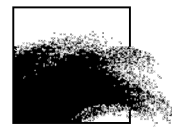




KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN
OD NATUUR – BEHEERSEENHEID VAN HET MATEMATISCH MODEL



MONitoring en MOdelling van het cohesieve sedimenttransport en evaluatie van de effecten op het mariene ecosysteem ten gevolge van bagger- en stortoperatie (MOMO)



Activiteitsrapport (1 januari 2015 - 30 juni 2015)

Michael Fettweis, Matthias Baeye, Frederic Francken, Dries Van den Eynde

MOMO/7/MF/201508/NL/AR/3

Inhoudstafel

1.	Inleiding	4
1.1.	Voorwerp van deze opdracht	4
1.2.	Algemene doelstellingen	4
1.3.	Onderzoek Januari 2014 – December 2016	5
1.4.	Gerapporteerde en/of uitgevoerde taken	9
1.5.	Publicaties (januari 2014 – december 2016)	10
2.	Een alternatieve stortstrategie voor de onderhoudsbaggerwerken in de voorhaven van Zeebrugge	12
3.	Modellering van een alternatieve stortstrategie buiten de haven	14
4.	Monitoring van een alternatieve stortstrategie buiten de haven	15
4.1.	MOW1 meetpaal	15
4.2.	WZ boei	18
4.3.	Verwerking van de tripode data	20
4.3.1.	SPM concentratie uit optische backscatter sensoren	20
4.3.2.	SPM concentratie uit akoestische backscatter sensoren	20
4.3.3.	Altimetrie als indicatie van vloeibare sliblagen	22
4.3.4.	SPM volume concentratie, vlok grootte en valsnelheid	22
4.3.5.	Turbulentie	23
5.	Analyse van de metingen buiten de haven	24
5.1.	Beschrijving van de omgevingscondities	24
5.1.1.	Gestorte hoeveelheden	24
5.1.2.	Advectie van watermassa's	24
5.1.3.	Significante golfhoogte	26
5.1.4.	Windsnelheid en richting	27
5.2.	Waterkolomdata	27
5.2.1.	SPM concentratie en vlok grootte te MOW1	29
5.2.2.	SPM concentratie aan de WZ Boei	44
5.3.	Bodemdata: Altimetrie te MOW1 en aan de WZ boei	52
5.4.	Ensemble gemiddelde SPM concentratie te MOW1 en WZ boei	55
5.4.1.	Invloed van seizoenen en getijamplitude	56
5.4.2.	Invloed van seizoenen en alongshore stroming	61
5.4.3.	Invloed van seizoenen en golven	61
6.	Efficiëntie van de stortproef	64
6.1.	Beperkingen van de stortproef	64
6.2.	Gemiddelde SPM concentraties	66
6.3.	Gemiddelde getijcurves	69
6.4.	Conclusies	71
7.	Correcties aan vorige rapporten	72
7.1.	Activiteitsrapport 1 januari 2014 – 30 juni 2014	72
7.2.	Activiteitsrapport 1 juli 2014 – 31 december 2014	72
8.	Referenties	73

Appendix 1: Van den Eynde D., Fettweis M. (2015). Modellering van een alternatieve stortstrategie voor de onderhoudsbaggerwerken in de voorhaven van Zeebrugge. Technisch rapport MOMO/X/DVDE/201506/NL/TR01, 17pp.

- Appendix 2:** Tijdseries MOW1: OBS-SPM concentratie
- Appendix 3:** Tijdseries MOW1: ADP-SPM concentratie
- Appendix 4:** Tijdseries WZ Boei: OBS-SPM concentratie
- Appendix 5:** Tijdseries WZ Boei: ADP-SPM concentratie
- Appendix 6:** Correcties: Activiteitsrapport 1 januari 2014 – 30 juni 2014
- Appendix 7:** Correcties: Activiteitsrapport 1 juli 2014 – 31 december 2014
- Appendix 8:** Bijdrage Vliz Young Scientist day 20/02/2015

Voorpagina: De CSCL Globe, het op dat ogenblik grootste containerschip ter wereld, meert op 17/01/2015 aan te Zeebrugge. Deze schepen hebben een grote diepgang en kunnen de haven binnenvaren doordat de diepte onderhouden wordt door baggerwerken. Op de voorgrond staan twee tripodeframes (2^{de} militaire dok), die gebruikt werden voor de langdurige metingen te MOW1 en WZ boei in het kader van de terreinproef.

1. Inleiding

1.1. Voorwerp van deze opdracht

Het MOMO-project (MONitoring en MODellering van het cohesieve sedimenttransport en de evaluatie van de effecten op het mariene ecosysteem ten gevolge van bagger- en stortoperatie) maakt deel uit van de algemene en permanente verplichtingen van monitoring en evaluatie van de effecten van alle menselijke activiteiten op het mariene ecosysteem waaraan België gebonden is overeenkomstig het Verdrag inzake de bescherming van het mariene milieu van de noordoostelijke Atlantische Oceaan (1992, OSPAR-Verdrag). De OSPAR Commissie heeft de objectieven van haar huidige "Joint Assessment and Monitoring Programme" (JAMP) gedefinieerd tot 2010 met de publicatie van een holistisch Quality Status Report Noordzee en waarvoor de federale overheid en de gewesten technische en wetenschappelijke bijdragen moeten afleveren ten laste van hun eigen middelen.

De menselijke activiteit die hier in het bijzonder wordt beoogd, is het storten in zee van baggerspecie waarvoor OSPAR een uitzondering heeft gemaakt op de algemene regel "alle stortingen in zee zijn verboden" (zie OSPAR-Verdrag, Bijlage II over de voorkoming en uitschakeling van verontreiniging door storting of verbranding). Het algemene doel van de opdracht is het bestuderen van de cohesieve sedimenten op het Belgisch Continentaal Plat (BCP) en dit met behulp van zowel numerieke modellen als het uitvoeren van metingen. De combinatie van monitoring en modellering zal gegevens kunnen aanleveren over de transportprocessen van deze fijne fractie en is daarom fundamenteel bij het beantwoorden van vragen over de samenstelling, de oorsprong en het verblijf ervan op het BCP, de veranderingen in de karakteristieken van dit sediment ten gevolge van de bagger- en stortoperaties, de effecten van de natuurlijke variabiliteit, de impact op het mariene ecosysteem in het bijzonder door de wijziging van habitats, de schatting van de netto input van gevaarlijke stoffen op het mariene milieu en de mogelijkheden om deze laatste twee te beperken.

Een samenvatting van de resultaten uit de voorbije vergunningsperioden kan gevonden worden in de Syntheserapportten over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciéstortingen (Lauwaert et al. 2004; 2006; 2008; 2009a, 2009b, 2011a, 2011b, 2014) die gepubliceerd werden conform art. 10 van het K.B. van 12 maart 2000 ter definiëring van de procedure voor machtiging van het storten in de Noordzee van bepaalde stoffen en materialen.

