figuur 140 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische lentedag	176
Figuur 141 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag	177
Figuur 142 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag	177
Figuur 143 - Boven-Zeeschelde te Melle: meetlocatie	179
Figuur 144 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag	181
Figuur 145 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag	181

Figuur 146 - Zeeschelde te Melle: verloop van het tij en van het ogenblikkelijk vloed- en ebdebiet in november 2010, o.a. met de grote en langdurige wasperiode medio november 2010	182
Figuur 147 - Zeeschelde te Melle: verloop van diverse fysische parameters in november 2010, o.a. met de grote en langdurige wasperiode medio november 2010	182
Figuur 148 - Beneden-Nete te Duffelsluis: meetlocatie	184
Figuur 149 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag	185
Figuur 150 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters bij een typische herfst dag	185
Figuur 151 - 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 november 2010	187
Figuur 152 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters in november 2010, o.a. bij het wasregime van half november 2010	187
Figuur 153 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 : jaarverloop 2010 van de stroomsnelheid	190
Figuur 154 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de stroomsnelheid	191
Figuur 155 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2010 van de stroomsnelheid	192
Figuur 156 - Zeeschelde - ligging meetplaatsen Boei 84, Oosterweel en Driegoten, en aanduiding van de stroomrichting bij vloed en eb	193
Figuur 157 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2010 van de stroomrichting	195
Figuur 158 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de stroomrichting	196
Figuur 159 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2010 van de stroomrichting	197
Figuur 160 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: meetplaats waterstand, temperatuur en conductiviteit	199
Figuur 161 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: jaarverloop 2010 van de watertemperatuur	199
Figuur 162 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2010 van de watertemperatuur	200
Figuur 163 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop van de watertemperatuur	201
Figuur 164 - Beneden-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop van de watertemperatuur	202
Figuur 165 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2010 van de watertemperatuur	203
Figuur 166 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2010 van de watertemperatuur	203
Figuur 167 - Zeescheldebekken: afvoer volgens vijfdaagse gemiddelde bovendebieten "Schelde te Schelle" over het jaar 2010 (nieuwe methode)	205

Figuur 168 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: jaarverloop 2010 van de conductiviteit	206
Figuur 169 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2010 van de conductiviteit	207
Figuur 170 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de conductiviteit	208
Figuur 171 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de conductiviteit, en van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle"	211
Figuur 172 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2010 van de conductiviteit	212
Figuur 173 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2010 van de conductiviteit	213
Figuur 174 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2010 van de conductiviteit	214
Figuur 175 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2010 van de turbiditeit	216
Figuur 176 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de turbiditeit	217
Figuur 177 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2010 van de turbiditeit	218
Figuur 178 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2010 van de turbiditeit	219
Figuur 179 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2010 van het suspensiegehalte	220
Figuur 180 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2010 van de turbiditeit	221
Figuur 181 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2010 van het suspensiegehalte	221
Figuur 182 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel): jaarverloop 2010 van het suspensiegehalte	224
Figuur 183 - Beneden-Zeeschelde: meetlocaties golvenmeters	225
Figuur 184 - Log_a_level-golfmeettoestel met aanduiding van het meetprincipe	226
Figuur 185 - Initiële proefopstelling van het golfmeettoestel, en definitieve opstelling met o.a. windgenerator en zonnepaneel	226

1 Jaaroverzicht 2010 getijwaarnemingen

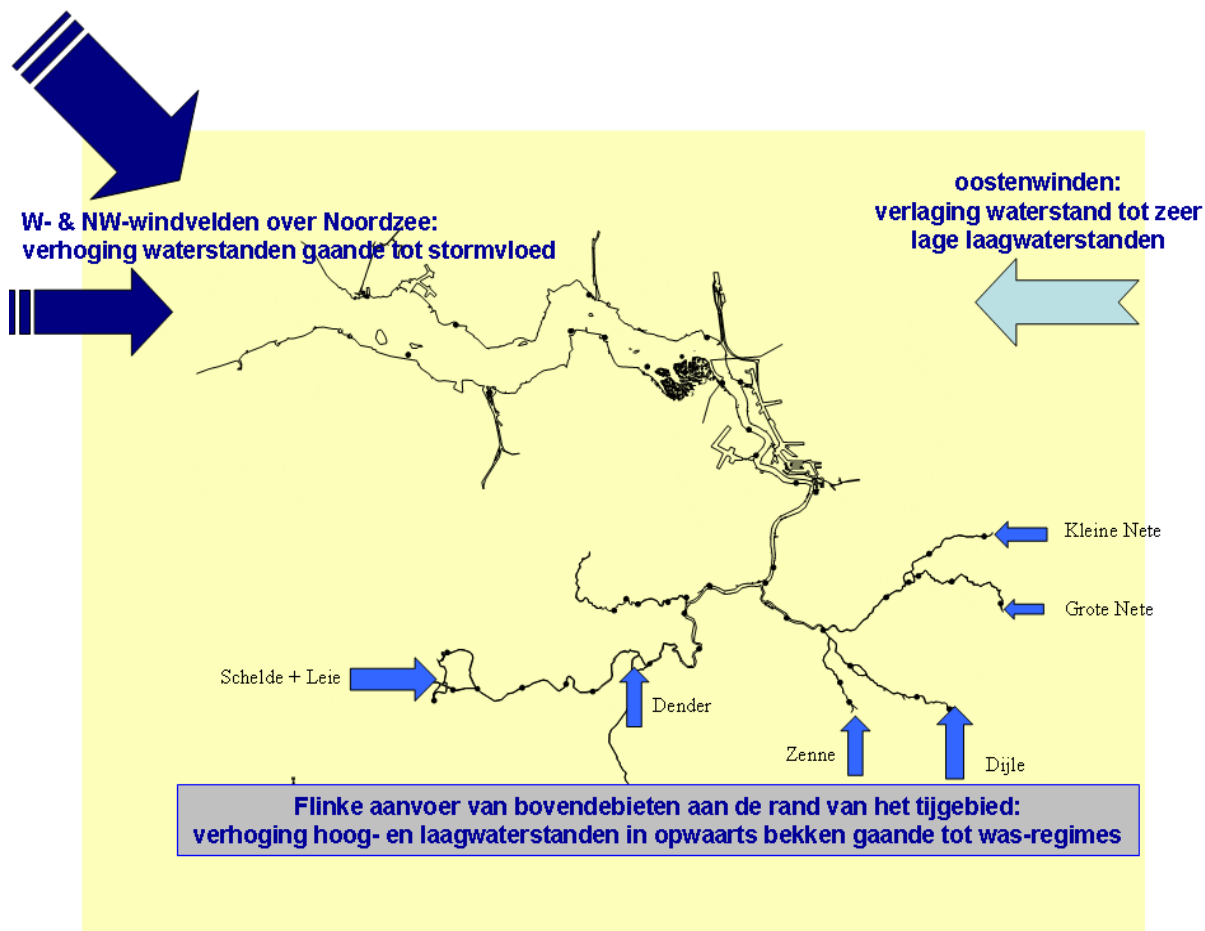
1.1 algemeen: het getij in het Zeescheldebekken

Zoals bekend is het Zeescheldebekken onderworpen aan het halfdaagse 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 doortij/springtij-periode.

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 stormvloed 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 als in zomerse warmteperioden. 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 (Bovenshelde, Leie, Denderbekken, Boven-Dijle-bekken, Demerbekken, Netebekken 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 getij doen afremmen en het tijverschil doen verkleinen). Buiten de vernoemde hevige neerslag kan dit ook gebeuren bij plotse dooi na een sneeuwperiode. De bovendebieten geven aanleiding tot een **was-regime**.

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



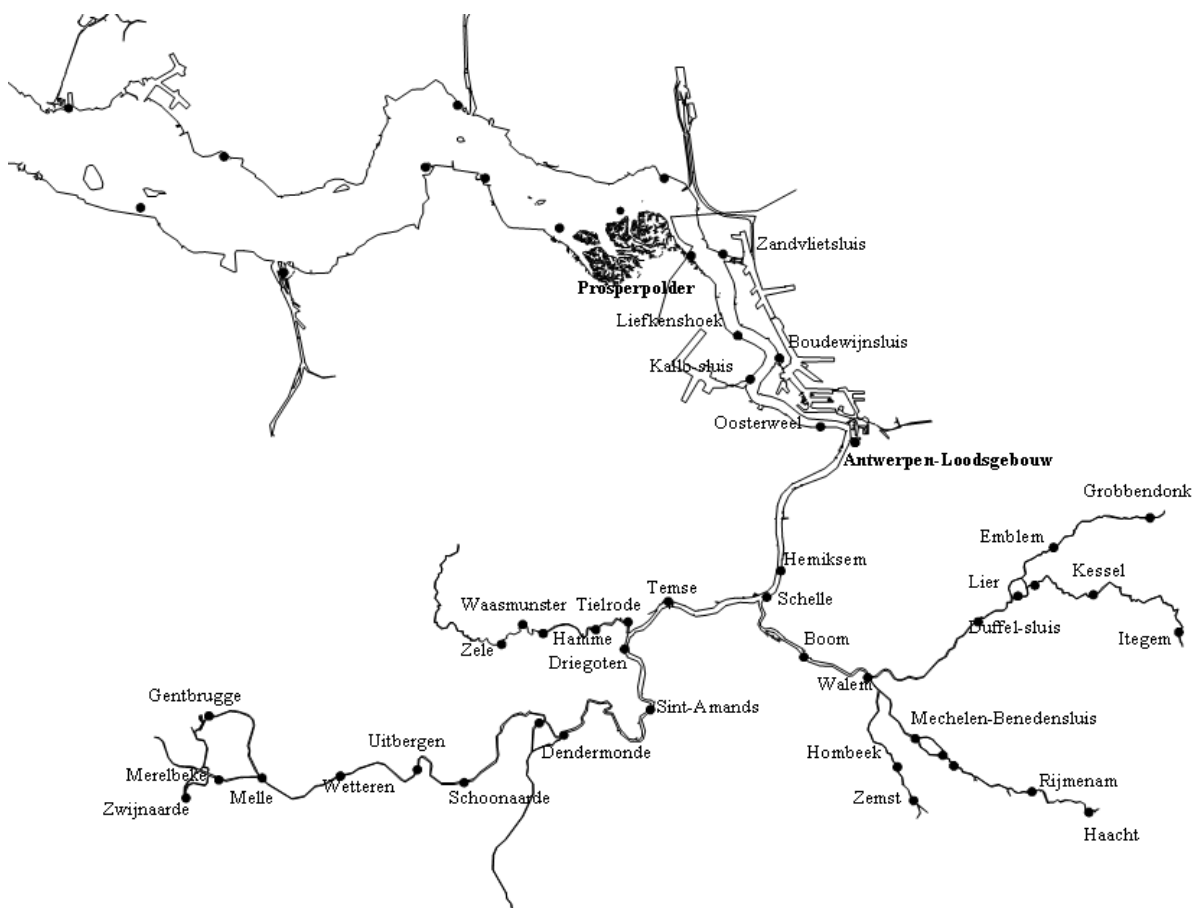
*Figuur 1 - Zeescheldebekken:
algemeen liggingsplan met schetsmatige aanduiding van de grootste tij-beïnvloedende componenten*

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 nog steeds de vertrouwde en beste basis om hoog- en laagwaters te meten.

Onderstaande figuur 2 geeft de huidige meetlocaties (met benaming) in het Zeescheldebekken 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, en vooral voor operationeel gebruik.



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"), turbiditeit ("Turb") waarvan suspensiegehalte kan worden afgeleid).

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 + T° + Cl-
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
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.

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	Q
Grote Nete	Lier-Maasfort	Tij
Grote Nete	Kessel	Tij
Grote Nete	Itegem	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	Q
Zenne	Hombeek	Tij
Zenne	Zemst	Tij
Durme	Tielrode	Tij
Durme	Waasmunsterbrug	Tij
Durme	Waasmunster-Manta	Tij
Durme	Zelee	Tij
Dender	Appels	Q en H

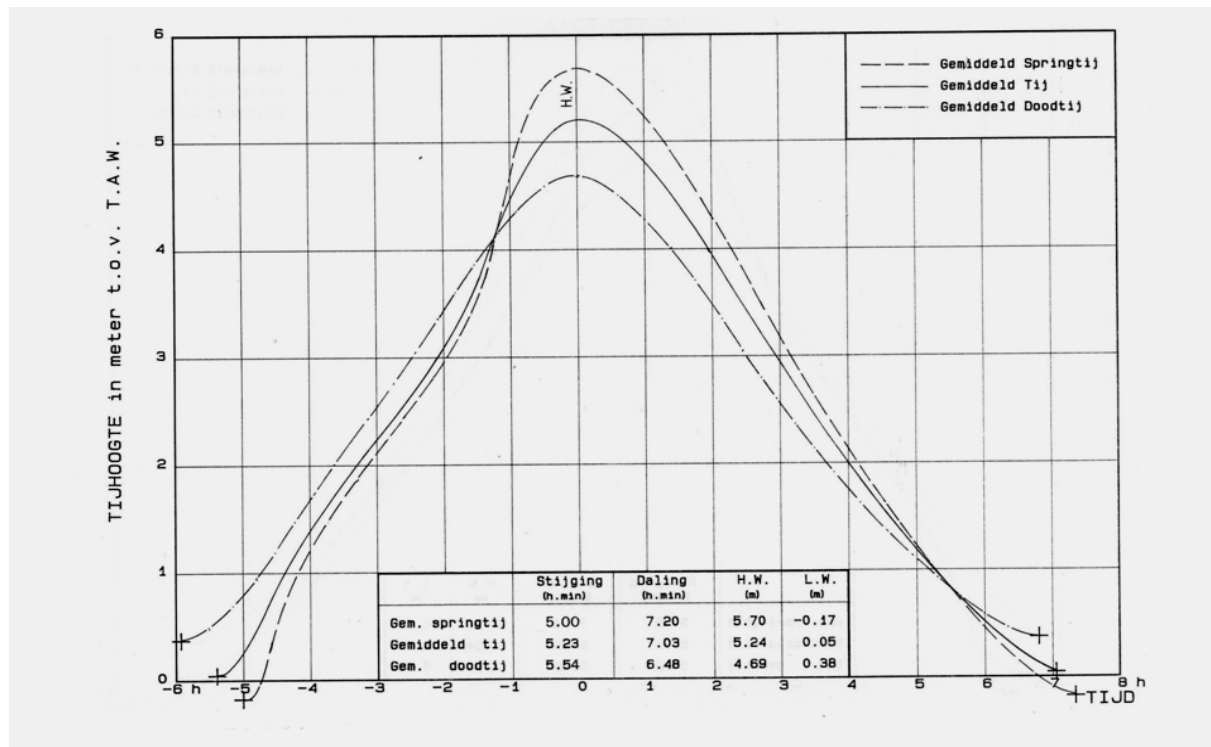
Tabel 2 - lijst van de langs de overige tijrivieren opgestelde continue meetposten (inclusief aan de Dender te Appels) en met opgave van de per locatie gemeten parameters

Gebruikte afkortingen van meetparameters

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

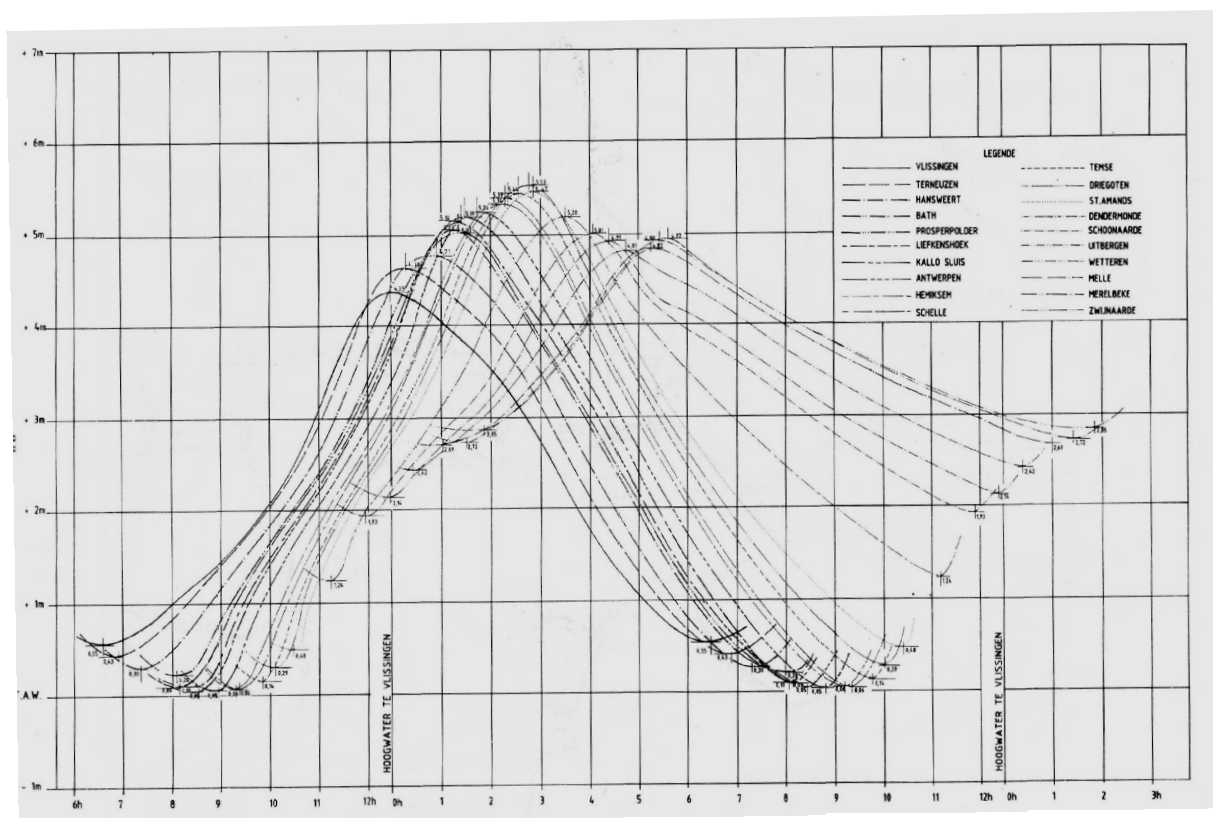
1.3 het (normale) optreden van het getij in het Zeescheldebekken

In volgende figuur wordt een gemiddelde tijkromme voor de locatie Antwerpen-Loodsgebouw getoond, nl. bij gemiddeld springtij, bij gemiddeld doottij, en bij hét gemiddelde van alle tijen zijnde het middeltij.



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

Volgende figuur toont het op eenzelfde tijd- en hoogte-achtergrond, uittekenen van de gemiddelde tijkrommen van (bijna) alle tijmeetposten langs de Westerschelde en de Zeeschelde (incl. de aan tij onderhevige Ringvaart). Qua tijd zijn alle tijkrommen met de vertraging (na-ijling) van de tijdstippen van hun hoog- en laagwaters uitgezet t.o.v. het tijdstip van hoogwater te Vlissingen. De tijkromme te Vlissingen is dan ook de meest linkse van alle (en in volle lijn getekend).



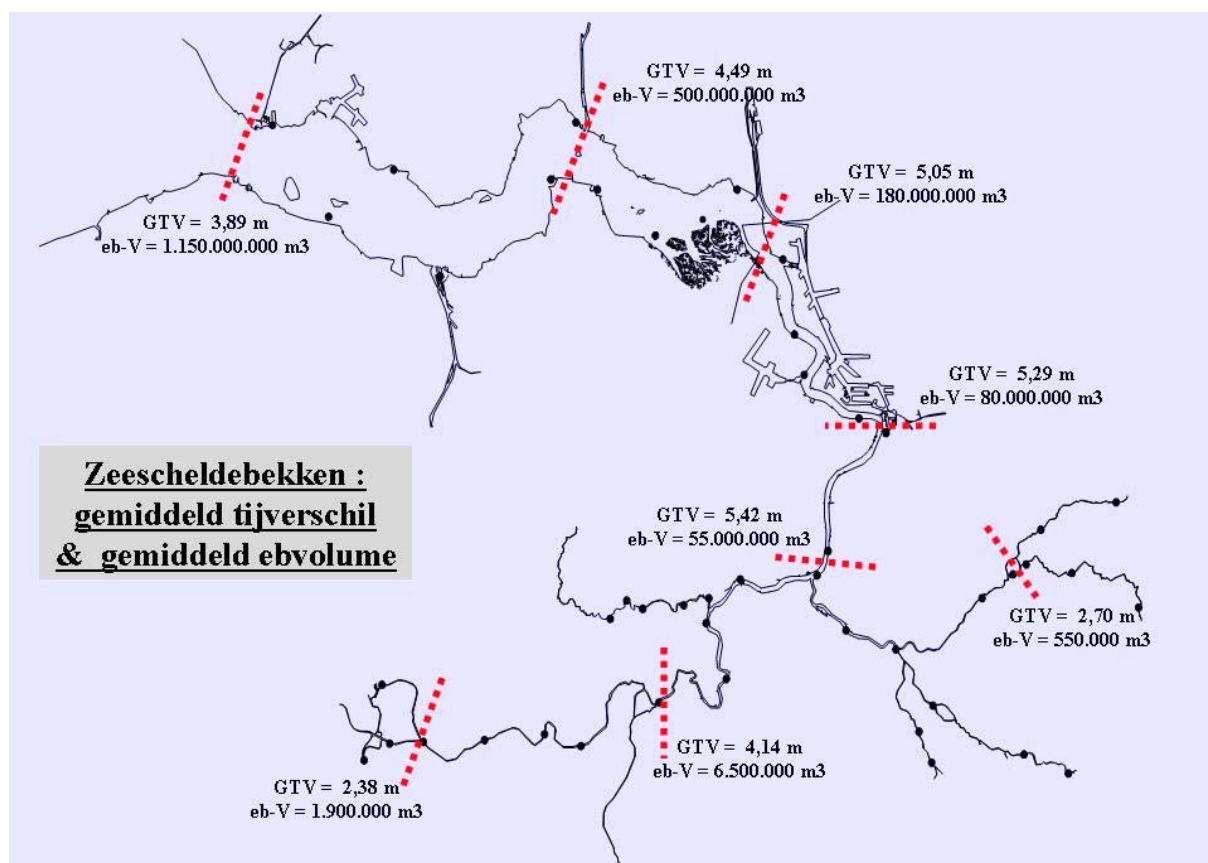
Figuur 4 - Zeeschelde: uittekening van de gemiddelde (middel-)tijden van (bijna) alle tijmeetlocaties in Westerschelde en Zeeschelde. De tijkrommen zijn alle met hun vertraging t.o.v. het tijdstip van hoogwater te Vlissingen gezet

Duidelijk is af te lezen dat, in gemiddelde omstandigheden:

- 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 bijrivieren) 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 naar Rupelmonding lager zijn dan aan zee. Na 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 bijna 6u30min. Hun som is de bekende halfdaagse tij-duur van 12u25min doch dat is niet constant: bij springtij is het halfdaagse (en daagse) tij korter dan bij doortij; de duurtijd van 12u25min is een gemiddelde over een volle springtij/doortijperiode. Te Antwerpen-Loodsgebouw duurt -gemiddeld- de stijging ongeveer 5u30min en de daling ongeveer 7u. Naar opwaarts toe groeit de asymmetrie van de tijkromme: 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.

- het moet onderstreept worden dat de tijkrommen op figuur 4 gemiddelden zijn (tienjarige gemiddelden) met een keur aan variaties op het thema. In eerste plaats zullen de tijverschillen vergroten bij springtij (hogere hoogwaterstanden en lagere laagwaterstanden) en verkleinen bij doottij (lagere hoogwaterstanden en hogere laagwaterstanden dan bij gemiddeld middeltij). In tweede plaats verhogen de waterstanden, zo hoog- als laagwater, bij langdurige en hevige westen tot noordwestenwinden over de Noordzee, tot stormvloed tot 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 (meerjaars-)gemiddelden !

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-debiten en dus -volumes. Om daar enig -afgerond en beperkt- idee van te geven zijn op figuur 5 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 verschillen.

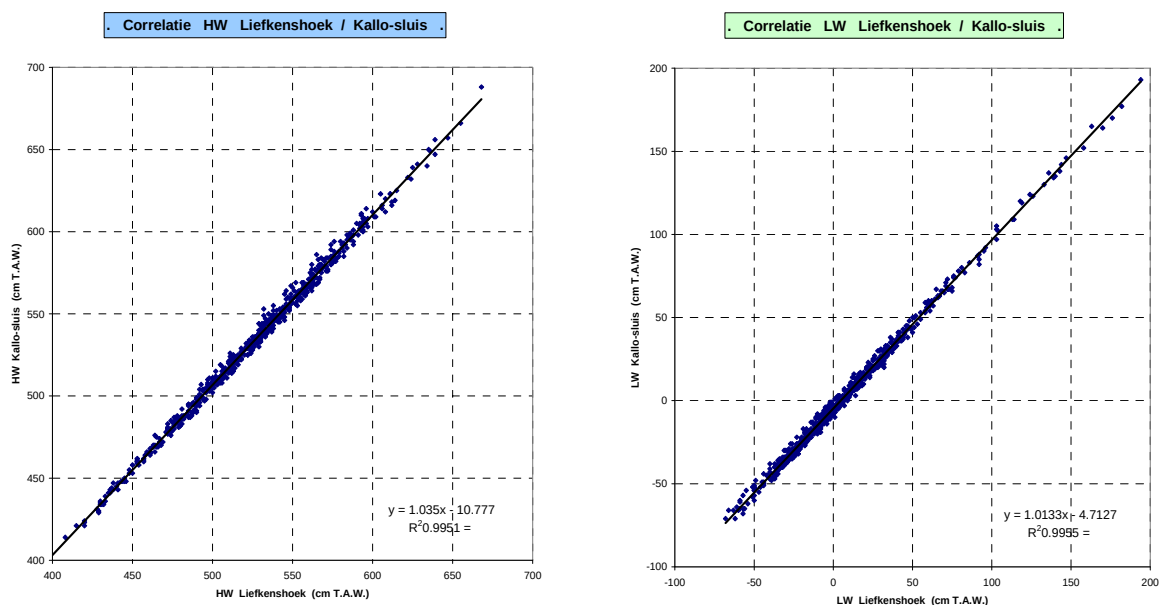


Figuur 5 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van gemiddelde tijverschillen (GTV) (in m) en gemiddelde eb-volumes (eb-V) (in m3) op enkele kenmerkende locaties

Het tij in het Zeescheldebekken kent dus een grote variatie over de langsas 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 kan ook dan nog goed 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 6 m.n. de correlaties van hoog- en laagwater tussen (als voorbeeld) Liefkenshoek en Kallosluis over een gans kalenderjaar. Tussen deze beide meetposten (tussenafstand 8,3 km) geldt een normaal verband van de tij-kenmerkende waarden, bvb. hoog- en laagwaterstanden (maar ook -tijdstippen en tijverschillen), verband bepaalt door de tijrivier zelf (bedding, weerstand, ...) doch niet beïnvloed door was-regimes.



Figuur 6 - correlaties van hoogwater (links) en laagwater (rechts) over een kalenderjaar tussen de geburige meetposten (bvb.) Liefkenshoek en Kallosluis

De spreiding rond de correlatielijn blijft voor de laagwaterstanden vrij goed, van zeer lage tot zeer hoge laagwaterstanden. Dit is minder het geval voor de hoogwaterstanden, waar duidelijk is dat zeker bij stormvloed, een grotere spreiding rond de correlatielijn bestaat dan bij lage en gemiddelde hoogwaterstanden.

Bij stormvloed en hangen de opeenvolgende hoogwaterstanden van Westerschelde via Beneden-Zeescheldebekken naar Melle en de andere (aan tij onderhevige) bijrivieren, inderdaad minder nauw aan elkaar dan bij lage en gemiddelde hoogwaterstanden, hetgeen het maken van prognoses van hoogwaterstanden bij stormvloed voor bvb. de locatie Antwerpen-stad, niet vergemakkelijkt, 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 in dit verband van het optreden van het tij tussen naburige meetposten de rol van de bovendebieten sterk naar voor. De correlaties van hoogwater en laagwater tussen naburige meetposten is bij weinig tot gemiddelde bovendebieten, ook nog zeer goed, doch bij aantreden van grote bovendebieten en uiteraard tijdens was-regimes gaan de hoog- en laagwaterstanden minder aan elkaar gecorreleerd zijn.

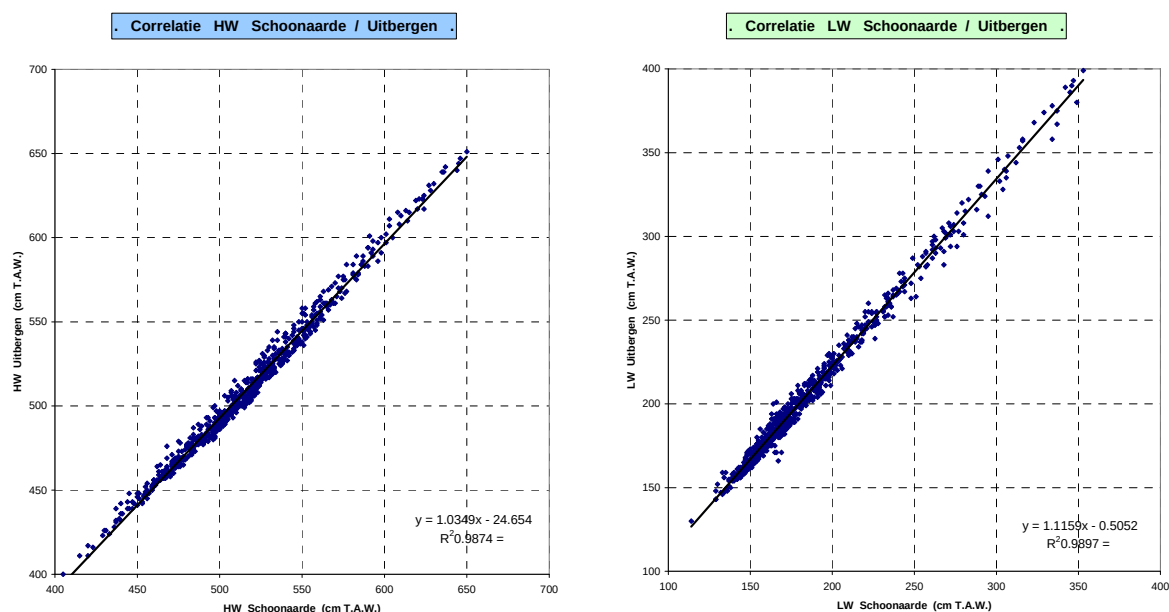
Zowel hoog- als laagwaterstanden zullen verhogen, doch in een mate die verandert al naargelang de duurtijd van het was-regime en uiteraard de grootte van de aanhoudend grote bovendebieten. Dit maakt aan de correlaties een bijkomende waaier van koppels van normaal aan elkaar zeer nauw verwante hoog- en 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 Zeescheldebekken is deze waaier relatief groot, alhoewel, omdat de beddinghoogte en -breedte in dat vak sterk varieert, van "maritiem" aan afwaartse kant tot "fluviatiel" opwaarts. Opwaarts van dat vak is de variatie in langszin van beddinghoogte, en overigens ook van rivierbreedte dus van natte sectie, veel kleiner. De invloed op de laagwaterstanden is dan ook 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 nog sterk aanwezig. Buiten de beide laagwaterstanden zelf zou hier als derde correlerende parameter de grootte van het bovendebiet kunnen gelden.

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 invloed van het bovendebiet (van de Dender te Appels en van de Bovenschelde, Leie en Gentse kanalen o.m. de Ringvaart, met meetlocatie te Melle) maar de verbanden tussen de hoog- en laagwaterstanden blijven ook bij was-regime nauw. Figuur 7 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 eenzelfde orde van grootte. Idem bij verlagingen. Het ondersteunt de grote waarde van dergelijke correlaties.

Mede door deze goede correlaties, ook tijdens was-regimes, kon tot vijftientig jaar terug (dus voor het in dienst komen van de debietmeter te Melle) een meerdaags-gemiddelde bovendebiet "vanuit het Gentse" bepaald worden als door het 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 was-regime redelijk goed bepaald worden.



Figuur 7 - correlaties van hoogwater (links) en laagwater (rechts) over een kalenderjaar tussen de geburige meetposten (bvb.) 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 bovendeblaten zijn voorgekomen. Kortom: correlaties voor een gans gamma van hoog- en laagwaterstanden.

Hoe dan ook, de correlaties van hoog- en laagwaterstanden tussen telkens geburige tijmeetposten in het Zeescheldebekken, laten vrij nauwkeurig toe om ontbrekende hoog- en laagwaters 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 hoog- en laagwaters te interpoleren uit deze van én de afwaartse én de opwaartse gebuur, dus om twee maal dergelijke correlaties te gebruiken. Zulks verkleint danig de immanente onnauwkeurigheid van dergelijke interpolaties.

*In dit rapport is van belang dat aldus voor alle meetposten die aan bod komen, dat door interpolatie alle ontbrekende hoog- en laagwaterstanden (in hoogte) zijn opgevuld geworden, m.n. dat het bij in dit rapport beschouwde tijmeetposten, **om volledige meetreeksen handelt**.*

1.4 Getijwaarnemingen 2010 te Antwerpen-Loodsgebouw

1.4.1 globaal overzicht getijwaarnemingen 2010 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 Zaken"), als baken in het aspect bevaarbaarheid en zeehaven, en gezien 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 nog steeds de enige basispost ten aanzien van het aanmerken van stormvloeden in het Zeescheldebekken. Zelfs bij wasregimes (= 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 dat terecht -zo historisch, bestuurlijk als fysisch- het getij te Antwerpen-Loodsgebouw al meer dan honderdtwintig jaar de toetssteen van het getij in het Zeescheldebekken is.

- Met:
- een **gemiddeld hoogwater over het jaar op peil T.A.W. (+5,32m),**
 - een **jaargemiddeld laagwaterpeil T.A.W. (+0,00m),**
 - dus een **getijverschil van 5,32 meter,**

en met slechts één stormvloed (nl. op peil +6,65m) zonder een buitengewone stormvloed te zijn, **klasseert het getij in het jaar 2010 zich in wezen 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 2010 zich als zeer rustig.

De navolgende tabel geeft een overzicht van de hoofdkenmerkende tijwaarden voor de tijpost Antwerpen-Loodsgebouw in 2010. De gebruikte termen en afkortingen spreken voor zich.

Uiteraard gaat het hier om jaargemiddelden van (om de gedachten te vestigen) alle 705 hoogwaterstanden en alle 705 laagwaterstanden dus alle tijen in 2010 opgetreden, tenminste voor de berekeningen van het "middeltij", en voor 25 hoog- en 25 laagwaterstanden voor springtij resp. doottij. 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 oostenwinden is veroorzaakt, dus een tij dat danig van "het gemiddelde" kan afwijken.

Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : hoofdkenmerkende waarden van het getij in 2010		
middeltij	GHW	5.32
	GLW	0.00
	GTV	5.32
springtij	GHW	5.75
	GLW	-0.25
	GTV	6.00
doodtij	GHW	4.69
	GLW	0.30
	GTV	4.39
uiterste waarden	HHW	6.65
	LHW	3.85
	HLW	1.60
	LLW	-0.85

(waterstanden in meter TAW, tijverschillen in meter)

*Tabel 3 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
 hoofdkenmerkende waarden van het tij over het jaar 2010*

Ter herinnering:

- middeltij is hét gemiddeld getij over een langdurige periode, in bovenstaande tabel over het kalenderjaar 2010. 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 enkele posten al over 2001-2010 mogelijk is.).

- een halfdaags getij duurt -gemiddeld- 12u25min, en een daags getij 24u50min. Dit zijn gemiddelden, over ten minste een doottij/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 doottij-periode langer dan het gemiddelde, geregeld anderhalf uur tot uitzonderlijk meer dan twee uur. In een kalenderjaar van 365 dagen kunnen er dus 704 à 706 hoogwatergolven zijn, en idem laagwatergolven. In een schrikkeljaar zijn er 706 à 708 hoog- en laagwatergolven.

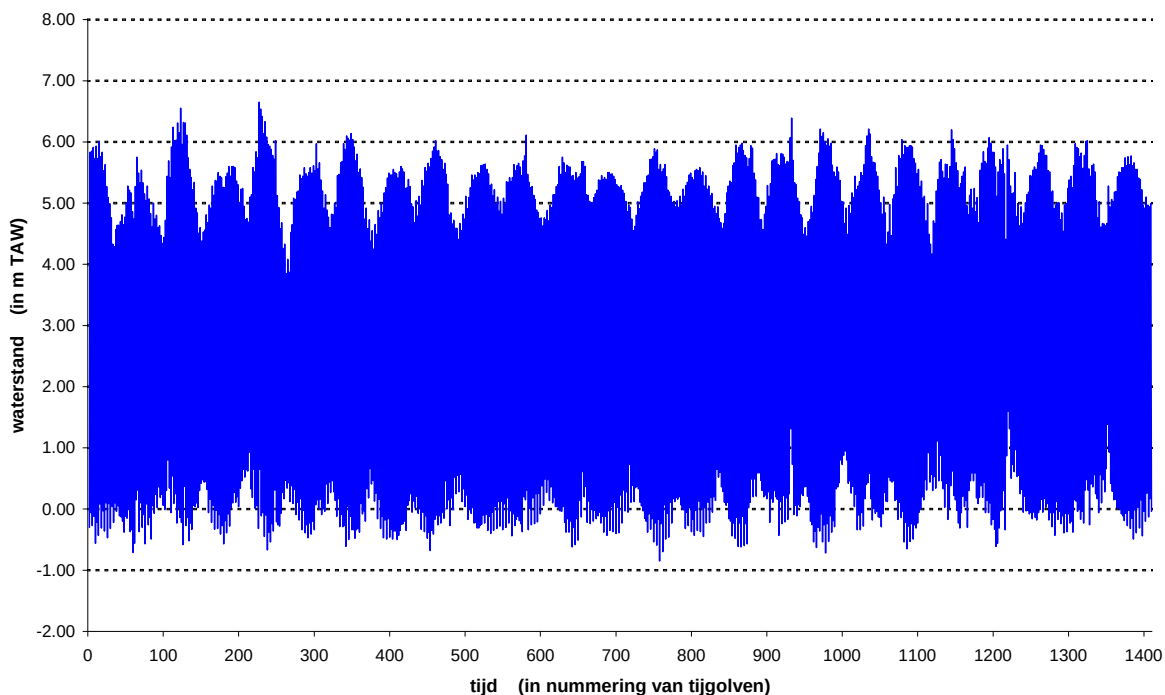
- springtij en doortij zijn karakteristieke tijen doorheen een springtij/doottij-cyclus. Bij springtijden zijn de tijverschillen het grootst, en bij doortijden het kleinst. Reeds vele decennia werden in België en omliggende landen definities bepaald die aangeven welk tij hét springtij resp. hét doortij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

- dat maakt dat er per kalendermaand twee (uitzonderlijk drie) springtijden en twee (uitzonderlijk drie) doortijden zijn. Per kalenderjaar zijn er dus normaliter een 25-tal springtijden en idem doortijden (maar het aantal kan variëren van 24 tot 27 o.a. meer bij schrikkeljaren).

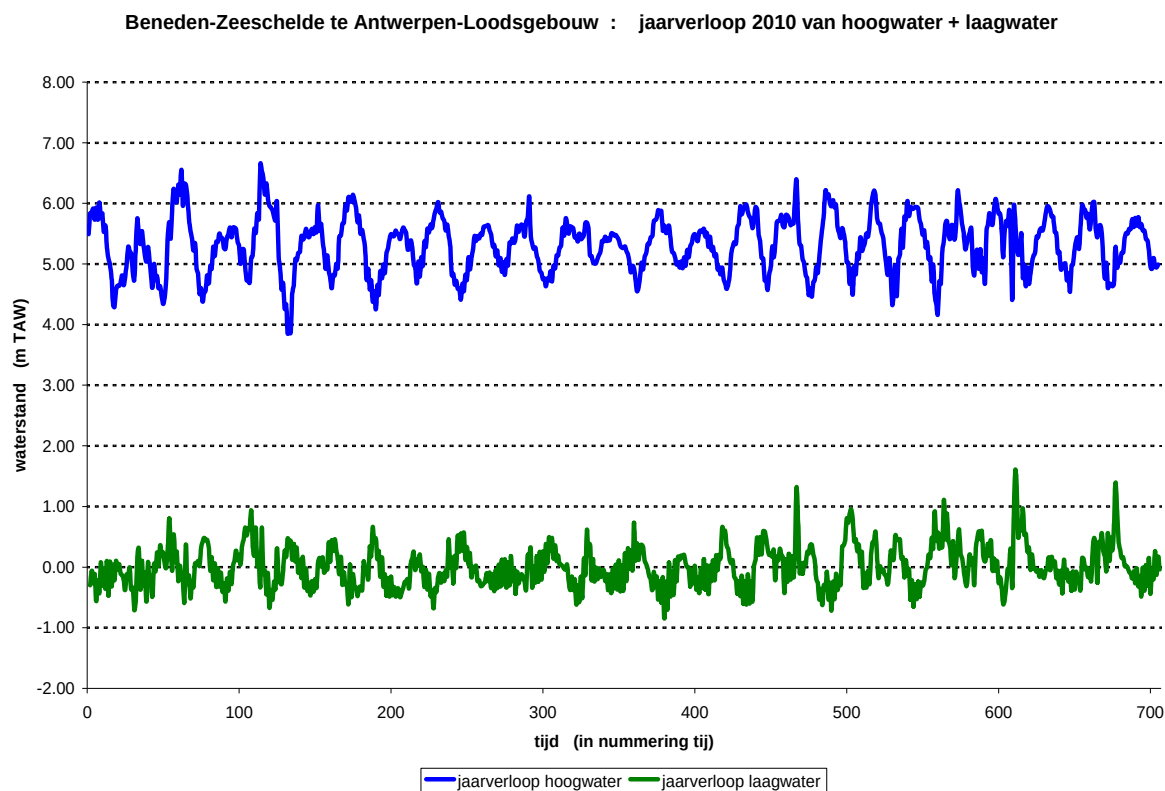
Een tabelmatige voorstelling van gemiddelde en uiterste kenmerkende waarden van het getij op een locatie en gedurende een kalenderjaar, toont de hoofdwwaarden maar toont geen jaarverloop. De hiernavolgende drie figuren geven dat wel aan.

De wijze waarop kan verschillen: figuur 8 toont het op- en neergaande verloop van het getij te Antwerpen-Loodsgebouw over het ganse jaar 2010; de blauwe kleur bakent een zone af in dewelke de hoogte van het tijwater zich heeft afgespeeld. Het toont duidelijk de ongeveer veertien/vijftiendaagse periodes van spring- en doortij, met hogere hoogwaterstanden en lagere laagwaterstanden in de springtij-periodes, en omgekeerd lagere hoogwaterstanden en hogere laagwaterstanden in de doortij-periodes. Het toont m.a.w. duidelijk de veertiendaagse springtij/doottij-variatie.

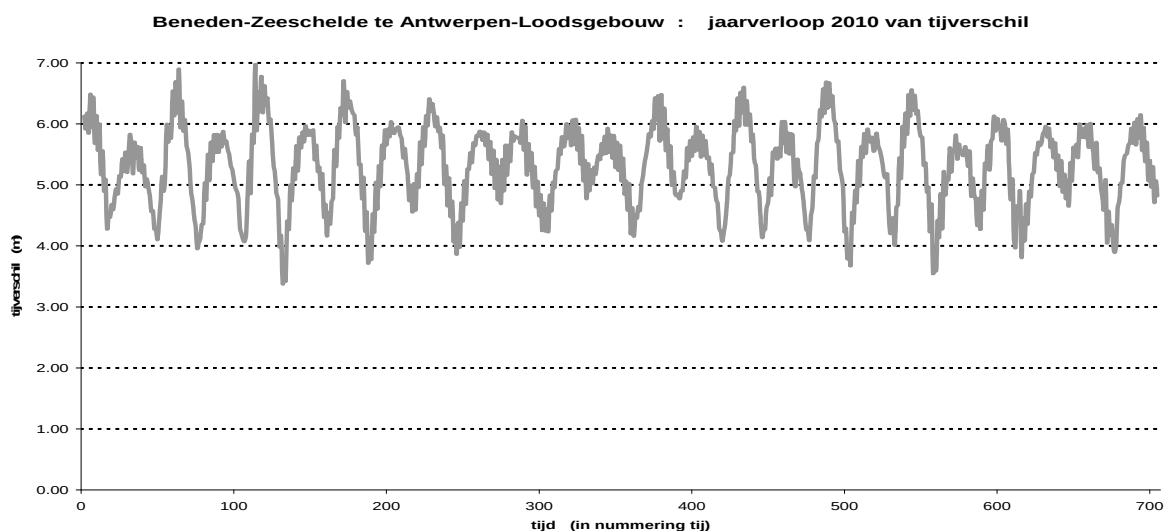
Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : getijverloop gans jaar 2010



*Figuur 8 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2010*



Figuur 9 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2010 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater



Figuur 10 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2010 door aanduiding van enkel het verloop van tijverschil

Eenzelfde beeld kan benaderd worden door de op vorige bladzijde getoonde verlopen van hoogwaters, laagwaters en tijverschillen, nl. deze als afzonderlijke lijnen in een grafiek te bundelen. Figuur 9 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 10 geeft het jaarverloop van het tijverschil weer.

Waar in al deze figuren 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. Voor elk spelen 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 noordwestenwinden 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 9 gaf duidelijk de veel kleinere variatie te zien van de verlopen van hoog- en laagwater in de "zomer"-periode (te verstaan als periode van 1 mei tot einde oktober). Ook in de grafiek van figuur 10, over het jaarverloop van tijverschillen, is dat te zien.

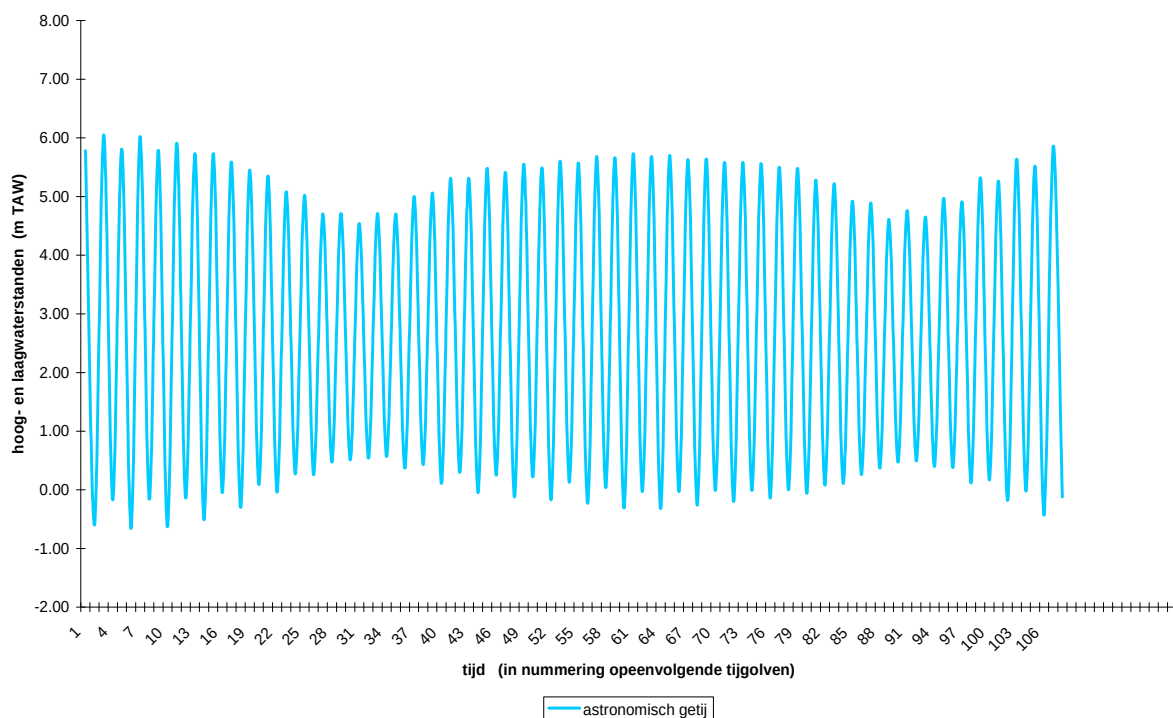
Daar waar het flink hoger zijn van hoogwaterstanden t.o.v. dagen ervoor en dagen nadien, over dagen lang kan gaan, vooral in de winterperiode, duren de verhogingen en verlagingen van laagwaterstanden korter: hun periodes zijn duidelijker afgebakend, en hun duurtijd beperkt zich meestal tot enkele tijen. Fig. 9 laat ook zien dat het bereik van alle hoogwaters over het jaar 2010 groter is dan het bereik van alle laagwaters.

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 februari 2010, en met (onderste grafiek, in donkerblauwe lijn) de reëel waargenomen waarden. De maand februari 2010 werd gekozen omwille van het in 2010 hoogst opgetreden hoogwater, nl. T.A.W. (+6,65m), en omdat in een wintermaand flinke windinvloed kan bestaan, veel meer dan in een zomermaand.

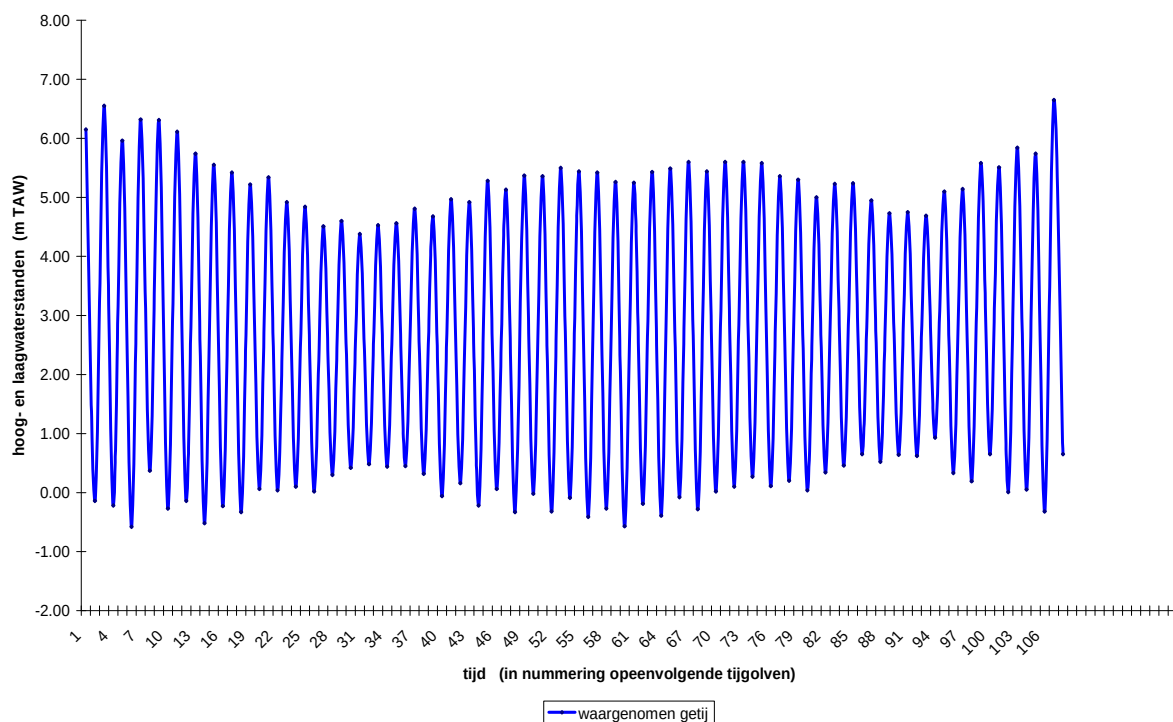
Op de bovenste grafiek is mooi het tijverloop in functie van de springtij/doodtij-cyclus te zien. Ook de dagelijkse ongelijkheid komt -uiteraard- mooi in beeld. Dat houdt in dat om en om de extrema van het tijverloop, er een dagelijkse schommeling is, veroorzaakt door het feit dat de draaiingsas van 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 verschil tussen twee hoogwaterstanden in eenzelfde etmaal, en idem tussen twee laagwaterstanden in eenzelfde etmaal, wordt de dagelijkse ongelijkheid genoemd.

onderstaande grafieken gaan over de maand februari 2010 .

Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
vergelijking astronomisch voorspeld en reëel waargenomen tij maand februari 2010



Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
vergelijking astronomisch voorspeld en reëel waargenomen tij maand februari 2010

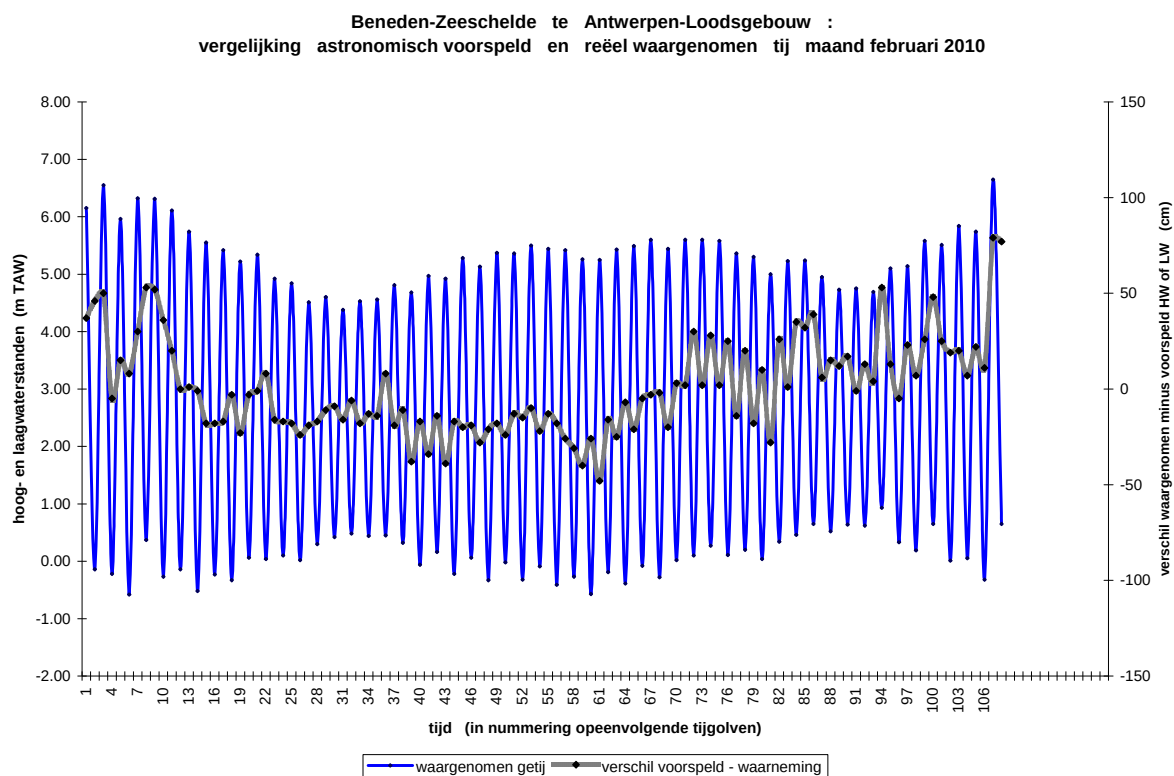


Figuur 11 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van (bovenaan) het astronomisch voorspelde tij en (onderaan) het waargenomen tij gedurende februari 2010

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 springtijden, 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 doortijden enkele dagen zeer klein zijn. Bij springtijden 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 bij de opeenvolgende laagwatergolven aanwezig, en is bij springtijden ruim het dubbele van de dagelijkse ongelijkheid bij hoogwaters, waar dat fenomeen enkel bij springtijden bestaat.

Maar het huidige verhaal gaat over de invloed van meteorologische omstandigheden, vnl. windvelden over Noordzee of vanuit continentaal Midden-Europa, op het getij in het echt maritieme deel van het Scheldebekken, zegge de Westerschelde en de Zeeschelde afwaarts Sint-Amands.



Figuur 12 - 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 februari 2010

Figuur 12 toont dat gewoon door sterke opwaaiing door flinke westen- en noordwestenwinden (op de Noordzee) de hoogwaterstanden fel kunnen verhogen, hetgeen in de beschouwde maandperiode februari 2010 enkele malen beduidend is gebeurd, nl. op 1, 2 en 3 februari, en vooral op 28 februari 2010, toen het hoogwaterpeil te Antwerpen-Loodsgebouw ging tot T.A.W. +6,65 m, dus net een (gewone) stormvloed, en met een opzet van 79 cm t.o.v. het astronomisch voorspelde peil. Bij sterk verhoogde hoogwaterstanden horen dikwijls ook flink verhoogde laagwaterstanden, vooral het laagwater volgend op het stormtij, bvb. na de stormvloed van 28 februari kwam een laagwater T.A.W. +0,65 m tegen astronomisch voorspeld T.A.W. -0,12 m dus een opzet van 77 cm.

Bij overwegend oostelijke winden (koudegolf, vorstperiode ...) waren er gedurende die maand ook enkele verlagingen van zowel hoog- als laagwater, bvb. op 10 en 11, alsook op 15 en 16 februari 2010. Uiteraard wisselt het aantal en de mate van verhogingen en verlagingen van hoog- en laagwaters t.o.v. de astronomische tijen, erg met opwaaien en afwaaien veroorzaakt door de windvelden op Noordzee en over Westerschelde. Voor locaties aan de rand van het tijgebied komt daar nog de invloed van al dan niet grote tot zeer grote bovendebieten bij.

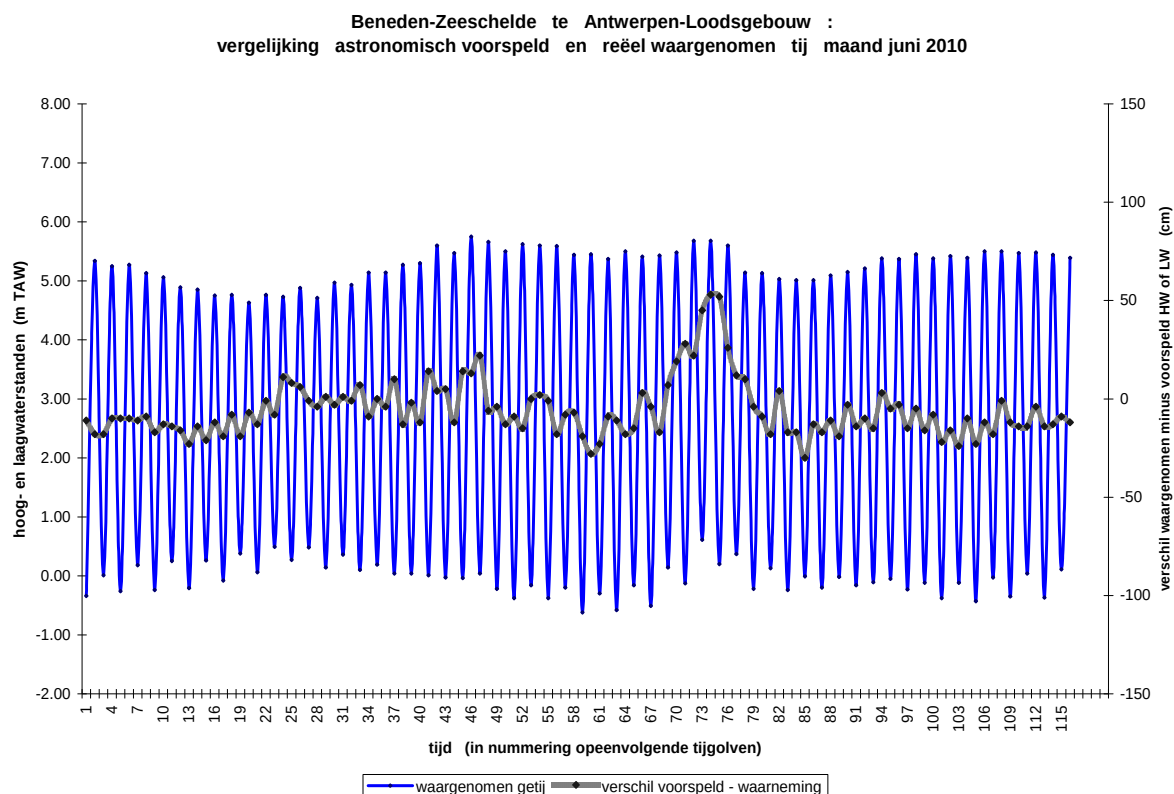
Te bedenken is dat astronomische voorspellingen steunen op een honderdtal harmonische componenten (als een uiteenraffeling van uurlijkse waterstanden in een reeks van een honderdtal cosinusidale golven) gebaseerd op tiwaarnemingen van minstens een gans kalenderjaar, dus waarbij grote meteorologische invloeden zeer uitgemiddeld worden, want het jaargemiddelde windveld over Zuidelijke Noordzee, Westerschelde en Zeescheldebekken komt op niet meer dan 3 à 4 Bft, resp. te land en over zee, wind waarbij geen zeer grote invloeden op het tij veroorzaakt worden, te meer daar het dan gemiddeld om zuidwestelijke winden gaat.

Zoals bekend, kunnen langdurige en stormachtige windvelden over de Noordzee het tij in Westerschelde en Zeescheldebekken tot stormvloed verhogen. De hoogste tot heden waargenomen 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 waargenomen en voorspeld hoogwater, op een verschillend tijdstip opgetreden resp. voorspeld (het zou al flink zijn mocht elk hoogwater zich exact voordoen op het moment zoals astronomisch voorspeld; en gewoonlijk vervroegen de hoogwaters zich bij een stormvloed, althans 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 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 februari 2010 (zie figuur 12) zijn dus geenszins uitzonderlijk, eigenlijk: voor een wintermaand 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 2010 in de Beneden-Zeeschelde te geven.

Ook in zomermaanden treden soms redelijke verhogingen en verlagingen van hoog- en laagwater in het Zeescheldebekken op. Zo kan als voorbeeld het verloop getoond worden van het waargenomen getij in de maand juni 2010, met het opgetreden verschil tussen waargenomen versus astronomisch voorspeld getij, zie onderstaande figuur.



Figuur 13 - 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 2010

Het verschil tussen opgetreden en voorspeld getij is uiteraard -in een zomermaand- klein want slechts weinig opwaaiingen en weinig afwaaiingen. Enkel op 19 en 20 juni 2010 was er een toch beduidende verhoging van hoog- én laagwaterstanden, inderdaad door een flinke noordwestenwind. Globaal genomen vielen verweg de meeste verschillen tussen opgetreden getij en astronomische voorspellingen in die maand juni 2010, binnen een marge van plusminus 20 cm, en slechts een drietal keren was dat verschil groter dan 30 cm, nl. op beide zonet vermelde dagen, met flinke noordwestenwind.

Het verschil tussen springtijden en doottijden is markant. Springtij en doottij zijn karakteristieke tijden doorheen een veertiendaagse springtij/doottij-cyclus. Zoals hoger reeds gedefinieerd, zijn springtijden deze met het normaliter grootste getijverschil, en doottijden deze met de normaliter kleinste. Toch is de ware definitie niet aldus gesteld. Reeds vele decennia werden in België en omliggende landen definities bepaald die aangeven welk tij springtij resp. doottij is. Deze definities beginnen stevast bij het hoogwater: met de hoogwatergolf van springtij in het Zeescheldebekken wordt dat hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw bedoeld dat als eerste hoogwater onmiddellijk volgt op de vijfde maandoorgang te Ukkel van nieuwe en volle maan. "Ukkel" is daarbij de sterrenkundige basislocatie voor België en waarvan de meridiaan ongeveer met deze door Antwerpen overeenkomt. Het daaropvolgende laagwater wordt beschouwd als het laagwaterspring. Hoog- en laagwater bij doottij worden op dezelfde wijze bepaald doch dan vanaf het tijdstip van eerste en laatste kwartierstand van de maan. Dat maakt dat er per kalendermaand twee (uitzonderlijk drie) springtijden en twee (uitzonderlijk drie) doottijden zijn. Per kalenderjaar zijn er dus normaliter een 25-tal springtijden en idem doottijden (maar het aantal kan variëren van 24 tot 27 o.a. meer bij schrikkeljaren).

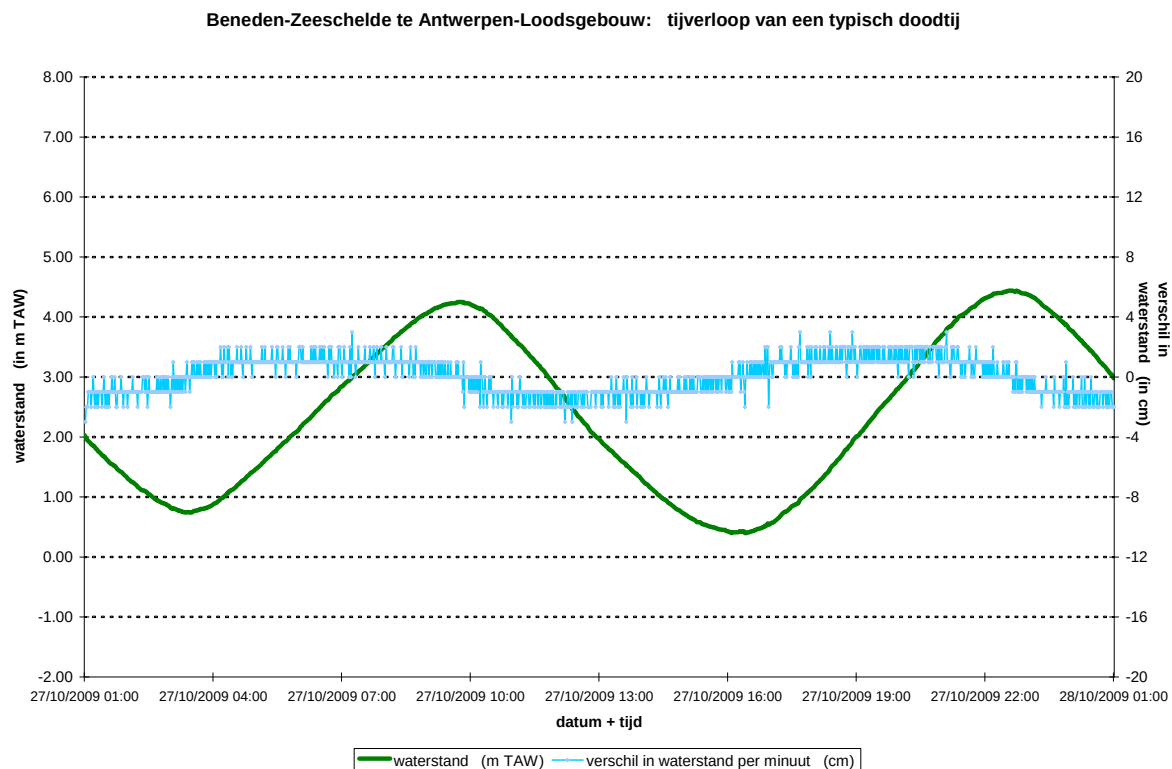
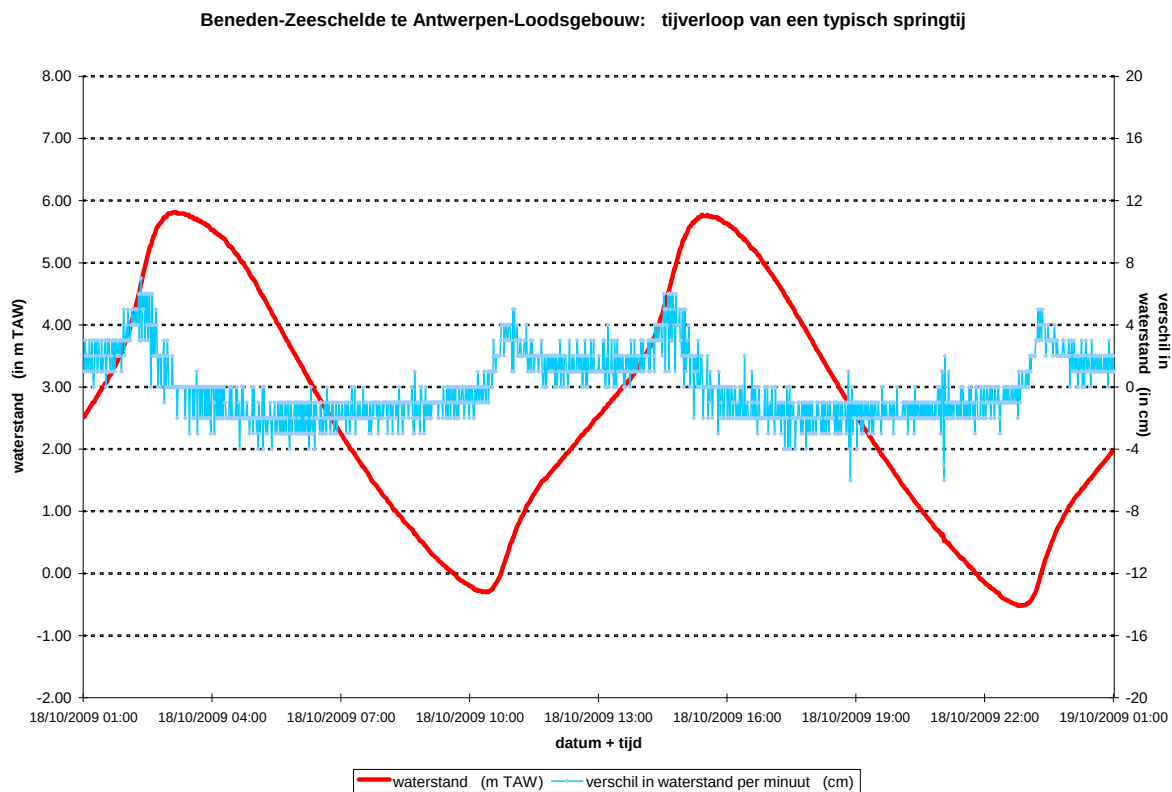
De beide grafieken op navolgende bladzijde, tonen het typische verloop van een gemiddeld springtij resp. gemiddeld doottij. In doorgaande lijn zijn beide tijverlopen over een etmaal (24u00min) getekend. Op die beide figuren is tevens (zie rechterschaal) het waterstandsverschil per minuut aangegeven, m.n. de lichtblauwe verticale hoogtestreepjes.

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

- 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 nul à vier centimeter, zeer uitzonderlijk nog iets meer;
- de stijging van het tij is evenwel 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 voorafgaande laagwater niet zo sterk verhoogd is t.o.v. het astronomische getij als het komende stormhoogwater wel 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 doottijden op volgende bladzijde (onderste grafiek) kunnen afgelezen worden:

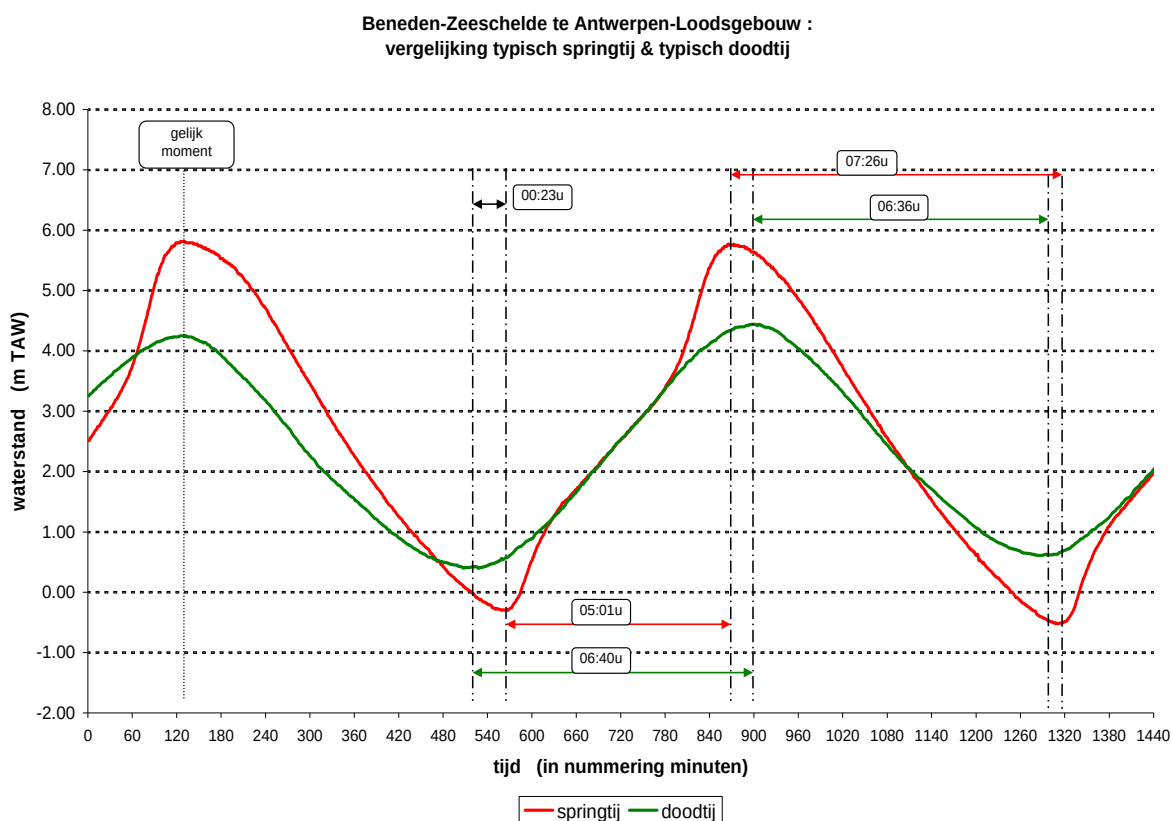
- zowel de stijging als de daling van het getij verlopen met een vrij gelijke hoogteverandering per tijdseenheid, het lijkt in de grafiek urenlang bijna een rechte lijn; enkel rond en om hoog- en laagwater is er -uiteraard- kromming in het verloop. Per minuut handelt het om een stijging en een daling van "slechts" één à twee centimeter per minuut, waarop slechts enkele "uitschieters" van drie centimeter;
- het voor een springtij typisch flink inzetten van de vloed dus grote stijging van de waterstand per tijdseenheid, en het flink stijgen bij maximum-vloed, zijn bij doottij niet aanwezig.



figuur 14 - typisch verloop van een springtij en een doodtij te Antwerpen-Loodsgebouw met aangeven van het ogenblikkelijk hoogteverschil (bij rijzing en daling) per minuut

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

De daling bij springtij duurt langer dan bij doottij, met een verschil dat op dit voorbeeld bijna een half uur is; de duur van de stijging is bij springtij evenwel kleiner dan bij doottij. 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 doottij/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 doottij-periode langer dan het gemiddelde, dikwijls anderhalf uur tot uitzonderlijk meer dan twee uur.



*figuur 15 - typisch verloop van springtij en doottij te Antwerpen-Loodsgebouw
 doch waarbij de momenten van het eerstgetoonde hoogwater bij springtij en idem bij doottij,
 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 doottij (in dit voorbeeld toch een verschil van liefst 100 minuten !), en de duur van de daling bij springtij bijna een uur langer duurt dan bij doottij. Nogmaals: deze karakteristieken zijn algemeen geldig voor alle spring- en doottijen, doch bovenstaande figuur toont maar één typisch voorbeeld.

1.4.2 getijwaarnemingen 2010 Antwerpen-Loodsgebouw in historisch perspectief

In volgende tabel worden de hoofdkenmerkende waarden van het getij in de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw over het jaar 2010, vergeleken met de langjarige (m.n. tienjarige) gemiddelden en uiterste waarden sinds 1971.

Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : hoofdkenmerkende waarden van het getij in 2010 en in historisch perspectief						
		1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2010
middeltij	GHW	5.15	5.24	5.29	5.31	5.32
	GLW	0.01	0.05	0.00	0.06	0.00
	GTV	5.14	5.19	5.29	5.25	5.32
springtij	GHW	5.55	5.70	5.72	5.75	5.75
	GLW	-0.20	-0.17	-0.23	-0.20	-0.25
	GTV	5.75	5.87	5.95	5.95	6.00
doodtij	GHW	4.64	4.69	4.77	4.73	4.69
	GLW	0.29	0.38	0.34	0.40	0.30
	GTV	4.35	4.31	4.43	4.33	4.39
uiterste waarden	HHW	7.31	7.52	7.53	7.06	6.65
	LHW	3.35	3.01	3.53	3.63	3.85
	HLW	2.38	2.67	2.21	3.05	1.60
	LLW	-1.20	-1.36	-1.20	-1.26	-0.85

(waterstanden in meter TAW, tijverschillen in meter)

Tabel 4 - hoofdkenmerkende waarden getij Antwerpen-Loodsgebouw in het jaar 2010
en in vergelijking met tienjarige waarden sinds 1971

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 Rupelmonding, 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.

Hierna volgen 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 2010 geplaatst naast de jaarlijkse van 2001 tot en met 2009, dus is in feite het volledig tienjarig overzicht 2001-2010 gegeven.

Waterbouwkundig Laboratorium												
ANTWERPEN-LOODSGEBOUW tienjarig overzicht 2001-2010												
	jaar	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2001 - 2010
gemiddeld tij	HW	5.40	5.37	5.30	5.29	5.23	5.24	5.33	5.31	5.28	5.32	5.31
	LW	0.08	0.05	0.04	0.08	0.06	0.05	0.11	0.07	0.01	0.00	0.06
	tijverschil	5.32	5.32	5.26	5.21	5.17	5.19	5.22	5.24	5.27	5.32	5.25
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	5.30
	LW	0.07	0.03	0.02	0.04	0.05	0.05	0.08	0.01	0.00	0.01	0.04
	tijverschil	5.32	5.30	5.27	5.26	5.17	5.21	5.24	5.32	5.28	5.31	5.26
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	5.31
	LW	0.10	0.08	0.06	0.11	0.08	0.05	0.14	0.12	0.03	-0.01	0.08
	tijverschil	5.30	5.34	5.24	5.16	5.16	5.17	5.19	5.16	5.25	5.32	5.23
springtij	HW	5.80	5.84	5.72	5.76	5.70	5.67	5.74	5.73	5.75	5.75	5.75
	LW	-0.19	-0.17	-0.22	-0.13	-0.17	-0.18	-0.17	-0.26	-0.27	-0.25	-0.20
	tijverschil	5.99	6.01	5.94	5.89	5.87	5.85	5.91	5.99	6.02	6.00	5.95
doodtij	HW	4.84	4.85	4.72	4.72	4.62	4.70	4.73	4.73	4.70	4.69	4.73
	LW	0.43	0.42	0.42	0.42	0.32	0.42	0.44	0.45	0.36	0.30	0.40
	tijverschil	4.41	4.43	4.30	4.30	4.30	4.28	4.29	4.28	4.34	4.39	4.33
uiterste standen	HHW	6.47	6.68	6.64	7.05	6.86	6.59	7.06	6.97	6.87	6.65	7.06
	LHW	4.25	3.83	3.78	3.63	3.81	3.95	4.06	3.80	3.77	3.85	3.63
	HLW	2.20	2.23	1.69	1.71	3.05	2.12	2.52	2.42	1.67	1.60	3.05
	LLW	-0.96	-0.91	-0.78	-0.79	-0.88	-0.82	-0.68	-1.26	-0.80	-0.85	-1.26

Tabel 5 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen overzicht 2001-2010
van hoofdkenmerkende tijwaarden (HW's & LW's & tijverschillen)

ANTWERPEN overzicht 2001-2010												
	GEMIDDELD-TIJ											
	HOOGTE t.o.v. T.A.W.						Tij- verschil	Halftij- hoogte	TIJD			
	HOOGWATER			LAAGWATER					Duur van de		Vroeger dan Antw.	
	Jaar	Jaar	Zomer	Winter	Jaar	Zomer			Winter	Stijging	Daling	H.W.
Jaartal	Jaar	Zomer	Winter	Jaar	Zomer	Winter						
2001	5.40	5.39	5.40	0.08	0.07	0.10	5.32	2.74	05:28	06:57	00:00	00:00
2002	5.37	5.33	5.42	0.05	0.03	0.08	5.32	2.71	05:29	06:57	00:00	00:00
2003	5.30	5.29	5.30	0.04	0.02	0.06	5.26	2.67	05:32	06:53	00:00	00:00
2004	5.29	5.30	5.27	0.08	0.04	0.11	5.21	2.69	05:33	06:53	00:00	00:00
2005	5.23	5.22	5.24	0.06	0.05	0.08	5.17	2.65	05:34	06:51	00:00	00:00
2006	5.24	5.26	5.22	0.05	0.05	0.05	5.19	2.65	05:34	06:51	00:00	00:00
2007	5.33	5.32	5.33	0.11	0.08	0.14	5.22	2.72	05:35	06:51	00:00	00:00
2008	5.31	5.33	5.28	0.07	0.01	0.12	5.24	2.69	05:33	06:52	00:00	00:00
2009	5.28	5.28	5.28	0.01	0.00	0.03	5.27	2.65	05:31	06:55	00:00	00:00
2010	5.32	5.32	5.31	0.00	0.01	-0.01	5.32	2.66	05:34	06:51	00:00	00:00
2001-2010	5.31	5.30	5.31	0.06	0.04	0.08	5.25	2.69	05:32	06:53	00:00	00:00

	SPRING-TIJ						DOOD-TIJ					
	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.	
	H.W.	L.W.	Stijging	Daling	H.W.	L.W.	H.W.	L.W.	Stijging	Daling	H.W.	L.W.
Jaartal												
2001	5.80	-0.19	05:04	07:16	00:00	00:00	4.84	0.43	06:00	06:39	00:00	00:00
2002	5.84	-0.17	05:06	07:16	00:00	00:00	4.85	0.42	05:59	06:43	00:00	00:00
2003	5.72	-0.22	05:08	07:11	00:00	00:00	4.72	0.42	06:10	06:37	00:00	00:00
2004	5.76	-0.13	05:12	07:08	00:00	00:00	4.72	0.42	06:06	06:37	00:00	00:00
2005	5.70	-0.17	05:12	07:10	00:00	00:00	4.62	0.32	06:03	06:40	00:00	00:00
2006	5.67	-0.18	05:12	07:06	00:00	00:00	4.70	0.42	06:10	06:39	00:00	00:00
2007	5.74	-0.17	05:10	07:09	00:00	00:00	4.73	0.44	06:08	06:36	00:00	00:00
2008	5.73	-0.26	05:13	07:12	00:00	00:00	4.73	0.45	06:11	06:37	00:00	00:00
2009	5.75	-0.27	05:07	07:14	00:00	00:00	4.70	0.36	06:01	06:39	00:00	00:00
2010	5.75	-0.25	05:13	07:09	00:00	00:00	4.69	0.30	06:07	06:34	00:00	00:00
2001-2010	5.75	-0.20	05:10	07:11	00:00	00:00	4.73	0.40	06:06	06:38	00:00	00:00

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

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). Gezien het in deze tabellen gaat over "vertragingen" van hoog- en laagwater t.o.v. hun tijdstip te Antwerpen-Loodsgebouw, zijn deze duurtijden van het vroeger of later vallen van hoog- en laagwaters, voor de basispost zelf uiteraard nul.

Jaartal	Tienjarig overzicht 2001-2010 tijwaarnemingen te Antwerpen-Loodsgebouw							
	UITERSTE WATERSTANDEN (m T.A.W.)							
	HOOGWATER				LAAGWATER			
	Hoogste		Laagste		Hoogste		Laagste	
	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
2001-2010	7.06	nov-07	3.63	jan-04	3.05	nov-05	-1.26	dec-08

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

De drie navolgende tabellen zijn frequentie-tabellen over de periode 2001-2010, waarin zowel per jaar als over de tien betrokken jaren tezamen, per decimeter een verdeling is gemaakt van het aantal hoogwaters (tabel 8), laagwaters (tabel 9) en tijverschillen (tabel 10). Per jaar is telkens de klasse van de mediaan gekleurd (lichtblauw bij HW, lichtgroen bij LW, en lichtgrijs bij het tijverschil). Het zijn ook meteen overzichten van een gans decennium.

Het valt op dat de totale spreiding van de laagwaterstanden over de periode 2001-2010 beduidend groter is dan deze van de hoogwaterstanden, 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 vallen 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 uitschieters zowel naar hoog als naar laag, die het totale bereik dan uiteindelijk toch groter maakt dan bij hoogwaters.

frequentie van HOOGWATER te Antwerpen-Loodsgebouw over 2001-2010													
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	in vak	n >	%>
800											0	0	0.0
790											0	0	0.0
780											0	0	0.0
770											0	0	0.0
760											0	0	0.0
750											0	0	0.0
740											0	0	0.0
730											0	0	0.0
720											0	0	0.0
710											0	0	0.0
700				1			1				2	2	0.0
690								1			1	3	0.0
680					1				1		2	5	0.1
670					1		2				3	8	0.1
660		2	1	1	2		2			1	9	17	0.2
650		3	1		2	1	1	1		2	11	28	0.4
640	2	6	1	4	4	4	1	2		1	25	53	0.8
630	9	7	4	3	1	2	6	5	1	5	43	96	1.4
620	8	7	7	3	5	4	5	4	2	4	49	145	2.1
610	7	12	6	9	5	8	14	10	5	9	85	230	3.3
600	27	17	14	10	10	14	18	13	13	18	154	384	5.4
590	28	18	23	22	11	19	20	20	22	33	216	600	8.5
580	39	40	46	36	16	22	37	40	33	28	337	937	13.3
570	56	41	47	50	41	36	32	46	46	38	433	1370	19.4
560	70	65	55	56	33	48	61	58	56	61	563	1933	27.4
550	63	70	54	58	67	41	61	51	58	70	593	2526	35.8
540	76	82	59	65	60	57	71	66	57	70	663	3189	45.2
530	40	58	45	70	57	72	61	59	63	43	568	3757	53.2
520	60	60	58	44	70	62	61	68	64	53	600	4357	61.7
510	41	35	49	45	66	60	47	50	51	46	490	4847	68.7
500	36	42	40	46	49	51	39	49	53	39	444	5291	75.0
490	47	31	42	45	40	42	40	37	48	48	420	5711	80.9
480	32	27	45	33	40	38	30	32	45	33	355	6066	86.0
470	26	25	34	25	28	32	24	24	26	32	276	6342	89.9
460	15	21	28	22	38	34	21	20	20	31	250	6592	93.4
450	11	10	18	11	18	25	20	11	9	16	149	6741	95.5
440	5	7	14	15	8	8	7	12	7	10	93	6834	96.9
430	4	10	2	9	14	10	10	12	9	7	87	6921	98.1
420	3	6	6	5	10	9	8	6	9	3	65	6986	99.0
410		2	3	9	4	2	5	5	1	1	32	7018	99.5
400			1	3	2	3	1	3	4	1	18	7036	99.7
390			1	1	1	1		1			5	7041	99.8
380		1	1	2	1			1		2	8	7049	99.9
370			1	3					2		6	7055	100.0
360				1							1	7056	100.0
350											0	7056	100.0
340											0	7056	100.0
330											0	7056	100.0
320											0	7056	100.0
310											0	7056	100.0
300											0	7056	100.0
Aantal	705	705	706	707	705	705	706	707	705	705	7056	7056	7056
Niet gereg.											0		0.0%
Totaal	705	705	706	707	705	705	706	707	705	705	7056		

Tabel 8 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
frequentie-tabel hoogwaters in het decennium 2001-2010 verdeeld per decimeter TAW

frequentie van LAAGWATER te Antwerpen-Loodsgebouw over 2001-2010													
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	in vak	n >	%>
350											0	0	0.0
340											0	0	0.0
330											0	0	0.0
320											0	0	0.0
310											0	0	0.0
300					1						1	1	0.0
290											0	1	0.0
280											0	1	0.0
270											0	1	0.0
260											0	1	0.0
250							1				1	2	0.0
240								1			1	3	0.0
230											0	3	0.0
220	1	1									2	5	0.1
210						1	1	1			3	8	0.1
200							1				1	9	0.1
190		1									1	10	0.1
180					1						1	11	0.2
170	1	1		1	1	1		1			6	17	0.2
160			1	1	1		2		1	1	7	24	0.3
150	3	2			1	2		2			10	34	0.5
140		3	1		1	1		1	1		8	42	0.6
130	2		1	1	1	3	2			3	13	55	0.8
120	1		4	2	1	1	1	2	1		13	68	1.0
110	4	3	4	4	2	2	5	4	4	1	33	101	1.4
100	4	4	4	4	5	3	8	4			36	137	1.9
90	9	5	6	9	6	5	7	4	4	5	60	197	2.8
80	14	9	9	9	9	8	11	12	11	6	98	295	4.2
70	9	18	12	14	10	13	14	14	13	4	121	416	5.9
60	14	12	21	21	14	18	33	26	12	12	183	599	8.5
50	29	18	12	42	34	22	25	21	18	19	240	839	11.9
40	28	36	42	41	34	35	41	43	37	38	375	1214	17.2
30	46	33	38	43	54	52	57	41	48	44	456	1670	23.7
20	66	79	54	42	54	47	54	54	52	47	549	2219	31.4
10	93	63	67	54	68	79	66	65	59	85	699	2918	41.3
0	68	69	72	78	73	70	69	74	76	66	715	3633	51.5
-10	71	94	90	87	78	84	75	79	75	90	823	4456	63.1
-20	76	77	70	87	79	69	71	81	99	73	782	5238	74.2
-30	67	58	66	67	63	67	60	57	54	79	638	5876	83.3
-40	41	49	62	44	46	49	45	45	64	70	515	6391	90.6
-50	38	34	32	29	38	41	31	39	40	30	352	6743	95.6
-60	14	17	22	20	15	11	14	21	24	19	177	6920	98.1
-70	3	13	11	6	11	12	11	12	7	10	96	7016	99.4
-80	2	5	4	1	3	5			6	2	28	7044	99.8
-90	1				2	4				1	8	7052	99.9
-100	1	1						1			3	7055	100.0
-110								1			1	7056	100.0
-120											0	7056	100.0
-130								1			1	7057	100.0
-140											0	7057	100.0
-150											0	7057	100.0
Aantal	706	705	705	707	706	705	705	707	706	705	7057	7057	7057
Niet gereg.											0		0.0%
Totaal	706	705	705	707	706	705	705	707	706	705	7057		

tabel 9 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
frequentie-tabel laagwaters in het decennium 2001-2010 verdeeld per decimeter TAW

frequentie van het GETIJVERSCHIL te Antwerpen-Loodsgebouw over 2001-2010													
Aantal GETIJVERSCHILLEN begrepen tussen de aangegeven hoogte en deze hoogte + 9 cm.													
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	in vak	n >	%>
800											0	0	0.0
790											0	0	0.0
780											0	0	0.0
770											0	0	0.0
760											0	0	0.0
750											0	0	0.0
740											0	0	0.0
730											0	0	0.0
720											0	0	0.0
710											0	0	0.0
700	1	1			1						3	3	0.0
690		3		1						2	6	9	0.1
680	1		1		1		1		1		5	14	0.2
670	3	4	2			2	6		1	2	20	34	0.5
660	5	5	4		3	5	6	1	2	5	36	70	1.0
650	5	6	2	1	4	8	1	2	4	6	39	109	1.5
640	8	14	8	10	7	7	4	8	9	11	86	195	2.8
630	11	6	14	8	4	6	11	17	11	5	93	288	4.1
620	10	20	12	21	5	9	13	12	11	11	124	412	5.8
610	29	18	27	14	15	15	17	25	25	21	206	618	8.8
600	26	25	29	26	20	15	20	26	26	23	236	854	12.1
590	44	37	30	38	27	25	32	30	31	42	336	1190	16.9
580	44	43	38	41	31	38	32	39	41	46	393	1583	22.4
570	32	44	32	42	50	43	38	39	47	50	417	2000	28.3
560	51	36	56	34	44	44	46	42	36	55	444	2444	34.6
550	47	54	40	34	47	43	41	51	44	43	444	2888	40.9
540	31	50	35	40	45	40	54	39	47	39	420	3308	46.9
530	44	35	43	44	35	48	30	42	47	30	398	3706	52.5
520	35	32	23	31	44	41	43	41	39	34	363	4069	57.7
510	32	29	42	37	38	29	32	27	30	35	331	4400	62.4
500	28	19	34	35	35	31	34	34	37	29	316	4716	66.8
490	25	35	25	38	25	28	40	26	26	29	297	5013	71.1
480	31	27	33	21	23	37	20	26	22	28	268	5281	74.9
470	21	22	30	22	30	25	30	25	24	28	257	5538	78.5
460	35	34	27	30	23	26	26	21	27	20	269	5807	82.3
450	22	13	17	27	22	20	18	35	17	20	211	6018	85.3
440	20	18	14	21	20	23	20	16	20	14	186	6204	87.9
430	15	18	14	15	22	19	13	11	15	13	155	6359	90.1
420	14	14	18	12	15	13	9	14	11	24	144	6503	92.2
410	8	11	17	14	13	12	16	10	7	12	120	6623	93.9
400	8	13	9	12	11	10	10	8	5	10	96	6719	95.2
390	2	4	6	8	10	17	9	9	10	5	80	6799	96.4
380	6	3	4	2	3	8	12	5	9	4	56	6855	97.2
370	2	3	5	3	10	5	4	8	9	4	53	6908	97.9
360	4	3	5	9	6	5	6	8	7	2	55	6963	98.7
350	1	3	3	2	3	2	5	2	1	1	23	6986	99.0
340	1		4	8	5	2	2	2	4	1	29	7015	99.4
330	1	2			2	1	1	1		1	9	7024	99.6
320		1	1	2	1	2	2	1	2		12	7036	99.7
310				2	2	1					5	7041	99.8
300				1			2	1			4	7045	99.9
290	1		2	1	2			1			7	7052	100.0
280											0	7052	100.0
270											0	7052	100.0
260											0	7052	100.0
250	1										1	7053	100.0
240											0	7053	100.0
230								1			1	7054	100.0
220											0	7054	100.0
210					1						1	7055	100.0
200											0	7055	100.0
Aantal	705	705	706	707	705	705	706	706	705	705	7055	7055	7055
Niet gereg.											0		0.0%
Totaal	705	705	706	707	705	705	706	706	705	705	7055		

Tabel 10 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
frequentie-tabel tijverschillen in het decennium 2001-2010, verdeeld per decimeter

Het totale bereik waarover in het decennium 2001-2010 de tijverschillen zijn gegaan, is groot, nl. over 50 klassen zegge over 5 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. 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 boven-debieten en was-regimes, zowel hoog- als laagwaters sterk verhogen, maar de laagwaters nog (soms veel) meer dan de hoogwaters, tot aldus het tijverschil beduidend kleiner is dan normaal.

Zoals al hoger gesteld, betrof het tij over het jaar 2010 in de Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw, maar dus tevens over de Zeeschelde afwaarts Sint-Amands, en in de Rupel, 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 acht jaren "beduidend" lager zijn van de jaargemiddelde hoogwaterstanden dan bvb. de vijf jaren ervoor. Er trad in 2010 slechts één (gewone) stormvloed op, en geen enkele buitengewone stormvloed.

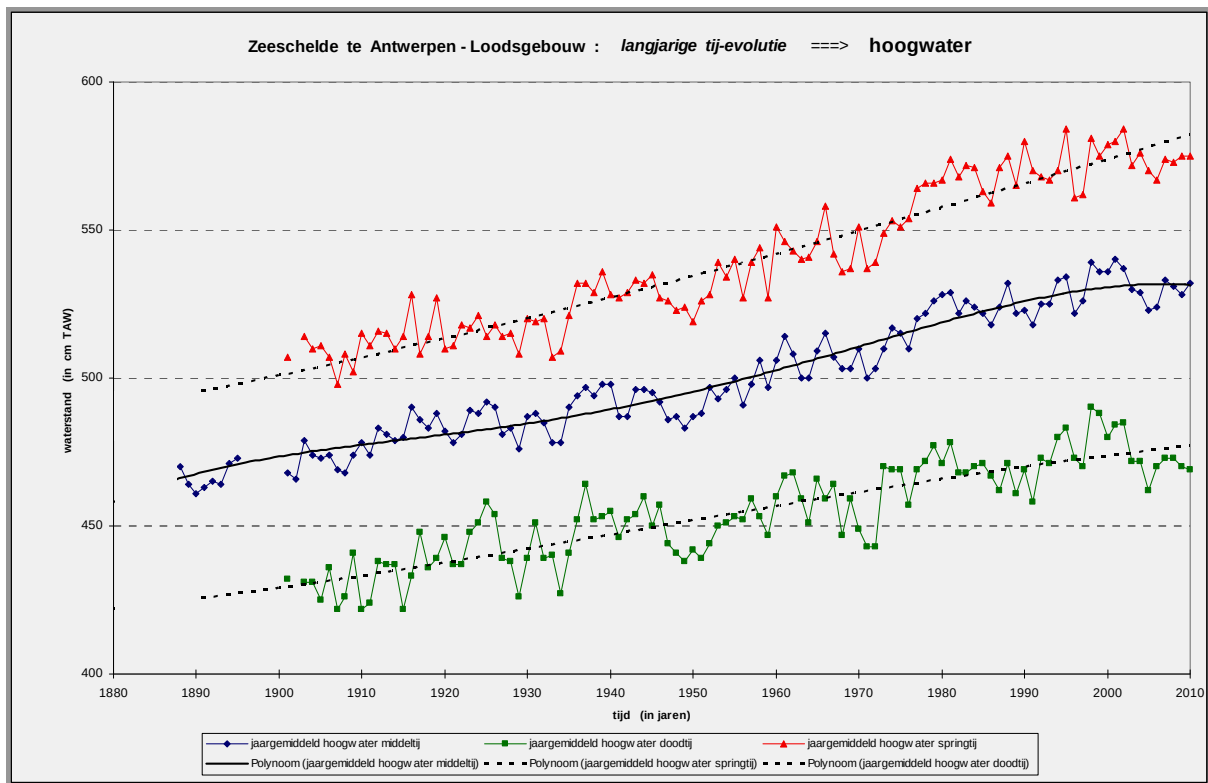
Zonder dat in dit rapport een ganse evolutie van het tij in het Zeescheldebekken wordt gegeven, waaromtrent andere rapporten handelen, mag het tij van de jongste jaren even in het historisch perspectief sinds begin der systematische, continue tijwaarnemingen worden geduid, dus sinds 1888. De volgende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

Figuur 16 toont de jaarlijkse gemiddelde hoogwaterstanden, zowel bij middeltij als van spring- en doottij. 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 doottij 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 doottij 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 springtij was de versnelling in stijging groter à 8 cm per tien jaar, doch bij doottijen iets minder groot, nl. à 4 cm per tien jaar.
- de periode (ongeveer) 1970-2000 kenmerkt zich door ongeveer even grote stijgingen van het gemiddeld hoogwater, maar dat gebeurde met grote schommelingen. Middeltijen verhoogden à 7 cm per tien jaar, springtij à ongeveer 8 cm per tien jaar, en doottijen 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 schuimte 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.