1.2. Algemene doelstellingen

Het onderzoek uitgevoerd in het MOMO project kadert in de algemene doelstellingen om de baggerwerken op het BCP en in de kusthavens te verminderen en om een gedetailleerd inzicht te verwerven van de fysische processen die plaatsvinden in het mariene kader waarbinnen deze baggerwerken worden uitgevoerd. Dit impliceert enerzijds beleids-ondersteunend onderzoek naar de vermindering van de sedimentatie op de baggerplaatsen en het evalueren van alternatieve stortmethoden. Anderzijds is onderzoek naar knelpunten voor het plannen en schatten van de effecten van de baggerwerken vereist. Dit is specifiek gericht op het dynamische gedrag van silb in de waterkolom en op de bodem en zal uitgevoerd worden met behulp van modellen en in situ metingen. De specifieke acties die binnen dit onderzoek uitgevoerd worden om de algemene doelstellingen in te vullen zijn:

1. Streven naar een efficiënter stortbeleid door:

- optimalisatie van de stortlocaties. Gebaseerd op onderzoek uitgevoerd in de voorbije jaren (zie vorige syntheserapporten) zal een terreinproef worden uitgevoerd om de efficiëntie van een stortlocatie ten westen van Zeebrugge te bepalen;
- gebruik te maken van een operationeel stortmodel. Dit model zal geïntegreerd worden in de binnen BMM beschikbare operationele modellen. Het model zal gebruikt worden om in functie van de voorspelde fysische (wind, stroming, golven, sedimenttransport, recirculatie), economische (afstand, grootte baggerschip) en ecologische aspecten op korte termijn een keuze te kunnen maken tussen de beschikbare stortlocaties. Hiervoor zal binnen de huidige periode het slibtransportmodel gevalideerd worden op de geografische variabiliteit van de turbiditeitszones en de flocculatie van het slib.

2. Continue monitoring van het fysisch-sedimentologische milieu waarbinnen de baggerwerken worden uitgevoerd en aanpassing van de monitoring aan de nog op te stellen targets voor het bereiken van de goede milieutoestand (GES), zoals gedefinieerd zal worden binnen MSFD;

3. Uitbouw en optimalisatie van het numerieke modelinstrumentarium, ter ondersteuning en verfijning van acties 1 en 2.

1.3. Onderzoek Januari 2014 – December 2016

In het bijzonder is bij het opstellen van de hieronder vermelde taken rekening gehouden met de aanbevelingen voor de minister ter ondersteuning van de ontwikkeling van een versterkt milieubeleid zoals geformuleerd in het “Syntheserapport over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestorthingen (2011)” dat uitgevoerd werd conform art. 10 van het K.B. van 12 maart 2000 ter definiëring van de procedure voor machtiging van het storten in de Noordzee van bepaalde stoffen en materialen

Taak 1: In situ metingen en data analyse

Monitoring moet gericht zijn op het begrijpen van processen, zodoende dat de waargenomen variabiliteit in een correcte kader geplaatst kan worden. In vele kustzones is er een gebrek aan langdurige en hoogfrequente data over sleutelparameters die de milieutoestand beschrijven, zoals turbiditeit en SPM concentratie. De tripodemetingen in het kader van het MOMO project te MOW1 vormen een uitzondering hierop gezien hun langdurig karakter. De eerste verankeringen werden in 2004 uitgevoerd, vanaf november 2009 worden er continue metingen gedaan. Deze data laten toe om zowel de natuurlijke variabiliteit, de langdurige trends en de effecten van menselijke ingrepen op de turbiditeit te achterhalen. Een groot deel van de activiteiten is daarom gericht op zowel het uitvoeren van de metingen, het garanderen van kwalitatief hoogwaardige data en het archiveren, rapporteren en interpreteren ervan.

Taak 1.1 Langdurige metingen

Sinds eind 2009 worden er continue metingen uitgevoerd te MOW1 met behulp van een meetframe (tripode). Met dit frame worden stromingen, slibconcentratie, korrelgrootteverdeling van het suspensiemateriaal, saliniteit, temperatuur, waterdiepte en zeebodem altimetrie gemeten. Om een continue tijdreeks te hebben, wordt gebruik gemaakt van 2 tripodes. Na ongeveer 1 maand wordt de verankerde tripode voor onderhoud aan wal gebracht en wordt de tweede op de meetlocatie verankerd.

In 2013 werd gestart met langdurige metingen met behulp van een OBS-5 sensor vastgemaakt aan de AW boei; deze metingen zullen verdergezet worden. De data geven informatie over de SPM concentratie aan het oppervlak en zijn aldus complementair aan

de bodem nabije metingen met de tripode. De data zijn ook van belang voor het calibreren en valideren van de oppervlakte SPM concentraties uit satellietbeelden.

Taak 1.2 Calibratie van sensoren tijdens in situ metingen

Tijdens 4 meetcampagnes per jaar met de R/V Belgica zullen een voldoende aantal 13-uursmetingen uitgevoerd worden met als hoofdoel het calibreren van optische of akoestische sensoren en het verzamelen van verticale profielen. De metingen zullen plaatsvinden in het kustgebied van het BCP. De optische metingen (transmissometer, Optical Backscatter Sensor) zullen gecalibreerd worden met de opgemeten hoeveelheid materie in suspensie (gravimetrische bepalingen na filtratie) om te komen tot massa concentraties. Naast de totale hoeveelheid aan suspensiemateriaal (SPM) wordt ook de concentratie aan POC/PON, chlorophyl (Chl-a, Chl-b) en phaeofytine (a, b) bepaald. Stalen van suspensiemateriaal zullen genomen worden met de centrifuge om de samenstelling ervan te bepalen.

Taak 1.3: Data archivering en rapportage

De meetdata worden gearhiveerd en er wordt een kwaliteitsanalyse uitgevoerd, zodat de goede data onderscheiden kunnen worden van slechte of niet betrouwbare data. Slechte data kunnen bv optreden doordat het instrument slecht heeft gewerkt en verkeerd werd ingesteld. Niet betrouwbare data zijn typisch geassocieerd met bv biofouling. De data en metadata worden gearhiveerd.

Taak 1.4: Verwerking en interpretatie van metingen

De metingen vergaard tijdens de 13-uursmetingen aan boord van de Belgica en met de tripode worden verwerkt en geïnterpreteerd. Hiervoor werden in het verleden reeds heel wat procedures (software) toegepast of ontwikkeld, zoals de berekening van de bodemschuifspanning uit turbulentie metingen, entropieanalyse op partikelgrootteverdelingen, de opsplitsing van multimodale partikelgrootteverdeling in een som van lognormale verdelingen, het groeperen van de data volgens getij, meteorologie, klimatologie en seizoenen. Deze methodes (zullen opgenomen worden) zijn opgenomen in de standaardverwerking van de data. De aldus verwerkte data dienen als basis voor het verder gebruik binnenin wetenschappelijke vragen (zie taak 2.2, 2.3 en 4.2, 4.4).