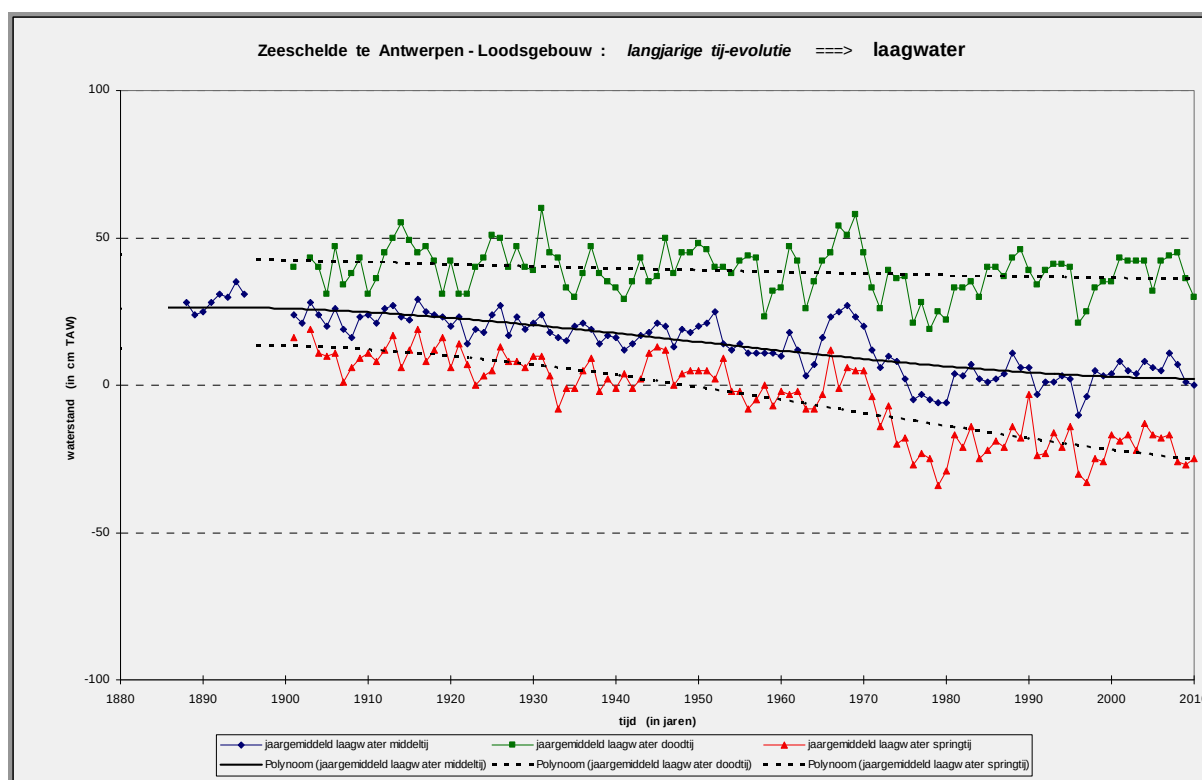
*Figuur 16 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
"eeuw"-evolutie jaargemiddelden van hoogwater (1888-2010)*

De trend van verhogende hoogwaterstanden bestaat dus al vanaf 1888. Tot ongeveer 1955 is de stijging quasi lineair, nadien sterker, zegge volgens een polynoom van de tweede en op de duur van de derde graad. Zoals al eerder doch nog te sporadisch, zowel uit Nederlandse als uit Belgische hoek werd beschouwd, kan deze trendbreuk worden gerelateerd aan de bathymetrische ontwikkeling van het Schelde-estuarium, waarbij vooral moet gedacht worden aan de ontwikkeling van het Gat van Ossensisse 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 ganse 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 autonoom proces gelden.

Figuur 17 toont analoge grafieken en trendlijnen, maar dan voor de evolutie van laagwater. Ook hier geldt 1955 als kanteljaar. Dan valt op dat voor 1955 er inderdaad en overigens geheel normaal, schommelingen zijn in het verloop van jaargemiddelde laagwaters, zo middeltij, springtij als doottij, doch vooral dat die schommelingen na 1955 beduidend groter zijn.

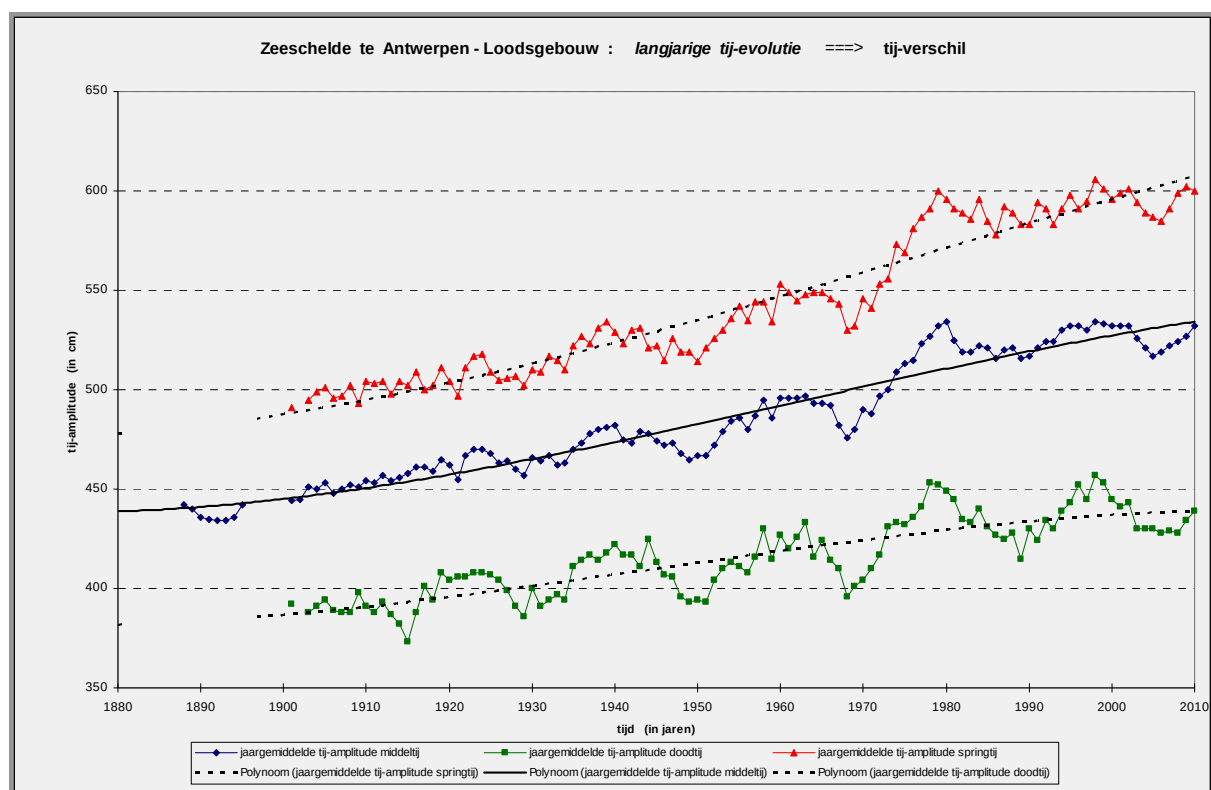
In de eerste periode, voor 1955, is er een gestage daling van de gemiddelde laagwaterstanden bij alle type-tijden, met voor middeltij ongeveer 15 cm over 70 jaar (dus een ietsje meer dan 2 cm per tien jaar) en voor springtij 17 cm over 55 jaar dus 3 cm per tien jaar. De daling van laagwaters bij doottij 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 springtijten tegen anderzijds doottijen.



Figuur 17 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
 "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van laagwater (1888-2010)

Ook na 1955 is de daling bij doottij relatief klein en zelfs in dezelfde orde van grootte, 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.

Uit de evolutie van hoger wordende hoogwaterstanden en lager wordende laagwaterstanden volgt een flinke toename van de tijverschillen, zoals onderstaande figuur 18 aangeeft. Het zal niet verbazen dat ook hier 1955 het kanteljaar is. Voor 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 tweede graad, tenminste voor middeltij en springtij, want bij de doottijden blijft de lineaire trend regel, beïnvloed door de zonet geschetste evolutie van laagwater bij doottij.



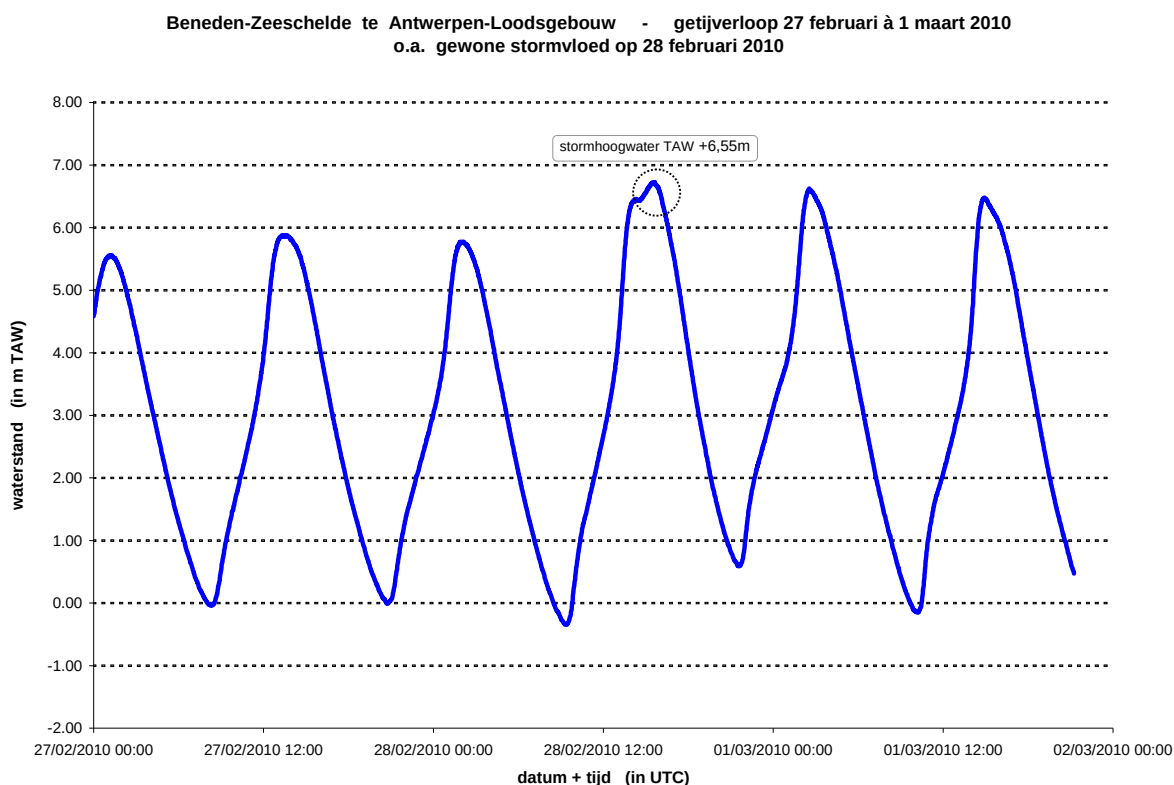
*Figuur 18 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
 "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van tij-verschillen (1888-2010)*

Ook bij de evolutie van het tijverschil valt op dat over vele laatste jaren genomen, er een afvlakking in de trends te zien is, geheel in overeenstemming -uiteraard- zoals al sterk opviel bij de hoogwaterstanden maar toch ook bij de laagwaters.

1.4.3 opgetreden stormvloed 2010

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.

In 2010 trad aldus slechts één maal een (gewone) stormvloed op, nl. op zondag 28 februari, met een hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw om 16:33 h M.E.T. en peil T.A.W. (+ 6,65 m).



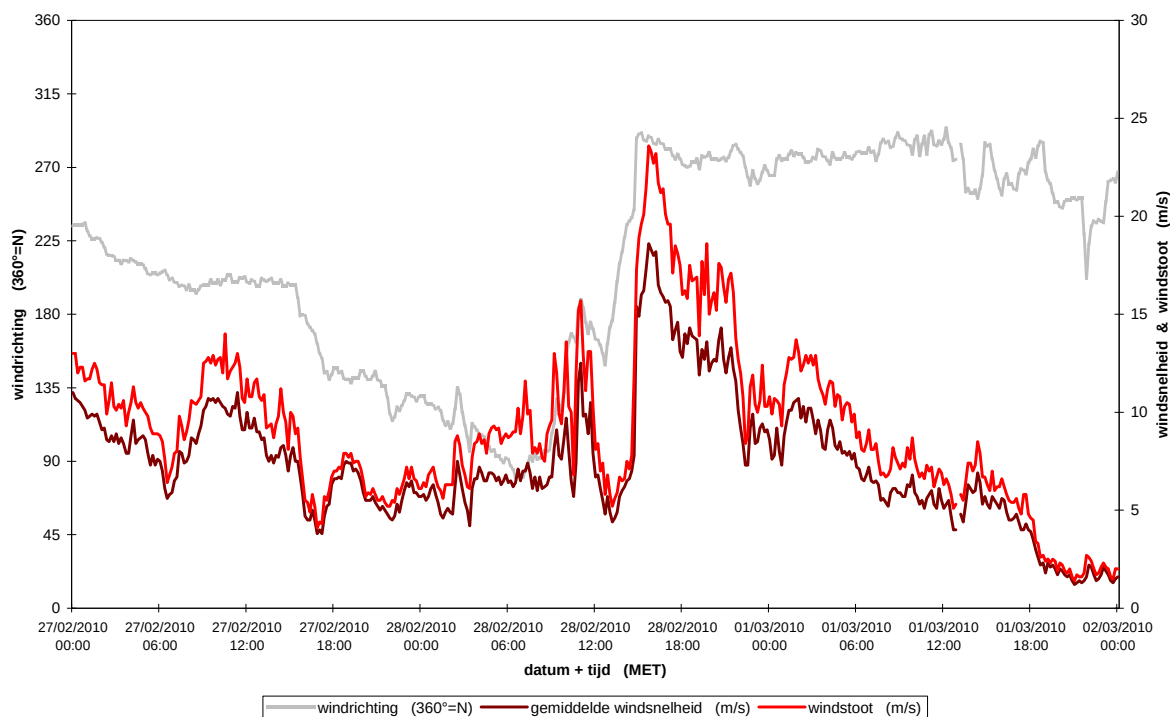
*Figuur 19 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
 tijverloop op 27 februari à 1 maart 2010 o.a. stormvloed op peil TAW (+6.65m) op 28.02.2010 pm*

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 noordwestelijk stormwindveld langs o.m. de oostkust van Engeland. Aldus wordt de opzet van de tijwaterstanden (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 wordt hoger gestuwd.

De stormvloed van 28 februari 2010 was van een ander type, dat doorgaans niet meteen aanleiding geeft tot "super"-stormen (zijnde de categorie van stormhoogwaters te Antwerpen bvb. minstens TAW +7.50 m, genre 1 februari 1953). Op 28 februari 2010 ging een zeer actief lagedruk-gebied over het Kanaal en het zuidelijk deel van de Noordzee plots doch kort opsteken en gaf aanleiding tot -op zeer korte tijd- zeer sterke wind uit west met kracht 9 à 10 Bft over zee, en 8 Bft over de Westerschelde.

Aan zee waren er flinke golven doch was er op zich geen echte stormvloed qua overschrijden van een waterpeil. De zeer hevige westenwind over de Westerschelde heeft t.a.v. het hoogwaterpeil te Vlissingen een dusdanige extra opzet gegeven, dat te Antwerpen het stormpeil wel doch net werd overschreden, nl. met TAW +6,65 m (dus 5 cm hoger dan de drempel van het gewone stormpeil).

Westerschelde te Hansweert : verloop van het windveld van 27 februari t/m 1 maart 2010



*Figuur 20 - Westerschelde te Hansweert:
windverloop van 27 februari t/m 1 maart 2010 (tien-minuut-gegevens) (bron: RWS -HMCZ)*

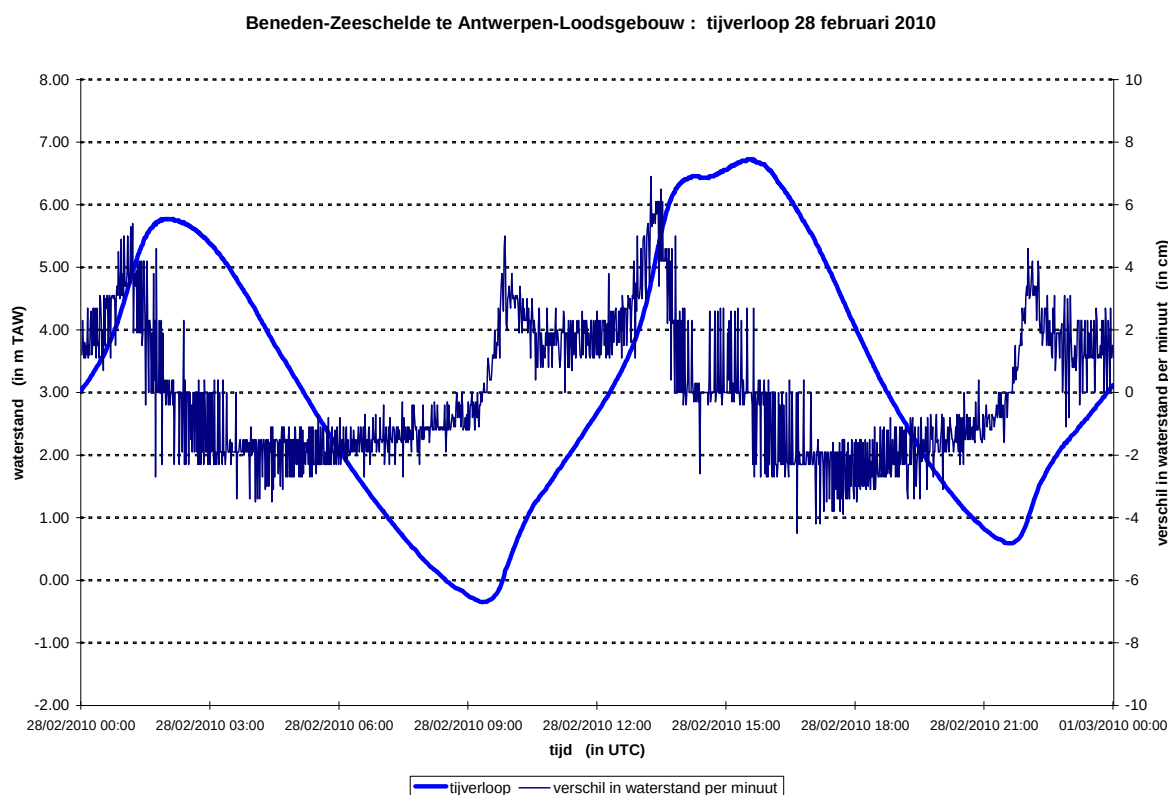
Bovenstaande figuur toont het windverloop te Hansweert, wat goed representatief is voor het windveld over de Westerschelde. Op 28 februari ging de windrichting 's middags snel van oost naar west (dus een zeer snel ruimen van de wind over liefst 180° wat qua snelheid en qua hoekgrootte uitzonderlijk is), gepaard met windsnelheden van (gemiddeld over tien minuten) bijna 19 m/s en windstoten tot 24 m/s. Het windveld bleef nadien westelijk doch nam relatief snel in kracht af.

Ten overstaan van het astronomisch voorspelde hoogwater van TAW + 5,86 m bedroeg de (schuine) opzet 0,79 m.

Wat bij stormvloed en nog gebeurd, is het optreden van een "dubbel-hoogwater". Uiteraard is het hoogste hoogwater hét stormpeil. Het hoogteverschil tussen beide "soorten" hoogwaters, bedroeg hier een 25-tal centimeter, hetgeen bij dubbel-hoogwaters een normale waarde is. Het tijdsverschil bedroeg 75 minuten dus één uur en een kwart, hetgeen vrij lang is. De oorzaak van een dubbel-hoogwater ligt gewoonlijk aan kleinendeels de luchtdruk doch grotendeels aan de wind, in dit geval over de Westerschelde. Dubbele hoogwaters worden veroorzaakt door snelle en grote verandering van druk of van windveld over zee of over Westerschelde. Dergelijk verschijnsel komt wel een paar keer per decennium voor. *(Analoog kunnen ook dubbel-laagwaters of aggers optreden. Alsdan ligt de oorzaak meer op zee dan op Westerschelde. Ook aggers komen enkele malen per decennium voor).*

Ook te vermelden is het getijverschil tussen het voorafgaandelijke laagwater en het stormpeil te Antwerpen-Loodsgebouw. Dat voorafgaandelijke laagwater kwam goed overeen met het astronomisch voorspelde, en kwam op TAW -0,32 m. Het getijverschil naar het stormpeil van 's namiddags nl. TAW +6,65 m bedroeg dus 6,97 meter dus bijna zeven meter !

De navolgende figuur geeft enerzijds het tijverloop van 28 februari 2010 dus o.a. het storm-hoogwater, en anderzijds het ogenblikkelijk verschil in waterstand per minuut, dus hoeveel centimeter het tij per minuut steeg of daalde (donkerblauwe verticale streepjes, zie rechter y-as). Duidelijk is dat bij inzetten van de vloed, grote stijgingen van het waterpeil optreden (tot 5 cm/minuut) waarna rond halftij van vloed die stijging "slechts" matig is (tot 2 soms 3 cm/minuut), doch dat bij maximum-vloed die ogenblikkelijke stijging van het tij sterk vergroot tot vele malen 5, maar ook 6 zelfs 7 cm/minuut. Gezien het een hoogwaterkop met "dubbel" hoogwaterpeil betreft, stijgt het waterpeil rond en om het moment van hoogwater minder per tijdseenheid.



*Figuur 21 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
tijverloop op 28 februari 2010 alsmede het ogenblikkelijk waterstandsverschil per minuut*

Tijdens daling van het getij verlopen de ogenblikkelijke waterstandsverschillen per minuut veel gelijkmatiger en in beduidend mindere grootte. Behoudens enkele uitzonderingen die dan maar de algemene regel bevestigen, variëren deze waterstandsdalingen per minuut tussen één en drie cm, soms iets meer dan vier cm. Ook hier moet bedacht worden dat de snelheid van dalen van het waterpeil tijdens eb vnl. functie is van het tijverschil, nl. hoogwaterstand minus navolgende laagwaterstand.

De dualiteit van wat het tijverschil is komt dus hier nog eens naar voor: enerzijds het tijverschil van een laagwater naar het navolgende hoogwater (*en wat meestal 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 anders 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 de enige stormvloed in 2010, met hoogwaterpeil TAW +6.65m, maar van matig allooi. In deze (weliswaar prille) eeuw trad het Scheldewater ook slechts twee maal, en dan nog slechts amper, boven de zgde "blauwe steen" van de Scheldekade te Antwerpen, nl. in 2004 op (+7.05m) en in 2007 op (+7.06m).

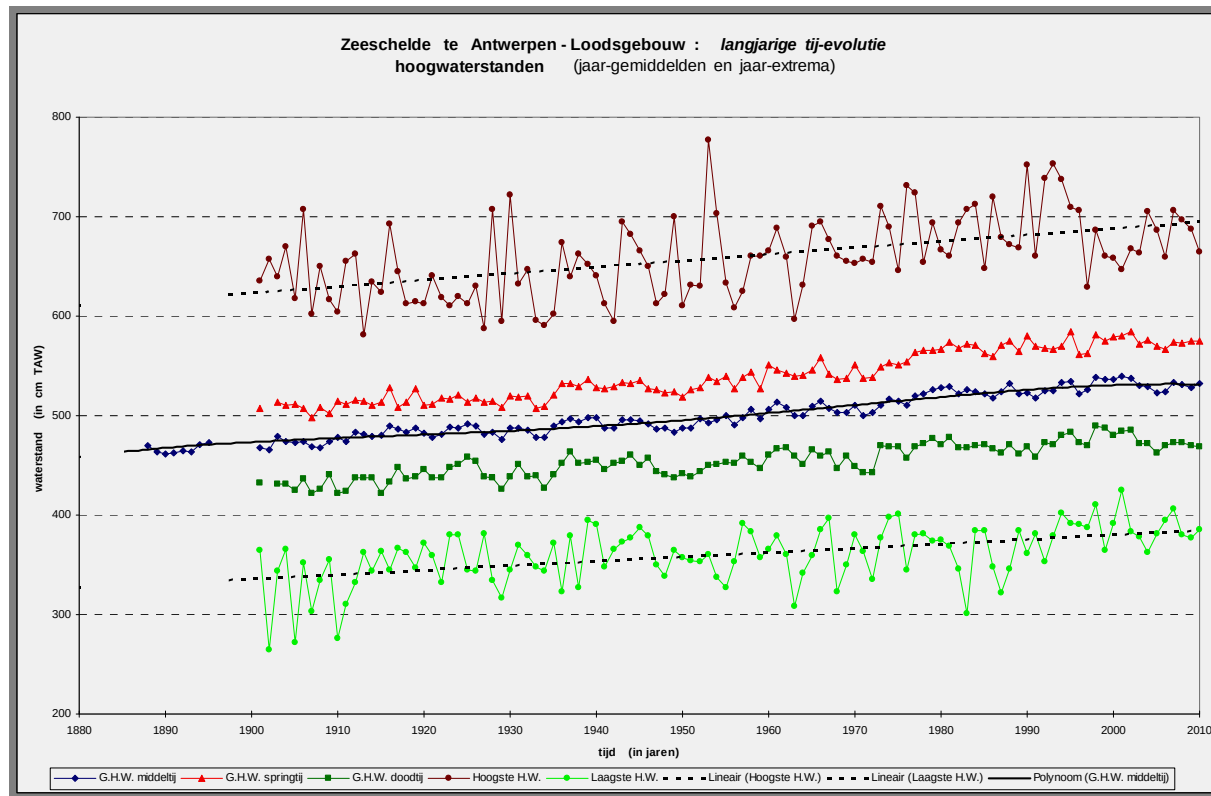
In de jaren '90 was dat veel meer het geval. De navolgende tabel geeft het overzicht van alle hoogwaterstanden te Antwerpen-Loodsgebouw sinds 1971 hoger dan T.A.W. (+6.50m) en dat verdeeld in klassen van 10 cm. Het peil TAW +6,50 is genomen om ook de bijna-gewone-stormvloeden te tonen; het (gewone) stormpeil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

De tabel toont een duidelijke en 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 bvb. verschillende jaren zelfs zonder enige stormvloed, en met slechts twee ("buitengewone") stormvloeden net boven de zgde "blauwe steen" (2004 en 2007).

[illegible]

Ook in figuur 22, met buiten de jaargemiddelden van middeltij, springtij en doortij sinds 1888 (of 1900), en die op uitgerokkener hoogteschaal reeds eerder zijn getoond, ook de jaarlijks hoogste en jaarlijks laagste hoogwaterstanden, blijkt 2010 een "zeer rustig tij-jaar" te zijn geweest, zoals al verschillende jaren voordien.



Figuur 22 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden

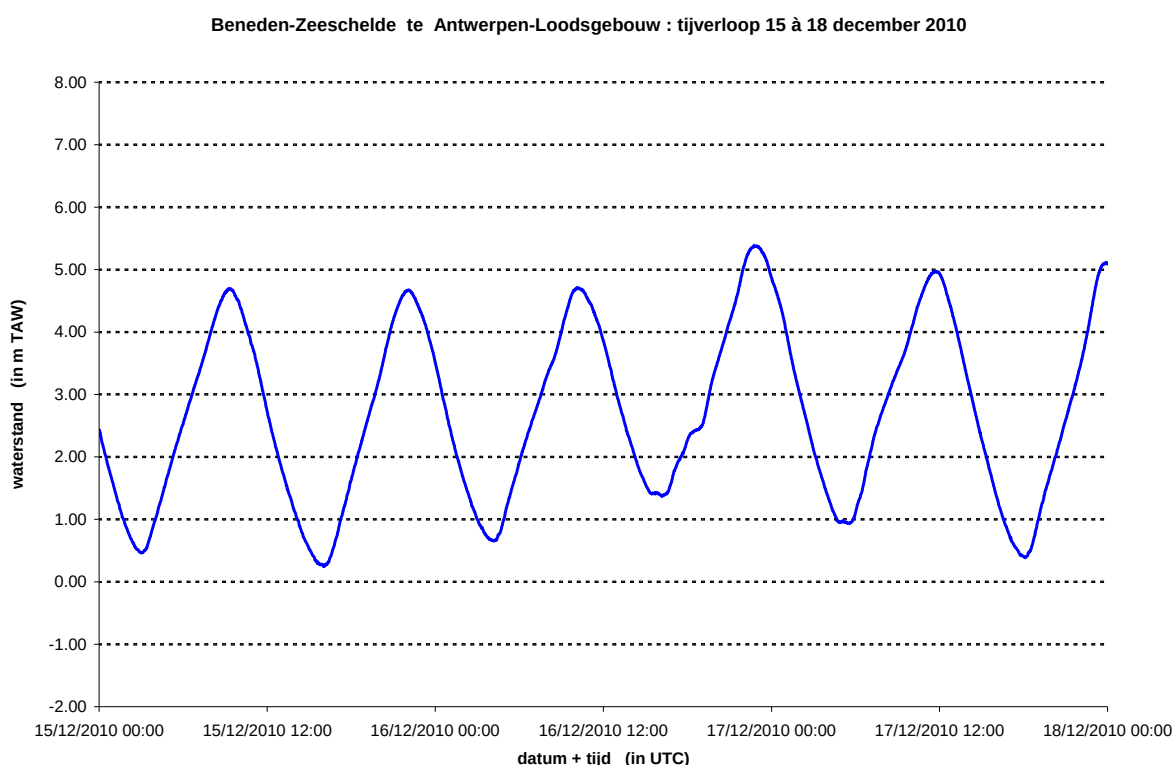
De hoogste hoogwaterstand ooit is deze op 1 februari 1953 a.m., met een hoogwaterpeil op T.A.W. +7,77 meter. Noteer ook dat er enkele jaren waren waarbij de hoogwaters niet of slechts matig boven het peil T.A.W. +6,00 m kwamen. Ter fysische vergelijking van dergelijke hoogwaterstanden: de zogenaamde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

Ook al blijft het stormhoogwater beneden dat laatste peil, dan nog kan bij stormtij Scheldewater 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.

1.4.4 opgetreden speciale tijen in 2010

Als het jaar 2010 te Antwerpen-Loodsgebouw slechts met één enkel tij gekarakteriseerd was als stormtij, en er ook geen zéér lage laagwaterstanden optraden (het L.L.W. te Antwerpen-Loodsgebouw in 2010 was T.A.W. -0,85 m), handelt het enige toch ietwat "bijzondere" tij in de Beneden-Zeeschelde in 2010 enkel om dat van 16 december 2010 p.m., met een plotse en korte verhoging van de laagwatergolf waarna tijdens vloed het normale tijverloop werd hervat.

De navolgende figuur geeft het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw op 15, 16 en 17 december 2010.

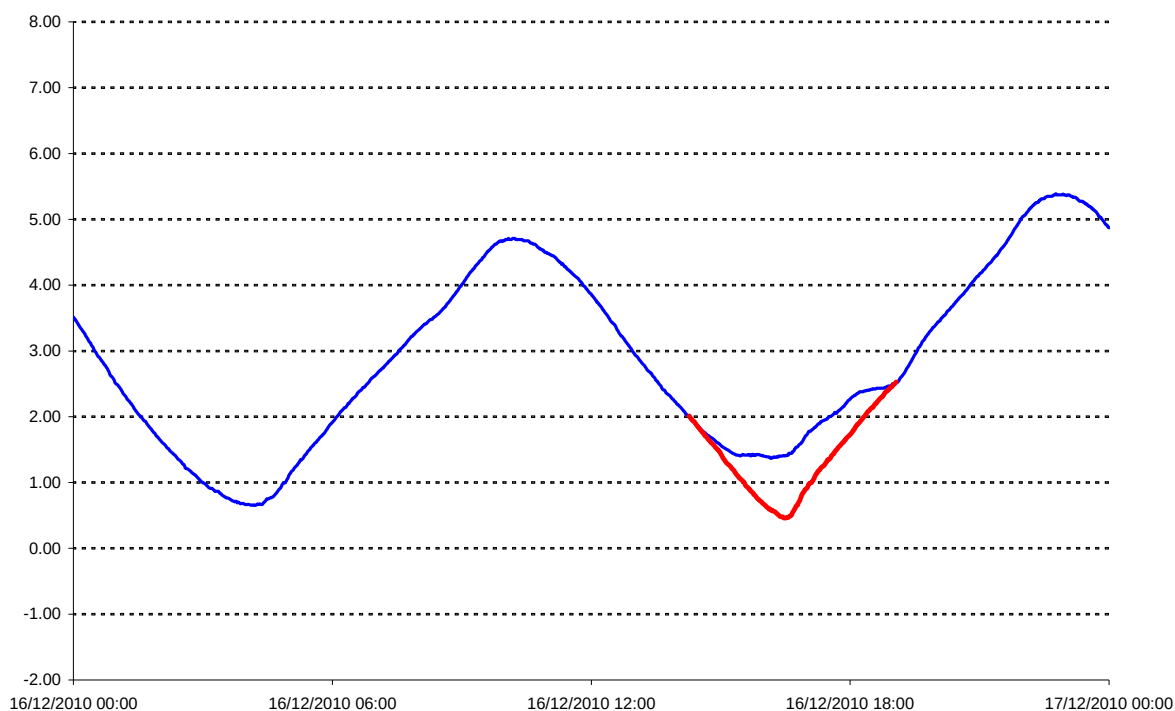


*Figuur 23 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
tijverloop op 15 + 16 + 17 december 2010 met een tijdelijk verhoogd laagwater
en vooral een relatief lange tijd op eenzelfde waterstand blijven voor halftij van vloed*

In een periode van rustige doottijen, ging het laagwater van 16 december 's namiddags plots en kort naar een hoger peil dan astronomisch verwacht. Op zich is dat niet zo abnormaal, ware het niet dat de stijging van het navolgende getij gedurende een uur een inhaalbeweging kende waarbij het hogere laagwaterpeil en dus een vanaf hogere stand inzetten van de vloed, op een uur tijd werd "rechtgezet", alhoewel dit woord misschien wat raar klinkt. Beter zou klinken "waarbij de vloed gedurende een uur op ongeveer hetzelfde waterpeil bleef staan", en dat is uitzonderlijk (gebeurt slechts een paar maal per decennium).

Wat met dit tijverloop wil aangetoond worden, gaat om een beeld dat velen niet gewoon zijn. Men is wél gewoon aan een tijdens vloed flink verhogen van de waterstand naar een flink springtij, een bijna-stormtij, of een stormtij, maar men is minder vertrouwd met het tijdelijk flink verhogen van een laagwatergolf, zonder dat daarna ook een flink verhoogd hoogwater volgt. Of anders gezegd: men is gewoon aan bvb. gedurende lange tijd (dagen) flinke stormwinden die aanleiding geven tot storm-achtig getij, maar niet aan kortstondige verhogingen van laagwaters.

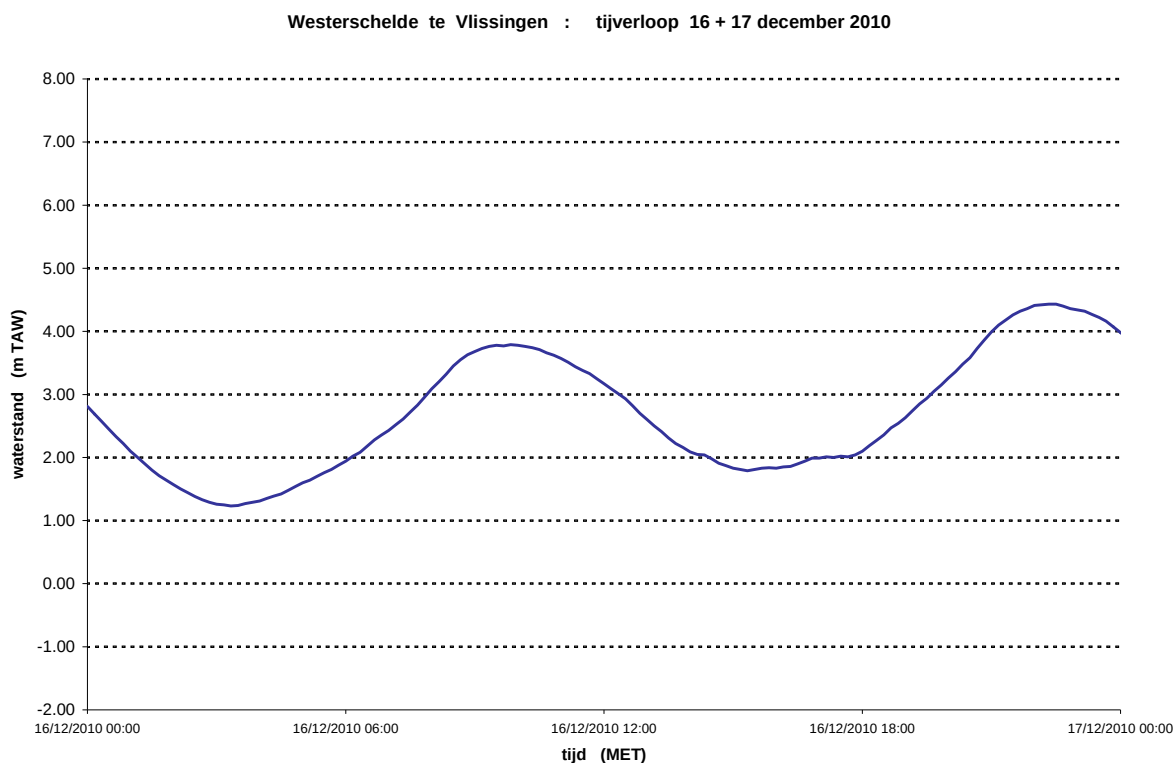
Het navolgend beeld geeft het tijverloop op enkel de betrokken dag, nl. 16 december 2010.



*Figuur 24 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
opgetreden tijverloop op 16 december 2010 (blauwe lijn)
en als "normaal" te verwachten tijverloop zonder windeffect (rode lijn)*

De "rariteit" van dergelijk tijverloop kan nog beter worden geschetst door het "normale", min of meer "astronomische" getij te tekenen, nl. rond en om het laagwater tijdens de namiddag. Dan blijkt duidelijk het verhogen van de laagwatergolf, en het terug op "normaal" verloop komen van de vloedgolf doordat het waterpeil een uur ongeveer even hoog bleef, wat uitzonderlijk is. Bovenstaande figuur geeft dergelijk beeld: in blauwe lijn is het opgetreden tijverloop van 16 december 2010, en in rode kleur is een "normaal" tijverloop rond en om een "normaal" laagwaterpeil getekend. Hieruit is nog beter te zien hoe de waterstand na het laagwater een flinke stijging kende, doch over een uur op eenzelfde waterstand bleef hangen, om daarna terug een "normaal" tijverloop te krijgen.

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 lagedrukkern wat op zich al -los van wind- in een waterstandsverandering resulteert. Veelal, en zeker zo het om een behoorlijke hoogte-impact gaat, gaat het om windvelden op zee of nabij de kust. Dat kan overigens getoetst worden aan het tijverloop bvb. te Vlissingen, zie navolgende figuur.

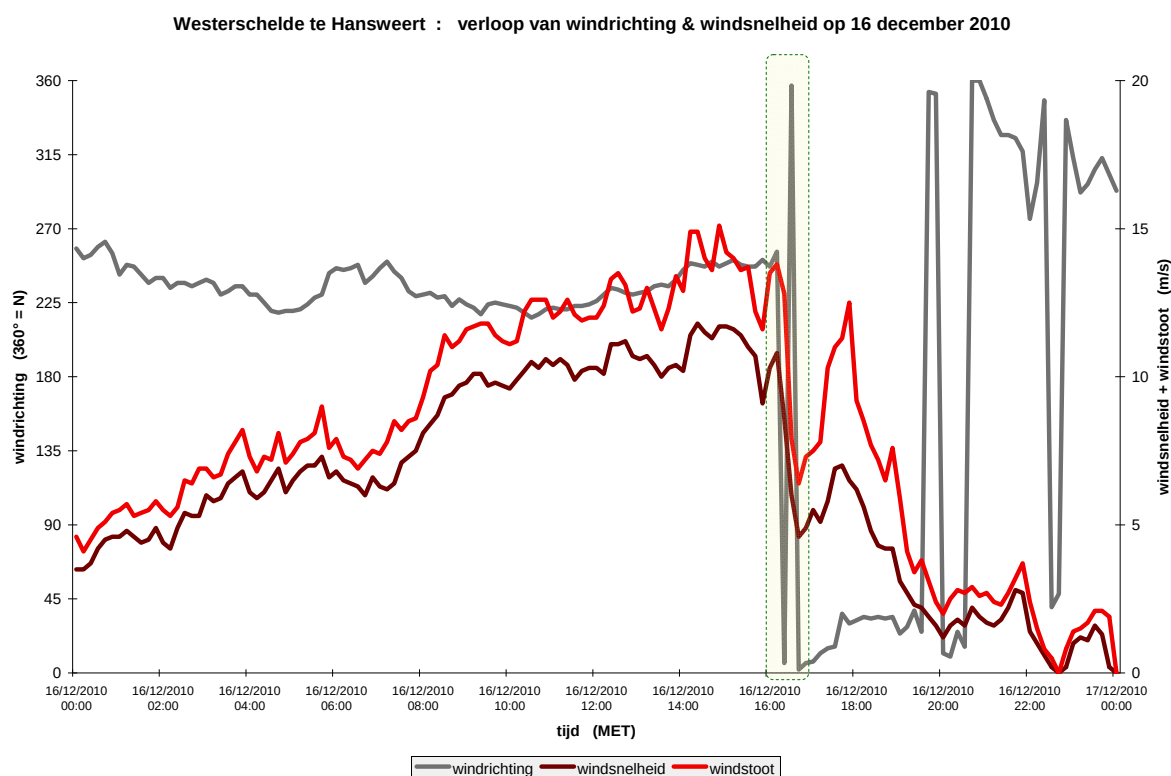


*Figuur 25 - Westerschelde te Vlissingen:
opgetreden tijverloop op 16 december 2010 (donkerblauwe lijn)*

Het fenomeen doet zich dus ook al te Vlissingen voor, al weze het beperkter: het hoogteverschil van het verhoogde laagwater met de navolgende periode van ongeveer een uur lang dezelfde waterstand, is hier slechts een twintigtal centimeter, daar waar het te Antwerpen-Loodsgebouw ging om bijna één meter. Op zich is het inderdaad zo dat dergelijke fenomenen zich aan de monding normaliter minder uiten dan bvb. in het oosten van de Westerschelde of in de Beneden-Zeeschelde; maar het verschil in grootte is in huidig geval te groot om louter van een getijversterkende factor door de geometrie (trechtervorming) van Westerschelde en Beneden-Zeeschelde te zijn veroorzaakt. Er speelt hier dus ook een bijkomend (sterk) effect van wind en lagedrukkern.

Volgende figuur geeft het windveld op betrokken dag voor de Westerschelde te Hansweert, wat in deze een representatieve locatie is. In de voormiddag is de wind west à zuidwest, met een gestaag toenemende windkracht. Plots wisselt de windrichting zeer snel, tezamen met een optredende windval. De wind draait van zuidwest snel over west naar noord en iets later naar bijna noordoost. 's Avonds varieert de wind opnieuw enkele keren over noord doch alsdan bij zeer kleine windsnelheden hetgeen op het tij geen invloed meer heeft gehad.

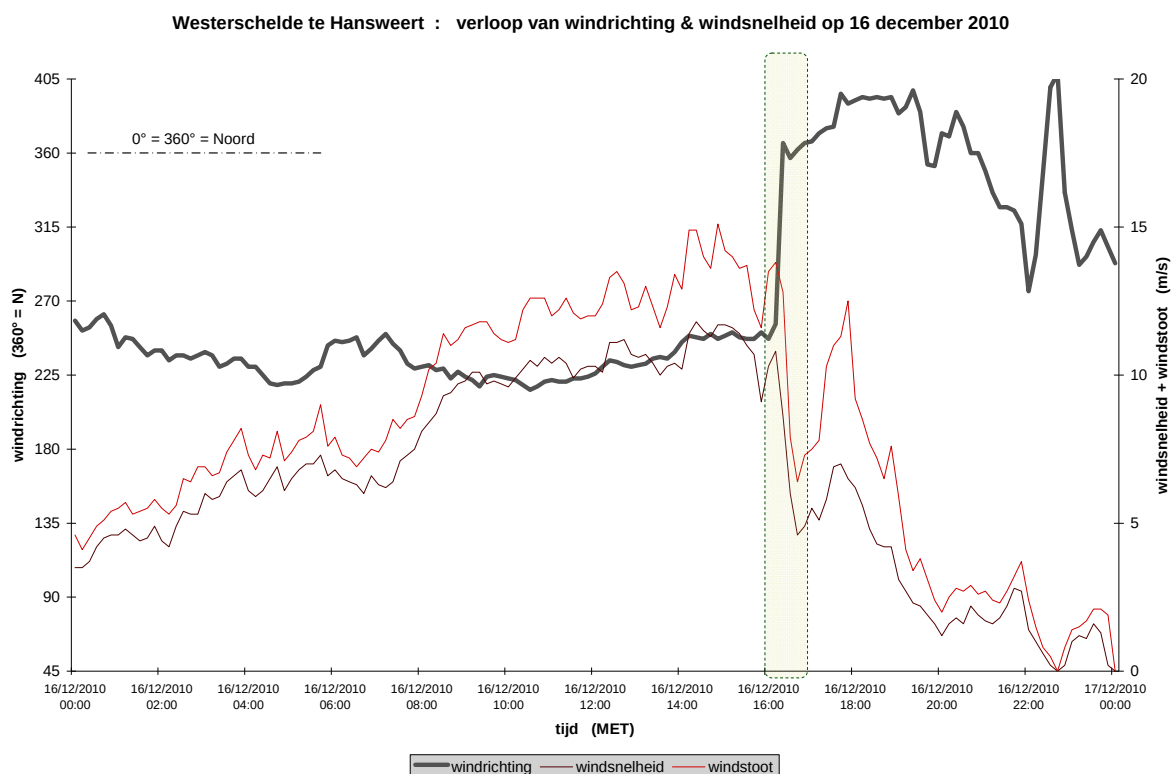
De korte periode dat er wél en een grote invloed op het tij is opgetreden, is in navolgende figuur door een stippellijn omzoomd.



*Figuur 26 - Westerschelde te Hansweert:
windverloop van 16 december 2010 (tien-minuut-gegevens) (bron: RWS -HMCZ)*

Het verloop van de windrichting is in die figuur ietwat vertroebelt doordat de richting enkele malen over Noord is gegaan, zowel ruimend als krimpand. Daarom geeft de navolgende figuur hetzelfde verloop doch met de y-as van de windrichting niet gaande van 0 à 360° doch van 45 à 405° en met de windrichtingen iets oostelijk van Noord niet aangeduid als zijnde 0 à bvb. 30° doch van 360° à 390° (dus doorgecijferd zonder terug vanaf nul graden te herbeginnen).

Aldus wordt het verloop van de windrichting op zijn duidelijkst getoond, en zoals op vorige bladzijde al aangegeven: *daar waar in de voormiddag de wind west à zuidwest blijft, met een gestaag toenemende windkracht, wisselt de windrichting in de namiddag zeer snel, samen met een fiks optredende windval. De wind draait van zuidwest snel over west naar noord en iets later naar bijna noordoost. De windsnelheid neemt daarbij sterk af. 's Avonds varieert de wind opnieuw enkele keren over noord doch bij zeer kleine windsnelheden wat op het tij geen invloed meer heeft gehad.*



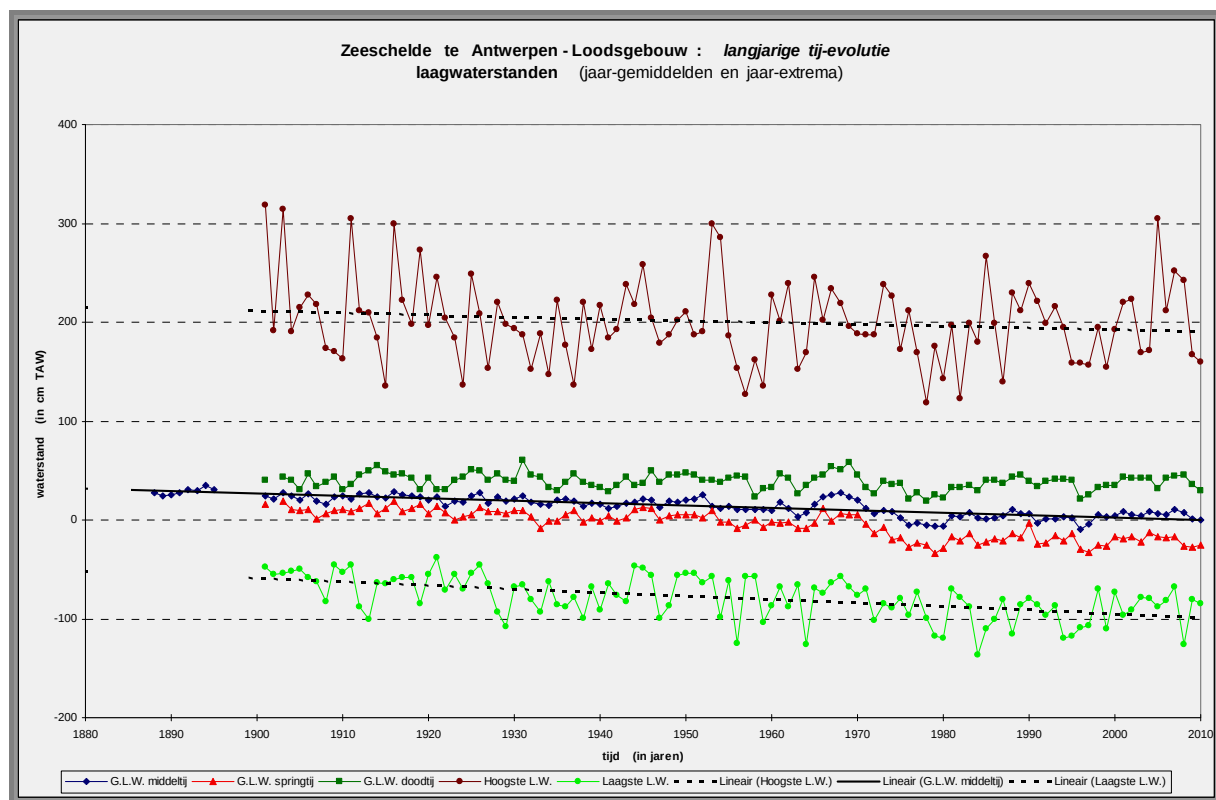
*Figuur 27 - Westerschelde te Hansweert:
 windverloop van 16 december 2010 (tien-minuut-gegevens) (bron: RWS -HMCZ)
 en nu met doorcijfering van noordoostelijke winden vanaf 360° ipv 0°
 en de linker-y-as (van windrichting) met 45° verschoven
 (het verloop van windsnelheid en windstoot is in fijnere lijn uitgetekend geworden)*

Een dergelijk tijverloop rolt verder in het Zeescheldebekken. Dus ook op opwaarts gelegen locaties zal het fenomeen optreden, doch stilaan afgezwakt, door zowel het stilaan verhogen van de laagwaterstanden waardoor het (laagwater-)fenomeen zich niet meer 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. Beide verhogingen kunnen bij wasregimes dagenlang aanhouden.

Nu hier toch over 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 doottij, evenals van de hoogste en van de laagste laagwaters per jaar, dat alles tot en met 2010.

Wat ook uit die figuur opvalt, is dat de trendmatige daling van de jaarlijks laagste laagwaters, sterker is (= dalender is) dan bij de middeltijden, doch bevestigd wordt door de trendmatige daling van de laagwaterstanden bij springtij. 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 *hoogwaters*) nog een volgend plan zou komen met name ter bescherming tegen *laagwaters* ...



Figuur 28 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden

1.5 Getijwaarnemingen 2010 op overige tijmeetposten

1.5.1 globaal overzicht getijwaarnemingen 2010

Dit rapport gaf al veel over het tijverloop 2010 te Antwerpen-Loodsgebouw. Op zich is dat verantwoord, gezien primo deze locatie dé basis-meetpost van het Zeescheldebekken vormt, en de meesten kennis van vooral het tij aan deze tijpost hebben doch minder aan andere tijposten, en secundo omdat de trends en de bijzondere tijen te Antwerpen-Loodsgebouw, zich gelijkaardig voordoen op de meeste andere meetposten. Uiteraard is er daarbij verschil in tijdstip van hoog- en laagwater, en is er verschil in waterstanden, doch kennis van het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw levert heel 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 gebied, wat daarom uitgebreider worden belicht.

De tabellen 12 en 13 geven de hoofdkenmerkende tijwaarden 2010 voor goedgekozen meetlocaties in het Zeescheldebekken, en die ten nutte van Moneos zijn. Prosperpolder is de meest afwaartse meetpost van het Zeescheldebekken. Liefkenshoek en Kallosluis sluiten 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 Scheldebreek, 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 opwaartse 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 Lier-Molbrug voor het Netebekken. Deze laatste meetpost wordt hier gerekend tot de Beneden-Nete, al kan gediscussieerd worden dat Lier-Molbrug (en zeker in de betekenis van de eermalige stuw "de Mol" aan deze meetlocatie) 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 ook door als de afwaartse grens van diezelfde Beneden-Nete.

		Prosperpolder	Liefkenshoek	Kallosluis	Antwerpen- Loodsgebouw	Schelle	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren	Melle
middeltij	GHW	5.10	5.25	5.31	5.32	5.47	5.58	5.58	5.30	5.12	5.00	5.06
	GLW	0.02	0.06	0.00	0.00	0.05	0.14	0.38	1.08	1.74	2.20	2.34
	GTV	5.08	5.19	5.31	5.32	5.42	5.44	5.20	4.22	3.38	2.80	2.72
springtij	GHW	5.50	5.69	5.78	5.75	5.86	5.96	5.97	5.62	5.39	5.24	5.26
	GLW	-0.27	-0.19	-0.26	-0.25	-0.16	-0.03	0.27	1.07	1.79	2.29	2.41
	GTV	5.77	5.88	6.04	6.00	6.02	5.99	5.70	4.55	3.60	2.95	2.85
doodtij	GHW	4.46	4.60	4.65	4.69	4.88	4.97	4.98	4.81	4.70	4.68	4.76
	GLW	0.30	0.35	0.30	0.30	0.31	0.33	0.50	1.04	1.60	2.02	2.13
	GTV	4.16	4.25	4.35	4.39	4.57	4.64	4.48	3.77	3.10	2.66	2.63
uiterste waarden	HHW	6.34	6.53	6.62	6.65	6.81	6.86	6.82	6.66	6.52	6.59	6.80
	LHW	2.79	3.76	3.78	3.85	4.03	4.11	4.13	4.08	4.07	4.15	4.23
	HLW	1.56	1.66	1.60	1.60	1.56	1.63	1.73	2.86	3.93	5.29	6.12
	LLW	-0.77	-0.75	-0.86	-0.85	-0.67	-0.46	-0.18	0.55	1.10	1.49	1.40

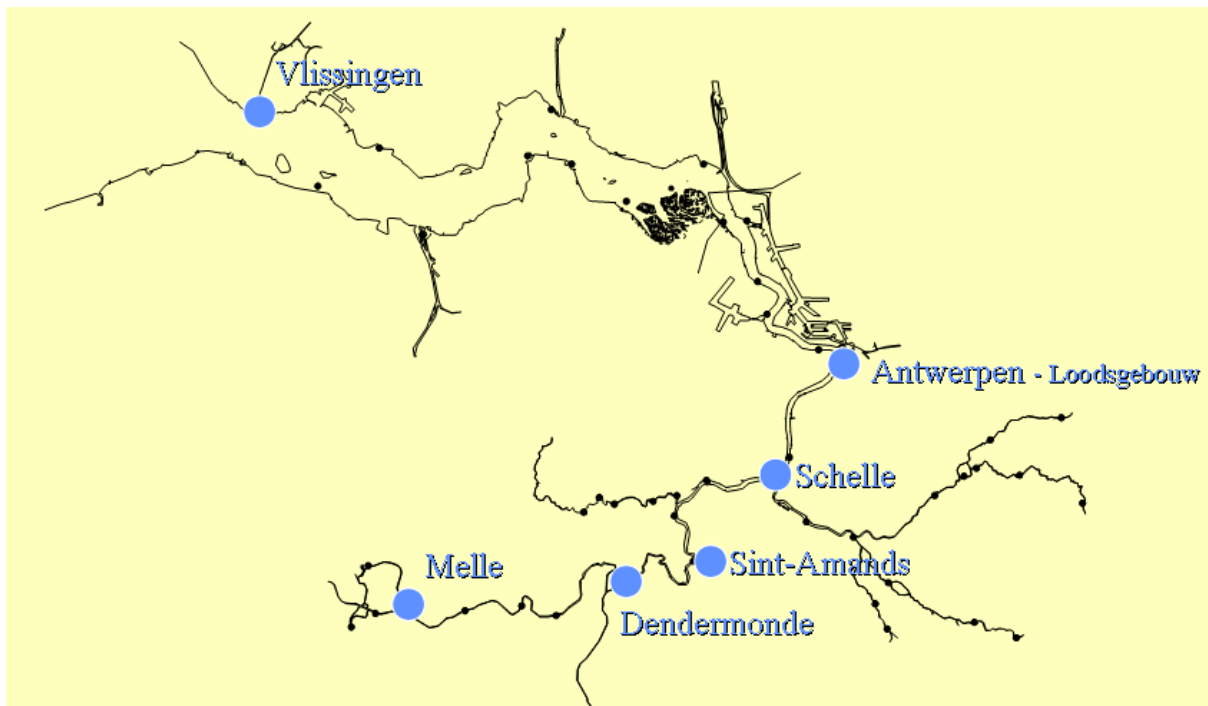
Tabel 12 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden 2010

Door het verhogen van laag- én hoogwaterstanden op de meest opwaartse locaties bij (langdurige en flinke) periode van grote bovendeelten, kan het voorkomen dat de laagwaters dan gedurende enkele tijen hoger uitkomen dan de jaargemiddelde hoogwaterstanden ! In bovenstaande tabel is zulks te merken bij Wetteren en Melle, waar door het zeer grote wasregime van november 2010, het hoogste **laag**water (TAW +5.29 resp. +6.12 m) **hoger** kwam dan het jaargemiddelde van alle 705 **hoog**waters samen, nl. TAW +5.00 resp. +5.06 m. De invloed bij langdurig en flink wasregime is in de opwaartse gebieden van het Zeescheldebekken, inderdaad zeer groot: een flinke verhoging van -uiteraard- laagwaterstanden maar ook -doch in mindere mate- hoogwaterstanden, en een enorme verkleining van het tijverschil.

		Boom	Walem	Lier-Molbrug
middeltij	GHW	5.53	5.56	5.37
	GLW	0.16	0.40	2.60
	GTV	5.37	5.16	2.77
springtij	GHW	5.92	5.93	5.67
	GLW	0.00	0.32	2.66
	GTV	5.92	5.61	3.01
doodtij	GHW	4.93	4.98	4.89
	GLW	0.34	0.48	2.46
	GTV	4.59	4.50	2.43
uiterste waarden	HHW	6.89	6.93	6.74
	LHW	4.07	4.14	4.19
	HLW	1.61	1.79	4.18
	LLW	-0.52	-0.18	1.83

*Tabel 13 - Rupel en Beneden-Nete:
 overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden 2010*

Doordat de Nete's weliswaar een grote bovenafvoer kenden in bvb. de wasperiode van half november 2010, doch niet in die mate zeer groot zoals op bvb. Zeeschelde en Zenne, bleven de hoogste laagwaterstanden in 2010 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.



Figuur 29 - Zeeschelde: algemeen liggingsplan met aanduiding van de beschouwde tijmeetposten

Bovenstaande figuur toont de ligging van de hierna in grafieken nader besproken tijmeetlocaties, als gehandeld wordt over de enige stormvloed die in 2010 in het Zeescheldebekken optrad, en over de zeer grote periode van wasregime (nl. medio november 2010).

1.5.2 getijwaarnemingen 2010 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 2010 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 en Lier-Molbrug, dus Rupel en Beneden-Nete.

Er werd hoger al voor de basis-post Antwerpen-Loodsgebouw gesteld dat het tijverloop in 2010 in wezen rustig was in het kader van deze in de voorbije decennia, zeker gelet op slechts één (en dan nog "nipte") stormvloed. Ook voor de hierna gegeven meetlocaties langs Zeeschelde, Rupel en Nete is dat het geval.

Er moet 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 ...) hoger dan de jaarwaarde over 2010 zijnde T.A.W. (+5.31 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 niet zomaar met tienjaarwaarden mogen vergeleken worden, en dat bij gebruik van (één-)jaarwaarden dit over vrij lange periodes moet beschouwd worden en trendmatig behandeld, zie bvb. figuren 22 en 28. 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 hoog- en laagwaterstanden beduidend verhogen terwijl dat op zich niet 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	2010	
Prosperpolder	4.92	5.03	5.12	5.10	7.76
Liefkenshoek	5.01	5.14	5.19	5.25	7.87
Kallosluis	5.14	5.19	5.26	5.31	7.89
Antwerpen- Loodsgebouw	5.15	5.24	5.29	5.32	7.77
Schelle	5.28	5.39	5.45	5.47	7.60
Temse	5.29	5.44	5.51	5.58	7.54
Sint-Amands	5.32	5.47	5.55	5.58	7.44
Dendermonde	5.05	5.20	5.28	5.30	7.12
Schoonaarde	4.80	5.01	5.07	5.12	6.89
Wetteren	4.56	4.81	4.89	5.00	6.95
Melle	4.56	4.83	4.93	5.06	7.04

Tabel 14 - Zeeschelde: gemiddeld hoogwater 2010 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.)

locaties	Gemiddeld Laagwater (GLW)				LLW ooit
	1971/1980	1981/1990	1991/2000	2010	
Prosperpolder	0.07	0.09	0.08	0.02	-1.29
Liefkenshoek	0.08	0.10	0.06	0.06	-1.31
Kallosluis	0.05	0.05	0.01	0.00	-1.35
Antwerpen-Loodsgebouw	0.01	0.05	0.00	0.00	-1.36
Schelle	0.04	0.06	0.03	0.05	-1.30
Temse	0.15	0.14	0.08	0.14	-1.08
Sint-Amands	0.54	0.48	0.44	0.38	-0.60
Dendermonde	1.31	1.24	1.14	1.08	0.04
Schoonaarde	2.03	1.93	1.85	1.74	0.79
Wetteren	2.49	2.42	2.35	2.20	1.23
Melle	2.68	2.69	2.55	2.34	1.30

Tabel 15 - Zeeschelde: gemiddeld laagwater 2010 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 bovenaan vorige bladzijde voor gemiddelde hoogwaters, geldt ook voor 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 stormvloed en aanleiding geven tot een verhoging van waterstanden gedurende (slechts) enkele dagen, maar dat wasregimes meer dan een week kunnen duren, en dat hun nasleep op het tijregime in het opwaartse deel van het tijbekken nog flink nagalmt. Op een jaargemiddelde waarde van hoog- of laagwater heeft dat dus in die opwaartse gebieden impact. Gezien 2010 is gekenmerkt door een zeer uitzonderlijk wasregime (medio november 2010), is het jaargemiddelde laagwater er door beïnvloed (= verhoogd) geworden.

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

	Gemiddeld Hoogwater (GHW)				HHW ooit
locaties	1971/1980	1981/1990	1991/2000	2010	
Boom	5.28	5.43	5.48	5.53	7.60
Walem	5.34	5.46	5.52	5.56	7.69
Lier-Molbrug	5.19	5.33	5.36	5.37	7.10

Tabel 16 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld hoogwater 2010 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	2010	
Boom	0.20	0.20	0.18	0.16	-0.96
Walem	0.52	0.56	0.45	0.40	-0.48
Lier-Molbrug	2.49	2.67	2.66	2.60	1.75

Tabel 17 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld laagwater 2010 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.)

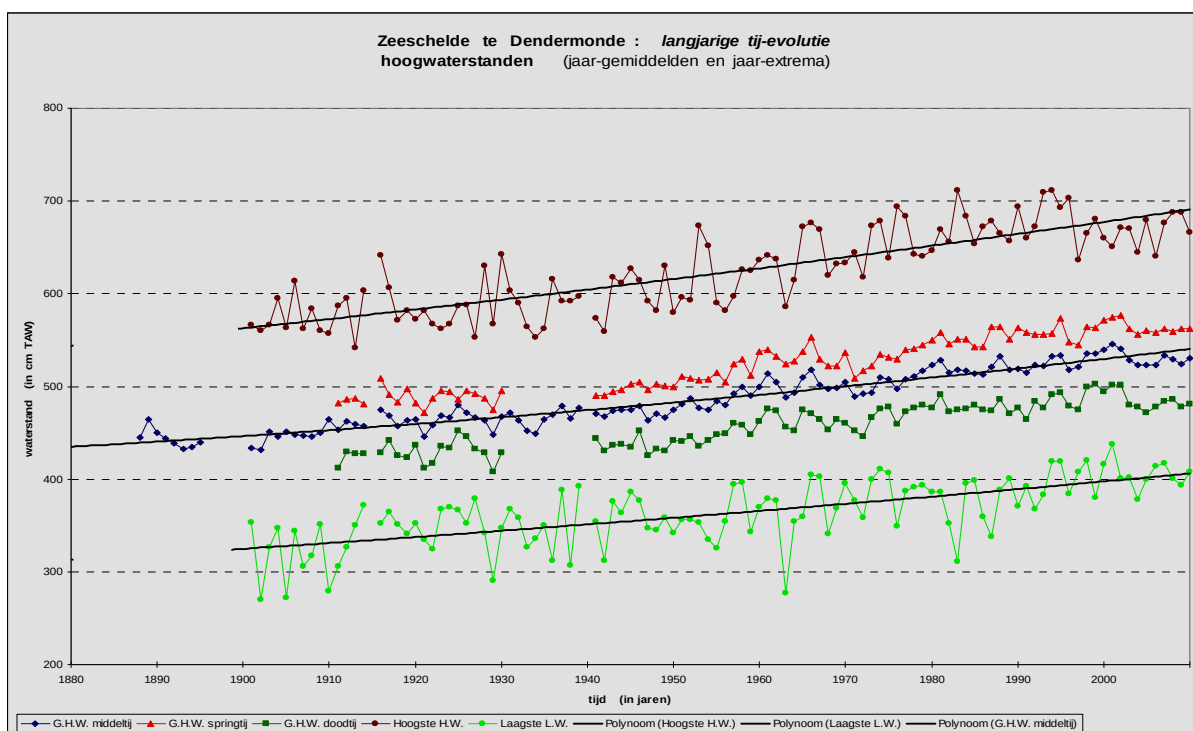
Algemeen besluit: om evoluties in hoog- en laagwaterstanden te omschrijven dienen in eerste plaats (één-)jaargemiddelde waarden over vrij langdurige perioden grafisch voorgesteld en trendmatig behandeld te worden. Dat maakt onderwerp uit van afzonderlijke rapporten, al zijn er voor de basis-meetpost 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 hoofdstad gegeven, nl. voor de Boven-Zeeschelde te Dendermonde. Daarna volgen nog figuren die over de periode 1971-2010, 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.

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.

De eerstvolgende figuur toont de jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Dendermonde, zowel bij middeltij (blauwe lijn) als bij springtij (rode lijn) en doottij (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 hoogwater zijn dienstige trendlijnen getrokken. Uiteraard zijn alle tijwaarden van eerdere vergelijkingsvlakken (K.D. en N.K.D.) naar de huidige T.A.W. omgezet.

De evolutie van het hoogwater te Dendermonde kan grosso modo 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 doottij 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 doottij 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 doottij;
- 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 eenzelfde trend.



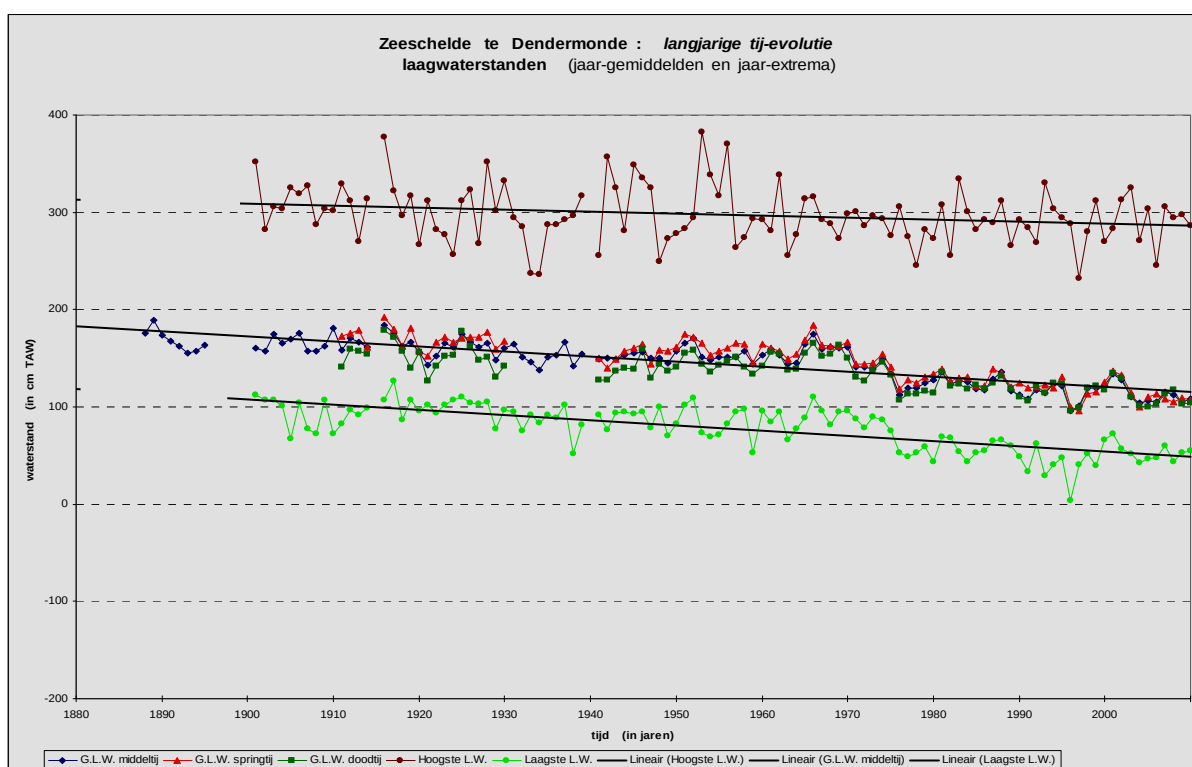
Figuur 30 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde :
evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij,
aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden

De navolgende figuur toont een analoge grafiek maar dan voor de evolutie van laagwater. De kleurcodes zijn deze zoals bij de evolutie van hoogwater.

Het valt meteen op dat de jaargemiddelde grafieklijnen van laagwater bij middeltij, springtij en doortij zeer dicht bij elkaar liggen. In tegenstelling tot het echt maritieme deel van de Zeeschelde, zijn vanaf Dendermonde naar opwaarts de gemiddelde laagwaters bij springtij hoger dan de gemiddelden van alle tijden, en de gemiddelde doortijden lager. Al moet meteen bijgezegd dat de verschillen tussen laagwater springtij en laagwater doortij 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 na 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 ongeveer evenwijdig aan deze van de jaargemiddelde laagwaters.

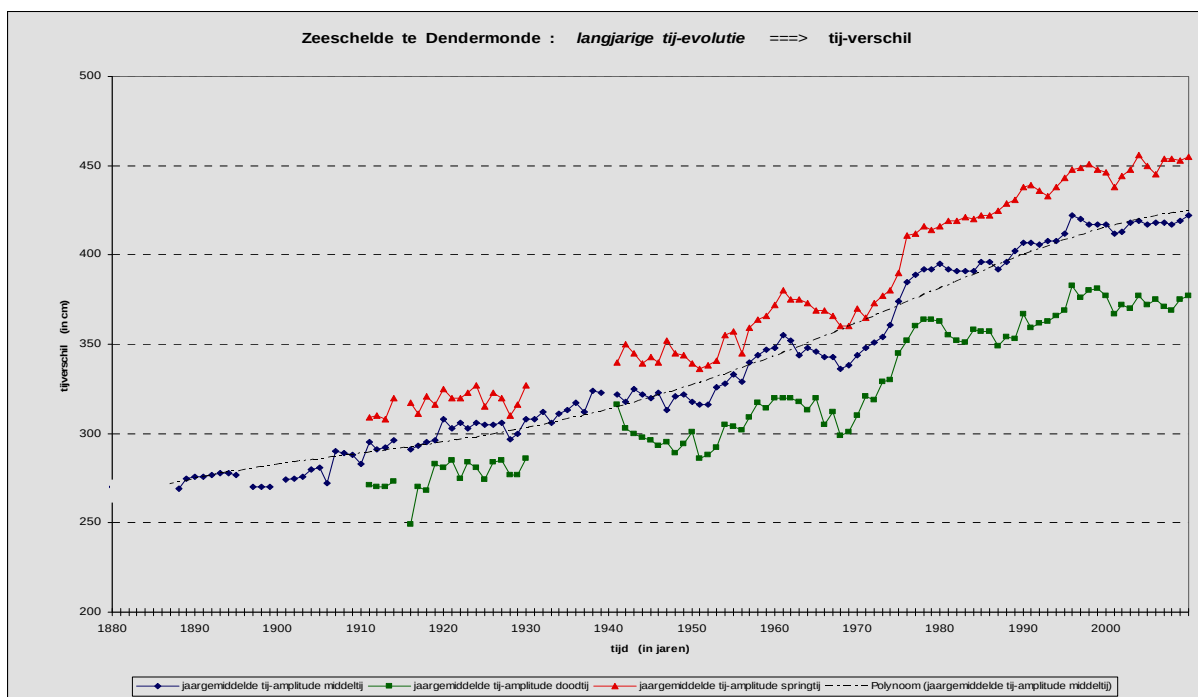


*Figuur 31 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde :
evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doortij,
aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden*

Uiteraard heeft dit alles zijn gevolg voor de evolutie van het tijverschil. De volgende figuur toont die evolutie bij jaarlijks gemiddeld middeltij (blauwe grafieklijn), springtij (rode lijn) en doottij (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 afvlakking van de trend.

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

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 32 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde :
evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld getijverschil bij middeltij, springtij en doottij*

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, het meer aan elkaar (én as-op-as doorgaand) aansluiten van de hoofdgeul als er vroeger niet-as-op-as tussen-"drempels" aanwezig waren, een afname van het areaal slikken en platen, het steiler zijn geworden van de hoofdgeul naar schorren en oevers toe, en het inpolderen van schorren. Op zich zijn er in de Zeeschelde in de voorbije honderdtwintig jaren geen zeer grote rivieraanpassingen in de zin van bochtrechttrekkingen incl. verleggen van dijken meer gebeurd, alhoewel lokaal van belang zijnde veranderingen duidelijk zijn 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, en wat ook invloed op de tijontwikkeling heeft.

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 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 springtij en doottij, en hun jaarlijkse extrema, op de grafieken te brengen. Maar de hierna-volgende figuren geven alleszins al een algemene evolutie weer die -uiteeraard- niet door dergelijke "verbreiding" van de grafieken zal kunnen tegengesproken worden.

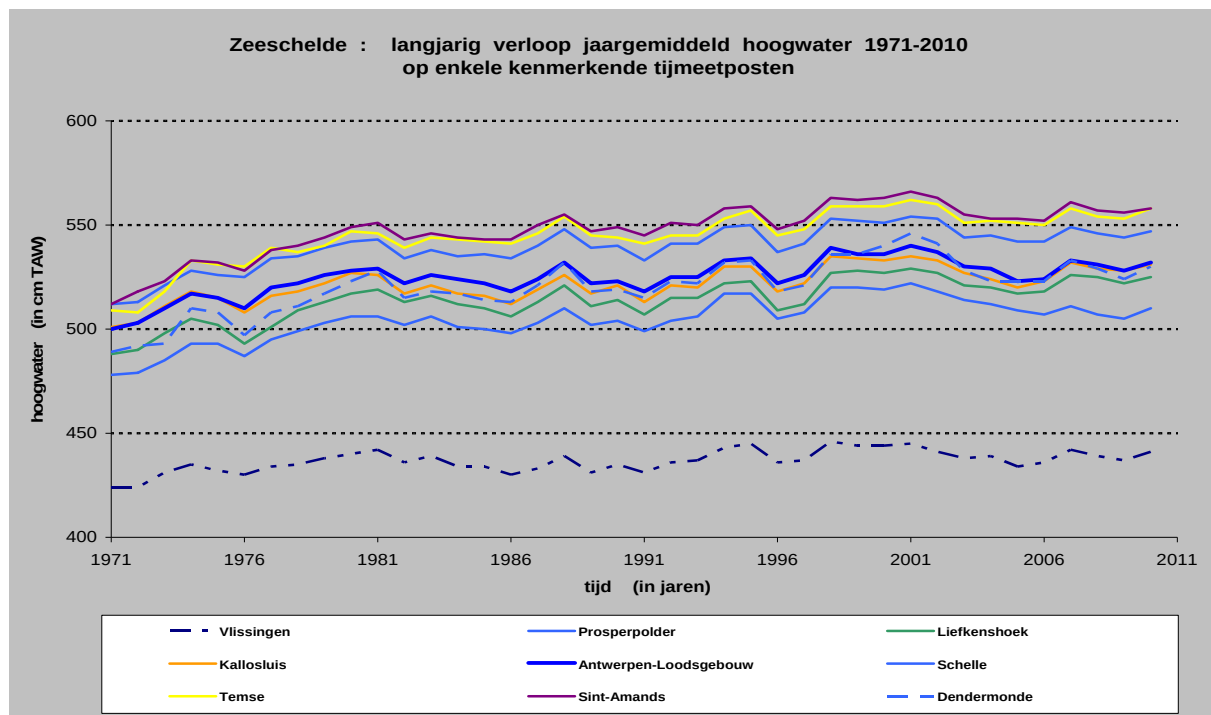
Telkens worden vier bij elkaar horende figuren getoond: op linkerpagina en in grijze achtergrond, de langjarige verlopen over 1971-2010 m.n. bovenaan kenmerkende tijmeetposten op de Zeeschelde t/m Dendermonde, en onderaan kenmerkende tijmeetposten te Schelle, Dendermonde, Schoonaarde, Melle, Walem en Lier-Molbrug. Op de rechterpagina worden van deze verlopen de verschillijnen 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.

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. Analooq is ook te Vlissingen in exact dezelfde periode van jaren 1970, een dergelijke sterke verhoging van hoogwaters te zien.

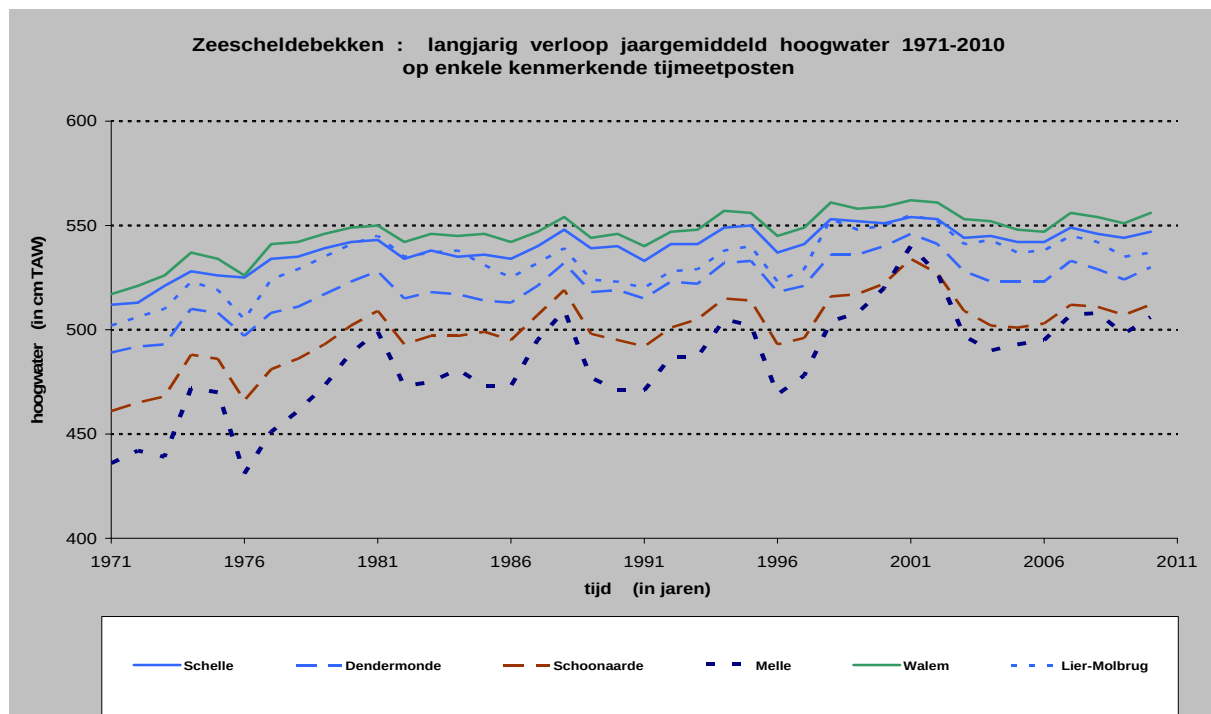
De toenames zijn in de Beneden-Zeeschelde wel groter dan te Vlissingen, maar dat is een gevolg van het typische langsverloop van afname van zowel breedte maar beter van natte sectie van de Westerschelde en de Zeeschelde van af- naar opwaarts, nl. in "trechtersvorm", afname dat op zijn sterkst is in de overgang Bath/Zandvliet.

De afzonderlijke verlopen van hoogwater zijn 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.

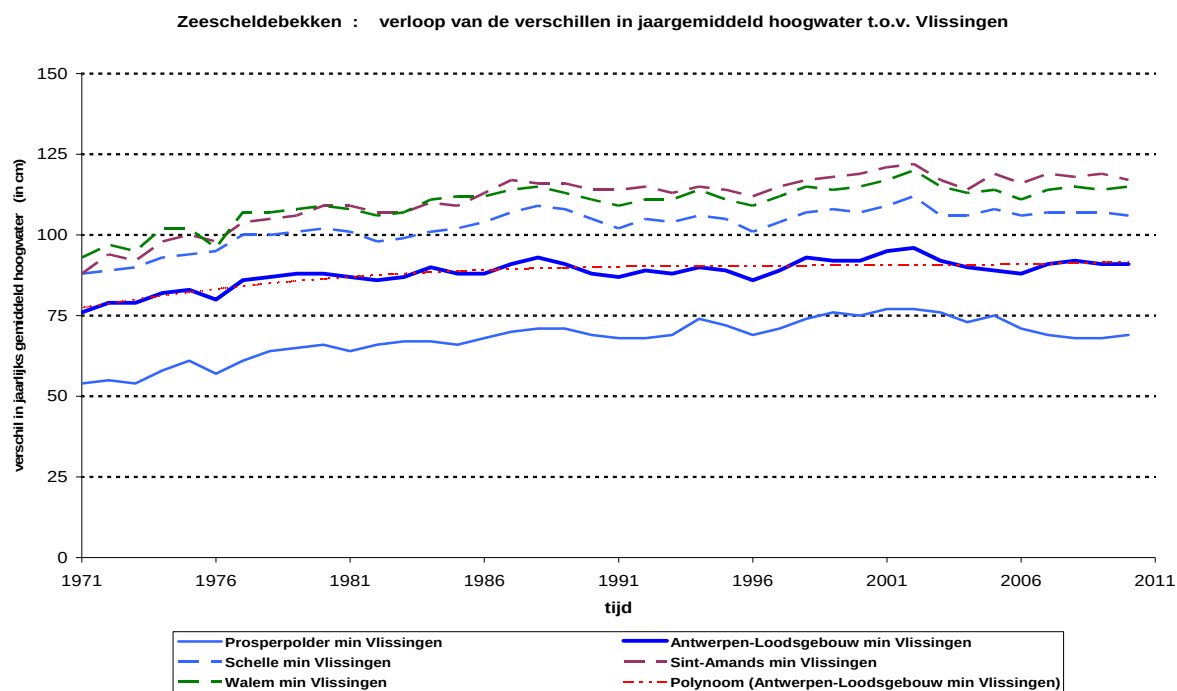
Wat van die congruente verlopen iets tot fel afwijkt, zijn de hoogwaterlijnen te Dendermonde en opwaarts, zeker te Melle, en ook te Lier-Molbrug. Hier speelt de grootte van de op zich flink variërende bovenafvoer een grote rol. Verder in dit rapport zal veelvuldig die invloed van het bovendebiet op het tijverloop getoond worden, bvb. bij het wasregime van half november 2010. 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 verhoogd, met een grotere schommeling in de meerjaarsverlopen dan afwaarts.



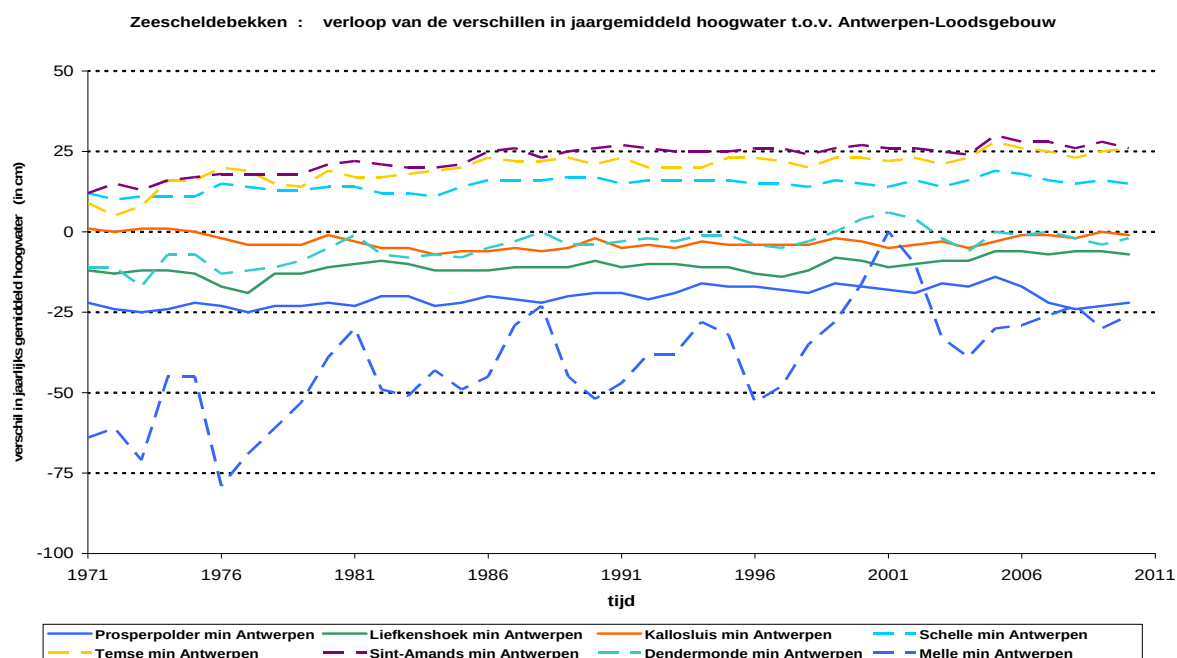
*Figuur 33 - Zeeschelde : langjarig verloop jaargemiddeld hoogwater 1971-2010
op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde)*



*Figuur 34 - Zeescheldebekken : langjarig verloop jaargemiddeld hoogwater 1971-2010
op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts)*



*Figuur 35 - Zeescheldebekken : langjarig verloop 1971-2010
 van de verschillen in jaargemiddeld hoogwater t.o.v. hoogwater te Vlissingen*



*Figuur 36 - Zeeschelde : langjarig verloop 1971-2010
 van de verschillen in jaargemiddeld hoogwater t.o.v. hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw*

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-Loodsgebouw, 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 hoogwaters 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 kan gelieerd zijn aan het verder naar opwaarts opschuiven van het maximum in de meetkundige plaats van hoogwaters in de Zeeschelde, nl. van Driegoten naar Sint-Amands. Verder onderzoek zal meer inzicht moeten verschaffen.

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 half november 2010. 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.

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.

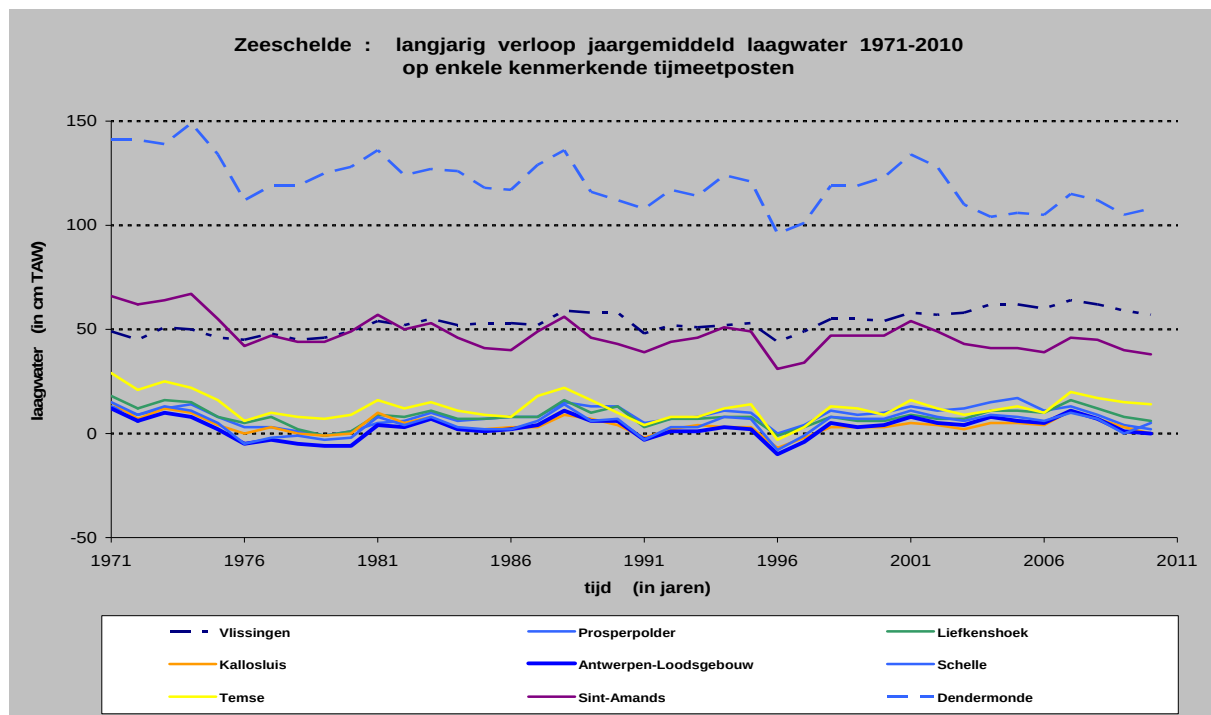
Bij de volgende reeks van vier figuren wordt dit nagegaan voor de **laagwaters**. Zoals in voorgaande bladzijden voor de hoogwaters, staan op linkerbladzijde de verlopen van de jaarlijkse gemiddelden (nu van de laagwaters) sinds 1971, zie grafieken met grijze achtergrond, bovenaan de meetlocaties in 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 meerjarige 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 modo 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.

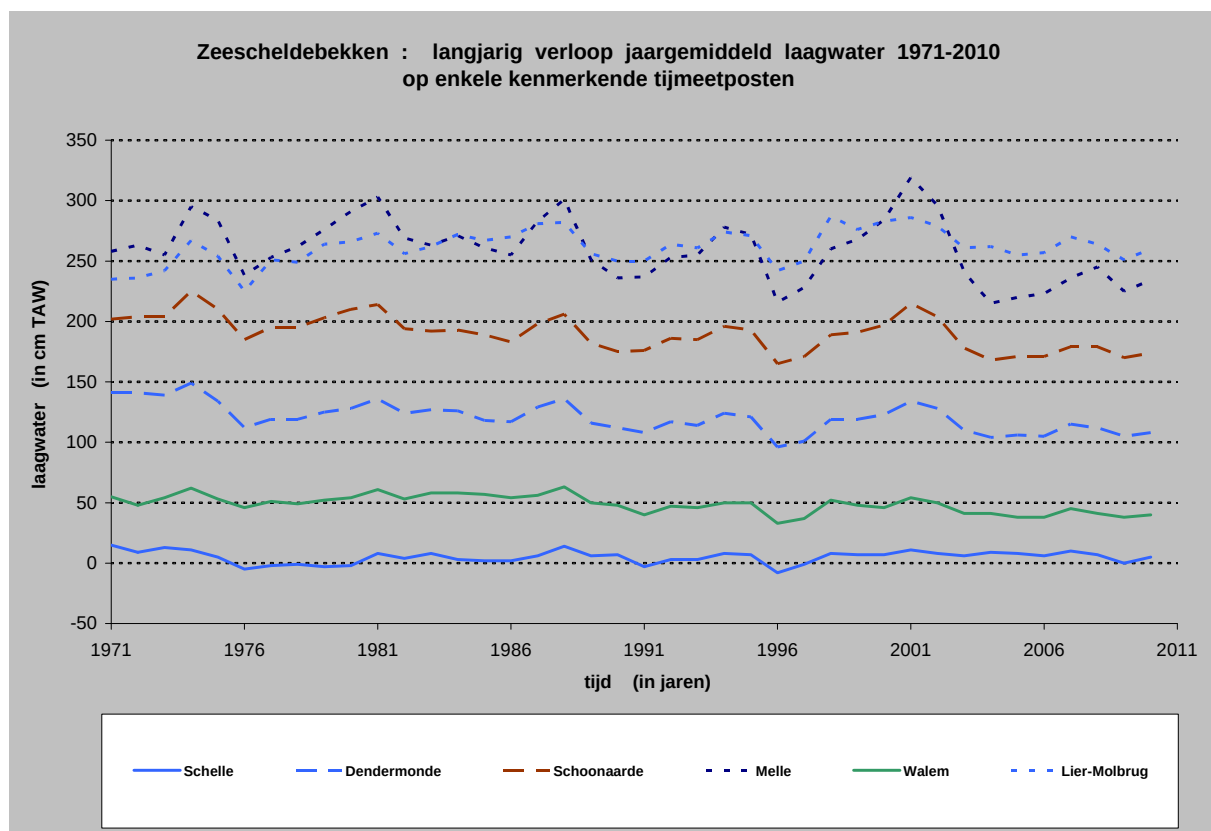
Ook nu is onderscheid te maken tussen de tijmeetposten afwaarts Sint-Amands en deze te Sint-Amands en opwaarts ervan. In dat laatste deel van het tijbekken dalen de laagwaters duidelijk, met bvb. te Sint-Amands bijna een dertigtal centimeter op veertig jaar, en zelfs meer te Melle. Uiteraard volgt het 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.

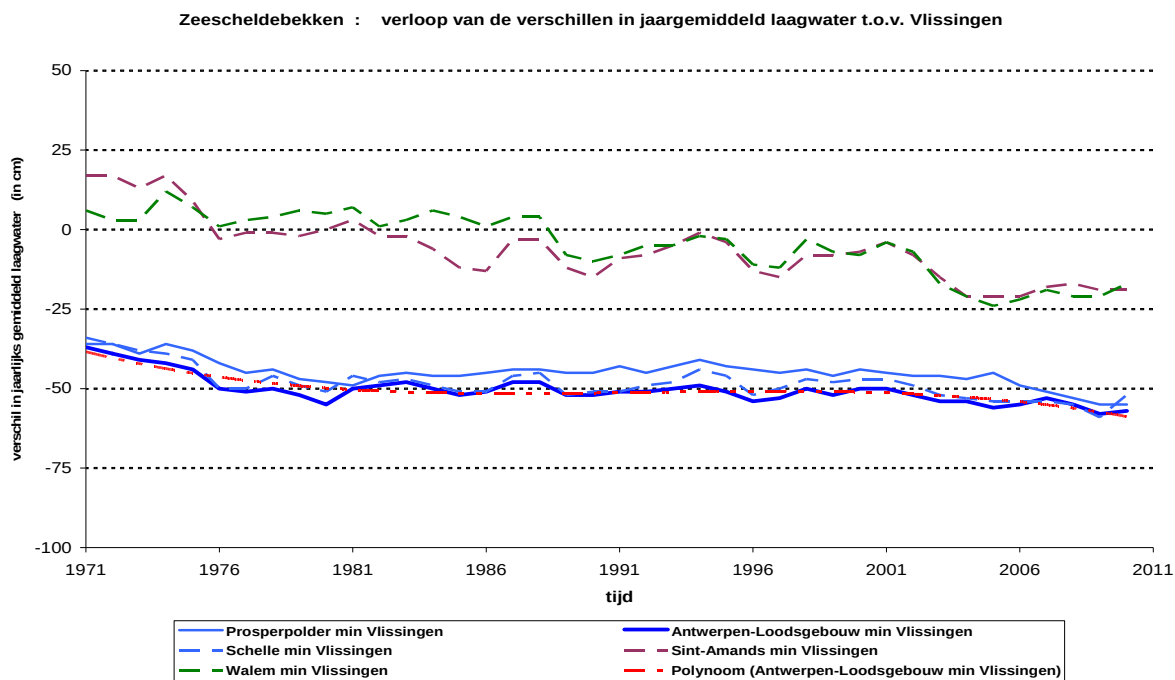
Dat de invloed van de bovendebieten op de laagwaters zich veel meer naar afwaarts uitstrekt dan de impact van de bovendebieten op de hoogwaters, is op zich vanzelfsprekend, gezien de invloed van de bovenafvoer zich grootser en veel langer in tijd voordoet bij laagwaters dan bij hoogwaters. Daarin speelt 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 langsas 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.