Taak 2: Onderzoek en monitoring alternatieve stortstrategie onderhoudsbaggerwerk voorhaven Zeebrugge

De BMM is auteur van de voorbereidende studies voor de terreinproef en zal de terreinproef mee opvolgen. BMM-OD Natuur zal verantwoordelijk zijn voor het uitvoeren van de langdurige frame metingen (lopen tot eind april 2014) en de statistische verwerking van de resultaten (Taak 2.1). De resultaten van de metingen zullen gebruikt worden bij de analyse van de efficiëntie van de baggerproef (Taak 2.3). Door de BMM-OD Natuur zullen ook met behulp van het Automatic Underway Monitoring System (AUMS) op het onderzoeksschip Belgica opnames gemaakt worden van de sedimentconcentratie binnen de haven (Taak 2.2). Deze gegevens zullen ter beschikking gesteld worden voor verdere verwerking. BMM-OD Natuur zal deel uitmaken van de stuurgroep.

Taak 2.1: Uitvoeren van lange termijn metingen in de omgeving van de haven van Zeebrugge voor het opvolgen van de terreinproef, en het bestuderen van de interne sedimentdynamiek in de haven

Voor dit deel van de opdracht is de BMM-OD Natuur verantwoordelijk voor het uitvoeren van de metingen en het aanleveren van de gevalideerde data voor verdere verwerking in de factual data rapportering en omzetting naar het standaardformaat. Het betreft twee meetframes, een ter hoogte van de meetpaal MOW 1 (als achtergrondwaarde, zie Taak

1.1) en een ander ter hoogte van de ingang van de haven van Zeebrugge (WZ-boei). Deze meetframes dienen afdoend de saliniteit, stromingen, sedimentconcentratie en korrelgrootteverdeling te meten.

Taak 2.2: Beschrijving van de omgevingscondities

Gedurende de meetperiode van de langdurige metingen dienen ook de verschillende externe factoren die een invloed kunnen hebben op de interne slibdynamiek in de haven nauwkeurig bijgehouden worden en dit gedurende dezelfde periode als de metingen in taak 2.1. De BMM-OD Natuur is verantwoordelijk voor het opleveren van informatie over de sedimentconcentraties uit het AUMS aan boord van de Belgica.

Taak 2.3: Analyse efficiëntie baggerproef

Na afloop van de baggerproef dient de efficiëntie van de uitgevoerde proef geschat te worden. Hiervoor dient als eerste een T0 toestand gedefinieerd te worden, waarbij op basis van de binnen Taak 2.1 en Taak 2.2 verzamelde data een inschatting kan gemaakt worden van de mogelijke events die tijdens de proef hebben plaatsgevonden, en hun invloed op de resultaten van de baggerproef. De BMM-OD Natuur zal een statistische benadering van de efficiëntie van de baggerproef uitvoeren, waarbij nagegaan wordt in hoeverre de tijdens de baggerproef gemeten waardes op de twee frames afwijken van de waardes die gemeten werden buiten de stortproef. Deze analyse werd reeds toegepast bij de evalueren van de baggerproef in het Albert II dok.

Taak 3: Uitbouw en optimalisatie van het modelinstrumentarium

Taak 3.1: Validatie van het slibtransportmodel

Het tijdens de voorbije jaren verbeterde en aangepaste slibtransportmodel zal worden gevalideerd met behulp van de langdurige meetreeksen en de satellietbeelden. Hierbij zal dezelfde methode als in Baeye et al. (2011) en zoals in taak 1.4 worden gebruikt om de modelresultaten te groeperen en te klasseren volgens windrichting, weertype en getij. Het voordeel van deze werkwijze is dat niet zozeer gekeken wordt of de correlatie tussen meting en modelresultaat in één of meerder punt goed is, maar dat globaal nagegaan wordt of het model de SPM dynamica op het BCP goed kan reproduceren. Deze taak zal in nauwe samenwerking met het WLH gebeuren die eenzelfde benadering zullen toe passen op hun model (contacten zijn gelegd met B De Maerschalk).

Taak 3.2: Operationeel stortmodel

Dit model zal geïntegreerd worden in de binnen BMM-OD Natuur beschikbare operationele modellen. Het model zal gebruikt worden om in functie van de voorspelde fysische (wind, stroming, golven, sedimenttransport, recirculatie), economische (afstand, grootte baggerschip) en ecologische aspecten op korte termijn een keuze te kunnen maken tussen de beschikbare stortlocaties. Hiervoor zal binnen de huidige periode het slibtransportmodel gevalideerd worden op de geografische variabiliteit van de turbiditeitszones en de flocculatie van het slib.

Taak 4: Oplossingen voor knelpunten

Taak 4.1: Kwaliteitscontrole van de data en de integratie ervan in de monitoring voor de KRMS

Taak 4.1.1: KRMS monitoring

De data verzameld in Taak 1, zullen worden opgenomen in de nog op te zetten monitoringsverplichtingen van de Belgische Staat (07/2014) in het kader van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (MFSD). De KRMS monitoring zal in 2015 starten en zal dienen om de toestand van het mariene milieu te evalueren aan de goede milieutoestand

(GES), zoals opgeteld door de Belgische Staat in 2012 (Belgische Staat 2012a, 2012b).

Er zal verder geëvalueerd worden of het MOMO meetprogramma aan de monitoringsverplichtingen die voor de KRMS (MFSD) moeten worden opgesteld zal voldoen en/of er aanpassingen nodig zijn. De wetenschappelijke vragen die hier bekeken worden hebben vooral betrekking op de geografische spreiding van de data. Is het voldoende om – zoals nu gebeurt – te berusten op satellietbeelden voor de geografische en in situ meetreeksen voor de temporele spreiding of dienen we te opteren voor één vast meetpunt (MOW1) en bijkomend een aantal andere punten (Nieuwpoort, Kwintebank, Gootebank) waar random in de tijd gemeten wordt met een tripode gedurende telkens een periode van ongeveer 1 maand. Hiervoor zou bv de tripode die nu ingezet wordt voor de terreinproef gebruikt kunnen worden.

Taak 4.1.2: Kwaliteitscontrole

Een belangrijk aandachtspunt bij deze langdurige datareeksen is het garanderen van een gelijke kwaliteit in de tijd van de verzamelde data. De vraag die zich bij onze SPM concentratiemetingen stelt is niet zozeer het opmeten van hogere of lagere waarden, mogelijks veroorzaakt door het toepassen van een andere stortstrategie, maar het garanderen dat deze waarden inderdaad veroorzaakt worden door menselijke activiteiten (bv storten) en niet het effect zijn van natuurlijke fluctuaties. De natuurlijke variabiliteit van SPM concentratie is groot en wordt veroorzaakt door de getijwerking, dootij-springtijcyclus en meteorologische en klimatologische fenomenen. De tijdschalen gaan van seconden tot seizoenen, met mogelijks langere fluctuaties voor (nodale cyclus, klimaatsverandering, zeespiegelstijging,...). Langdurige variaties kunnen bv geïdentificeerd worden als een trend of een cosinusfunctie met lage frequentie. Om kwaliteitsvolle data te kunnen leveren over een lange periode, die gebruikt kunnen worden om langdurige trends te identificeren, is het nodig om een rigoureuze kwaliteitscontrole uit te voeren. OBS alsook akoestische sensoren zijn gevoelig aan de samenstelling en korrelgrootte van het gesuspendeerde materiaal. Dit kan variëren in functie van de boven vermelde frequenties, maar hieromtrent is er nog geen afdoende duidelijkheid wat de metingen te MOW1 betreft.

- Hoe veranderen de calibratieconstanten i.f.v. externe parameters (dootij-springtij, zomer-winter)? Hoe dikwijls moeten de sensoren in situ gecalibreerd worden om de rekening te kunnen houden met de mogelijke fluctuaties in samenstelling van het suspensiemateriaal?
- Wat is de fout op de metingen? Het uitvoeren van directe (waterstaal) en indirecte metingen (OBS, akoestische backscatter) van SPM concentratie gaat inherent gepaard met onzekerheden (meetfouten). In situ metingen zijn steeds onderhevig aan onzekerheden tengevolge van random meetfouten (gebrek aan precisie), systematische fouten (onnauwkeurigheid), menselijke fouten, en de statistische variabiliteit van de parameter. De fouten hebben hun oorsprong in de onnauwkeurigheid en het gebrek aan precisie van het meetinstrument of de procedures (bv. waterstaalname en filtratie). Doel is om de fout op de verschillende onderdelen van de metingen (filtratie, calibratie, langdurige trends...) te schatten.

Taak 4.1.3: Aanvulling van ontbrekende data met behulp van statistische methodes

Het gebeurt regelmatig in de metingen te MOW1 dat de OBS sensoren verzadigen (vooral deze op 0.2 m) of uitvallen en er aldus gedurende een korte of langere perioden geen (betrouwbare) data beschikbaar zijn. In de statistiek bestaan technieken de ontbrekende data te reconstrueren. Er zal nagegaan worden wat de meest geschikte methode is om de tijdseries te vervolledigen.

Taak 4.2: Biologische effecten en de seizoenale variaties in SPM concentratie

De correlatie tussen biomassa (zoals o.a. POC en chlorophyll) en vlok grootte en vorm wordt dikwijls aangehaald in de literatuur, maar dit bleek sterk plaatsgebonden te zijn en dikwijls gebaseerd op korte meetperiodes. De lange tijdsreeks te MOW1 werd geanalyseerd in combinatie met satelliet data, de omgekeerde correlatie tussen de chlorophyll en de SPM concentratie is opvallend. Er werd de hypothese opgesteld, dat door de algenbloei in de lente de concentratie aan kleverige organische moleculen (TEPs) wordt verhoogd, waardoor meer macrovlokken gevormd worden, het SPM sneller bezinkt en moeilijker kan eroderen en aldus de SPM concentratie gaat afnemen. Erder onderzoek richt zich naar:

- 1) Analyse van TEP concentraties. Tot nu toe worden geen TEP analyses uitgevoerd, nochtans is dit noodzakelijk om deze hypothese te toetsen. Er zal nagegaan worden hoe de TEPs geanalyseerd kunnen worden in waterstalen, wat en hoe dit meetprogramma uitgevoerd kan worden. Er wordt geopteerd om tegen 2015 met de eerste metingen te kunnen beginnen.
- 2) De invloed van lichthoeveelheid op de start van de algenbloei in de lente en de afname van de SPM concentratie;
- 3) Wat gebeurt er met het SPM dat uit de waterkolom verdwijnt door snellere sedimentatie in de zomer? Heeft dit een effect op de frequentie van hooggeconcentreerde slibsuspensies en mogelijks aanslibbing van vaargeulen en havens?
- 4) Verdere ontwikkeling van het flocculatiemodel zodat seizoenale effecten in rekening gebracht kunnen worden. Simulatie in 2D/3D met dit flocculatiemodel teneinde het model te valideren.

Taak 4.3: Alternatieve Stortstrategie Nieuwpoort

Er zal ondersteuning gegeven worden aan MDK in verband met het opzetten van een wetenschappelijke terreinproef om de impact van het verpompen van baggerspecie uit de haven van Nieuwpoort op een stortzone te evalueren. Details hiervan zullen op een vergadering van de technische werkgroep besproken worden.

Taak 4.4: Golfsystemen en hun impact op de zeebodem en de SPM concentratie

Er bestaan verschillende soorten golven en golfsystemen (korte golven, deining) die een impact hebben op de zeebodem. Tot nu toe werd dit aspect nog niet in rekening gebracht in de analyse van de data. Wat is de impact van deining of korte golven op de resuspensie van sedimenten? Wat zijn de belangrijkste parameters en wat is hun belang voor waterbouwkundige werken (baggeren)?

1.4. Gerapporteerde en/of uitgevoerde taken

Periode Januari 2014 – Juni 2014

Taak 1.1: De meetreeks te MOW1 werd verdergezet.

Taak 1.2: Calibratie van sensoren werd uitgevoerd tijdens RV Begica campagnes 2014/01 en 2014/11

Taak 1.4: Verwerking en interpretatie van OBS meetdata (gerapporteerd in activiteitsrapport MOMO/7/MF/201408/NL/AR/1)

Taak 2.1: De metingen aan de WZ boei werden beëindigd eind maart 2014.

Periode Juli 2014 – December 2014

Taak 1.1: De meetreeks te MOW1 werd verdergezet.

Taak 1.2: Calibratie van sensoren werd uitgevoerd tijdens RV Begica campagnes 2014/22, 2014/28 en 2014/31

Taak 1.4: Verwerking en interpretatie van LISST meetdata (gerapporteerd in activiteitsrapport MOMO/7/MF/201501/NL/AR/2).

Taak 2.2: ADCP data gemeten aan boord van de Belgica en de satellietbeelden tijdens de stortproef werden verwerkt en de data opgeleverd.

Taak 4.2: Wat gebeurt er met het SPM dat uit de waterkolom verdwijnt door snellere sedimentatie in de zomer? Dit onderwerp werd gerapporteerd in het activiteitsrapport MOMO/7/MF/201501/NL/AR/2 en een manuscript werd ingedient voor publicatie in Journal of Geophysical Research in december 2014.

Periode Jaunari 2015 – Juni 2015

Taak 1.1: De meetreeks te MOW1 werd verdergezet.

Taak 1.2: Calibratie van sensoren werd uitgevoerd tijdens RV Begica campagnes 2015/01, 2015/10 en 2015/13.

Taak 2 Terreinproef, analyse efficiëntie baggerproef (gerapporteerd in activiteitsrapport MOMO/7/MF/201508/NL/AR/3)

1.5. Publicaties (januari 2014 – december 2016)

Hieronder is een lijst met rapporten, publicaties, thesissen en presentatie op workshops en conferenties waar resultaten en data uit het MOMO project werden in voorgesteld:

Activiteits-, Meet- en Syntheserapporten

Fettweis M, Baeye M, Francken F, Van den Eynde D. 2015. MOMO activiteitsrapport (1 januari – 30 juni 2015). BMM-rapport MOMO/7/MF/201508/NL/AR/3, 76pp + app.

Van den Eynde D, Fettweis M. 2015. Modelleren van een alternatieve stortstrategie voor de onderhoudsbaggerwerken in de voorhaven van Zeebrugge. Technisch rapport MOMO/7/DVDE/201506/NL/TR01, 17pp.