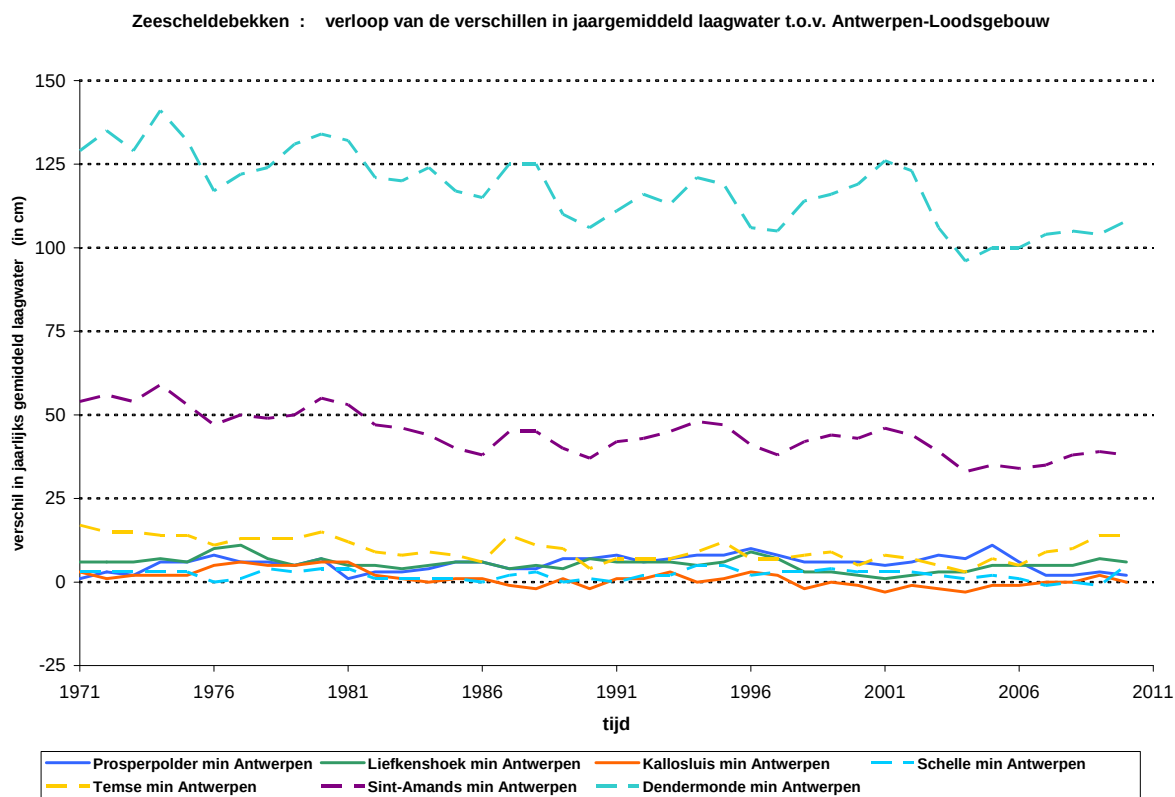
*Figuur 37 - Zeeschelde : langjarig verloop jaargemiddeld laagwater 1971-2010
op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde)*



*Figuur 38 - Zeescheldebekken : langjarig verloop jaargemiddeld laagwater 1971-2010
op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts)*



*Figuur 39 - Zeescheldebekken : langjarig verloop 1971-2010
 van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Vlissingen*



*Figuur 40 - Zeeschelde : langjarig verloop 1971-2010
 van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw*

De grafieken (met witte achtergrond) 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 39) 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. 45) 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 1971-2010 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 sinds kort 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 zelfs die schommelingen in laatste jaren kleiner zijn geworden.

Tenslotte kunnen na de grafieken over hoogwaters en over laagwaters, ook analoge over de tijverschillen getoond worden. Ook hier toont de linkerbladzijde (de grafieken met grijze achtergrond) 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.

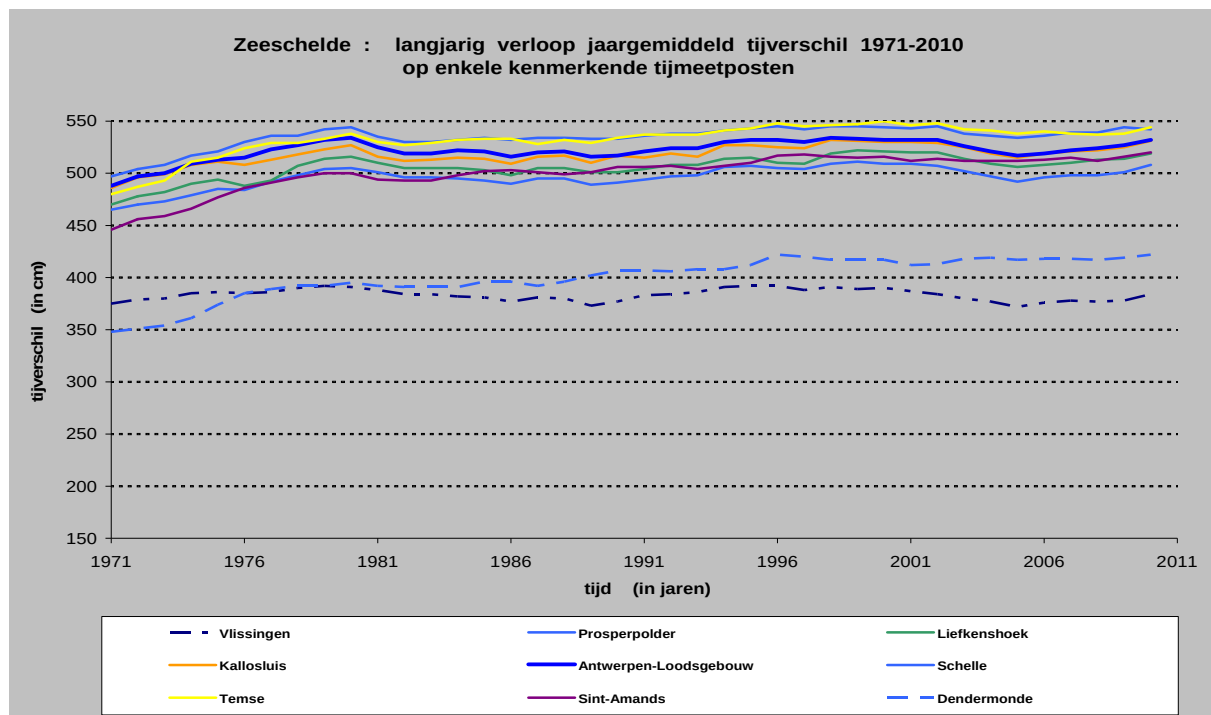
De toenames in tijverschil liggen voor de opeenvolgende meetlocaties nauw bij elkaar. De schommelingen jaar-na-jaar komen post-per-post zeer goed met elkaar overeen. Het volgt uiteraard uit de hoger al aangekaarte grote congruentie van de grafieklijnen van hoogwaters resp. laagwaters.

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 laagwaters 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.

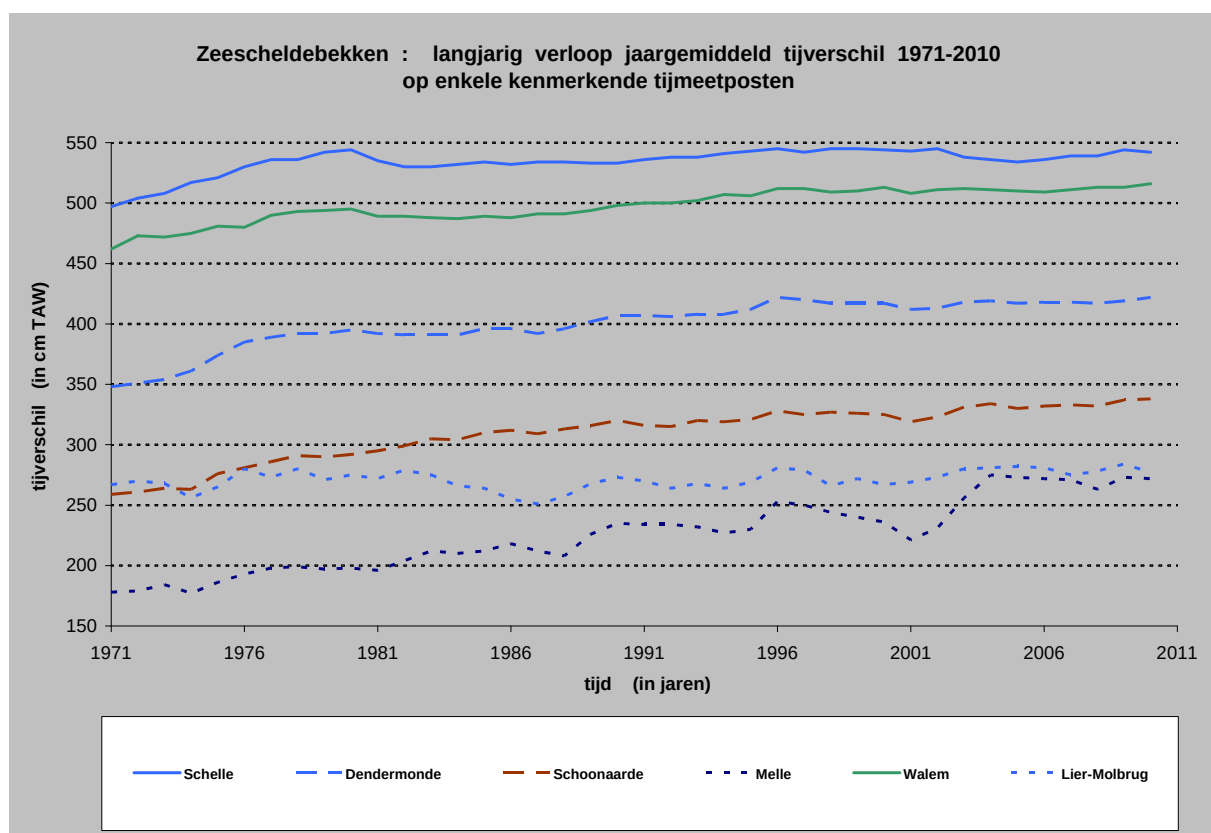
De grafieken op de rechterbladzijde tonen de verschillen in tijverschil van de meetlocaties t.o.v. het tijverschil te Vlissingen (bovenste grafiek) en te Antwerpen-Loodsgebouw (onderste grafiek).

T.o.v. het getijverschil te Vlissingen, dat dus over de periode 1971-2010 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.

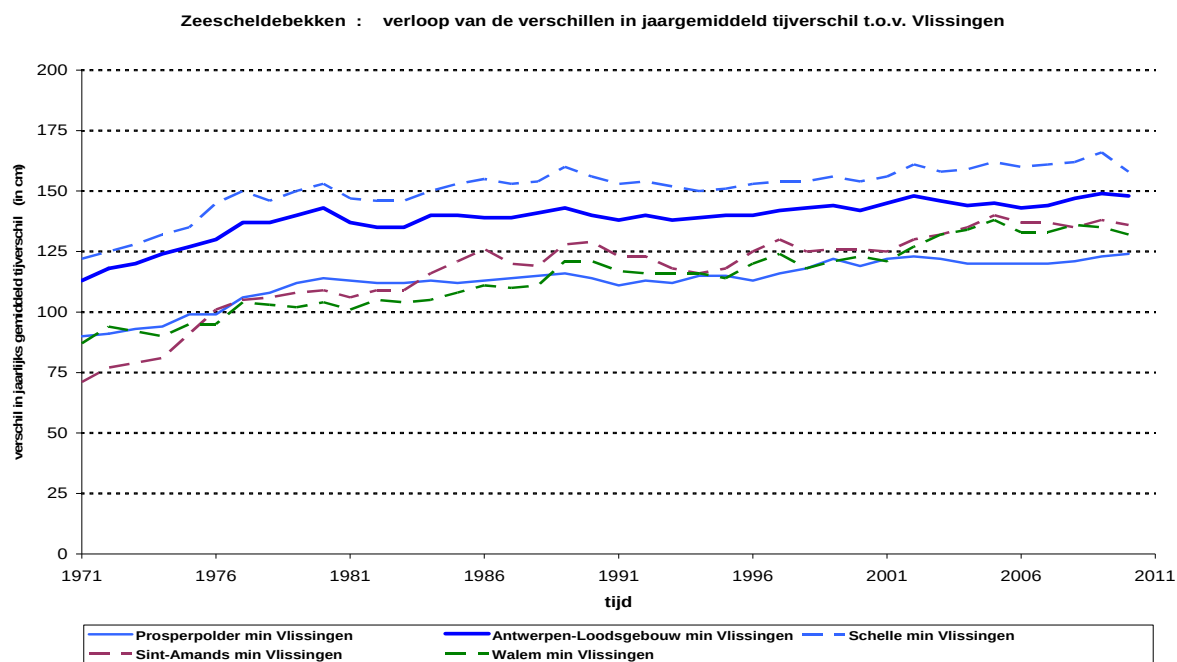
De getijverschillen in de Beneden-Zeeschelde zijn in de jongste veertig jaar globaal weinig veranderd. Maar deze te Temse, Sint-Amands en Dendermonde zijn wel geëvolueerd. Na flinke toenames in de jaren 1970 voor Temse en Sint-Amands, en voorts ook nog in de jaren 1980 te Dendermonde, zijn toenames kleiner geworden, zeker te Temse waar een stabilisatie te zien is. Opvallend is ook dat de schommelingen in het verloop van de verschillen tussen het tijverschil te Dendermonde met het tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw, op zich ook zijn vergroot. Figuur 46 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.



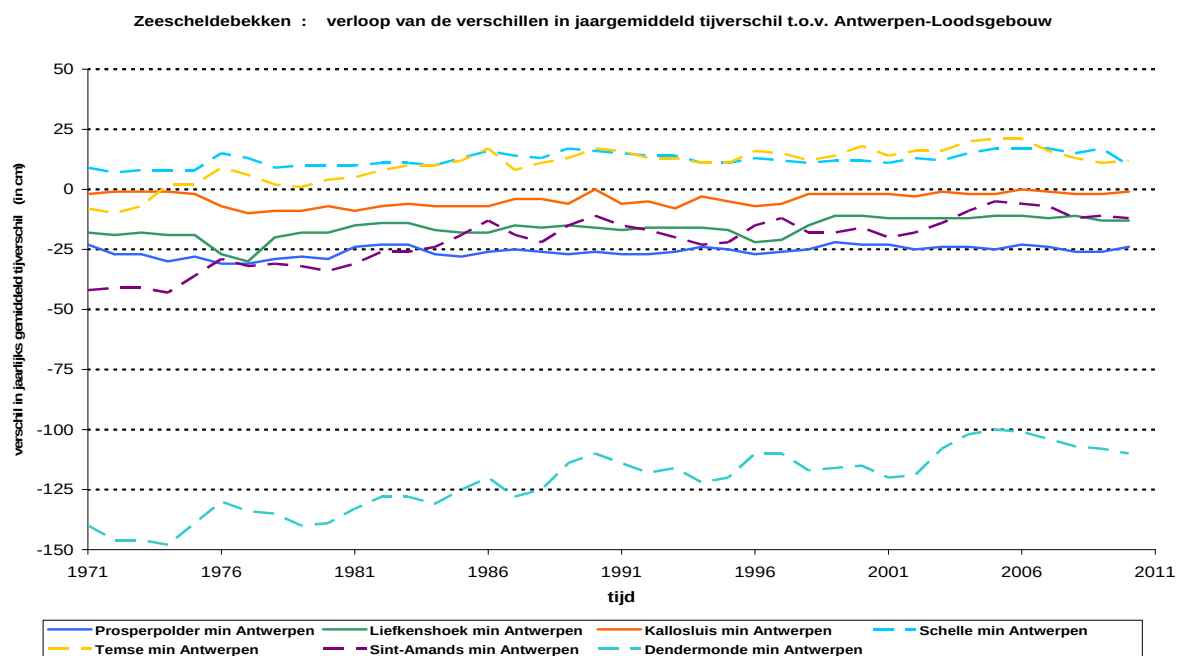
*Figuur 41 - Zeeschelde : langjarig verloop jaargemiddeld tijverskil 1971-2010
op enkele kenmerkende tijmeetposten (t/m Dendermonde)*



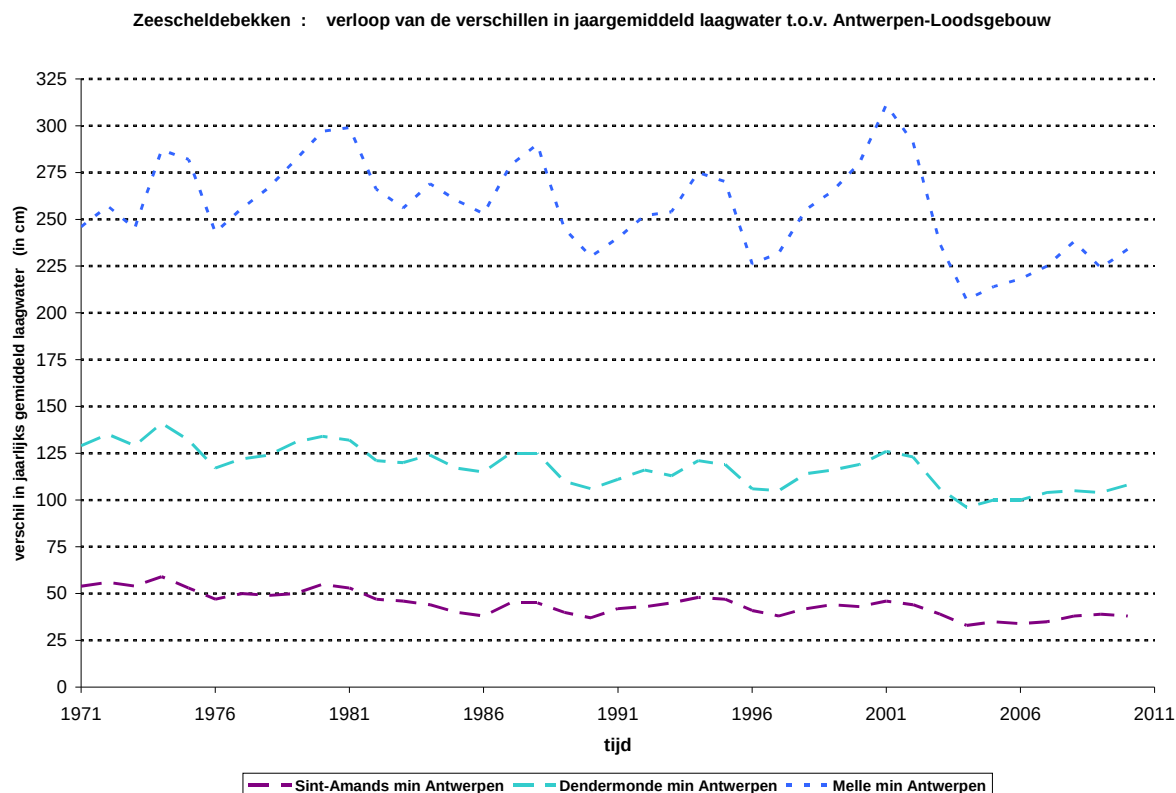
*Figuur 42 - Zeescheldebekken : langjarig verloop jaargemiddeld tijverskil 1971-2010
op enkele kenmerkende tijmeetposten (Schelle en opwaarts)*



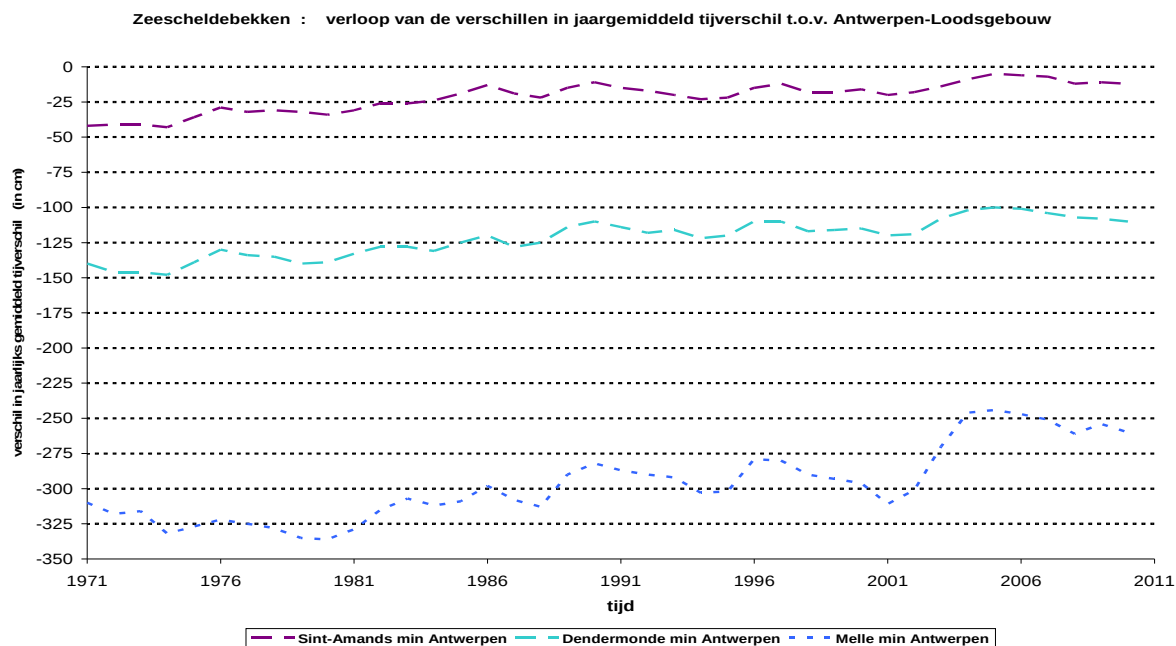
*Figuur 43 - Zeescheldebekken : langjarig verloop 1971-2010
van de verschillen in jaargemiddeld tijverskil t.o.v. tijverskil te Vlissingen*



*Figuur 44 - Zeeschelde : langjarig verloop 1971-2010
van de verschillen in jaargemiddeld tijverskil t.o.v. tijverskil te Antwerpen-Loodsgebouw*



*Figuur 45 - Boven-Zeeschelde : langjarig verloop 1971-2010
 van de verschillen in jaargemiddeld laagwater t.o.v. laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw*



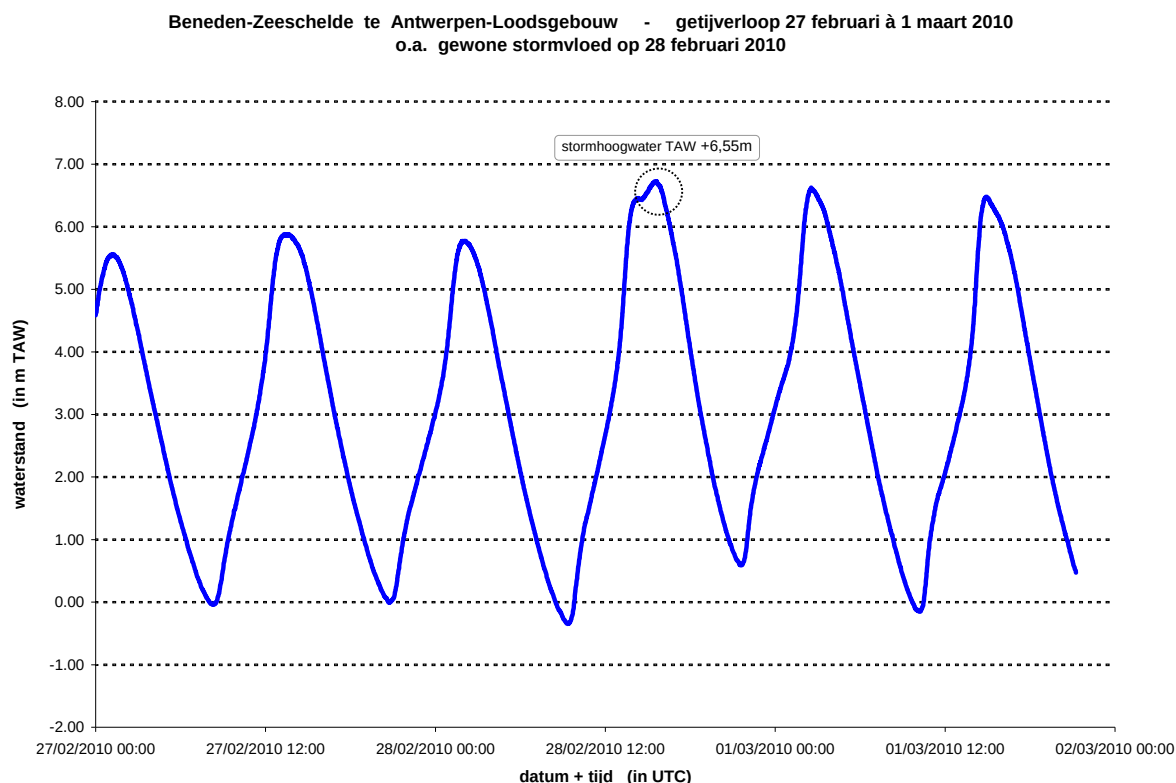
*Figuur 46 - Boven-Zeeschelde : langjarig verloop 1971-2010
 van de verschillen in jaargemiddeld tijverschil t.o.v. tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw*

1.5.3 opgetreden stormvloed 2010

In 2010 trad in het Zeescheldebekken slechts één enkele stormvloed op, nl. op 28 februari p.m. met een hoogwaterpeil te Antwerpen-Loodsgebouw op T.A.W. (+ 6,65 m), dus maar amper vijf centimeter boven het gewone stormvloedpeil. Figuur 31 toont eerst het verloop van dat stormtij op de basis-tijmeetpost Antwerpen-Loodsgebouw, te midden van het tijverloop van ook daags ervoor en daags nadien.

Tussen quasi normale "flinke springtijden" kwam er plots een nipte stormvloed voor. Op 28 februari 2010 ging namelijk een zeer actief lagedrukgebied over het Kanaal en het zuidelijk deel van de Noordzee plots doch kort opsteken, en gaf aanleiding tot -nogmaals: op zeer korte tijd- zeer sterke wind uit west met kracht 9 à 10 Bft over zee, en 8 Bft over de Westerschelde.

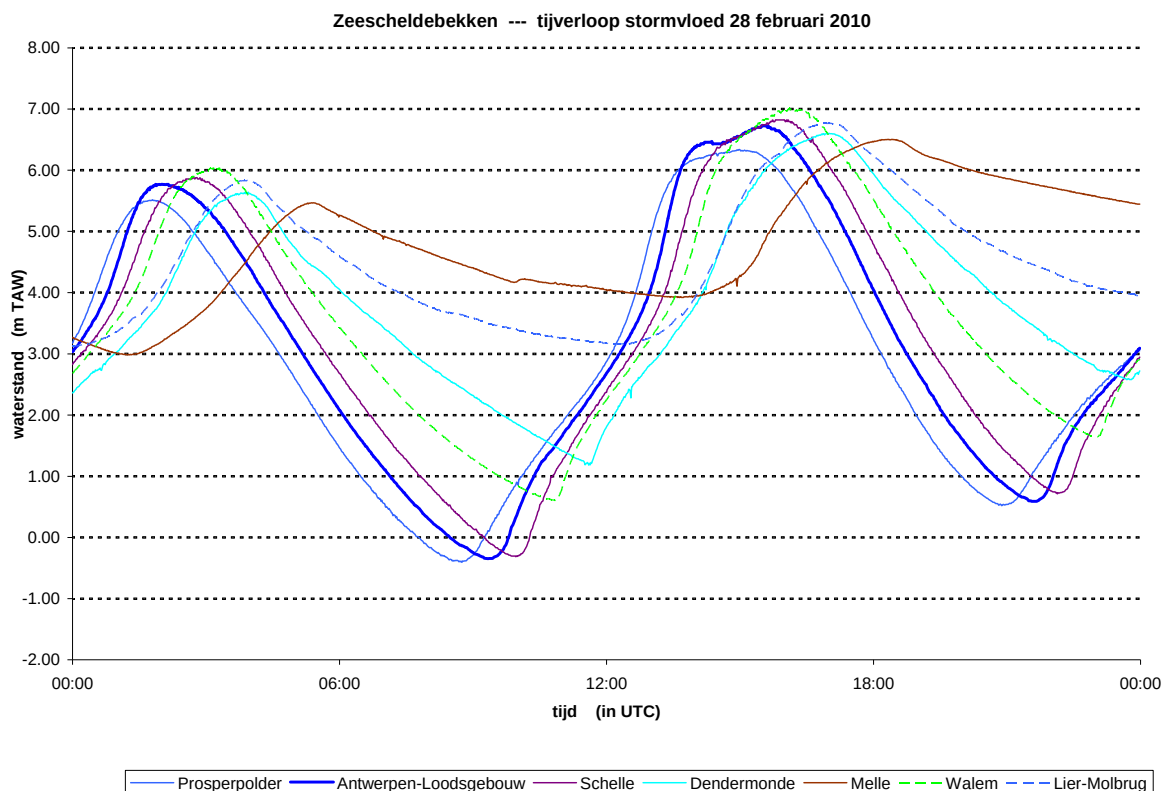
Zoals al hoger voor de basispost Antwerpen-Loodsgebouw aangegeven, steeg het waterpeil bij aanvang van vloed sterk, doch in een slechts korte tijdsduur feller dan bij een flink springtij. Er was halftij van vloed geen noemenswaardige, bij stormtijden nogal voorkomende verzwakking van het stijgen van de waterstand. Op moment van hoogwater te Hansweert heerste er een plots en zeer flink westelijk windveld over de Westerschelde, wat een extra-verhoging van het hoogwater te Antwerpen gaf met een twintigtal centimeter. Dat is mooi te zien op het tijverloop want na een eerste hoogwater net onder het peil TAW +6,50 m, volgde een tweede, hoger hoogwater m.n. het stormtij-hoogwater op het peil TAW +6,65 m.



Figuur 47 - Zeeschelde: tijverloop met o.a. stormvloed 28 februari 2010 te Antwerpen-Loodsgebouw

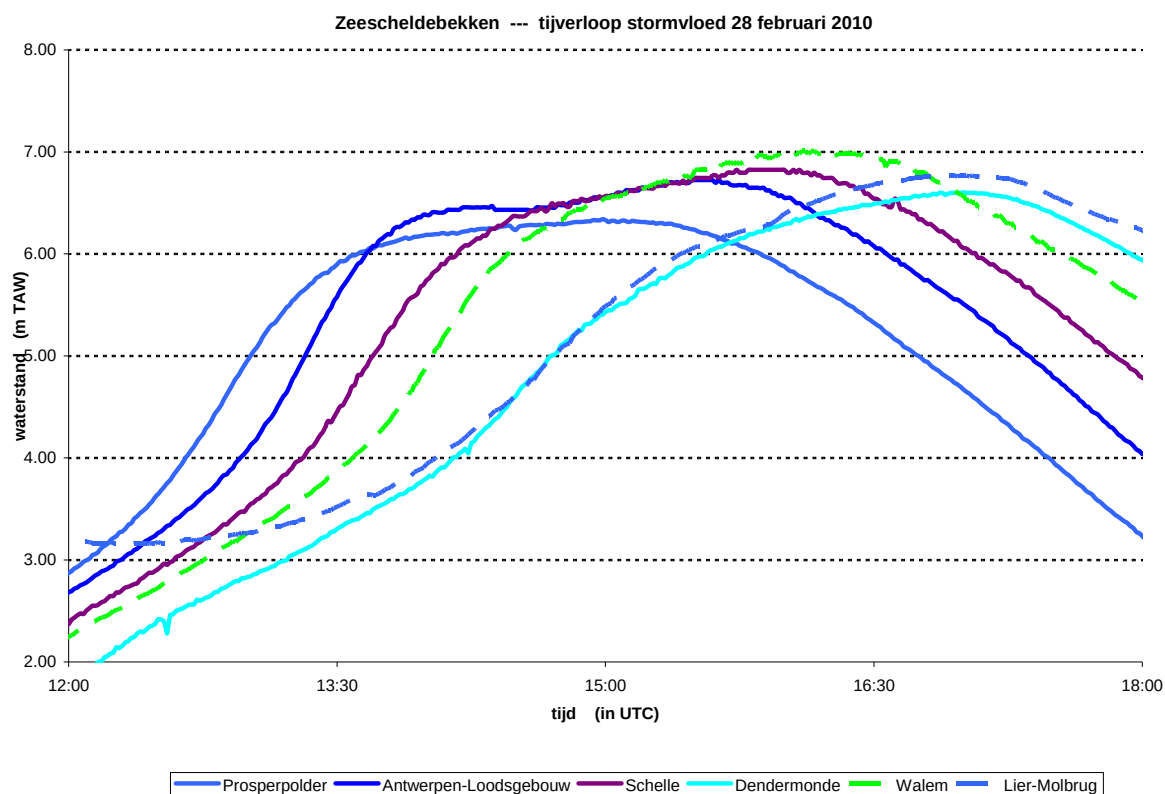
Het zeer sterke westelijke windveld nam op het tijdstip van stormhoogwater te Antwerpen snel af, en ook omdat de daling na hoogwater te Vlissingen al snel en flink was ingezet, was het te Antwerpen en opwaarts, na het tweede hoogwater (dus na het eigenlijke stormhoogwater) maar kort hoogwater. Soms kan het stormhoogwaterpeil -op enkele centimeter na- vijftien à vijfenveertig minuten aanhouden, wat nu niet het geval was.

Navolgende figuur toont het tijverloop van het stormtij op enkele hoofdtijposten, langs de Zeeschelde, te Walem op de Rupel, en te Lier-Molbrug op de Nete.



Figuur 48 - Zeescheldebekken: tijverloop van het stormtij op 28 februari 2010 op enkele hoofdlocaties

Het "dubbele" stormhoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw is nog niet te zien in het wél erg langgerekte hoogwater te Prosperpolder, en ook bijna niet meer in het voor hoogwater afgeplatte tijverloop te Schelle. De figuur op volgende bladzijde toont een uitvergroting van bovenstaande figuur. De reden van het enkel te Antwerpen-Loodsgebouw echt optreden van een dubbel-stormhoogwater ligt gewoon aan het windveld over de Westerschelde, nl. aan het vlak voor hoogwater Antwerpen nog plots erg versterken van een puur westelijke stormwind, gevolgd door een even snel afnemen van de windsterkte en het tegelijkertijd krimpen van de windrichting van west naar zuidwest. Uiteraard heeft dat invloed op het tijverloop van de hoogwatergolf net daar waar de top van de hoogwatergolf zich in het Zeescheldebekken bevond, doch weinig of niet elders.



Figuur 49 - Zeescheldebekken: tijverloop van het stormtij op 28 februari 2010 op enkele hoofdlocaties, m.n. in een klein tijdsvenster rond en om hoogwater Antwerpen.

Het effect van een waar dubbel-hoogwater zoals te Antwerpen-Loodsgebouw, vertaalt zich door de bijzondere windomstandigheden tijdens de stormtijontwikkeling, wel in langgerekte hoogwaterkoppen op andere meetplaatsen, ook nog te Dendermonde en Lier-Molbrug, om maar deze te noemen.

Door het feit van een dubbel-hoogwater te Antwerpen en langgerekte hoogwaters op andere plaatsen, is de stijgduur van dit stormtij (van voorafgaand laagwater tot het stormpeil) normaal geworden. Mocht er zich geen speciaal windveld hebben voorgedaan dat tot een dubbel-hoogwater had aanleiding gegeven, dan zou het hoogwater overal vroeger zijn opgetreden dan nu het geval was, en zou de duur van de stijging vrij kort zijn geworden.

Bij verdere uiteenrafeling van het tijgebeuren, vallen de grote tijverschillen op, bvb. 6,97 meter te Antwerpen-Loodsgebouw. Dat is zeer groot zonder evenwel echt recordmatig te zijn. Zeer uitzonderlijk komt immers een tijverschil voor een storm-hoogwater voor van net meer dan zeven meter. Vooral de stormtij-types van zogenaamd type II (met een lagedrukkern over het zuidelijke deel van de Noordzee, dus dichtbij) geven nog geen verhoging van het voorafgaandelijk laagwater, maar een snelle en felle verhoging bij de stijging van het waterpeil naar stormtijhoogwater. De klassieke stormtij-types van type I (met een lagedrukkern die -ver weg- boven noord van de Noordzee van IJsland naar Scandinavië trekt, en gewoonlijk vrij lang hevige noordwesterwinden over de Noordzee genereren) doen het tijverloop al voor het eigenlijke stormtij flink verhogen. Het stormtij van 28 februari 2010 was van het type II.

Ook op de andere locaties is het tijverschil zeer groot. Gerefereerd naar het plaatselijke tijverschil bij gemiddeld springtij, zijn de tijverschillen bij deze stormvloed iets meer dan een meter groter. Dat is des te opmerkelijker in het midden en het opwaartse gebied van het Belgische Zeescheldebekken, waar de tijverschillen sowieso al kleiner zijn dan in de Beneden-Zeeschelde of aan de Rupelmonding (waar ze nl. normaliter het grootst zijn). Voorbeeld: te Dendermonde is het tijverschil bij gemiddeld springtij 4.43 meter, en bedroeg bij deze stormtij bijna een meter meer.

Zoals uit de tijverlopen kan afgeleid worden (hoogte van de hoogwatergolf) zijn de GOG's langs de Zeeschelde licht in werking getreden, overigens ook elders in het Zeescheldebekken. De werking van de GOG's Scheldebreek en Paardenweide vlakten de eigenlijke hoogwatergolf iets doch niet veel af. De werking van de GOG's is ook tot dit enkele stormtij beperkt gebleven, zodat ze vlug uitgewaterd waren.

1.5.4 opgetreden wasregimes 2010 en de invloed op het getij

In 2010 traden twee beduidende was-regimes op de voorgrond, nl. einde februari / begin maart 2010, en vooral deze van half november 2010 toen dagenlang wateroverlast langs de opwaarts het tijbekken gelegen waterwegen optrad. Bovendien trad er medio augustus 2010 nog een kleine wasperiode was, waar op slechts enkele dagen een zeer grote piekafvoer in het Zeescheldebekken ging.

Bij beide eerstvernoemde wasregimes betrof het een optreden van zeer grote bovendebieten aan alle randen van het tijgebied, dus in alle rivieren. Bij de zomerwas van half oogst, trad geen wasafvoer op in Grote en Kleine Nete. De piekwaarden en de duur van zeer grote afvoer verschillen uiteraard telkens per waterweg, en de piekdag is niet voor alle rivieren dezelfde.

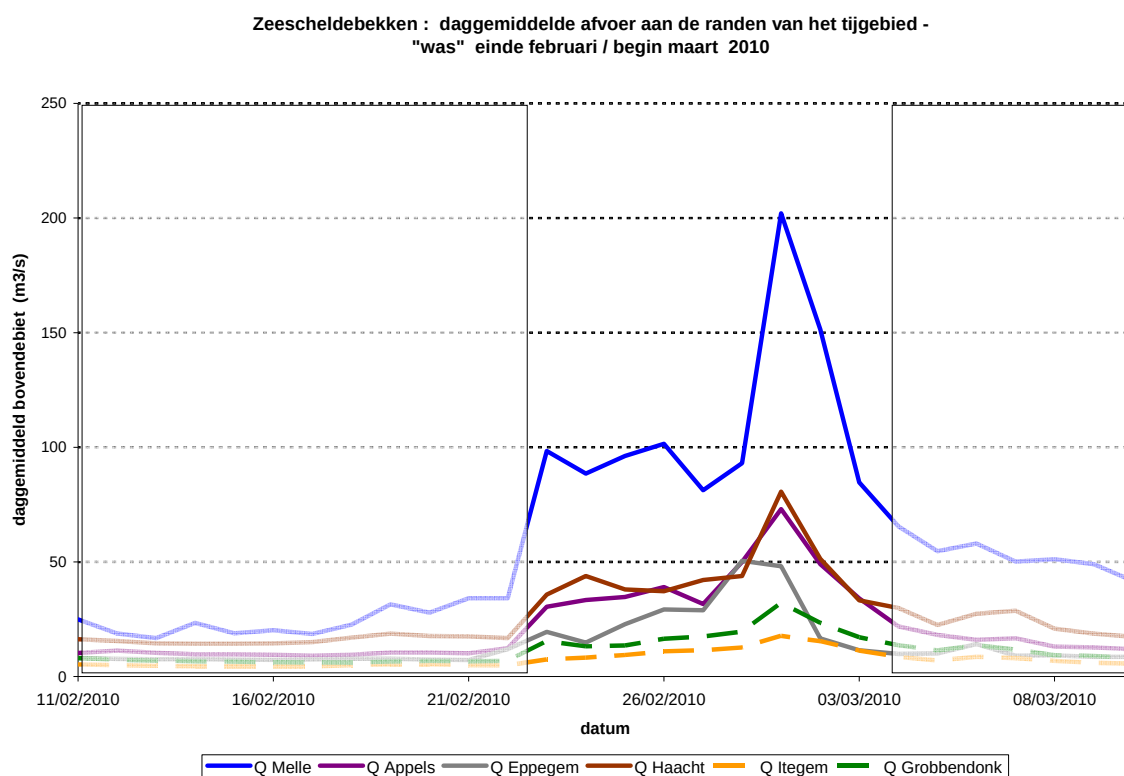
Uiteraard geldt daarbij steeds dat de Schelde in absolute zin veel meer afvoer kent dan de andere, doch in relatieve zin moet elke afvoer beschouwd worden t.o.v. de capaciteit van elke rivier afzonderlijk. Het is duidelijk dat piekafvoeren op bvb. de Nete's steeds beduidend kleiner zijn dan in de Schelde, doch dat er desondanks evengoed flinke wateroverlast kan optreden doordat de grootte van elke waterweg speelt.

1.5.4 - a wasregime einde februari / begin maart 2010

Uiteraard tengevolge van langdurige en hevige neerslag, trad einde februari 2010 een was-regime op aan bijna alle randen van het tijgebied (maar: vanuit het Nete-gebied was het was-regime klein). Gedurende de laatste zeven dagen van februari regende het elke dag, met drie dagen van meer dan 10 mm per dag (dagwaarden gemeten te Ukkel). Deze periode duurde in maart niet meer voort, tenzij één enkele dag op 5 maart, toen de bovendebieten van het tijbekken al flink kleiner waren geworden. Tabel 18 geeft een overzicht over deze wasperiode. Per locatie zijn in de laatste kolom het aantal dagen van de betrokken periode aangegeven dat het daggemiddeld bovendebiet een voor die locatie flink "was"-debiet overschreed.

locatie	kleinste daggemiddeld bovendebiet	gemiddeld bovendebiet ganse periode	grootste daggemiddeld bovendebiet	bijzonderheid (op 20 dagen)
Zeeschelde te Melle	34	80	202	gedurende 3 dagen meer dan 100 m ³ /s
Dender te Appels	10	28	73	gedurende 9 dagen meer dan 30 m ³ /s
Zenne te Eppegem	7	19	51	gedurende 4 dagen meer dan 25 m ³ /s
Dijle te Haacht	17	34	81	gedurende 5 dagen meer dan 40 m ³ /s
Grote Nete te Itegem	5	9	18	gedurende 2 dagen meer dan 15 m ³ /s
Kleine Nete te Grobbendonk	7	15	32	gedurende 7 dagen meer dan 15 m ³ /s

Tabel 18 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de laatste decade van februari 2010 en de eerste decade van maart 2010, naar aanleiding van de was-periode van 23 februari tot 5 maart 2010 (alle debieten zijn in m³/s)

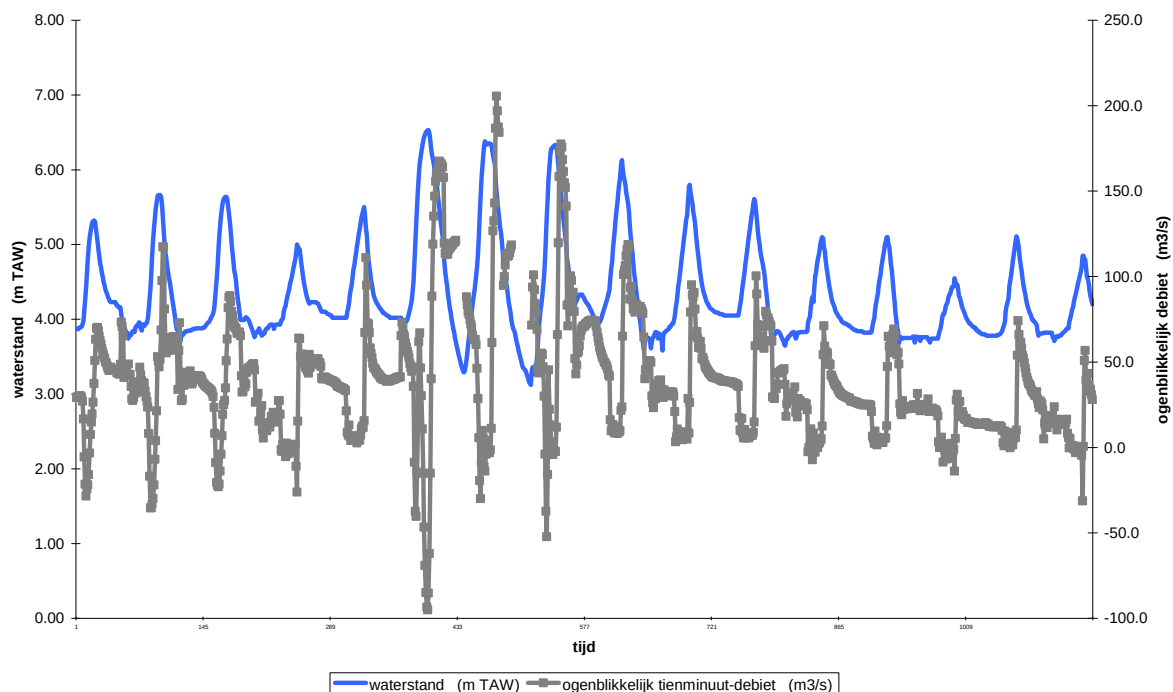


Figuur 50 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 23 februari à 5 maart 2010 (alle bovendebieten zijn in m³/s)

Figuur 33 geeft een grafisch overzicht van dat verloop der daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied van 11 februari t/m 10 maart 2010. Aan linker- en aan rechterzijde zijn de periodes vlak voor en vlak na het wasregime in rechthoek aangeduid. Duidelijk is dat aan alle meet-raaien grote bovendebieten optraden, misschien minder uitgesproken aan Itegem en Grobbendonk. Vanzelfsprekend moeten al die bovendebieten per locatie geprojecteerd worden aan wat als "groot" bovendebiet in het betrokken opwaarts hydrografisch bekken kan voortkomen, en wat de sectie van de rivier kan "verdragen". Het is duidelijk dat aldus te Melle, Appels, Eppegem en Haacht veel grotere bovendebieten kunnen passeren dan in de Nete's. Ook valt op dat de na-ijling na de was-periode voor de Schelde te Melle en de Dijle te Haacht, en in iets mindere mate bij de Dender te Appels, relatief het grootst is en het langst duurt.

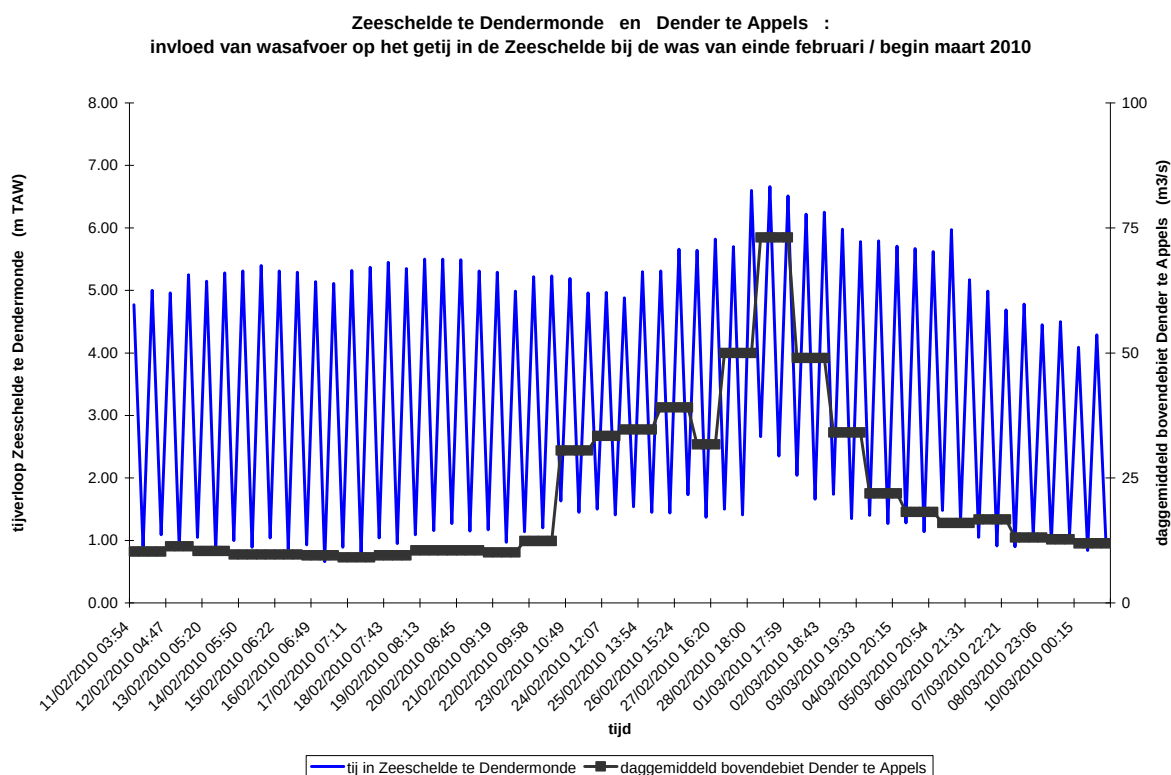
Ter illustratie van het verloop van de afvoer van bovendebiet, geeft volgende figuur zowel de waterstand als het ogenblikkelijk debiet (telkens per tien minuten) van de Dender te Appels, dus net voor de uitmonding van de Dender in de Schelde. Aangezien die Schelde onderhevig aan flink getij, gebeurt de afvoer van de Dender getijgewijs, nl. telkens als de tijstand in de Schelde lager is dan de waterstand in de Dender. Omgekeerd cumuleert het water in de Dender als het in de Schelde rond en om hoogwater is, duw als er geen afvoer uit de Dender kan geschieden. Daarom valt uit het verloop van het waterpeil in de Dender een "schijngetij" te lezen, en verloopt de afvoer pieksgewijze. In deze wasperiode kwamen zo piekafvoeren (per tien minuten bepaald) van 150 à 200 m³/s, doch zijn de daggemiddelde wasafvoeren slechts één dag rond 75 m³/s. Bij het aangeven van debieten moet inderdaad sterk gelet worden over welke tijdspanne het debiet gaat: het debiet is wel steeds uitgedrukt in m³/s maar gaat het als gemiddelde waarde over tien minuten, over een dag, of als tiendaagse of maandelijkse gemiddelde, enz.

Dender te Appels : verloop van waterstand en ogenblikkelijk debiet per tien minuten
in periode 26 februari à 5 maart 2010



Figuur 51 - Dender te Appels : algemeen verloop van de waterstand
(beïnvloed door het getij in de Zeeschelde) en van het ogenblikkelijk debiet,
met zowel waterstand als debiet per tien minuten, over de periode 26 februari à 5 maart 2010

De invloed op het tij kan door volgende figuur duidelijk worden getoond. Voor de periode 11 februari à 10 maart 2010 is het tijverloop van de Zeeschelde te Dendermonde uitgezet met het verloop van de daggemiddelde afvoer uit de Dender te Appels. De tijmeetlocatie Dendermonde ligt ongeveer een tweetal kilometer afwaarts van de Dendermonding te Appels. De invloed is duidelijk en ferm: zowel laag- als hoogwaters verhogen flink, de laagwaters daarbij meer dan de hoogwaters, zodat het tijverschil verkleint. Al dergelijke fenomenen zijn zeer typisch voor de interactie van wasafvoeren op het tijverloop. De mate waarin is afhankelijk van grootte en duur van de wasafvoer, van de doorstroomcapaciteit (breedte en diepte van de betrokken tijrivier), en van het verloop van het afwaartse tij (vanuit zee). Het is duidelijk dat het gelijktijdig optreden van een stormtij vanuit zee de waterstanden nog flink doet verhogen, en de afvoer van wasdebieten belemmeren m.n. per tijdseenheid verminderen en de duur van het wasregime verlengen. Het gelijktijdig optreden van afwaaiing van het getij (door oostelijke winden) zal dan weer de waterstanden doen verlagen, en de afvoer van de wasdebieten versnellen.



*Figuur 52 - Zeeschelde te Dendermonde en Dender te Appels :
 algemeen verloop van het tij te Dendermonde en de dagafvoer te Appels,
 in de periode van 11 februari à 10 maart 2010*

1.5.4 - b zomer-wasregime half augustus 2010

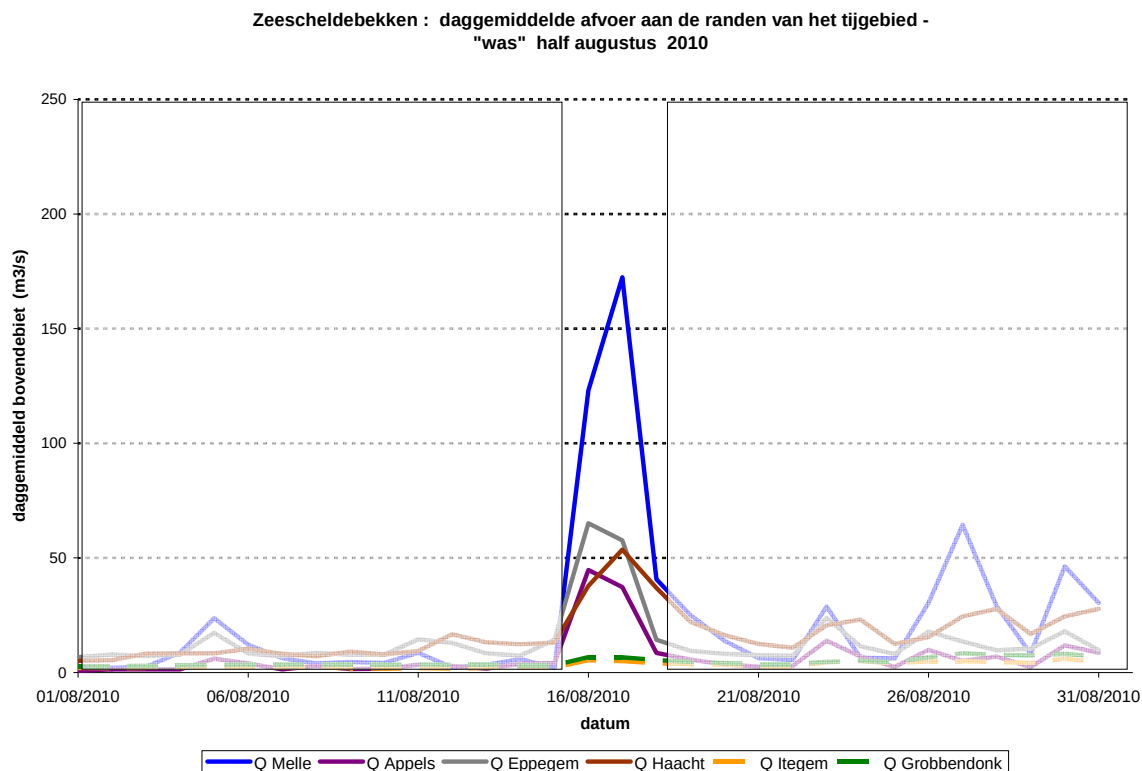
Tengevolge van twee opeenvolgende dagen van zeer grote neerslag trad aan de randen van het tijgebied vlak nadien een kortstondige periode van piekafvoeren op. Op 15 en 16 augustus bedroeg het dagtotaal van de neerslag te Ukkel 30 en 49 mm, dus meer dan bij een zomers onweer. Behalve aan de Grote en de Kleine Nete volgde op 16, 17 en 18 oogst zeer grote piekafvoeren aan de randen van het tijgebied. Tabel 18 geeft een overzicht over deze wasperiode, met name over de tweede decade van augustus 2010.

locatie	kleinste daggemiddeld bovendebiet	gemiddeld bovendebiet ganse periode	grootste daggemiddeld bovendebiet	bijzonderheid (op 10 dagen)
Zeeschelde te Melle	2	40	172	gedurende 2 dagen meer dan 100 m ³ /s
Dender te Appels	2	12	45	gedurende 2 dagen meer dan 30 m ³ /s
Zenne te Eppegem	7	21	65	gedurende 2 dagen meer dan 25 m ³ /s
Dijle te Haacht	9	26	54	gedurende 1 dag meer dan 40 m ³ /s
Grote Nete te Itegem	2	3	5	gedurende 0 dagen meer dan 15 m ³ /s
Kleine Nete te Grobbendonk	3	5	7	gedurende 0 dagen meer dan 15 m ³ /s

Tabel 19 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de tweede decade van augustus 2010, naar aanleiding van de was-periode van 16 à 18 augustus 2010 (alle debieten zijn in m³/s)

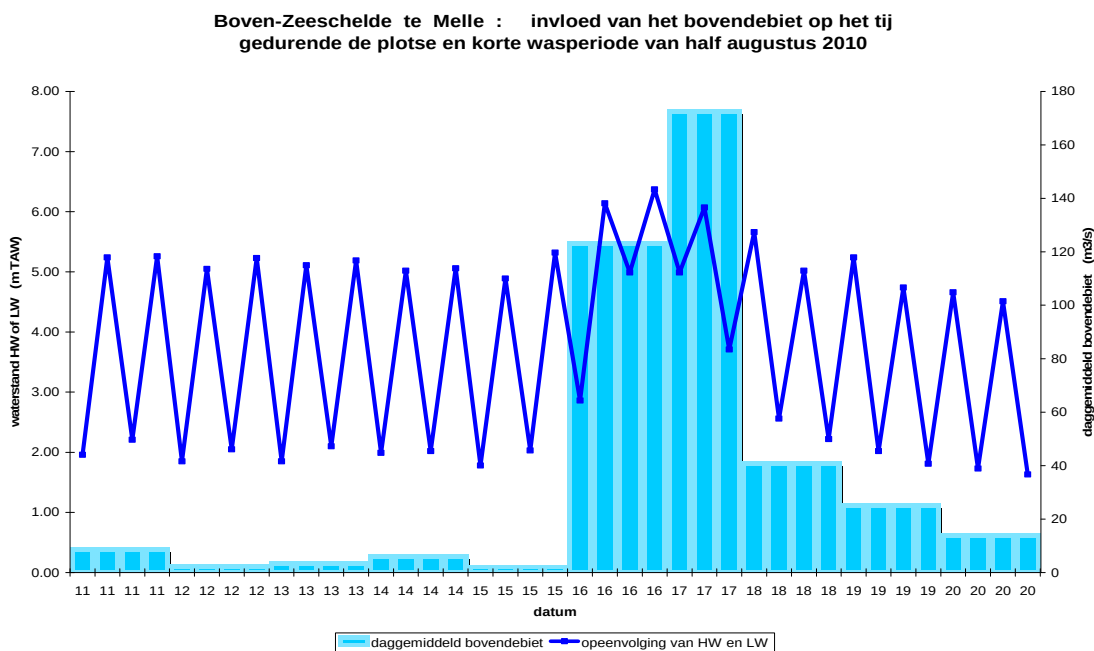
Het typische aan een zomer-wasperiode is een plotse piekafvoer van korte duur. In herfst en winter duren de wasafvoeren bij eenzelfde neerslag typisch langer en zijn de pieken eerder afgezwakt. Ook kenschetsend aan een zomerse was is dat de voorafgaande bovendebieten normalerwijze op de Zeeschelde (Melle) en de Dender (Appels) zeer klein zijn, eerder een lekverlies van stuwen en sluizen dan wel een echte afvoer. En zoals bij bijna alle wasregimes kan een was snel en groots opkomen terwijl de mindering van de bovenafvoer over beduidend meerdere dagen gespreid is, m.a.w. er is een asymmetrisch verloop van de afvoer.

Zo geeft figuur 32 een grafisch overzicht van dat verloop der daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied over de ganse maand augustus 2010. Aan linker- en aan rechterzijde zijn de periodes vlak voor en vlak na het wasregime in rechthoek aangeduid. Duidelijk is dat aan alle meetraaien plots doch kort grote bovendebieten optraden, behalve aan Itegem en Grobbendonk. Vanzelfsprekend moeten al die bovendebieten per locatie geprojecteerd worden aan wat als "groot" bovendebiet in het betrokken opwaarts hydrografisch bekken kan voortkomen, en wat de sectie van de rivier kan "verdragen".



Figuur 53 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van half augustus 2010 (alle bovendebieten zijn in m³/s)

In deze -korte- wasperiode is vooral het spitsverloop van de afvoer van de Zeeschelde te Melle markant. De invloed op het getij aldaar was dan ook beduidend.



Figuur 54 - Zeeschelde te Melle : algemeen verloop van zowel het tij als van de daggemiddelde bovendebieten gedurende de was-periode van half augustus 2010

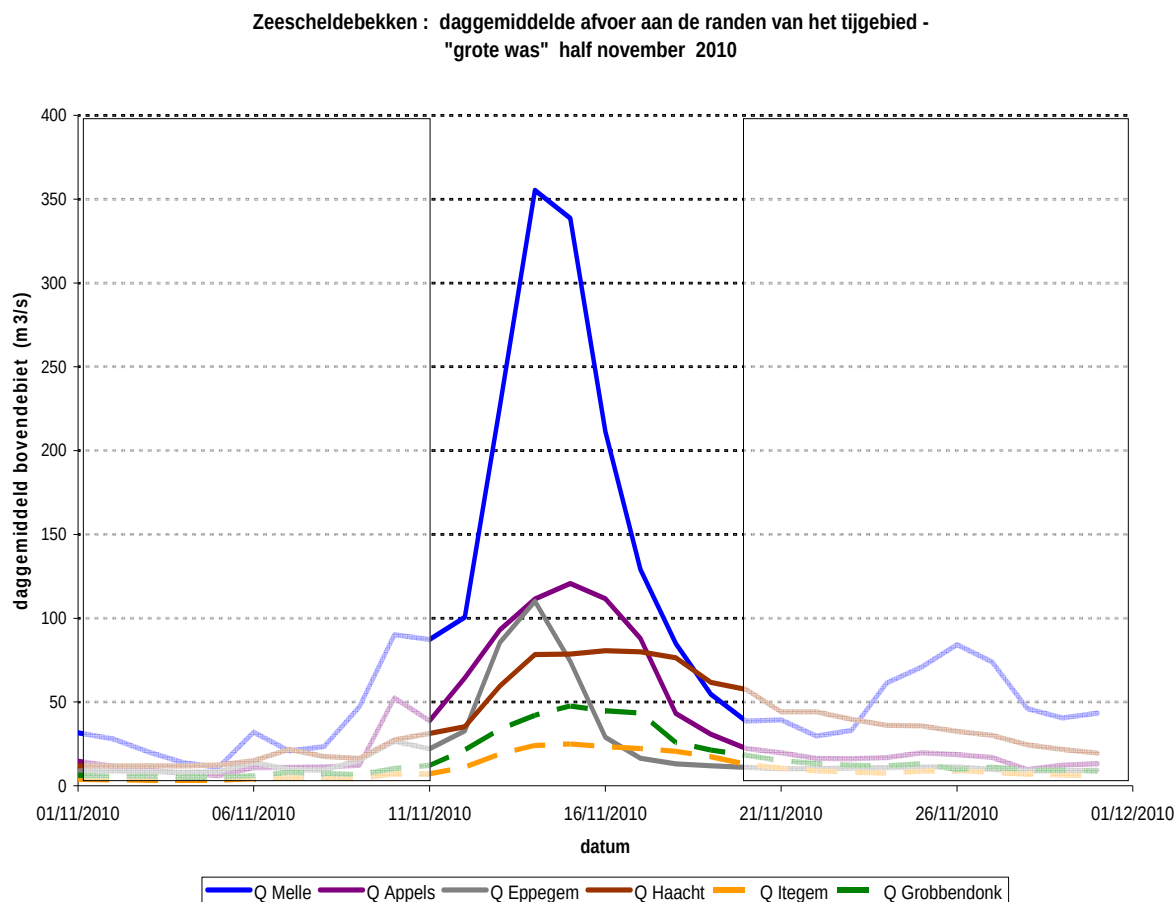
1.5.4 - c zeer groot wasregime half november 2010

Medio november 2010 trad ook 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.

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 m ³ /s
Dender te Appels	22	71	121	gedurende 10 dagen meer dan 30 m ³ /s
Zenne te Eppegem	11	39	110	gedurende 6 dagen meer dan 25 m ³ /s
Dijle te Haacht	31	61	81	gedurende 8 dagen meer dan 40 m ⁴ /s
Grote Nete te Itegem	7	17	25	gedurende 7 dagen meer dan 15 m ³ /s
Kleine Nete te Grobbendonk	12	29	48	gedurende 9 dagen meer dan 15 m ³ /s

Tabel 20 - 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)

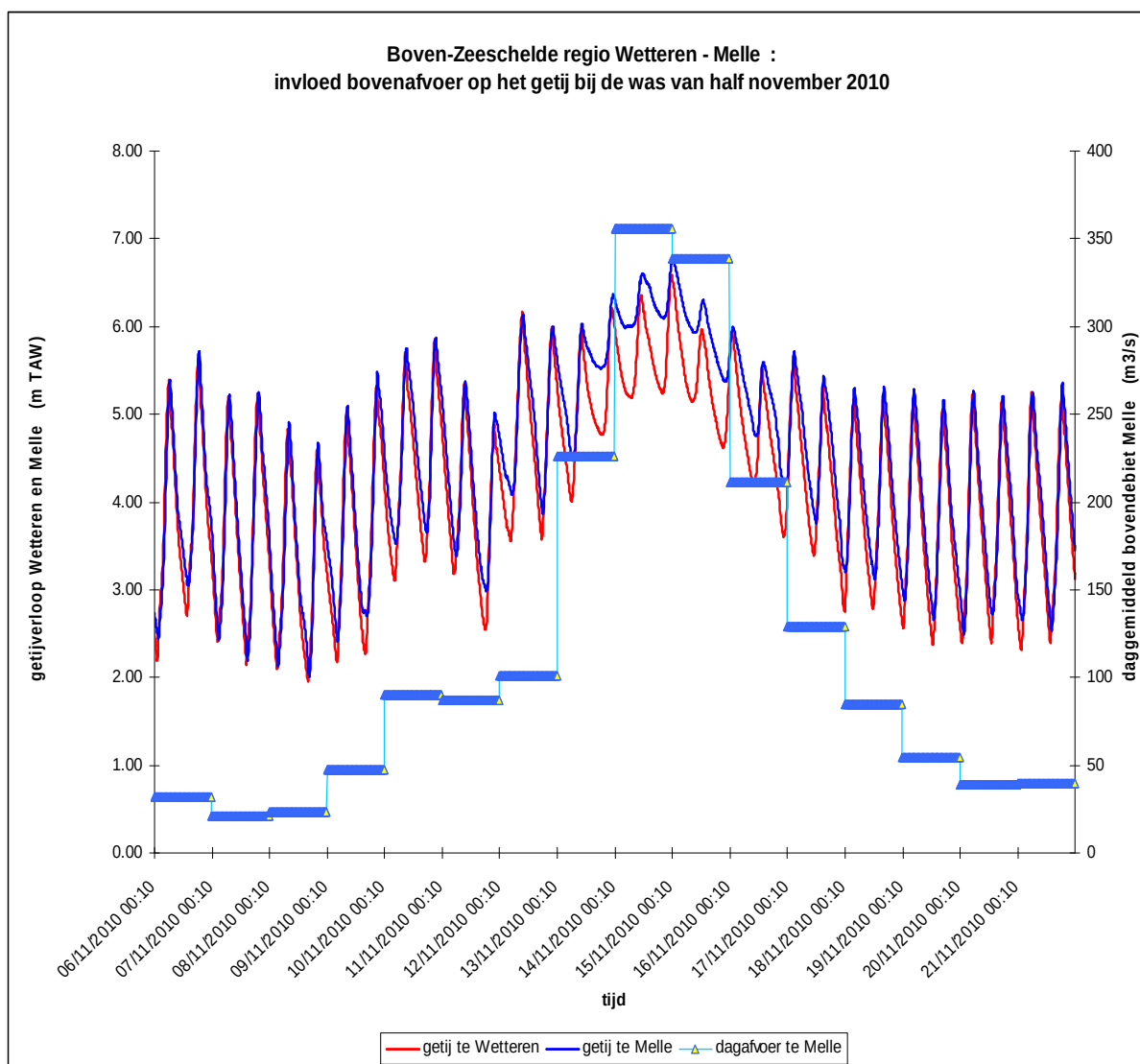
Figuur 35 geeft er een grafisch overzicht van: het verloop der daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied. Ook hier zijn aan linker- en aan rechterzijde de periodes vlak voor en vlak na het was-regime in een rechthoek aangeduid. Duidelijk is dat aan de meetraai te Melle een zeer groot bovendebiet optrad, en aan de meetraaien te Appels, Eppegem en Haacht grote bovendebieten. Te Itegem en Grobbendonk bleven de debieten gewoon. Ook hier moeten al die bovendebieten 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 van tabellen 18 en 19 als referentie gebruikt werden ("zoveel dagen een bovenafvoer groter dan een bepaalde waarde") zijn daarmee bepaald geworden. Ook hier was de naling na de was-periode voor de Dijle te Haacht het grootst en het langst.



Figuur 55 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van half november 2010 (alle bovendebieten zijn in m³/s)

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.

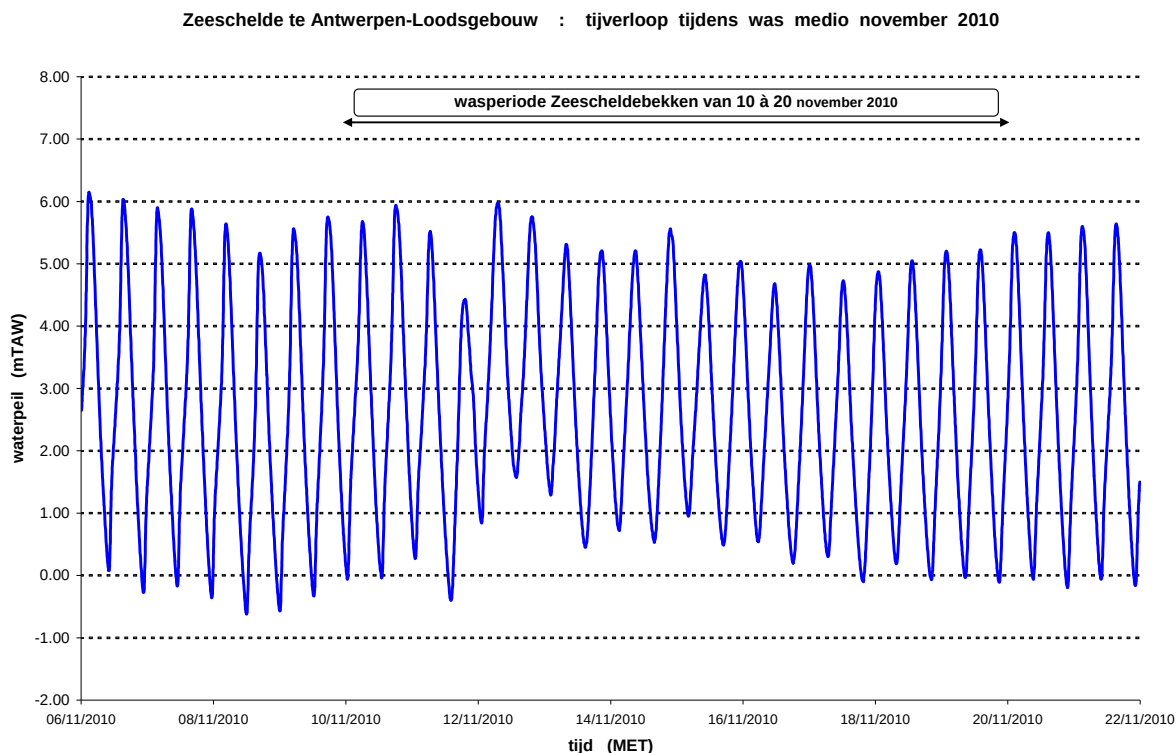
De zeer grote bovendebieten van Schelde en Leie naar de Zeeschelde, met twee dagwaarden van meer dan 300 m³/s, gaven te Melle en bvb. te Wetteren, enkele laagwaters die hoger waren dan het langjarig gemiddeld hoogwater aldaar. Tegen een tienjarig gemiddelde hoogwater te Melle van TAW +4.93 m, zijn er 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 stormtijden vanuit zee kunnen bereikt worden. Daarbij hoort dat het getij vanuit zee gedurende de ganze wasperiode -komende van een springtijperiode- vrij rustig bleef, en gedurende de laatste dagen van de wasperiode het om doottij-omstandigheden ging. Dit heeft uiteraard de afvoer van de was-debieten doorheen het Zeescheldebekken bevorderd.



Figuur 56 - Zeeschelde te Wetteren en Melle : verloop van het getij onder invloed van de wasafvoer bij de wasperiode van half november 2010

Bovenstaande 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 bovendebiten 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 springtij en iets minder bij doortij. 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 !

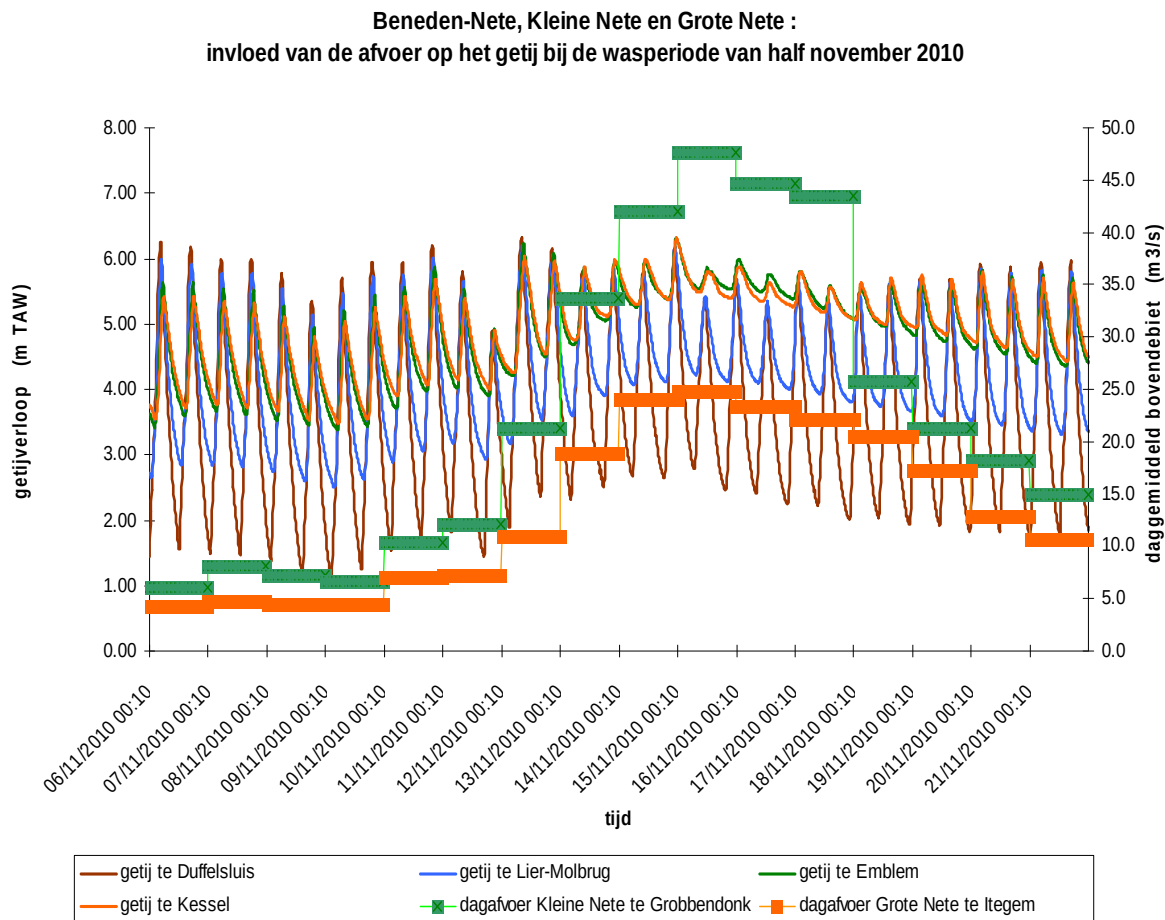


Figuur 57 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : verloop van het getij "vanuit zee" tijdens de wasperiode van half november 2010

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.

Hoe veel de stijgingen van laag- en hoogwaters bedragen en zij zich tot elkaar verhouden, is aan de randen van het tijgebied kleinendeels functie van de getijndringing 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 tijnvloed 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 58 - Beneden-Nete, Kleine Nete en Grote Nete : verloop van het getij onder invloed van de wasafvoer bij de wasperiode van half november 2010

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 verbindingsslijn van de hoogwaters van 6 november (springtijperiode) naar 21 november (opnieuw springtijperiode) kunnen de hoogwaterstanden door deze was zich niet tot een laag doottijpeil verlagen. Ook hier vallen de zeer kleine getijverschillen onmiddellijk op.

In volgend hoofdstuk (Hfdst. 2 - Jaaroverzicht 2010 Bovendebieten Zeescheldebekken) zal op deze wasperiode uitvoeriger worden ingegaan, maar hier paste het reeds om de duidelijke en grote invloed op het getij in de opwaartse delen van het Zeescheldebekken aan te geven.

Zonder precieze kennis van de bovenafvoerdebieten te kennen, wegens ontbreken van rechtstreekse metingen, kan de invloed van het wasregime van half november 2010 ook duidelijk afgeleid worden uit navolgende foto's: de tijmeter te Zele-Hoek. Terwijl normaal (zie onderste foto) er een "droge" toegangsbrug van de oever naar de meethut is, toch steeds meer dan een meter boven gemiddeld hoogwater, is die toegangsbrug (zie bovenste foto) bij de was van half november 2010 totaal verdrongen. Enkel de leuning boven het watervlak én de weerkaatsing van die leuning op het watervlak, zijn te zien. De meetbuis met meethutje bovenop steekt nog wel boven het water uit.



Figuur 59 - Durme te Zele-Hoek : tijmeter van Zele tijdens de was van november 2010 (bovenste foto, ref. dhr. H. Pot, aZS van WenZ) en (onderaan) tijdens normaal "droog" weer

1.5.5 en nog wat evolutie van het getij, maar dan aangaande duurtijden

Dit MONEOS-rapport handelt over de monitoring van het jaar 2010. Dat is het laatste jaar van een decennium. Decennia hebben in rapportages van het tij in het Zeescheldebekken, maar ook bij andere gebieden en diensten, zoals de Belgische Kust bij (vroeger) de Dienst der Kust en (nu) de Afdeling Kust, of zoals de Westerschelde (en overigens van alle kustplaatsen en grote rivieren en kanalen in Nederland) bij de Rijkswaterstaat, steeds een zeer belangrijke rol gespeeld: het was hét uitgelezen moment om Tienjarige Overzichten uit te geven, die lange tijd dé bron van meetgegevens en uitleg over meetplaatsen en -methodes vormden.

Zo werden in dit rapport al historische overzichten gegeven sinds 1888, nl. voor de basis-post Antwerpen-Loodsgebouw en voor een andere hoofdpst nl. Dendermonde, en sinds 1971 voor verschillende andere meetlocaties. 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 (bovenafvoer) zeker in periodes van grote en zeer grote bovendeelten (wasregimes, zie hoger).

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.

Een gans analoge situatie doet zich voor bij het naderen van laagwater. Bij het dalen van het tij op een bepaalde plaats, gaat 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.

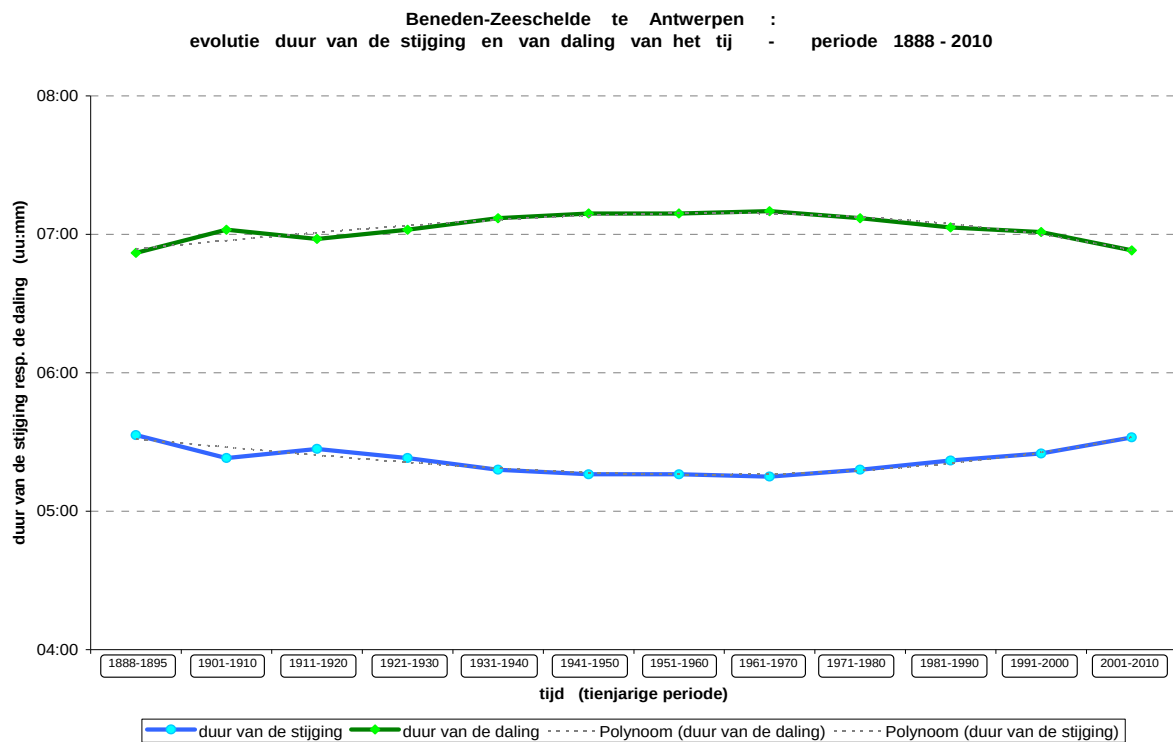
Bij grote wasafvoeren vermindert dit schijngetij, omdat het afwaartse getij door de grote bovendebieten verder naar afwaarts gedrukt wordt en het tijverschil verkleint. Door de wasafvoer verhogen wel alle waterstanden, ook de afwaartse laagwaters en hoogwaters, zoals de grafieken van deelhoofdstuk 1.5.4 omstandig aangeven.

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 1888-2010, 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 doortij/middeltij/springtij, en dus zeker over jaarlijkse of tienjarige periodes. De duurtijd van een (gemiddeld) enkelvoudig tij is immers steeds twaalf uur en vijftwintig 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.

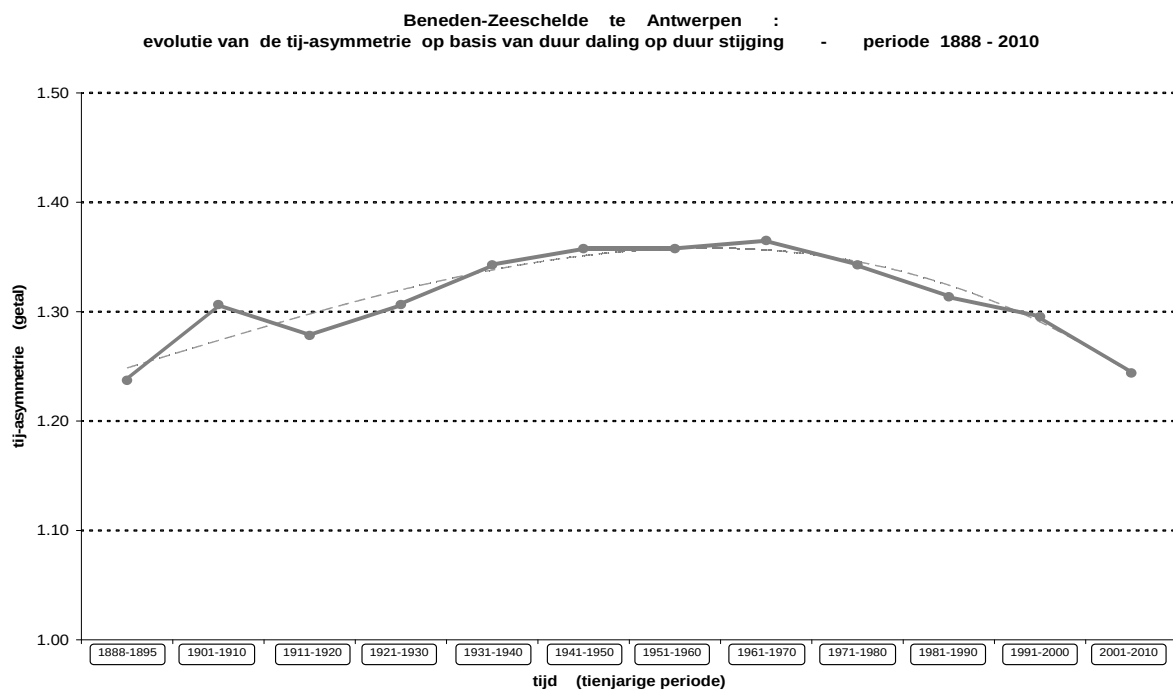
In de bovenste grafiek kunnen drie deelperiodes onderscheiden worden: een eerste van 1888 à 1935 waarin de duurtijden duidelijk veranderen, bvb. verkleinen van de duur van de stijging; bij een tweede periode blijven de duurtijden vrij gelijk (1936 à 1975); nadien evolueren de duurtijden dan weer doch 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.

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 gedachte 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 over de periode 1888-2010. 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.



*Figuur 60 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
evolutie van de duur van de stijging en de duur van de daling over periode 1888-2010*



*Figuur 61 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
evolutie van de tij-asymmetrie over periode 1888-2010*

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 elk een kwartier.

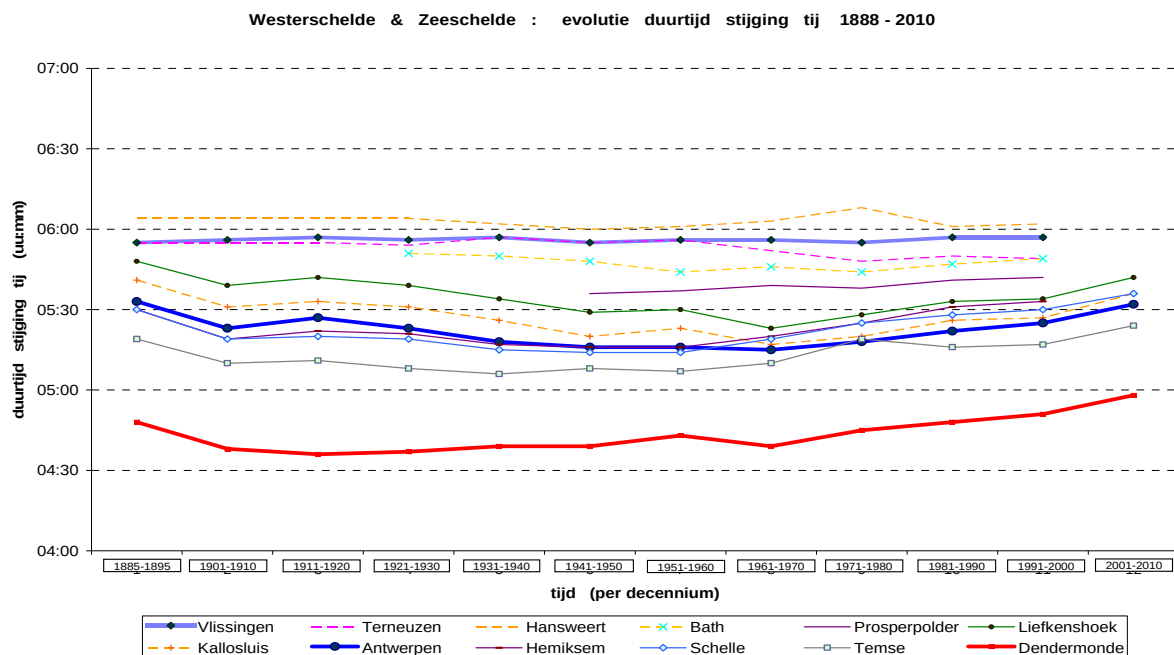
Beide voorgaande grafieken ontkrachten dus de zomaar algemeen gestelde gedachten dat de vloed steeds maar korter duurt, en dat de tij-asymmetrie in de loop der jaren alsmaar vergroot. Het is juist dat de tij-asymmetrie vergroot van afwaarts naar opwaarts, doch -locatie per locatie- neemt ze (al ruim 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, eerstens 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 lintachtige lijn aangeduid.

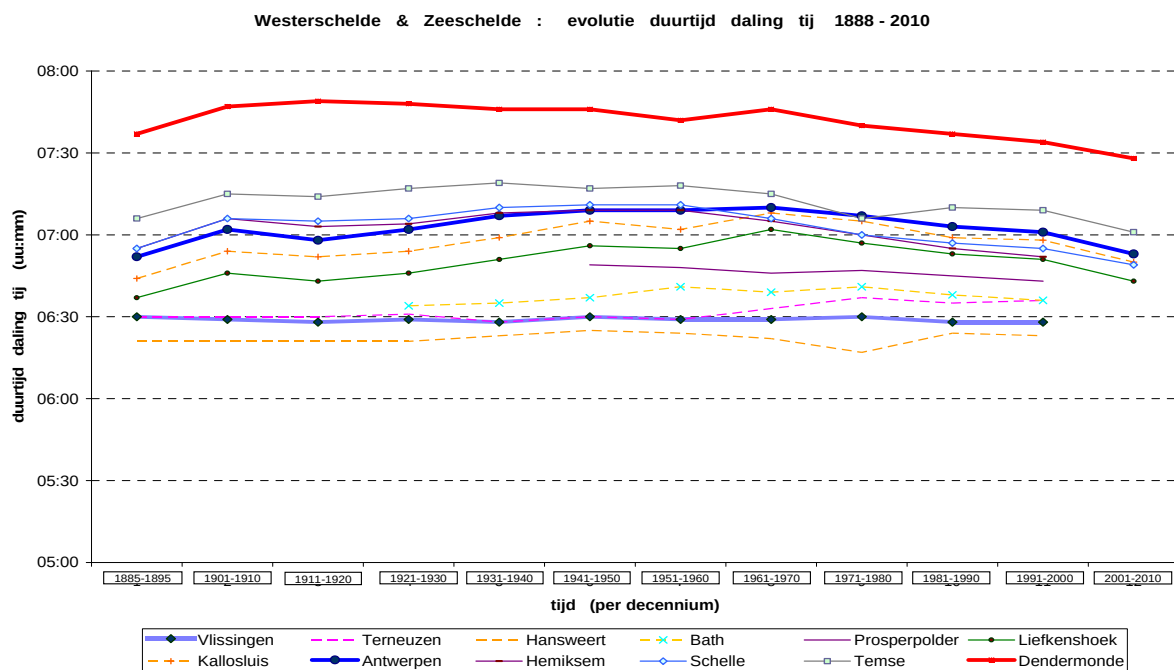
Bij het overschouwen van alle grafieklijnen kan een tweedeling gemaakt worden tussen enerzijds deze van de Westerschelde, en anderzijds deze van het Zeescheldebekken. Te Vlissingen zijnde de Scheldemonding, is het verloop vrij horizontaal, d.w.z. is er geen verandering van duurtijd stijging of daling 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.

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 langsas 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 bij het afsluiten van een decennium van nieuwe tijgegevens, 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 bekende- evoluties moeten nagegaan worden die over "duurtijden" (vertragingen of tijdsduren) handelen, en dat daarbij misgedachten kunnen worden tegengegaan.



*Figuur 62 - Westerschelde en Zeeschelde :
evolutie van de duur van de stijging van het tij over periode 1888-2010*

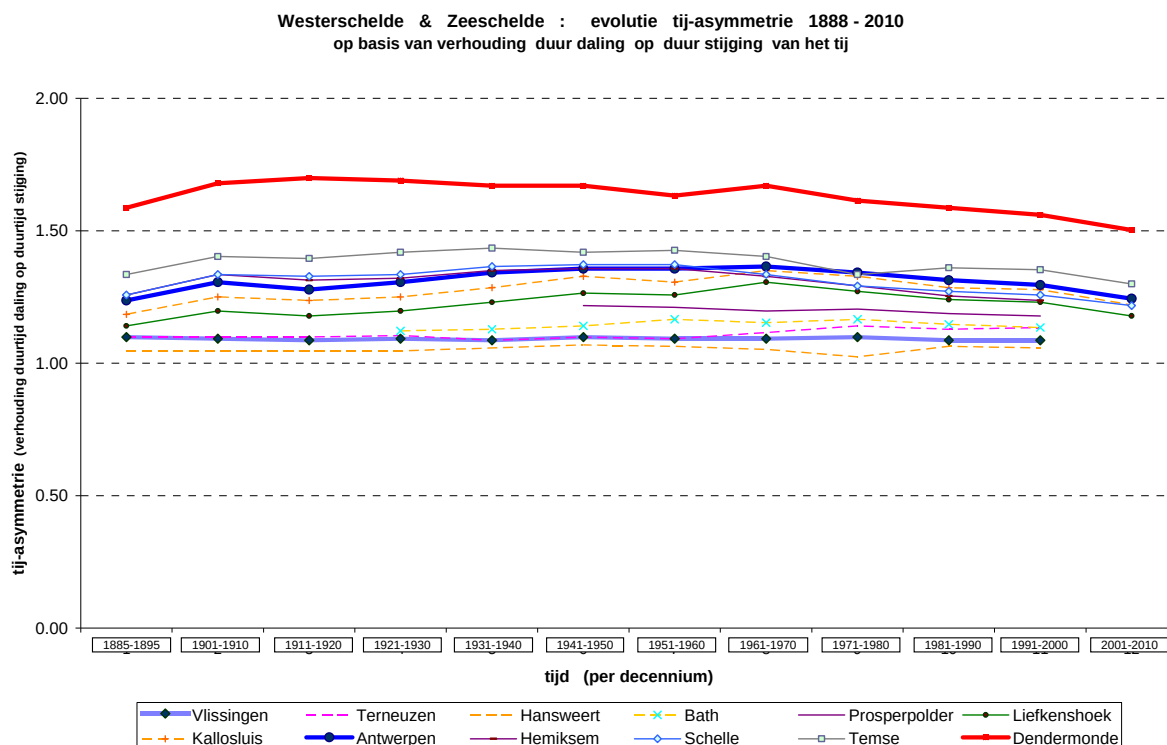


*Figuur 63 - Westerschelde en Zeeschelde :
evolutie van de duur van de daling van het tij over periode 1888-2010*

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 basismetpost Antwerpen-Loodsgebouw; nu volgt de grafiek van ook andere meetlocaties, van zowel Westerschelde als de Zeeschelde (tot Dendermonde).

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. decennia). De tij-asymmetrie is aldus een getal groter dan één, wat makkelijker overkomt als de omgekeerde verhouding (duurtijd stijging op duurtijd daling).

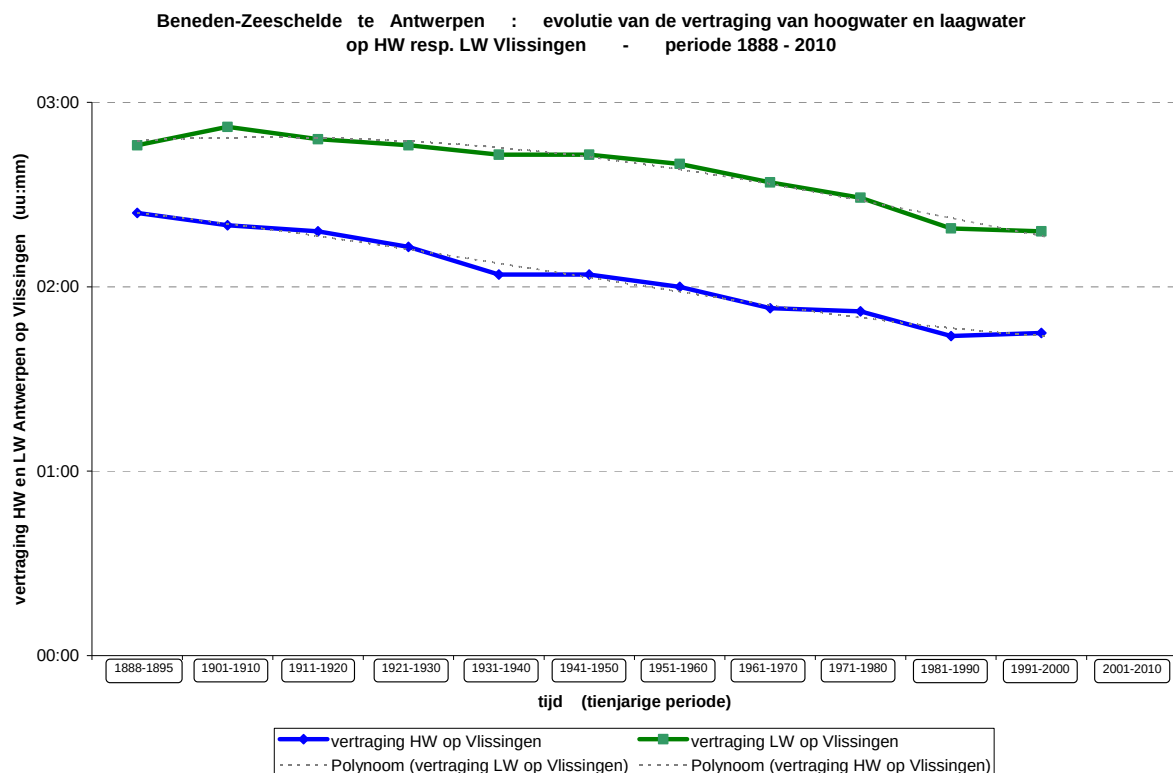
De tij-asymmetrie te Vlissingen is over de ganse periode constant gebleven nl. 1,09 en 1,10, een verschil dat er eigenlijk geen is want bestaat omwille van afrondingen in de bewerkingen om tot dat getal te komen. Hoe meer naar opwaarts, des te groter de variatie in tij-asymmetrie. Dendermonde is hier 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.



**Figuur 64 - Westerschelde en Zeeschelde :
evolutie van de tij-asymmetrie over periode 1888-2010**

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).

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 schaal dat ook een autonome morfologische ontwikkeling van het estuarium moet aanvaarden. Ook hier praat de volksmond de waarheid voorbij.



Figuur 65 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : evolutie van de vertraging van hoogwater en laagwater t.o.v. Vlissingen - periode 1888-2010

2 Jaaroverzicht 2010 bovendebieten Zeescheldebekken

2.1 overzicht meetlocaties van bovendebieten aan de randen van het tijgebied

Sedert 1947 (doch met volledige metingen en publicaties vanaf 1949) worden door (wat nu noemt) Hydrometrie-Schelde waarnemingen en metingen verricht om de bovenaanvoer uit de opwaarts het tijgebied gelegen hydrografische bekkens te bepalen.