Fettweis M, Baeye M, Francken F. 2015. MOMO activiteitsrapport (1 juli – 31 december 2014). BMM-rapport MOMO/7/MF/201501/NL/AR/2, 41pp + app.

Backers J, Francken F, Hindryckx K, Vanaverbeke W. 2014. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2013. BMM-rapport BMM-MDO/2014-10/MOMO/2013, 213pp.

Fettweis M, Baeye M, Francken F, Van den Eynde D. 2014. MOMO activiteitsrapport (1 januari - 30 juni 2014). BMM-rapport MOMO/7/MF/201408/NL/AR/1, 43pp + app.

Lauwaert B, Fettweis M, De Witte B, Devriese L, Van Hoei G, Timmermans S, Martens C. 2014. Vooruitgangsrapport (juni 2014) over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciastortingen (vergunningsperiode 01/01/2012 – 31/12/2016). Rapport uitgevoerd door KBIN-BMM, ILVO, CD, aMT. BL/2014/01, 20pp + app.

Conferenties/Workshops

Fettweis M, Baeye M. 2015. Seasonality in concentration, size and settling velocity of muddy marine snow in the southern North Sea and their effects on the the sea bed. VLIZ Young Marine Scientists' Day, 20 February, Brugge (Belgium).

Fettweis M, Baeye M. 2015. SPM dynamics at the marine limit of influence of the Westerschelde estuary. Ems-Scheldt workshop, 12-13 February, Delmenhorst (Germany).

Fettweis M, Baeye M, Francken F. 2014. Seasonality of the near bed SPM dynamics in the southern North Sea. PECS, 20-24 October, Porto de Galinhas (Brazil).

Fettweis M, Baeye M. 2014. Variability in concentration, size and settling velocity of muddy marine flocs from the southern North Sea. Particles in Europe, 7-9 October, Esbjerg (Denmark).

Fettweis M, Lee B, Toorman E. 2014. Multimodal particle size distribution of fine-grained cohesive sediments: Observation and simulation. Reactive Transport Workshop, 20 May, Louvain-la-Neuve (Belgium).

Baeye M, Francken F, Fettweis M, Van den Eynde D. 2014. The first buoy for continuous measuring of surface Suspended Particulate Matter concentration on the Belgian inner shelf. VLIZ Young Marine Scientists' Day, 7 March, Brugge (Belgium) (poster).

Fettweis M, Baeye M, Van der Zande, Van den Eynde D, Lee BJ. 2014. Seasonality of near-shore marine snow in the southern North Sea. VLIZ Young Marine Scientists' Day, 7 March, Brugge (Belgium).

Thant S, Baeye M, Fettweis M, Monbaliu J, Van Rooij D. 2014. Extreme values of Suspended Particulate Matter concentration and their relation to wave systems along the Belgian inner shelf. VLIZ Young Marine Scientists' Day, 7 March, Brugge (Belgium).

Publicaties (tijdschriften, hoofdstuk in boeken)

Fettweis M, Baeye M. 2015. Seasonal variation in concentration, size and settling velocity of muddy marine flocs in the benthic boundary layer. *Journal of Geophysical Research Oceans*, doi: 10.1002/2014JC010644

Van Lancker V, Deronde B, De Vos K, Fettweis M, Houthuys R, Martens C, Mathys M. 2015. Kust en Zee. In: Borremans M. (Ed.) *Geologie van Vlaanderen*. Academia Press/Genootschap van Gentse Geologen.

Van den Eynde D, Fettweis M. 2014. Towards the application of an operational sediment transport model for the optimisation of dredging works in the Belgian coastal zone (southern North Sea). In: Dahlin H., Flemming N.C., Petersson S.E. (Eds.). *Sustainable Operational Oceanography*, 250-260.

Fettweis M, Baeye M, Van der Zande D, Van den Eynde D, Lee BJ. 2014. Seasonality of floc strength in the southern North Sea. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 119, 1911-1926. doi:10.1002/2013JC009750

Lee BJ, Toorman E, Fettweis M. 2014. Multimodal particle size distribution of fine-grained sediments: Mathematical modeling and field investigations. *Ocean Dynamics* 64, 429-441. doi: 10.1007/s10236-014-0692-y

Thesis

Thant S. 2014. Study on wave systems and their impact on the seabed and water column turbidity in the Belgian coastal zone. Master thesis in Marine and Lacustrine Science and Management. UA, UGent and VUB. 43pp+app.

2. Een alternatieve stortstrategie voor de onderhoudsbaggerwerken in de voorhaven van Zeebrugge

Ten einde de instandhouding van een voor de scheepvaart veilige maritieme toegang tot de havens te verzekeren, worden onderhoudsbaggerwerken in de vaar- en toegangsgeulen uitgevoerd. Het sediment uit de voorhaven van Zeebrugge wordt gestort op de stortplaats B&W Zeebrugge Oost. Jaarlijks gaat dit over ongeveer 3 miljoen ton droge stof aan fijnkorrelig materiaal. In het MOMO-programma 2010-2011 werd een terreinproef voorzien met als doel om de effecten van een ander stortschema op de baggerhoeveelheden na te gaan. Vooraleer met de terreinproef te beginnen werd de efficiëntie van de stortlocaties onderzocht met behulp van 2D numerieke modellen, zie Fettweis et al. (2009, 2010a). Uit de simulatieresultaten bleek dat de stortplaats B&W Zeebrugge het slechtst scoort wat betreft recirculatie naar de haven van Zeebrugge. De basisstelling voor de proef is dat door B&W Zeebrugge Oost te vervangen door een andere stortlocatie de recirculatie van gestort materiaal naar de haven van Zeebrugge en de Pas van het Zand zal verminderen. Hypothese is dat de vermindering in recirculatie zich zal vertalen in een vermindering van de SPM concentratie ter hoogte van Zeebrugge en een verhoging van de SPM concentratie ter hoogte van de nieuwe stortplaats.