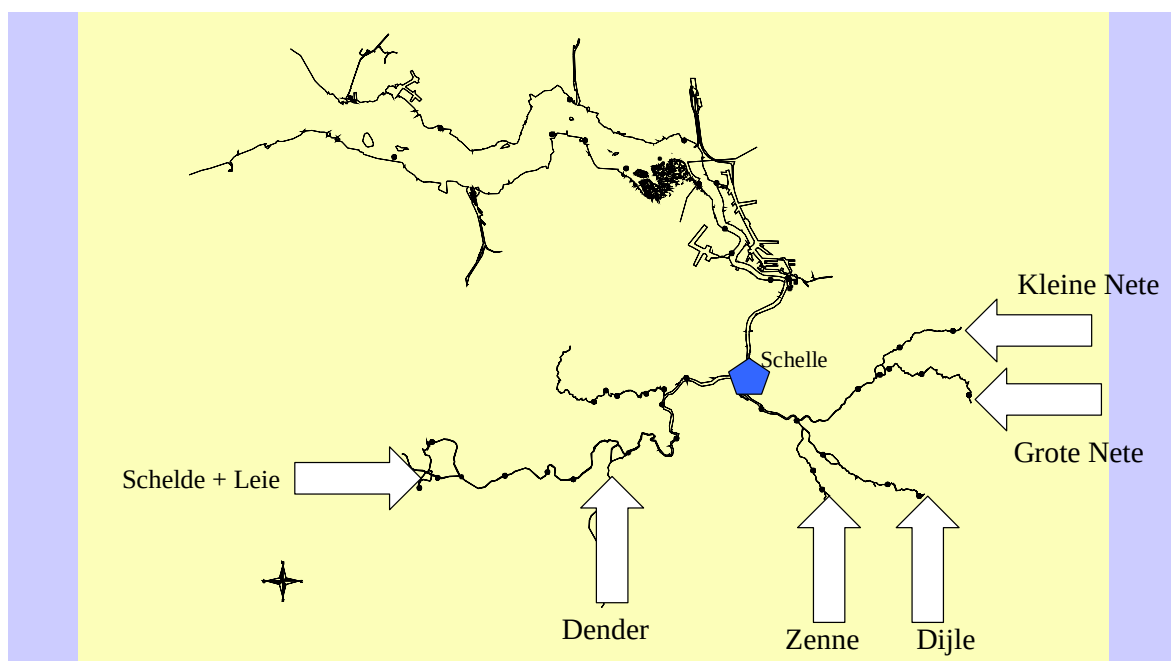
Bovendien wordt dan volgens tot nu toe eenzelfde methode, de aan de randen van het tijgebied bepaalde bovenafvoeren naar afwaarts doorgerekend, eerstens naar de uitmonding van de betrokken tijrivier in een andere, tweedes alle bovenafvoeren samen naar de Schelde te Schelle, om aldaar de bovenafvoer te bepalen van enerzijds de Zeeschelde opwaarts 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 zulk tegenhouden aan sluizen en stuwen, alwaar telkens nog behoorlijk wat getij is, deint het getij uit op de andere rivieren van het Zeescheldebekken: de Kleine Nete te Grobbendonk (meerbepaald het "Derde Sas", afwaarts het Albertkanaal), 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 bekkens, 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 fluviaal 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.

De waarnemingen en metingen van de aanvoer van bovendebiet uit de opwaarts gelegen hydrografische gebieden, gebeurt de jongste jaren als volgt:

- Boven-Zeeschelde te Melle: geldt voor alle afvoer vanuit Bovenschelde, Leie en Ringvaart om Gent, meet via een akoestische debietmeter continu het ogenblikkelijk debiet, bepaalt via tienminuutwaarden het verschil van alle eb- minus vloed-volumes per etmaal, wat resulteert in de daggemiddelde afvoer van de Schelde "te Gent" (benaming is dus ruim op te vatten);
- Dender te Dendermonde (Appels): geldt voor alle afvoer van de Dender naar de Zeeschelde, meet via een akoestische debietmeter continu het ogenblikkelijk debiet, bepaalt via tienminuutwaarden het verschil van alle afvoer naar afwaarts minus uitzonderlijke terugvoer bij bvb. zeer hoge waterstand in de Zeeschelde, wat resulteert in de daggemiddelde afvoer van de Dender;
- Zenne te Eppegem: geldt voor alle afvoer van de Zenne naar Eppegem, inclusief overvloed van het Zeekanaal Brussel-Schelde, met debietsbepaling uit de Q/h-relatie;

- Boven-Dijle te Haacht: geldt voor alle afvoer van het opwaarts Haacht gelegen Dijle-gebied, inclusief het Demerbekken; met debietsbepaling uit de Q/h-relatie;
- Grote-Nete te Itegem, geldt voor alle afvoer van het opwaarts Itegem gelegen gebied van de Grote Nete, met debietsbepaling uit de Q/h-relatie;
- en Kleine-Nete te Grobbendonk, meerbepaald aan het "Derde Sas" (afwaarts van het Albertkanaal), geldt voor alle afvoer van het opwaarts het Albertkanaal gelegen gebied van de Kleine Nete, met debietsbepaling uit de Q/h-relatie.



Figuur 66 - 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

Behoudens de meetplaatsen uitgerust met een akoestische debietmeter, worden debieten meestal bepaald uit de -locatie per locatie geldende- correlatie tussen de waterstand en het debiet. Dergelijke Q/h-relatie wordt ook 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 zoals hoger aangegeven, een "schijntij" d.w.z. heerst er weliswaar steeds "eb" dus een naar afwaarts gezinde stroming, doch kan het waterpeil zuiver met het afwaarts nog ten volle 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 dan ook de verbindinglijn van de opeenvolgende "schijn-laagwaters".

Dit schijngetij is relatief belangrijk. Het is wisselend al naargelang periodes van kleine tot gemiddelde afvoer tegen periodes van grote afvoer of wasregimes, en het kan -seizoenaal- variëren al naargelang de plantengroei grote weerstand op stroming en afvoer uitoefent. Gemiddeld begroot dit schijngetij zich op volgende "schijnbare getij"-verschillen:

- Dijle te Haacht: bij doottij 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 doottij 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 doottij 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.

Aldus zijn er per tijrivier volgende meetlocaties om de bovenafvoer naar het tijgebied (het Zeescheldebekken) te bepalen:

- Zeeschelde te Melle
- Dender te Appels
- Zenne te Eppegem
- Dijle te Haacht
- Grote Nete te Itegem
- en Kleine Nete te Grobbendonk

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 67 - Boven-Zeeschelde te Melle:
foto van de meetinstallatie van de tijmeetpost en van de akoestische debietsmeter*

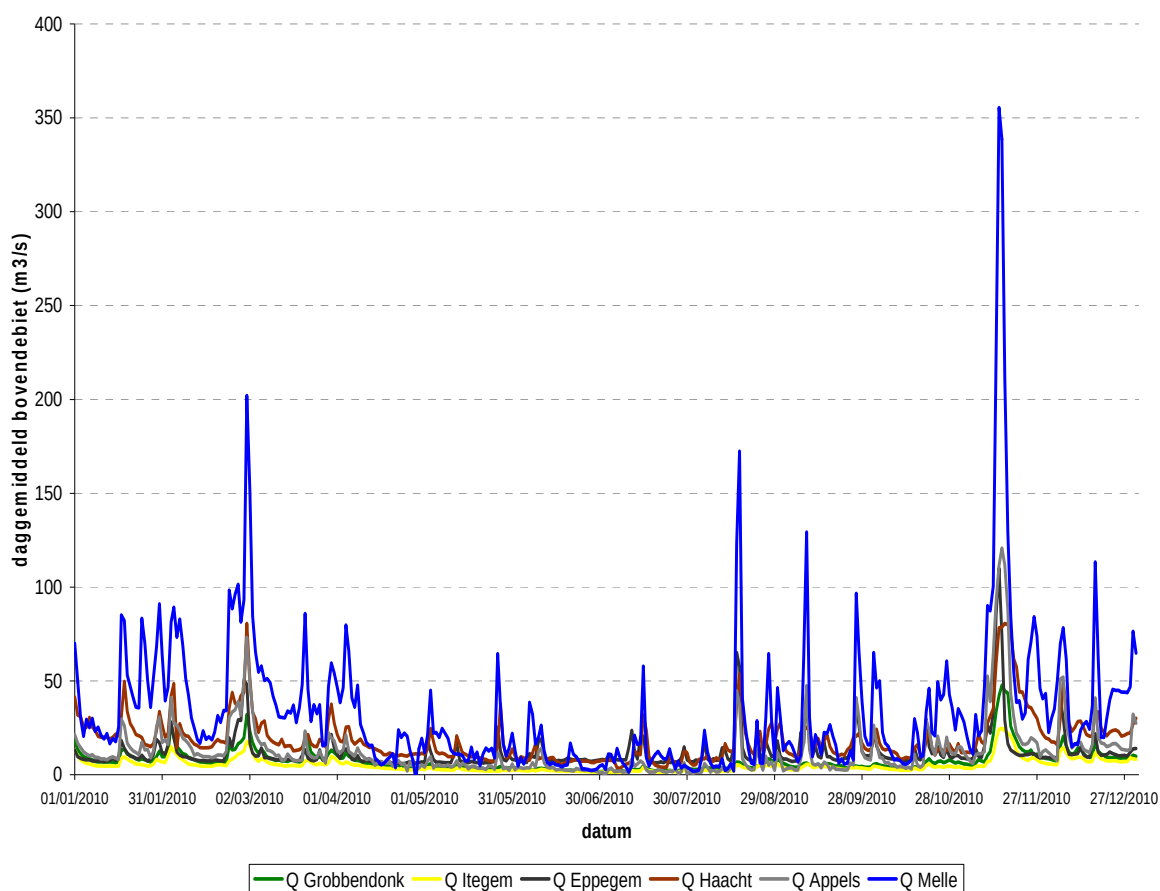
2.2 overzicht 2010 bovendebieten aan de randen van het tijgebied

2.2.1 globaal overzicht 2010

De volgende figuur toont de chronologische opeenvolging van de daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken over het jaar 2010. Uiteraard is er een grote variabiliteit in deze bovendebieten, enerzijds (en vooral) (*en "in plus"*) door invloed van de neerslag in het hydrografisch bekken, anderzijds (en "*in min*") door invloeden van waterverdeling van Bovenschelde en Leie, van indringing in de ondergrond, en van evapotranspiratie.

Zoals bekend brengen Bovenschelde en Leie meestal en dan veruit, het meest van alle randlocaties van het tijgebied, bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Pas bij zeer kleine bovendebieten te Melle, brengt de Dijle te Haacht iets meer bovendebiet naar het tijgebied. De Kleine en de Grote Nete brengen resp. te Grobbendonk en Itegem het minst bovendebiet aan, de Grote Nete zelfs en ondanks haar naam, iets minder dan de Kleine Nete. Dit is niet enkel het geval aan de respectievelijke meetlocaties, doch ook voor wat de totale aanvoer van al deze deelbekkens betreft.

Zeescheldebekken : daggemiddelde afvoer aan de randen van het tijgebied - jaar 2010



Figuur 68 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied over het ganse jaar 2010

Er zijn duidelijk enkele geclusterde periodes van vrij grote tot zéér grote bovendebieten te zien: op einde februari en begin maart 2010 was er een eerste piekperiode, een tweede situeerde zich op 15 à 18 augustus, en tenslotte was er de grote wasperiode (met vele dagenlange overstromingen net opwaarts het tijgebied) op 11 à 20 november. Er waren nog verscheidene andere dagen met relatief grote bovenafvoeren, doch die qua grootte toch kleiner zijn t.a.v. de voornoemde drie periodes. Bij elke periode 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.

Ook de aanhoudend zeer kleine bovenafvoer van 11 juni tot 11 juli 2010, en van 18 juli tot 14 augustus 2010, springt in het oog. Voor het overige van het jaar zijn de "vele" opeenvolgende aparte periodes van middelgrote à grote afvoer kenmerkend voor het jaar 2010. Tegenover het jaar doorvoor (2009) is zulks een merkelijk verschil: toen waren er lange aaneengesloten periodes in augustus tot november 2009 van kleine zelfs zeer kleine afvoer: een mooie zomer en mooie nazomer ! Met toen uiteraard het gevolg van bvb. zeer grote waarden van conductiviteit (dus ook chloridegehalte en saliniteit) in de Beneden-Zeeschelde.

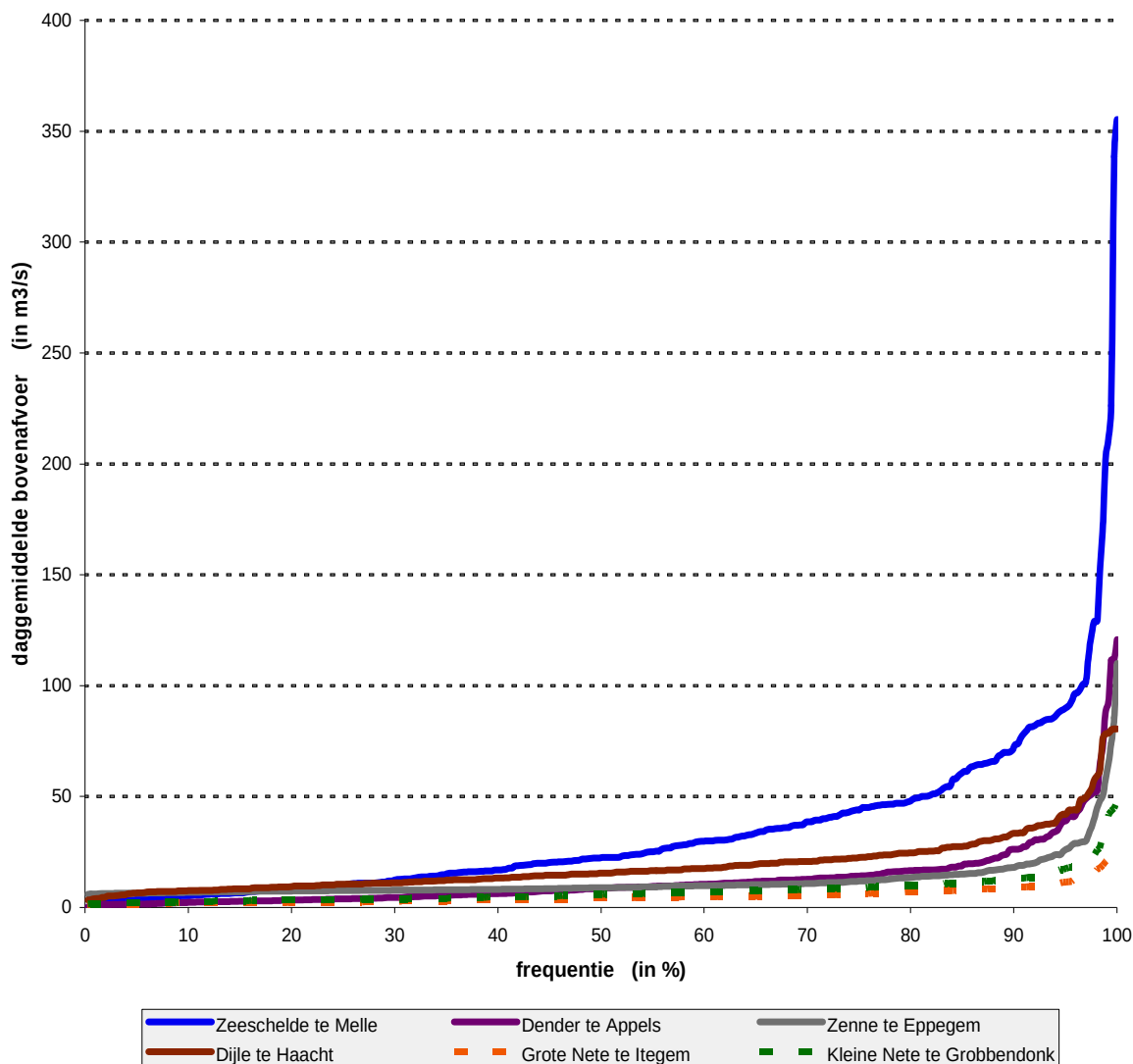
Naar opeenvolging van grootte van de daggemiddelde bovendebieten 2010 aan de meetlocaties aan de randen van het tijgebied, toont de volgende figuur de frequentielijnen van voorkomen van een bepaald bovendebiet per meetlocatie.

Die frequentiegrafiek toont de bekende lijnen van klassering naar grootte van waterafvoeren. Zo zijn er in 2010 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. Dat zijn overigens gewone gemiddelde jaarkarakteristieken, daar waar bvb. 2009 als een (vrij) "droog" jaar gekenmerkt was.

Bij de meettraaien te Haacht (Dijle) en Melle (Schelde) duren de kleine en gemiddelde dagelijkse bovendebieten doorheen het jaar 2010 ongeveer 80% resp. 60% van de tijd, en komen er dus in verhouding tot de andere randen van het tijgebied, meer dagen van grote tot zeer grote bovendebieten voor.

De frequentiegrafieken tonen ook duidelijk dat de Dijle (te Haacht, doch evenzeer over haar ganse lengte) een behoorlijke basis-afvoer kent. Vanuit het Demerbekken en het Boven-Dijlebekken, met veel heuvelende leemstreken, komt inderdaad een opmerkelijke basisaanvoer. Dit is echter als een absoluut en geen relatief gegeven te aanzien. De specifieke basis-afvoer ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$) te Haacht is inderdaad kleiner dan aan de meetlocaties Eppegem en Grobbendonk, doch is wel groter dan deze te Itegem. Het heeft te maken met de ligging van de meetpost binnen het betrokken hydrografisch bekken waar de bovenafvoer naar het Zeescheldebekken wordt bepaald, of beter: tot waar de invloed van het tij in het bekken reikt. Het Dijle-bekken opwaarts Haacht is immers anderhalf maal groter dan de som van de bekkens opwaarts Eppegem, Itegem en Grobbendonk samen, waardoor in absolute termen de basisafvoer te Haacht groot blijkt. Dit wordt hier voor het kalenderjaar 2010 getoond, maar geldt ook voor andere jaren. De grootte van de basisafvoer zelf kan uiteraard licht van jaar tot jaar verschillen.

Zeescheldebekken : frequentieverdeling van de bovenafvoer 2010 aan de randen van het tijgebied



Figuur 69 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebiten aan de meetraaien, over het ganse jaar 2010

De frequentieverdeling toont ook duidelijk een in ruim publiek wat onbekende zaak: de dagelijkse bovenafvoer van de Schelde te Melle is in 2010 maar ook in de meeste jaren, ruim 20% van de tijd kleiner dan deze van de Dijle te Haacht of de Zenne te Eppegem. Sommige jaren geldt dat zelfs tot iets als 5% van de tijd, er op de Kleine en Grote Nete tijdelijk een groter bovendebiet is dan te Melle. De reden is duidelijk: daar waar alle andere rivieren naar het tijbekken toe, nog een natuurlijke afvloeiing kennen (alle af te voeren water wordt inderdaad door de eigen rivier afgevoerd) is dat met de afvoer van Bovenschelde en Leie naar en om Gent niet het geval.

Gedurende weken is de bovenafvoer van Schelde en Leie zo klein, dat bijna alle bovenwater wordt afgeleid ter spijzing van de Vlaamse kanalen, zoals het Afleidingskanaal van de Leie, het kanaal Gent-Brugge-Oostende, de Gentse binnenwateren, en het Zeekanaal Gent-Terneuzen. Voor de Zeeschelde rest dan niets meer, tenzij lekverlies aan de stuwen van Zwijnaarde en Merelbeke, en versassingswater van de sluizen te Merelbeke. Dat is op die dagen dan een kleinere bovenafvoer dan aan de Kleine Nete te Grobbendonk of de Grote Nete te Itegem, om maar de kleinste afvoerrivieren te noemen. Er zijn jaren, vooral bij "droge" jaren, dat er op enkele dagen (bvb. een vijftal per jaar), het daggemiddeld overschotdebiet van vloed en eb te Melle zelfs negatief is: er gaat iets meer vloedwater naar opwaarts dan ebwater andersom. Het handelt daarbij dan wel om dagen met echt zeer kleine waarden aan bovendebieten.

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 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 overdag, een rol.

In volgende tabel zijn, voor het jaar 2010, het gemiddelde van alle daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien aan de rand van het tijgebied gegeven, evenals het grootste en het kleinste daggemiddelde, en de 5 en 95 percentielen.

*Tabel 21 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, **jaar 2010** (alle bovendebieten zijn in m³/s)*

meetlocatie	kleinste daggemiddeld bovendebiet	5-percentiel daggemiddeld bovendebiet	jaar-gemiddeld bovendebiet	95-percentiel daggemiddeld bovendebiet	grootste daggemiddeld bovendebiet
Zeeschelde te Melle	-2,8	4	33,9	90	355,4
Dender te Appels	0,2	2	12,5	39	120,8
Zenne te Eppegem	6,0	6	11,9	26	110,1
Dijle te Haacht	3,4	6	18,7	42	80,6
Grote Nete te Itegem	1,3	2	5,0	12	24,9
Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas)	1,6	2	7,4	18	47,6

Zoals op de grafiek met de frequentielijnen duidelijk te zien is (blauwe lijn) brengt, van al die meetlocaties aan de rand van het tijgebied, de locatie Melle doorgaans het grootste bovendebiet naar het Zeescheldebekken. In 2010 was dat zo in 70% van de 365 dagen. Tweede belangrijkste is de aanvoer vanuit de Dijle te Haacht: in 2010 tijdens 25% van de tijd de grootste aanbrenger over het jaar. In de resterende 5% van de tijd is tenslotte de Zenne te Eppegem de grootste aanbrenger van zoetwaterafvoer (maar dat valt dan wel in zeer "droge" periodes, van overal zeer kleine afvoer).

Er moet steeds bedacht worden dat de bovenafvoer van de rivieren naar het tijbekken, een grote variabiliteit doorheen de seizoenen kent, des te meer voor wat de Zeeschelde te Melle betreft. De reden voor dat laatste is al aangegeven: de verschillende zomerse periodes van deviatie van Schelde- en Leie-water naar de Vlaamse kanalen met slechts een kleine tot soms onbestaande restafvoer naar de Zeeschelde.

Bovendien geldt voor alle meetlocaties de variabiliteit van het (hydrologische en kalender-) jaar: bvb. het jaar 2010 kende weinig langdurige periodes van droogte, en er waren geregeld periodes van flinke tot zeer grote neerslag (zie vooral de grote wateroverstromingen in november 2010). 2009 daarentegen was een relatief "droog" jaar, met een vier maanden durende periode van zeer kleine afvoer. Er is dus een variabiliteit van jaar tot jaar, maar in het algemeen gelden uiteraard de hydrologische periodes zowel in meteo, landbedekking en evapotranspiratie, elementen die de oppervlakteafvoer bepalen.

De daggemiddelde bovendebieten 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 kalendermaand, zesendertig decades per kalenderjaar.

Vanuit deze decade-waarden worden nadien bovendebieten (ook per decade) bepaald aan de uitmonding van de verschillende betrokken tij-rivieren in afwaartse, en uiteindelijk -bij de methode van ir. R. Codde zonder tijdsvertraging- doorgerekend naar de "Schelde te Schelle", om zo een idee te vormen van de zgde zoetwaterafvoer van het ganse Scheldebekken naar de afwaartse 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 navolgende tabel 21 samengebracht.

Het past hier om even stil te staan bij alle "tijd-gebonden" soorten van bovendebieten waarvan sprake is. Er zijn de initiële meetwaarden per bvb. tien minuten, er zijn dan uiteraard dagwaarden, decade-gemiddelden, maandgemiddelden, seizoensgemiddelden, en verder in dit rapport komen ook pentadegemiddelden aan bod. Uiteraard vlakken alle middelingen uiterste waarden van dag-afvoeren af, en dat zowel bij de grootste als bij de kleinste waarden. Er dient dus steeds goed op gelet te worden over welke bovendebieten het gaat, nl. over welke tijd-periodes ze staan.

*Tabel 22 - Zeescheldebekken: bovendebieten aan de meetraaien - 2010
tiendaagse en maandelijkse gemiddelde waarden (alle debieten zijn in m³/s)*

overzicht 2010 van het tiendaags- en maandgemiddelde debiet (m³/s) aan de meetraaien						
	Bovensche- te Melle	Dender te Dendermonde	Zenne te Eppegem	Dijle te Haacht	Grote Nete te Itegem	Kleine Nete te Grobbendonk
JANUARI						
Decade 1	32.4	12.3	8.5	27.5	6.9	9.9
Decade 2	38.7	13.9	10.2	26.3	6.2	8.8
Decade 3	57.1	15.9	10.9	21.3	6.0	8.8
Maand	43.2	14.1	9.9	24.9	6.4	9.1
FEBRUARI						
Decade 1	60.6	22.2	13.4	25.6	9.0	13.6
Decade 2	22.4	10.1	7.6	15.8	4.9	6.8
Decade 3	78.4	30.2	23.1	34.4	8.8	13.7
Maand	52.0	20.1	14.1	24.6	7.5	11.2
MAART						
Decade 1	80.9	26.7	14.6	33.1	9.5	15.0
Decade 2	34.4	8.7	8.1	15.1	5.0	7.4
Decade 3	41.7	13.7	11.8	21.2	6.8	12.2
Maand	52.0	16.3	11.5	23.1	7.1	11.5
APRIL						
Decade 1	45.1	12.7	9.8	19.5	5.8	8.7
Decade 2	10.4	6.7	6.8	12.7	3.8	5.2
Decade 3	14.1	5.1	6.3	10.6	2.8	3.9
Maand	23.2	8.2	7.7	14.3	4.1	5.9
MEI						
Decade 1	22.2	5.4	8.5	13.2	2.9	4.2
Decade 2	9.8	4.7	8.1	11.7	2.7	4.1
Decade 3	20.3	4.9	9.5	12.7	2.1	3.5
Maand	17.5	5.0	8.7	12.5	2.6	3.9
JUNI						
Decade 1	17.6	5.8	10.3	9.7	2.3	3.0
Decade 2	7.3	3.4	8.1	7.5	2.1	2.6
Decade 3	4.9	2.3	7.7	7.3	1.7	1.9
Maand	9.9	3.8	8.7	8.1	2.0	2.5
JULI						
Decade 1	7.1	1.8	9.0	6.1	1.4	1.8
Decade 2	16.1	4.2	12.2	12.4	2.2	2.8
Decade 3	6.7	2.1	7.9	7.1	1.8	2.5
Maand	9.9	2.6	9.6	8.5	1.8	2.4
AUGUSTUS						
Decade 1	7.0	2.2	8.6	7.8	2.1	3.2
Decade 2	39.7	11.5	21.2	23.1	3.1	4.4
Decade 3	23.8	6.7	12.5	19.6	4.3	6.1
Maand	23.5	6.8	14.1	16.9	3.2	4.6
SEPTEMBER						
Decade 1	31.3	10.3	14.6	15.8	3.7	5.1
Decade 2	17.3	4.6	10.5	15.4	4.0	5.1
Decade 3	27.9	12.1	14.7	15.6	3.4	4.3
Maand	25.5	9.0	13.3	15.6	3.7	4.8
OKTOBER						
Decade 1	26.0	9.6	11.3	15.0	3.5	4.6
Decade 2	13.9	7.4	11.1	11.2	3.0	4.0
Decade 3	38.1	15.0	11.6	14.5	4.4	7.0
Maand	26.4	10.8	11.3	13.6	3.6	5.3
NOVEMBER						
Decade 1	31.8	14.7	11.8	15.8	4.3	6.7
Decade 2	162.7	72.5	40.6	63.9	18.3	31.0
Decade 3	52.2	16.0	10.1	32.8	8.0	11.4
Maand	82.3	34.4	20.8	37.5	10.2	16.4
DECEMBER						
Decade 1	40.6	21.9	15.4	26.1	8.8	11.7
Decade 2	37.3	18.3	12.6	25.9	8.7	11.8
Decade 3	47.7	17.5	11.4	23.3	7.6	9.1
Maand	42.1	19.2	13.1	25.1	8.3	10.8
JAAR	33.9	12.5	11.9	18.7	5.0	7.4

2.2.2 wasregimes 2010

Hoger in dit rapport, onder paragraaf 1.5.4, werden de drie grote in 2010 opgetreden wasregimes al een beetje verhaald, met het doel om bepaalde periodes van het tij in de bovenlopen van het Zeescheldebekken, nader toe te lichten, meerbepaald omtrent de invloed van grote wasafvoeren op het tij. Als voorbeelden golden toen de Zeeschelde te Melle en de Dender te Dendermonde/Appels.

2.2.2 - a wasregime februari/maart 2010

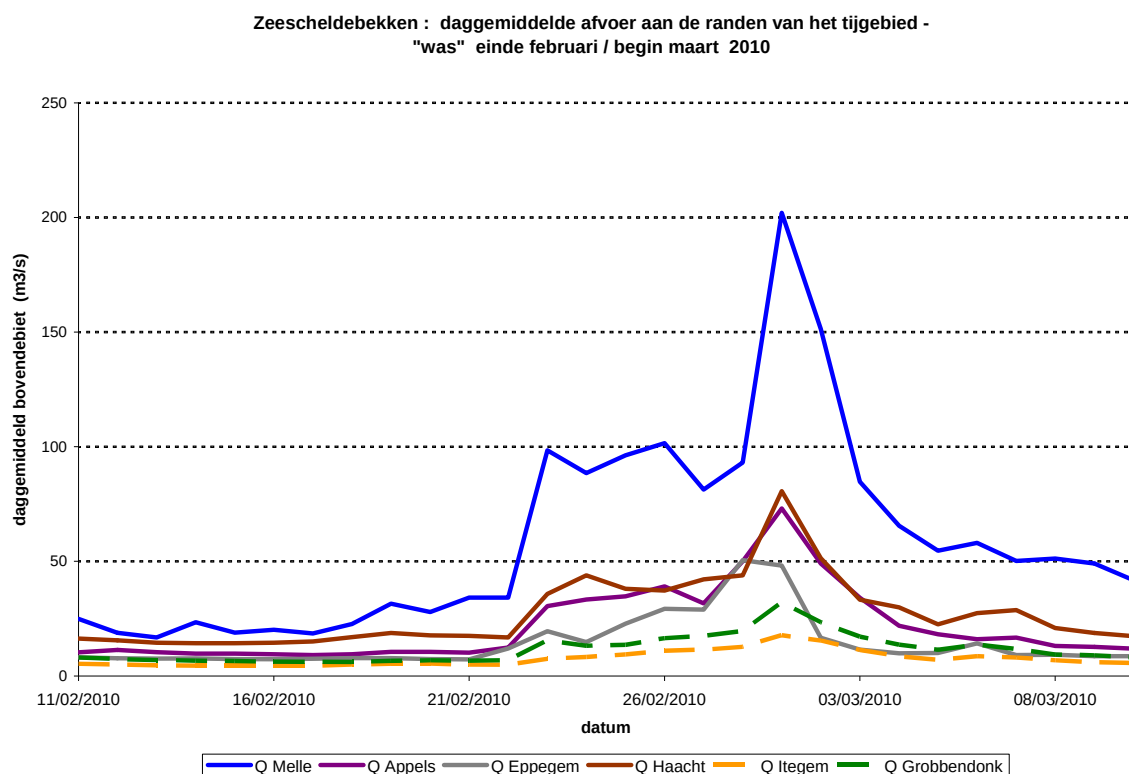
Het eerste wasregime ging van einde februari tot begin maart 2010. Vooral via de Zeeschelde, de Dijle en de Dender werden toen grote bovendebieten afgevoerd. Bij de Zenne, en de Grote en de Kleine Nete was dit veel minder het geval. Het geeft een idee van de geografische spreiding van de grote neerslagzones. Dat de Zenne, met toen geen zeer grote afvoer, gelegen is tussen Dijle en Dender, waar de afvoer wel zeer groot was, geeft ook de invloed aan hoe rekening wordt gehouden met de waterbemeesting zegge de waterafvoer dus de regeling van stuwen bvb. met het oog op behoud van voldoende hoge waterstand dus voldoende grote waterdiepte, en dat kan inderdaad van waterweg tot waterweg verschillen.

Na een periode waarbij het weer in België beïnvloed werd door maritieme luchtstromingen van polaire oorsprong, met relatief weinig neerslag doch een groot koudegevoel, volgde tussen 15 en 28 februari een periode met "natte" maritieme luchtstromingen, niet van polaire oorsprong, maar waarvan het lagedrukgebied dichtbij gelegen was, nl. boven de Britse eilanden tot West-Frankrijk. Flink neerslag was het gevolg. Daarop kwam opnieuw een periode met polaire winden, waardoor geen neerslag maar sneeuw het land bedekte, dus dat er geen onmiddellijke afstroom van deze "neerslag" volgde, mede omdat het koude weer aanhield dus geen plotse noch snelle dooi optrad.

Het geheel maakte dat er einde februari tot begin maart 2010, na al een periode van enigszins vergrootte bovendebieten doch zonder de kwalificatie "was-regime" waard te zijn, een relatief korte wasperiode optrad, met bvb. te Melle een maximum daggemiddelde afvoer van 202 m³/s (precies overeenkomend met de 99%-percentiel over het jaar 2010). Te Haacht was het maximum-dagdebiet liefst 80,6 m³/s, wat het maximum van de dagwaarden over het ganse jaar 2010 betekende. Op de Dender te Appels was de grootste daggemiddelde afvoer in die periode 73,1 m³/s, wat over het jaar 2010 gezien, de 99%-percentiel benaderde.

Ter vergelijking: in 2010 bedroegen de grootste bovendebieten volgende waarden: te Melle liefst 355,4 m³/s, te Haacht 80,6 m³/s, en te Appels 120,8 m³/s.

Figuur 44 toont het verloop van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien van 11 februari à 10 maart 2010, waarbij duidelijk de voorgaande periode van al enigszins vergrootte bovendebieten te zien is, zonder een wasregime te zijn, gevolgd door het eigenlijke wasregime tussen 28 februari en 3 maart 2010. Voor verdere bespreking over de invloed van deze grote bovendebieten op het getij, wordt verwezen naar paragraaf 1.5.4.



Figuur 70 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien van 11 februari à 10 maart 2010, o.a. met de was-periode einde februari / begin maart 2010

locatie	kleinste daggemiddeld bovendebiet	gemiddeld bovendebiet ganse periode	grootste daggemiddeld bovendebiet	bijzonderheid (op 20 dagen)
Zeeschelde te Melle	34	80	202	gedurende 3 dagen meer dan 100 m³/s
Dender te Appels	10	28	73	gedurende 9 dagen meer dan 30 m³/s
Zenne te Eppegem	7	19	51	gedurende 4 dagen meer dan 25 m³/s
Dijle te Haacht	17	34	81	gedurende 5 dagen meer dan 40 m³/s
Grote Nete te Itegem	5	9	18	gedurende 2 dagen meer dan 15 m³/s
Kleine Nete te Grobbendonk	7	15	32	gedurende 7 dagen meer dan 15 m³/s

Tabel 23 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de laatste decade van februari 2010 en de eerste decade van maart 2010, naar aanleiding van de was-periode van 23 februari tot 5 maart 2010 (alle debieten zijn in m³/s)

2.2.2 - b wasregime augustus 2010

Een tweede wasregime kwam voor half augustus 2010, meerbepaald tussen 15 en 18 oogst. Het gebeurt vaak dat 's zomers hevige onweders aanleiding geven tot grote afvoeren in de onbevaarbare waterlopen van het land, met bvb. veel afvoer van slib. Zeker de glooiende leemstreken zijn daarvoor bekend. Dat die afvoeren evenwel een grote invloed nalaten op de afvoer naar het Zeescheldebekken, komt in zomerse periodes veel minder voor. Half augustus 2010 was dus wat dat betreft een "uitzondering".

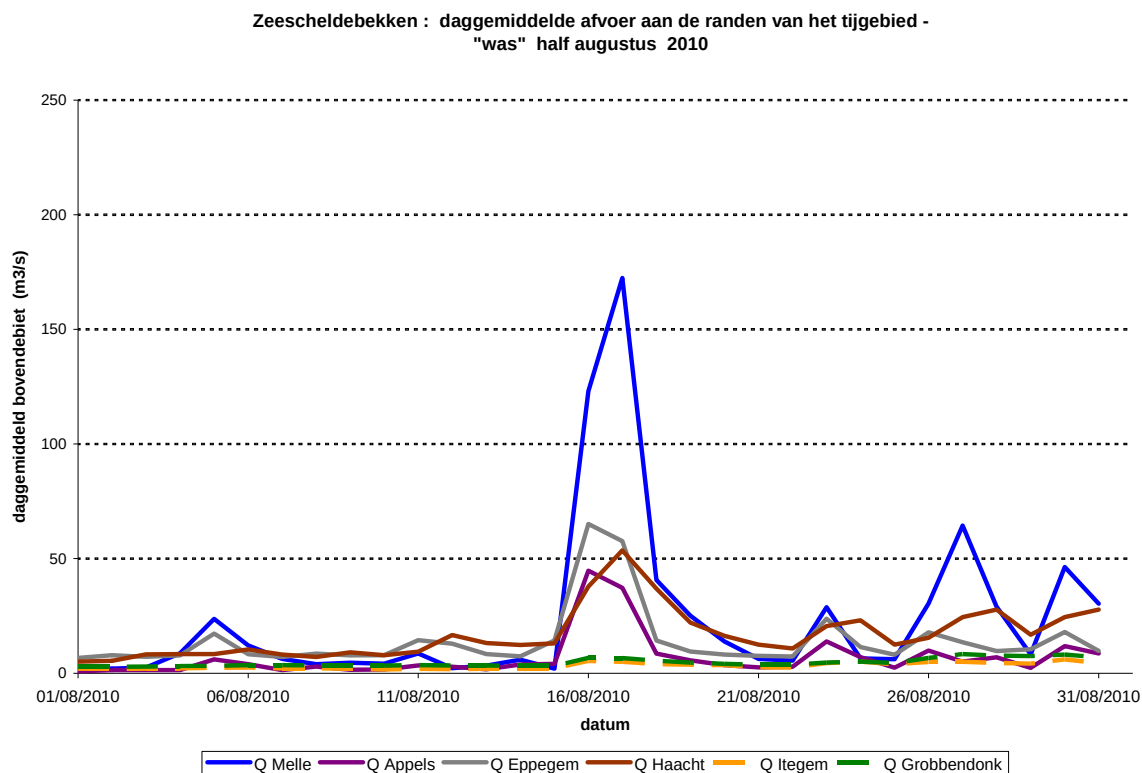
Tussen 15 en 17 augustus 2010 veroorzaakte het doortrekken van een flinke depressie naar het westen van Duitsland, gaande pal boven België, de komst van een zeer actieve regenzone. Nadien volgde nog een korte periode van gewone maritieme luchtstromingen. Om enig idee van de flinke neerslag in die maand te schetsen: de streekgemiddelden van de neerslag waren in het land alle (flink) hoger dan de normale waarden. Zij varieerden van 178% van de maandelijks normale waarde in het Land van Herve tot 265% in Vlaanderen (!). Het teveel aan neerslag was in deze laatste regio zeer uitzonderlijk! Zo werd de hoogste dagwaarde aan neerslag gemeten op 15 augustus 2010, net een hoogdag ..., met een dagtotaal van liefst 85,4 mm (!!!). Dus één dagtotaal dat beduidend groter was dan een normaal maandtotaal. De neerslag ging ook gepaard met onweders; zo was er in het ganse land bliksemschade op alle dagen tussen 13 en 16 oogst.

Dit alles geeft aan dat er op enkele dagen een meer dan flinke neerslaghoeveelheid in uitgerekend onze contreien is gevallen, hetgeen aanleiding heeft gegeven tot een plotse (want er was geen vertraging tussen plaats van neerslag en de afvoerende waterlopen naar het Zeescheldebekken) doch gelukkig kortstondige wasperiode.

De navolgende grafiek toont het verloop van de daggemiddelde waarden aan de randen van het tijgebied voor de maand augustus 2010. Na vele dagen van zeer kleine afvoer want al lang droog weer, kwam de zeer flinke neerslagperiode van 15 à 17 augustus. Gezien de onmiddellijke afvoer want geen vertraging zoals zonet aangegeven, deden zich plots zeer grote bovendebieten voor. Vooral de Zeeschelde te Melle kwam tot een zeer grote afvoer, gezien net dat hydrografisch achterland van Schelde en Leie heel veel neerslag kende. De grootste daggemiddelde afvoer te Melle bedroeg 172,4 m³/s; slechts vijf andere dagen van 2010 kenden te Melle een groter daggemiddeld bovendebiet.

Geheel conform de neerslagverdeling over onze contreien, meerbepaald weinig neerslag in de Kempen, bleven de afvoeren van Kleine en Grote Nete klein.

De grafiek toont ook een vrij typisch verloop van een grote zomerse afvoer: een snelle en flinke vergroting van de bovendebieten, een spitse top in de grafieklijn, en de relatief langere periode van langzaamaan dalende bovendebieten, kortom een asymmetrisch verloop.



Figuur 71 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in augustus 2010, o.a. met de plotse en kortstondige wasperiode van half augustus 2010

locatie	kleinste daggemiddeld bovendebiet	gemiddeld bovendebiet ganse periode	grootste daggemiddeld bovendebiet	bijzonderheid (op 10 dagen)
Zeeschelde te Melle	2	40	172	gedurende 2 dagen meer dan 100 m³/s
Dender te Appels	2	12	45	gedurende 2 dagen meer dan 30 m³/s
Zenne te Epegem	7	21	65	gedurende 2 dagen meer dan 25 m³/s
Dijle te Haacht	9	26	54	gedurende 1 dag meer dan 40 m³/s
Grote Nete te Itegem	2	3	5	gedurende 0 dagen meer dan 15 m³/s
Kleine Nete te Grobbendonk	3	5	7	gedurende 0 dagen meer dan 15 m³/s

Tabel 24 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de tweede decade van augustus 2010, naar aanleiding van de was-periode van 16 à 18 augustus 2010 (alle debieten zijn in m³/s)

Het typische aan een zomer-wasperiode is een plotse piekafvoer van korte duur. In herfst en winter duren de wasafvoeren bij eenzelfde neerslag typisch langer en zijn de pieken eerder afgezwakt. Ook kenschetsend aan een zomerse was is dat de voorafgaande bovendebieten normalerwijze op de Zeeschelde (Melle) en de Dender (Appels) zeer klein zijn, eerder een lekverlies van stuwen en sluizen dan wel een echte afvoer. En zoals bij vele wasregimes kan een was snel en groots opkomen terwijl de mindering van de bovenafvoer over beduidend meerdere dagen gespreid is, m.a.w. er is een asymmetrisch verloop van de afvoer.

Zo geeft figuur 65 een grafisch overzicht van dat verloop der daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied over de ganse maand augustus 2010. Aan linker- en aan rechterzijde zijn de periodes vlak voor en vlak na het wasregime in rechthoek aangeduid. Duidelijk is dat aan alle meetraaien plots doch kort grote bovendebieten optraden, behalve aan Itegem en Grobbendonk. Vanzelfsprekend moeten al die bovendebieten per locatie geprojecteerd worden aan wat als "groot" bovendebiet in het betrokken opwaarts hydrografisch bekken kan voortkomen, en wat de sectie van de rivier kan "verdragen".

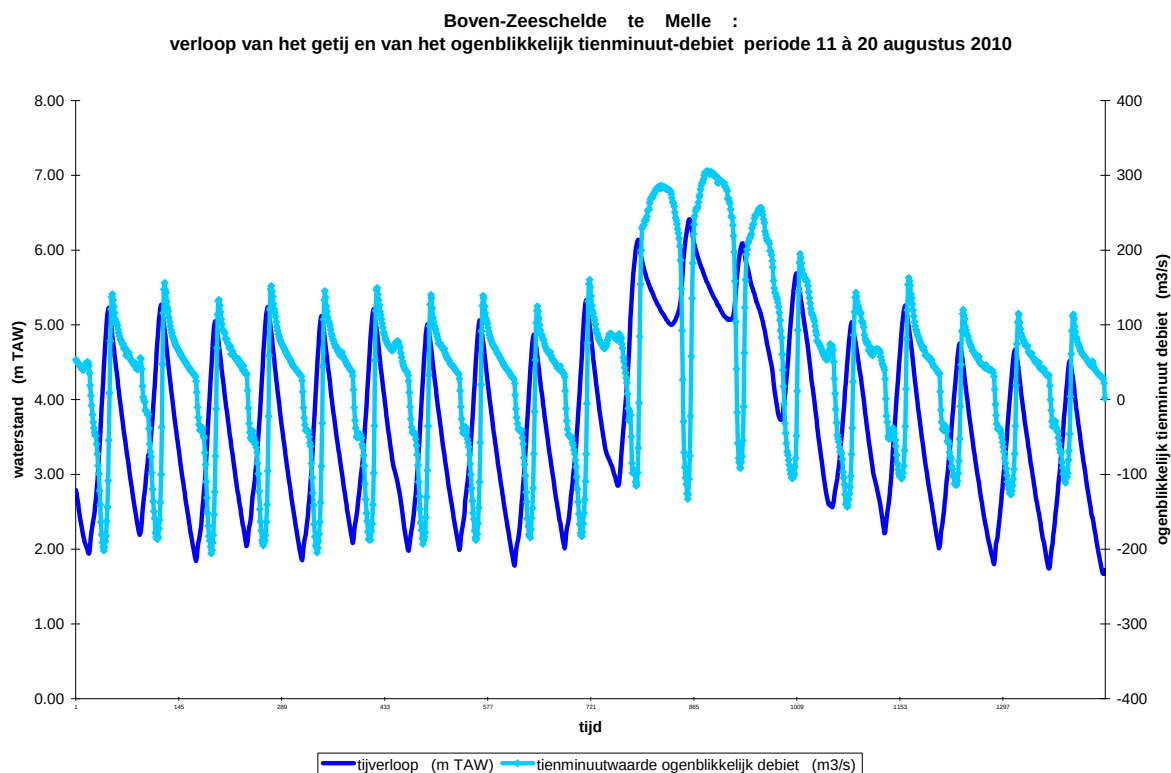
Bij niet-rechtstreeks aan het getij onderworpen rivieren, is de rivierstroming steeds naar afwaarts, naar zee. Bij de meetlocatie van de Zeeschelde te Melle handelt het evenwel om een wél rechtstreeks aan het getij onderworpen rivier, dus gaat er vloed en eb. In periodes van kleine bovenafvoer zijn vloed- en eb-volumes van eenzelfde orde van grootte. Het overschot aan totaal eb-volume per etmaal op het totaal vloed-volume 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. Te Melle duurt de stijging van het tijwater iets meer dan vier uren; de daling van het tijwater duurt ongeveer acht uur. Dat is een verhouding van 1 op 2, wat een zeer asymmetrisch tijverloop geeft. De kenteringen bij hoog- en bij laagwater duren ongeveer even kort, dus verhouden de duurtijden van stijging en daling van het tij zich zoals de duurtijden van vloed en eb. Als nu de volumes van vloed en eb in ongeveer eenzelfde orde van grootte liggen, dus bij kleine bovenafvoeren, zijn de vloed- en eb-snelheden duidelijk van elkaar verschillend aangezien de vloed maar half zo lang duurt als de eb.

In de navolgende grafiek wordt dit duidelijk getoond. Voor de meetlocatie Melle zijn zowel het verloop van het tij (waterstand, in donkerblauwe lijn) als het verloop van ogenblikkelijk tijdebiet (in lichtblauwe lijn) gegeven. Het handelt bij beide om tienminuut-gegevens. In de getoonde vijf dagen voor de eigenlijke was, dus van 11 à 15 augustus 2010, zijn het tijverloop en het debietsverloop gedurende dagen ongeveer identiek. De grafiek leert dat de kort durende vloed piekwaarden van ogenblikkelijke tienminuut-debieten kent van 180 à 205 m³/s, telkens over korte tijd, en waarbij de deelverlopen dat er vloed heerst, dus het ogenblikkelijk debiet om negatieve waarden handelt, telkens een "omgekeerd driehoekig" verloop kent: na kentering van laagwater volgt een lineair vergrotend vloedvolume, bereikt het even een maximum vloeddebiet, onmiddellijk gevolgd door weerom een lineair doch alsdan verkleinend vloedvolume. Het beeld van het eb-verloop is anders. Na kentering van hoogwater is er ook een lineair sterk toenemend ebdebiet, om snel een maximumwaarde te bereiken, doch waarna het ebdebiet gedurende zes à zeven uren langzaam aan kleiner wordt dus geen snelle vermindering van debiet kent. Pas vlak voor kentering van laagwater treedt een snelle vermindering van het ebdebiet op. De maximumwaarde van het ebdebiet loopt op van 125 à 155 m³/s, dus beduidend kleiner dan de maximum waarden van vloeddebiet.

Bij het toenemen van de bovenafvoer worden enerzijds de duur van de vloed en anderzijds 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. De grafiek toont de forse verhoging van de laagwaters in de wasperiode (16 à 18 augustus) waarbij een minder forse verhoging van de hoogwaters gepaard gaat, alleszins een forse vermindering van het tijverschil.

Maar waar het hier meer om gaat: het verloop van het ogenblikkelijk debiet is op deze drie dagen gans anders dan op de voorgaande dagen. De duur van de vloed is zeer klein geworden, en de maximum waarden van ogenblikkelijk vloeddebiet beduidend minder groot (in dit geval 90 à 115 m³/s). De duur van het ebdebiet is groter geworden, maar des te meer zijn de maximum ebdebieten vergroot, hier tot 255 à 305 m³/s. Ook de duurtijd van zeer grote ebdebieten is vrij lang.

Onderstaande figuur toont nog steeds de aanwezigheid van vloed. Bij nog grotere bovenafvoer en bij langer aanhouden van het wasregime, komt het inderdaad voor dat er gedurende een dag of enkele dagen, géén vloed meer bestaat doch er te Melle steeds eb heerst. 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 tijverskil.



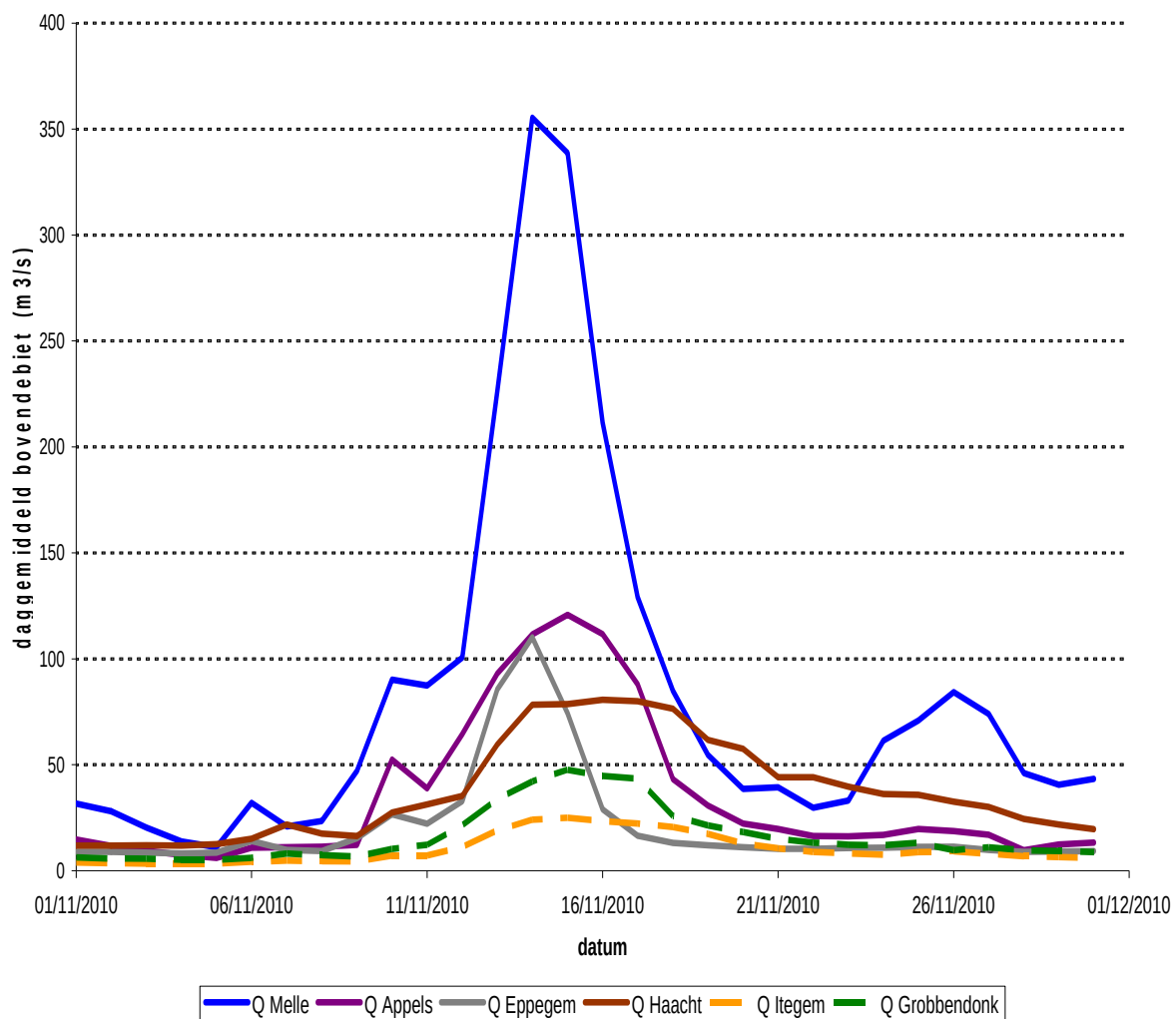
Figuur 72 - Boven-Zeeschelde te Melle: algemeen verloop van het getij en van het ogenblikkelijk debiet in de periode 11 à 20 augustus 2010

2.2.2 - c wasregime november 2010

De derde periode van wasregime trad op van 11 tot 20 november 2010. 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 anticyclon 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 maandwaarde 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.

Zeescheldebekken : daggemiddelde afvoer aan de randen van het tijgebied -
 "grote was" half november 2010



Figuur 73 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in november 2010, o.a. met de grote en langdurige wasperiode medio november 2010

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 tabelvorm worden aangehaald:

*Tabel 25 - Zeescheldebekken: bovendebieten aan de meetraaien - maand november 2010
 (alle debieten zijn in m³/s)*

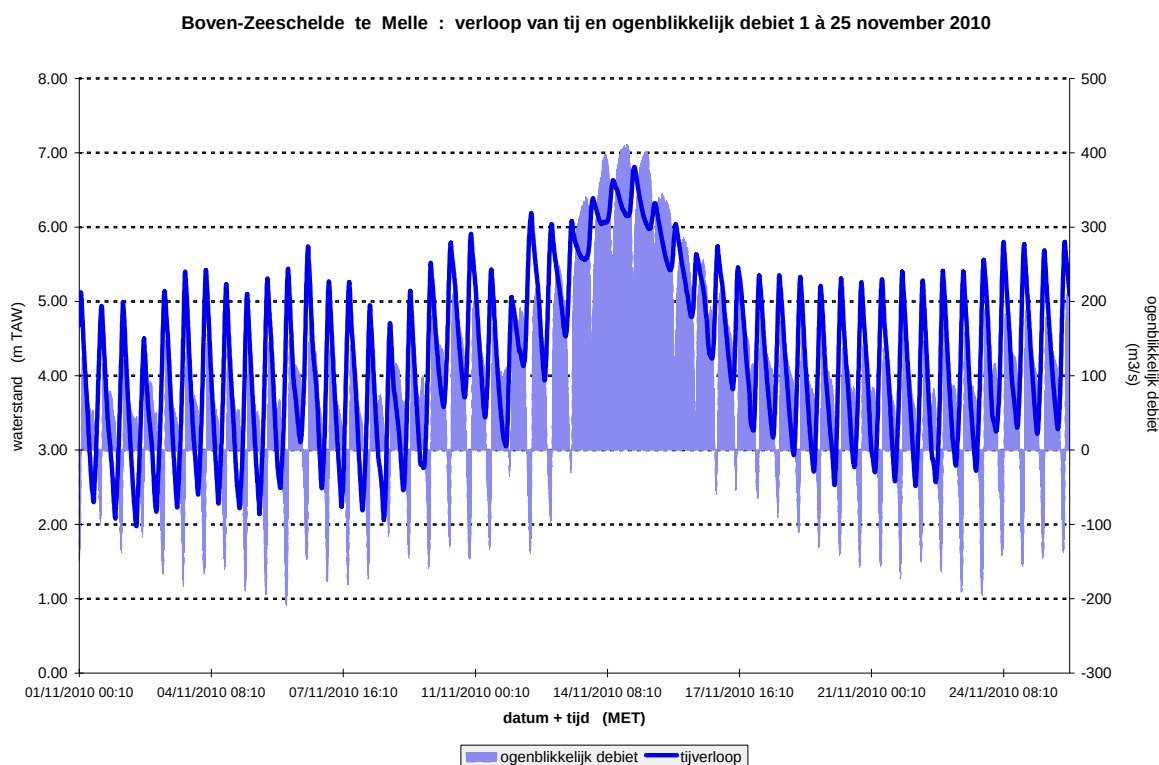
datum	Schelde te Melle	Dender te Appels	Zenne te Eppegem	Dijle te Haacht	Grote Nete te Itegem	Kleine Nete te Grobbendonk
01/11/2010	31.7	14.6	8.9	11.8	3.9	6.3
02/11/2010	28.0	11.7	8.9	11.8	3.6	5.8
03/11/2010	20.3	9.4	8.5	12.0	3.4	5.6
04/11/2010	13.8	7.5	8.1	11.8	3.4	5.2
05/11/2010	11.0	6.0	8.5	12.5	3.3	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

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.

Voor de wasperiode van november 2010 kunnen enkele markante zaken afgeleid worden:

- de periode van was begon eerst op de Zeeschelde, de Dender, de Zenne en de Dijle. Dit wil zeggen dat de hevige neerslag zich inderdaad pas later over de Kempen manifesteerde.
- de wasperiode eindigde ongeveer rond 19 à 20 november, doch hield op de Dijle nog dagenlang aan nl. tot 25 november, waarna (ten aanzien van normale bovendebieten op de Dijle) nog dagenlang een beduidend grote afvoer bleef, doch zonder het etiket "was". Het Dijle- en vooral Demerbekken leunen aan tegen de bekkens van Grote en Kleine Nete, dus de Kempen, waar de hevige neerslag inderdaad later optrad dan over de Vlaanders en West- en Midden-Brabant. Mogelijk heeft ook de regulerende invloed van de stuwen te Mechelen een rol gespeeld, nl. in een meer geleidelijker afvoer van het Dijlebekken om zodoende nog grotere piekafvoeren op slechts enkele dagen te vermijden, zegge om geen waterlast in het Mechelse te veroorzaken. Op andere rivieren zoals Zenne en Grote en Kleine Nete, is er geen stuw aanwezig en is alle afstroming in het tijbekken nog "ongestoord".
- de grootste afvoerdebieten kwamen voor op 14 à 16 november 2010. In de **Zeeschelde te Melle** werd een waarde van liefst 355,4 m³/s bereikt, uiteraard de grootste waarde van dat jaar. Maar ook in historisch perspectief is het een zeer grote afvoer: sinds bvb. 1991 (dus over een periode van de laatste twintig jaar) kwamen slechts drie maal nog iets grotere daggemiddelde afvoeren van de Zeeschelde te Melle voor, nl. telkens einde december, in 1993, in 1999 en in 2002 (bij deze laatste ging de dagwaarde tot 395 m³/s).

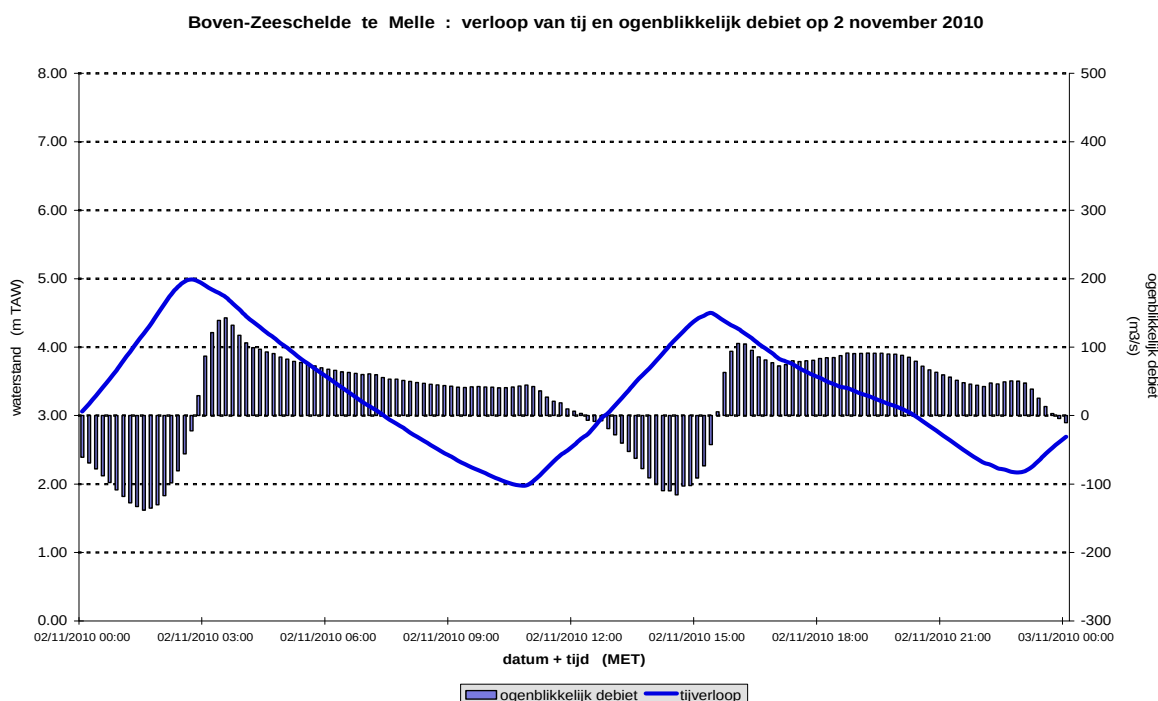
Onderstaande grafiek toont het verloop van het tij (donkerblauwe lijn) en van het ogenblikkelijk tijdebiet (lichtblauw oppervlak) te Melle.



Figuur 74 - Zeeschelde te Melle : verloop van het tij en van het ogenblikkelijk vloed- en ebdebiet in november 2010, o.a. met de grote en langdurige wasperiode medio november 2010

Zoals al aangegeven bij het beschouwen van de zomerse wasperiode half augustus 2010 (zie hoger, punt 2.2.2 - b) blijven vloed- en eb-volume per etmaal, bij kleine bovenafvoeren in ongeveer dezelfde orde van grootte. Weliswaar is de duurtijd van eb ongeveer het dubbele als de duurtijd van vloed. Bij het groter worden van de bovenafvoer, wordt eb dominantier t.o.v. vloed, in eerste instantie qua debiet. Bij het nog groter worden van de bovenafvoer werkt het ook in op de duurtijden van eb en vloed, zodanig dat vloed nog slechts kort duurt.

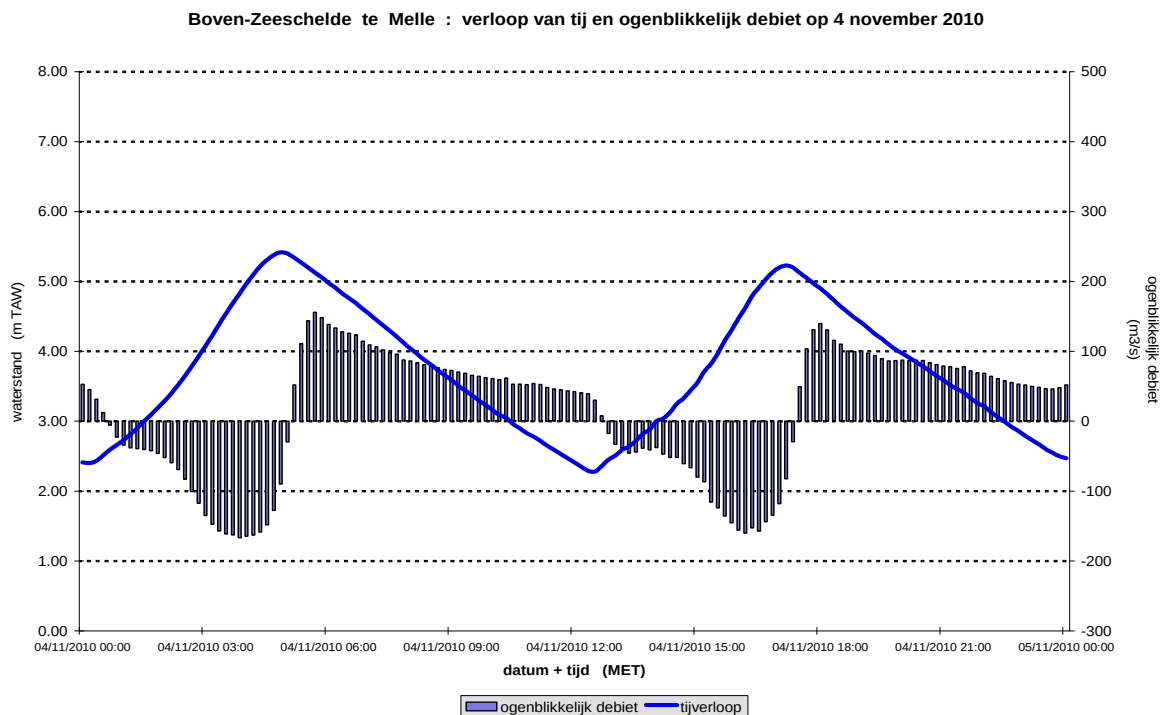
Onderstaande vier figuren tonen de reële verlopen van tij en van ogenblikkelijke vloed- en eb-debeten te Melle vlak voor en tijdens de wasperiode van half november 2010. De eerste figuur toont die verlopen bij een daggemiddeld bovendebiet van 28 m³/s, dus bij een eerder middelmatige bovenafvoer (het jaargemiddelde over 2010 bedroeg 34 m³/s). De verschillen in duurtijd van vloed en eb zijn markant. Het gedurende langere tijd binnen een ebduur vrij groot blijven van de ebdebeten valt ook op, daar waar de vloeddebeten naar een maximum gaan en meteen terug flink kleiner worden.



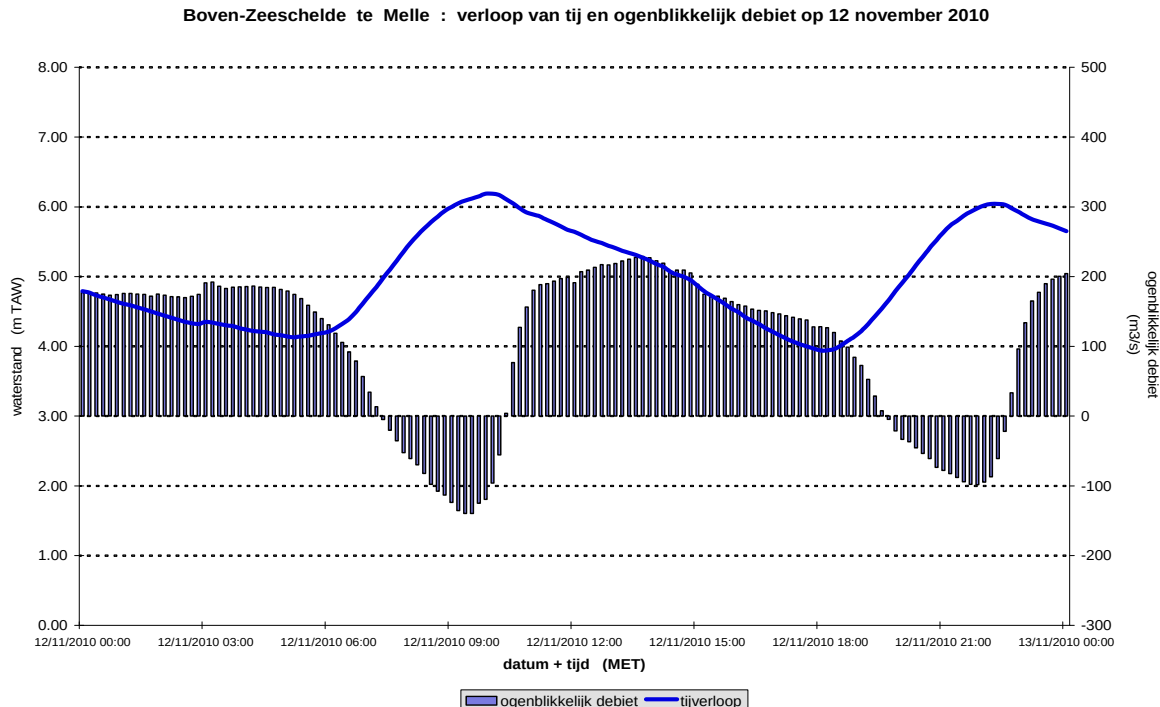
Figuur 75 - Zeeschelde te Melle: verloop van tijstand en ogenblikkelijk tijdebet op 2 november 2010

Volgende figuur herhaalt ongeveer dezelfde verlopen. Het daggemiddeld bovendebiet was op 4 november maar 14 m³/s, dus vrij klein. De vloed is prominenter aanwezig, zo in debiet als in duurtijd dus ook in volume.

De daaropvolgende figuur is deze voor 12 november. Het wasregime is aan zijn derde dag toe, met een dagafvoer van 101 m³/s. Laag- en hoogwater zijn al flink verhoogd, en het tijverschil verkleind. De duur van de vloed is verminderd en deze van eb vergroot. Het ebdebet is fel vergroot.

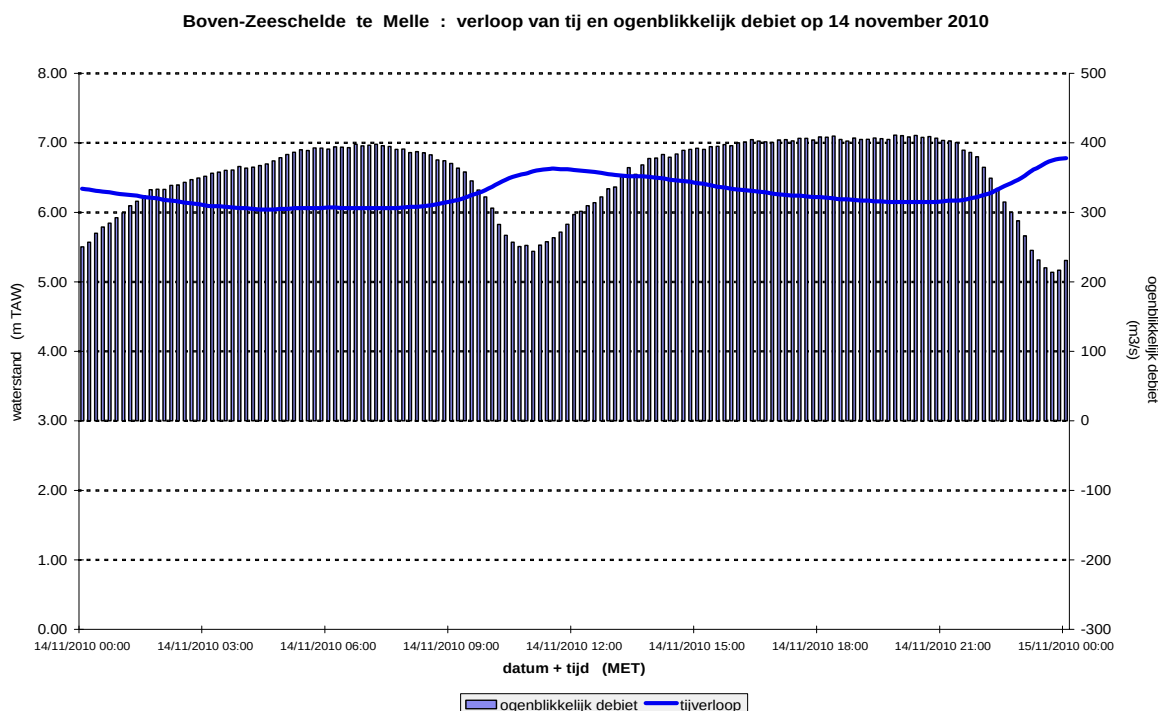


Figuur 76 - Zeeschelde te Melle: verloop van tijstand en ogenblikkelijke tijdebiet op 4 november 2010



Figuur 77 - Zeeschelde te Melle: verloop van tijstand en ogenblikkelijk tijdebiet op 12 november 2010

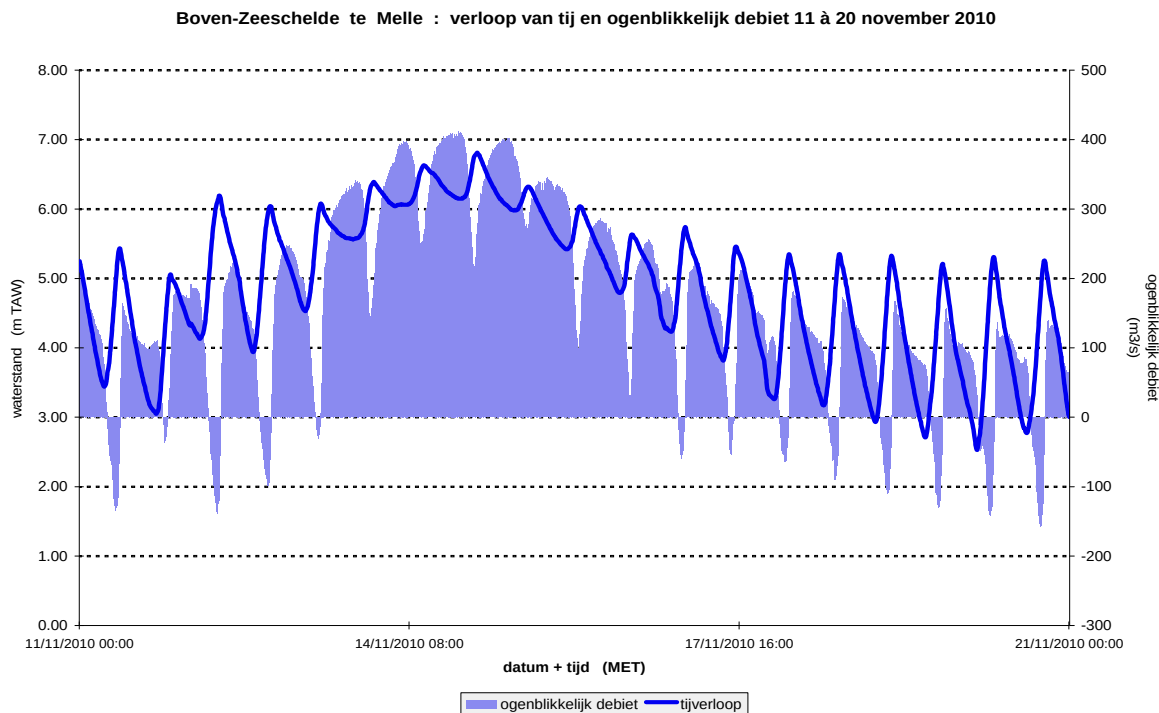
Op de dag met de grootste bovenafvoer in deze periode van wasregime, nl. te Melle op 14 november, met een daggemiddeld bovendebiet van liefst 355 m³/s, zijn hoog- en laagwaters fel verhoogd, de laagwaters veel meer t.o.v. normale waarden dan wel de hoogwaters, en is het tijverschil zeer klein geworden, slechts 70 cm. Maar wat bovenal opvalt, is dat er gedurende deze dag geen vloed meer heerst: alle ogenblikkelijke tijdebieten zijn positief, met een kleinste tienminuutwaarde van iets meer dan 200 m³/s (ebdebiet) en een grootste waarde van iets meer dan 400 m³/s. Te Melle heerst dus enkel een schijngetij: geen horizontaal tij meer (geen vloed en eb doch enkel eb) en is er nog maar een vertikaal getij (al weze het miniem, met een zeer klein tijverschil).



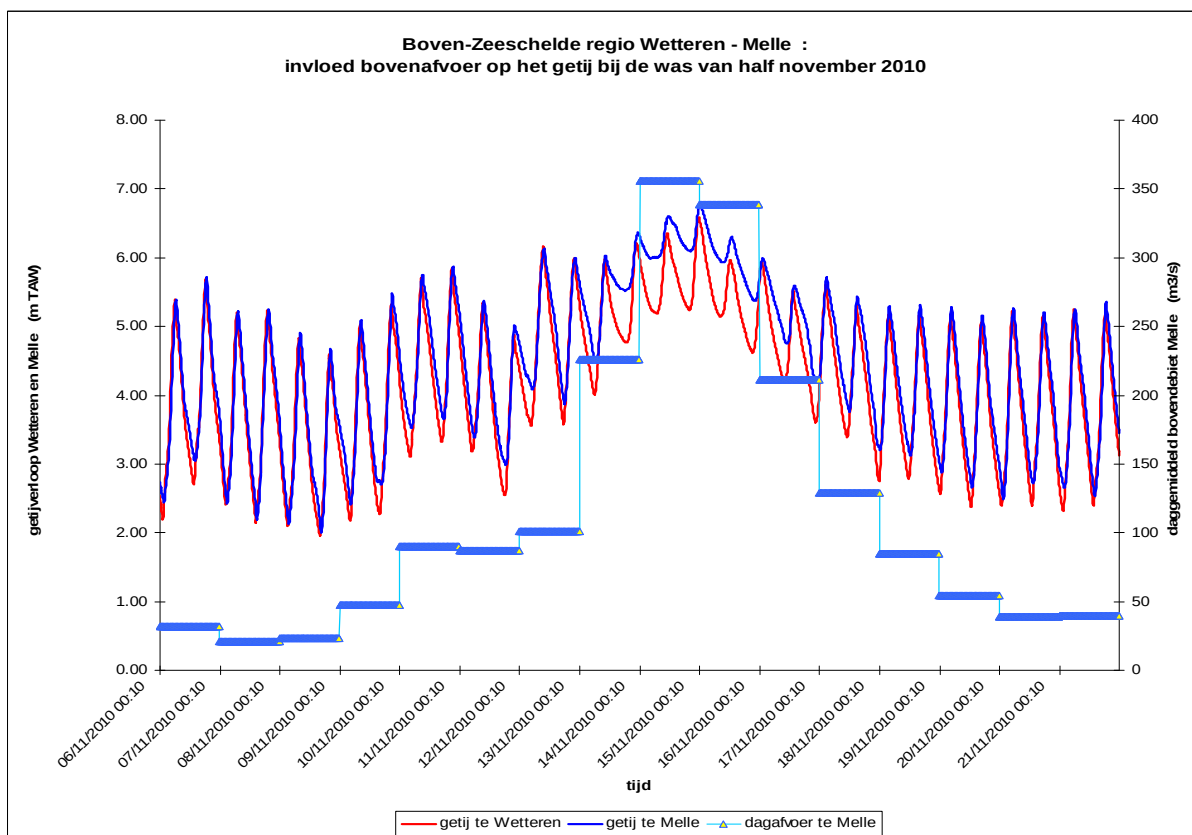
Figuur 78 - Zeeschelde te Melle: verloop van tijstand en ogenblikkelijk tijdebiet op 14 november 2010

Enkel afwaarts, bvb. te Wetteren, zal nog een écht getij, zowel horizontaal als verticaal, aanwezig zijn. De afvoer te Melle is aan dat échte getij onderhevig: het is weliswaar steeds "eb" (door de zeer grote aanvoer van opperwater vanuit Schelde en Leie via de Ringvaart, dus steeds een stroming van land naar zee) maar bij elk hoogwater te Wetteren wordt het verhang tussen Melle en Wetteren kleiner zodat de afstroming te Melle vermindert en het water in hoogte cumuleert. Bij elk laagwater te Wetteren is het verhang telkens groter en vergroot de afstroming te Melle met een tijdelijk verlagen van het waterpeil: een schijngetij.

Dat schijngetij te Melle duurde in deze wasperiode van 13 tot 17 november. De volgende figuur toont het verloop van enerzijds het tij (continue donkerblauwe lijn) en anderzijds het ogenblikkelijk tijdebiet (in lichtblauwe kolommen) over de periode 11 à 20 november. Enkel in de eerste drie dagen en in de laatste drie dagen van deze periode zijn er vloeddebieten aanwezig (debiet negatief, zie rechteras); in de middelste periode zijn de tijdebieten steeds positief dus geldt er enkel eb. Tenslotte geeft een volgende figuur de invloed van de grote afvoeren op het tij te Melle en te Wetteren, met de ondertussen klassieke beelden: verhoging der hoog- en laagwaters, verkleinen van de tijverschillen.



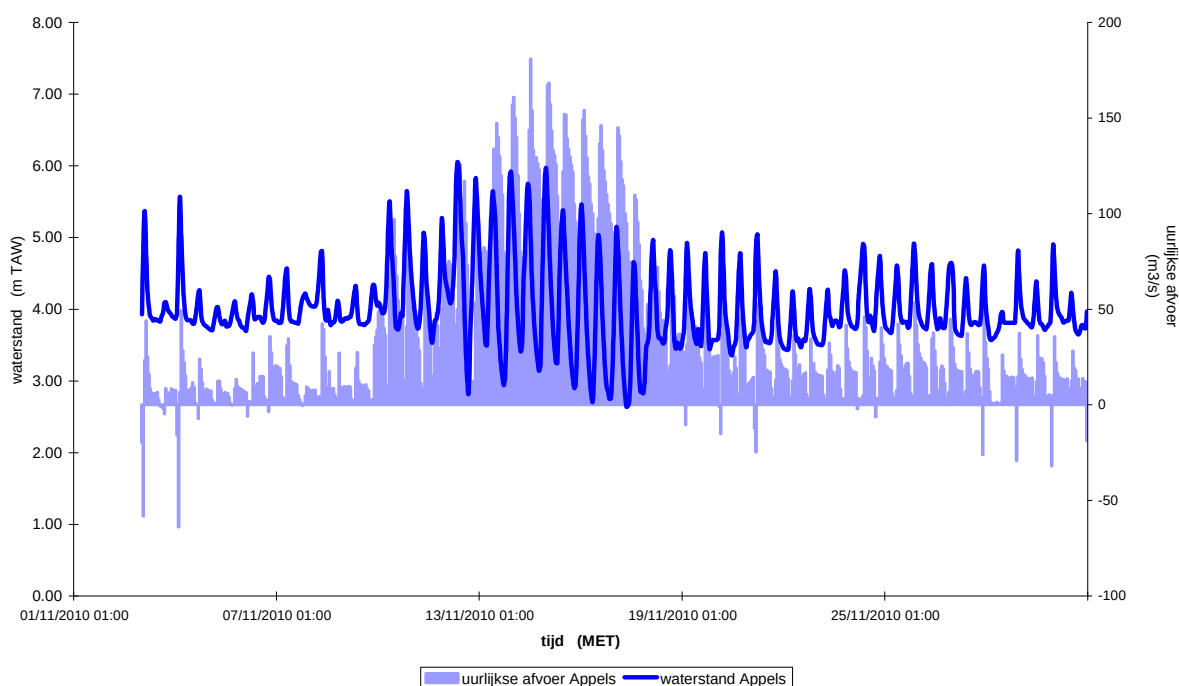
Figuur 79 - Zeeschelde te Melle: verloop tij en tijdebiten van 11 à 20 november 2010



Figuur 80 - Zeeschelde te Melle en te Wetteren: verloop van het tij, plus de daggemiddelde afvoer te Melle, periode 6 à 21 november 2010

- voor de **Dender te Appels**, meteen de uitmonding van de ganse Dender in de Zeeschelde, was het grootste dag-gemiddelde bovendebiet 120,8 m³/s op 15.11.2010. Dat werd in de afgelopen twintig jaar slechts overtroffen einde december 1999 (max. dagwaarde 150 m³/s) en begin januari 2003 (max. dagwaarde 134 m³/s).

Dender te Appels : uurlijks verloop van waterstand en afvoer maand november 2010

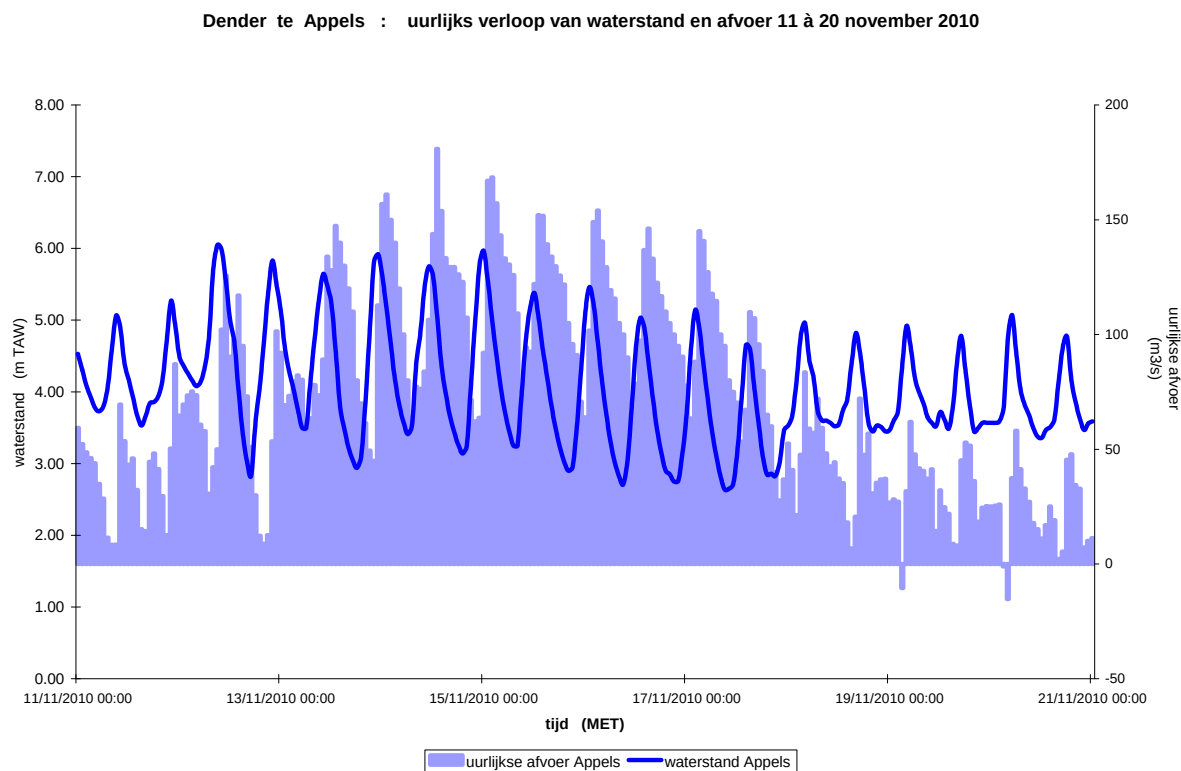


Figuur 81 - Dender te Appels: uurlijks verloop van waterstand en afvoer maand november 2010

Bovenstaande figuur toont het verloop van de waterstand en van het ogenblikkelijk debiet te Appels. Is de dagafvoer klein tot iets vergroot, dan schommelt de waterstand in de Dender al naargelang de grotere of kleinere of zelfs helemaal geen mogelijkheid tot lozing in de Zeeschelde. Deze is nl. flink aan het getij onderhevig, en veruit de meeste hoogwaters zijn (soms beduidend) hoger dan het normale kanaalpeil van het afwaartse pand van de Dender. M.a.w.: de invloed van het tij in de Zeeschelde is duidelijk in het waterpeil van de Dender te zien. Telkens bij hoogwater in de Schelde cumuleert het water in de Dender, tot een relatief hoog peil, waarna, als het tij in de Schelde voldoende is gedaald, afstroming van Dender naar Schelde kan gebeuren en het waterpeil in de Dender zelf daalt.

Bij groter worden van de bovenafvoer op de Dender, wordt ook deze variatie van waterpeil in de Dender te Appels groter. De beide stuwen van de Dender naar de Schelde worden nl. dan ook zo bediend, dat bij lagere waterstanden in de tij-Schelde er meer capaciteit is om Denderwater te lozen. Geregeld daalt het waterpeil in de Dender alsdan tot rond en om het zeer lage peil TAW +3,00 m, waardoor ruimte vrij komt om van het opwaartse kanaalpand van de Dender veel water te ontvangen, en cumuleert het water zelf flink in het laatste kanaalpand, waarna bij dalen van het tij in de Zeeschelde flink kan geloosd worden. De maximum uurwaarden van de ogenblikkelijke afvoer van de Dender kan dan makkelijk 150 m³/s bedragen tot nog grotere waarden van ongeveer 180 m³/s.

Uiteraard maken de zeer grote verschillen in waterstand, en de zeer grote stroomsnelheden bij piekafvoeren van Dender in Schelde, het voor de binnenvaart zeer moeilijk zelfs onmogelijk zodat de scheepvaart moet worden stopgezet.



Figuur 82 - Dender te Appels: uurlijks verloop van waterstand en afvoer van 11 à 20 november 2010

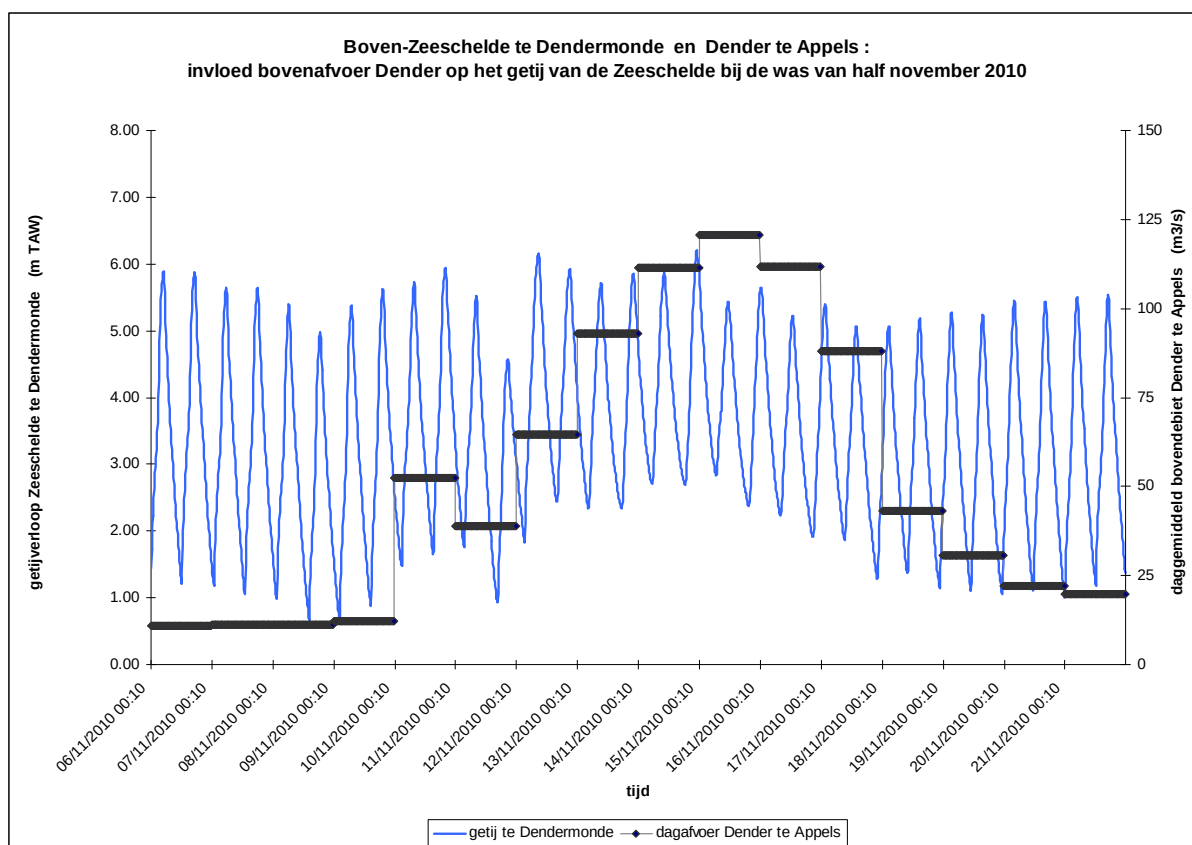
Vorige figuur geeft een uitvergroting van het verloop van waterstand en ogenblikkelijke afvoer van de Dender te Appels, nu over de periode 11 à 20 november 2010. De reeds aangehaalde elementen worden nog duidelijker getoond. De schommelingen van telkens enkele uren, van het waterpeil in de Dender te Appels, zijn werkelijk zeer groot, enkele zelfs rond en om drie meter. Bij een kanaal dat een waterdiepte van vier à vijf meter kent, is een dergelijke waterstandsvariatie werkelijk enorm. De bodem is daarbij wel nooit droog gekomen, daar de waterstandsvariatie "sinusoïdaal" schommelt rond een min of meer in dergelijke wasperiode gemiddelde waterstand van TAW +3,70 à +4,50 meter.

Er mag ook eens stilgestaan worden bij het door het plaatselijk personeel van de beheersdienst in dergelijke periodes bijna continu opvolgen van de waterstand, van de te verwachten afvoer en de te verwachten waterstanden, in dit geval niet enkel deze van het kanaal zelf maar ook deze van de Zeeschelde. Ook heerst in dergelijke periode nog meer dan anders druk overleg tussen de bedienaars van de opeenvolgende kanaalpanden, waarbij gelet moet worden op scheepvaart en op mogelijke wateroverlast langs beide oevers, nog verzawaard met de problemen rond het kunnen blijven verzekeren van lozingen van zijdebieten zoals andere waterlopen, zuiveringsstations, rioleringen enz. Bij dat alles hoort dan nog de zorg voor het letten op mogelijke gevaren voor de goede werking van de kunstwerken zoals sluizen en stuwen, nl. schade door allerlei drijvend materiaal, bvb. boomstronken en grote takken, doch ook ophoping van divers klein drijvend materiaal.

De aanhoudend zeer grote afvoer van Denderwater naar de Zeeschelde, heeft uiteindelijk ook invloed op het tij in deze tijrivier. Volgende figuur geeft enerzijds de dagwaarden van de afvoer van Dender in Schelde te Appels, en anderzijds het tijverloop in de Zeeschelde te Dendermonde, een meetlocatie op een tweetal kilometer stroomafwaarts van de Dendermonding gelegen.

Het verhaal wordt eentonig: zoals op alle andere analoge locaties verhogen laagwaters en hoogwaters, daarbij de laagwaters meer dan de hoogwaters, en verkleinen de tijverschillen. Bij de Zeeschelde te Melle, waar de zeer grote bovenafvoeren t.o.v. de breedte en diepte van de Schelde zo immens groot zijn, is het verhogen van hoog- en laagwaters met het vergroten van de bovenafvoer zeer correlatief, wat ook geldt in de navolgende periode van verminderen van de bovenafvoer dus het meteen ook verlagen van hoog- en laagwaters.

De Zeeschelde in het Dendermondse is evenwel al een orde van grootte groter dan te Melle, zowel qua breedte als in diepte, zegge in capaciteit. De normale vloed- en ebvolumes zijn er ook beduidend groter dan te Melle: Het gemiddeld ebvolume te Dendermonde is ruim drie maal groter dan het gemiddeld ebvolume te Melle. De aanhoudend zeer grote bovenafvoer van de Dender (waarbij eigenlijk ook de bovendeelten te Melle dienen bijgevoegd) resulteren in een grote invloed op het tij te Dendermonde. Maar die invloed is minder correlatief dan te Melle. Zo is de invloed op het tij al iets aan het afnemen wanneer de bovenafvoer van de Dender haar maximum bereikt. De reden daarvan is te vinden aan de kracht van het afwaartse getij, wat nl. op 14 november 2010 een hoogste hoogwater van de betrokken periode kende, met een hoogwater te Antwerpen van toch al bijna een meter lager op 16 november. Deze lagere hoogwatergolf zet zich als dusdanig door tot Dendermonde, ondanks een nog grotere afvoer van de Dender.

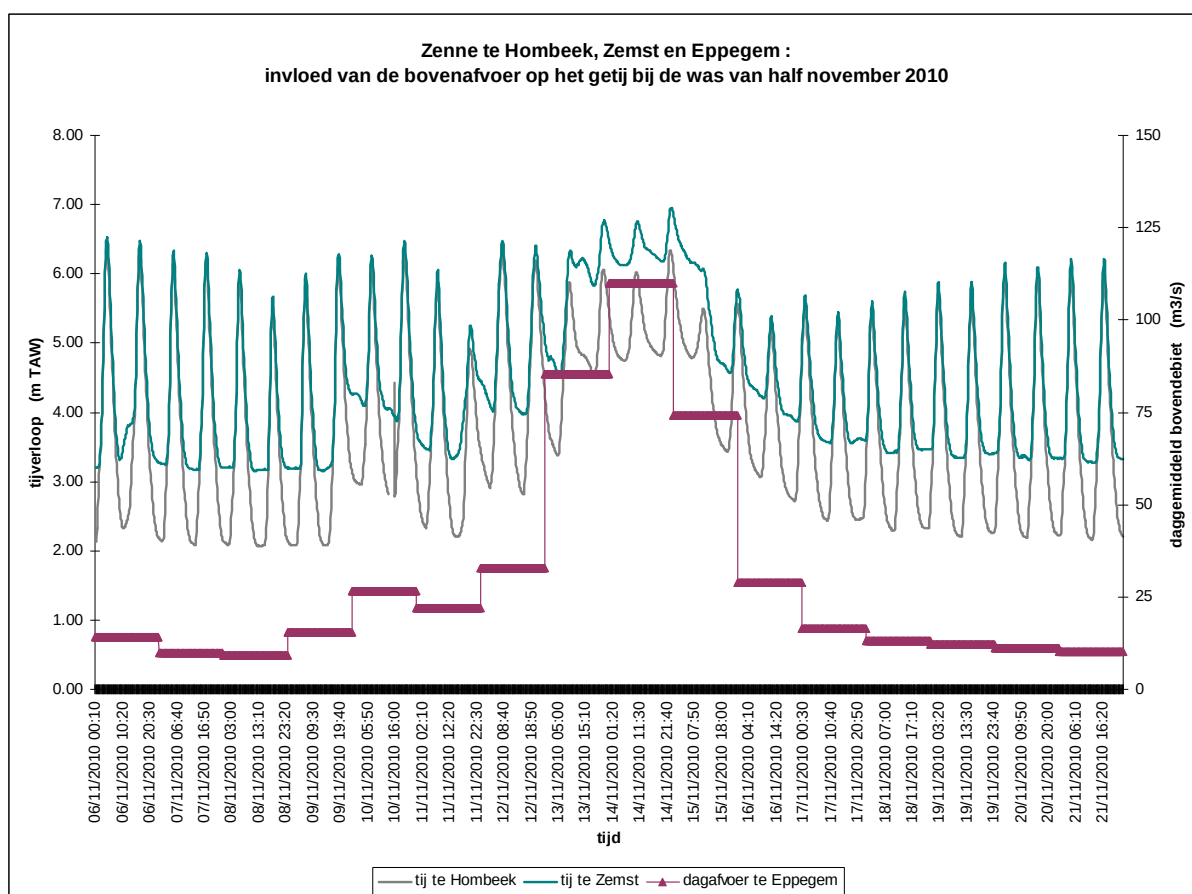


*Figuur 83 - Zeeschelde te Dendermonde: verloop van het tij;
Dender te Appels: verloop van de daggemiddelde afvoer; periode 6 à 21 november 2010*



Figuur 84 - Dender te Geraardsbergen: twee maal eenzelfde kanaalbocht, bovenaan bij mooi droog weer, onderaan tijdens de wasperiode van november 2010 (foto's WL)

- bij de **Zenne te Eppegem** handelde het in november 2010 met 110,1 m³/s om de grootste waarde van daggemiddelde afvoer van de voorbije twintig jaar; andere zeer grote waarden sinds 1991 waren 103 m³/s (op 29.08.1996) gevolgd door "slechts" 91 m³/s op 30.01.1995. Dat is telkens "ongeveer" een tiental m³/s kleiner dan die 110,1 m³/s van november 2010 ... Voor de Zenne handelde het dus bij de was van november 2010 duidelijk om recordmatig extreem grote afvoerwaarden. De invloed van de zeer hoge waterstand (met wateroverlast op belendende percelen) op het kanaal Brussel-Charleroi en het Zeekanaal Brussel-Schelde is in november 2010 zeer groot geweest. Om Halle en Brussel van waterlast te vrijwaren, werd van de Zenne ten zuiden van Halle veel debiet naar het kanaal Brussel-Charleroi afgeleid. Om -afwaarts van Brussel- de hoge waterstanden op het Zeekanaal Brussel-Schelde te verlagen, en een groter verhang te creëren naar het Brusselse toe (dus naar opwaarts) opdat aldaar de waterstroming zou vergroten en de waterpeilen dalen, werd te Vilvoorde veel kanaalwater naar de Zenne teruggebracht. Eerstens ging het om afvoer dat eerst ten zuiden van Brussel uit de Zenne werd onttrokken en naar het kanaal gebracht, tweedes kwam er de extra afvoer van de neerslag in het Brusselse en Vilvoorde bij. Het maakt dat in november 2010 te Eppegem recordmatige waarden qua afvoer werden bereikt.