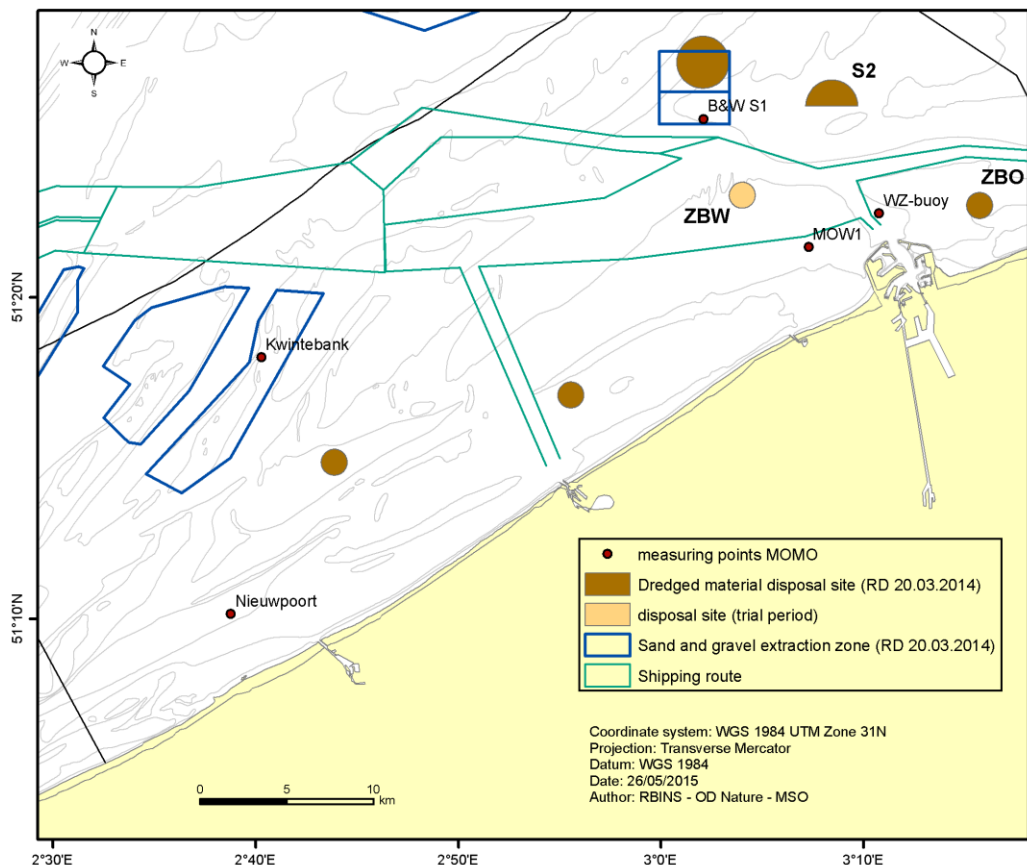


Figure 2.1: Ligging van de meetlocaties MOW1 en WZ boei en de stortplaatsen ZBO (B&W Zeebrugge Oost) en ZBW.

De terreinproef is gestart eind maart 2013 en omvatte zowel metingen in de haven als erbuiten. De terreinproef liep over 1 over 1 jaar. De BMM was hierbij verantwoordelijk voor de metingen met tripodes op twee locaties buiten de haven en de ADCP tracks in en uit de haven van Zeebrugge. De tripode locaties zijn gelegen ter hoogte van de meetpaal MOW1 en de WZ boei, zie figuur 2.1. Tijdens de proefperiode werd gedurende 11

maanden gestort op B&W Zeebrugge Oost (zoals altijd) en gedurende één maand (30/09-01/10/2013 en 21/10-20/11/2013) op een lokatie ten westen van de haven van Zeebrugge, zie tabel 2.1 voor de gebruikte afkortingen. Voor de tripodemetingen ter hoogte van MOW1 zijn langere tijdreeksen beschikbaar (Fettweis et al. 2014a, 2014b, 2015). In dit rapport worden de resultaten van de monitoring buiten de haven besproken en zullen deze geanalyseerd worden met het oog op een evaluatie van de effecten van een andere stortlocatie op de SPM concentratie buiten de haven.

De hypothese bij de hier besproken analyse is dat tijdens het gebruik van stortplaats Zeebrugge West de SPM concentraties lager zullen zijn in beide meetlocaties buiten de haven. Ter hoogte van MOW1 zijn de te verwachten veranderingen in SPM concentratie geringer, immers deze locatie ligt verder weg van de stortplaats B&W Zeebrugge Oost en is ook niet in de invloedsfeer van de stortplaats ZBW gelegen. De hypothese is gebaseerd op de resultaten van numerieke simulaties met behulp van een sedimenttransportmodel (Fettweis et al. 2010a en hoofdstuk 3). We gaan deze hypothese evalueren met de gemeten tijdsreeksen te MOW1 (2013) en WZ boei (2013). Hiervoor gebruiken we de OBS- en ADP-SPM concentraties op 2 hoogtes, alsook de altimetrie van de ADV (MOW1, WZ Boei) naast de algemene parameters zoals getijamplitude, residuele alongshore stroming, turbulentie en golven, zie hoofdstukken 4 en 5.

Tabel 2.1: Gebruikte afkortingen

zomer 2013	april-september 2013
winter 2013	januari-maart, oktober-december 2013
winter-ZBW (stortproef)	30/09-01/10 + 21/10-20/11/2013
winter-ZBO	winter 2013 zonder winter-ZBW

3. Modelling van een alternatieve stortstrategie buiten de haven

De resultaten van de modellering van de terreinproef worden voorgesteld in een technisch rapport, zie appendix 1. In dit rapport worden een aantal simulaties beschreven die gebruikt werden om het effect na te gaan van de verandering van de stortplaats van Zeebrugge-Oost naar Zeebrugge-West op de SPM concentratie ter hoogte van MOW1 en de WZ-boei.

In een eerste reeks werden de stortingen gesimuleerd zoals ze in de praktijk werden uitgevoerd, dus op storten op Zeebrugge-West gedurende de periode 30 september 2013 tot 3 oktober 2013 en 21 oktober 2013 tot 20 november 2013, en storten op Zeebrugge-Oost tijdens de rest. In een tweede reeks werd enkel op Zeebrugge-Oost gestort gedurende heel de periode. Uit de resultaten blijkt dat gedurende de periode dat op Zeebrugge-West gestort werd, de concentraties ter hoogte van MOW1 en WZ-boei duidelijk verlaagden tot 40% of zelfs 20% van de SPM concentratie die gesimuleerd werd met enkel storten op Zeebrugge Oost. De verticaal gemiddelde SPM concentraties berekend met het model variëren tussen de 0mg/l en 25 mg/l ter hoogte van MOW1 indien er op Zeebrugge Oost wordt gestort. Getijgemiddeld zijn dit waarden tussen 0 en 7 mg/l ter hoogte van MOW1 en 0-15 mg/l ter hoogte van de WZ boei. Door storten op ZBW daalt de getijgemiddelde SPM concentratie met ongeveer een factor 2 tot 0-3 mg/l (MOW1) en 0-7 mg/l (WZ-boei).

Uit de simulaties blijkt verder dat de periode Zeebrugge West gekenmerkt werd door meteorologische condities die door een grotere resuspensie van het afgezet materiaal een verhoging van de SPM concentraties hebben veroorzaakt t.o.v. de periodes voor of na deze periode.