**Figuur 85 - Zenne te Hombeek en Zemst: verloop van het tij;
Zenne te Eppegem: verloop van de daggemiddelde bovendebiten; periode 6 à 21 november 2010**

Bovenstaande figuur geeft het verloop van het tij in de Zenne te Hombeek en te Zemst weer voor de periode 6 à 21 november 2010, aangevuld met het daggemiddeld bovendebit van de Zenne te Eppegem.

Ook hier geldt een flinke verhoging van laagwaters en hoogwaters bij het vergroten van de bovenafvoer. Ten overstaan van bvb. de Zeeschelde te Melle of te Dendermonde, is die verhoging hier *relatief* sterker. De Zenne is een behoorlijk grote tijrivier, maar naar breedte en diepte kent ze minder doorstroomb capaciteit bij wasafvoeren groter dan bvb. 50 m³/s. De grootste daggemiddelde afvoer van 110 m³/s betekent dus een dergelijke toemaat aan water, dat de verhoging van laag- en hoogwaters zeer sterk is. De congruentie van groter of kleiner worden van de bovenafvoer met het verhogen en verlagen van laag- en hoogwaters, is ook zeer opvallend.

De snelle en flinke respons van de laagwaters in de Zenne te Zemst, op de bovendebieten bvb. gemeten te Eppegem, wordt onderstreept door het reeds op 10, 11 en 12 november 2010 verhogen van de laagwaters, dus voor de eigenlijke zeer grote wasdebieten van 13 à 15 november. Terwijl de hoogwaterstanden nog niet door reeds grotere afvoeren beïnvloed worden, verhogen de laagwaters wél snel. Ook te Hombeek geldt dergelijk fenomeen. Dergelijke respons van laagwaters op bovenafvoer duidt op een voor die grote afvoeren niet te grote natte sectie van de Zenne, of omgekeerd op eerder iets te grote afvoerdebieten voor de grootte van de tijrivier.

- voor de **Dijle te Haacht** ging het om een zeer groot maximum dagafvoer nl. 80,6 m³/s op 16.11.2010. Maar: in de voorbij twintig jaar werd deze dagwaarde liefst dertig maal overschreden, met toch tien maal een dagafvoer van meer dan 90 m³/s, met als allergrootste waarden twee maal 100 m³/s en één maal 102 m³/s. Dat onderstreept wat hiervoor (blz. 86) onder het tweede streepje stond, nl. dat de afvoer op de Dijle meer over dagen is gespreid geworden dan bij de andere rivieren.

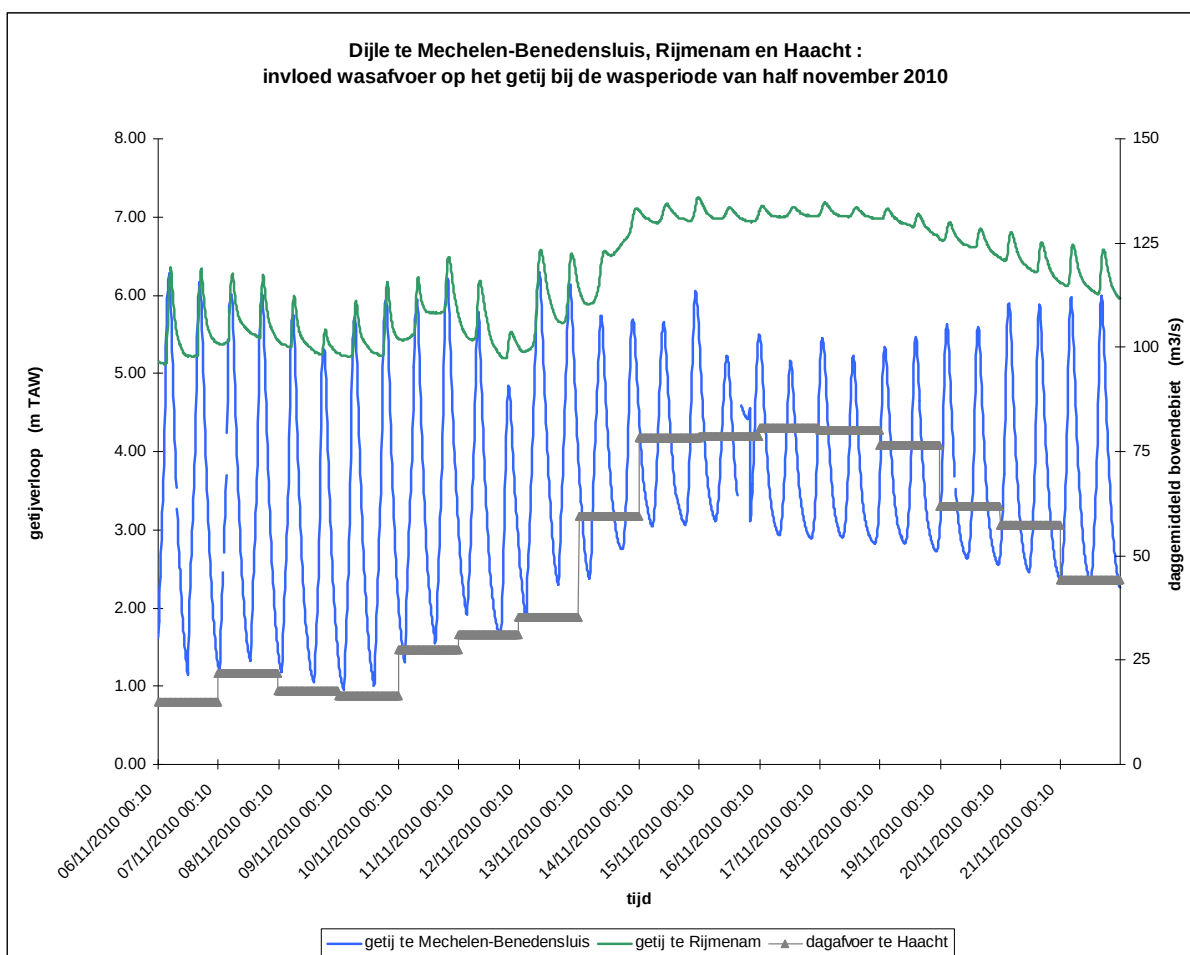


Figuur 86 - Dijle te Haacht : zicht aan de meetlocatie van het bovendebiet tijdens de was van half november 2010 (ref R. De Bock - WL)

De volgende figuur toont een ondertussen bekend beeld: hoe het getij door grote afvoeren verhoogt. Enerzijds wordt het tijverloop van de Dijle te Mechelen-Benedensluis en te Rijmenam gegeven, en anderzijds het verloop van de daggemiddelde bovendebieten op de Dijle te Haacht.

Ook te Mechelen-Benedensluis verhoogden de laagwaters onder invloed van de grote wasafvoer. De hoogwaters kenden niet een dergelijke verhoging. Hoewel het bovendebiet op de Boven-Dijle toch zeer groot was, en het waterpeil te Rijmenam daardoor sterk verhoogde, kwam geen extra opstuwing van de hoogwaters in de stad Mechelen zelf voor. De van afwaarts komende hoogwatergolven werden niet ten volle door de stuwen aan Mechelen-Bovensluis tegengehouden, wat anders een extra verhoging van het hoogwater te Mechelen-Benedensluis en in de Dijle-Afleiding zou hebben veroorzaakt.

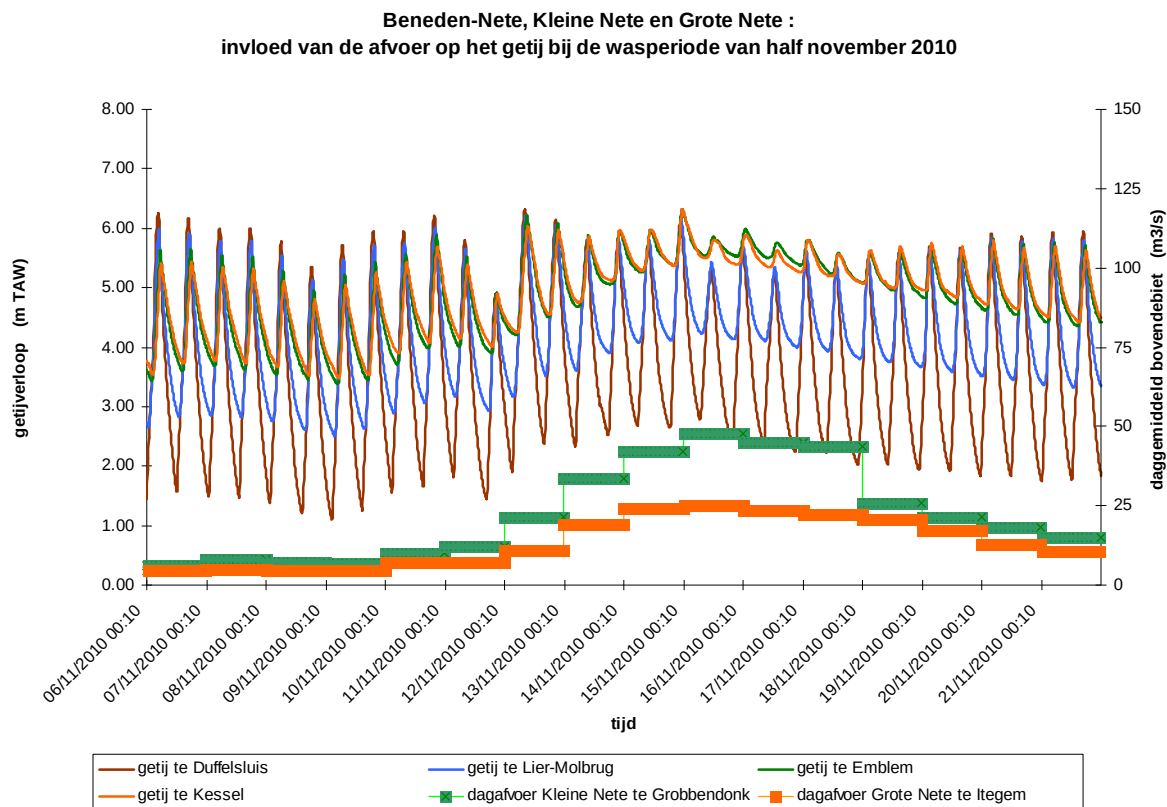
Het verloop van het waterpeil te Rijmenam volgt typisch het beeld van een wasregime: door een verhoging van vooral de laagwaters, toont zich een mooi gekromde doorgaande meetkundige lijn van de waterstand, waarboven zich -door het afwaartse getij mee- kleine hoogwaterkopjes vertonen dus er slechts een zeer klein tijverschil was.



Figuur 87 - Dijle te Mechelen-Benedensluis en te Rijmenam: tijverloop 6 à 21 november 2010, aangevuld met de daggemiddelde waarde van het bovendebiet van de Dijle te Haacht over diezelfde periode

- op de **Grote Nete te Itegem** waren er in november 2010 behoorlijk grote bovendebieten, met een maximum van 24,9 m³/s. Dat is evenwel geen extreem grote afvoer. Sinds 1991 kwamen er over die twintig jaren liefst vierenveertig dagen voor met een afvoer groter dan die grootste in november 2010. Daarbij waren er liefst achttien gelijk aan of groter dan 30 m³/s en waarvan er vier gelijk aan 40 m³/s, blijkbaar een plafond voor de recordmatige extreem grote afvoeren aldaar. De lengte van de Grote Nete, het relatief kleine verhang in het reliëf, en de mogelijkheid tot infiltratie in de zandgronden, maken dat in de Grote Nete zeer grote bovendebieten kunnen optreden, doch geplafonneerd tot -op de meetlocatie Itegem- een veertigtal m³/s.

- ook op de **Kleine Nete te Grobbendonk** (Derde Sas) kwamen zeer grote bovendebieten voor. Het grootste dagdebiet was op 15.11.2010 met 47,6 m³/s. In de voorbije twintig jaar werd dergelijk zeer groot debiet te Grobbendonk slechts vijf maal overschreden, nl. één maal 48 m³/s, twee maal 49 m³/s en twee maal 52 m³/s. De verschillen met de grootste dagwaarde in de wasperiode november 2010 zijn dus niet zo groot, wat er mee op wijst dat een afvoer op dagbasis van rond en om 50 m³/s voor de Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas, dus net afwaarts van het Albertkanaal) een plafond is.



Figuur 88 - Beneden-Nete te Duffelsluis en te Lier-Molbrug, Kleine Nete te Emblem en Grote Nete te Kessel: tijverloop van 6 à 21 november 2010, aangevuld met het verloop van de daggemiddelde afvoer van Kleine Nete te Grobbendonk en Grote Nete te Itegem met o.a. de grote en langdurige wasperiode medio november 2010



Figuur 89 - Kleine Nete te Grobbendonk (Troonstraat) : dagenlang zeer hoge waterstand bij de was van half november 2010, met het waterpeil bijna reikend tot onderkant baanbrug (ref. ing. P. Verhaegen, WenZ, afdeling Zeeschelde)



Figuur 90 - 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)

Voor zowel de Grote Nete als de Kleine Nete spelen de duikers onder enerzijds het Albertkanaal, en anderzijds het Netekanaal, een afvlakkende rol. Daar waar op de andere meetlocaties aan de randen van het tijgebied, met vooral de Zenne te Eppegem als voorbeeld, de wasafvoer duidelijk geconcentreerd ging met op "slechts" enkele dagen piek-afvoeren die véél groter waren dan de afvoer op de dagen onmiddellijk voor en onmiddellijk na die piekdagen, is het verloop van de wasafvoer op zowel de Grote Nete als de Kleine Nete gematigder, met maxima dagafvoeren die maar iets groter zijn dan op de dagen ervoor en erna. Ook het vlakke reliëf, de nog relatief grote onbebouwingsgraad van het hydrografisch achterland, en de neerslagspreiding over meerdere dagen, spelen daarin een rol, doch het feit van de aanwezigheid van de duikers onder het Albertkanaal en het Netekanaal heeft een grote invloed.

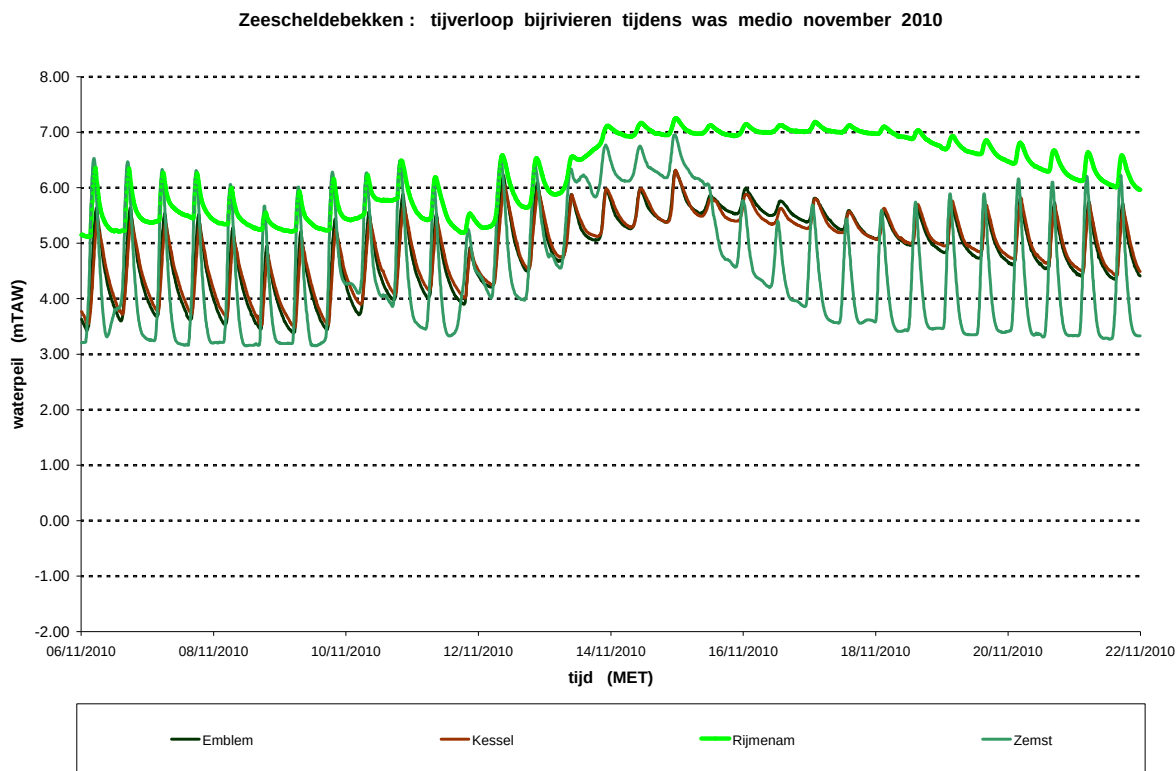
Uiteraard is het tij in de bovenlopen van de Kleine en de Grote Nete fel door de grote wasafvoeren beïnvloed. Zowel laag- als hoogwaters verhogen sterk bvb. te Emblem en te Kessel. Maar ook op de Beneden-Nete, te Duffelsluis en te Lier-Molbrug, is er een flinke verhoging van de laagwaterstanden; de verhoging van de hoogwaters is aanwezig doch is kleiner. En zoals al op andere meetposten gezien, verkleinen de tijverschillen danig.

Voor de Beneden-Nete en in het bijzonder de stad Lier, is van belang dat ondanks de grote wasafvoeren en dankzij het normaal gebleven -niet extra verhoogd- tijverloop vanuit zee, er geen zo hoge waterpeilen zijn geweest die voor wateroverlast hebben gezorgd, en dat het Gecontroleerd Overstromingsgebied Polder van Lier niet in werking is moeten treden.

Om even de invloed van grote wasafvoeren op de waterstanden van enkele bij elkaar gelegen tijrivieren te vergelijken: in de volgende figuur wordt het tijverloop vergeleken tussen goedgekozen meetlocaties op "geburige" tijrivieren, nl. de Kleine Nete, de Grote Nete, de Dijle en de Zenne. "Geburig" is daarbij weliswaar een relatief rekbaar begrip, maar binnen het Zeescheldebekken is dat toch zo. Telkens is het tijverloop gegeven voor de op die tijrivieren meest opwaarts gelegen tijmeetpost.

Uiteraard is het globale verloop vrij congruent, nl. de verhoging van het tij door de wasperiode van half november 2010. Maar toch valt op dat:

- de grootste verhoging van het tij (verhoging van laagwaters en hoogwaters) doet zich voor te Zemst dus in de Zenne; daar werden in november 2010 ook de hoogste waterstanden bereikt, hoger zelfs dan in de Dijle te Rijmenam. Reeds eerder werd aangegeven dat ofwel de Zenne weliswaar groot is doch liefst wordt verruimd m.b.t. dergelijke wasafvoeren, ofwel de wasafvoer te groot is t.o.v. de capaciteit van de rivier, vooral met betrekking tot de natte sectie rond en om laagwater.
- de Zenne evenwel vrij snel terug naar normaal getij is overgegaan, waar de andere rivieren nog enkele dagen een verhoogd getij hebben gekend. Vooral in de Boven-Dijle te Rijmenam is de duur van het door wasafvoer verhogen van de waterstand vrij lang, mede door regeling van de stuwen aan de Bovensluis te Mechelen, m.n. om de van afwaarts komende hoogwatergolven niet extra te doen verhogen en voor een zo goed mogelijke spreiding van de wasafvoer.



*Figuur 91 - Kleine Nete te Emblem, Grote Nete te Kessel,
 Boven-Dijle te Rijmenam, en Zenne te Zemst:
 vergelijking van de tijverlopen gedurende de wasperiode medio november 2010*

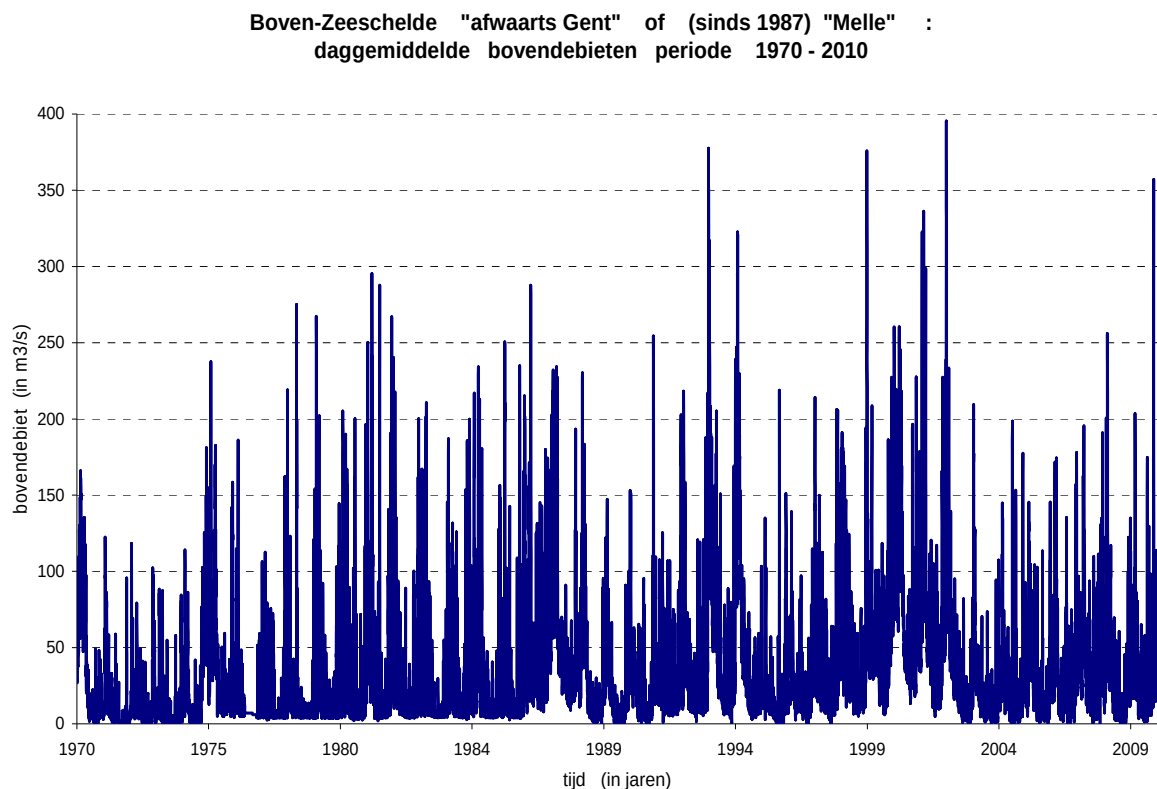
Het jaar 2010 was dus wat afvoer aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken aangaat, gekenmerkt door:

- een vijftal doch niet zo erg langdurige periodes van kleine tot zeer kleine bovenafvoer, over het jaar verspreid;
- maar vooral door -ook over het ganse jaar verspreid- een vijftiental periodes van grotere afvoer, en zeer zeker een drietal zeer flinke wasperiodes, waarbij deze van half november 2010, met dagenlang uitgestrekte wateroverstromingen tot gevolg, nog lang zal onthouden worden.

2.2.3 bovendebieten meetraaien 2010 in historisch perspectief

Het jaar 2010 mag dan wel verschillende periodes van vergrootte bovenafvoer, twee periodes van flinke was doch elk kortstondig in duurtijd, en vooral één periode van dagenlang zéér grote afvoer met grote wateroverstromingen gekend hebben, de jaargemiddelde waarde van al die dagwaarden van bovenafvoer aan de randen van het tijgebied over het jaar 2010 bleef een "middelmattige" waarde. Debet daaraan zijn de over het jaar verspreide -alhoewel elk niet zo erg langdurig- periodes van kleine tot zeer kleine bovenafvoer.

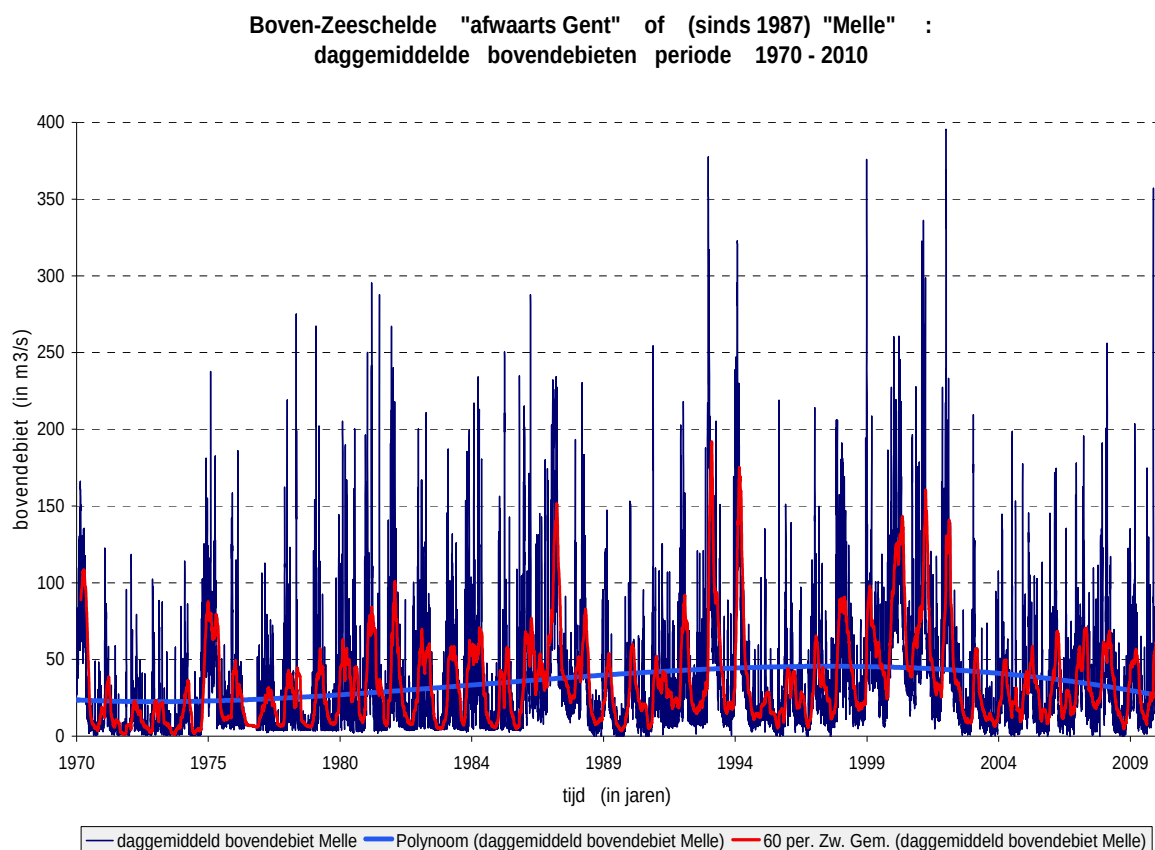
De volgende grafiek geeft de seizoenale en langjarige variabiliteit aan van wat normalerwijze de belangrijkste aanbrenger van bovenafvoer in het Zeescheldebekken is: het toont de daggemiddelde bovenafvoer van "het Gentse" sinds 1970 t/m 2010. Het begrip "het Gentse" omvat de som van de debieten vanuit Gentbrugge, Merelbeke en Zwijnaarde samen. Er wordt 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 en Zwijnaarde, terwijl voordien alle afvoer (en alle scheepvaart) via de Gentse binnenstad naar de stuw/sluis te Gentbrugge ging.



Figuur 92 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle periode 1970-2010 (alle bovendebieten in m³/s)

Om de toch zeer grote was van november 2010 in historisch perspectief te schetsen, toont de grafiek dat slechts in een drietal periodes over 1970-2009, nog iets grotere daggemiddelde afvoer te Melle is opgetreden. In einde december 1993 waren de nog hogere dagwaarden 366 en 378 m³/s. Einde december 1999 handelde het om slechts één grotere dagwaarde, nl. 373 m³/s. Tenslotte kende einde december 2002 twee grotere dagwaarden: 395 en 369 m³/s.

De grafiek toont ook aan met de daggemiddelde waarden van het bovendebiet, hier in de Zeeschelde te Melle, en dan nog over een periode van "slechts" 1970 à 2010, er een variatie aan waarden gepaard gaat, die 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 bovendebiten te Melle optraden.



Figuur 93 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebiten in de Zeeschelde te Melle periode 1970-2010 (alle bovendebiten in m³/s) en met aangeven van de seizoenale trendkromme en de langjarige trendlijn

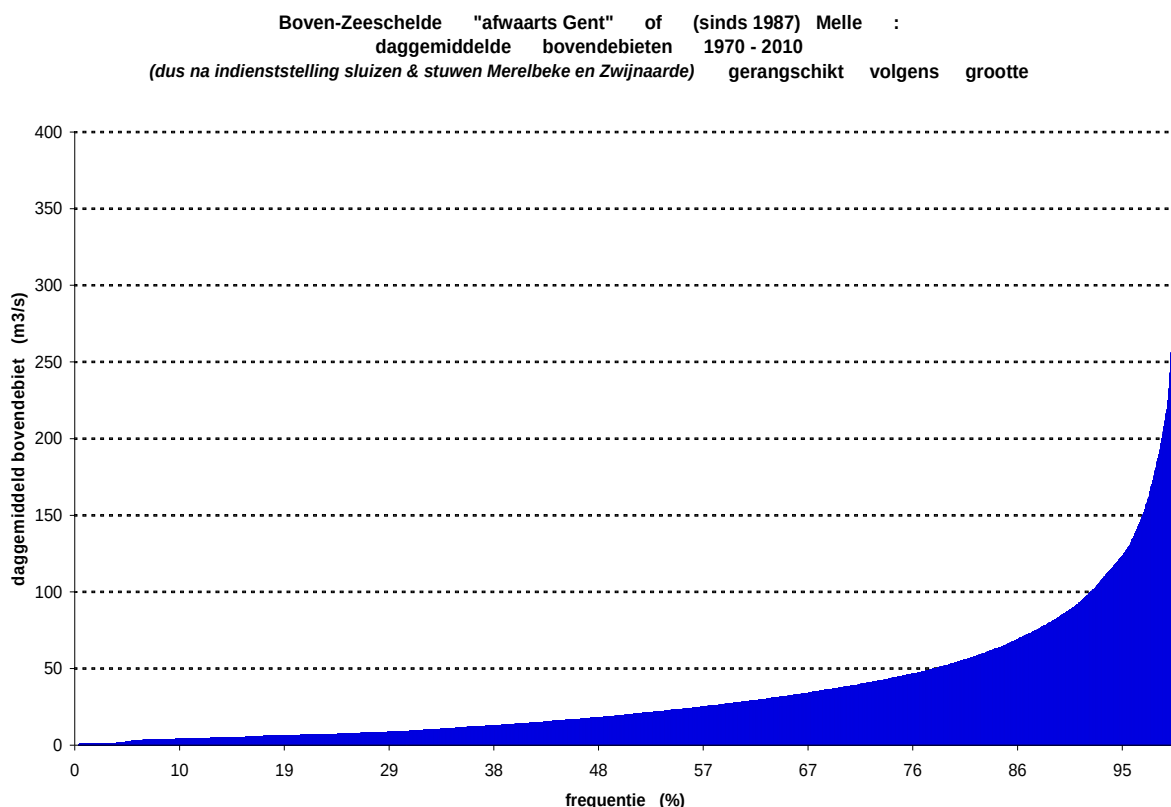
Als achtergrond gaat dezelfde grafiek van daggemiddelde waarden als in vorige grafiek. Maar er zijn twee trendlijnen aangegeven: in het lichtblauw volgens een polynoom (van de 4^e graad) om een echt langjarige trend aan te geven, en in het rood om de gemiddelde seizoenale variatie te tonen. De eerder "natte" jaren (eigenlijk: winters) vallen uiteraard erg op, maar de zogenaamd "droge" jaren komen ook sprekend uit de grafiek. Tegenover een langjarig gemiddelde afvoer van de Zeeschelde "afwaarts Gent" of nu "te Melle", van ongeveer 40 m³/s, gaat een daggemiddelde waarde zéér uitzonderlijk tot bijna het tienvoudige, maar gaat ze geregeld tot het dubbele à drievoudige, en daalt ze ook geregeld tot een achtste à een tiende, om zeer uitzonderlijk en kortstondig naar nul te gaan.

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 bovendeblat van 2 m³/s wordt in 4% van de tijd (15 dagen per jaar) niet gehaald noch overschreden;
- evenzo een daggemiddeld bovendeblat van 5 m³/s in 12% van de tijd (44 dagen) niet;
- in een derde van de tijd (122 dagen per jaar) is het daggemiddeld bovendeblat 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;
- en in tweederde van de tijd (243 dagen per jaar) is het bovendeblat te Melle gelijk aan of vooral kleiner en veel kleiner dan 33 m³/s.

Of deze langjarige waarden in "marginale" percentielen bekeken:

- in 10% van de tijd (37 dagen per jaar) is het daggemiddeld bovendeblat 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,
- en in 1% van de tijd (maar 4 dagen per jaar) gelijk aan of groter dan 205 m³/s.



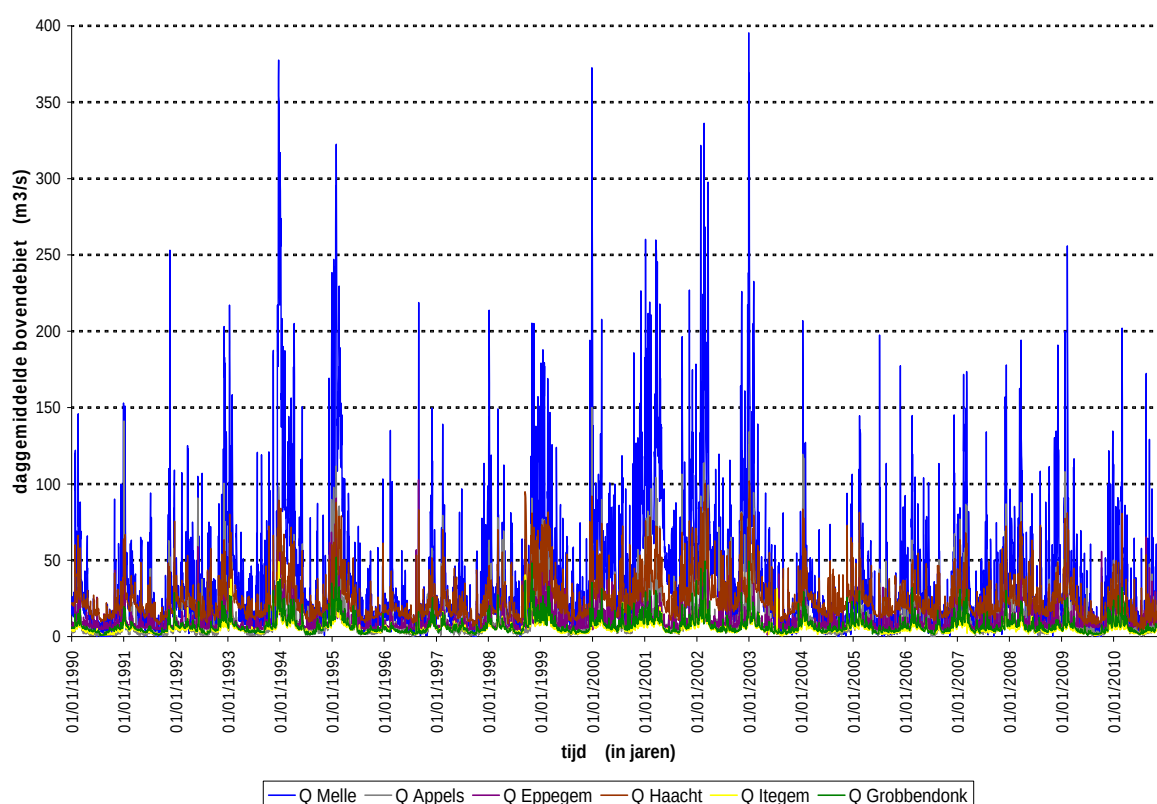
Figuur 94 - Zeescheldebekken: in grootte gerangschikt verloop van de daggemiddelde bovendeblaten in de Zeeschelde te Melle over de periode 1970-2010 (alle bovendeblaten in m³/s)

Men bedenke hierbij wel dat het gaat om de afvoer in de Zeeschelde te Melle, dus: om 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 kanalen te vermijden. Of: er is een groot seizoenaal verschil nl. in droge omstandigheden komt er door het huidige netwerk aan waterwegen in Oost- en West-Vlaanderen, te weinig Schelde- en Leiewater naar de Zeeschelde, en in natte periodes in wezen iets te veel.

Hierna volgen voor de verschillende meetlocaties van bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, grafieken over de periode 1990-2010 (dus over ééntwintig jaren) met alle dagwaarden van bovendebiet. 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 tussen de verschillende meetlocaties vergeleken worden. Bij alle duidt het jaar 2010 op zeer grote bovendebieten m.n. in november 2010.

Vooreerst gaat een grafiek met àlle zes meetlocaties samen. Om puur chronologische reden staat de was van half november 2010 helemaal aan de rechterkant van de grafiek, en valt daarom minder op. Toch is de relatieve grootte te zien: in de beschouwde periode 1990-2010 zijn er slechts drie andere deelperiodes met een nog grotere afvoer vnl. de Melle.

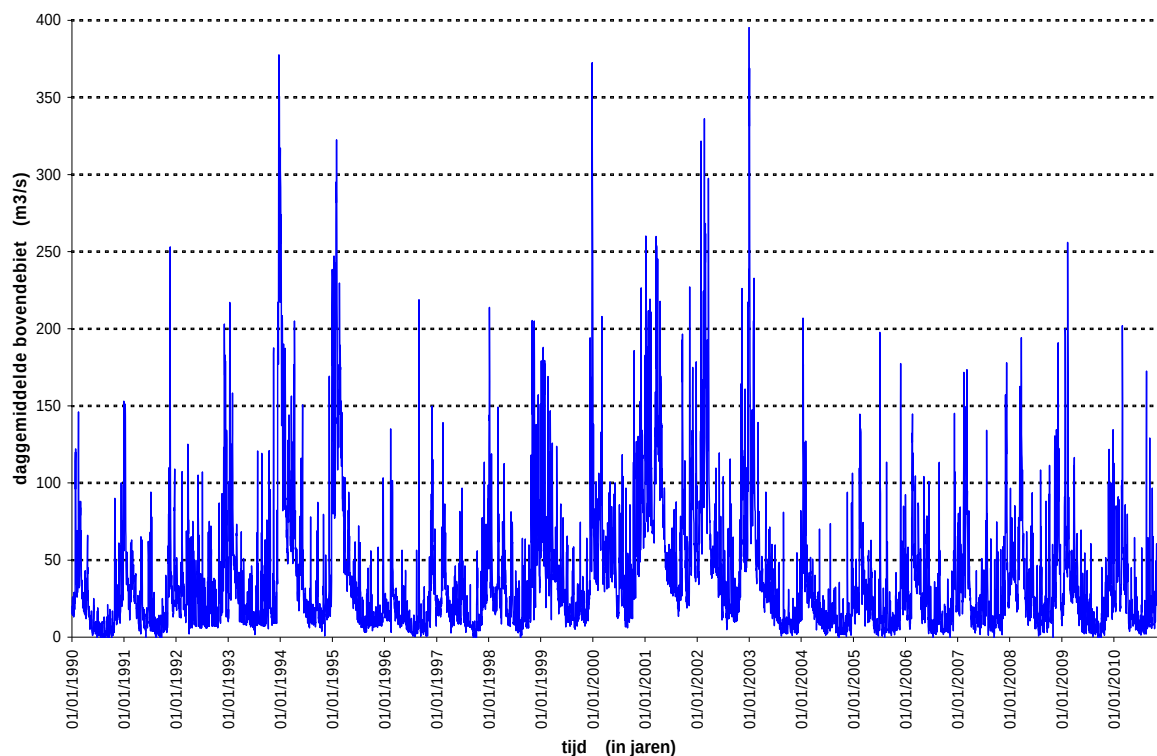
Zeescheldebekken : daggemiddelde waarde bovendebieten 1990 - 2010



Figuur 95 - Zeescheldebekken: verloop daggemiddelde afvoer aan de randen van het tijgebied over de periode 1990-2010

De navolgende grafieken gaan telkens over één meetlocatie, in de klassieke volgorde, min of meer van belang inzake scheepvaart of afvoer, maar geografisch gekozen van west naar oost.

Zeeschelde te Melle : daggemiddelde waarde bovendebieten 1990 - 2010



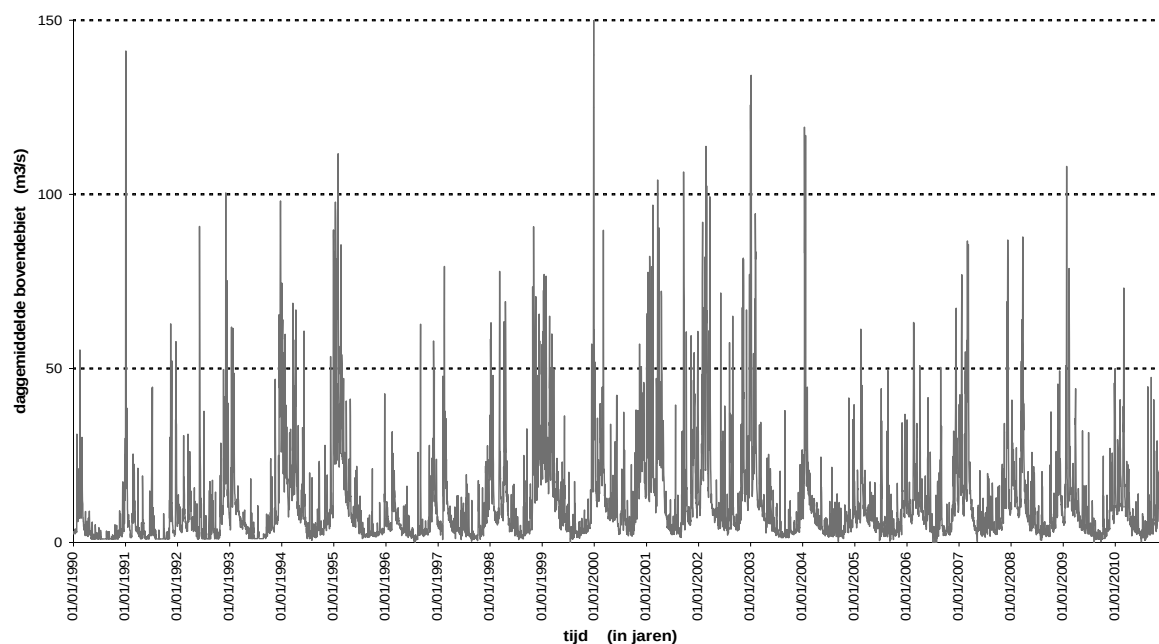
Figuur 96 - Zeeschelde te Melle : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010

Ook in deze grafieken per meetlocatie is het -wegens helemaal aan de rechterkant van de grafiek liggende- eerder onopvallend dat de wasperiode van november 2010, zéér groot was tegen de afvoeren in de ganse periode.

Op volgende bladzijden staan analoge grafieken van de daggemiddelde bovendebieten over de periode 1990-2010 voor de Dender te Appels, de Zenne te Eppegem, de Boven-Dijle te Haacht, de Grote Nete te Itegem, en de Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas). Om meteen een goede vergelijking van de grootte van die bovendebieten te zien, is de y-as op gelijke schaal gehouden.

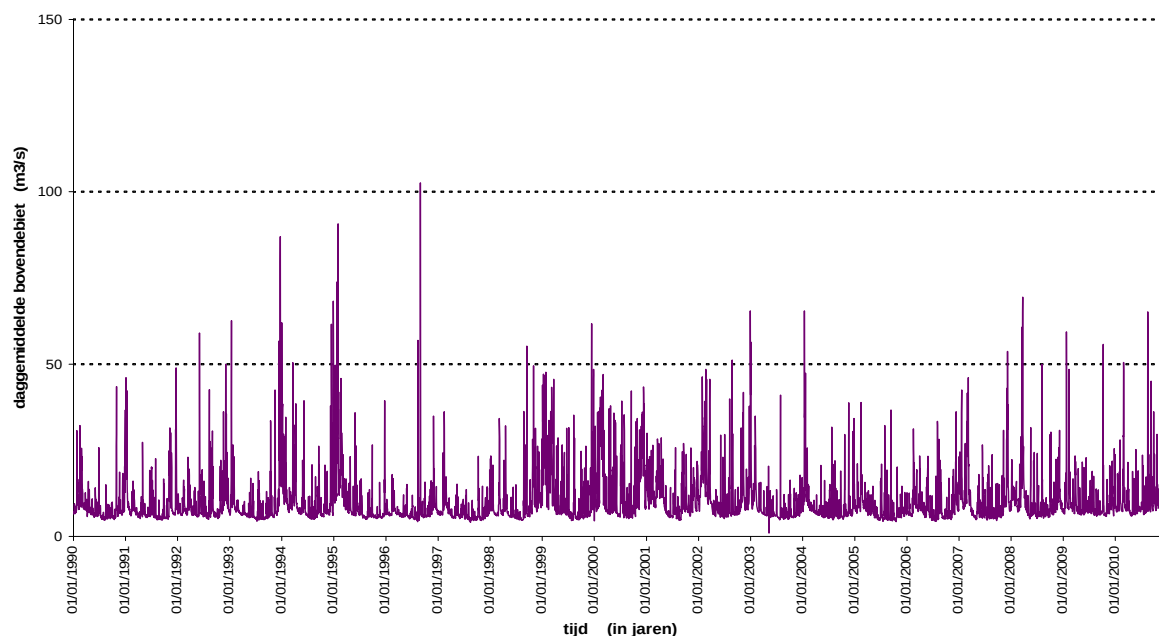
Op geen enkele meetlocatie blijkt enige trendmatige evolutie in de basis-afvoer. Uiteraard was er al heel veel bebouwd geworden anno 1990, zodat beter ook de periode ervoor zou worden meegenomen. Er zijn immers systematische metingen sinds 1949, al zijn er niet voor de volle periode dagwaarden beschikbaar. Op zich is de evolutie van de basis-afvoer een onderwerp voor een puur bovendebieten-rapport.

Dender te Appels : daggemiddelde waarde bovendeblaten 1990 - 2010

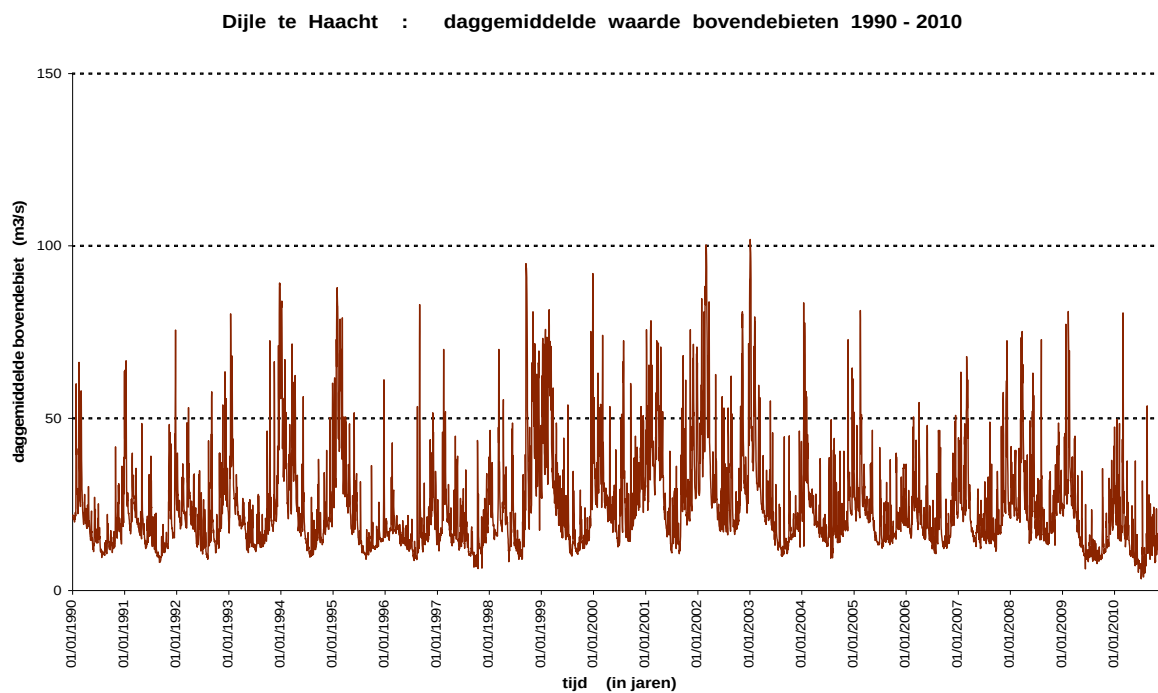


Figuur 97 - Dender te Appels : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010

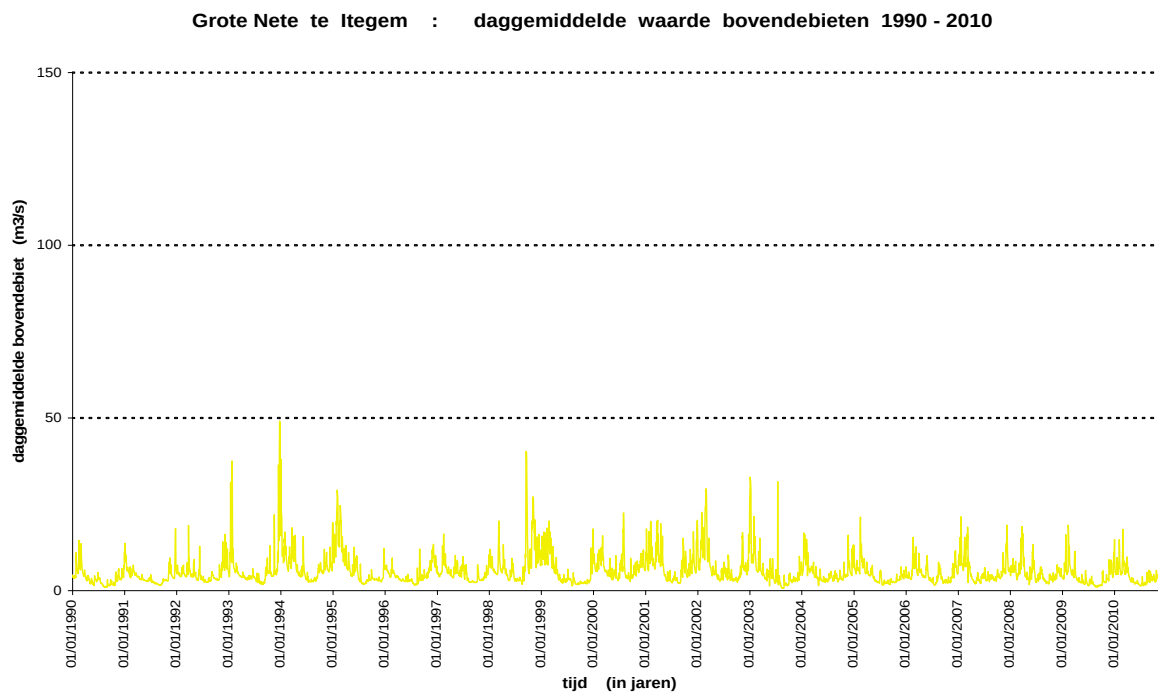
Zenne te Eppegem : daggemiddelde waarde bovendeblaten 1990 - 2010



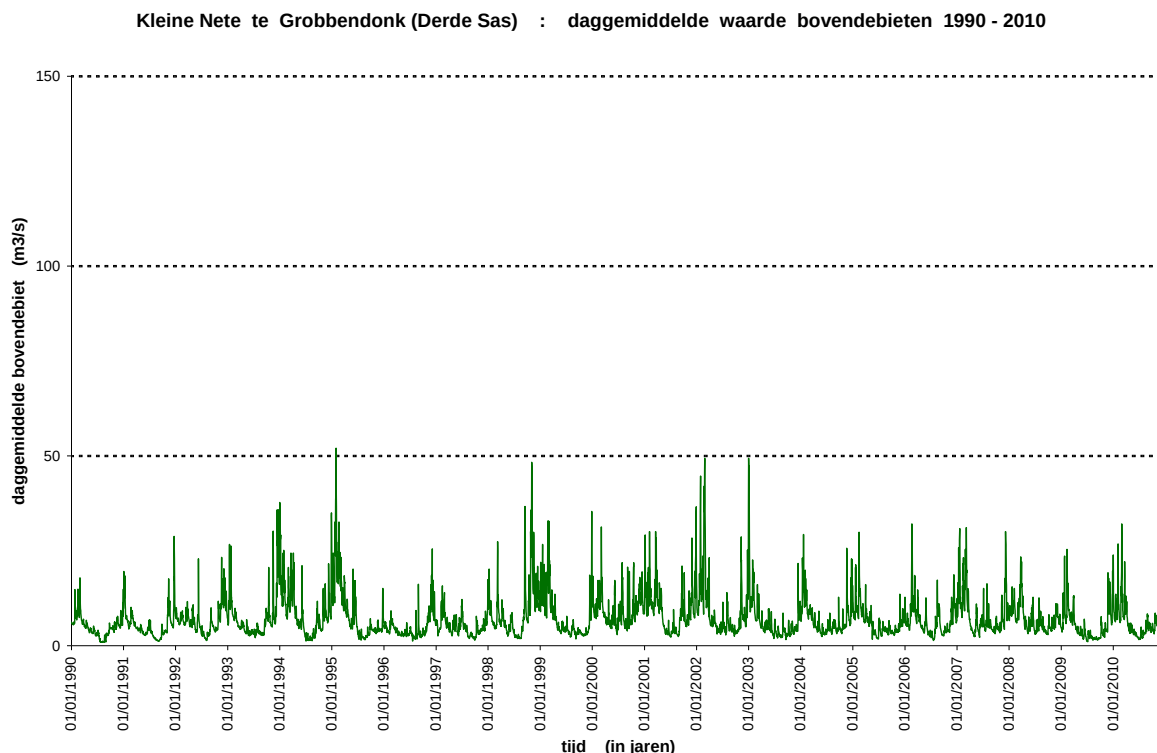
Figuur 98 - Zenne te Eppegem : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010



Figuur 99 - Dijle te Haacht : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010



Figuur 100 - Grote Nete te Itegem : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010



Figuur 101 - Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas) : verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2010

Uit al deze grafieken is het relatieve belang -de grootte- van de respectievelijke dagafvoeren van de was van november 2010 af te lezen, want deze was :

- de grootste over 1990-2010: Zenne te Eppegem;
- mee van de grootste over 1990-2010: Dender te Appels en Kleine Nete te Grobbendonk;
- en wel heel groot maar er zijn nog flink wat andere deelperiodes van nog grotere dagafvoeren over 1990-2010: Dijle te Haacht en Grote Nete te Itegem.

Uiteraard moeten alle dagafvoeren nog in hun absolute waarden beschouwd worden, waar voor een makkelijke vergelijking op zicht, de y-as telkens op dezelfde schaal is gehouden.

2.3 doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts

2.3.1 klassieke (tiendaagse) methode ir. R. Codde (1949)

Via extrapolatie van de bovenafvoeren aan de rand van het tijgebied (Melle, Appels, Epegegem, Haacht, Itegem en Grobbendonk) wordt naar afwaarts doorgerekend om een "bovendebiet" van "de Schelde te Schelle" te bepalen. Dat is dan de zoetwaterafvoer van het Zeescheldebekken, in tegenstelling tot de intrede van zout zeewater door het getij vanuit de Noordzee, en de brakke omstandigheden van (ruwweg genomen) het afwaartse en middendeel van het Zeescheldebekken.

Sinds het begin van de systematische waarnemingen van de bovenafvoer aan de rand van het tijgebied, wordt die zoetwaterafvoer te Schelle via extrapolatie als tiendaagse gemiddelde waarde bepaald. De noodzaak aan die bepaling 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 voorts van invloed op de seizoenale verontdieping/verdieping van bvb. drempels in de vaargeul en van toegangsgeulen tot de Antwerpse zeesluizen. Het zal ook enige invloed hebben op de granulometrie van het depositie-materiaal.

In het meer afwaartse gebied (Beneden-Zeeschelde en Westerschelde) wordt een verdere doorrekening van die zoetwaterafvoer mathematisch minder nauwkeurig, en heeft een continue getal-matige opsomming 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 doortij, 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 slechts iets als 0,1 % 's winters tot nog veel minder 's zomers aan de monding.

In tegenstelling tot de kleine invloed op het hydraulische regime, geldt er dus wel een beduidende seizoenale invloed op saliniteit en turbiditeit.

De aan de randen van het tijgebied bepaalde dagelijkse bovendebieten, worden via de methode ir. R. Codde, toenmaals Hoofdingenieur-Directeur en later Inspecteur-Generaal van Bruggen en Wegen van Antwerpse Zeediensten, en op punt gesteld in 1949, de bovendebieten naar afwaarts doorgerekend. In eerste instantie gaat dat naar de uitmondingen van elk der betrokken rivieren, in tweede instantie naar het totale Rupelbekken (dat nog een natuurlijke afvloeiing kent wegens nergens stuwen en sluizen, tenzij de stuw te Mechelen doch deze speelt bij de afvoer geen deviërende rol), derdes van Schelde en Dender naar de Rupelmonding toe, en tenslotte de som van dat alles als zijnde de boven-afvoer 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 veelal het deel van de Zeeschelde bedoeld tussen de Belgisch/Nederlandse grens en de Rupelmonding, zegge Schelle.

Die doorrekening naar afwaarts veronderstelt dat de bovenafvoer in twee beschouwde dwarsprofielen van een rivier zich lineair verhoudt tot de oppervlakten van het overeenkomstige hydrografische gebied telkens opwaarts van de twee beschouwde dwarsprofielen.

Deze vrij praktische methode voor de doorrekening van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied naar afwaarts, werd door ir. R. Codde vooreerst aangewend voor de periode 1949-1958, de eerste periode waarover de bovendebieten van het Zeescheldebekken systematisch werden gemeten aan de randen van het tijgebied en dan naar afwaarts, tot Schelle, werden geëxtrapoleerd. Deze methode geeft een goede benadering, zeker toenmaals bij gebrek aan betere metingen en betere uitwerkingen, en zonder enige vorm van wat nu "computers" zijn. Alles gebeurde nog met pen en papier, manueel. Deze methode "ir. R. Codde" werd tot heden door het Bestuur ook aangehouden, om de homogeniteit van de afvoergegevens te bewerkstelligen.

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:

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 26 - Overzicht van de meetplaatsen van de bovenafvoer, met waarde van de multiplicator van doorrekening naar de uitmonding van de betrokken rivier

Te Melle wordt de daggemiddelde bovenafvoer bepaald door van alle ebvolumes per etmaal, alle vloed-volumes per etmaal af te trekken, en in een volume per seconde om te zetten.

Aldus zijn voor elke decade van de maand de bovenafvoerdebieten bekend aan de uitmondingen van Ringvaart om Gent (Bovenschelde en Leie), Dender, Zenne, Dijle, Grote Nete en Kleine Nete, en kunnen deze afvoeren worden "gesommeerd". Daartoe dienen wel nog de afvoeren bekend te zijn van tussengebieden, bvb. het gebied langsij de Beneden-Nete, langsij de Rupel, en uiteraard ook van de Zeeschelde tussen Melle en Schelle, en van de tij-Durme.

ir. Codde heeft daartoe een goed en eenvoudig middel bepaald: gezien de grote deviaties van bovenafvoer van Bovenschelde en Leie naar Gent, te Gent zelf, (later ook de invloed van de Ringvaart), de afvoer via het Afleidingskanaal van de Leie, het kanaal Gent-Brugge-Oostende, en het Zee-kanaal Gent-Terneuzen, zowel in periodes van kleine, gemiddelde als grote afvoer, stemt het bovendebiet te Melle niet overeen met een specifieke afvoer van het hydrografische bekken van Schelde en Leie opwaarts Gent. Hij achtte de specifieke afvoer van het zijbekken van de Schelde tussen Melle en Schelle, alsook deze van Beneden-Nete, Rupel en Durme, overeen te komen met de specifieke afvoer van de Dijle, de Zenne, de Grote Nete en de Kleine Nete samen. De overeenkomst zou zeker voldoende zijn voor het vooropgezette doel, en gezien per decade (tiendaagse periodes) werd gerekend. Op deze wijze werden ook de aanbreng van Beneden-Nete en Rupel, en van de zijbekkens van de Schelde tussen Melle en Schelle alsook van de Durme, per decade uitgerekend.

Wat ir. Codde -met alle respect voor deze grote Schelde-ingenieur, en zijn vele baanbrekend meet- en studie-werk- niet in rekening bracht is een tijdsverschuiving tussen enerzijds de dag dat een daggemiddeld bovendebiet de randen van het tijgebied passeert en zijn weg in het Zeescheldebekken inzet, en anderzijds de dagen dat die bovenaanvoer aan de mondingen van de tijrivieren komt, dat de zijbekkens bijkomende afvoer leveren, en tenslotte dat die som van zoetwateraanvoeren arriveert aan "de Schelde te Schelle", dus de (praktische) Beneden-Zeeschelde ingaat.

2.3.2 nieuwe (vijfdaagse) methode (2009)

Naar nood van het leggen van verbanden tussen enerzijds de aanvoer van zoetwater naar de Beneden-Zeeschelde (en de Westerschelde) en anderzijds de variaties in saliniteit en turbiditeit in het Scheldewater aldaar, rees de vraag 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.

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 éénduidige fysische relevantie op. Het komt tot enkele dagen per jaar voor, dat het resulterend debiet van alle eb- enloedvolumes te Schelle negatief is, hoezeer ook alle bovenaanvoeren aan de rand van het tijgebied steeds naar zee gezind zijn. 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 hoogwaterstand door plotse grote opstuwing vanuit zee leidt, en liefst op diezelfde dag nog een laagwater volgt dat -mee door het getij vanuit zee verhoogd- niet tot "normale" hoogte (eigenlijk "laagte") komt doch hoger blijft. Ook stelde zich het probleem dat het inrekenen van een tijdsvertraging tussen de bovendebieten aan de locaties aan de rand van het tijgebied, te variabel is al naargelang de grootte van het bovendebiet aan elk der locaties, en al naargelang de sterkte van het getij vanuit zee, wat niet in ééndaagse periodes is te verdisconteren.

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 de grote verbetering is het inrekenen van tijdsvertragingen van enerzijds aanvoer van bovendebiet aan de locaties aan de rand van het tijgebied, en anderzijds "de Schelde te Schelle", waarbij -bij vijfdaagse periodes- die tijdsvertraging locatie per locatie best kan constant gehouden worden. Uiteraard verschilt de tijdsvertraging van locatie tot locatie, want zo heeft een verandering van (grote) aanvoer van bovendebiet uit de Dender normaliter het snelst invloed op het globale bovendebiet van "de Schelde te Schelle", tegen de aanvoer van de Grote Nete te Itegem het traagst.

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 levert een (ruime) maximum-waarde van de tijdsvertraging op.
- 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 in de Beneden-Zeeschelde.

- de aanwezigheid van een stuw op de Dijle te Mechelen, en van voor zowel Grote en Kleine Nete een duiker onder het Netekanaal. Beide types van kunstwerken vertragen de afvoer van bovendebieten.
- het feit dat met etmalen moet gewerkt worden. De bovendebieten aan de rand van het tijgebied worden immers bepaald als dagwaarde. De te bepalen bovendebieten van de "Schelde te Schelle" gaan ook per veelvoud van een etmaal, nl. voor 89% vijfdaagse periodes van inderdaad vijf dagen, 10% van zes dagen, en 1% van ofwel 3 ofwel 4 dagen (nl. einde 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, wat zaken wat vergemakkelijkt, daar anders bij beschouwen van deelperiodes kleiner dan een etmaal, 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 op exact hetzelfde tijdstip aan de verschillende locaties aan de rand van het tijgebied. Uiteindelijk worden ook niet alle vergrootte bovenafvoeren op hetzelfde uur van de dag ingezet, of worden stuwen niet op dezelfde tijdstippen geregeld.
- 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.

Er geldt wel enige filosofie rond deze tijdsvertragingen, meerbepaald al naargelang de grootte (of de kleinte) van de bovendebieten, én van de duur van grootte (of kleinte). Het is immers zo dat bij kleine afvoeren, de doorstroming van die bovendebieten naar Schelle beduidend trager verloopt dan bij grote en zeer grote afvoeren. Nu komen de kleine en gemiddelde afvoeren aan de randen van het tijgebied, in bvb. aantal dagen per jaar, veruit het meest voor. Slechts gedurende enkele en dan nog *relatief* korte periodes is die bovenafvoer zeer groot.

De vraag is waar de klemtoon gelegd wordt. Wat dat betreft gaat het ergens om een eerder enge keuze, zeker bij het -praktisch- aanhouden van constante tijdsvertragingen per locatie.

Het alternatief is om de tijdsvertragingen per eenzelfde locatie te doen variëren al naargelang de grootte van de bovenafvoeren, buiten de vanzelfsprekende variatie al naargelang welke locatie (variatie die alleszins in rekening wordt gebracht). De variatie al naargelang de grootte van de bovenafvoer verandert overigens niet op eenzelfde wijze op alle betrokken randen van het tijgebied, doch verschilt van rivier tot rivier, dus van locatie tot locatie.

Uit het tweetal jaren dat ondertussen met tijdsvertragingen is gewerkt, blijkt dat de klemtoon best gelegd wordt op grote afvoeren. Het is immers zo dat -bij kleine of gemiddelde bovendebieten- de variatie van de opeenvolgende daggemiddelde waarden van eenzelfde locatie, bvb. deze van de Dender te Appels, niet erg groot is, zeker niet ten opzichte van het variabel beeld van de opeenvolgende daggemiddelde waarden bij grote en zeer grote afvoeren. Dit doet zich bij alle locaties aan de rand van het tijgebied voor.

Wil men de afvoer te Schelle zo goed als mogelijk doen afstemmen op de afvoer aan de rand van het tijgebied, meerbepaald: wil men *de variatie* van de afvoer te Schelle zo goed mogelijk doen congruent gaan met *de variatie* aan de rand van het tijgebied, dan weze best de klemtoon gelegd op de tijdsvertraging bij grote en zeer grote bovendebieten. Het grote publiek is daarenboven veel nieuwsgieriger naar data bij wassen ...

Het is overigens ook zo dat geen dagwaarden voor "de Schelde te Schelle" zullen bepaald worden (zie hoger), doch wel per vijfdaagse periode (pentades).

Conclusie: om *niet enkel de grootte* van de bovenafvoer van "de Schelde te Schelle" zo best mogelijk op de bovenafvoeren aan de rand van het tijgebied te doen aansluiten, maar ook *de variatie van die globale bovenafvoer* te Schelle op de variatie van de bovenafvoeren aan de rand van het tijgebied, dan weze de klemtoon bij het bepalen van de tijdsvertraging van doorgang van bovenafvoeren aan de rand van het tijgebied naar Schelle, niet gelegd bij de vele en langdurige periodes van kleine en gemiddelde bovenafvoeren, dus bij relatief trage doorstromingen naar Schelle, doch wel op de veel minder en kortstondiger periodes van grote en zeer grote bovendebieten, wanneer de doorstroming van die bovendebieten naar Schelle ook sneller verloopt.

Uiteindelijk zijn de tijdsvertragingen per locatie aan de rand van het tijgebied, om het globale bovendebiet van "de Schelde te Schelle" te bepalen, deze zoals in navolgende tabel aangegeven. In aparte kolommen handelt het om de tijdsvertraging bij klemtoon op kleine (en gemiddelde) afvoer, dan wel bij klemtoon op grote (en zeer grote) afvoer. In de twee voorbije jaren werd de eerste klemtoon gekozen, doch ondertussen blijkt de tweede klemtoon beter binnen de context van wat beoogd wordt.

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 kleine afvoer	bij klemtoon op eerder grote afvoer
Zeeschelde te Melle	3 etmalen	2 etmalen
Dender te Appels	2 etmalen	1 etmaal
Zenne te Eppegem	3 etmalen	2 etmalen
Dijle te Haacht	3 etmalen	2 etmalen
Grote Nete te Itegem	4 etmalen	3 etmalen
Kleine Nete te Grobbendonk	3 etmalen	3 etmalen

Tabel 27 - overzicht van de (gemiddelde) tijdsvertraging van doorkomen van bovenafvoer aan de meetraaien, bij doorrekening te Schelle, in twee varianten: bij klemtoon op eerder kleine dan wel op eerder grote afvoer.

Er moet voorts bedacht worden dat het om afgeronde aantallen van etmalen handelt (moét handelen), en dat bvb. voor Melle bij aanhoudende wasregimes, ook een tijdsvertraging van iets meer dan één etmaal in bepaalde omstandigheden kan mogelijk zijn ... De tijdsvertraging is ook nog functie van bvb. het feit of het springtij, middeltij dan wel doodtij is, en of bvb. het om een aanvang van een wasregime gaat, of middenin een langdurige periode, of na die periode van was.

Verder in dit rapport zal blijken dat de in tabel 23 vermelde tijdsvertragingen tot een zeer goede (en fysisch betekenisvolle) correlatie leiden met de conductiviteit (of saliniteit of chloridegehalte) te bvb. Oosterweel. Bij de wasperiode van half november 2010 is duidelijk dat de conductiviteit dus chloridegehalte dus saliniteit in de Beneden-Zeeschelde, inderdaad een zeer snelle en bovendien fikse respons op die was kende.

Kortom: zeker bij grote bovenafvoeren én tegelijk doottijden, zijn de bovenstaande waarden in de laatste kolom beter dan deze in de middenkolom.

Bovendien handelt het, zoals al vermeld, bij dit alles niet om ééndaagse bovendebieten te Schelle, maar om vijfdaagse gemiddelden, en die worden bovendien in de toepassingen geplaatst op datum van de middelste of de laatste dag van de betrokken pentade, doch niet op de eerste dag, wanneer immers de feiten aan de rand van het tijgebied in concreto nog moeten gebeuren.

2.3.3 doorrekening bovendebieten 2010 naar "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, en in de klassieke methode zonder tijdsvertraging- naar afwaarts worden doorgerekend, 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 (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".

Volgens de klassieke methode (ir. R. Codde, met decade-waarden, en zonder tijdsvertraging) berekend geeft dit voor 2010 het overzicht van volgende bladzijde.

Zeescheldebekken : de afvoer van tijriviervan en zijbekkens, en van de Schelde te Schelle - jaar 2010											
<i>Tiendaags & maandgemiddeld bovendeblat aan de mondingen, van de zijbekkens, het Rupelbekken, en de Schelde te Schelle</i>											
	Schelde Melle	Dender Appels	Zijbekken Schelde + Durme	Zenne	Dijle	Grote Nete	Kleine Nete	Zijbekken Rupel + Ben. Nete	TOTAAL		
									Schelde opw. Rupel	Rupel- bekken	Schelde te Schelle
JANUARI											
Decade 1	32.4	12.3	8.3	9.2	29.7	9.4	14.4	4.0	53	67	120
Decade 2	38.7	13.9	8.1	11.0	28.4	8.4	12.9	3.9	61	65	125
Decade 3	57.1	15.9	7.4	11.8	23.0	8.1	12.8	3.6	80	59	140
Maand	43.2	14.1	7.9	10.7	26.9	8.6	13.3	3.8	65	63	129
FEBRUARI											
Decade 1	60.6	22.2	9.8	14.5	27.6	12.1	19.9	4.8	93	79	172
Decade 2	22.4	10.1	5.5	8.2	17.0	6.6	9.9	2.9	38	45	83
Decade 3	78.4	30.2	12.4	25.0	37.2	11.9	20.0	6.1	121	100	221
Maand	52.0	20.1	9.0	15.2	26.6	10.1	16.3	4.3	81	73	154
MAART											
Decade 1	80.9	26.7	11.4	15.8	35.7	12.9	21.8	5.5	119	92	211
Decade 2	34.4	8.7	5.6	8.7	16.3	6.7	10.8	2.9	49	45	94
Decade 3	41.7	13.7	8.3	12.7	22.9	9.2	17.8	4.0	64	67	130
Maand	52.0	16.3	8.4	12.4	24.9	9.6	16.8	4.1	77	68	145
APRIL											
Decade 1	45.1	12.7	6.9	10.6	21.1	7.8	12.7	3.3	65	56	120
Decade 2	10.4	6.7	4.4	7.4	13.8	5.1	7.5	2.5	22	36	58
Decade 3	14.1	5.1	3.7	6.8	11.5	3.8	5.6	2.2	23	30	53
Maand	23.2	8.2	5.0	8.3	15.4	5.6	8.6	2.7	36	41	77
MEI											
Decade 1	22.2	5.4	4.4	9.2	14.3	4.0	6.1	2.5	32	36	68
Decade 2	9.8	4.7	4.1	8.8	12.6	3.6	6.0	2.4	19	33	52
Decade 3	20.3	4.9	4.2	10.2	13.7	2.9	5.0	2.4	29	34	64
Maand	17.5	5.0	4.2	9.4	13.5	3.5	5.7	2.4	27	35	61
JUNI											
Decade 1	17.6	5.8	3.9	11.1	10.5	3.1	4.4	2.3	27	31	59
Decade 2	7.3	3.4	3.1	8.8	8.1	2.9	3.8	2.1	14	26	40
Decade 3	4.9	2.3	2.8	8.3	7.8	2.2	2.8	2.0	10	23	33
Maand	9.9	3.8	3.2	9.4	8.8	2.8	3.7	2.1	17	27	44
JULI											
Decade 1	7.1	1.8	2.7	9.7	6.6	1.9	2.7	2.0	12	23	35
Decade 2	16.1	4.2	4.4	13.1	13.4	3.0	4.1	2.5	25	36	61
Decade 3	6.7	2.1	2.9	8.5	7.6	2.4	3.7	2.0	12	24	36
Maand	9.9	2.6	3.4	10.4	9.1	2.4	3.5	2.1	16	28	43
AUGUSTUS											
Decade 1	7.0	2.2	3.4	9.3	8.4	2.8	4.7	2.1	13	27	40
Decade 2	39.7	11.5	7.7	22.9	25.0	4.2	6.5	3.8	59	62	121
Decade 3	23.8	6.7	6.5	13.5	21.2	5.8	8.9	3.2	37	53	90
Maand	23.5	6.8	5.9	15.2	18.3	4.3	6.7	3.0	36	48	84
SEPTEMBER											
Decade 1	31.3	10.3	5.9	15.8	17.0	5.0	7.5	3.0	48	48	96
Decade 2	17.3	4.6	5.4	11.3	16.6	5.4	7.5	2.8	27	44	71
Decade 3	27.9	12.1	5.7	15.9	16.9	4.5	6.3	2.9	46	47	92
Maand	25.5	9.0	5.7	14.3	16.8	5.0	7.1	2.9	40	46	86
OKTOBER											
Decade 1	26.0	9.6	5.2	12.2	16.2	4.7	6.7	2.8	41	43	83
Decade 2	13.9	7.4	4.5	12.0	12.1	4.0	5.9	2.5	26	37	62
Decade 3	38.1	15.0	5.9	12.5	15.7	6.0	10.2	3.0	59	47	106
Maand	26.4	10.8	5.2	12.2	14.7	4.9	7.7	2.8	42	42	85
NOVEMBER											
Decade 1	31.8	14.7	5.9	12.7	17.0	5.8	9.7	3.0	52	48	101
Decade 2	162.7	72.5	24.1	43.9	69.0	24.7	45.3	11.7	259	195	454
Decade 3	52.2	16.0	9.8	11.0	35.4	10.9	16.6	4.8	78	79	157
Maand	82.3	34.4	13.3	22.5	40.5	13.8	23.9	6.5	130	107	237
DECEMBER											
Decade 1	40.6	21.9	9.8	16.7	28.2	11.9	17.1	4.8	72	79	151
Decade 2	37.3	18.3	9.3	13.7	28.0	11.7	17.3	4.5	65	75	140
Decade 3	47.7	17.5	8.1	12.3	25.2	10.3	13.3	3.9	73	65	138
Maand	42.1	19.2	9.0	14.1	27.1	11.2	15.8	4.3	70	73	143
JAAR	34.0	12.5	6.7	12.8	20.2	6.8	10.8	3.4	53	54	107

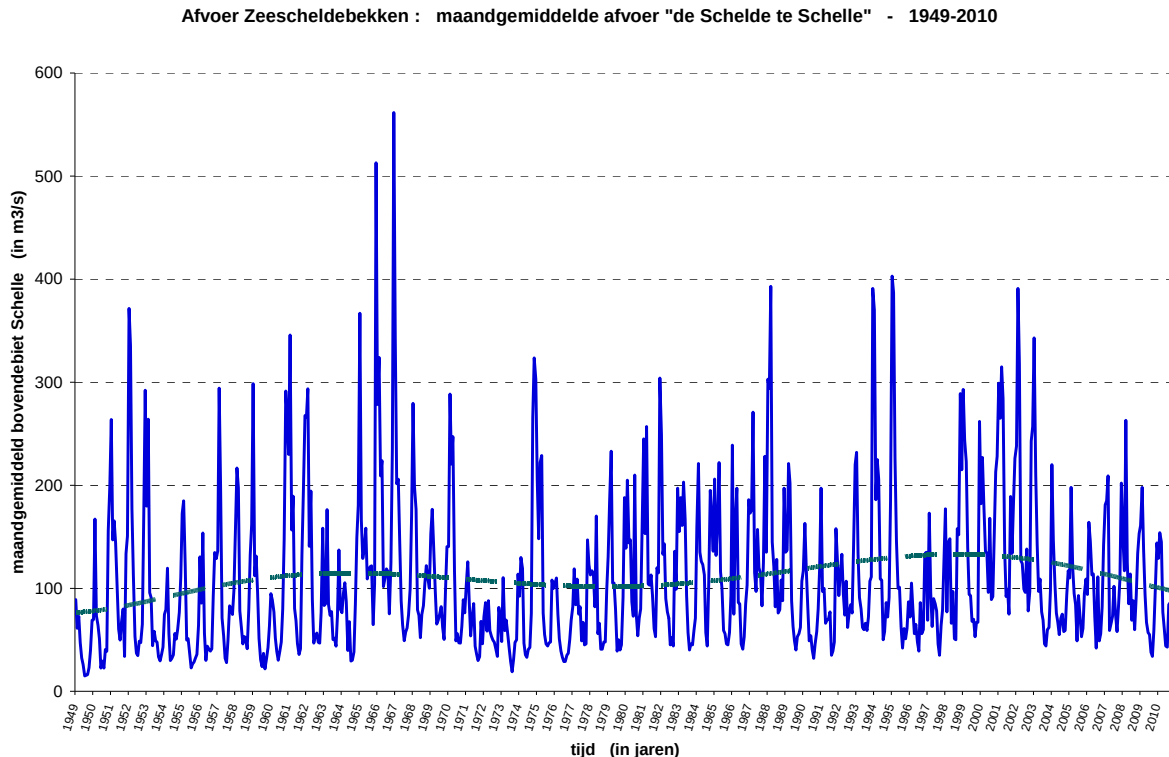
Tabel 28 - Zeescheldebekken: algemeen overzicht 2010 van de afvoer van de tijriviervan en zijbekkens, het Rupelbekken, en aan de Schelde te Schelle (alle debieten zijn in m³/s)
(klassieke methode ir. Codde)

2.3.4 bovendebieten 2010 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief

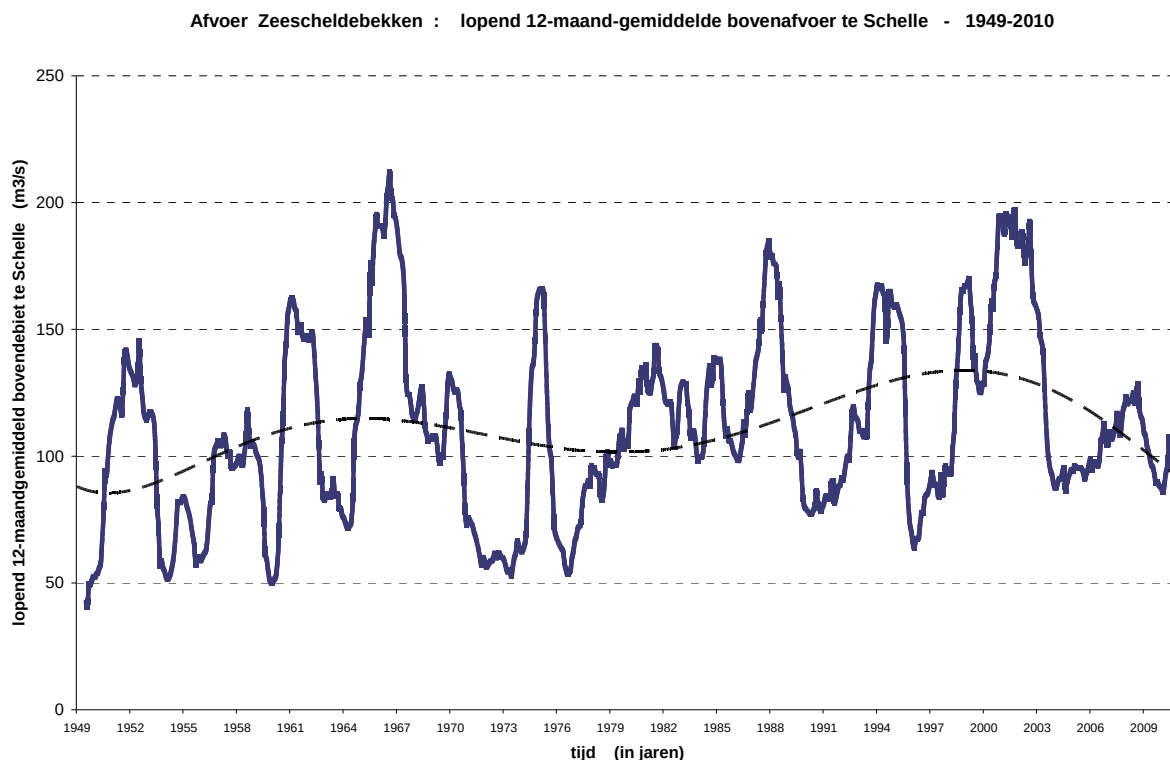
Tot twee jaren terug jaar werd het "bovendebiet" van de "Schelde te Schelle" steeds en enkel bepaald volgens de klassieke methode (ir. R. Codde, 1949). Er werd dus o.a. geen rekening gehouden met enige tijdsvertraging van enerzijds passage van het daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tij-gebied, en van anderzijds de doorgang van het globale bovendebiet aan "de Schelde te Schelle". Men kan het -achteraf en wiskundig beschouwd- ook anders stellen, doch dat was -terecht- geenszins de bedoeling of overtuiging van ir. Codde: alle tijdsvertragingen worden geacht kleiner te zijn dan één dag. Maar ir. Codde moest voort met de tegen huidige tijd beperkte rekenmogelijkheden van destijds, en rekende geen tijdsvertragingen in.

Met ook voor 2008, 2009 en nu 2010, het bovendebiet van "de Schelde te Schelle" te bepalen volgens die klassieke tiendaagse methode, kan vergeleken worden met alle voorgaande analoge bovendebieten, nl. sinds 1949.

Onderstaande twee grafieken geven dit historisch perspectief weer. De eerste grafiek handelt over maand-waarden op zich, de tweede over de lopende twaalf maanden-gemiddelden van die aparte maandwaarden. Daar waar de grafiek van loutere maand-waarden een seizoenaal erg variabel beeld geeft (pieken in natte winters, kleine waarden in zomerperiodes) geeft de tweede grafiek een gemiddeld lopend jaarbeeld te zien, evenwel niet per kalendermaand maar per lopende twaalf maanden na elkaar. Het gaat dan uiteraard ook om een erg uitgemiddelde grafiek, zodat het bereik van de lopende "jaar"-waarden veel kleiner is, bvb. de y-as gaat slechts tot 250 m³/s terwijl bij de echte "maand"-waarden op zich, tot 600 m³/s nodig is.



Figuur 102 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2010 op basis van maandgemiddelde waarden



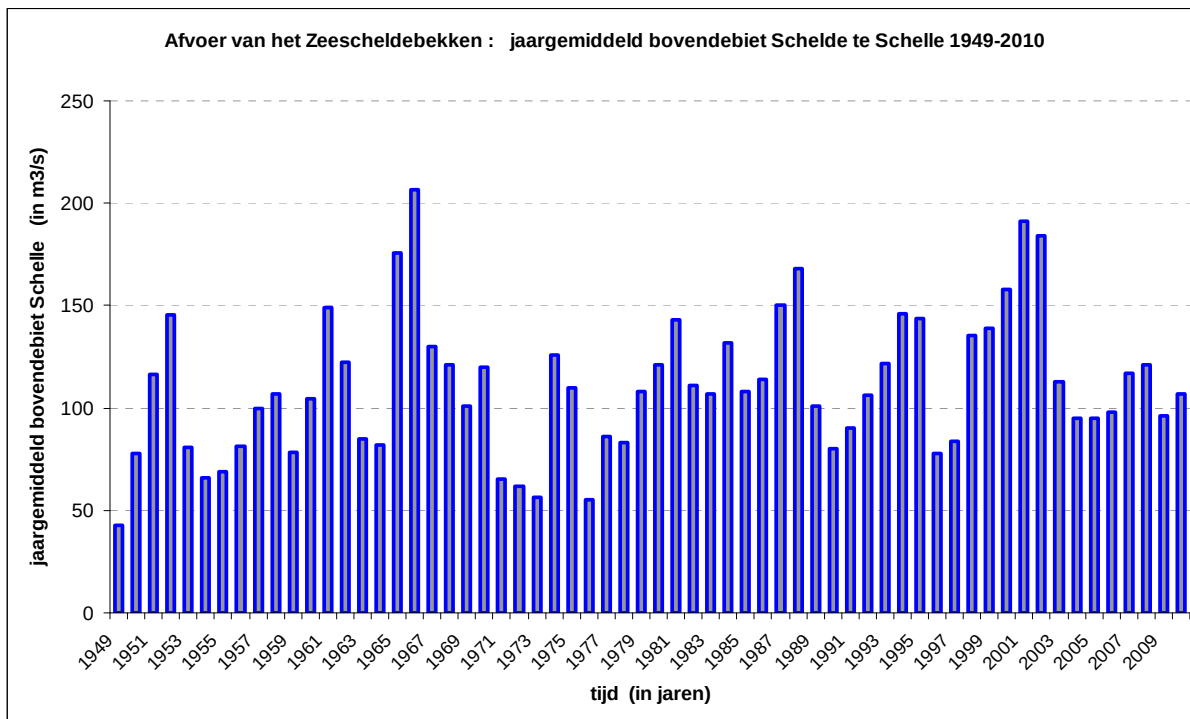
Figuur 103 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2010 op basis van een lopend 12-maandgemiddelde waarde

Bij deze beide figuren met chronologisch verloop van maandwaarden (of 12-maand-waarden), vallen uiteraard de periodes met zéér grote afvoer meteen op, zoals:

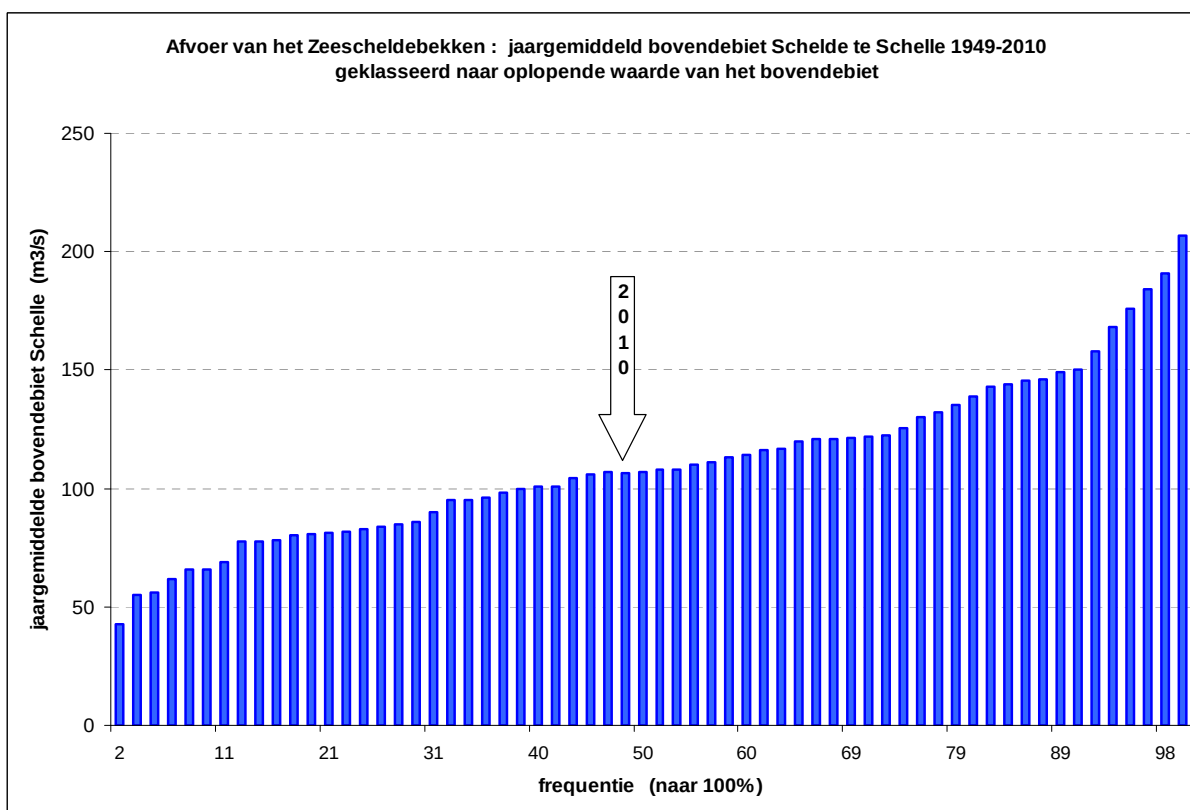
- december 1952 + januari en februari 1953;
- december 1965 + januari en februari 1966;
- november en december 1966 + januari en februari en maart 1967; vijf maanden lang !
- januari en februari en maart 1988;
- december 1993 + januari 1994;
- januari en februari en maart 1995;
- en januari en februari en maart 2002;
- en de jaarovergang 2002/2003.

2010 is dus weliswaar een jaar met één periode van zéér grote bovenafvoer, waarmee een dagenlange wateroverlast gepaard ging, nl. medio november 2010, maar het gehele jaar 2010 beschouwd levert "maar" een gemiddelde afvoer, hetgeen uit vooral de laatste figuur tot uitdrukking komt.

De figuren op volgende bladzijde tonen de jaar-gemiddelde 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).



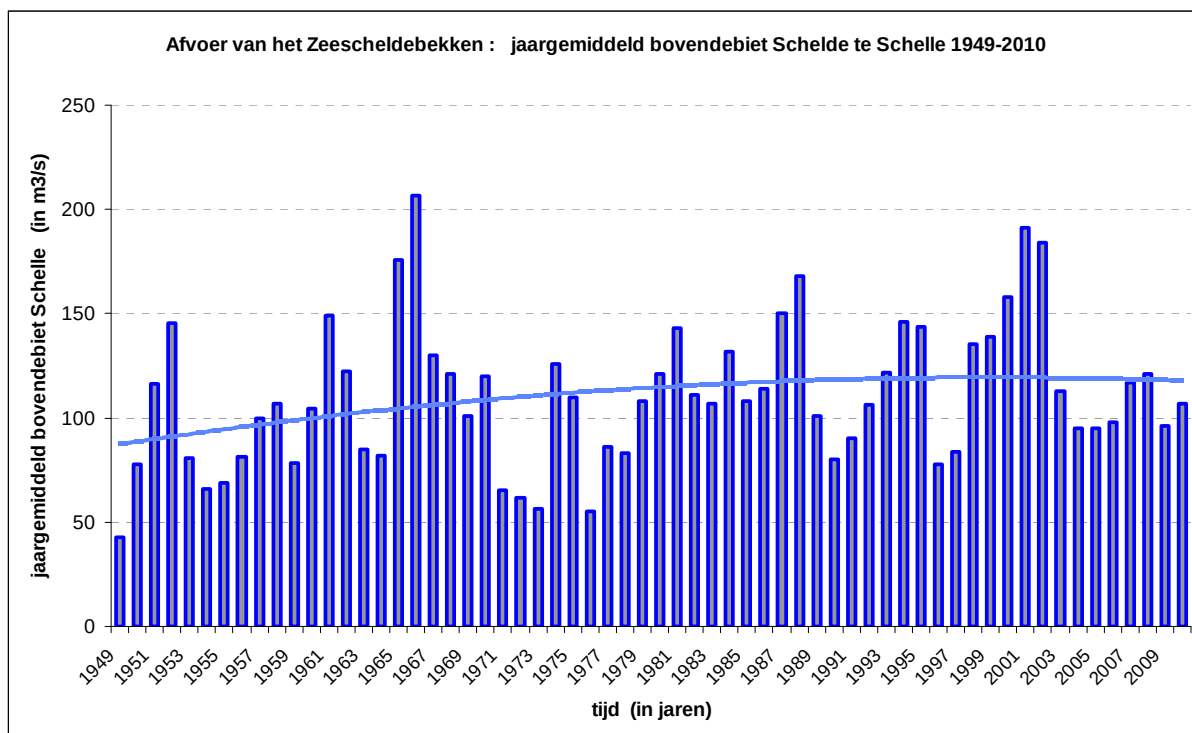
Figuur 104 - Zeescheldebekken : afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2010 op basis van jaargemiddelde waarden



Figuur 105 - Zeescheldebekken : afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2010 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte

Figuur 51 schetst de jaarwaarden in volgorde van grootte. Het jaargemiddeld bovendebiet van de "Schelde te Schelle" in 2010 klasseert zich op bijna de helft van de rij, iets kleiner dan de mediaan.

Tenslotte pakt figuur 52 uit met een tweedegraads-trendlijn, duidelijk de beste die er op zicht was, en die een verhoging van de "basis"-afvoer van het gehele Zeescheldebekken laat zien, van rond en om 95 m³/s bij aanvang tot rond en om 120 m³/s nu, bekeken op basis van die trendlijn. Uiteraard zijn er per jaar grote variaties rond de trend, en ook valt op dat "droge" jaren en "natte" jaren dikwijls groepsgewijs "droog" resp. "nat" zijn.



Figuur 106 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2010 op basis van jaargemiddelde waarde, inclusief een langjarige trendlijn (tweedegraads polynoom)

Ook te Melle -over alle seizoenen bekeken, toch de grootste aanbrenger van bovendebiet naar het tijbekken- is een dergelijke trendlijn te zien: toenemend bovendebiet tot 2003 en dan afnemend tot heden. Het beeld van het bovendebiet van Schelde en Leie "via Melle" naar de Zeeschelde, is evenwel -zoals al een paar keer hoger aangegeven- geen natuurlijk beeld meer. Die afvoer naar de Zeeschelde is immers zeer "gemanipuleerd" al naar gelang nood of overschot aan water in de kanalen van Oost- en West-Vlaanderen, zoals al gezegd. Daarentegen is de afvoer van de Dender, en van het ganse Rupelbekken, nog zeer natuurlijk, zonder veel kunstmatige deviaties. Bvb. het Albertkanaal, het Netekanaal en het Zeekanaal Brussel-Schelde wisselen in slechts beperkte mate water naar het Rupelbekken of de Schelde uit, en naar netto-resultaat gezien echt zeer weinig.