4. Monitoring van een alternatieve stortstrategie buiten de haven

4.1. MOW1 meetpaal

Stroming, saliniteit, temperatuur, SPM concentratie en partikelgrootteverdeling (PGV) werden gemeten met een tripode. De tripode wordt gedurende een periode van 3-6 weken verankerd, waarna ze terug opgehaald en vervangen wordt met een gelijkaardig tripodesysteem. Door deze langdurige verankering beschikken we over een representatief overzicht dat de natuurlijke variaties, zoals springtij-doodtij en meteorologische gebeurtenissen, weergeeft, zie figuren 4.1-4.3. De gemonteerde instrumentatie bestaat, onder andere uit drie D&A optical backscatter point sensoren (OBSen), een Sea-bird SBE37 thermosalinograaf, een SonTek 5MHz ADVOcean puntstroommeter, een SonTek 3MHz ADP current profiler en een Sequoia Scientific LISST (laser in situ scattering and transmissometry) 100X type C. Alle data (uitgezonderd van de LISST) worden opgeslaan in twee SonTek Hydra data logging systemen (Backers et al., 2014). De LISST werd gemonteerd op ongeveer 2 meter boven de bodem (verder afgekort als mbb) en de OBSen op 0.2, 1 en 2 mbb. De OBS voltage werd omgezet naar SPM concentratie met behulp van gefiltreerde waterstalen genomen tijdens verschillende meetcampagnes. De OBS werden afgeijkt om concentraties te meten tot ongeveer 3 g/l. Tijdens periodes met hoge turbulentie was de SPM concentratie regelmatig hoger dan 3 g/l, de OBS is dan gesatureerd en onderschat aldus de reële SPM concentratie.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de metingen ter hoogte van MOW1 tijdens de terreinproef. De andere data werden in vorige rapporten voorgesteld (Fettweis et al., 2014a, 2014b, 2015). Er werden verschillende OBS instellingen gebruikt tijdens de verankeringen. Het meetinterval is afhankelijk of de OBS aan de ADP of de ADV bevestigd was. Voor de ADV, die hoog frequente metingen doet gedurende korte tijd, is het interval tussen twee metingen groter (15 minuten). Bij de ADP werd om de 2 minuten gemeten. Het meetbereik van de OBS varieerde, afhankelijk van de gebruikte sensor) tussen ongeveer 0-780 mg/l, 0-1550 mg/l of 0-3200 mg/l. Een overzicht van de OBS data kan gevonden worden in tabellen 4.1-4.4.



Figuur 4.1: De RHIB van de RV Belgica pikt de oppervlakteboei van de tripode op waaraan het ophaaltouw is bevestigd. (photo genomen door J. Urbain - Belgische Marine)



Figuur 4.2: De RV Belgica haalt de tripode aan boord via het A-frame aan meetpaal MOW1 op 28/11/2013. Een andere tripode staat klaar voor verankering. (photo genomen door J. Urbain - Belgische Marine)



Figuur 4.3: Tripode klaar voor verankering te MOW1 op 28/11/2013.

Tabel 4.1: Overzicht van OBS data op 2 m boven de bodem te MOW1.

Nr	measuring period	good data		SPM concentration 2 mab				interval (min)
		period (julian day)	days	data	max (mg/l)	saturation (mg/l)	% data saturated	
58	ADV	05/12/2012-24/01/2013	340.33-365.96	25.63	2462	>1529	1529	1.59
59	ADP	24/01/2013-07/03/2013	24.59-66.39	41.80	28727	>1539	1539	2.58
60	ADV	07/03/2013-28/03/2013	66.43-87.64	21.21	2037	>1529	1529	0.44
62	ADP	28/03/2013-22/04/2013	87.68-112.50	24.82	17889	>1575	1575	0.00
63	ADV	22/04/2013-17/05/2013	112.54-137.30	24.76	2378	1468	-	0.00
65	ADP	17/05/2013-27/06/2013	137.34-178.49	41.14	29636	1501	-	0.00
67	ADV	27/06/2013-24/07/2013	178.54-205.39	26.85	2579	891	-	0.00
69	ADP	24/07/2013-21/08/2013	205.43-233.61	28.19	20307	>1541	1541	0.01
71	ADV	21/08/2013-17/09/2013	233.65-260.49	26.84	2578	868	-	0.00
73	ADP	23/09/2013-16/10/2013	266.48-289.49	23.01	16579	>781	781	0.17
75	ADV	16/10/2013-28/11/2013	289.53-316.55	27.02	2595	1170	-	0.00
78	ADP	28/11/2013-09/12/2013	332.49-339.50	7.01	8003	>779	779	2.52
80	ADV	09/12/2013-27/03/2014	-	-	-	-	-	-

Tabel 4.2: Overzicht van OBS data op 0.2 m boven de bodem te MOW1.

Nr	measuring period	good data		SPM concentration 0.2 mab				interval (min)
		(julian day)	days	data	max (mg/l)	saturation (mg/l)	% data saturated	
58	ADV	05/12/2012-24/01/2013	340.33-365.96	25.63	2462	>3120	3120	2.56
59	ADP	24/01/2013-07/03/2013	24.59-66.39	41.80	28727	>1577	1577	5.45
60	ADV	07/03/2013-28/03/2013	66.43-87.64	21.21	2037	>3124	3124	0.44
62	ADP	28/03/2013-22/04/2013	87.68-112.50	24.82	17889	>1525	1525	6.33
63	ADV	22/04/2013-17/05/2013	112.54-137.30	24.76	2378	>3125	3125	0.29
65	ADP	17/05/2013-27/06/2013	137.34-178.49	41.14	29636	>1542	1542	3.17
67	ADV	27/06/2013-24/07/2013	178.54-205.39	26.85	2579	2777	-	0.00
69	ADP	24/07/2013-21/08/2013	205.43-233.61	28.19	20307	>1542	1580	1.31
71	ADV	21/08/2013-17/09/2013	233.65-260.49	26.84	2578	3124	-	0.00
73	ADP	23/09/2013-16/10/2013	266.48-289.49	23.01	16579	>1576	1576	2.12
75	ADV	16/10/2013-28/11/2013	289.53-316.55	27.02	2595	>3130	3130	0.85
78	ADP	28/11/2013-09/12/2013	332.49-339.50	7.01	5057	>1579	1579	1.70
80	ADV	09/12/2013-27/03/2014	-	-	-	-	-	-

Tabel 4.3: Overzicht van ADP metingen te MOW1 gedurende de terreinproef.

Nr	year	goede data (julian day)	aantal	bin size (m)	Nr of bins	interval (min)
60	07/03/2013-28/03/2013	66.43-87.64	21.21	0.15	12	2
62	28/03/2013-22/04/2013	87.68-112.50	24.82	0.15	12	2
63	22/04/2013-17/05/2013	112.54-137.30	24.76	0.15	12	2
65	17/05/2013-27/06/2013	137.34-178.49	41.14	0.15	16	2
67	27/06/2013-24/07/2013	178.54-205.39	26.85	0.15	12	2
69	24/07/2013-21/08/2013	205.43-233.61	28.19	0.15	16	2
71	21/08/2013-17/09/2013	233.65-260.49	26.84	0.15	12	2
73	23/09/2013-16/10/2013	266.48-289.49	23.01	0.15	16	2
75	16/10/2013-28/11/2013	289.53-332.44	27.02	0.15	16	2
78	28/11/2013-09/12/2013	332.49-343.58	11.09	0.15	16	2
80	09/12/2013-27/03/2014	343.62-86.53	108.91	0.15	16	2

Tabel 4.4: Overzicht van LISST metingen te MOW1 gedurende de terreinproef..