2.3.5 doorrekening bovendebieten 2010 naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis ("pentades") en met tijdsvertraging (nieuwe methode)

Zoals hoger onder "2.3.2. - nieuwe (vijfdaagse) methode (2009)" uitgelegd, en om de globale afvoer van het Zeescheldebekken naar dé klassieke locatie "de Schelde te Schelle" door te rekenen, en zo te dienen als sturend gegeven in onderzoeken van de seizoenale verlopen van conductiviteit, saliniteit en chloridegehalte, evenals van het seizoenaal verschuiven van het turbiditeitsmaximum in de Beneden-Zeeschelde, geldt al sinds 1949 de klassieke methode van ir. R. Codde, waarbij te Schelle decade-waarden worden bepaald. Eerstens is nood aan het kunnen beschikken over afvoergegevens per kleinere perioden dan deze klassieke tiendaagsen, en tweedes hoeft een tijdsvertraging te worden ingerekend van met name het passeren van "bovendebiet" aan de meetraaien (dus aan de opwaartse randen van het tijgebied) naar het te Schelle (eerder virtueel dan wel druppelsgewijs) doorstromen van die bovendebieten. In paragraaf 2.3.2 wordt deze nieuwe methode naar het bepalen van vijfdaagse bovendebieten (pentades) "Schelde te Schelle" uitgelegd. Het resultaat voor 2010 wordt in volgende tabel 25 opgesomd. Per maand zijn de opeenvolgende pentades met Romeinse cijfers aangeduid. De laatste vijfdaagse periode is per jaar maar in een derde van de maanden vijf dagen lang, maar is korter in februari en is één dag langer in de maanden met 31 kalenderdagen.

overzicht van de vijfdaagse bovendebieten Schelle 2010		
januari	i	206
	ii	105
	iii	84
	iv	141
	v	130
	vi	138
februari	i	182
	ii	188
	iii	94
	iv	79
	v	131
	vi	254
maart	i	328
	ii	154
	iii	104
	iv	90
	v	127
	vi	110
april	i	143
	ii	130
	iii	76
	iv	53
	v	54
	vi	51
mei	i	72
	ii	64
	iii	59
	iv	47
	v	44
	vi	75

juni	i	50
	ii	61
	iii	57
	iv	34
	v	40
	vi	30
juli	i	33
	ii	34
	iii	53
	iv	67
	v	33
	vi	37
augustus	i	32
	ii	47
	iii	45
	iv	184
	v	71
	vi	91
september	i	83
	ii	86
	iii	113
	iv	75
	v	51
	vi	128
oktober	i	100
	ii	74
	iii	44
	iv	61
	v	104
	vi	110
november	i	85
	ii	83
	iii	324
	iv	565
	v	185
	vi	169
december	i	108
	ii	197
	iii	119
	iv	160
	v	122
	vi	132

(alle bovendebieten in m³/s)

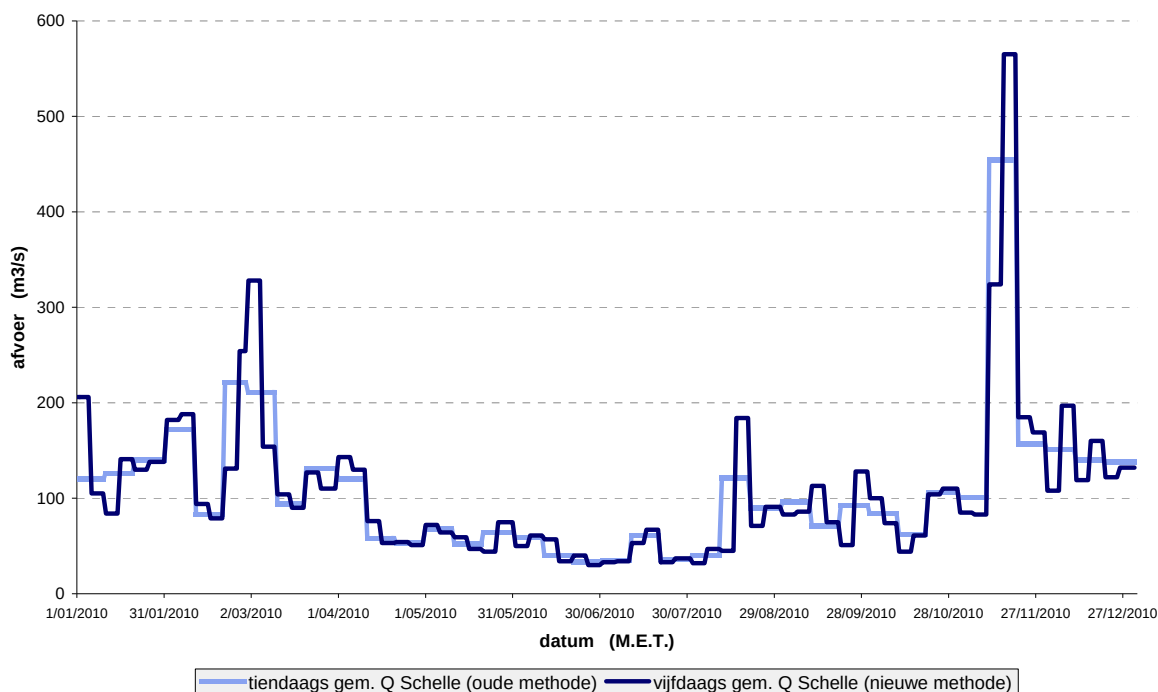
*Tabel 29 - de afvoer van het Zeescheldebekken:
vijfdaagse gemiddelde bovendebieten (pentades) van "de Schelde te Schelle" in 2010
(nieuwe methode, per pentade, met tijdsvertraging)*

Het jaargemiddelde van al deze 72 pentade-waarden is $108 \text{ m}^3/\text{s}$ zijnde één m^3/s meer dan de $107 \text{ m}^3/\text{s}$ dat als jaargemiddelde is berekend volgens de methode ir. R. Codde op basis van tiendaagse periodes en zonder tijdsvertraging. Er speelt uiteraard ook het spel der afrondingen van alle 72 vijf- en alle 36 tiendaagse gemiddelden. De waarde via pentades moet in deze beter zijn dan de andere, zowel omwille van de methode, de kortere tijdsperiodes (pentades tegen decades) en de tijdsvertraging, dus alles fysisch veel beter. Overigens: worden aan de pentade-waarden hun gewichten toegekend al naargelang het aantal dagen van elke pentade (één maal 3 dagen, 64 maal 5 dagen, en 7 maal 6 dagen) dan wordt het via vijfdaagse methode bepaalde jaargemiddelde ook $107 \text{ m}^3/\text{s}$.

Het grootste vijfdaagse gemiddelde te Schelle in 2010 komt voor in de vierde pentade van november, zoals te verwachten uit kennis (zie hoger in dit rapport) van de grootste was-periode in 2010, met de wateroverstromingen halfweg november 2010, en met een pentadewaarde van liefst $565 \text{ m}^3/\text{s}$. Het kleinste vijfdaagse gemiddelde was in de zesde pentade van juni, zulks met $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

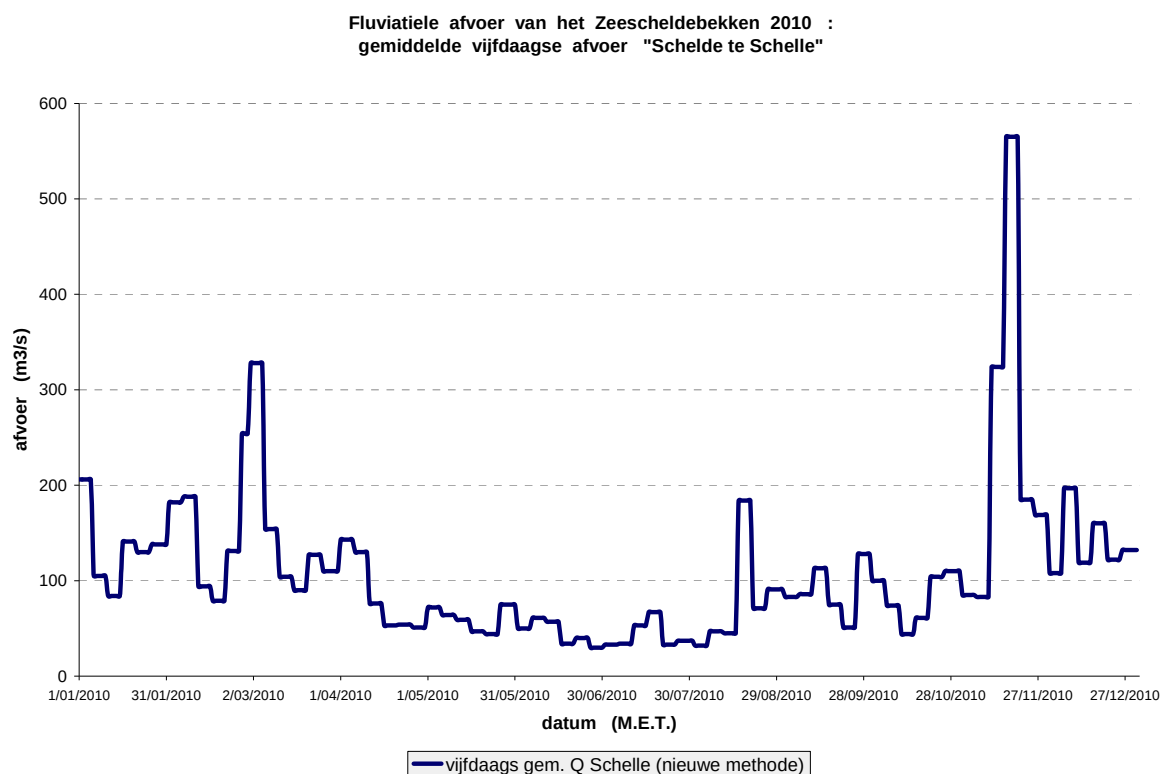
Voor eenieder die erg vertrouwd is met de decade-waarden (zonder tijdsvertraging!) en nog onvoldoende met de nieuwe methode via pentades (mét tijdsvertraging), toont de volgende figuur zowel die decade-waarden samen met de vijf-daagse waarden. Uiteraard is de variatie van de opeenvolgende vijfdaagse waarden iets groter dan bij de tiendaagse 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, waar dat bij de nieuwe (vijfdaagse) methode naar werkelijkheid van de fysica der dingen wél het geval is.

Fluviatiele afvoer van het Zeescheldebekken 2010 :
 gemiddelde tiendaagse en vijfdaagse afvoer "Schelde te Schelle"



Figuur 107 - Zeescheldebekken: afvoer volgens tiendaagse en vijfdaagse gemiddelde bovendebieten met name van de "Schelde te Schelle" over het jaar 2010

Tenslotte herhaalt onderstaande figuur 54 enkel de vijfdaagse bovendebieten (pentades) van het Zeescheldebekken te Schelle in 2010 zijnde een zeer belangrijke parameter in het (grotendeels seizoenale) verloop van conductiviteit, chloridegehalte, turbiditeit en suspensiegehalte in de Beneden-Zeeschelde, het volgens langsas verschuiven van de "maximum-turbiditeitszone" in diezelfde Beneden-Zeeschelde, en in de resulterende afwaartse fluxen van in het water opgeloste stoffen.



*Figuur 108 - Zeescheldebekken: afvoer volgens vijfdaagse gemiddelde bovendebieten "Schelde te Schelle" over het jaar 2010 (nieuwe methode)
(alle bovendebieten zijn in m³/s)*

Uiteraard zijn de wasperiodes van 2010 ook in het vijfdaags bovendebiet van "de Schelde te Schelle" afgebakend: eerste pentade maart 2010, vierde pentade augustus 2010, en -zeer uitgesproken- vierde pentade november 2010.

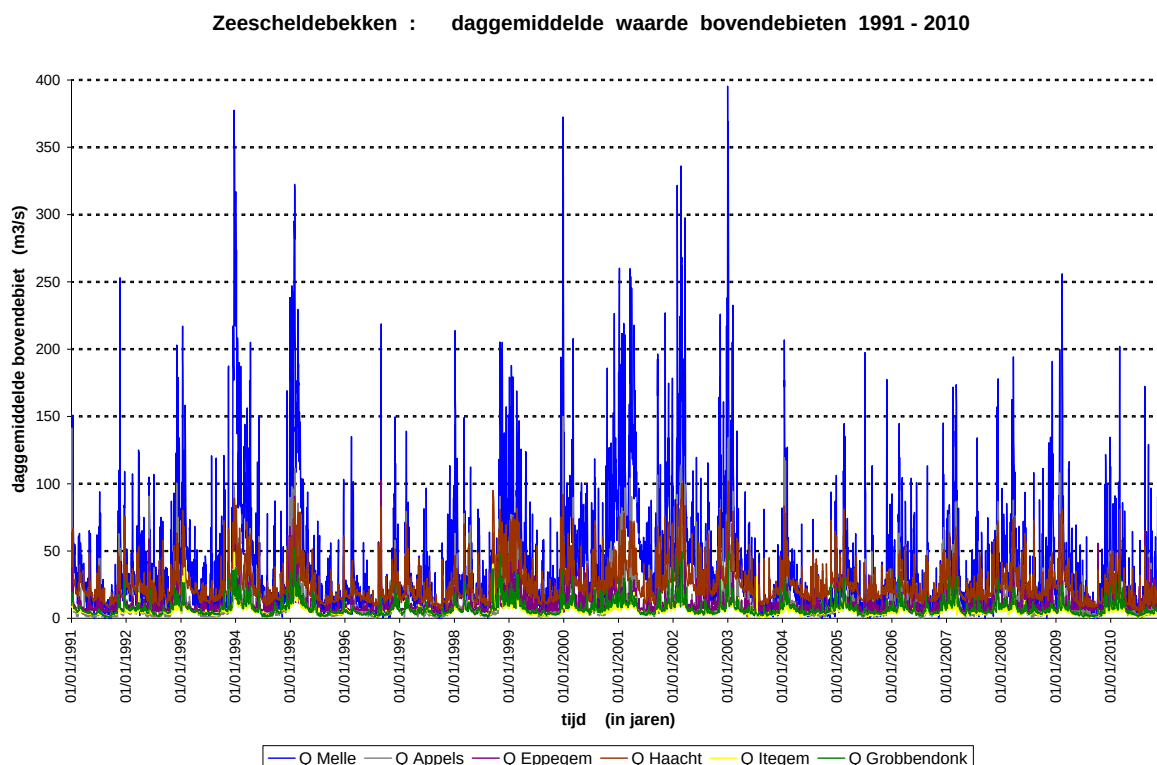
In dit hoofdstuk over "bovendebieten Zeescheldebekken" zijn tabellen en grafieken getoond van dag-gemiddelde waarden, vijfdaags gemiddelde waarden, tiendaags gemiddelde waarden, en maand-gemiddelde waarden, en tenslotte ook twee maal een jaargemiddelde waarde. Vanzelfsprekend heeft de duur van de tijdsperiode 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 constant goed op gelet worden over welke locatie of rivier, MAAR OOK over welke tijdsduur-gemiddelden het telkens handelt.

2.3.6 bovendebieten 2010 "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis ("pentades") en met tijdsvertraging (nieuwe methode), in historisch perspectief

Slechts vanaf de bovendebieten over het jaar 2008 werden 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 en 2010 zijn ook nog de decadewaarden berekend, zie eerder in dit rapport.

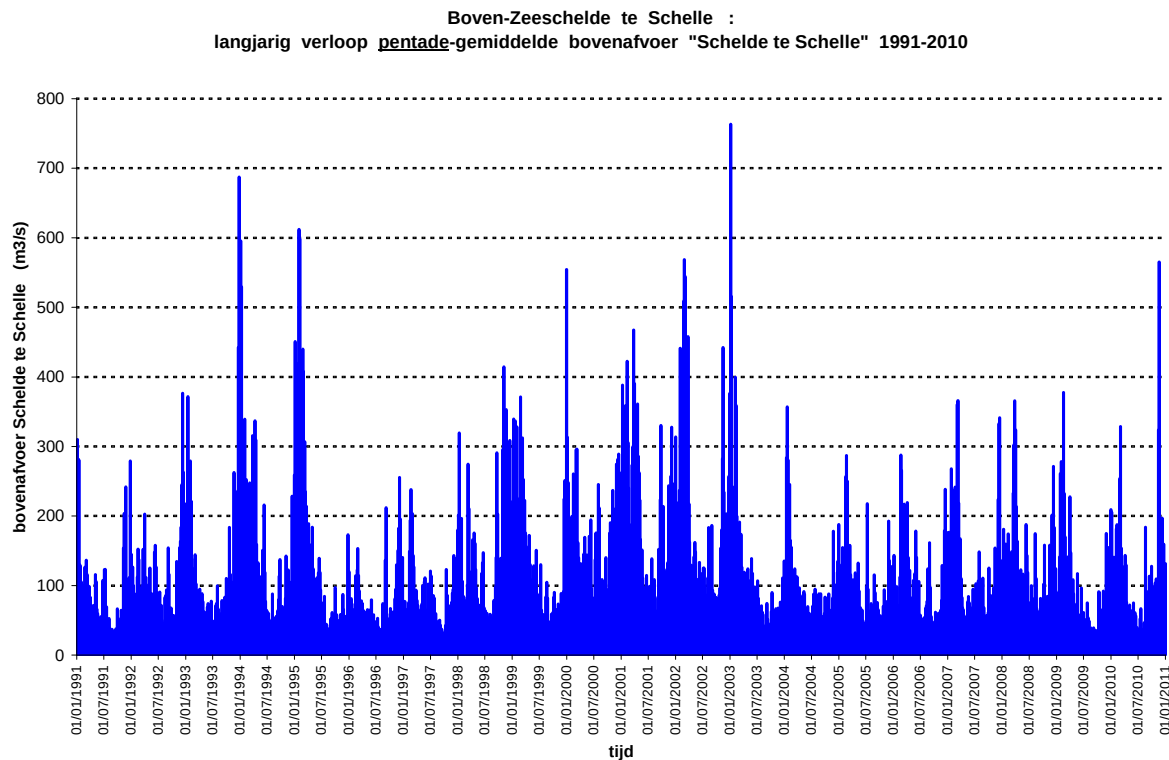
Om voor de pentadewaarden toch enige historiek te kunnen tonen, zijn alle dagwaarden aan de randen van het tijgebied, sinds 1991 doorgerekend met de pentademethode, dus niet enkel naar vijfdaagse waarden te Schelle, maar meteen ook mét tijdsvertraging zoals op p. 134 uitgelegd, en meer bepaald met de methode waarbij de klemtoon op eerder grote en zeer grote bovenafvoer wordt gelegd (= iets kleinere tijdsvertragingen dan met de andere methode).

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 109 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde afvoer aan de randen van het tijgebied over de periode 1991-2010 (alle bovendebieten zijn in m³/s)

De doorrekening naar "de Schelde te Schelle" met als resultaat pentadewaarden mét dus ook inrekening van tijdsvertraging, geeft volgende grafiek over de periode 1991-2000.



Figuur 110 - Zeescheldebekken: afvoer aan "de Schelde te Schelle" volgens pentadewaarden (nieuwe methode) over de periode 1991-2010 (alle bovendebieten zijn in m³/s)

Bij deze grafiek met het chronologisch verloop van pentadewaarden 1991-2010, 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;
- en nu ook de wasperiode in november 2010.

Bij vergelijking van de extreme pentadewaarde van afvoer te Schelle in november 2010, nl. 565 m³/s, met vorige pentadewaarden sinds 1991, is de waspentade van november 2010 enkel overtroffen door deze van

- 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)
- en de 5^e pentade december 1993 (687 m³/s).

3 Jaaroverzicht 2010 "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 zgde "fysische parameters" doet.

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 van het gebied. 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 Saeftinghe, beide aan de ooststrand 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 gebied- een goede correlatie bestond tussen chloridegehalte en de hardheid, en de parameter hardheid binnen wat nu V.M.M. noemt als basisparameter werd bemeaten, viel die parameter voor Antwerpse Zeediensten weg. Er bleven dus enkel temperatuur en chloridegehalte.

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. De omschakeling van eerstens optische (licht-)sensoren, in wezen "donkerheid"-meters (= opaciteitmeters), naar laser-detectie-meters, en de evolutie naar gecombineerde zeewaardige multiparametertoestellen, werden de als "fysische parameters" omschreven meetparameters als volgt:

- temperatuur (T°)
- conductiviteit (cond)
- chloridegehalte (Cl-)
- turbiditeit (Turb)
- suspensiegehalte (ZS of slibgehalte)
- en eerder singulier pH (pH)

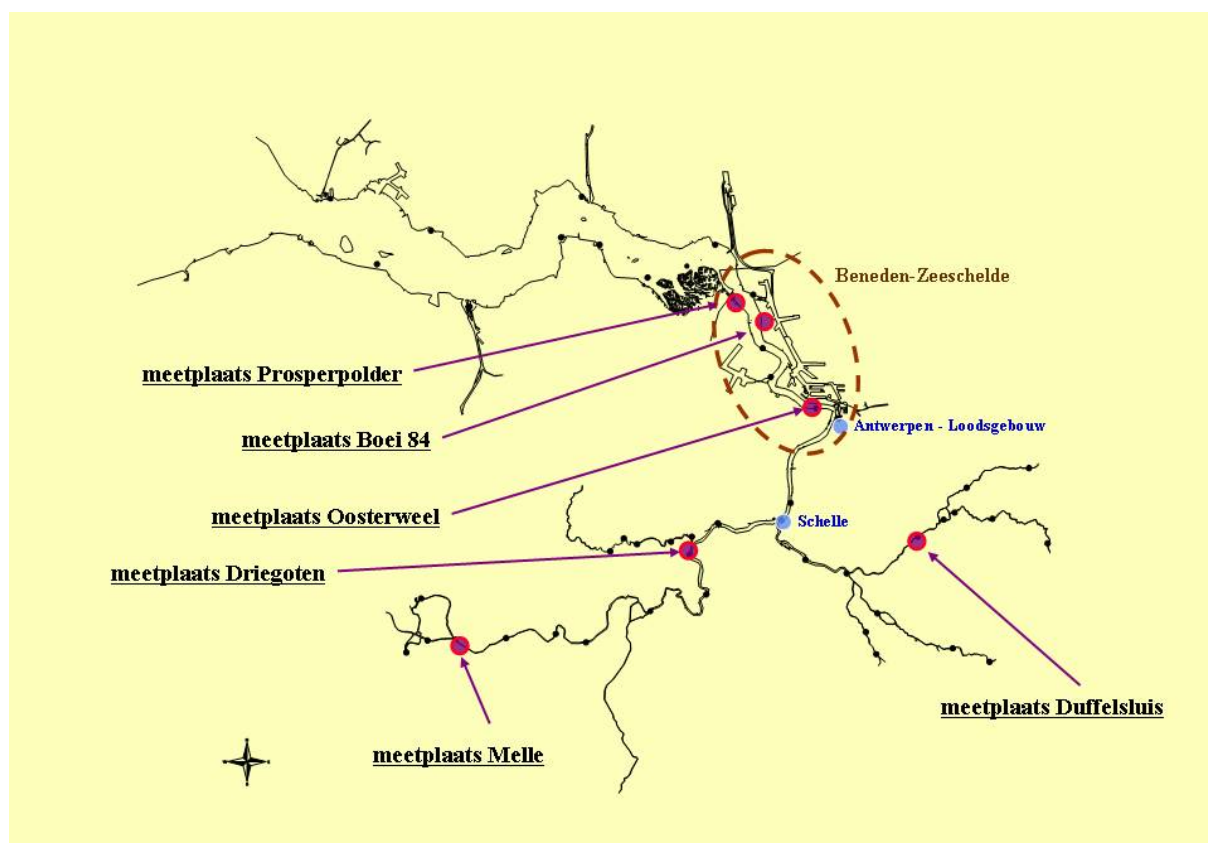
De stroomsnelheid (en stroomrichting) wordt al naargelang het geval, bvb. het meettoestel, al dan niet tot die reeks "fysische parameters" gerekend of apart beschouwd.

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.

Momenteel worden door het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout, 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, chlorofyl-a, blauwalgen enz.

3.1.2 continue meetlocaties "fysische parameters"



Figuur 111 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van de meetplaatsen van continue monitoring van de zgde "fysische parameters" I

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), Oosterweel (ook twee toestellen), Driegoten en Melle, alle in de Zeeschelde, en Duffelsluis in de Beneden-Nete. Op de eerste meetplaats worden enkel temperatuur en conductiviteit gemeten, op de andere locaties de volledige set dus ook stroming, druk en turbiditeit.

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 bvb. een minuut duren. De meetfrequentie van tien minuten is gelijk aan oceanografische en estuariene standaarden, o.a. ook bij de Nederlandse Rijkswaterstaat. En zelfs al wordt frequenter gemeten, de uiteindelijke database gaat per tien minuten. De frequenties van vijf, tien of zelfs vijftien minuten, blijken in praktijk ruim voldoende te zijn, aangezien alle echte (fysische) variaties 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 lange tijd opgesteld te laten.

3.1.3 normale verlopen van "fysische parameters" in functie van het getij

De Aanderaa-multiparametertoestellen die op de maritieme locaties de dienst uitmaken, meten temperatuur, conductiviteit (bij heersende temperatuur), stroomsnelheid, stroomrichting, druk (m.n. de som van atmosferische druk en druk van de waterkolom boven de meetsonde) en turbiditeit.

Het gebruikte meettoestel is een Aanderaa-multiparametermeettoestel (type RCM-9 of het nieuwere type Seaguard), een relatief klein maar handig en robuust toestel dat in heel wat landen als standaard oceanografisch en estuarien toestel in gebruik is om de betrokken parameters te meten, zowel over verticalen als continu gedurende maanden op eenzelfde locatie. Het toestel is voorzien van eigen droge batterijen, en slaat alle meetgegevens op een interne harde schijf op.

In ons gebruik wordt het toestel op continu-meting ingesteld, wat in praktijk neerkomt om het om tien minuten meten en opslaan van alle parameters. Die tien-minuut-periode is in vele landen het standaard-tijdsinterval met dewelke dergelijke metingen langdurig worden uitgevoerd. Het stemt o.a. overeen met wat wereldwijd in meteorologische en maritieme waarnemingen het standaard-interval is.

De eigenlijke meetinstrumenten zijn verzameld op het bovineinde van het meettoestel. Via afzonderlijke sondes worden gemeten:

- de vectoriële stroomsnelheid, dus zowel de grootte (cm/s) als de richting (t.o.v. $0^\circ = 360^\circ = \text{Noord}$). De meting geschiedt door het Doppler-effect binnen een horizontale bundel rondom de sonde, tot ongeveer één meter van de sonde verwijderd. De stroomsnelheid is dus deze in het horizontale vlak.
- de watertemperatuur ($^\circ\text{C}$), gemeten met een stabiele thermistor.
- de conductiviteit (mS/cm) bij heersende temperatuur, gemeten door inductie. Via correlaties kan de conductiviteit omgerekend worden naar de geleidbaarheid bij standaard-temperaturen bvb. 20 of 25 $^\circ\text{C}$, 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.



Figuur 112 - Aanderaa-multiparametertoestel (type Seaguard)

- 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 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. De turbiditeit is een maat voor zowel de kleur van het bemeten rivierwater als van de hoeveelheid aanwezig fijn (gesuspendeerd) sediment.

De parameter druk is bij onze continue metingen op zich niet zo waardevol, aangezien in het Zeescheldebekken, eender waar multiparametertoestellen 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, 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.

In volgende figuur is het typisch verloop van de gemeten parameters over een week dus een halve springtij/doodtij-cyclus te zien. De druk is in grijze lijn aangeduid, en toont praktisch een tijverloop, op en neer gaande tussen ongeveer 120 en 185 kPa, meerbepaald bij laag- resp. hoog-waters bij springtij (aan rechterzijde van de grafiek).

De makkelijkst te herkennen parameter is temperatuur: de rode lijn met licht cosinusidaal verloop bovenaan de grafiek, in de gekozen periode (een nazomer) dalend van 19.5 naar 17.5 °C.

De vrij opdringerige donkerbruine en zeer variërende lijn is het verloop van de turbiditeit, maat van de concentratie aan zwevende stof (in het jargon van "Openbare Werken" eerder suspensiegehalte genoemd, en dikwijls nog kortweg (*doch pejoratief* ...) slibgehalte geheten). Aan linkerkant van de grafiek, zijnde doottijden, zijn de turbiditeitswaarden kleiner dan aan rechterkant, zijnde springtij, waar zelfs een verdubbeling van die waarden optreedt. Het valt ook op dat er relatief grote schommelingen in het turbiditeitsverloop optreden.

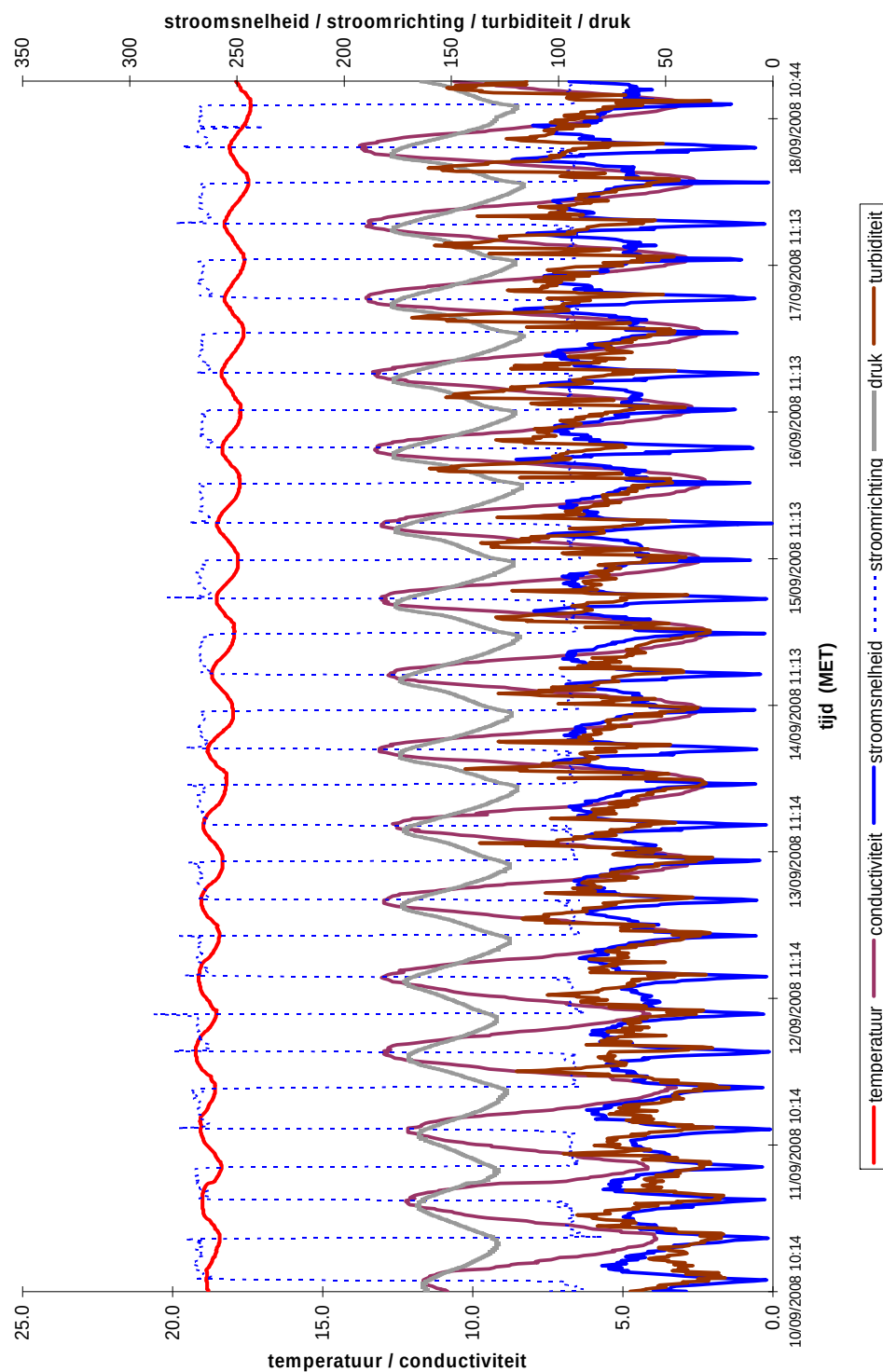
De volle blauwe lijn toont de stroomsnelheid, in absolute waarden, d.w.z. steeds positief voorgesteld al is het vloed, al is het eb. Tussen elke vloed en eb in, gaat de stroomsnelheid naar nul, soms inderdaad echt even nul, maar dikwijls slechts "bijna nul". Uiteraard is de snelheid bij het omdraaien 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 vanuit welke hoek de wind waait, is het bij stroomrichtingen -overigens conventioneel- net andersom: er wordt aangegeven naar 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 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, meerbepaald deze bij heersende temperatuur. Het is een op en neer gaande lijn, ongeveer cosinusidaal, 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 zgde "fysische parameters" weer, als voorbeeld te Oosterweel, voor een tiental dagen, gaande van doottij over middeltij naar springtij. Het is een voorbeeld. In navolgende paragrafen worden die parameters apart of gekoppeld nader besproken, en worden jaaroverzichten over 2010 gepresenteerd.

**Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (boven) :
verloop Aanderaa-meetgegevens 10 à 18 september 2008**



Figuur 113 - 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

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 multiparametertoestellen van fabrikant YSI. Het handelt meerbepaald om toestellen van het type YSI-6920, uitgerust met meetsondes voor temperatuur, conductiviteit, zuurtegraad, ORP of redox-potentiaal, zuurstof (zowel de absolute waarde als de verzadigingsgraad), en turbiditeit.

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.



Figuur 114 - YSI-multiparametertoestel

Hét verschil met de Aanderaa-meettoestellen is drieërlei. 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 zwaar gewicht. De Aanderaa-toestellen meten ook stroomsnelheid en -richting, parameters die in het maritieme gedeelte zo over breedte en diepte van de dwarssectie verschillen. Daarentegen meten YSI-toestellen parameters die Aanderaa-toestellen niet kunnen meten, bvb. redox-potentiaal en zuurstof.

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 115 geeft een typisch verloop van die zgde "fysische parameters" bij doottij, en figuur 116 bij springtij, telkens over één etmaal, om zaken nog duidelijker te maken. Uiteraard zijn de verlopen bij doottij "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 maar een kleine rol 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 doottij is het tijverschil kleiner dan bij springtij, hetgeen dan ook geeft dat het drukverschil bij doottij kleiner is dan bij springtij, hetgeen in beide navolgende figuren is af te lezen.

Om even de andere parameters te overlopen:

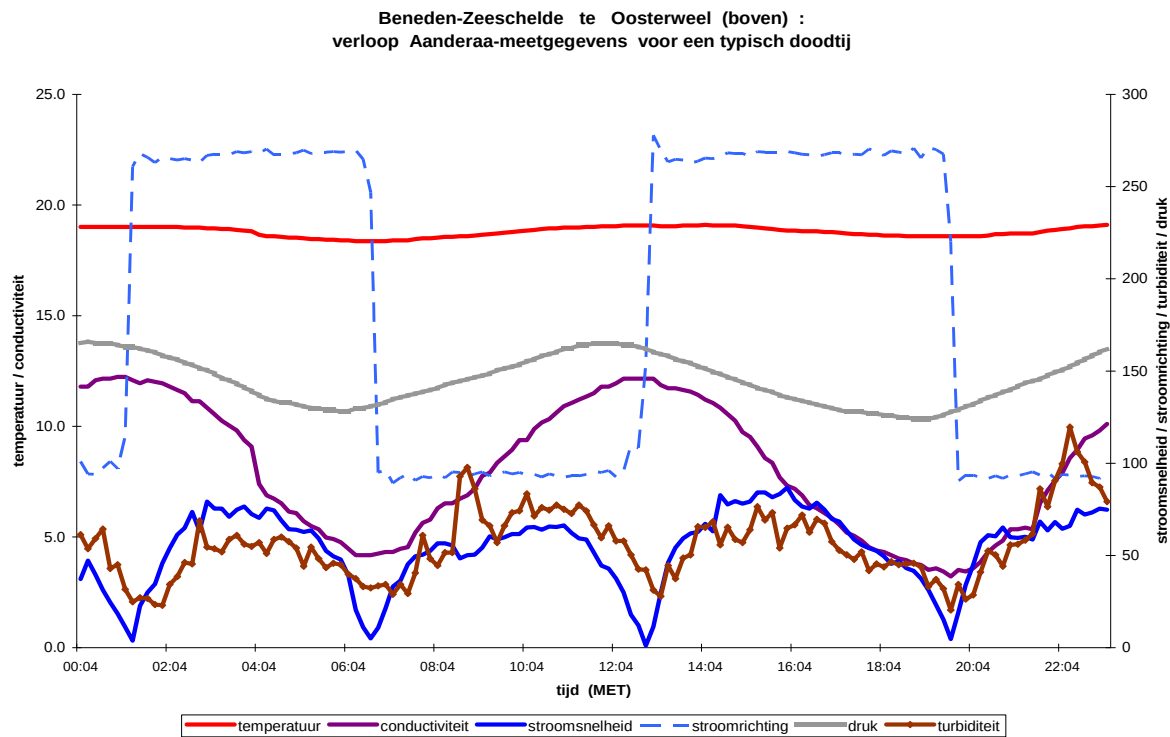
- stroomrichting (de blauwe streepjeslijn): het is een soort Heaviside-functie ("stap-functie" of ook "kantelen-verloop" genoemd), waarbij het plots overgaan van enkele uren durende stroomrichting (bvb. van vloed) naar nadien enkele uren durende andere stroomrichting, met ongeveer 180° tussen beide waarden 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 doottij, en dat deze bij springtij nog meer schommelen dan bij doottij. In bijgaande voorbeelden gaan de stroomsnelheden bij doottij 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.

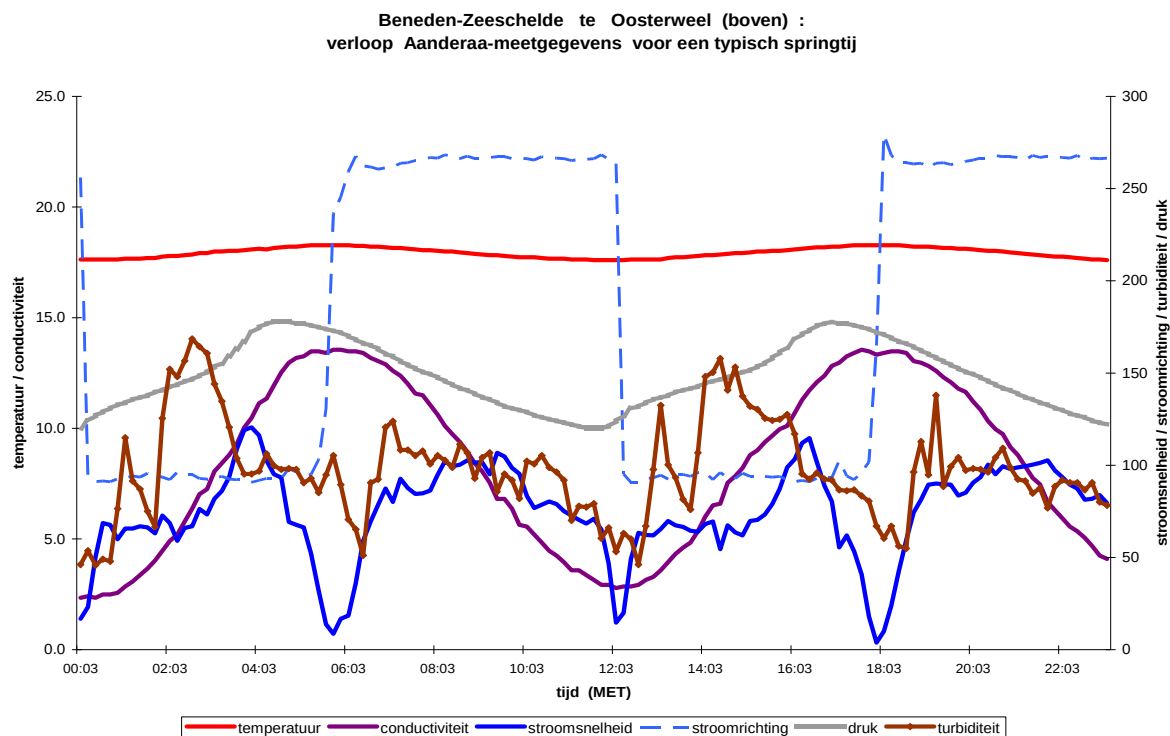
- temperatuur (de rode lijn bovenaan de grafiek): het cosinusidaal verloop heeft maxima bij de maxima van het drukverloop, dus bij hoogwater. Minima treden op bij minima van het drukverloop dus bij laagwater. Wat meteen niet juist is: de extrema van het temperatuurverloop vallen nogal exact op de momenten 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 kleiner dan bij KLW. Maar in het opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde en in de Bovenschelde 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 cosinusidaal 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 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 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 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-mettoestellen gemeten turbiditeit moet ook in die zin begrepen worden. Indien via ijkmonsters en filtering van turbiditeit naar concentratie aan suspensiemateriaal 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 ongerechtigdheden zoals "pakbaar" organisch materiaal, er eerst uit gehaald. Buiten de granulometrie moet aangegeven worden dat turbiditeit ook de kleuring van het water zelf inhoudt. Aangezien het meten van de turbiditeit geschiedt via laser-backscattering, telt ook de vorm van de granulen. Kleur en vorm verschillen van seizoen tot seizoen; het gehalte aan suspensiemateriaal uiteraard ook. Turbiditeit wordt uitgedrukt in NTU, "Nephelometric Turbidity Unit", wat een universele maat is. De omzetting van turbiditeit naar gehalte aan suspensiemateriaal is echter een seizoenaal en lokaal gegeven, dat regelmatige ijking vergt. Tot daar enige uitleg over het soms verwarrende begrip "turbiditeit". Op de figuren 57 en 58, bij doottij 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.



Figuur 115 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen met name temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit en zulks bij een doottij (gedurende één etmaal)



Figuur 116 - 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)

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 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 onderscheid gemaakt tussen wat heet vloed-dominante plaatsen tegen eb-dominante.

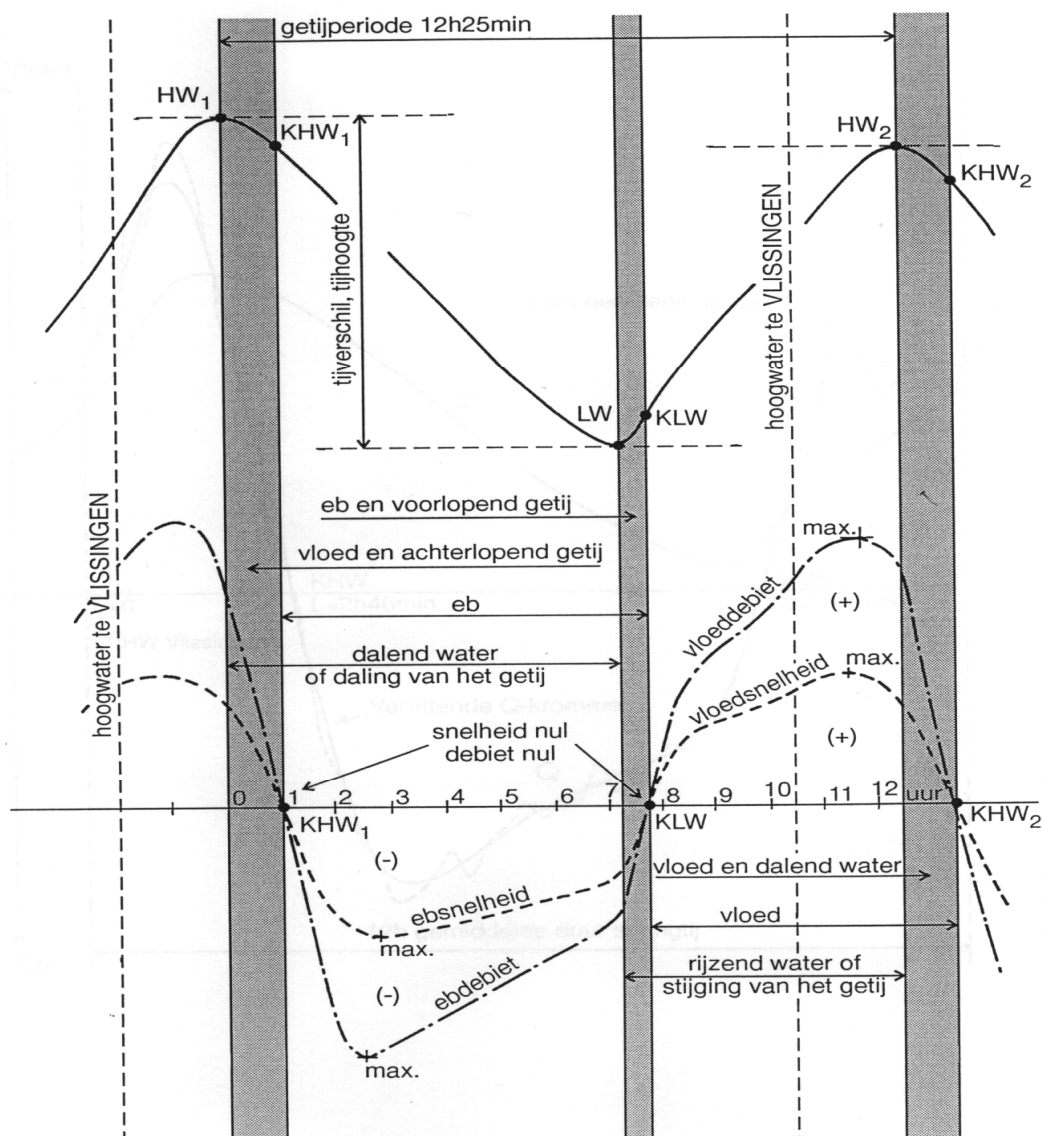
Figuur 117 geeft een algemeen (gemiddeld) beeld van het tijverloop te Antwerpen, maar geldt voor de regio Vlissingen-Dendermonde, mits aanpassingen in tijd en hoogte qua waterstand, of in grootte qua debiet en snelheid. Daarom is de zgde y-as niet getalmatig uitgedrukt. De figuur wil enkel een algemene 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.

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 ebdebet, waarna eb-snelheid en -debet verkleinen doch relatief groot blijven, tot LW zelf, en pas dan maar snel tot nul reduceren. Een relatief korte kenteringsduur na laagwater geeft wel al een behoorlijke stijging van het waterpeil te zien, doch de vloed-snelheid en -debet zetten pas een 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 -debet van nog grote waarden tot nul, volgens een lineair verloop.

In principe zou turbiditeit 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 figuren 115 en 116 voor de locatie Oosterweel, voor een gemiddeld doottij 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 doottij dan bij middeltij, en dat het bij springtij groter is dan bij middeltij.



Figuur 117 - 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).

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 doortij, 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 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.

3.1.4 normale verlopen van "fysische parameters" in functie van de seizoenen

Sommige verlopen van zgde "fysische parameters" van Scheldewater zijn schijnbaar te triviaal om te vernoemen, en toch. Dat de watertemperatuur seizoenaal meegaat met de beter gekende lucht-temperatuur, 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 (om tien minuten) op de locatie Oosterweel. Als voorbeeld voor alle andere meetlocaties worden in dit deelhoofdstuk metingen van deze locatie getoond.

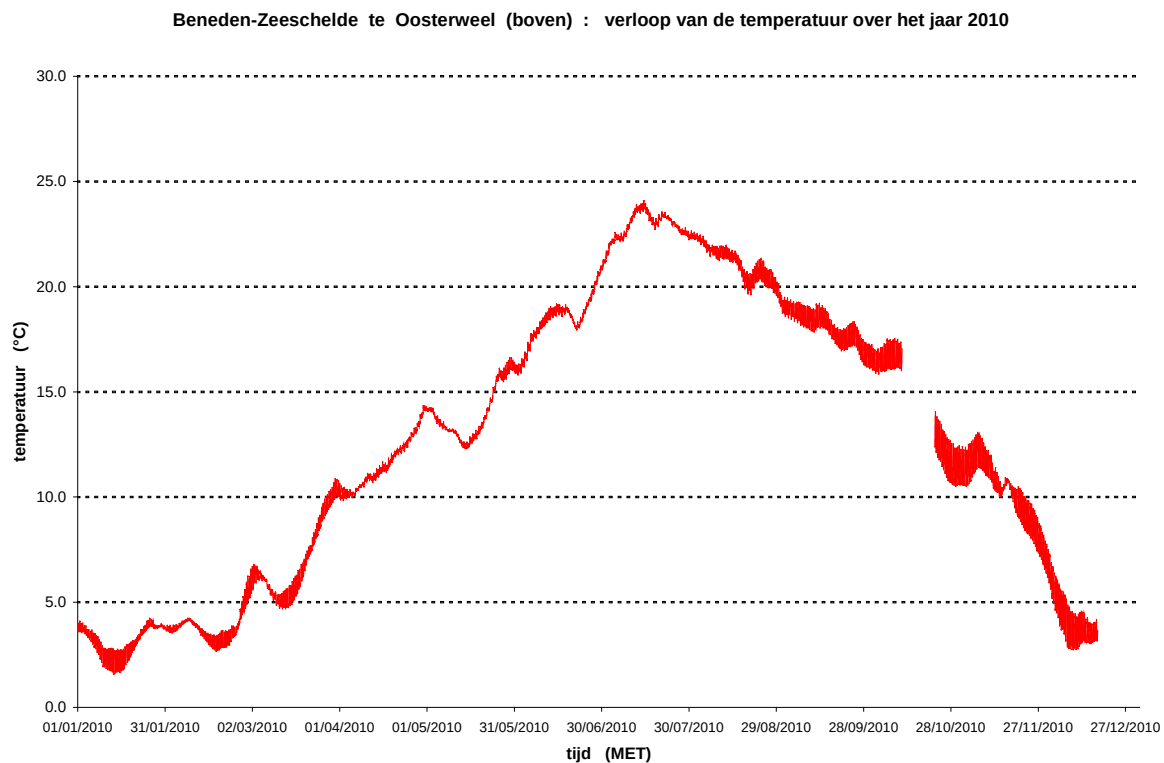
Ook in 2010 hingen twee Aanderaa-toestellen op constante hoogte boven de bodem, nl. één met sondes op ongeveer een meter boven de bodem, en het andere op ongeveer 4,5 meter boven de bodem, dus ongeveer een meter onder laag-laagwaterpeil. Beide toestellen meten met dezelfde frequentie dezelfde parameters.

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 Scheldewater en gezien de kleine verschillen op eenzelfde ogenblik in die regio, eender aan linker- dan wel aan rechteroever, dan wel bovenaan als onderaan de verticale.



Figuur 118 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: foto van de meetdukdalf met aan linkerkant (opwaartse zijde) de twee kranen elk dragend een Aanderaa-RCM9-meettoestel en aan rechterkant (afwaartse zijde van de dukdalf) de meethut met tij- en meteo-meting

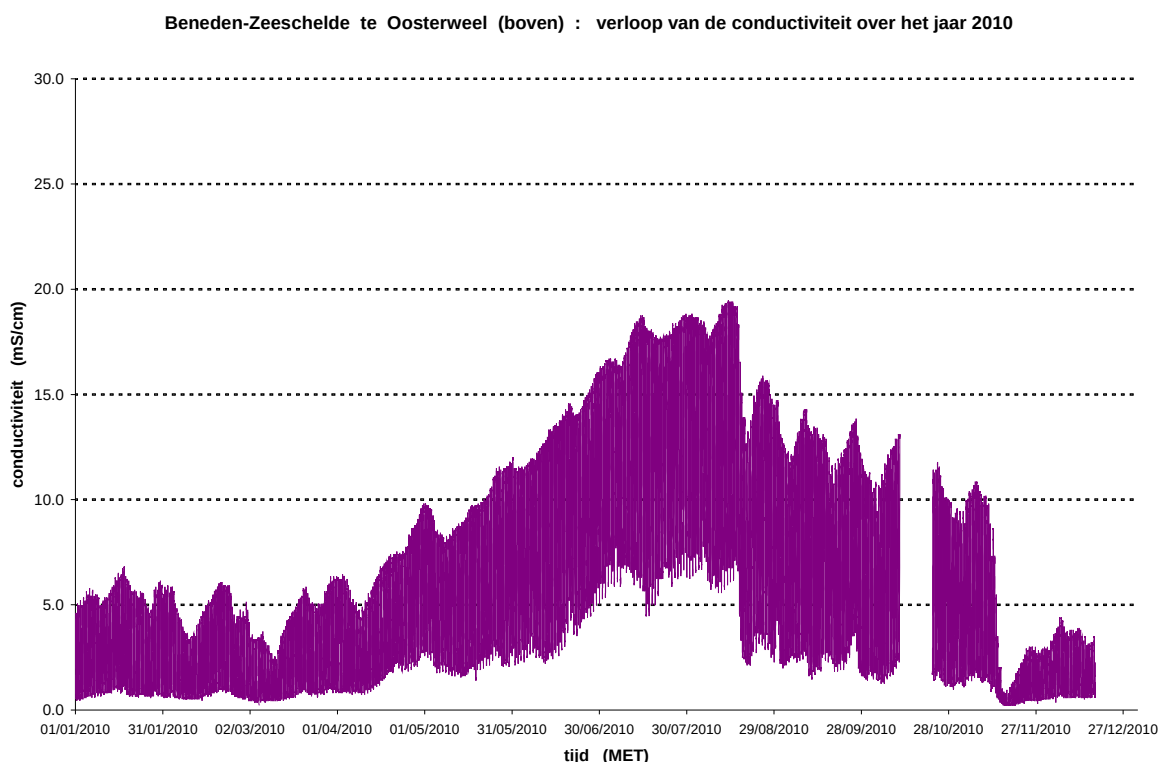
Aldus kan figuur 119 met het jaarverloop 2010 van de **watertemperatuur** te Oosterweel begrepen worden. Zoals hoger aangegeven komen de tij-afhankelijke extrema van temperatuur (zoals van conductiviteit) voor bij KHW en K LW. De figuur toont alle meetwaarden (om tien minuten) en dus niet enkel de extrema nl. bij enkel KHW en K LW. 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 K LW kleiner; in herfst en in winter is het groter. Dat was ook zo in alle vorige jaren, en is een plaatsafhankelijke situatie. De onderbreking in de metingen voor een week van oktober 2010 komt door een kalibratie van de toestellen.



Figuur 119 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de watertemperatuur

De watertemperatuur te Oosterweel tussen KHW en K LW 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 K LW (zoals het in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde afwaarts Kruisschans immers wél steeds het geval is dat de temperatuur bij KHW kleiner is dan bij K LW). Te Oosterweel is de watertemperatuur in de regel groter bij KHW dan bij K LW ervoor en erna. Daar speelt het "warmtehart" van de Beneden-Zeeschelde zijn rol: de thermische lozingen van elektriciteitscentrales en vanuit diverse vnl. petrochemische industrieën, zijn immers van belang. Dat mag evenwel niet zomaar veralgemeend worden tot temperatuursmetingen 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 K LW dan bij KHW, doch het temperatuursverschil blijft dan zeer klein.

De volgende figuur toont het jaarverloop in 2010 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 Westerschelde en in Beneden-Zeeschelde is dat in mindere mate dan van chloride).



Figuur 120 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 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 herfst en winter. Wat erg opvalt (moét opvallen!) is de drastische vermindering aan conductiviteit iets na half november 2010 (in de grafiek op de plaats juist boven het getal "27" van "27/11/2010"). Dat is te wijten (of te danken ...) aan de wasperiode van half november 2010. De bovenafvoer van het ganse Scheldebekken naar zee is toen over verschillende dagen zéér groot geweest, 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.

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 na-zomer. 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-Zeescheldebekken afwaarts Kruisschans) aanhoudend 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.

2010 was een jaar dat qua seizoenaal temperatuursverloop een warme lente en een warme maand juli kende, doch waarbij het al in augustus minder warm werd. Dit komt ook tot uiting in het jaarverloop van de conductiviteit aangezien deze niet naar een standaard-temperatuur is omgerekend doch bij heersende temperatuur is gegeven. Maar bovendien: de vermindering van conductiviteit in de maand augustus 2010 is ook én flink verbonden aan het plotse wasregime van enkele dagen halfweg augustus, zoals eerder (in het hoofdstuk over bovendebieten van het Zeescheldebekken) al verhaald en wat zich in de grafieklijn van de conductiviteit te Oosterweel vertaalt in een vermindering aan conductiviteit vooral deze bij KLW (dus de onderkant van de dikke grafieklijn). Het is een fenomeen zoals op vorige bladzijde al aangegeven voor de grote wasperiode van half november 2010.

Nogmaals: dit voorbeeld gaat over de meetlocatie te Oosterweel, maar kan in zijn betekenis eenvoudig uitgebreid worden over de ganse Beneden-Zeescheldebekken en zelfs tot in (het afwaartse deel van) de Boven-Zeescheldebekken 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 chloridegehalte, 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 tijd.

Verlopen watertemperatuur en conductiviteit dus volgens relatief mooie, telkenjare weerkerende 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 doortij/middeltij/springtij. Seizoenal is er lichte invloed doordat in de winterperiode flink ontwikkelde springtij en stormtij kunnen optreden, waarbij het laagwater voorafgaand aan het zeer hoog (storm-)hoogwater niet altijd 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 (meer bepaald in de Beneden-Zeescheldebekken). Ter vergelijking: het langjarig gemiddeld tijverschil te Antwerpen-Loodsgebouw bij gemiddeld springtij is 5,95 meter. In de zomer zijn sterk verhoogde springtij en stormtij 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.

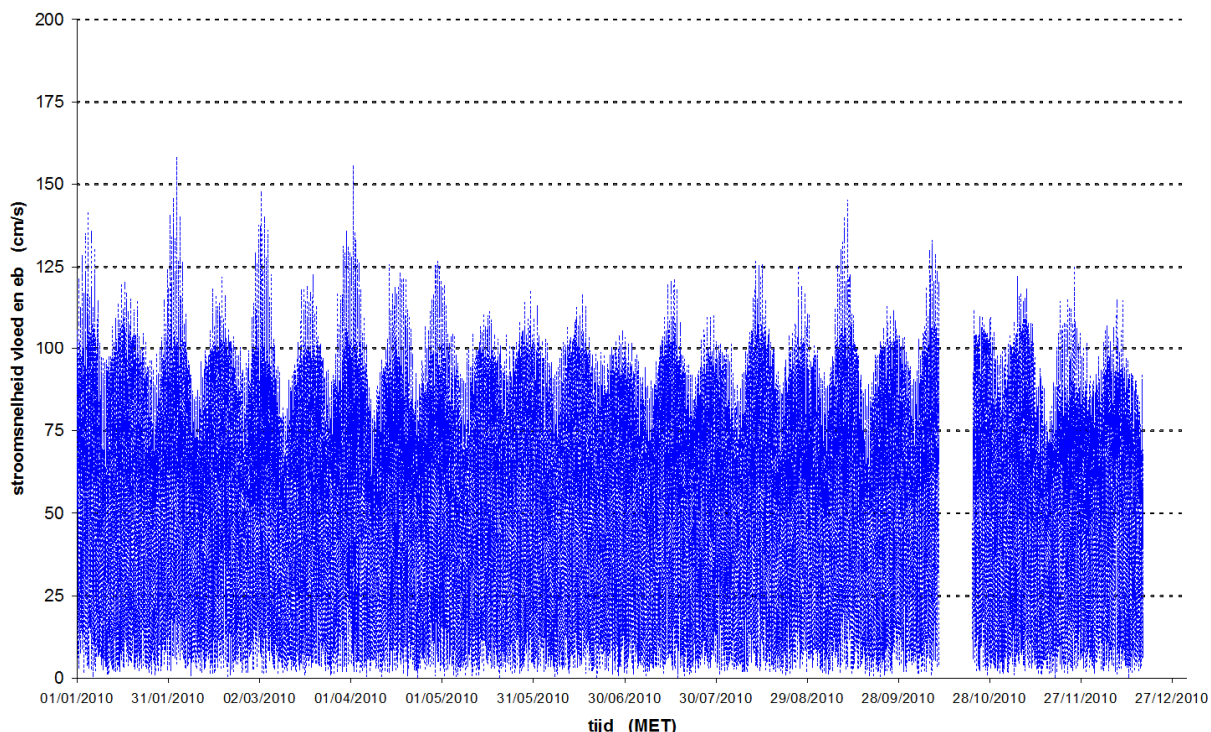
De navolgende figuur geeft het jaarverloop 2010 van de gemeten stroomsnelheid op de locatie Oosterweel-boven. Daarbij zijn alle stroomsnelheden als positieve waarden uitgetekend, dus zowel deze bij vloed als deze bij eb.

Duidelijk is de grote variatie op veertiendaagse basis te zien, nl. over de doodtij/middeltij/springtij-periode. In het midden van het jaar zijn 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 oven de bodem hangt, en dus niet steeds in eenzelfde relatieve hoogte is t.a.v. de tijstand.

Met deze kanttekening moet de navolgende grafiek voorzichtig benaderd worden. Alleszins is duidelijk dat in winterperiode zeer grote stroomsnelheden kunnen optreden, tot (in 2010) bijna 1,60 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 tijverschil, dus gaan mee met de piekwaarden in het opgetreden tijverschil zoals figuur 10 (op blz. 15) aangeeft.

Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (boven) : verloop van de stroomsnelheid over het jaar 2010



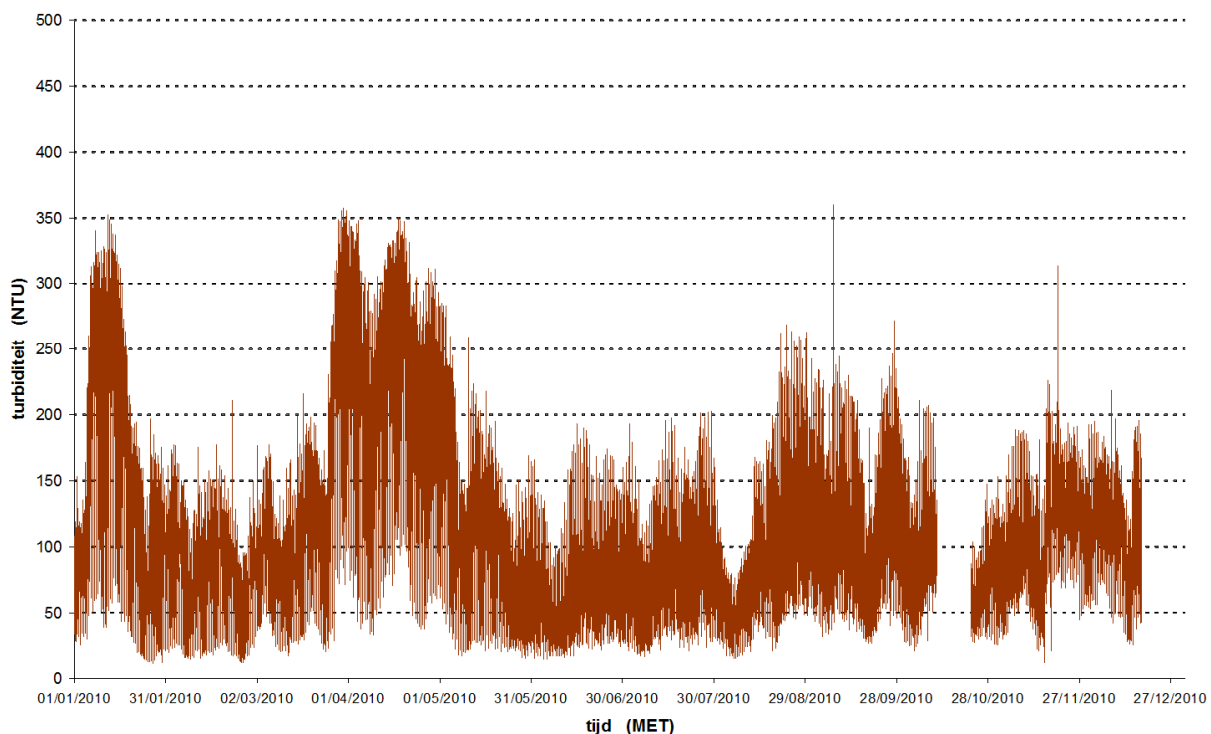
Figuur 121 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de stroomsnelheid

De **turbiditeit** van het Scheldewater hangt 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 zelfs op het oog zichtbaar. 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 naar gelang 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 wel bij kleinere tijverschillen, dan is de verschuiving over de langsas van die zone van zgde maximum-turbiditeit ook groter dan bij kleinere tijverschillen. Of: bij springtijden verschuift die zone meer over de langsas dan wel bij doottijden.

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 langsas verschuift, zo verschuift ook de zone van maximum-turbiditeit in de Beneden-Zeeschelde met de bovenafvoer mee.

Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (boven) : verloop van de turbiditeit over het jaar 2010



Figuur 122 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de turbiditeit

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, kent een seizoenale invloed zoals de saliniteit want verschuift volgens langzas van de rivier al naargelang de grootte van de bovenafvoer. De turbiditeit zou ook moeten 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 2010 operationele meetlocaties, en zulks met vergelijking met de bovenafvoer.

3.1.5 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, meerbepaald 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

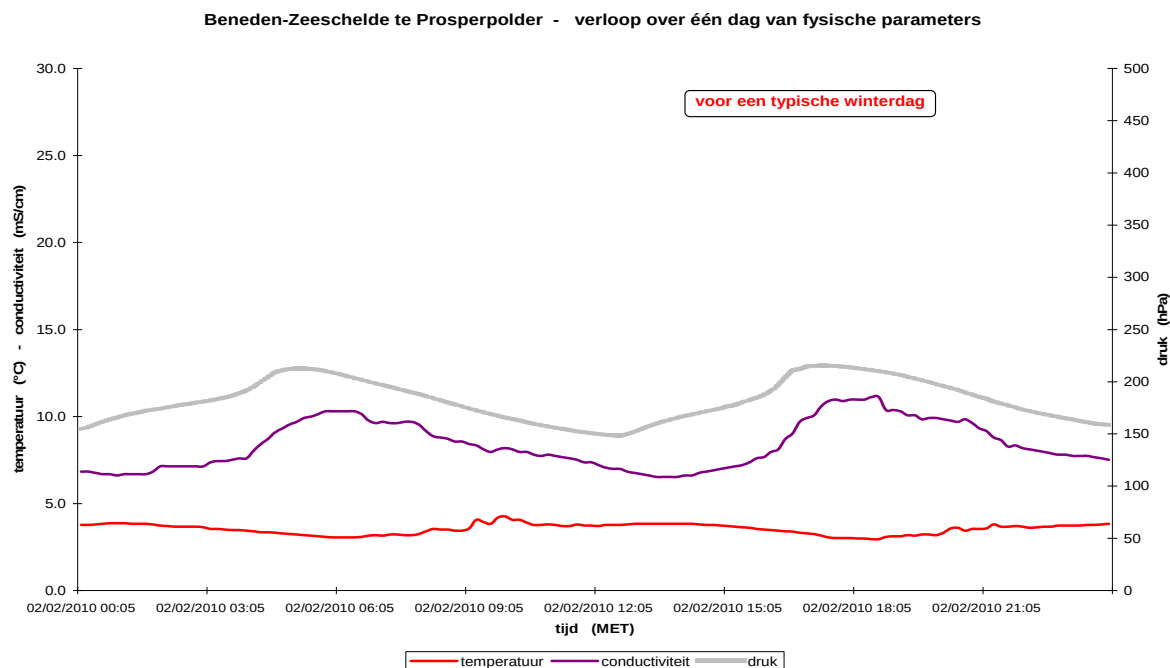
Aan de Belgisch/Nederlandse grens wordt een continue monitoring gedaan van -uiteraard tij - de conductiviteit en de temperatuur. Gezien de meting gebeurt in een meetbuis van de aanwezige dukdalf, heeft het geen zin om stroomsnelheid of turbiditeit te meten. Een uitkraging aan de dukdalf uitbouwen om zoals te Oosterweel meettoestellen buiten de invloedzone van de dukdalf te brengen, levert weinig betekenis aangezien de ligging van de meetplaats dusdanig is de stroming van vloed en vooral eb een singuliere betekenis heeft doch niet staat voor de 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.



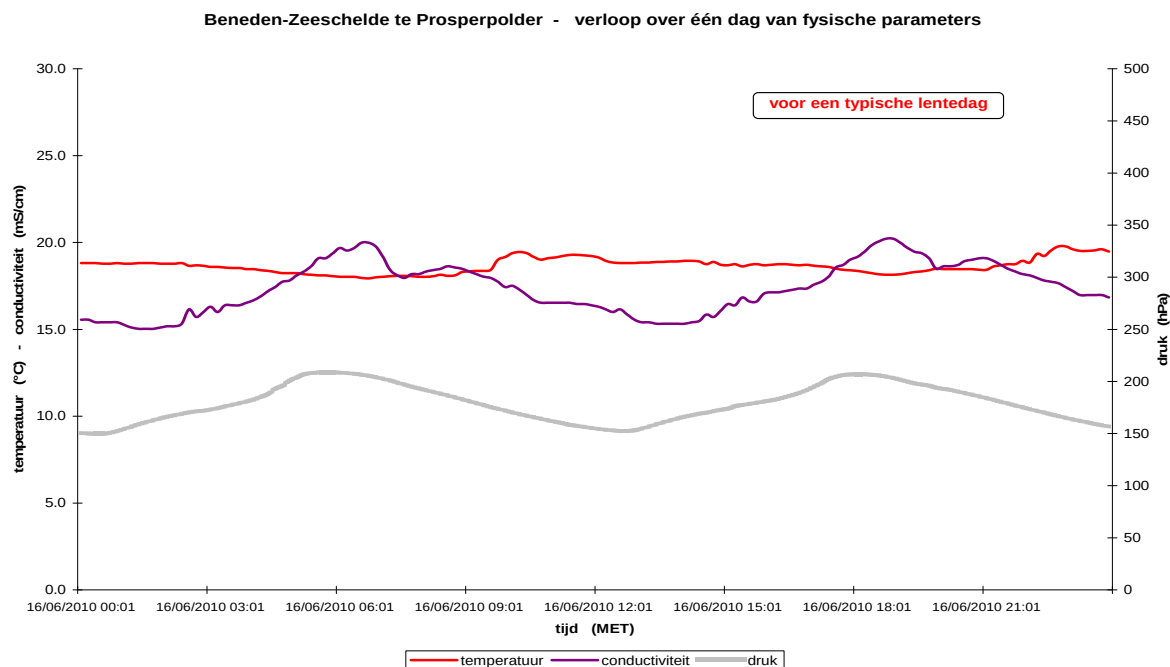
Figuur 123 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder: meetlocatie

Op bovenstaand Google Earth-plannetje is de meetlocatie van Prosperpolder 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 Drempeel van Frederik, tevens vaargeul en tevens stroomgeul.

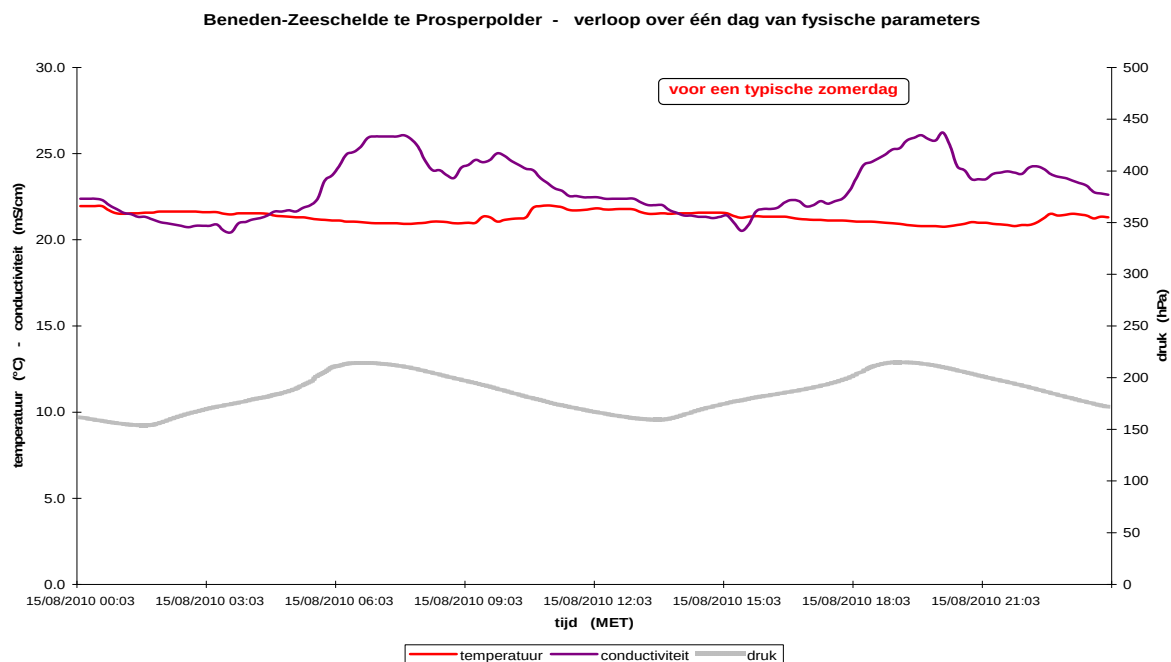
Onderstaande vier figuren tonen het verloop over een etmaal (dus twee maal een halfdaags tij) van temperatuur en conductiviteit te Prosperpolder tijdens resp. een typische winter-, lente-, zomer- en herfstdag.



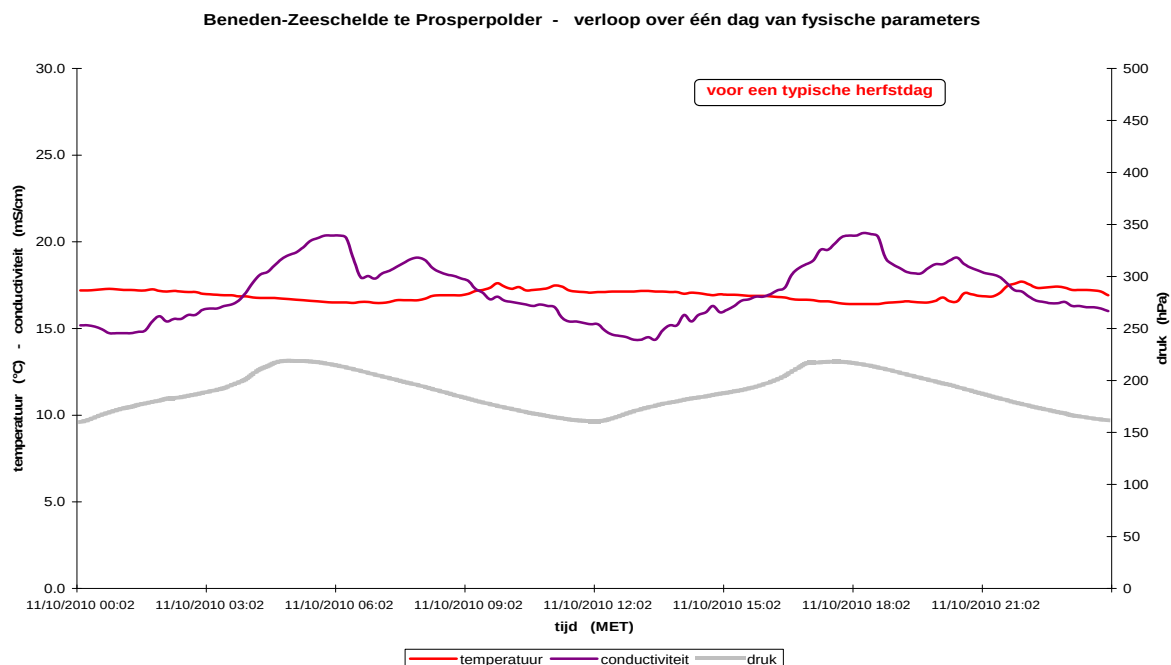
*Figuur 124 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder:
 verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische winterdag*



*Figuur 125 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder:
 verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische lentedag*



*Figuur 126 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder:
verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische zomerdag*



*Figuur 127 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder:
verloop van temperatuur en conductiviteit bij een typische herfstdag*

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 tijds voorvallen. 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 KWL'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 Scheldewater.

Verder kan gezien worden dat de temperatuur en de conductiviteit bij vloed kort en mooi (gestaag) verlopen. Bij eb is dat verloop steeds "verstoorde" 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 verstoorde 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 KWL gelukkig echte 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 met meetsondes ongeveer 1 meter boven de bodem, en een bovenste 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, stroomsnelheid 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 KWL ervoor en erna. Het temperatuursverschil tussen de koudere KHW en de warmere KWL 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 KWL's ervoor en erna. Het verschil in conductiviteit tussen de KHW's en KWL'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 halfjaar van vloed, kan te maken hebben met het "verdrinken" van de strekdam van Ouden Doel waardoor meer en zouter vloedstroom passeert.



Figuur 128 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 : meetlocatie

De stroomrichting bevestigt 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 dichterbij 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 1,3 m/s. Dat geldt dan wel op die (x,y,z)-locatie van het bovenste Aenderaa-meettoestel aan Boei 84, want stroomsnelheid 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 (op plusminus 0,10 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.

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. Analooch 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 waterpeil. Analooch 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. In de Beneden-Zeeschelde komen geregeld

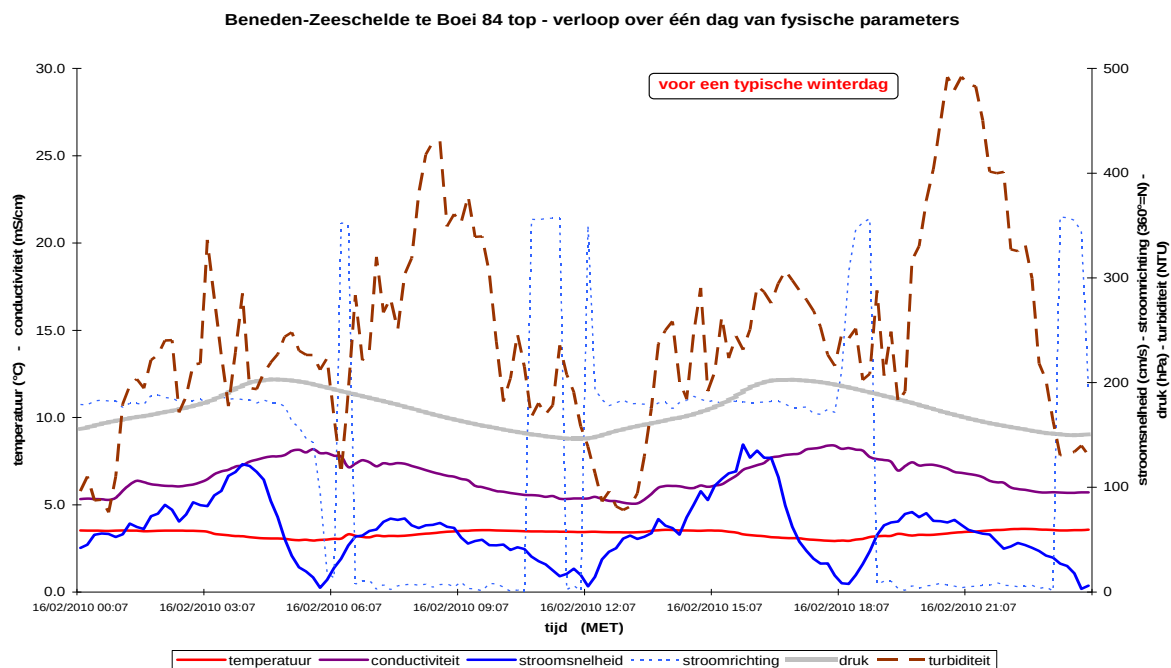
Het verloop van de stroomrichting is over het ganse jaar steeds hetzelfde. Vloed- en eb-stromingen gaan elk volgens steeds dezelfde richting, tenminste enkele graden niet te na gesproken. Maar er is geen significant verschil al naargelang de seizoenen of het type tij te vinden. De waarden spreken voor 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 turbiditeitswaarden bij vloed maar nog beduidend grotere waarden bij eb.

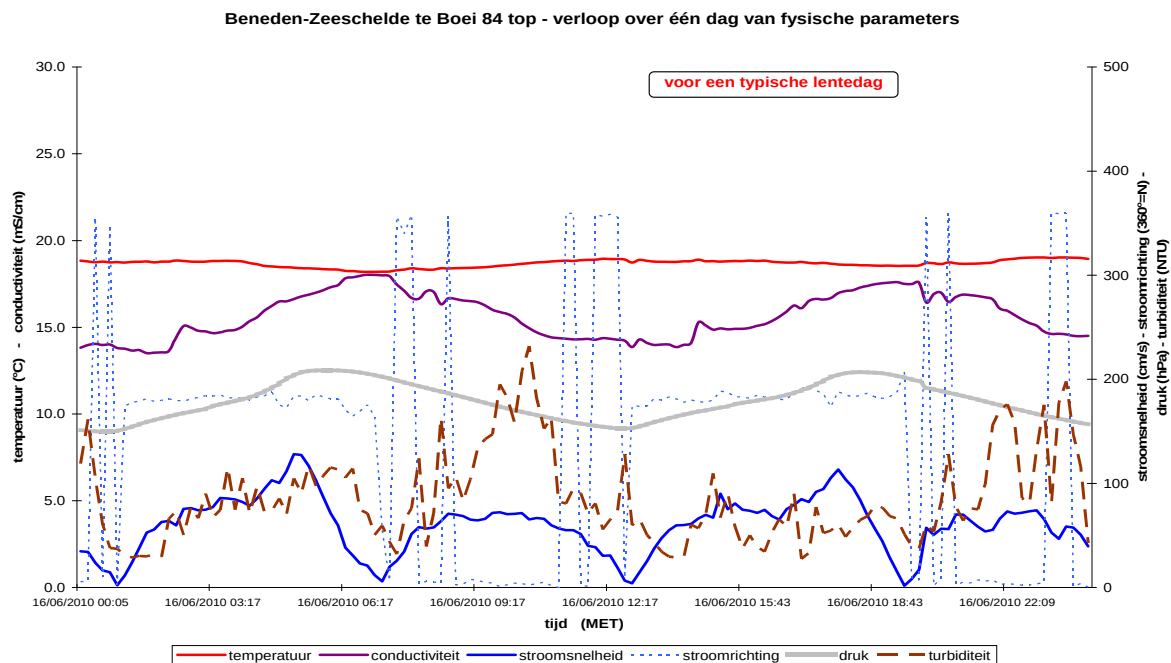
Er is niet een éénduidig verband met de stroomsnelheid, iets wat ergens zou kunnen verwacht worden. Andere factoren spelen inderdaad ook nog een rol, bvb. dat bij vloed aan Boei 84 Scheldewater passeert dat van een diepe Drempel van Frederik komt, terwijl bij eb er invloed is van de Plaat van Lillo dus 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 varende 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.

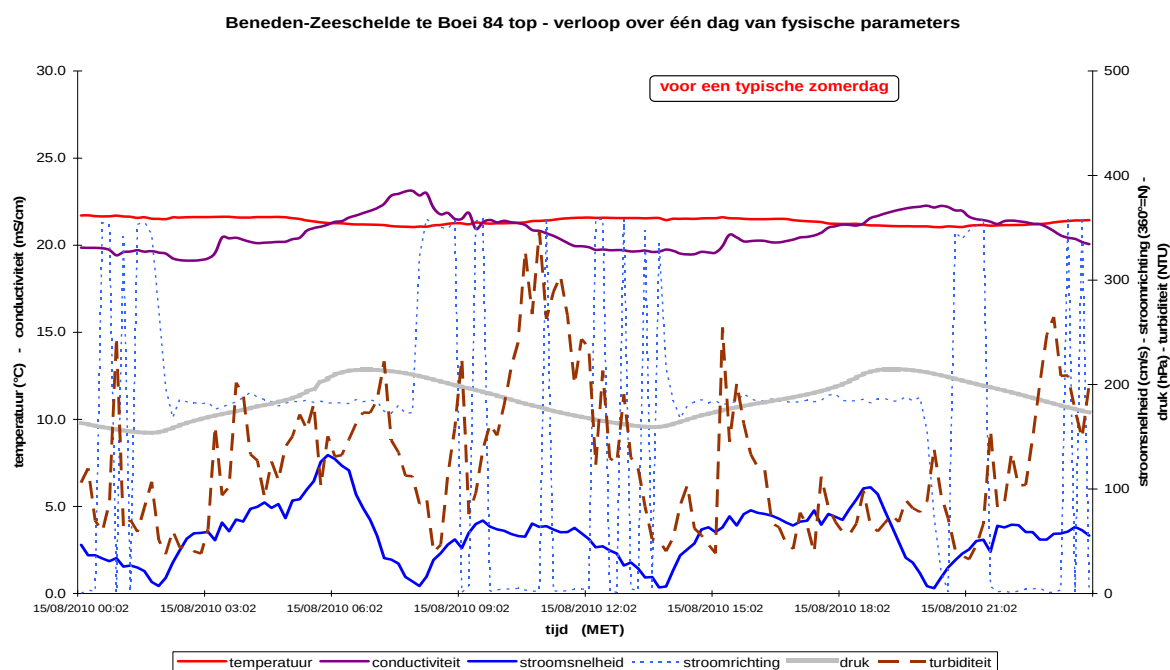
Over de seizoenen heen is er ook een variatie in de grootte van de turbiditeit. Deze is o.a. gelegen aan de verschuiving van de zgde zone van maximum-turbiditeit in de Beneden-Zeeschelde, dus met de invloed van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle", zoals al hoger uitgelegd, en zoals verder in dit rapport bij de jaaroverzichten van de fysische parameters conductiviteit en turbiditeit nog aan bod komt.



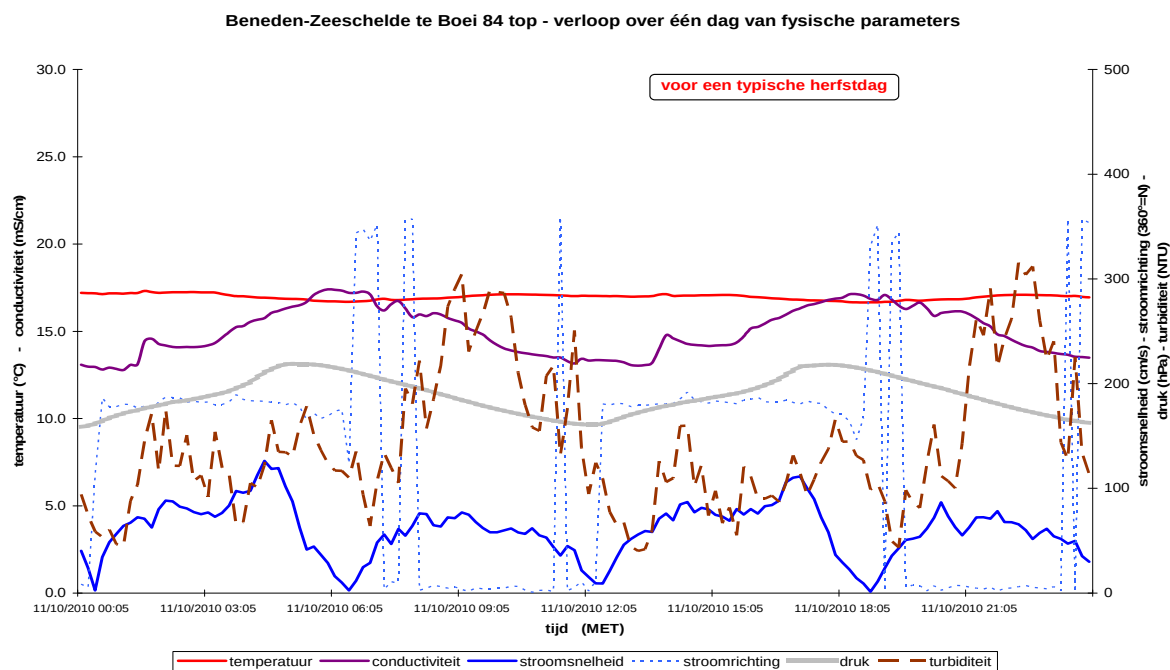
Figuur 129 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische winterdag



Figuur 130 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel): verloop van fysische parameters bij een typische lentedag



*Figuur 131 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel):
 verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag*



*Figuur 132 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 (bovenste meettoestel):
 verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag*

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 van de einde jaren 1970 / begin jaren 1980 voorziene stormvloedkering te Oosterweel, 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 langsas 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 pas uren geleden 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, 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 uiteraard kleiner dan bij het bovenste, doch de maat van variatie is ongeveer dezelfde. Ook de turbiditeit is verschillend want bij het onderste toestel groter dan bij het bovenste.



Figuur 133 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : meetlocatie

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.

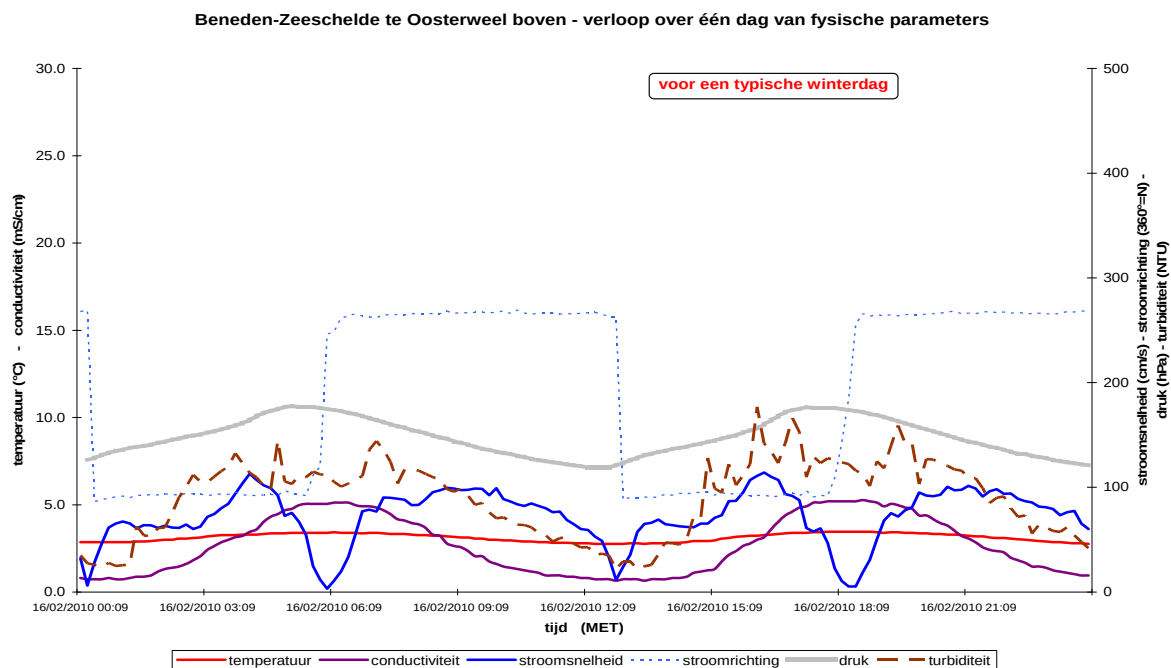
Het verloop van de conductiviteit kent een vrij sinusoidaal verloop, met het tijverloop mee doch dan verschoven over de duur van de kenteringen, zoals hoger bij de metingen aan Boei 84 al gezegd. Er zijn geen plotse verstoringen in dat mooie verloop, iets dat inderdaad naar opwaarts algemeen geldt, nl. 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.

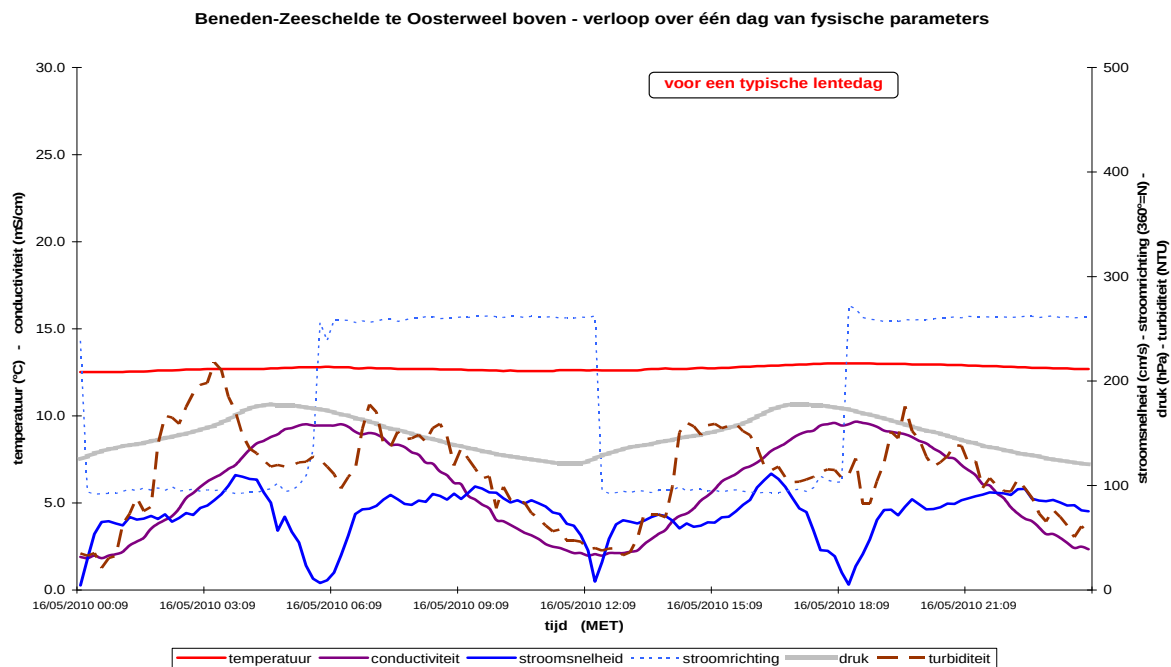
Het verloop van de stroomrichting duidt op een licht vloeddominante locatie: de maximum stroomsnelheden bij vloed zijn iets groter dan deze bij eb. Het verschil is echter minder dan aan bvb. Boei 84. De sectie rond en om Oosterweel is immers deze van een relatief lang en recht riviervak, zodat er minder 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 115 à 125 m/s, en gaan maximum-stroomsnelheden bij eb rond 100 à 105 m/s. Dat moet gerelativeerd worden want de stroomsnelheden hangen rechtstreeks af van het tijverschil, dus zijn groter bij stormtij, die op hun beurt groter zijn dan bij springtij, die dan groter dan bij middeltij, en bij doottij 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.

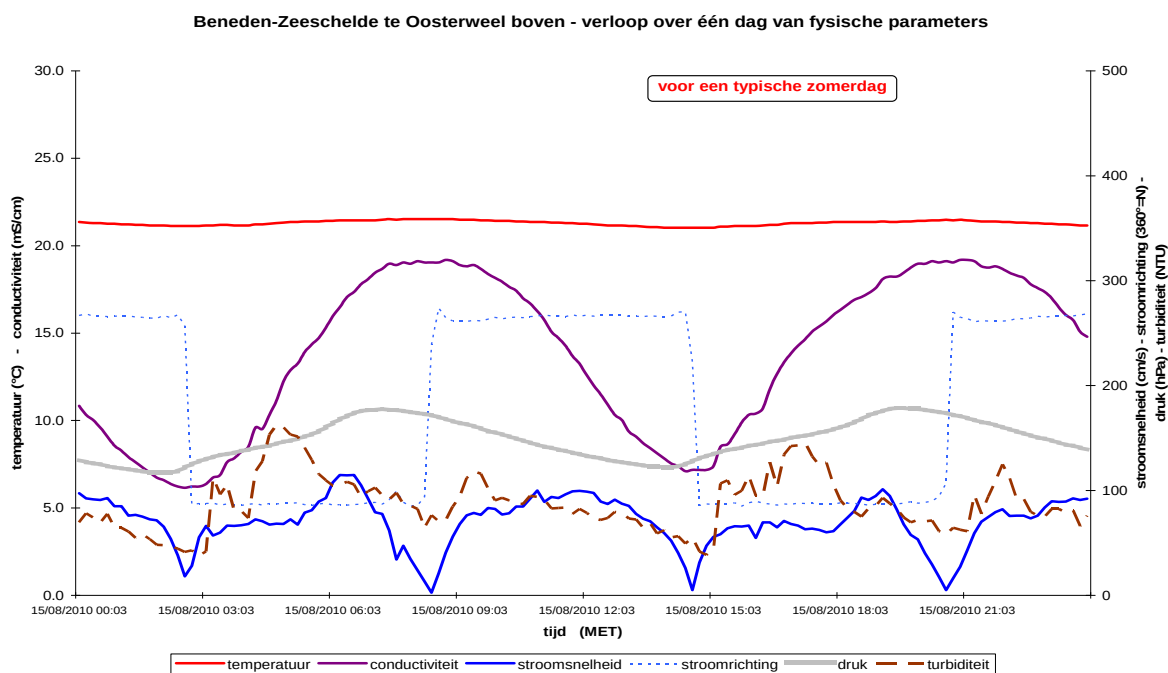
Op het verloop van de stroomsnelheden is uiteraard het feit van de kentering goed te zien: ook hier zijn deze bij HW langer dan bij LW, nl. van een half uur tot een uur voor KHW, en van een kwartier tot een half uur voor KLW, dus analoog als aan Boei 84, en eigenlijk geldig voor de ganse Beneden-Zeeschelde.



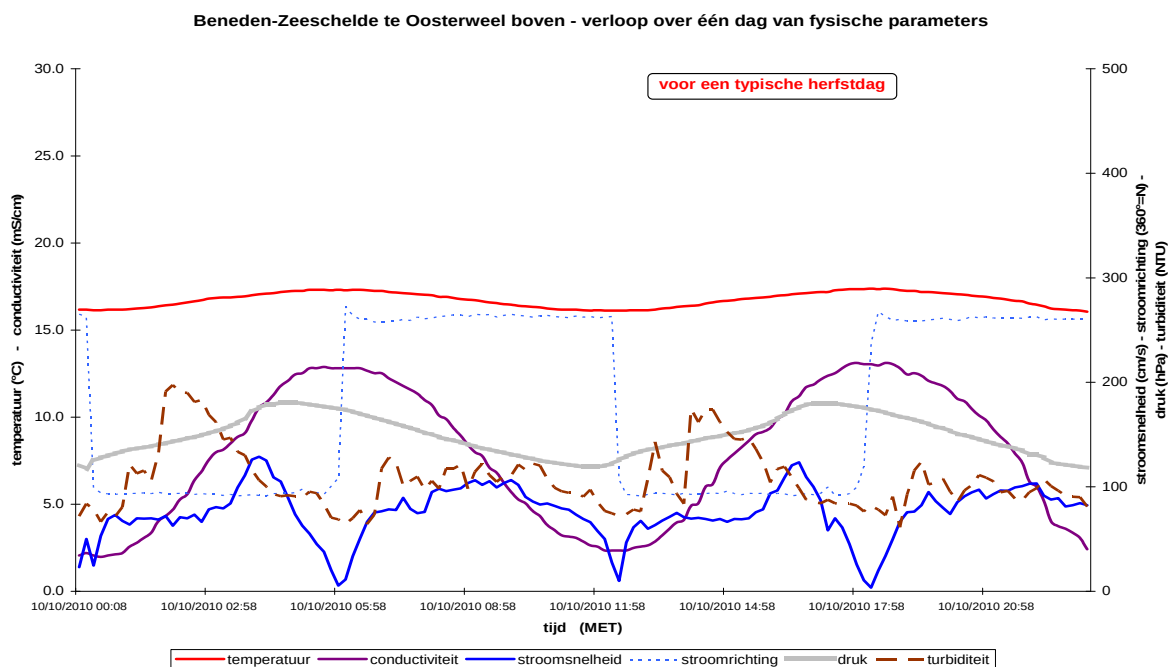
*Figuur 134 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel):
 verloop van fysische parameters bij een typische winterdag*



*Figuur 135 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel):
 verloop van fysische parameters bij een typische lentedag*



*Figuur 136 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel):
 verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag*



*Figuur 137 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel):
 verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag*

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 100 à 200 NTU, waarbij de grotere maxima bij vloed worden gehaald en de kleinere bij eb zoals juist al gesteld. Het totale jaarbeeld toont (zie blz. 166) evenwel dat er een drietal duidelijk onderscheiden perioden zijn waarbij de maxima-waarden van turbiditeit groter zijn, nl. tot 350 NTU. Het jaarverloop zal nog verder in dit rapport nader besproken worden.

3.1.5 - d - te Driegoten

Ter goede spreiding van de in het Zeescheldebekken te kiezen meetlocaties, beperkt door de mogelijkheden om toestellen te plaatsen bij gebrek aan daartoe dienstige constructies waar zonder hinder van woeling van het water door bvb. dukdalven en palen en omliggende andere constructies, en daarbij niet te vergeten de invloed te vermijden van vlakbij varende schepen en van invloeden van bochten in de rivier, kortom: zeer beperkt qua het ter beschikking hebben van goede meetlocaties, werd gekozen om in de Boven-Zeeschelde een Aanderaa-meettoestel te plaatsen aan het veer te Driegoten. Deze locatie 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, 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 temperatuurverschil is ongeveer een halve graad Celsius, al is het in de lente, bij het opwarmen van het Scheldewater, 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.

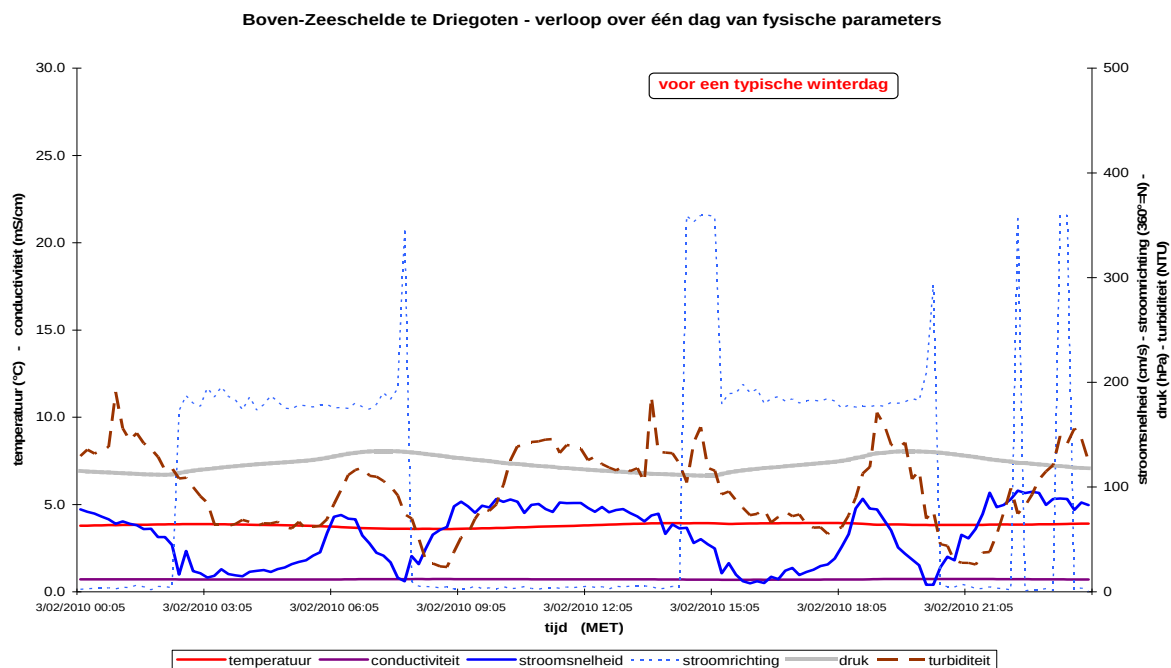


Figuur 138 - Boven-Zeeschelde te Driegoten : meetlocatie

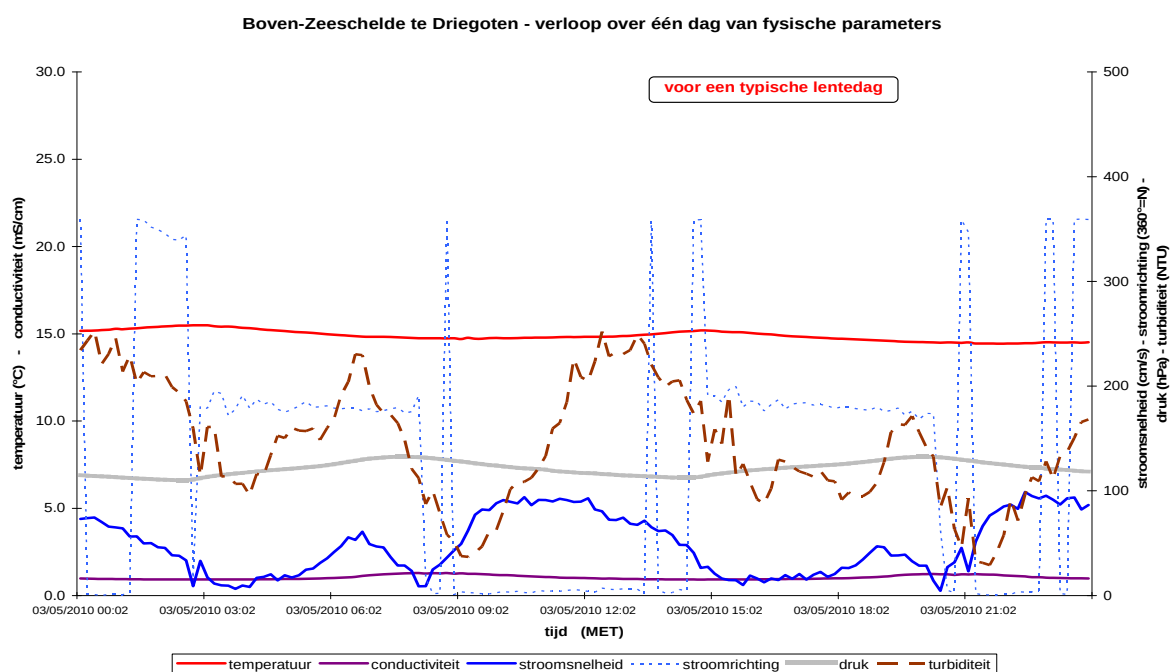
De stroomsnelheid wijst op een duidelijk ebdominante locatie. De stroomsnelheden op deze plaats kennen een duidelijke maximum-vloed vlak voor elk hoogwater, en een tijdens eb naar halftij van eb gestaag vergroten van de snelheid waarna een even gestage daling volgt naar laagwater toe. De stroomsnelheden variëren niet doorheen de seizoenen, doch en uiteraard -wat op het jaarverloop beter zal te zien zijn- met de doortij/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 stroomsnelheden van 1,5 m/s worden gehaald, zelfs bij springtijden 2 m/s en bij stormtijden nog iets groter, blijven de stroomsnelheden in de Boven-Zeeschelde opwaarts van de Durmemonding op meer dan helft der plaatsen kleiner dan 1 m/s, terwijl slechts op bepaalde locaties stromingen kunnen optreden van 1,25 m/s of zelfs iets meer bij bijzondere omstandigheden zoals bij wasregimes in de meest opwaartse delen van het tijbekken.

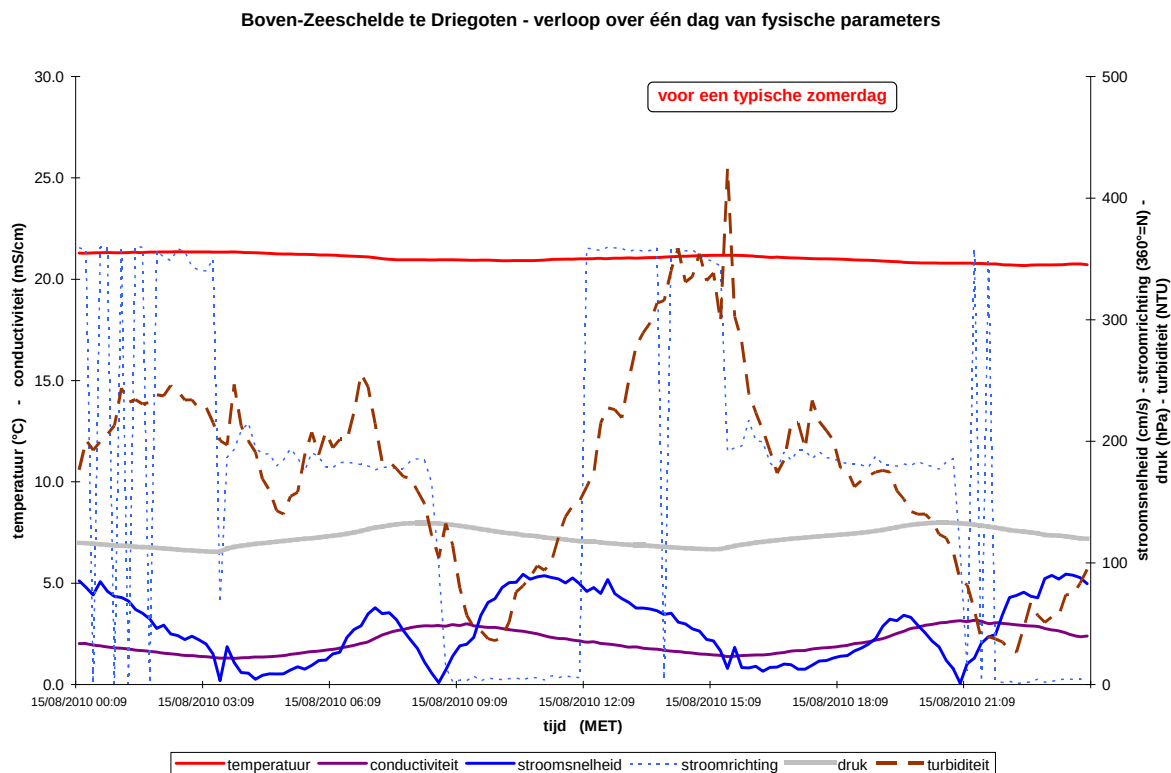
De conductiviteit te Driegoten is uiteraard steeds klein in vergelijking met het echt maritieme deel van het Zeescheldebekken. Slechts in de droge zomerperiode komen conductiviteiten tot een drietal mS/cm voor. Doorheen alle seizoenen is de conductiviteit bij KHW groter dan bij KLW; de grootste bron voor conductiviteit is immers de saliniteit vanuit zee; de ionen vanuit het achterland blijven daarop ten achter.



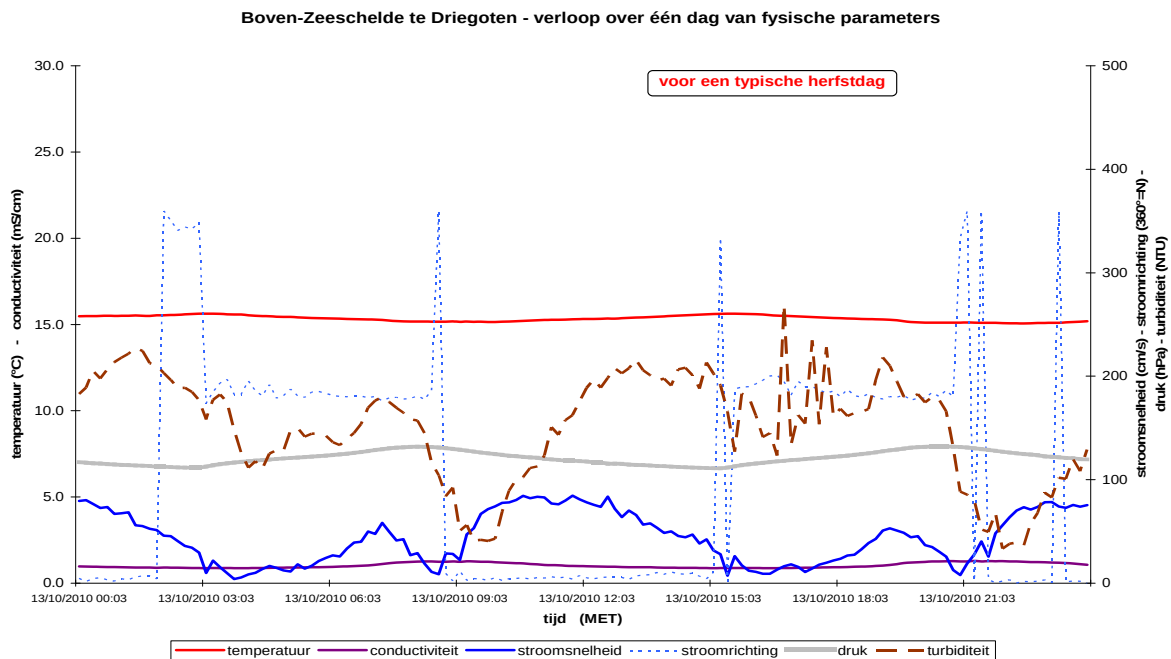
Figuur 139 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische winterdag



Figuur 140 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische lentedag



Figuur 141 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag



Figuur 142 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag

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 springtijden nog iets verder, tot hier te Driegoten waar -zie het jaarverloop verder in dit rapport- slechts dan waarden van 3 mS/cm bereikt worden. Alsdan geldt ook een relatief groot verschil tussen de conductiviteit bij K LW met dit bij K HW. De waarden van K LW 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 K HW, 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.

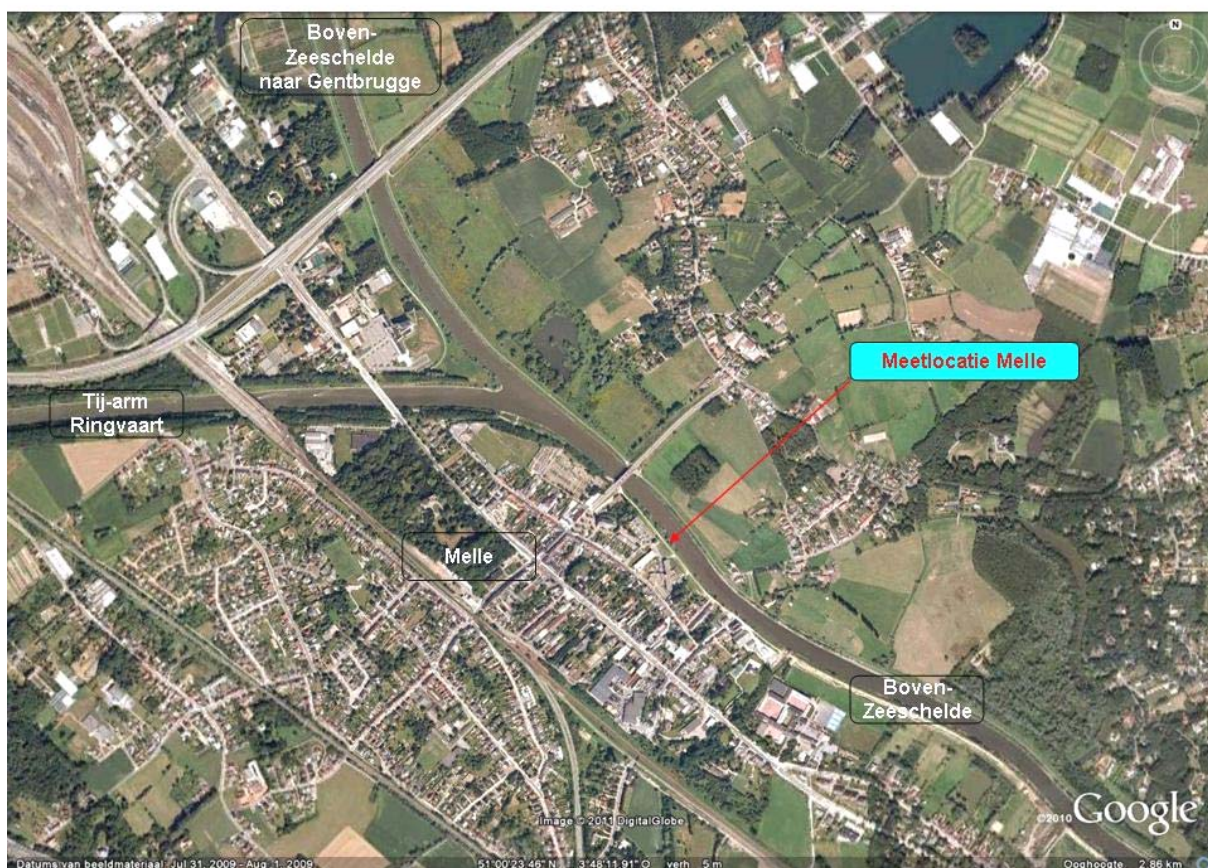
Het hier getoonde voorbeeld als zijnde een zomerconditie, geeft zeer grote turbiditeitswaarden te zien. Dit kan gekoppeld worden aan de plotse (doch korte) wasperiode van half augustus 2010, waarbij het in de voorgaande (droge) maanden her en der gesedimenteerde suspensiemateriaal wordt gehearsuspendeerd en met het Scheldewater vervoerd. Op het jaarverloop is dit matig te zien omdat deze periode maar zeer kort was; voor de langere en bovendien belangrijkere wasperiode van november 2010 is het op het jaarverloop van turbiditeit te Driegoten, veel beter te zien, met minima per tij (van orde van grootte 180 à 200 NTU) die groter zijn dan maxima per tij in droge periodes van het jaar. Bij de verdere bespreking van de eigenlijke jaarverlopen komt dit nader aan bod.

Kortom: de turbiditeit te Driegoten en omgeving kent een variatie volgens de klassieke cyclus van doottij/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.

3.1.5 - e - te Melle

Het is een vanzelfsprekendheid dat in de Boven-Zeeschelde te Melle een multiparameter-meettoestel is opgesteld geworden. "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 dus ook parameters zoals redox-potentiaal, pH en zuurstof worden gemeten, later aangevuld met biologische parameters, maar geen stroomsnelheid of -richting. 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 143 - Boven-Zeeschelde te Melle : meetlocatie

Op de twee figuren van volgende bladzijden zijn een typische zomerdag en een typische 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 bovendeel vanuit Schelde en Leie naar de Zeeschelde komt, en er dus van daar uit dan ook geen invloed op de fysische parameters kan zijn.

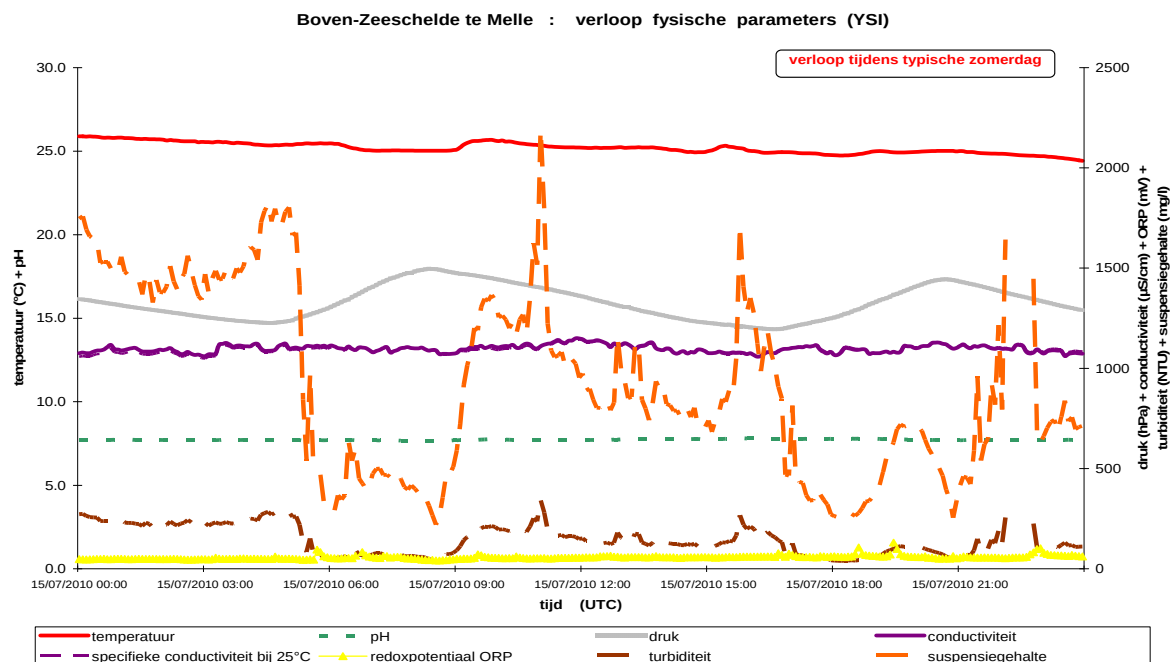
De conductiviteit varieert onafhankelijk van het tijverloop, en blijft buiten deze eerder kleine variaties per dag op ongeveer eenzelfde niveau. Er mag niet vergeten worden dat de schaal nu uitgedrukt is in mg/l, en variaties van 50 mg/l slechts een variatie van 0,05 g/l voorstellen. Dit is te koppelen 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.

De figuren die op de tweede volgende pagina staan, geven bovenaan het verloop van het tij en de bovenafvoer van de Schelde te Melle, en onderaan het verloop van de fysische parameters, beide over de ganse maand november 2010. Half november is toen een zeer grote wasperiode opgetreden, en dat is aan het verloop van enkele fysische parameters duidelijk en significant te zien.

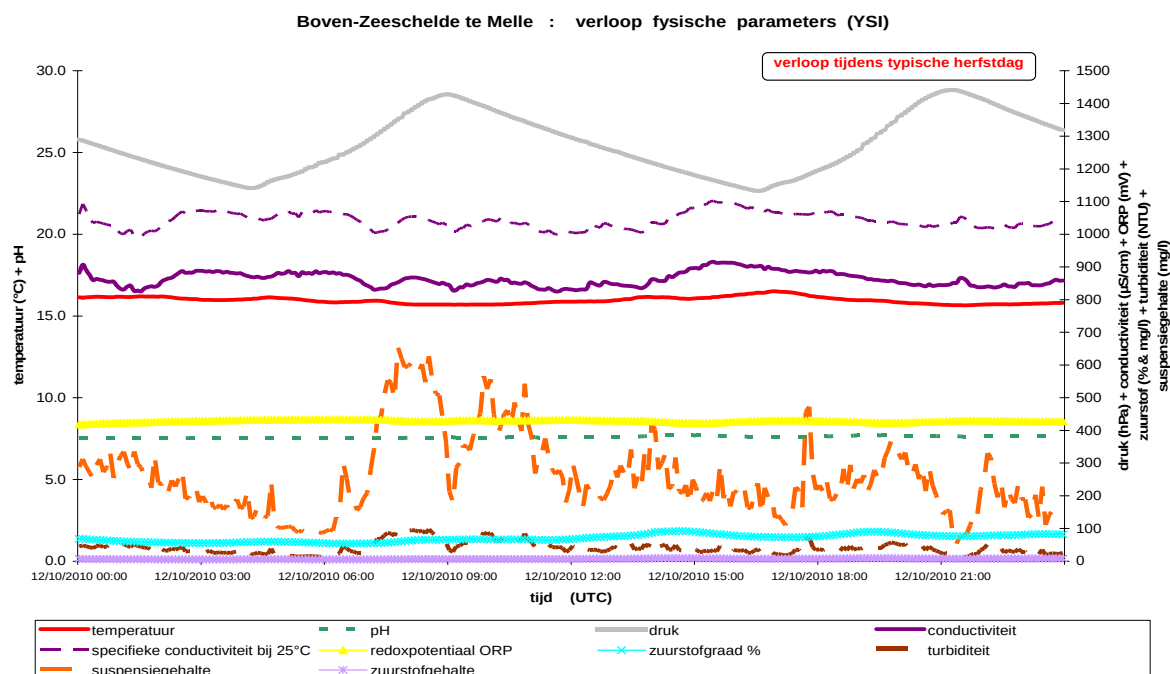
De in figuur 147 getoonde conductiviteiten (nl. deze bij heersende temperatuur en deze omgerekend naar 25°C) kennen een significante verkleining tengevolge van de sterk vergrootte bovenafvoer. Ten overstaande van waarden begin november worden beide conductiviteiten ongeveer gehalveerd tijdens de eigenlijke wasperiode van half november. Na de wasperiode vergroten ze beide weerom tot iets lagere waarden dan begin november. Alleszins is duidelijk dat de bovenafvoer van Schelde- en Leiewater duidelijk zoeter is dan het in de Boven-Zeeschelde residuele water.

Omgekeerd is er in de wasperiode een significante toename van de turbiditeit (donkerbruine grafieklijn) en van het via monsternames daaruit omgerekende suspensiegehalte (lichtbruine grafieklijn) (gezien de gekozen schaal vallen beide grafieklijnen bijna op elkaar). Het suspensiegehalte bedraagt buiten de eigenlijke wasperiode ongeveer 150 à 1000 mg/l, piekwaarden niet mee beschouwd. In de eigenlijke wasperiode komen geen waarden kleiner dan 1000 mg/l voor, op 13, 14 en 15 november zelfs niet kleiner dan 1.500 mg/l waarvan gedurende iets meer dan een dag geen waarden kleiner dan 2.500 mg/l !

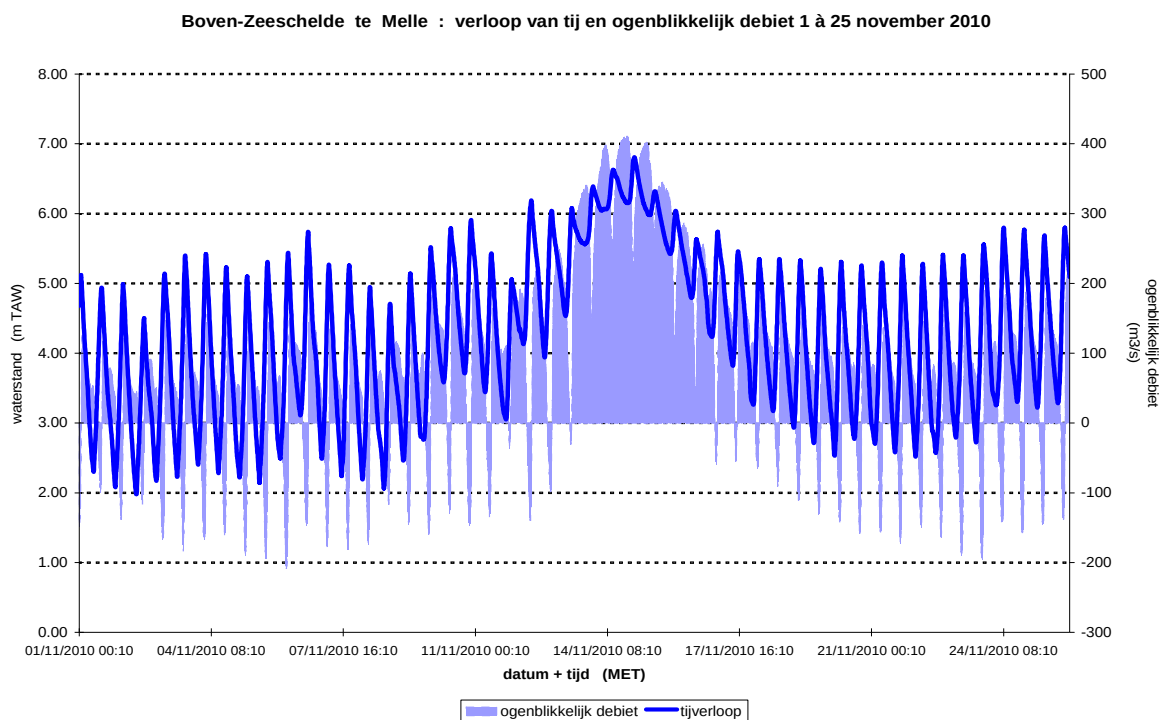
Zaken zijn duidelijk: enerzijds (en vooral) brengt het wasregime suspensierijk water vanuit Schelde en Leie via de Ringvaart naar de Zeeschelde, anderzijds (doch in mindere mate) zijn de stromingen tijdens het wasregime in het tijbekken zo groot dat alle daar op de bodem bezonken suspensiedeeltjes worden 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 veel langer duren.



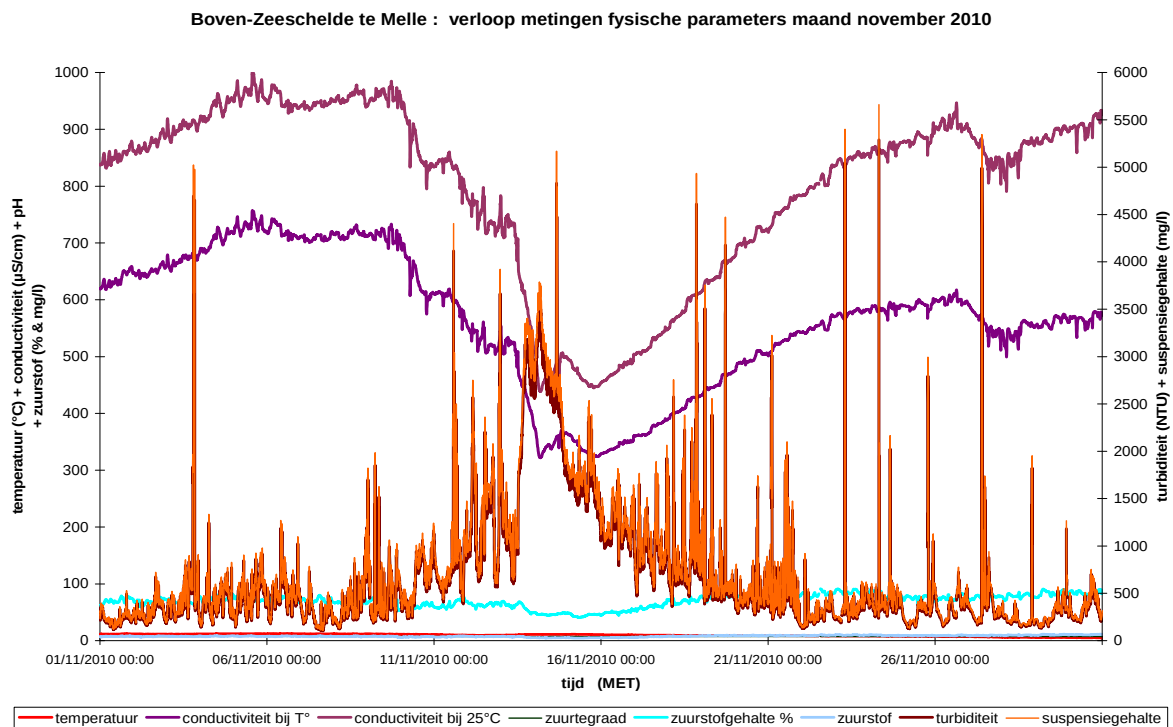
Figuur 144 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag



Figuur 145 - Boven-Zeeschelde te Melle: verloop van fysische parameters bij een typische herfstdag



Figuur 146 - Zeeschelde te Melle : verloop van het tij en van het ogenblikkelijk vloed- en ebdebet in november 2010, o.a. met de grote en langdurige wasperiode medio november 2010



Figuur 147 - Zeeschelde te Melle : verloop van diverse fysische parameters in november 2010, o.a. met de grote en langdurige wasperiode medio november 2010

Om terug te keren naar de twee figuren die een typische zomer- en herfstconditie geven, kan het verloop van de turbiditeit tijdens een etmaal dus een daags getij gevolgd worden. De zomerconditie handelt bij kleine bovendebieten. De turbiditeit varieert erg in de loop van een etmaal. Tijdens eb is de turbiditeit beduidend groter dan tijdens vloed, en kent bij eb twee duidelijke extrema, nl. bij aanvang eb en bij einde eb. Redenen van een en ander zijn nog niet meteen duidelijk te poneren. Alhoewel ook in wat als typische herfstdag getoond wordt, de bovendebieten dagenlang klein zijn, zijn de waarden van turbiditeit kleiner dan bij de eerst figuur ("zomer"-conditie). En het verloop van de turbiditeit in functie van het tij is hierin niet zo meteen duidelijk zoals in de zomer-figuur. De metingen van fysische parameters vooral turbiditeit zal nog enige jaren moeten doorgaan wil men verbanden tussen diverse parameters duidelijk kunnen onderscheiden. Het enige tot nu toe overtuigend duidelijke is de flink vergrootte aanvoer van sediment bij wasafvoeren.

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 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 multiparameter-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 toegangseul 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 meet de temperatuur, conductiviteit, zuurtegraad, redox-potentiaal, zuurstof en turbiditeit, later nog aan te vullen met een tweetal biologische parameters. 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, bemeaten wordt.

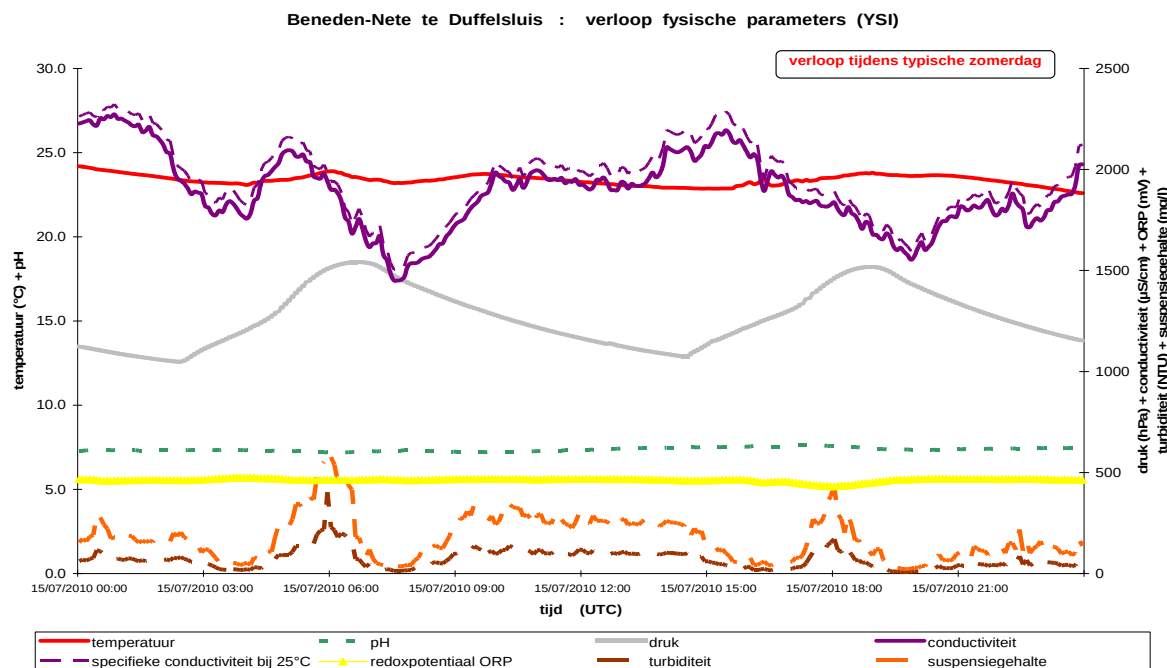
De watertemperatuur kent een enigszins congruent verloop aan het tijverloop. Bij KHW is het iets warmer dan bij KLW. In hoeverre dit -buiten hetgeen de twee hierna getoonde figuren weergegeven- een algemeen gegeven is, geldig over het ganse jaar, is nog niet bekend; het multiparametertoestel is pas in het voorjaar 2010 geïnstalleerd. Alleszins zijn de temperatuursverschillen tussen opeenvolgende KHW's en KLW's klein, in orde van grootte een halve graad Celsius, dus zoals op bijna alle meetplaatsen in het Zeescheldebekken gemiddeld het geval is.



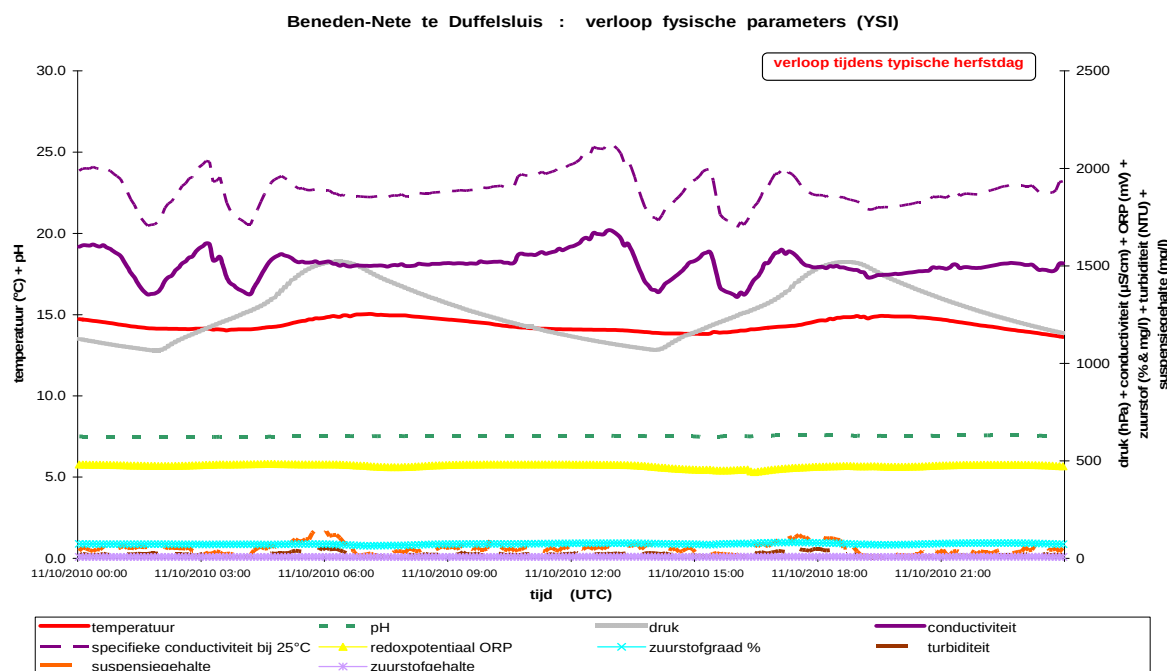
Figuur 148 - Beneden-Nete te Duffelsluis : meetlocatie

Het verloop van de conductiviteit is op de beide getoonde figuren hierna, in periodes van normaal tij en normaal bovendebiet, niet in enig 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 $\mu\text{S/cm}$, dus een duizendste van de schaal waarmee conductiviteit wordt gemeten en weergegeven in het maritieme gedeelte van het Zeescheldebekken.

De variaties die volgens de grafiek op zicht toch niet zo klein zijn, worden wel zeer klein als de waarden herschaald worden tot de maritieme eenheid mS/cm ... dan blijken de verschillen op een etmaal in de beide getoonde voorbeelden toch "maar" -in het ene voorbeeld- $0,7 \text{ mS/cm}$ te zijn en -in het andere- $0,3 \text{ mS/cm}$, wat wél zeer klein is in de context van het via conductiviteit bepalen van de grootte van aanwezigheid van zeezouten (saliniteit) in het betrokken Netewater. Hier speelt dus duidelijk de relativiteit der dingen, en de schaal waarop zaken worden weergegeven.



Figuur 149 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters bij een typische zomerdag



Figuur 150 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters bij een typische herfst dag

Het verloop van de turbiditeit toont wel een bepaald verband met het tijverloop, nl. dat vlak voor hoogwater, m.n. bij maximum-vloed, er telkens een maximum aan turbiditeit optreedt. De mate waarin 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 doottij/middeltij/springtij. Alleszins zijn turbiditeitswaarden per etmaal gaande van 20 à 200 NTU blijkbaar vrij normaal.

De blijkbaar toch beduidende invloed van het bovendebiet vanuit het achterliggende Netebekken op zowel de conductiviteit als op de turbiditeit (en het suspensiegehalte) kan afgetoetst worden aan de hand van het turbiditeitsverloop tijdens de maand november 2010, met o.a. de wel zeer grote (in debiet en in duurtijd) wasperiode halfweg die maand. Onderstaande figuur geeft de verlopen van fysische parameters over die maand november 2010.

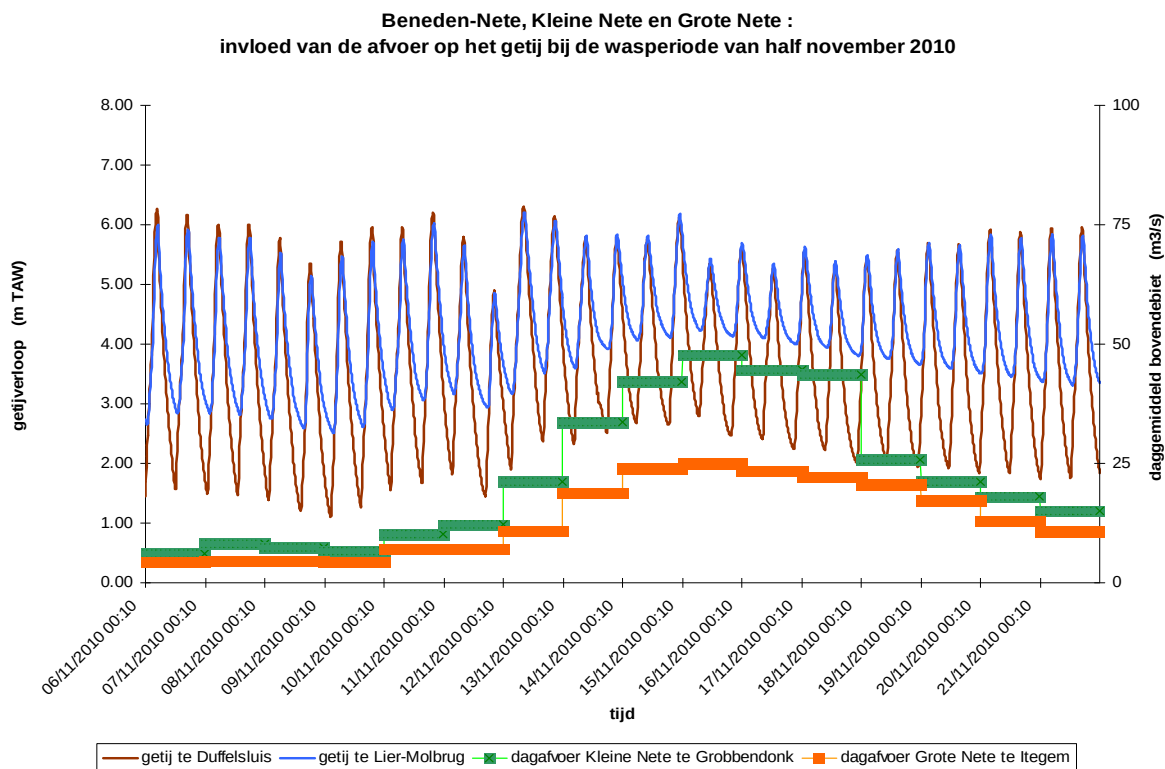
Op volgende bladzijde zijn daartoe twee figuren gegeven. Bovenaan is de figuur met het verloop van de bovendebieten tijdens de wasperiode van november 2010 voor de locaties Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas) en Grote Nete te Itegem. Daarbij is ook het tijverloop in de Beneden-Nete te Lier-Molbrug en te Duffelsluis bijgevoegd. 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 onder de invloed van de wasafvoeren.

Onderaan geeft de grafiek het verloop van enkele fysische parameters te Duffelsluis weer tijdens de maand november 2010, o.a. de wasperiode midden november.

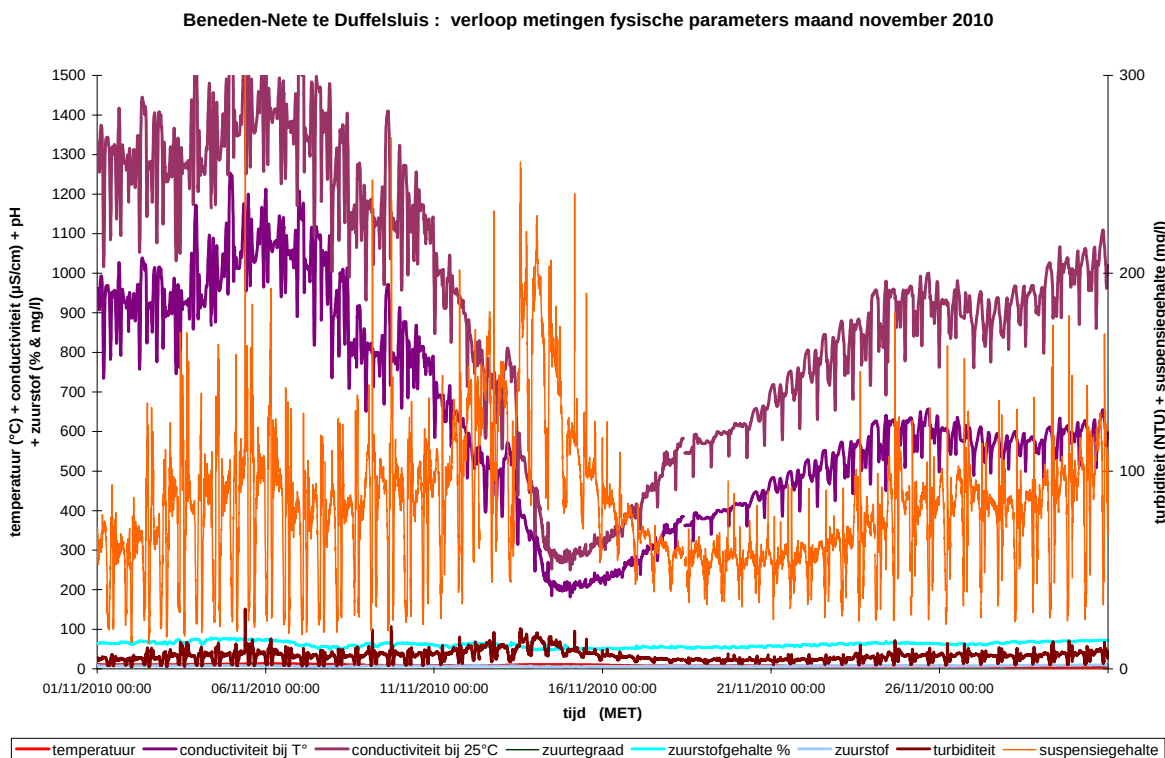
Net zoals bij de Boven-Zeeschelde te Melle, resulteert een grote wasafvoer in een duidelijke en grote vermindering van de conductiviteit; het opwaartse Nete-water is "veel" zoeter dan het water dat vanuit de Rupel bij vloed, naar hoogwater toe, Duffelsluis bereikt. De relatieve vermindering van de conductiviteit 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.



Figuur 151 - 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 november 2010



Figuur 152 - Beneden-Nete te Duffelsluis: verloop van fysische parameters in november 2010, o.a. bij het wasregime van half november 2010

Ook zoals te Melle, vergroot de turbiditeit (en dus het suspensiegehalte) bij wasafvoeren in het Netebekken. Met de schaal waarop turbiditeit en suspensiegehalte op bovenstaande grafiek zijn weergegeven, is deze vergroting minder op de turbiditeitswaarde te zien doch zeer duidelijk op de grafieklijn van het suspensiegehalte. Het verschil tussen beide grafieklijnen komt ook doordat het suspensiegehalte geen lineaire functie (vegroting) van de turbiditeit is, doch een machtsfunctie dus dat bij toename van turbiditeit er een grotere toename van suspensiegehalte geldt.

In de maand november 2010 beschouwd, gaan de suspensiegehalten in de Beneden-Nete te Duffelsluis, van 30 à 150 mg/l voor de wasperiode, over 80 à 250 mg/l in de wasperiode zelf, en nadien terug naar het niveau van 30 à 150 mg/l (afgeronde gemiddelde waarden op zicht en als richtsnoer genomen).

Deze duidelijke en belangrijke vergroting van het suspensiegehalte wordt éénduidig veroorzaakt door een wasaanvoer van bovendebieten uit het opwaartse bekken van de Nete's, en wel op twee manieren: enerzijds brengt het wasregime suspensierijk water vanuit Kleine en Grote Nete aan, en anderzijds zijn de stromingen die met de wasafvoer gepaard gaan, zo groot dat alle sediment in de Nete's in en om Lier, ook wat in de duikers onder het Netekanaal was bezonken, en het sediment op de bedding van de Beneden-Nete, worden gehersuspendeerd en voorbij de meetlocatie te Duffelsluis stromen. Dat laatste kan -zoals te Melle- natuurlijk maar zo lang duren tot het wasregime bijna alle bezonken suspensiedeeltjes in en om Lier enz. heeft heropgenomen, dus daaraan komt dra een einde; het binnenkomen van veel suspensiedeeltjes vanuit de opwaarts gelegen Kleine en Grote Nete kan veel langer duren.

Zoals al gezegd: de fysische parameters te Duffelsluis geven nog geen verdere detailinformatie aangezien in 2010 nog geen volledig jaar werd gemeten. Voor de zuurtegraad en de redox-potentiaal zullen langere metingen moeten voorhanden zijn om verbanden te kunnen leggen.

3.2 verloop 2010 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 springtij zijn ze groter dan bij middeltij en die zijn dan weer groter dan bij doortij. Bij stormtij kunnen die stroomsnelheden beduidend groter zijn. In wezen is de stroomsnelheid vooral een functie van het tijverschil.

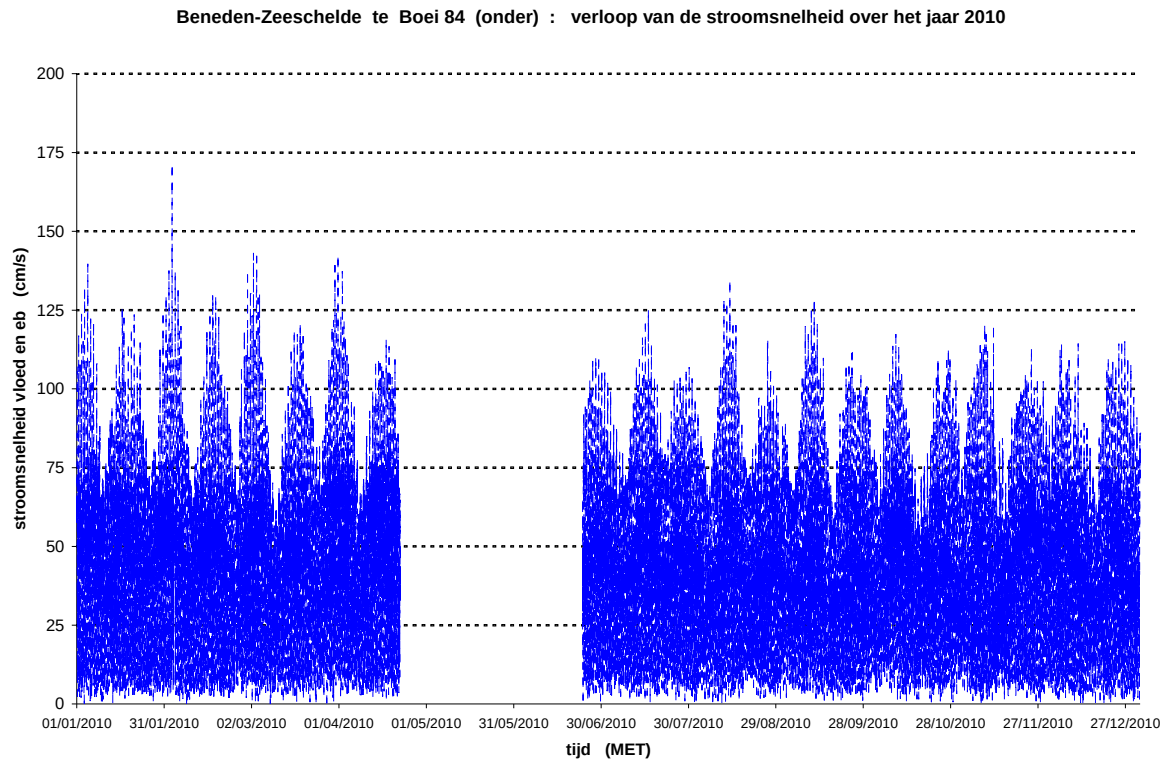
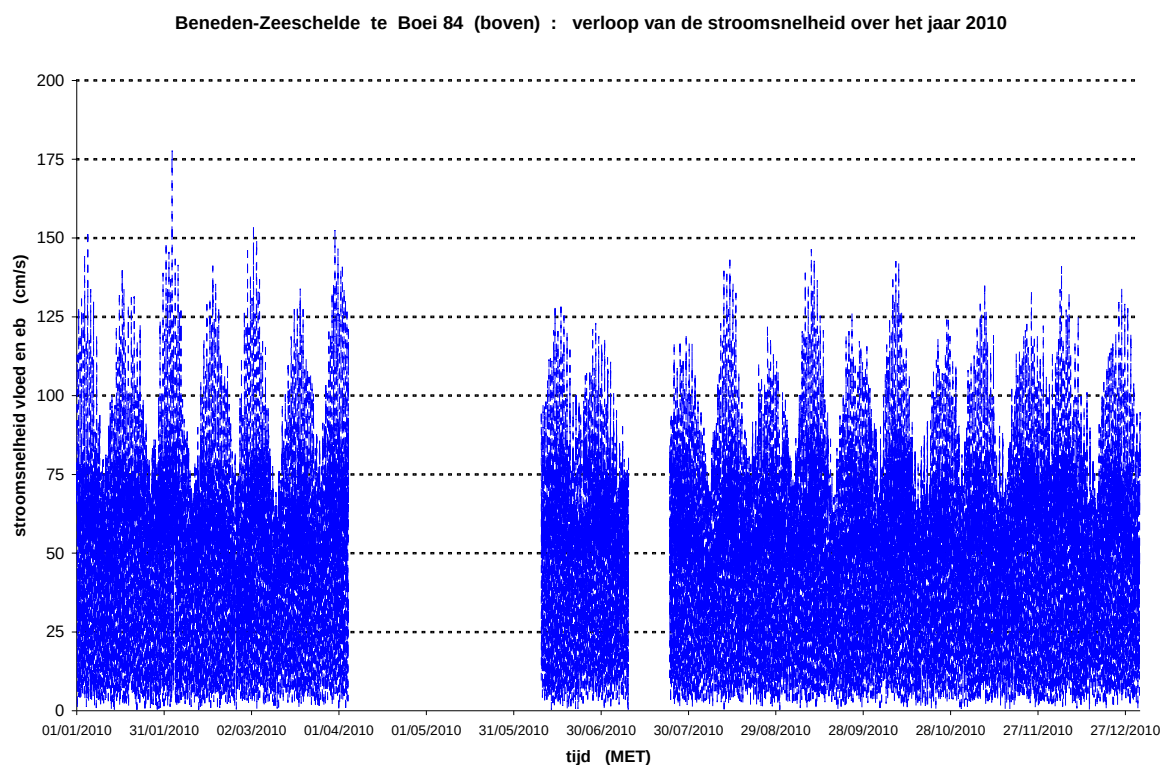
Buiten de aldus bepaalde "gemiddelde" stroomsnelheden bij vloed en bij eb, gelden ook de "maximum" stroomsnelheden bij vloed en eb als fysisch kenmerkend. Ook hier speelt het tijverschil dé rol van betekenis, dus is er grote afhankelijkheid van doortij, middeltij, springtij, stormtij.

In de vijf navolgende figuren zijn evenwel alle stroomsnelheden over het jaar 2010, 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 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 conclusies zijn duidelijk: steeds is het patroon van doortij/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.

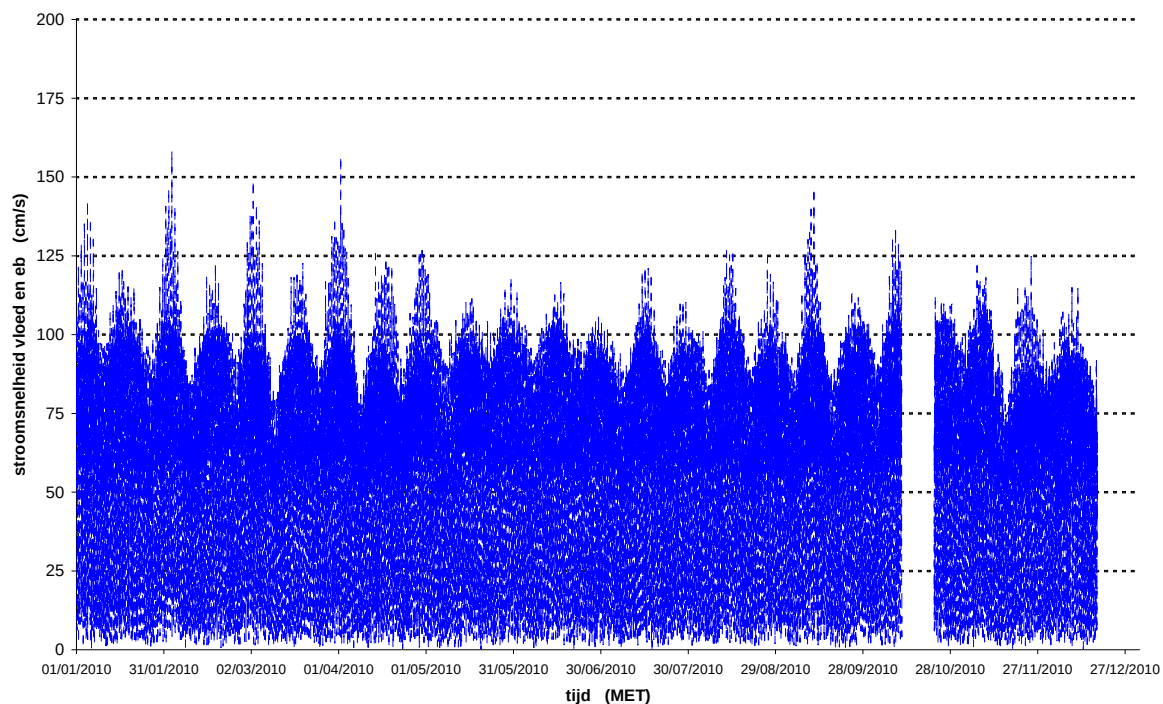
In winterperiodes komen ook grotere maximale vloedsnelheden voor dan in zomerse omstandigheden. Dat is veroorzaakt door -algemeen genomen- 's winters grotere tijverschillen dan in zomer. Ook het feit van flink ontwikkelde springtij en van bijna-stormtij speelt daarin.

Aan Boei 84 en te Oosterweel, waar twee meettoestellen opgesteld staan, nl. een bovenste op een vier- à vijftal meter boven de bodem, en een onderste met meetsondes op iets meer dan een meter boven de bodem. Het is vanzelfsprekend en blijkt ook uit de betrokken grafieken, dat de stroomsnelheden over de bodem kleiner zijn dan hoger in de waterkolom.

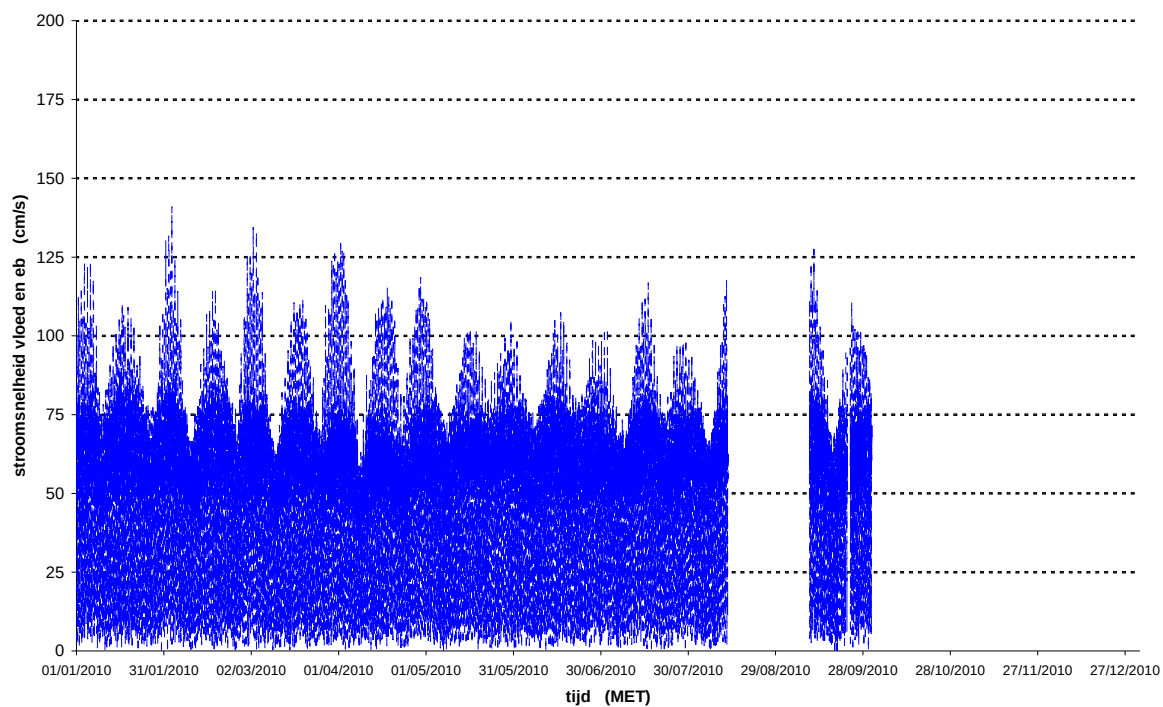


*Figuur 153 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 : jaarverloop 2010 van de stroomsnelheid
bovenaan bovenste meettoestel, onderaan onderste meettoestel*

Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (boven) : verloop van de stroomsnelheid over het jaar 2010



Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (onder) : verloop van de stroomsnelheid over het jaar 2010



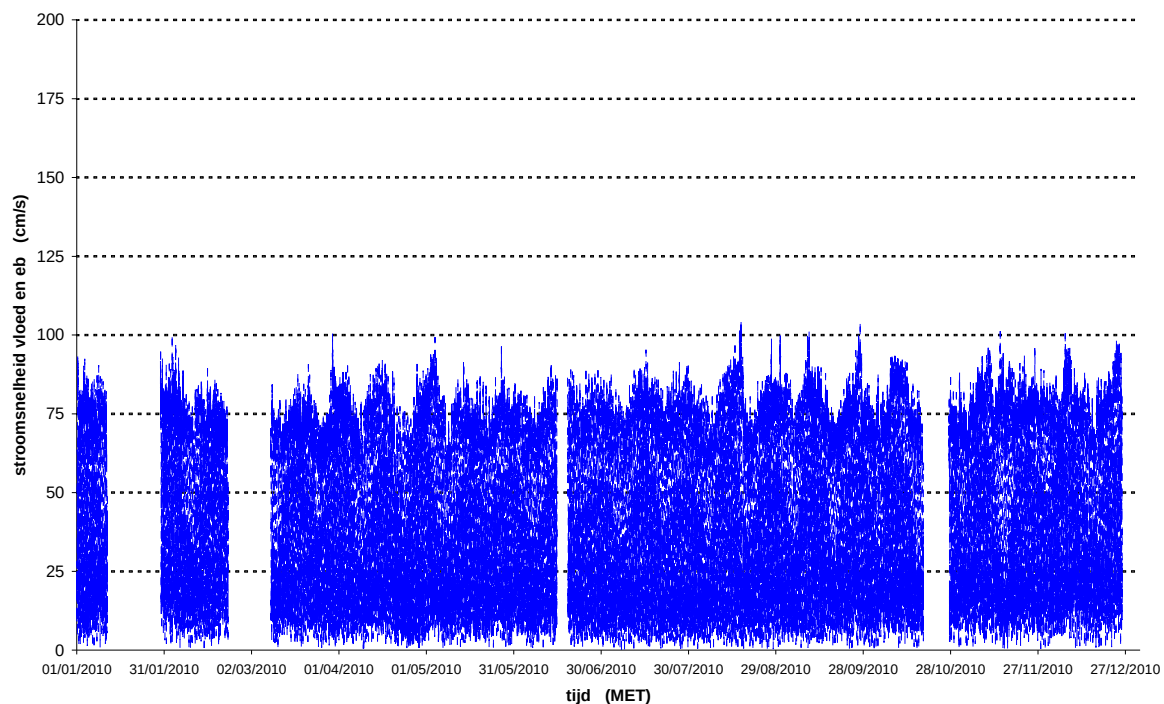
*Figuur 154 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : jaarverloop 2010 van de stroomsnelheid
 bovenaan bovenste meettoestel, onderaan onderste meettoestel*

Aan Boei 84 en Oosterweel komen op de betrokken meetlocaties, bij springtijden stroomsnelheden van 1,25 m/s courant voor, met pieken tot 1,50 m/s en meer. Bij doottijden gaat het om snelheden van 0,75 à 0,90 m/s. Aan het wateroppervlak is uit andere metingen bekend dat grotere stroomsnelheden voorkomen, o.a. bij maximum-vloed rond 2 m/s bij middeltijden, bij springtij iets meer en bij stormtijden 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 langsas als in breedte, en in bochten.

Te Driegoten kennen de stroomsnelheden ook het effect van de doottij/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 springtijden 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 al naargelang de hoogte over de waterkolom.

Boven-Zeeschelde te Driegoten : verloop van de stroomsnelheid over het jaar 2010

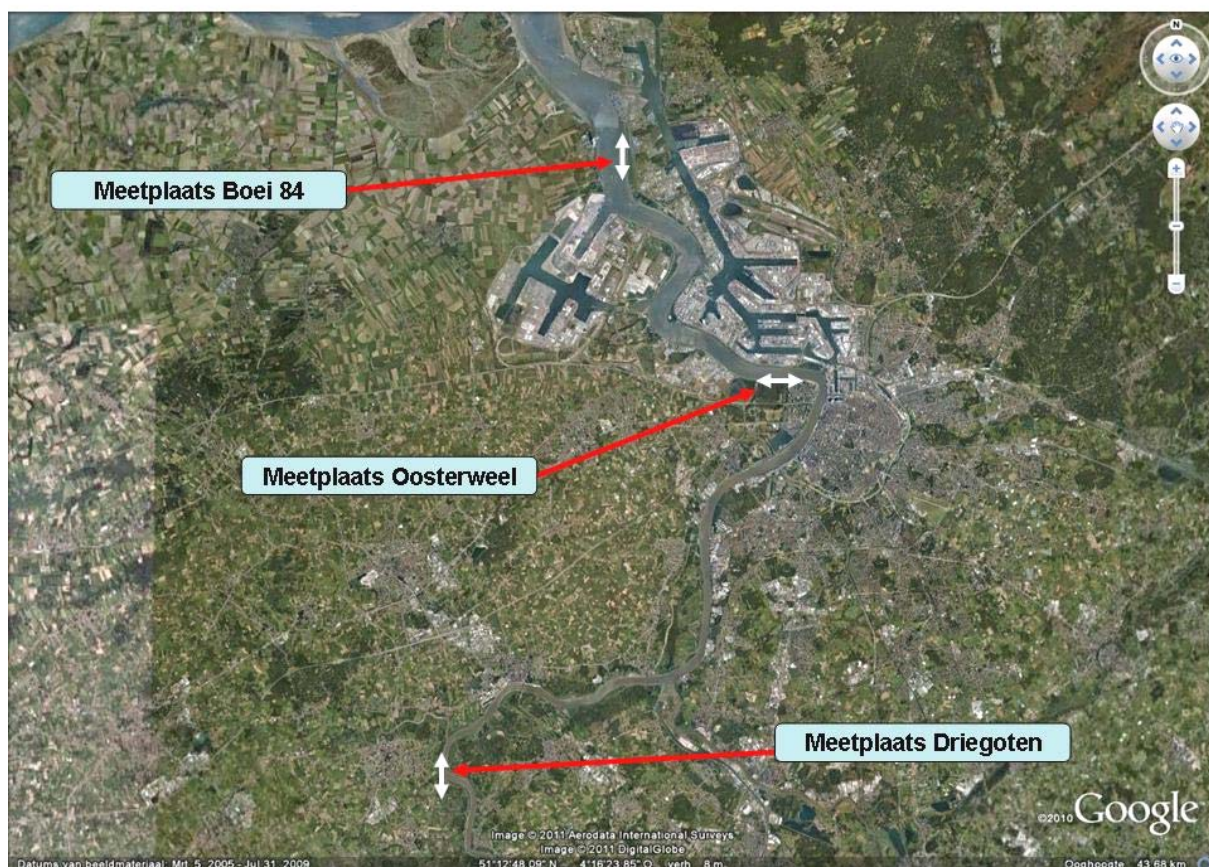


Figuur 155 - Boven-Zeeschelde te Driegoten : jaarverloop 2010 van de stroomsnelheid

3.2.2 verloop van stroomrichting

De Aanderaa-RCM9-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 2010, 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 156 - 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.

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 $0^\circ = 360^\circ$ = 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 van 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 zijner geen locale invloeden van riviermorphologie 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.

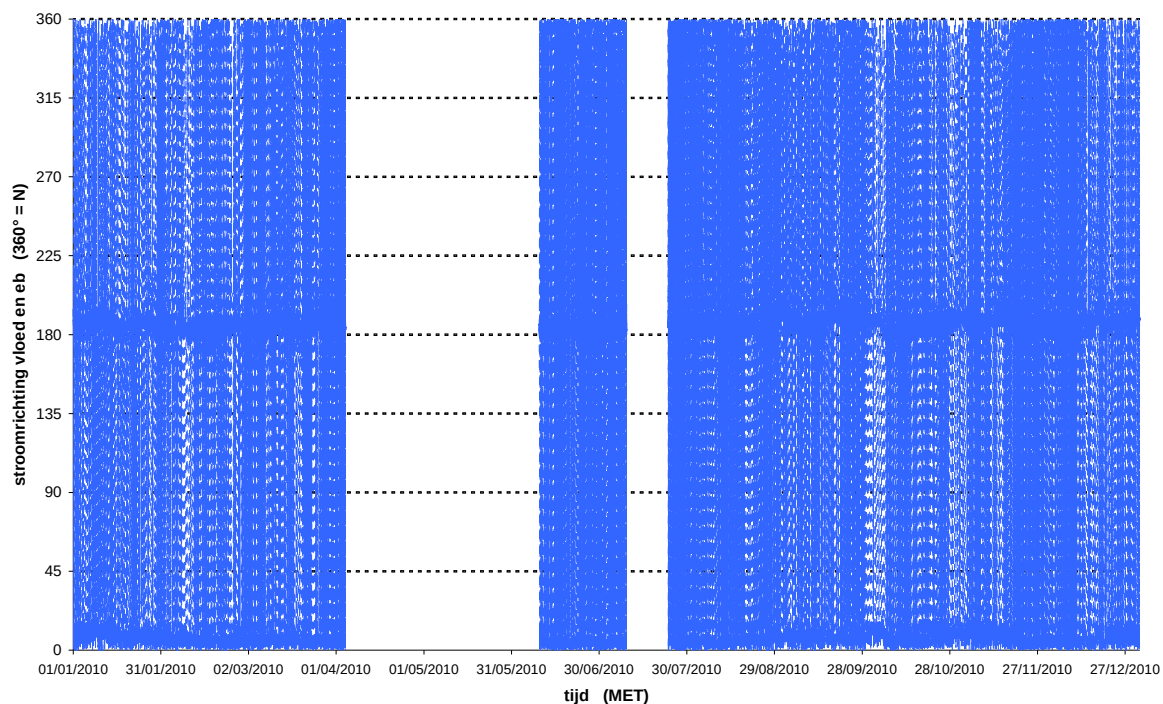
Het gaat telkens over alle stroomrichtingen van vloed en eb, dus tienminuut-waarden, die in de grafieken getoond worden.

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 doottij/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.

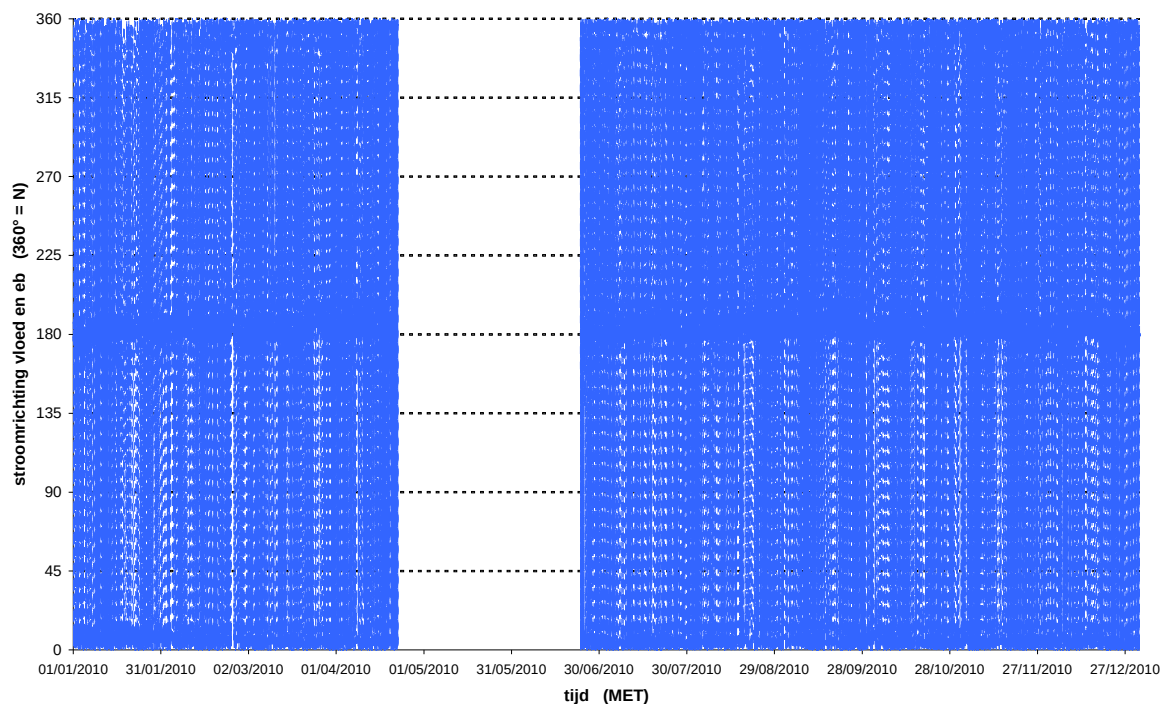
In de Beneden-Zeeschelde zijn er ook een paar dergelijke locaties, bvb. nabij de strek- en leidammen tussen de grens en Doel, doch de locatie Boei 84 ondervindt er -want aan de andere oever van de strekdam van Ouden Doel gelegen- geen invloed van.

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.

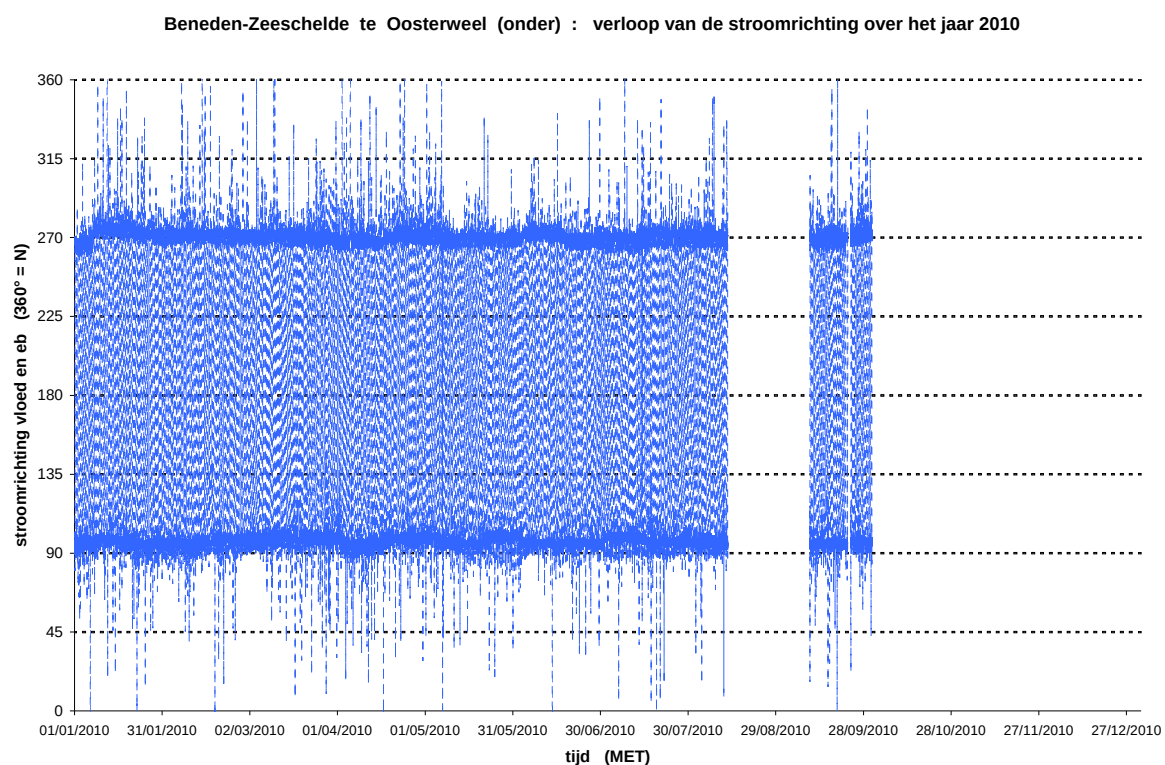
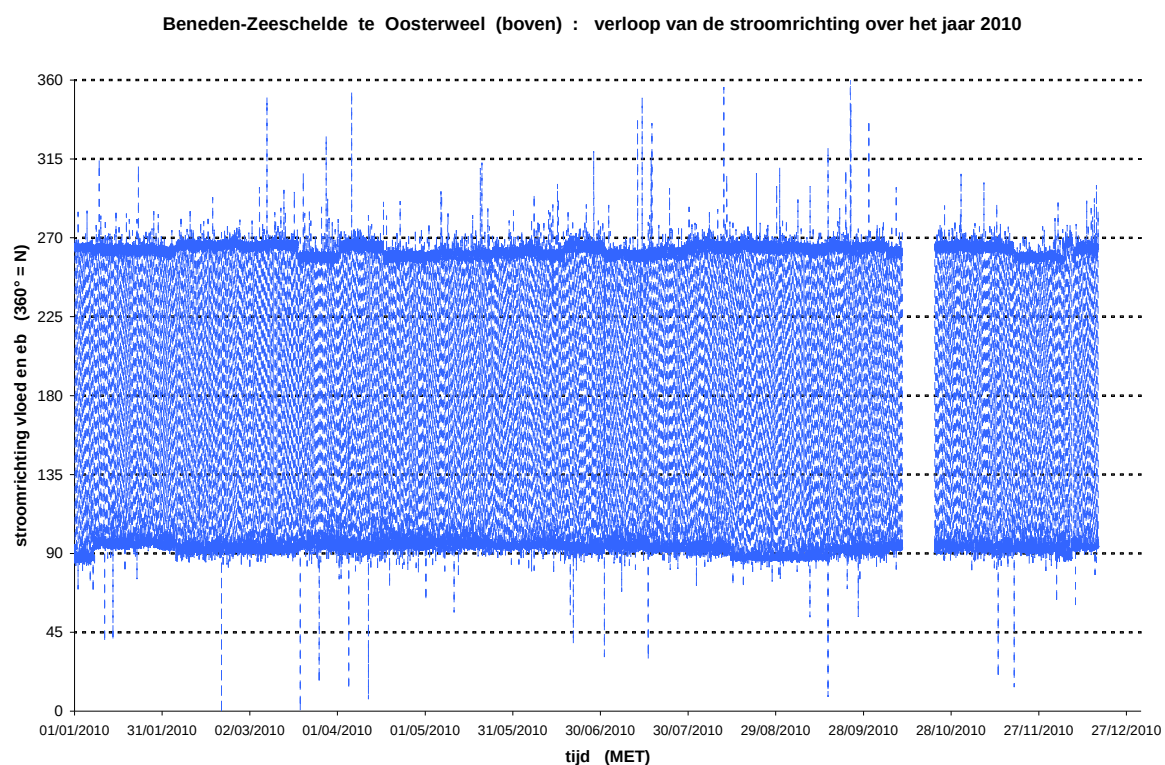
Beneden-Zeeschelde te Boei 84 (boven) : verloop van de stroomrichting over het jaar 2010



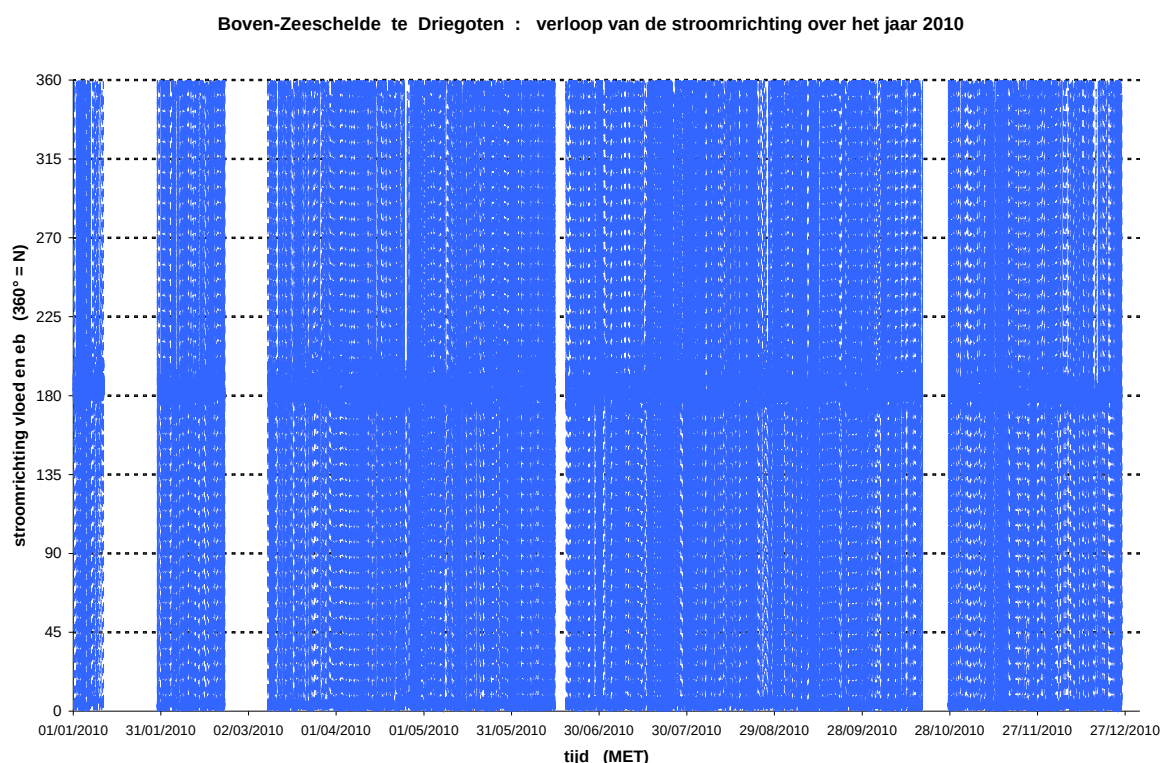
Beneden-Zeeschelde te Boei 84 (onder) : verloop van de stroomrichting over het jaar 2010



*Figuur 157 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 : jaarverloop 2010 van de stroomrichting
 bovenaan bovenste meettoestel, onderaan onderste meettoestel*



*Figuur 158 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : jaarverloop 2010 van de stroomrichting
bovenaan bovenste meettoestel, onderaan onderste meettoestel*



Figuur 159 - Boven-Zeeschelde te Driegoten : jaarverloop 2010 van de stroomrichting

3.3 verloop 2010 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. 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 tijd, 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 cosinusidale 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.

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.

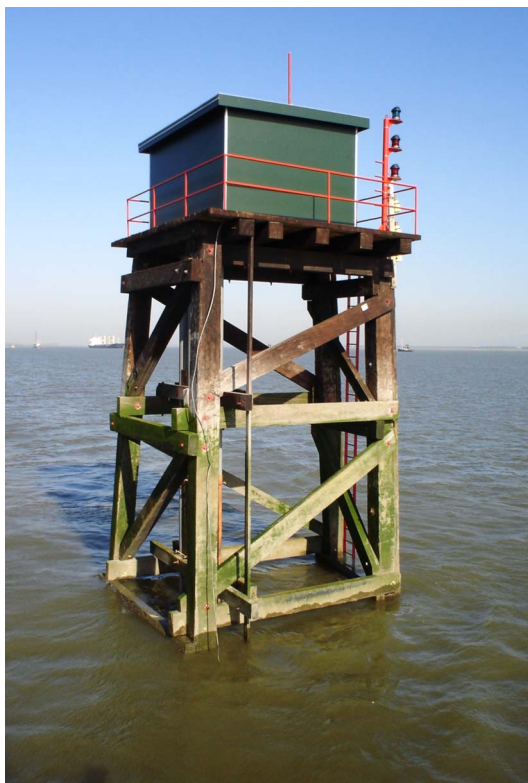
Het verschil bij de opeenvolgende kenteringen in een tij, een dag, enz. kan ook een weliswaar kleine seizoenale invloed kennen, wat maakt dat het verschil groter of kleiner is tijdens opwarming of tijdens afkoeling van het Scheldewater. Te Oosterweel is dat uitgesproken, zie grafieken, waar bij opwarmend 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 2010 -een jaar zonder hete zomer, tenzij de maand juli, en zonder een warme nazomer, is de temperatuur algemeen genomen iets groter bij de KHW's dan bij de KLW's.

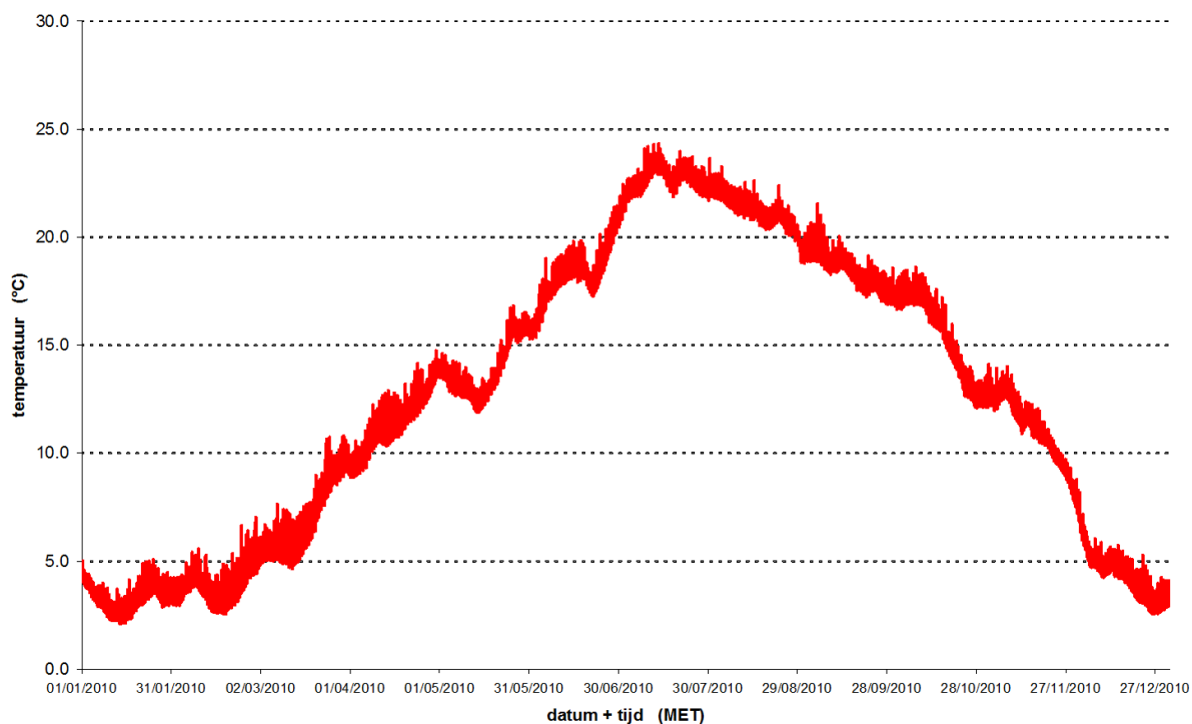
In warme jaren kan het beeld evenwel wisselend zijn al naargelang warmer of kouder weer, of al naargelang warm of koud weer persistent aanhoudt. Alsdan kan het voorkomen dat de temperatuur te Oosterweel bij KHW toch iets kouder is dan bij de omringende KLW's. Oosterweel ligt in een overgangszone, zoals verder in dit rapport wordt aangegeven voor turbiditeit heel duidelijk is, doch soms ook voor watertemperatuur.

Op de navolgende bladzijden zijn de jaargrafieken over 2010 van de watertemperatuur gegeven, resp. te Prosperpolder, aan Boei 84, te Oosterweel, te Driegoten, te Melle (alle in de Zeeschelde gelegen) en in de Beneden-Nete te Duffelsluis. De figuren zijn op eenzelfde schaal zodat vergelijking zondermeer mogelijk is.



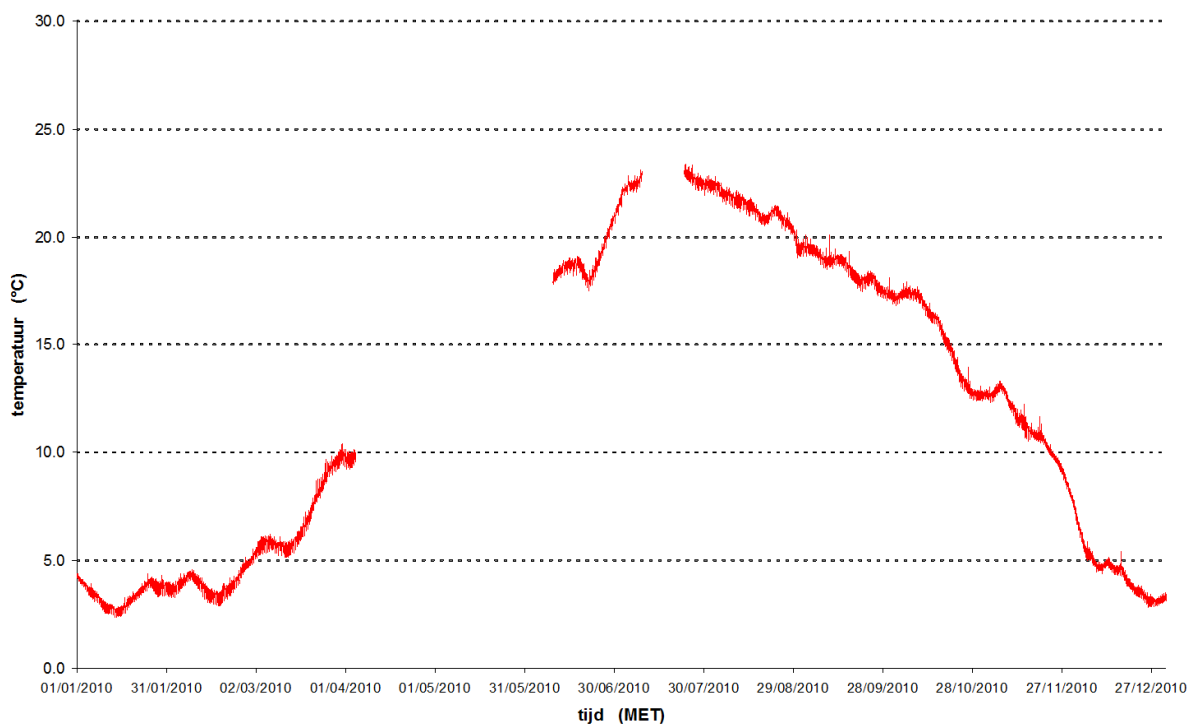
*Figuur 160 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder :
meetplaats waterstand, temperatuur en conductiviteit*

Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder : verloop van temperatuur over het jaar 2010

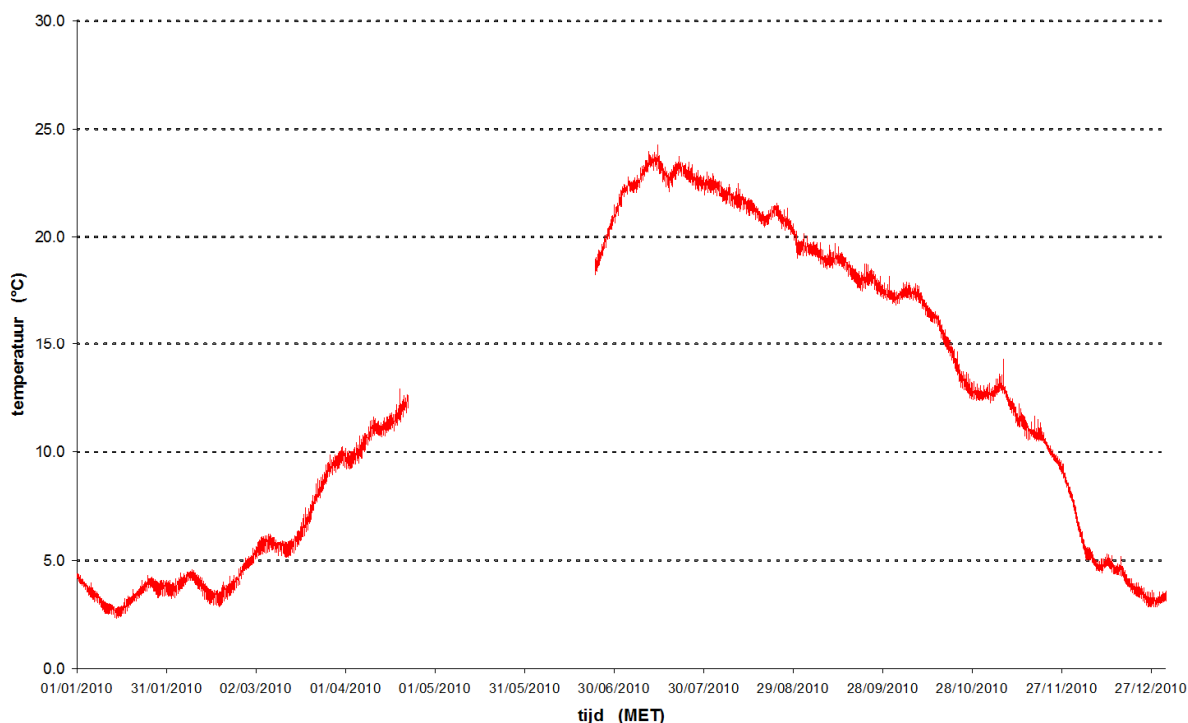


Figuur 161 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder : jaarverloop 2010 van de watertemperatuur

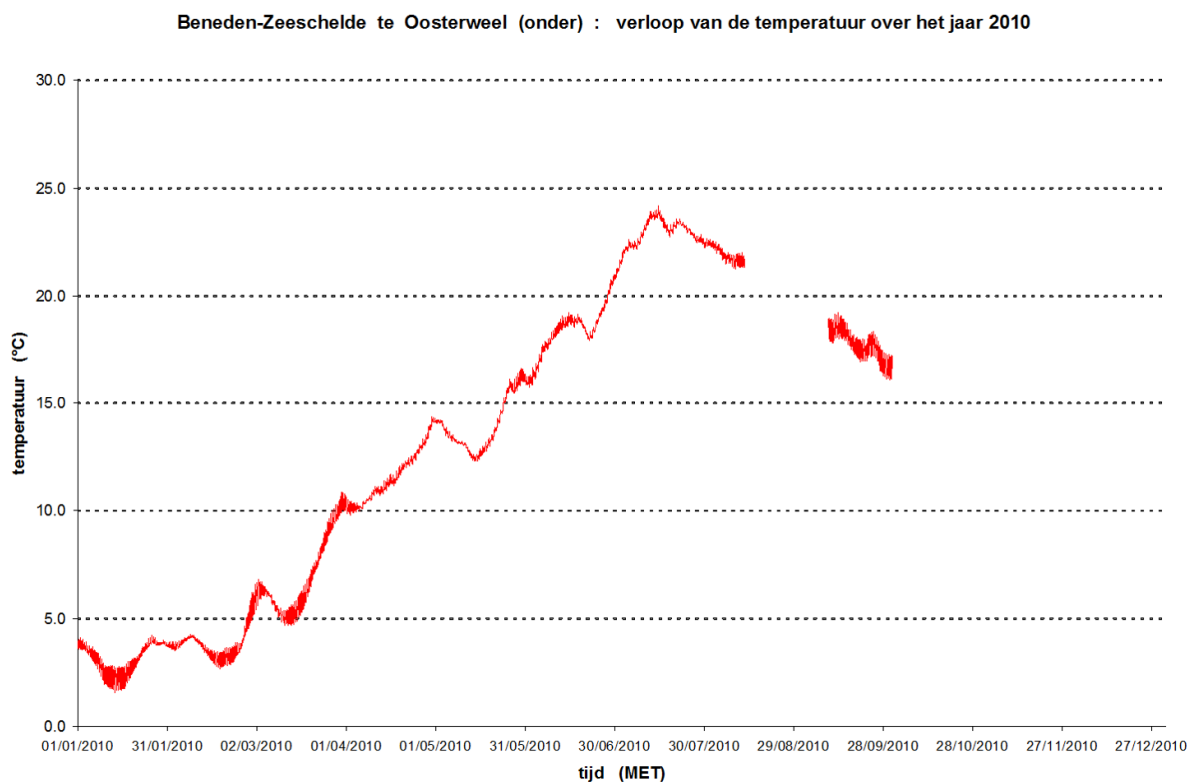
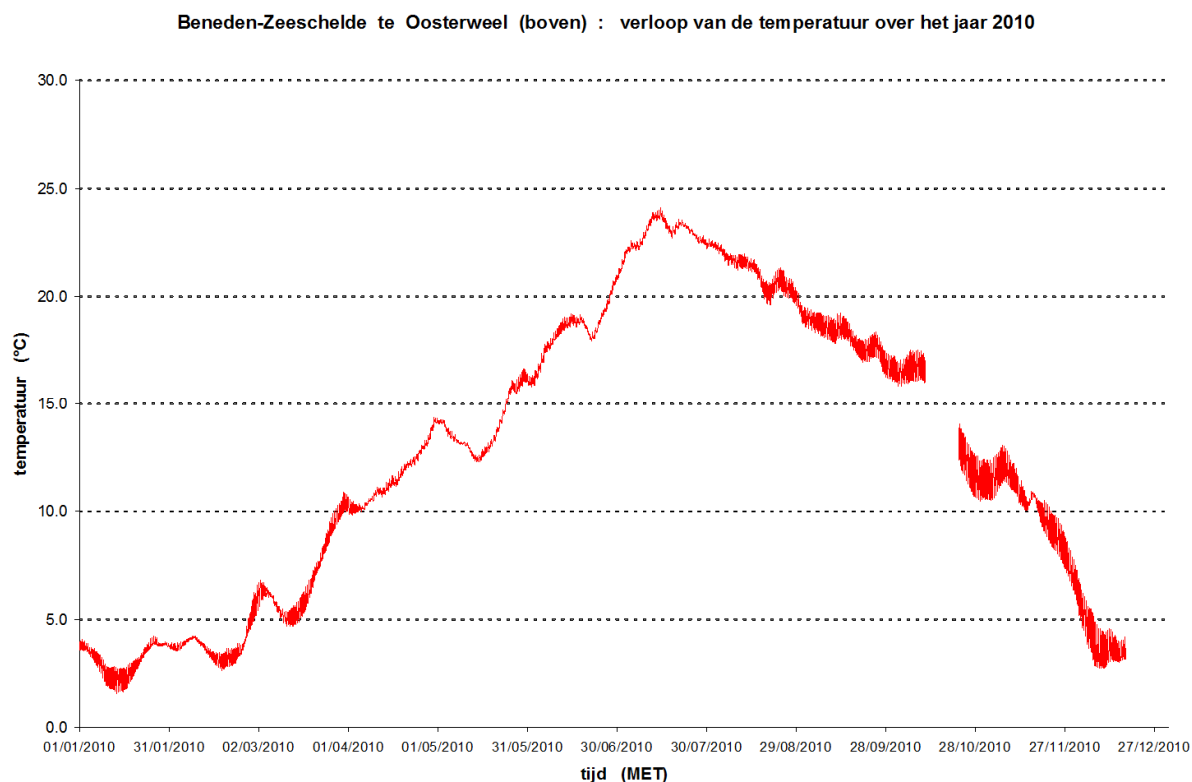
Beneden-Zeeschelde te Boei 84 (boven) : verloop van de temperatuur over het jaar 2010



Beneden-Zeeschelde te Boei 84 (onder) : verloop van de temperatuur over het jaar 2010



Figuur 162 - Beneden-Zeeschelde te **Boei 84** : jaarverloop 2010 van de watertemperatuur, nl. bovenaan bovenste meettoestel en onderaan het onderste meettoestel



Figuur 163 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de watertemperatuur,
 nl. bovenaan het bovenste meettoestel en onderaan het onderste meettoestel

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 Scheldewater 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. aan Boei 84 dan wel te Oosterweel- het warmer dan wel kouder is bij KHW of bij KLW, zoals zojuist al aangegeven.

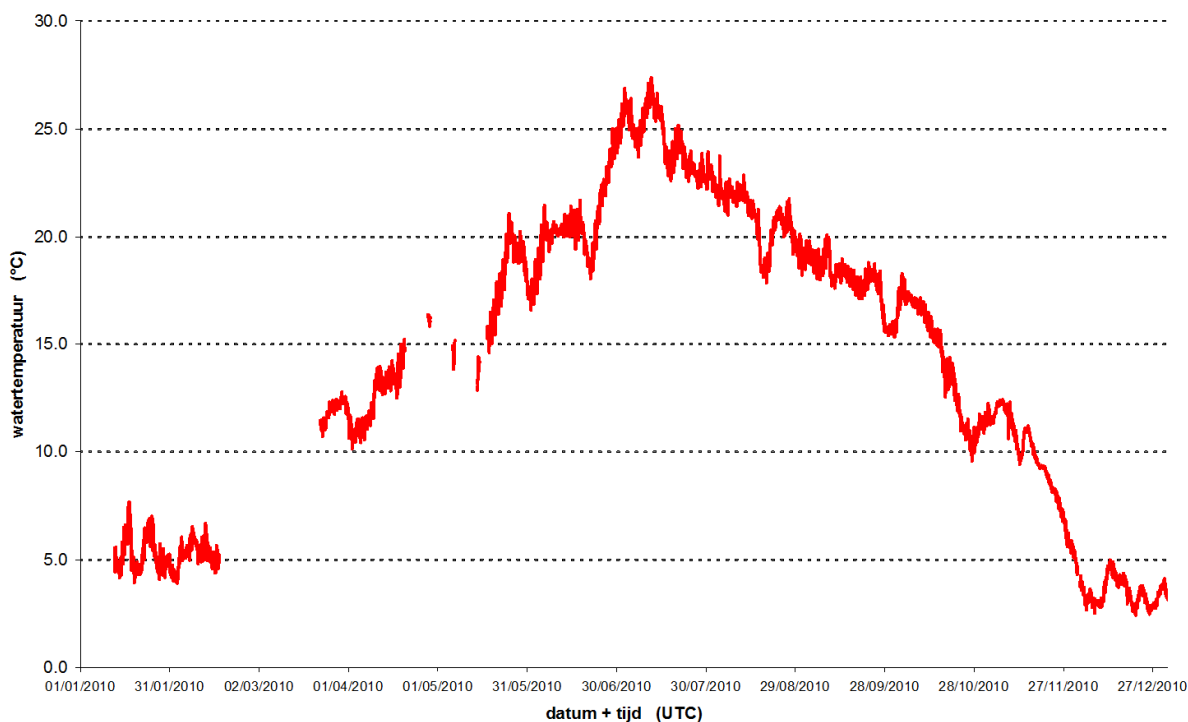
Boven-Zeeschelde te Driegoten : verloop van de temperatuur over het jaar 2010



Figuur 164 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2010 van de watertemperatuur

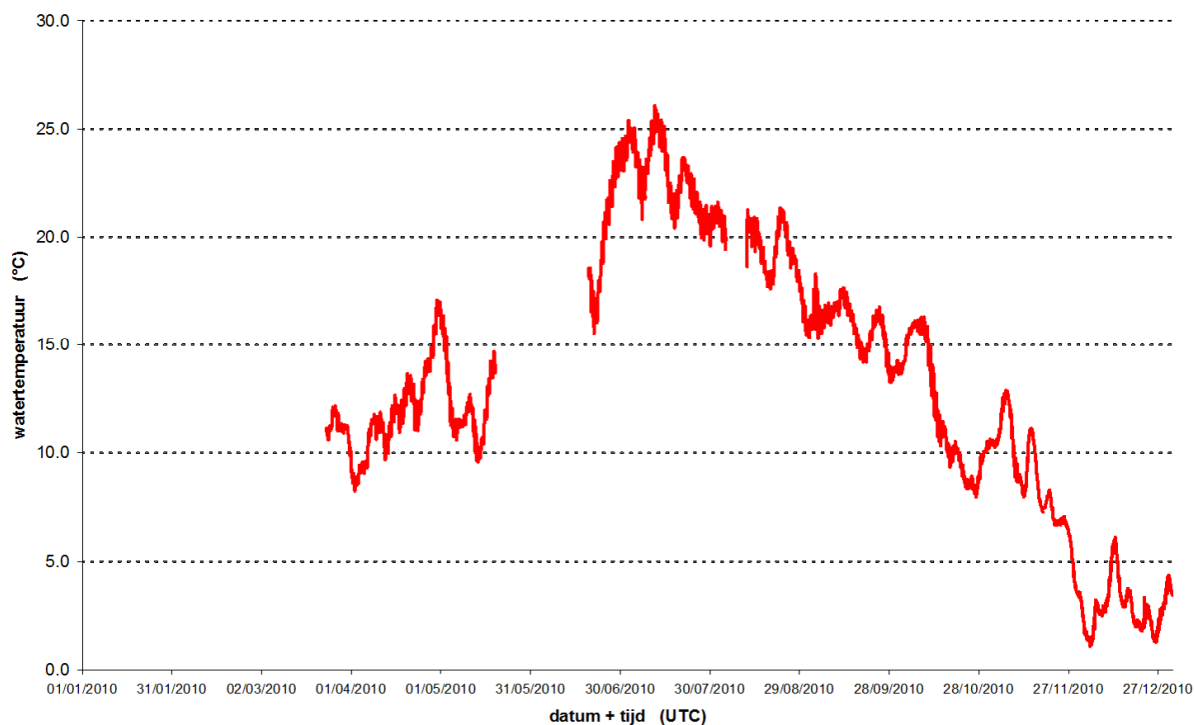
Er zijn wel duidelijke temperatuursverschillen tussen de jaarverlopen van de temperatuur enerzijds Prosperpolder, Boei 84 en Oosterweel, tegen anderzijds Driegoten, Melle en Duffelsluis. Waar de ogenblikkelijke waarden van de temperatuur in de Beneden-Zeeschelde elkaar dus zeer weinig ontlopen, is het over bijna het ganze jaar warmer te Driegoten en nog warmer te Melle. De locatie Duffelsluis houdt het midden tussen Driegoten en Melle. In winterperiodes kan "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.

Boven-Zeeschelde te Melle : verloop van temperatuur over het jaar 2010



*Figuur 165 - Boven-Zeeschelde te **Melle**: jaarverloop 2010 van de watertemperatuur*

Beneden-Nete te Duffelsluis : verloop van temperatuur over het jaar 2010



*Figuur 166 - Beneden-Nete te **Duffelsluis**: jaarverloop 2010 van de watertemperatuur*

3.4 verloop 2010 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^{++} , SO_4^{--} , 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 gehalte aan chloride bepaald via titratie, 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.

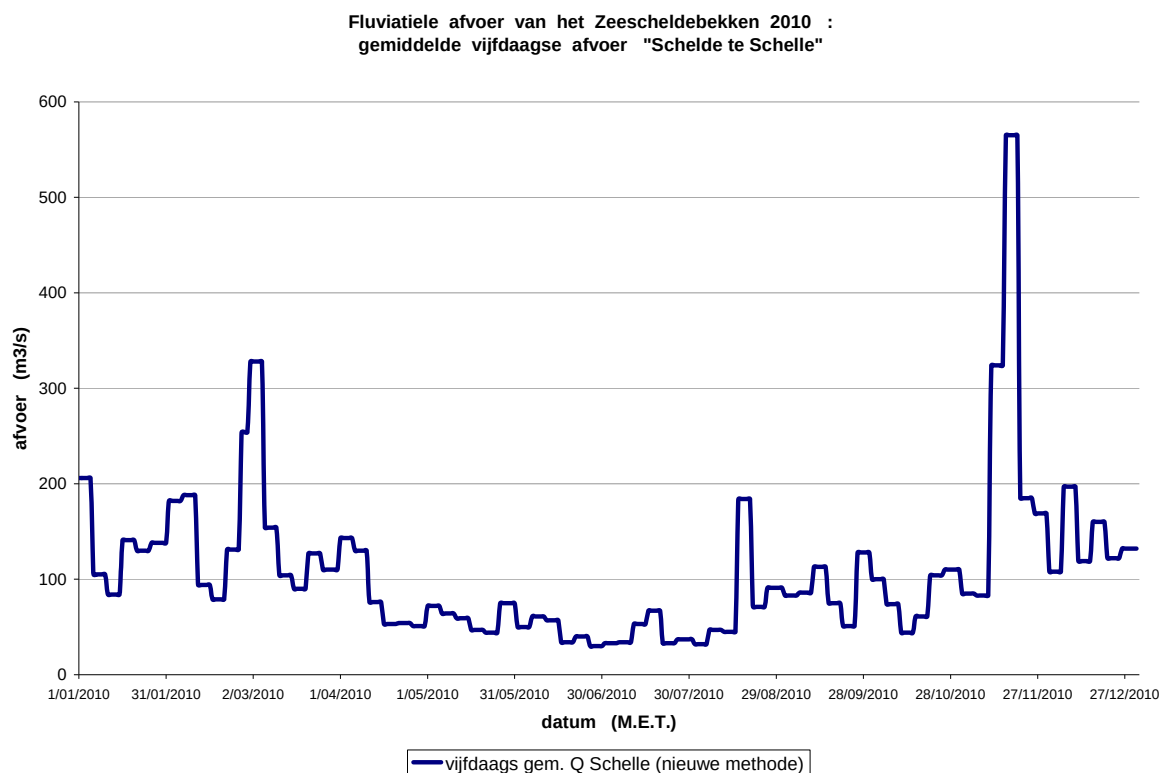
Kortom: de samenstelling van de ionen in het water van het Scheldewater varieert van afwaarts naar opwaarts, m.n. van "gelijkend op zeewater" naar "niet meer gelijkend op zeewater". Aldus is de Unesco-formule van omrekening van conductiviteit naar saliniteit dus chloridegehalte in het Zeescheldebekken 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.

Met voorgaande uitleg wordt duidelijk dat:

- de conductiviteit bij elke KHW groter is dan bij de in tijd omringende KLV'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 2010 en op vijfdaagse basis (dus volgens de nieuwe pentade-methode met tijdsvertraging, zie hoofdstuk 2.3) gemiddeld 108 m³/s doch met een kleinste waarde van slechts 30 m³/s (in de laatste pentade van juni) en een grootste waarde van 565 m³/s (in de vierde pentade van november). 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.

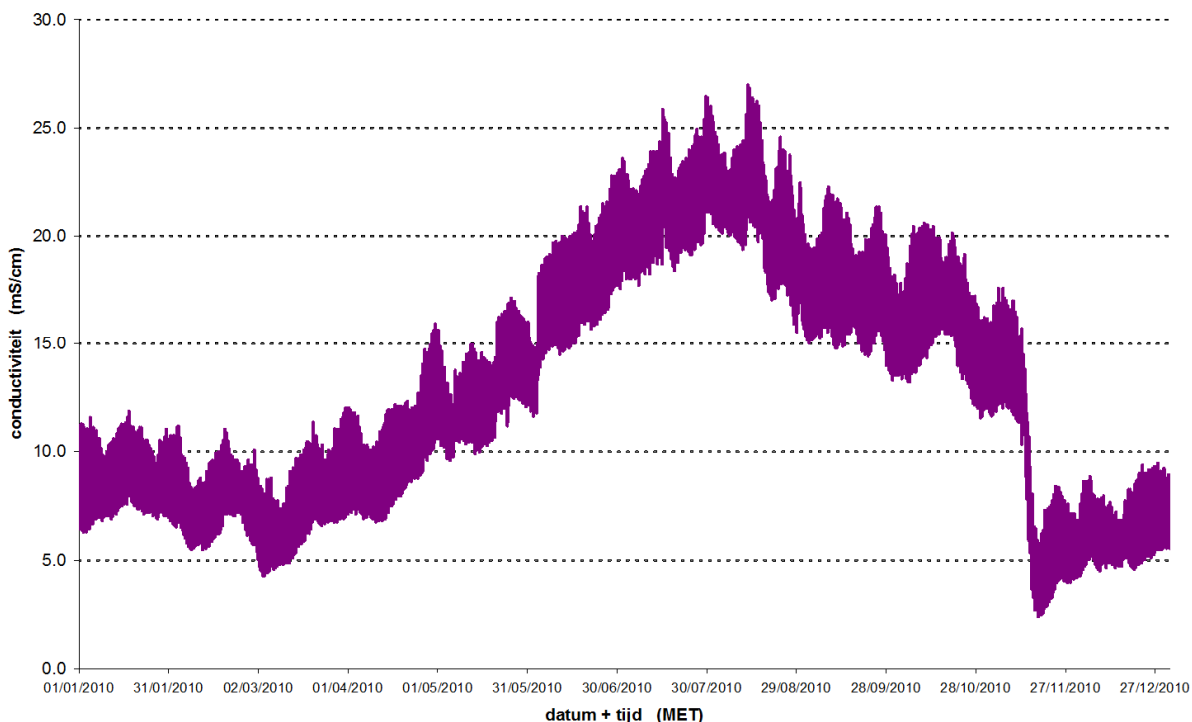


*Figuur 167 - Zeescheldebekken: afvoer volgens vijfdaagse gemiddelde bovendebieten "Schelde te Schelle" over het jaar 2010 (nieuwe methode)
(alle bovendebieten zijn in m³/s)*

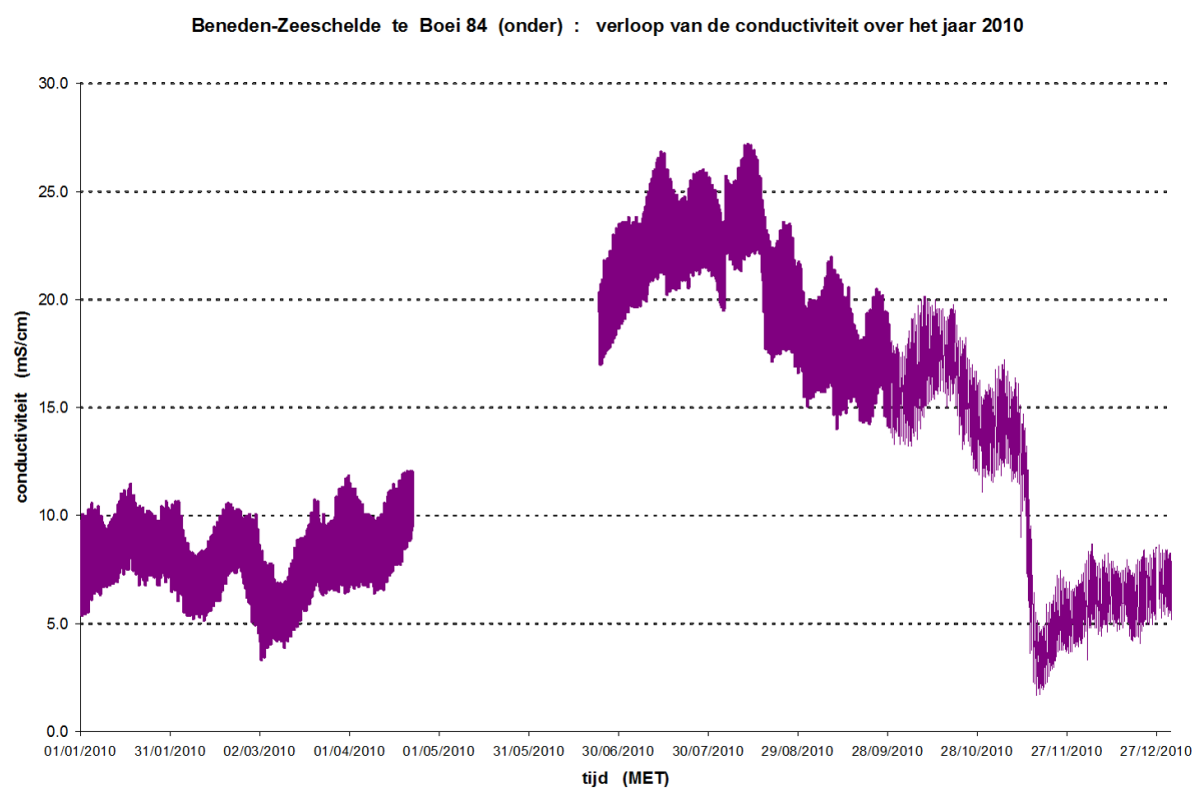
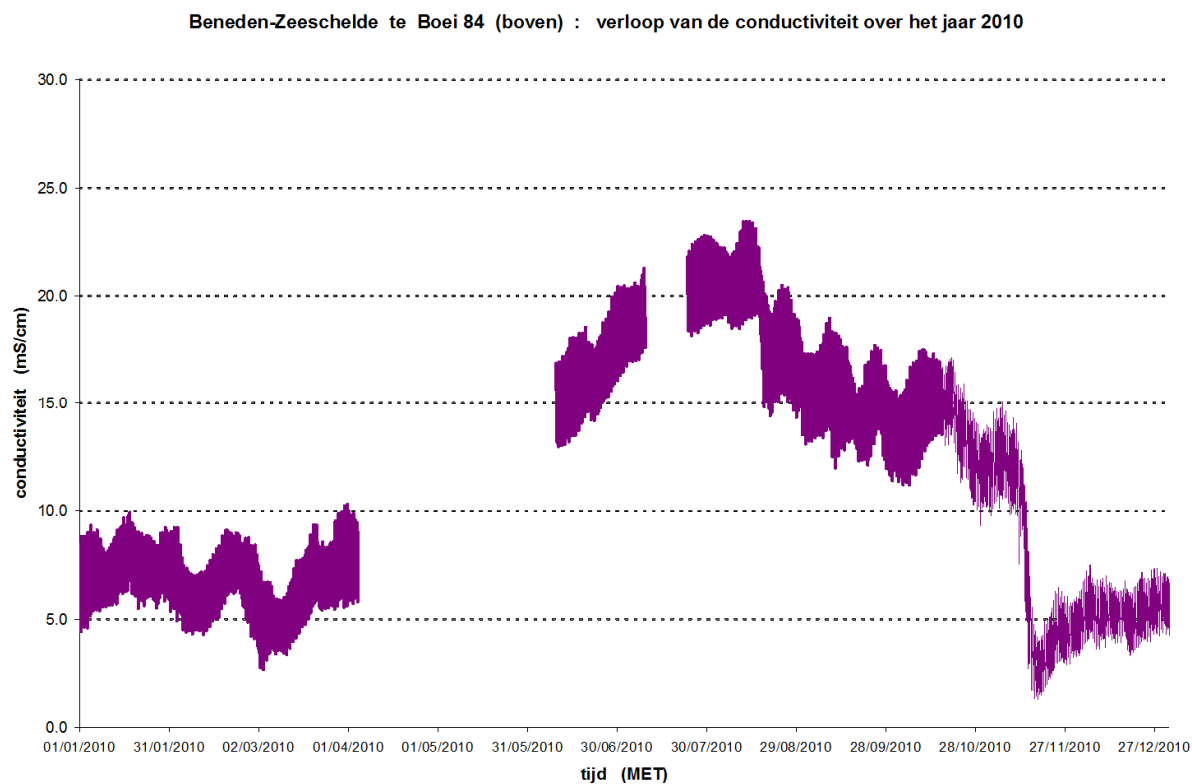
De afvoer van het Zeescheldebekken kende in 2010, buiten een normaal jaarverloop met een groter dan gemiddelde afvoer in wintermaanden en een kleiner dan gemiddelde afvoer in zomermaanden, drie wasregimes, nl. de toch flinke was einde februari/begin maart, de plotse kortstondige was van half augustus, en vooral het zeer grote en dagenlange wasregime van half november 2010, zie figuur op vorige bladzijde. 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 $\mu\text{S/cm}$, 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 geschikt geworden. Het eerste beeld is dat van het conductiviteitsverloop te Prosperpolder. Bij een vrij gelijkblijvende conductiviteit in januari en februari 2010, volgde een kleine vermindering door de was van einde februari/begin maart, waarna een gestage vermeerdering optrad tot de zomer, analoog aan het steeds kleiner worden van de afvoer van het Zeescheldebekken. De invloed van de was van half augustus is op het conductiviteitsverloop ook te Prosperpolder te zien, vooral in het kleiner worden van de waarden bij KLW. Samen met het vergroten van de afvoer van bovenaf, verminderde de conductiviteit langzaam, tot half november de zeer grote en dagenlang durende wasperiode van half november 2010 duidelijk zijn invloed deed gelden, nl. in een zeer snelle en zeer grote daling van de conductiviteit, van waarden van ongeveer 11 mS/cm bij de KLW's vlak voor de was tot ongeveer 3 mS/cm bij de KLW's vlak na de was.

Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder : verloop van conductiviteit over het jaar 2010

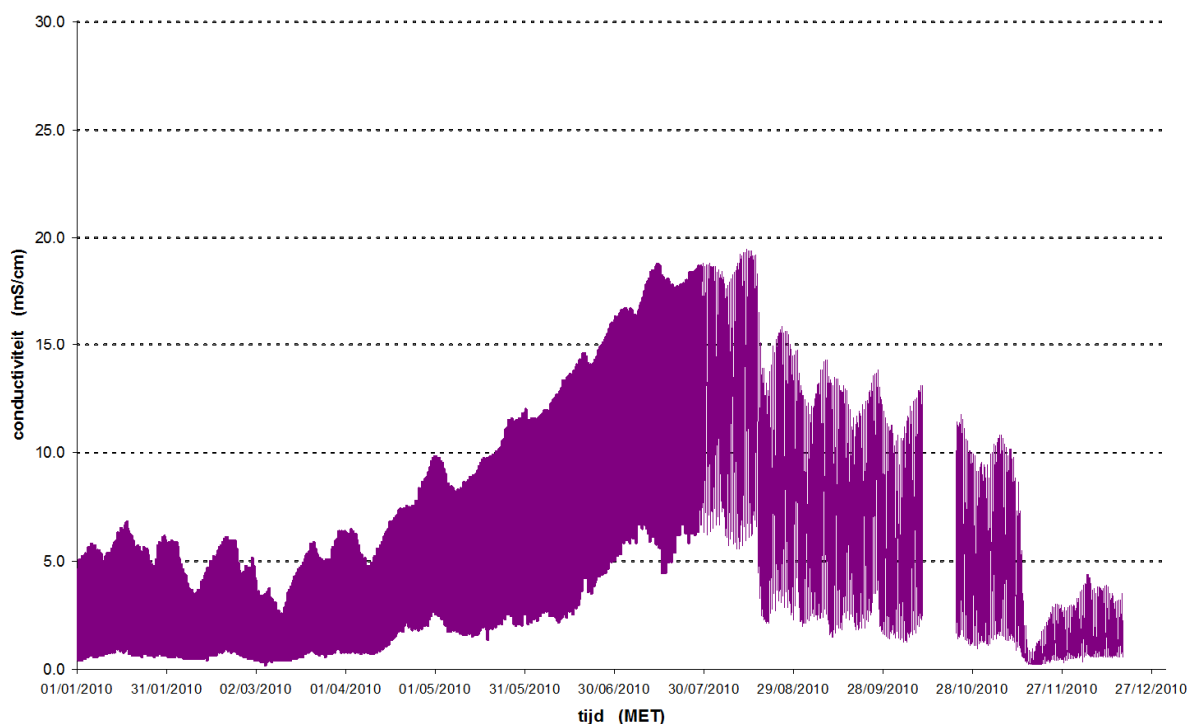


Figuur 168 - Beneden-Zeeschelde te Prosperpolder : jaarverloop 2010 van de conductiviteit bij heersende temperatuur

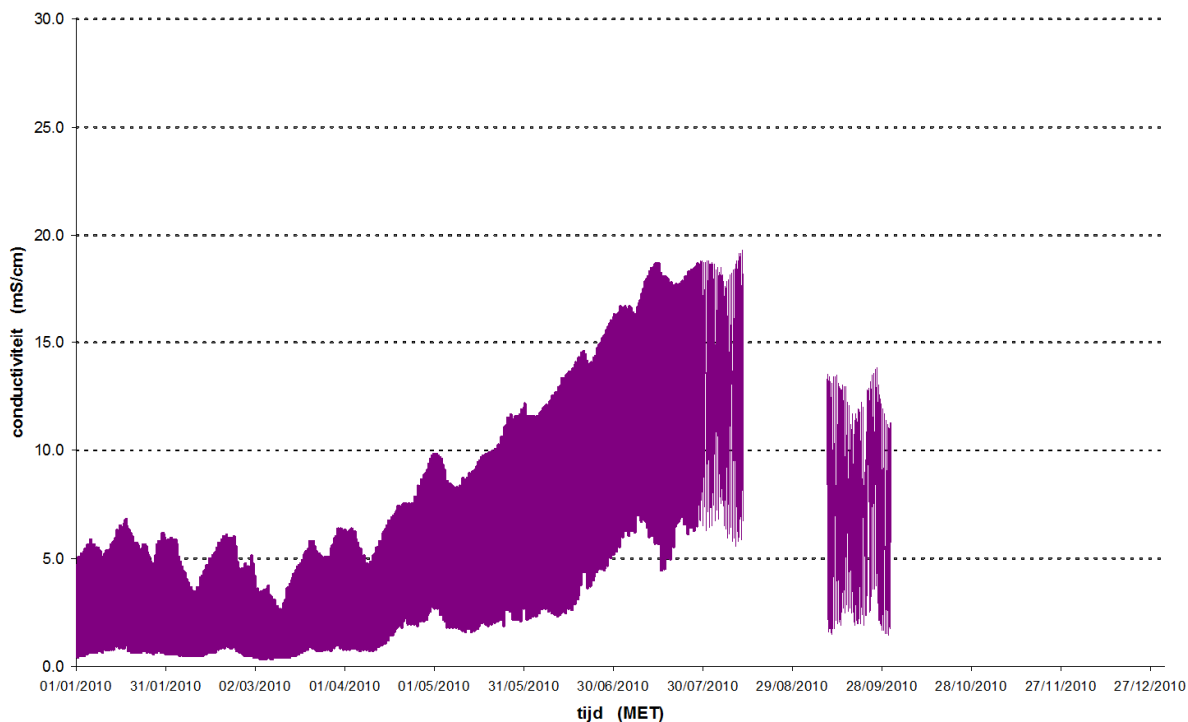


*Figuur 169 - Beneden-Zeeschelde aan Boei 84 :
 jaarverloop 2010 van de conductiviteit bij heersende temperatuur
 (bovenaan het bovenste meettoestel, onderaan het onderste meettoestel)*

Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (boven) : verloop van de conductiviteit over het jaar 2010



Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (onder) : verloop van de conductiviteit over het jaar 2010



*Figuur 170 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel :
jaarverloop 2010 van de conductiviteit bij heersende temperatuur
(bovenaan het bovenste meettoestel, onderaan het onderste meettoestel)*

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:

- de invloed van de veertiendaagse cyclus doortij/middeltij/springtij laat zich op alle plaatsen duidelijk zien. De uitleg is evident, zie hoger op p. 164.
- de conductiviteit te Prosperpolder is vanzelfsprekend steeds groter dan aan Boei 84 en Oosterweel. Hoewel: de conductiviteit te Prosperpolder is -doch enkel in de maanden juni en juli 2010, dus bij net die twee maanden waarbij de combinatie gold dat de luchttemperatuur in 2010 het grootst en de bovenafvoer in 2010 het kleinst was- ... enkel in de maanden juni en juli 2010 is er aan Boei 84 meer bepaald aan het onderste meettoestel, een toch iets grotere conductiviteit dan aan Prosperpolder. Dat geldt niet voor het onderste 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 als dan ook qua seizoen aan Boei 84 gunstig zijn.
- 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, en in 2010 zeer in het bijzonder in juni en juli, 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 doortij/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 hetgeen in volgend gedachtenstreepje 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 toemant 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 in winterse maanden. (Bij de was van november 2010 werd het verschil nog kleiner.)
- 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 chloridegehalte) 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 meettoestel 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 was van half november 2010 verkleint de conductiviteit zeer snel en in een zeer grote mate, wat zeer markant op alle vijf bovenstaande figuren te zien is.

Maar ook de beide andere was-periodes laten zich gelden. Het wasregime van einde februari/begin maart 2010 doet de conductiviteit ongeveer halveren, bij Prosperpolder en Boei 84 aan zowel KHW als KLW, en te Oosterweel bij KHW, en dat in een periode dat de conductiviteit bij een normaal jaarverloop stilaan zou vergroten.

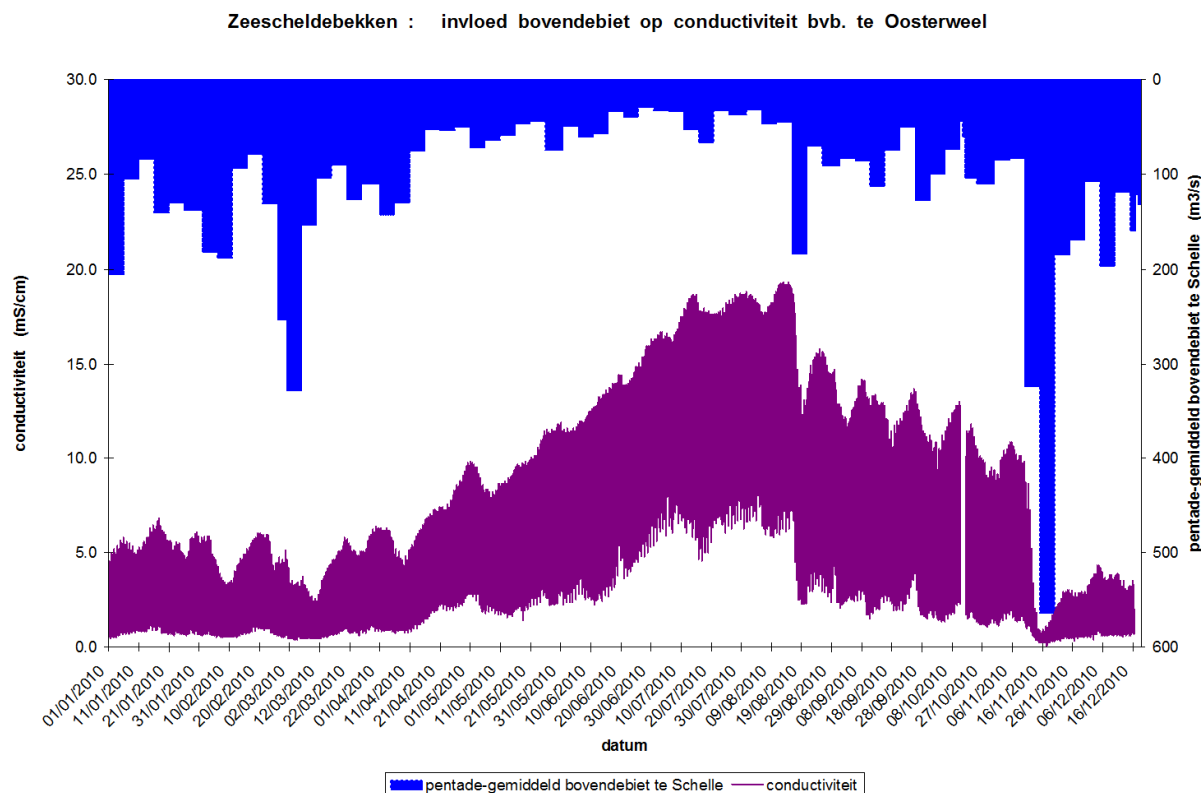
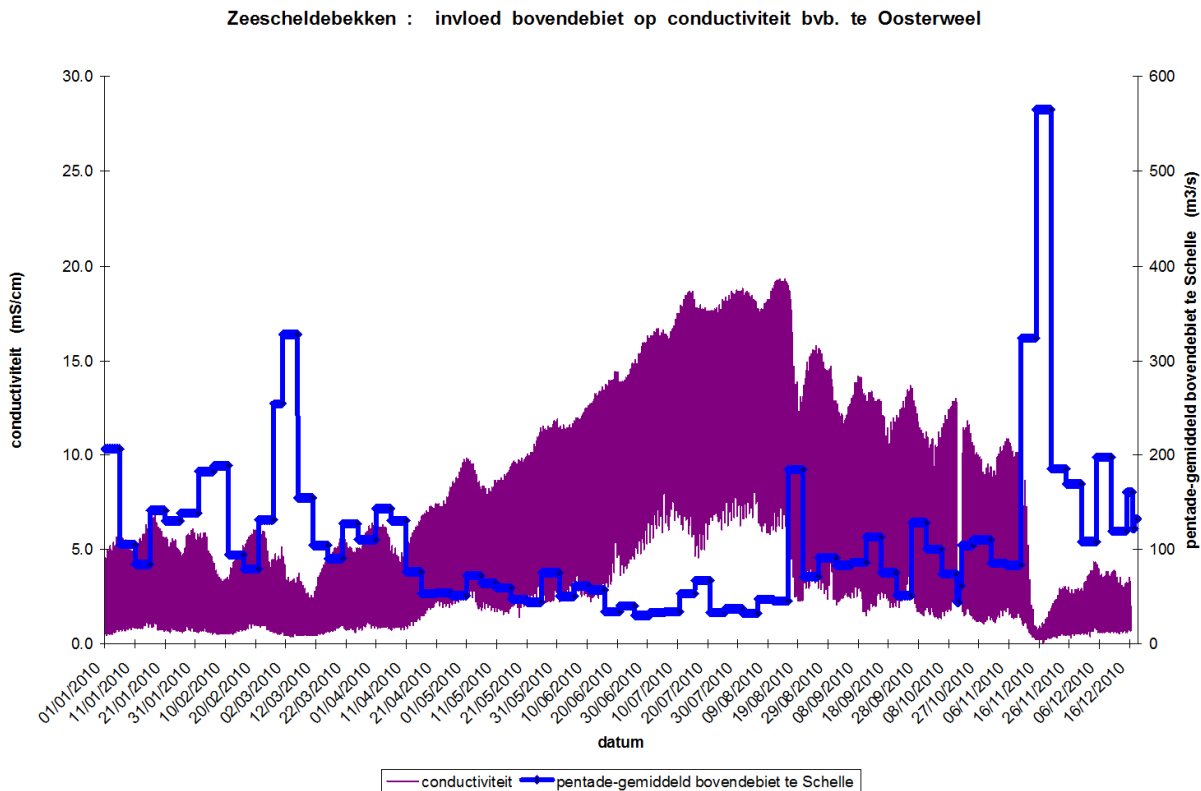
Nog markanter is de daling van het conductiviteitsverloop bij de was van half augustus 2010. Na twaalf weken van kleine tot zeer pentadewaarden van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle" treedt plots een flinke bovenafvoer op met een pentadewaarde van 184 m³/s te Schelle. Aan alle meetlocaties is een bijna even plotse daling van de conductiviteit, al bijna even uitgesproken bij KLW als bij KHW.

Uiteraard is de daling bij het langdurige en zeer grote wasregime van november 2010 het markantst. De conductiviteitswaarden verkleinen zeer snel tot iets meer dan één derde te Prosperpolder, iets minder dan een derde aan Boei 84, en tot zelfs slechts een minieme waarde te Oosterweel. Het verschil tussen conductiviteit bij KHW en KLW wordt klein.

Bij alle drie wasregimes volgt de vermindering van de conductiviteit (en dus het chloridegehalte) vrij snel op het doorgaan van de wasafvoeren te Schelle. Met de nieuwe methode van vijf-daagse 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. De normale seizoenale verlopen van de bovenafvoer zijn daar sturende factor in. In het jaarverloop 2010 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 2010. De bovenste grafiek is deze volgens normale opbouw der y-assen, daar waar in de onderste grafiek de bovendebieten in andersom zin zijn uitgetekend.

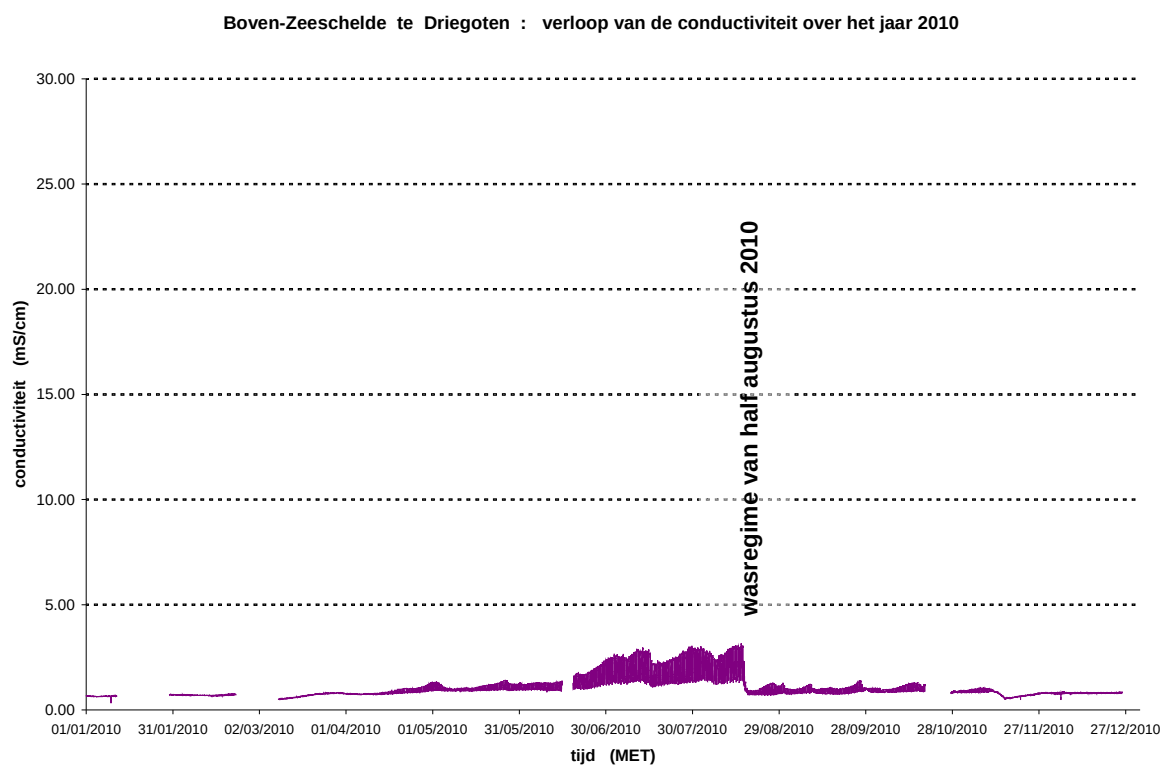


Figuur 171 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : jaarverloop 2010 van de conductiviteit bij heersende temperatuur, en van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle" (bovenaan het bovendebiet volgens positieve y-as, onderaan volgens negatieve y-as)

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 2010. 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 grote was van half november 2010 is op onderstaande figuur wel te zien, maar de invloed doet de conductiviteitswaarden van zeer klein naar nog wat kleiner gaan.



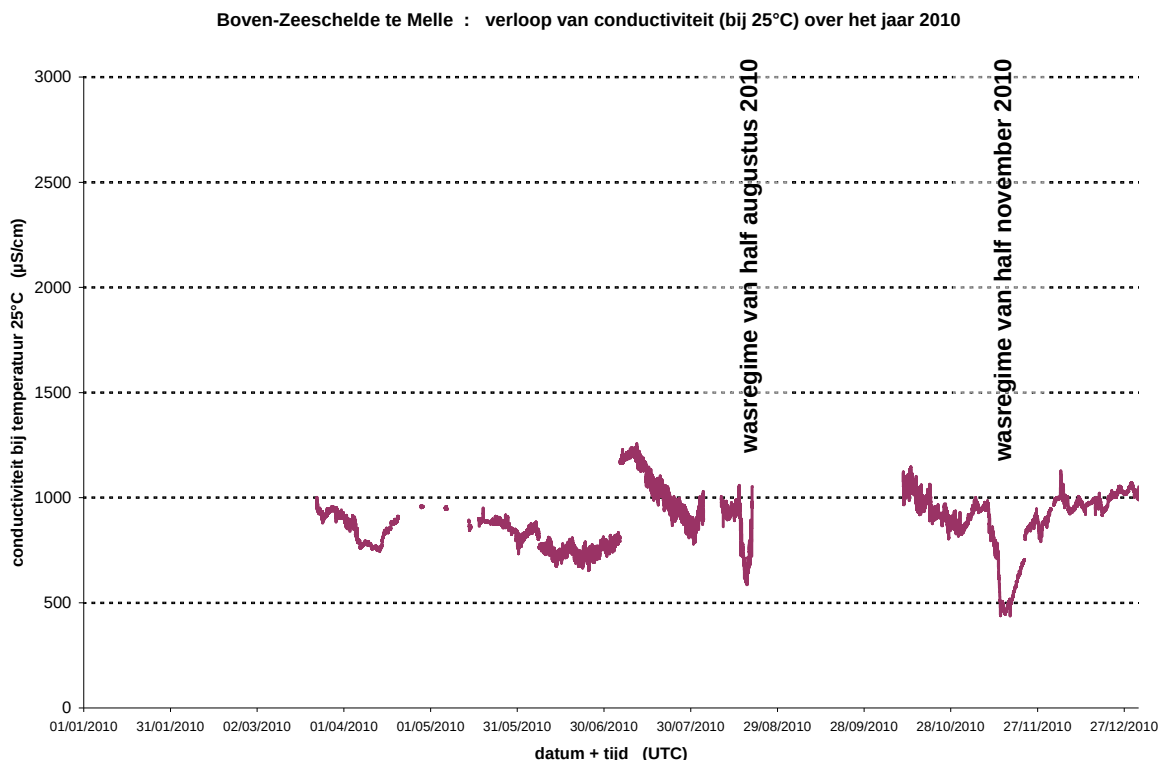
*Figuur 172 - Boven-Zeeschelde te Driegoten :
jaarverloop 2010 van de conductiviteit bij heersende temperatuur*

De volgende twee figuren tonen het jaarverloop 2010 van de conductiviteit in de Boven-Zeeschelde te Melle en in de Beneden-Nete te Duffelsluis. Aandacht moet geschonken dat het nu handelt om de (herleide) conductiviteit bij 25° C (en niet meer bij heersende temperatuur), en dat de schaal van de y-as nu $\mu\text{S/cm}$ 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 1250 $\mu\text{S/cm}$, en dan nog kortstondig, reiken deze te Duffelsluis gedurende langere tijd tot meer dan 2000 en uitschieters groter dan 2500 $\mu\text{S/cm}$. 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.

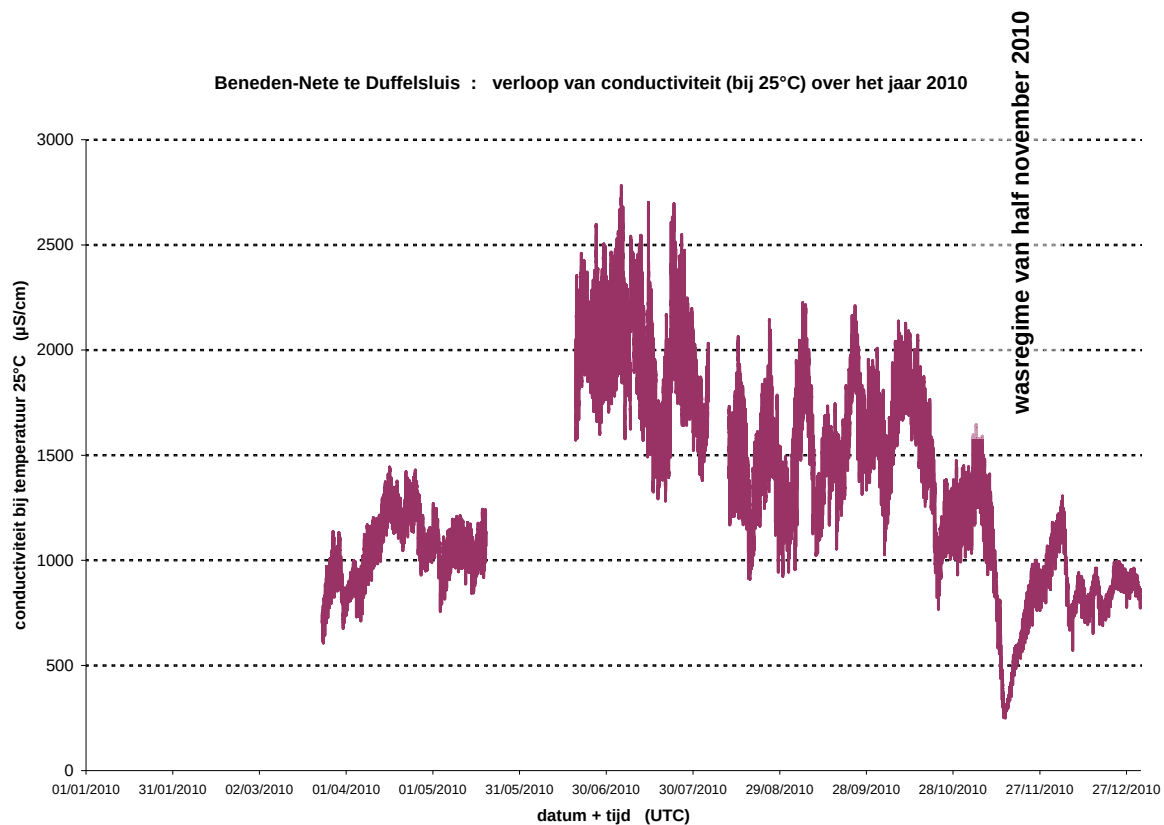
Eerder in dit rapport werd ook al uitvoerig stilgestaan bij de invloed van de wasregimes vooral deze van half november 2010, op de conductiviteit van het Scheldewater te Melle en het Netewater te Duffelsluis. De bovenafvoer handelt inderdaad telkens over nog zoeter water, resp. vanuit Schelde en Leie, en vanuit het Netebekken.

Bij het wasregime van half augustus 2010 ging het vooral om veel afvoer op de Zeeschelde. Dat resulteert te Melle in een beduidende vermindering van de conductiviteit, daar waar zulks te Duffelsluis op zich niet merkbaar is (er is wel een veertiendaagse invloed van de doottij/springtij-cyclus). In het Netegebied kwam toen inderdaad geen wasregime voor.



*Figuur 173 - Boven-Zeeschelde te Melle :
jaarverloop 2010 van de conductiviteit bij temperatuur 25°C*

De volgende figuur toont dus mooi de invloed van de grote was van half november 2010.



*Figuur 174 - Beneden-Nete te Duffelsluis :
jaarverloop 2010 van de conductiviteit bij temperatuur 25°C*

3.5 verloop 2010 turbiditeit en suspensiegehalte meetlocaties Zeeschelde

Via laser-backscattering-technologie wordt op de meetlocaties Boei 84 en Oosterweel op twee hoogten over de verticale, turbiditeit gemeten. Op de meetlocatie Driegoten is er één toestel. Al deze metingen zijn continu, d.w.z. om tien minuten. Sinds 2010 is ook in de Boven-Zeeschelde te Melle een turbiditeitsmeter werkzaam; dit toestel meet om 5 minuten. Hierna volgt een algemene voorstelling van de meetresultaten over het jaar 2010.

Voor de parameter turbiditeit blijken -uit de lange rij van alle meetwaarden- drie hoofdkenmerkende waarden te kunnen worden afgeleid:

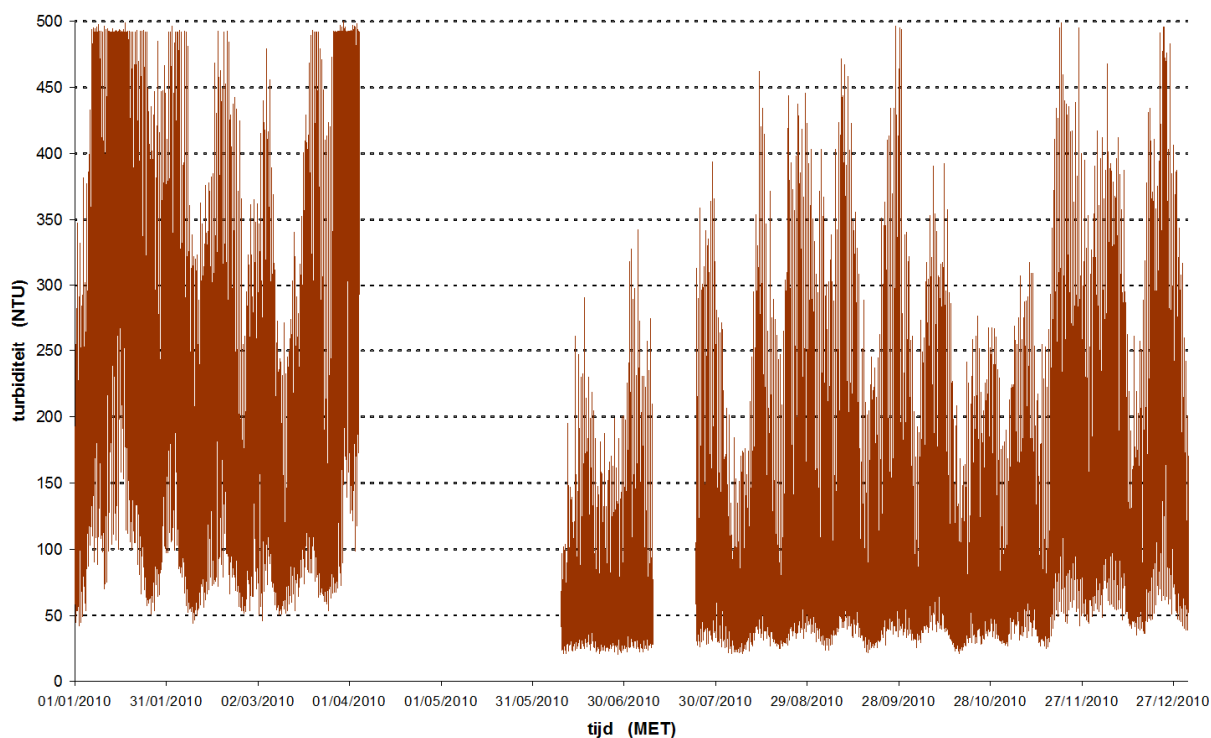
- de waarde bij de kenteringen, waarbij turbiditeit het kleinst is tijdens het tijverloop, *maar dat zinnig als een "achtergrondwaarde" kan worden beschouwd*;
- de gemiddelde waarde over vloed en over eb;
- de maximum waarde over vloed en over eb.

De volgende figuren tonen alle meetwaarden (per tien of vijf minuten) zodat -aan onderkant van de grafieklijn- de minimum-waarden van de turbiditeit bij telkens alle kenteringen kunnen aangegeven worden, en -aan bovenkant- de maximale waarden per vloed en eb. De bandbreedte van de grafiek spreekt voor zich: het bereik van de turbiditeit per opeenvolgende vloed en eb. Daaruit volgt meteen de veertien/vijftiendaagse cyclus van doottij/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 doottij/middeltij/springtij. De grafieken tonen ook dat er binnen alle meetwaarden over een jaar, of over een deelperiode 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 zijn.

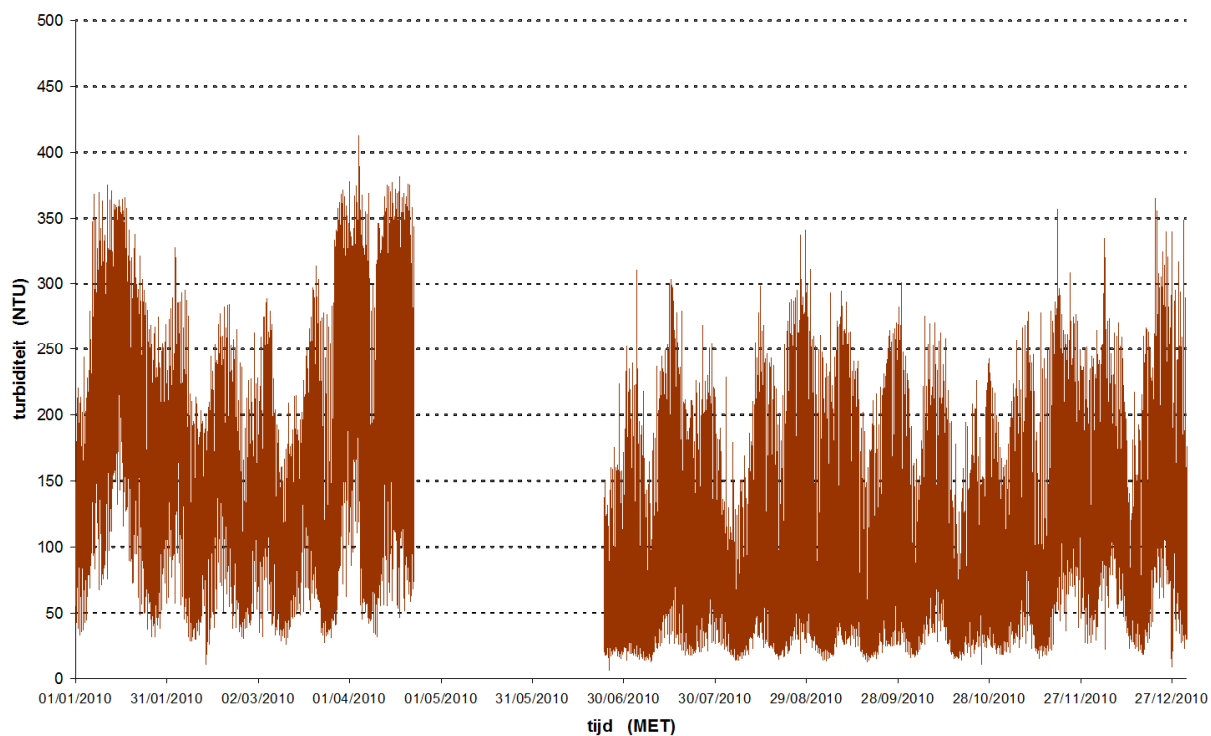
Het is bekend dat zich tussen Antwerpen en Doel, een zone van zgde "maximum-turbiditeit" voordoet, die volgens de langsas naar op- of afwaarts verschuift al naargelang de grootte van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, net zoals de brakke zone. Op zich vormt dit al een eerste drijfveer van seizoenale 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, laatste periode van 2010) 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.

Beneden-Zeeschelde te Boei 84 (boven) : verloop van de turbiditeit over het jaar 2010

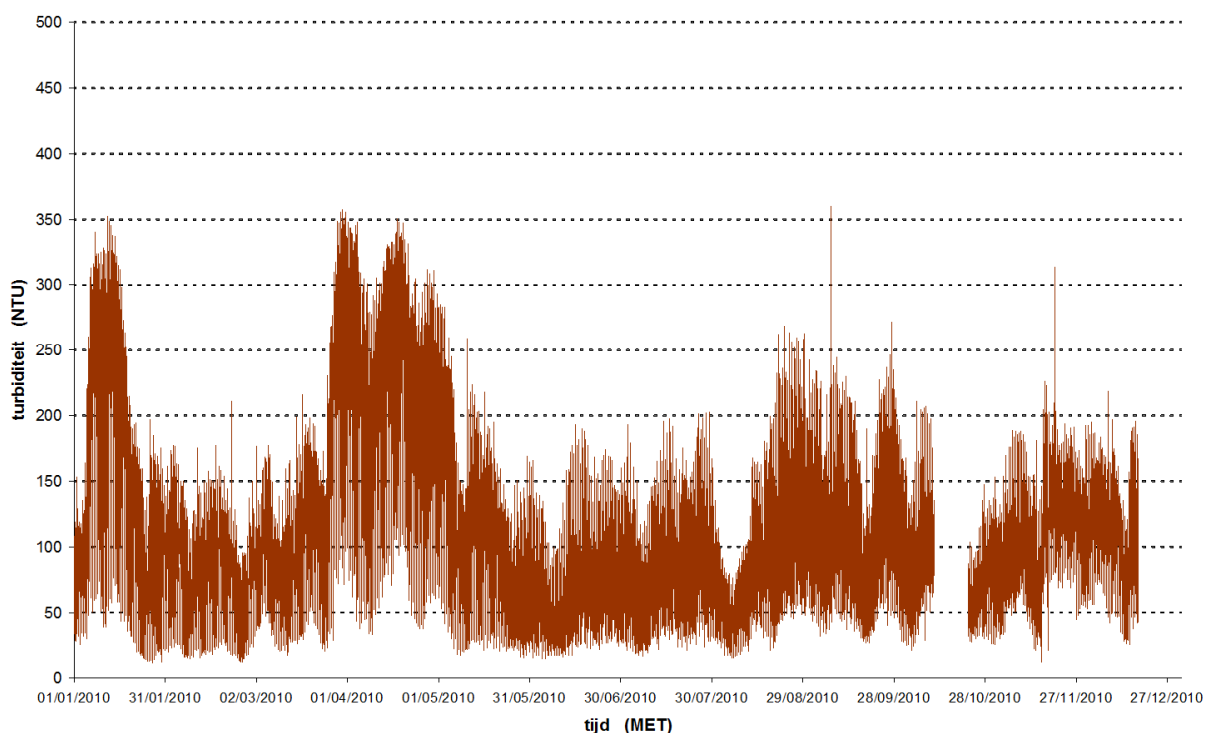


Beneden-Zeeschelde te Boei 84 (onder) : verloop van de turbiditeit over het jaar 2010

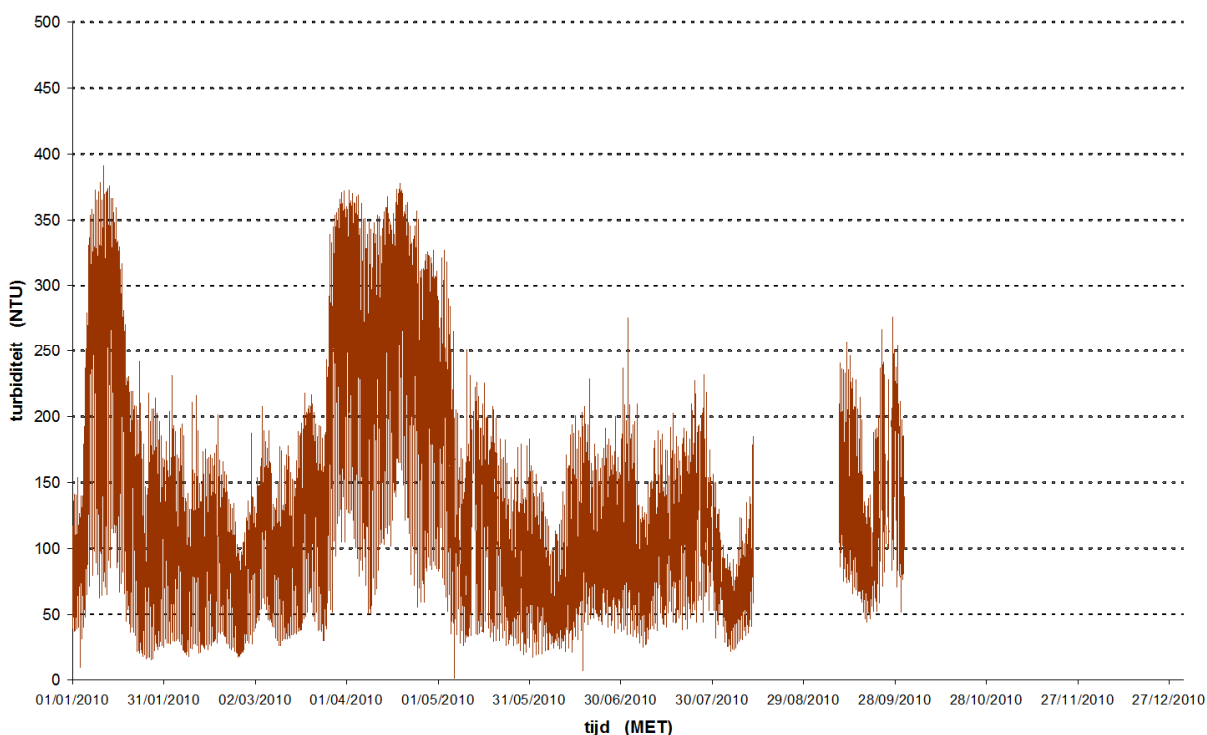


Figuur 175 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2010 van de turbiditeit, boven het bovenste meettoestel, onderaan het onderste meettoestel

Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (boven) : verloop van de turbiditeit over het jaar 2010



Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (onder) : verloop van de turbiditeit over het jaar 2010

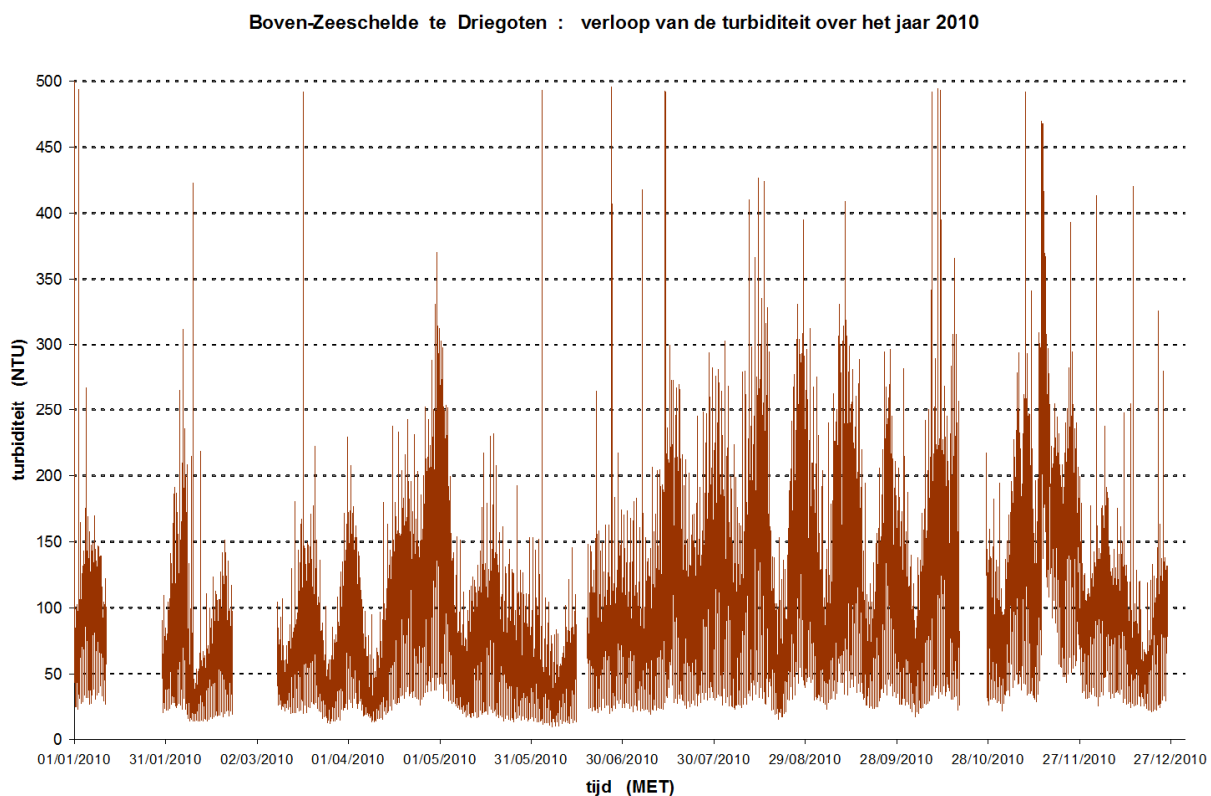


Figuur 176 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2010 van de turbiditeit, boven het bovenste meettoestel, onderaan het onderste meettoestel

Uit de grafieken blijkt duidelijk dat de turbiditeit over het ganse jaarverloop 2010, te Boei 84 doorgaans groter tot veel groter is dan te Oosterweel, en dat de invloed van bvb. de grote wasperiode van november 2010 niet duidelijk is, aangezien in gans andere periodes ook grote turbiditeitswaarden voorkomen. Of de turbiditeit in een bepaalde groot is, is zowel aan het bovenste als aan het onderste meettoestel te zien. Dergelijke congruentie is zowel aan Boei 84 als te Oosterweel, en eigenlijk als van nature, duidelijk aanwezig.

In de Boven-Zeeschelde te Driegoten kent het verloop van de turbiditeit ook het veertien/vijftien-daags verloop van de doottij/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.

Te Driegoten is er ook een duidelijke invloed van het wasregime van half november 2010: de zeer grote waarden van turbiditeiten zijn veelvuldiger aanwezig, maar vooral: de kleine waarden zijn alle gedurende een week sterk vergroot.



Figuur 177 - Boven-Zeeschelde te Driegoten: jaarverloop 2010 van de turbiditeit

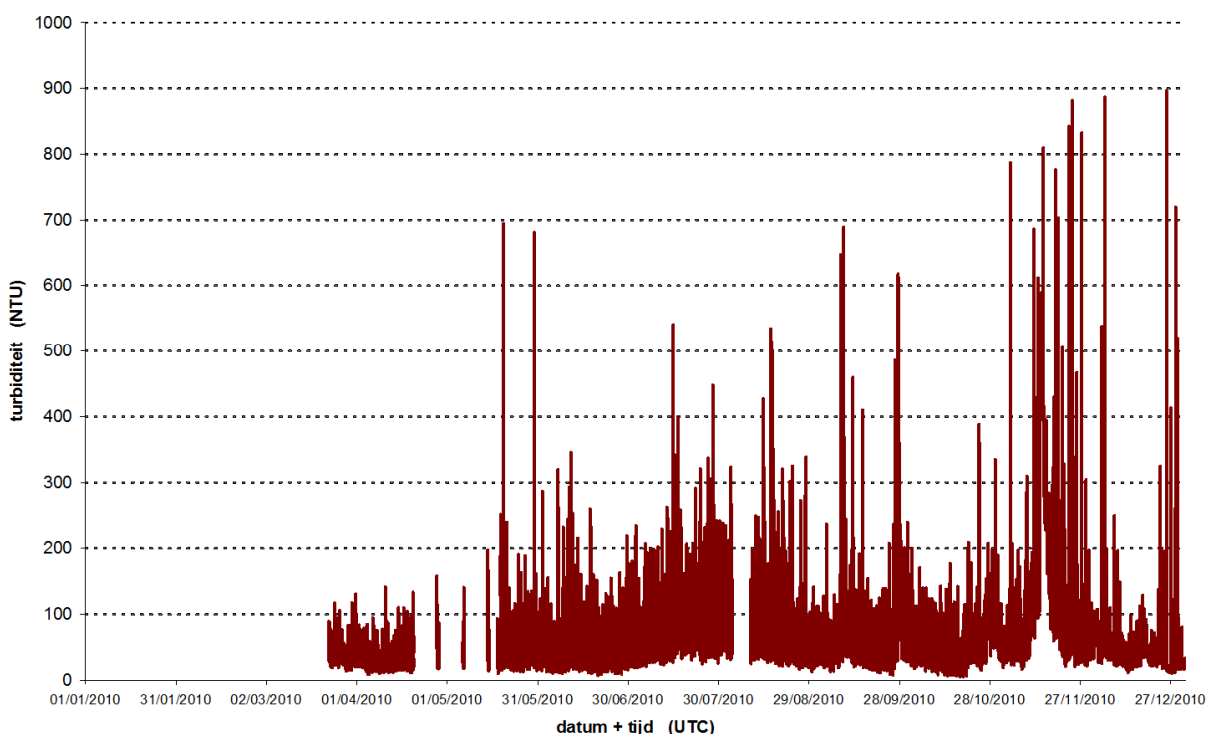
In de Boven-Zeeschelde te Melle is in de lente van 2010, een continu multiparametertoestel geïnstalleerd. Reeds eerder in dit rapport kwamen van die nieuwe meetlocatie andere parameters dan turbiditeit aan bod, tenzij zowel turbiditeit als suspensiegehalte bij het deelhoofdstuk waar de invloed van het langdurige en grote wasregime van half november 2010 werd besproken.

De turbiditeiten in de Schelde te Melle kennen nog meer dan op de andere meetplaatsen, voor het merendeel kleine en gemiddelde waarden, waarboven zich dan af en toe doch niet bij elke vloed of eb, zeer grote waarden uitschieters manifesteren. het gaat dan wel om grote waarden, tot 900 NTU.

Ook hier is de invloed van het wasregime van november 2010 duidelijk te zien. Zowel in aantal als in grootte van de grootste turbiditeitswaarden van die periode, als vooral het danig vergoten van de kleinste waarden aan turbiditeit, markeren de invloed van het wasregime.

Door een zeer frequente staalname van water en filtering om het suspensiegehalte te kennen, zijn zeer uitstekende correlaties tussen turbiditeit en suspensiegehalte gekomen. Op deze meetplaats staat immers buiten het continu metende multiparametertoestel, ook een watermonster-nemer opgesteld, dat om de zeven uren en watermonster oppompt en in een recipiënt doet, dat in een gekoelde kast bewaard wordt. Met een monsternamen om de zeven uren schrijven de watermonsters elke dag vier uren vooruit m.n. een herhaling van vier watermonsters per 28 uur tegen de duur van een etmaal van 24 uur. Zo worden uiteindelijk van alle uren van een dag watermonsters genomen, en dus ook van alle uren in een tij. Elke week worden alle watermonsters van de meetlocatie naar het WL gebracht, waar via filtratie het suspensiegehalte wordt bepaald, en dus de turbiditeit naar suspensiewaarde kan omgerekend worden.

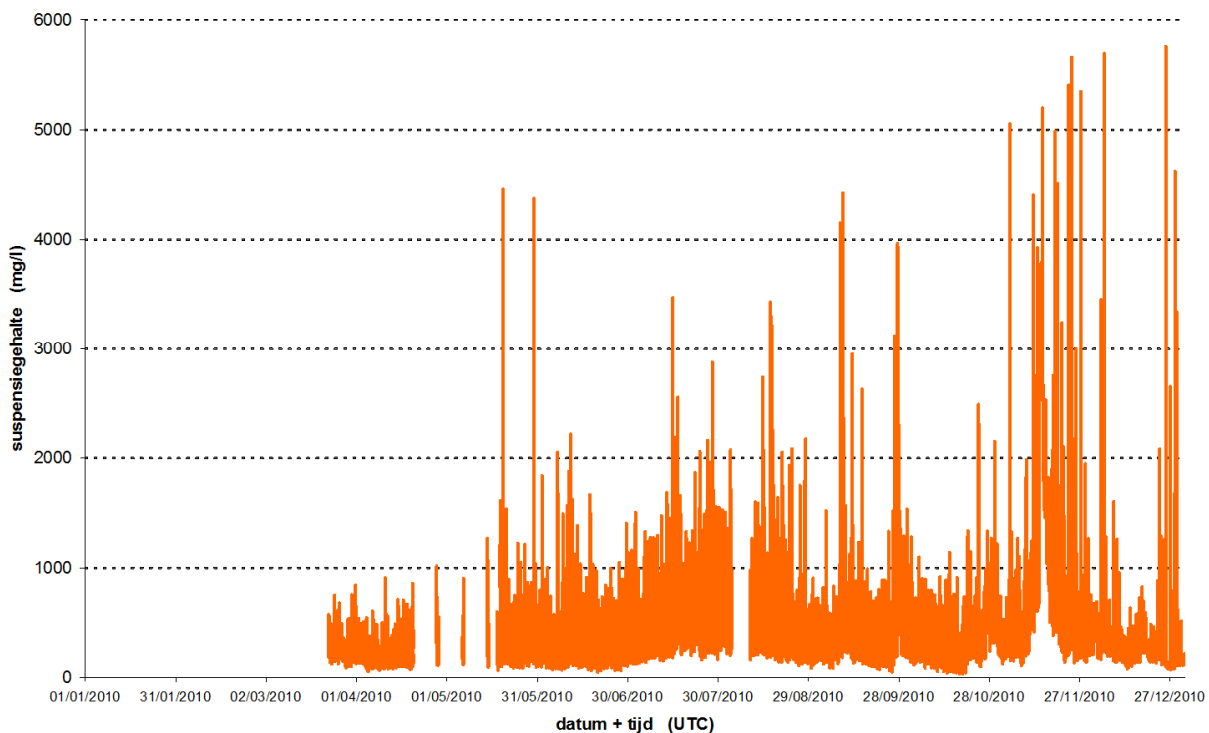
Boven-Zeeschelde te Melle : verloop van turbiditeit over het jaar 2010



Figuur 178 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2010 van de turbiditeit

Aldus gaat de figuur van vorige bladzijde (over turbiditeit) over naar de navolgende figuur over suspensiegehalte. Uiteraard is het totale beeld hetzelfde, en kan dus ook de invloed van het wasregime van half november 2010 aan het verloop worden herkend, vooral aan het flink groter worden van de kleinste waarden aan suspensiegehalte.

Boven-Zeeschelde te Melle : verloop van suspensiegehalte over het jaar 2010

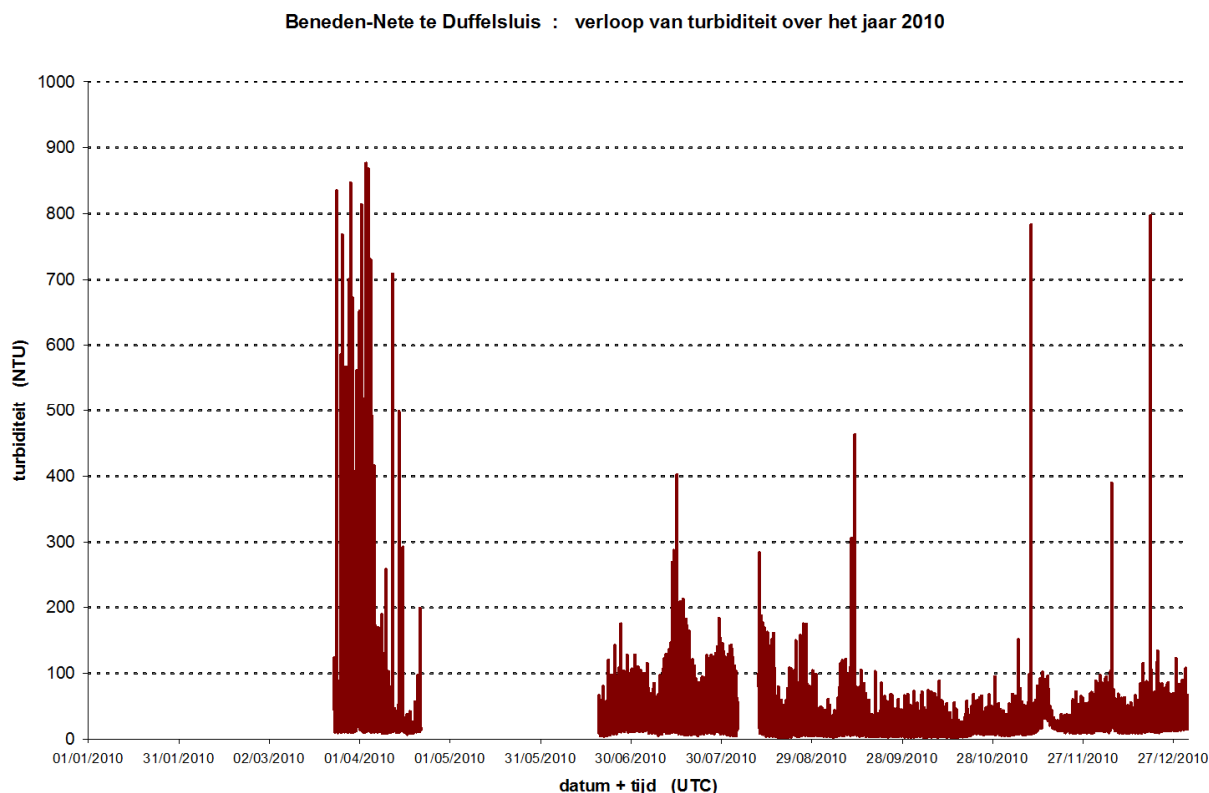


Figuur 179 - Boven-Zeeschelde te Melle: jaarverloop 2010 van het suspensiegehalte

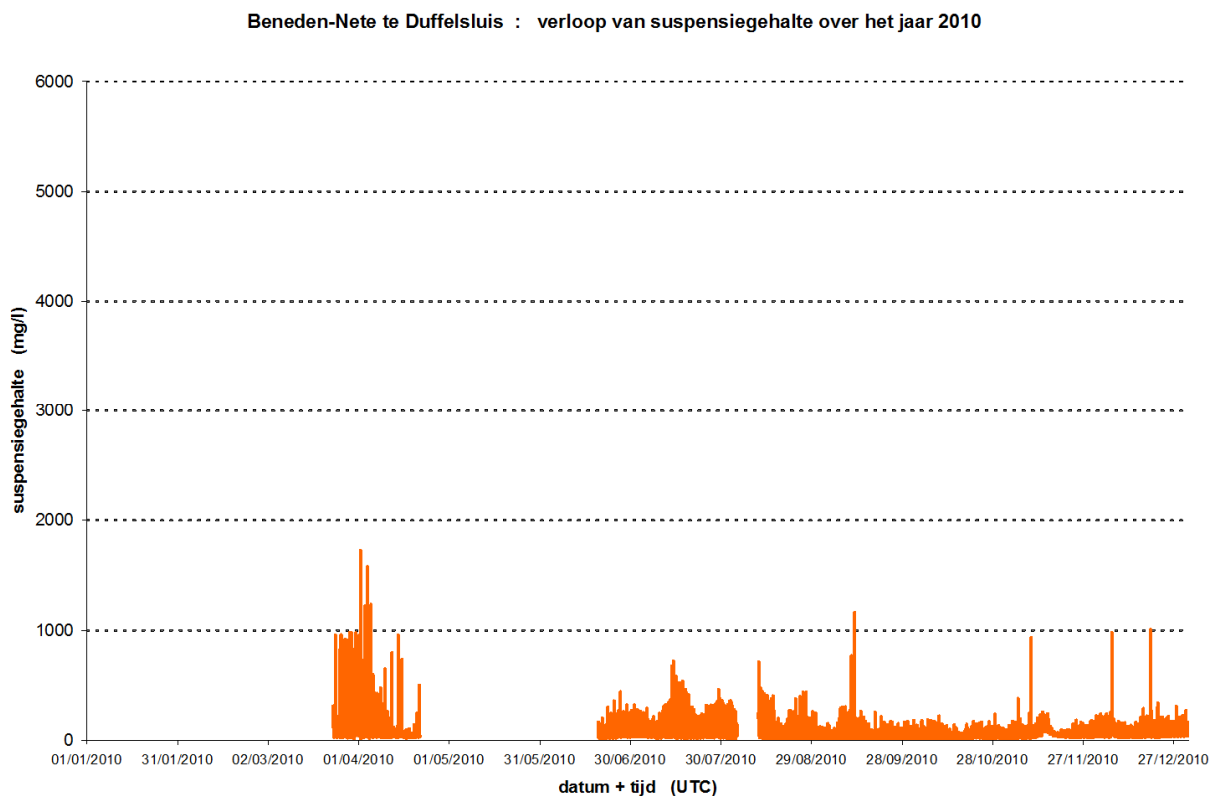
Ook in het voorjaar van 2010 werd in de Beneden-Nete te Duffelsluis een nieuw meetpunt voor diverse parameters, o.a. turbiditeit, in dienst gesteld. De hier gemeten turbiditeit wordt zoals te Melle aangevuld met het om zeven uur nemen van een watermonster, zodat een zeer goede correlatie kan worden aangemaakt om van turbiditeit naar suspensiegehalte om te rekenen.

De volgende bladzijde toont beide jaarverlopen, bovenaan deze van de turbiditeit en onderaan deze van het suspensiegehalte. Om makkelijk met de waarden te Melle te kunnen vergelijken, al gaat het om twee duidelijk verschillende rivieren met duidelijk verschillend hydrografisch achterland, zijn de y-schalen van turbiditeit en suspensiegehalte dezelfde gehouden.

Buiten alle wetenswaardigheden die over turbiditeit en suspensiegehalte resp. te Melle en Duffelsluis kunnen aangegeven worden, wordt de aandacht gevestigd op de relatie tussen turbiditeit en suspensiegehalte. Te Melle zijn de turbiditeitswaarden -over het ganse jaar grofweg beschouwd- voor zover de uitschieters niet worden meegenomen, zo iets als het dubbele van de turbiditeit te Duffelsluis. Maar de suspensiegehaltes zijn veel groter dan het dubbele ... Gezien de zeer frequente inname van watermonsters en het kwalitatief goed bepalen van suspensiegehaltes per monsters, mag niet aan de omrekening van turbiditeit naar suspensiegehalte worden getwijfeld.



Figuur 180 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2010 van de turbiditeit



Figuur 181 - Beneden-Nete te Duffelsluis: jaarverloop 2010 van het suspensiegehalte

Turbiditeitsmetingen vormen een maat van enerzijds kleur plus anderzijds "lading" aan gesuspendeerde deeltjes ("slib", lutum, silt, egaal fijn organisch materiaal, ...) van het beschouwde water. Turbiditeit kan wereldwijd volgens een standaard-methode bepaald en geijkt worden, zodat meetresultaten met elkaar kunnen vergeleken worden.

Naar interesse van sedimentologie en morfologie is het suspensiegehalte van het water veel sprekender. De factor "kleur" van het water wordt op die wijze niet mee in beschouwing genomen, en het suspensiegehalte kan zeer fysisch uitgedrukt worden in hoeveel fijne deeltjes (vnl. sediment, doch ook fijn organisch materiaal) er in het water aanwezig zijn. Dikwijls wordt dit nog als "slibgehalte" aangeduid, hetgeen vooral bij derden pejoratief kan klinken; de algemenere term "suspensiegehalte" geldt meer. De benamingen "zwevende stof" ("ZS") en "S.S.C." ("suspended sediment concentration") zijn ook veel in gebruik. Uiteindelijk gaat het er om hoeveel massa aan dergelijk materiaal er per volume-eenheid van water aanwezig is, met in het Zeescheldebekken de gebruikelijke eenheid "mg/l".

De omzetting van turbiditeit naar suspensiegehalte is -zeker in theorie- niet eenduidig. Ze is zowel locatie- als seizoens-afhankelijk. De beïnvloedende factoren zijn de kleur van het water, wat speelt in turbiditeit doch niet in suspensiegehalte, de aanwezigheid van organisch materiaal, wat door de seizoenen kan wisselen, de vorm en grootte van het eigenlijke suspensiemateriaal (lutum, silt, slib, eventueel ook fijn zand ...) en het los van elkaar zijn dan wel het aan elkaar geklit zijn van al dat materiaal, zaak dat beïnvloed wordt door de saliniteit van het water en de seizoenen zegge de temperatuur en de biologische activiteit.

Bij meting van het suspensiegehalte kan aanwezigheid van zandkorrels, zeker fijne zandkorrels, een "storende" factor zijn. Daarbij kan herinnerd worden aan grondmechanische en rheologische verschilpunten. De klassieke scheiding van "silt" en "zand" (dus de grondmechanische verdeling) ligt op 63 (of 64 al naargelang de norm o.a. of openingen in de zeef rond of vierkant zijn ...). Deze scheiding wordt ook zeer vaak klakkeloos in aspecten rond suspensiekorrels in water aangehouden. Evenwel: wereldwijd wordt rheologisch in estuariene sedimentologie en morfologie, veel de maat van 100 micron aangehouden ter scheiding van fijne (suspensie-)deeltjes en grovere (saltatie- & bodem-)deeltjes. Het is ook zo dat de gebruikte meettoestellen (Aanderaa) turbiditeit meten van kleur van water en van aanwezigheid van fijne (suspensie-)deeltjes en in principe ongevoelig zijn voor (nog) grovere (zand-)deeltjes. Bij het verleggen van de maat tussen fijne en grovere deeltjes van 63 (64) micron naar 100 micron, wordt buiten het rheologische aspect, recht gedaan aan wat de meettoestellen "maar" meten, nl. geen zand.

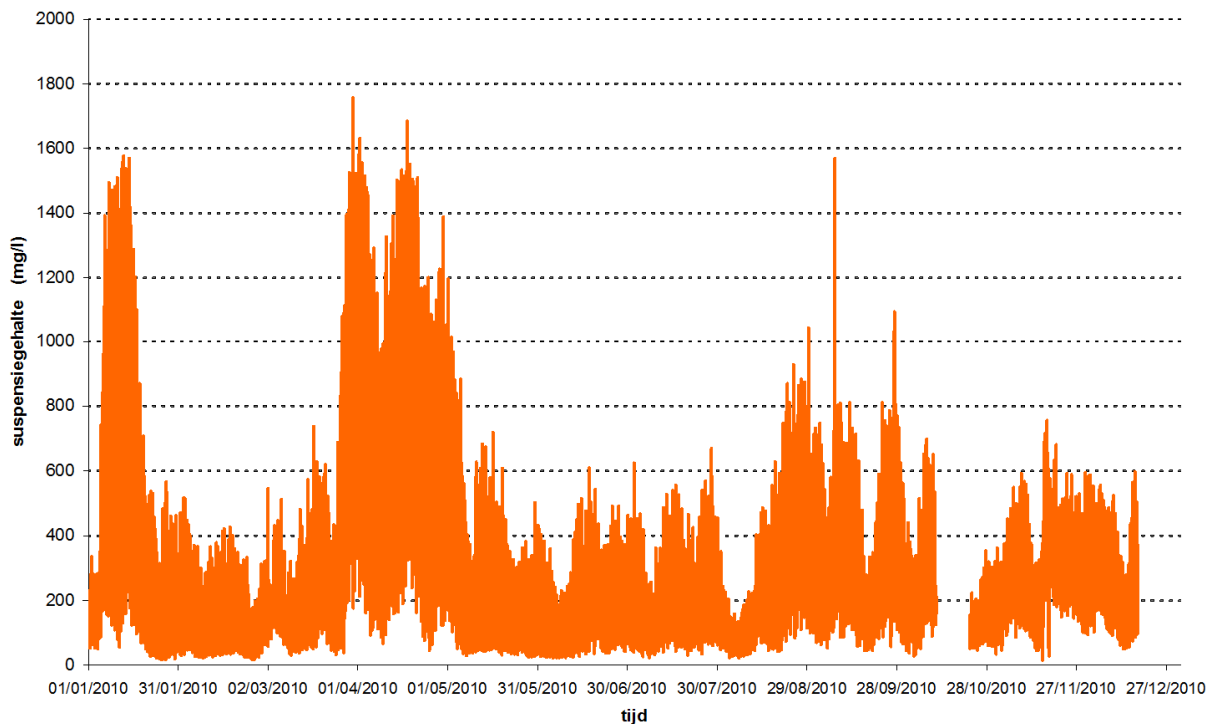
Men dient zich een goed fysisch beeld te vormen. De gesuspendeerde deeltjes vormen geen homogeen verdeeld veld, overal uniform voorkomend, en men ziet in situ duidelijk dat al dat suspensiemateriaal dikwijls als afzonderlijke "wolken" passeren, en slechts weinig optreden als een iet of wat veld met homogene trekken. Men kan in de Beneden-Zeeschelde wijzen op de grote turbulentie van het Scheldewater, op lokale "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 "slibwolken" die vanaf de steiger te Liefkenshoek of aan de toegangsgeul van Kallosluis kunnen gezien worden: het suspensiemateriaal passeert niet enkel in afzonderlijke wolkenformaties volgens langsas, 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". Weliswaar worden dergelijke qua sediment-voorkomen extreme locaties als meetlocatie vermeden, en worden de toestellen uitgezet op veel rustiger locaties.

Het is dan ook duidelijk dat als op éénzelfde locatie, op éénzelfde diepte onder watervlak of op éénzelfde hoogte boven bodem, turbiditeit continu wordt gemeten, het per bvb. halve minuut genomen, een sterk variërend beeld geeft. Hoe goed de meetlocaties ook zijn gekozen! De vraag rijst dan wat van al die waarden kan/moet worden onthouden ... een al dan niet gewogen gemiddelde, of het maximum of zoiets als een 90%-percentiel ... ? En dan kan onderscheid gemaakt worden tussen enerzijds het willen voorstellen van een "jaarbeeld" (zoals dit "Moneos"-rapport beoogt) en anderzijds het willen/moeten weergeven van het sterk variërende verloop van suspensiegehalte ten nutte van bvb. twee- of drie-dimensionale mathematische berekeningen, of het willen nagaan van bvb. densiteitstromingen of bvb. invloed van stroombeïnvloedende elementen (zoals een CDW = Current Deflecting Wall). In het eerste geval, en dat in dit jaarboek geldt, kan sterk uitgemiddeld worden, en moet het jaarverloop van het suspensiegehalte per locatie uiteindelijk worden getoetst aan het bovendebiet van het Zeescheldebekken (m.n. "de Schelde te Schelle") wat nu per vijfdaagse periode wordt bepaald. Het per halve minuten wisselende beeld doet dan weinig ter zake. In het tweede geval is er wél nood aan alle data zonder veel uitmiddeling, ook al zijn de mathematische formules van suspensietransport nog niet zo ver dat zij dat grillige verloop zouden weergeven zonder op hun beurt ook een flinke spreiding tussen meting en mathematica te kennen, spreiding in orde van grootte zoals de ijkpunten waard zijn tegenover hun kalibratie(trend-)lijnen.

Met:

- deze (sterk fysisch gerichte) filosofie in het achterhoofd;
 - de bedoeling om een JAARbeeld te geven en niet aan te geven wat mathematische modellen als (?) minutieuze input (?) zouden moeten hebben om uiteindelijk toch ook maar spreidingsvolle berekeningsresultaten te geven;
 - de bedenking dat in alle gevallen een grote spreiding bestaat tussen ijkwaarden en hun trendlijnen, zo toestel per toestel als locatie per locatie als seizoen per seizoen genomen;
 - en gezien het verloop van de afzonderlijke trendlijnen aldus relatief goed naar één gemiddelde (algemene) trendlijn neigt;
- kunnen trendlijnen in de Beneden-Zeeschelde worden tezamen genomen om naar één enkele over te gaan, doch niet voor de opwaartse randen van het tijgebied, waar duidelijk een verschillende correlatielijns tussen turbiditeit en suspensiegehalte bestaat tussen bvb. Melle en Duffelsluis.

Als voorbeeld wordt -met deze filosofie indachtig- op volgende bladzijde het omgerekende jaarverloop 2010 getoond van het suspensiegehalte op de meetlocatie Oosterweel, bovenste meettoestel.

Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (boven) : verloop 2010 van suspensiegehalte

*Figuur 182 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (bovenste meettoestel):
jaarverloop 2010 van het suspensiegehalte*

Het weze duidelijk dat voor dergelijke omrekening heel wat ijkmonsters nodig zijn, toestel per toestel, locatie per locatie, seizoen per seizoen. In tegenstelling tot de opstellingen te Melle en te Duffelsluis, waar inderdaad en makkelijk, zeven-uurs monsternames kunnen gebeuren gezien de gewoon de aldaar mogelijke wijze van opstelling van meettoestel en monsternametoestel, is dit in de Beneden-Zeeschelde niet vanzelfsprekend. Aan Boei 84 zijn beide meettoestellen opgesteld aan een frame dat op de Scheldebodem ligt, met als enige referentie drie boeien in de onmiddellijke nabijheid, doch waarbij geen monsternametoestel kan opgesteld worden. Er wordt momenteel een nader uitgewerkte ijkprocedure op punt gesteld, met aangeven van alle technieken en voorzorgen, zodat de omrekening van turbiditeiten naar suspensiegehaltes voor alle meetlocaties kwalitatief hoogstaand kan verzekerd worden.

3.6 Beneden-Zeeschelde aan Galgeschoor: golfmetingen tussen vaargeul en schor

3.6.1 meetopzet

Binnen MONEOS zijn de twee volgende locaties opgenomen voor het uitvoeren van langdurige metingen van golfbelasting:

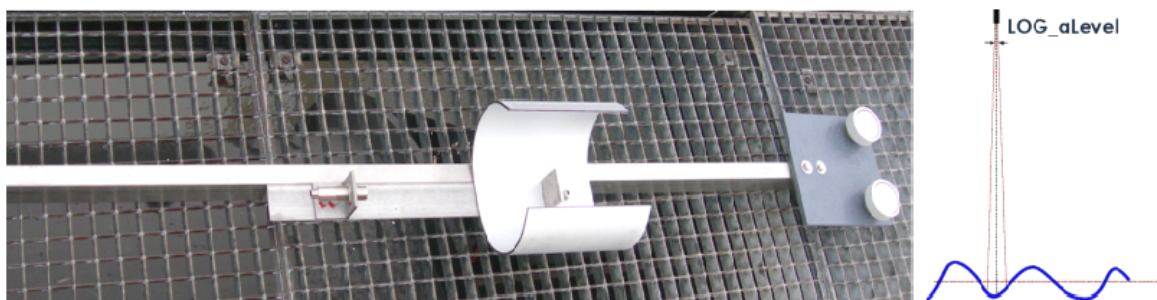
- meetlocatie Galgeschoor-Lillo, net afwaarts van de vlotsteiger en aanleppalen van Lillo. Dit meetpunt ligt in het verlengde van de langsas van Deurganckdok, en meet dus de golven die bij zuidwestenwind vanuit dit dok en verder schuin over de Schelde worden opgewekt; de strijklengte is dan langer dan 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 TAW -2.70m.
- meetlocatie Galgeschoor-Blauwgaren, meerbepaald tussen de boeien 84 en 86. Dit meetpunt ligt in het verlengde van de langsas van het voorziene Saeftingedok.

Het eerste meetpunt werd in juni 2010 voorzien van een golfenmeter. 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 waterschommelingen 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; momenteel ontbreekt daar immers enige dienstige draagconstructie.



Figuur 183 - Beneden-Zeeschelde: meetlocaties golfenmeters

Bovenstaande 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 geluidssnelheid aan de heersende luchttemperatuur en luchtdruk uitgevoerd.



Figuur 184 - Log_a_Level-golfmeettoestel met aanduiding van het meetprincipe



Figuur 185 - Initiële proef-opstelling van het golfmeettoestel (links) en (rechts) definitieve opstelling met o.a. windgenerator en zonnepaneel

Vanaf de installatie van het Log_a_Level-golfmeettoestel werd het toestel in het begin wekelijks en later maandelijks ter plaatse uitgelezen. Sinds februari 2011 worden de meetgegevens via telemetrie naar het WL doorgezonden.

3.6.2 eerste meetgegevens

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 -als voorbeeld- telkens deelperiodes van een halve maand tussen 1 juni en 1 december 2010. 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 voor de verschillende deelperiodes (alle frequenties worden beschouwd)

		Hmean	Hmax	H1/3	Tmean
		m	m	m	s
Alle frequenties	01/06/2010 - 16/06/2010	0,06	0,79	0,10	1,88
	16/06/2010 - 01/07/2010	0,08	0,79	0,14	1,82
	01/07/2010 - 16/07/2010	0,07	0,82	0,12	1,88
	16/07/2010 - 01/08/2010	0,07	0,86	0,12	1,82
	01/08/2010 - 16/08/2010	0,05	0,70	0,09	1,84
	16/08/2010 - 01/09/2010	0,10	1,06	0,17	1,84
	01/09/2010 - 16/09/2010	0,06	0,65	0,10	1,89
	16/09/2010 - 01/10/2010	0,05	0,78	0,09	1,95
	01/10/2010 - 16/10/2010	0,06	0,70	0,11	1,80
	16/10/2010 - 01/11/2010	0,07	0,90	0,11	1,77
	01/11/2010 - 16/11/2010	0,08	0,79	0,15	1,84
	16/11/2010 - 01/12/2010	0,05	0,96	0,09	1,99
	01/12/2010 - 16/12/2010	0,06	0,80	0,11	1,88
	16/12/2010 - 01/01/2011	0,07	0,83	0,11	1,73
	Minimum	0,05	0,65	0,09	1,73
	Gemiddelde	0,07	0,82	0,11	1,85
	Maximum	0,10	1,06	0,17	1,99
	Standaarddeviatie	0,01	0,11	0,03	0,07

Op basis van de waarden voor de statistische parameters in bovenstaande tabel kan het reeds volgende besloten worden:

- de gemiddelde golfhoogte bedraagt ca. 0.07 m, waarbij de maximale golfhoogte ca. 1.06 m kan bedragen. De significante golfhoogte varieert tussen 0.09 m en 0.17 m.
- de gemiddelde golfperiode bedraagt 1.9 s, de maximale golfperiode is ca. 148 s.

Voor verdere analyse van deze metingen wordt verwezen naar het eerder vernoemde rapport (Verelst et al.2011).

Colofon

Dit is al het derde van 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, zijnde 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.

auteur: ir. Eric Taverniers,
staflid-expert WL-Borgerhout

medewerking: aan het tot stand komen van dit "Jaarbeeld" dragen velen van WL-Borgerhout bij, in diverse aspecten en domeinen. Metingen vormen er de basis van, met in het bijzonder dank aan dhr. Guy Coppens en mevr. Rita De Bock 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 digitalisering en die zoals steeds zeer nauwkeurig werden nagekeken, aan dhr. Erwin De Backer voor alle zorg en controle bij de metingen met multiparameter-toestellen, aan mevr. Ria Paulussen voor het bijwerken van ontbrekende gegevens, afrondende controles en het uitwerken van de nodige presentaties, en zeer zeker aan de stuwende kracht achter 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. Mevr. Elin Vanlierde verzorgde onversaagd de controle van de meetresultaten van vnl. de multiparameter-toestellen, veranderde onwaarschijnlijke waarden in fysisch verantwoorde, en zette alles om in formaten waar de auteur aan uit kon. Aan allen hartelijke dank !



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