Nr	Begin - end	Good data (julian day)	days	Remark
060	07/03/2013-28/03/2013	66.42-87.89	21.47	alle data ok
062	28/03/2013-22/04/2013	-	0	verstoorte data
063	22/04/2013-17/05/2013	112.53-137.31	24.78	alle data ok
067	27/06/2013-24/07/2013	178.53-181.5	2.97	na 181.5: verstoorte data
071	21/08/2013-23/09/2013	233.64-242.2	8.56	na 242.2: verstoorte data
073	23/09/2013-16/10/2013	266.47-289.49	23.02	alle data ok
075	16/10/2013-28/11/2013	289.52-332.45	42.93	alle data ok
078	28/11/2013-09/12/2013	332.47-340.	7.53	op 340: omver geduwd door storm
080	09/12/2013-27/03/2014	343.62-86.53		

4.2. WZ boei

Stroming, saliniteit, temperatuur, SPM concentratie en partikelgrootteverdeling (PGV) werden gemeten met een tripode, zie figuur 4.4 en tabellen 4.5-4.7. De tripode verankerd nabij de WZ boei was voorzien van een SonTek 5MHz ADVOcean puntstroommeter, een neerwaarts kijkende Nortek 2MHz Aquadopp stroomprofiler, een Sequoia LISST-100X, een Aquatec AQUAScat 1000 acoustic backscatter system, een RDI 1200 kHz ADCP, een Sea-Bird SBE37 thermosalinograaf alsook 3 D&A OBS-3+ sensoren voor het meten van de turbiditeit (Backers et al., 2014). De LISST werd gemonteerd op ongeveer 2 meter boven de bodem (verder afgekort als mbb) en de OBSen op 0.2, 1 en 2 mbb. De OBS voltage werd omgezet naar SPM concentratie met behulp van gefiltreerde waterstalen genomen tijdens een 13-uursmeting op 23-24/01/2013. De OBS werden afgeijkt om concentraties te meten tot ongeveer 1 g/l. Tijdens periodes met hoge turbulentie was de SPM concentratie regelmatig hoger dan 1 g/l, de OBS was dan gesatureerd en onderschatte aldus de reële SPM concentratie. Uit de analyse van de LISST data bleek dat het toestel voor een groot deel van de tijd slechte data heeft opgeleverd, dit door een fout in het instrument zelf. We hebben daarom de LISST data niet gebruikt in de analyse.

De tripode wordt gedurende een periode van 3-6 weken verankerd, waarna ze terug opgehaald, de data uitgelezen, batterijen vervangen en ongeveer 1 dag later terug verankerd. Deze werkwijze heeft niet toegelaten om de goede werking van de apparatuur te controleren en indien de apparatuur defect was om deze te vervangen door andere. Zo komt het dat gedurende het laatste deel van de metingen de ADV is uitgevallen (verankeringen 76, 77 en 79). Twee dagen na de verankering op 12/12/2013 werd de tripode omvergetrokken door vermoedelijk de HAV Marlin. Wegens het slechte weer, de moeilijkheden om de tripode te lokaliseren en de beschikbare campagnes, werd tripode pas in maart 2014 gerecupereerd.



Figuur 4.4: Op 21/08/2013 werd de tripode aan de WZ boei gerecupereerd. De tripode werd 2 dagen later op 23/08 terug verankerd.

Tabel 4.5: Overzicht van OBS data op 2 m boven de bodem aan de WZ boei.

Tabel 3.5: Overzicht van OBS data op 2 m boven de bodem aan de W2 boei.									
Nr		measuring period	good data			OBS – SPM concentration			
			period (julian day)	days	data	max (mg/l)	saturation (mg/l)	% data saturated	interval (min)
61	ADV	28/03/2013-23/04/2013	87.41-113.33	25.92	2489	>1095	1095	0.04	15
64	ADV	25/04/2013-14/05/2013	115.36-134.51	19.15	1837	1087	-	0.00	15
66	ADV	10/06/2013-27/06/2013	161.46-178.71	17.25	1655	>1095	1095	0.30	15
68	ADV	28/06/2013-24/07/2013	179.27-205.43	33.16	2511	850	-	0.00	15
70	ADV	29/07/2013-21/08/2013	210.32-227.74	17.42	1672	572	-	0.00	15
72	ADV	23/08/2013-09/09/2013	235.40-252.48	17.08	1640	1094	-	0.00	15
74	ADV	12/09/2013-14/10/2013	255.28-268.70	13.42	1288	1043	-	0.00	15
76	ADV	15/10/2013-13/11/2013	-	0	-	-	-	-	15
77	ADV	13/11/2013-26/11/2013	-	0	-	-	-	-	15
79	ADV	27/11/2013-10/12/2013	-	0	-	-	-	-	15
81	ADV	11/12/2013-28/03/2014	-	0	-	-	-	-	15

Tabel 4.6: Overzicht van OBS data op 0.2 m boven de bodem aan de WZ boei.

Tabel 6: Overzicht van OBS data op 0.2 in boven de bodem aan de W2 Boer.									
Nr		measuring period	good data			OBS – SPM concentration			interval (min)
			period (julian day)	days	data	max (mg/l)	saturation (mg/l)	% data saturated	
61	ADV	28/03/2013-23/04/2013	87.41-113.33	25.92	2489	>1012	1012	4.22	15
64	ADV	25/04/2013-14/05/2013	115.36-134.51	19.15	1837	>1012	1012	6.80	15
66	ADV	10/06/2013-27/06/2013	161.46-178.71	17.25	1655	>1012	1012	2.78	15
68	ADV	28/06/2013-24/07/2013	172.27-205.43	33.16	2511	>1012	1012	0.16	15
70	ADV	29/07/2013-21/08/2013	210.32-227.74	17.42	1672	1009	-	0.00	15
72	ADV	23/08/2013-09/09/2013	235.40-248.20	12.80	1228	>1012	1012	4.89	15
74	ADV	12/09/2013-14/10/2013	255.28-268.70	13.42	1288	>1012	1012	5.59	15
76	ADV	15/10/2013-13/11/2013	-	0	-	-	-	-	15
77	ADV	13/11/2013-26/11/2013	-	0	-	-	-	-	15
79	ADV	27/11/2013-10/12/2013	-	0	-	-	-	-	15
81	ADV	11/12/2013-28/03/2014	-	0	-	-	-	-	15

Tabel 4.7: Overzicht van ADP metingen te WZ boei gedurende de terreinproef.

Nr	Begin - end	Good data (julian day)	days	Remark
061	28/03/2013-23/04/2013	87.41-113.33		
064	25/04/2013-14/05/2013	115.36-134.51		
066	10/06/2013-27/06/2013	-		geen data
068	28/06/2013-24/07/2013	179.31-205.43		
070	29/07/2013-21/08/2013	210.32-230.37		
072	23/08/2013-09/09/2013	-		slechte data
074	12/09/2013-14/10/2013	254.21-287.76		
076	15/10/2013-13/11/2013	-		geen data
077	13/11/2013-27/11/2013	288.33-331.16		
079	27/11/2013-27/11/2013	331.67-331.78		enkel 0.11 dagen aan data
081	11/12/2013-28/03/2014	-		

4.3. Verwerking van de tripod data

4.3.1. SPM concentratie uit optische backscatter sensoren

Een optische sensor, zoals een OBS, zendt een lichtstraal uit die door deeltjes in het water teruggekaatst wordt. Het teruggekaatste signal wordt door een fotodetector omgezet in een elektrische puls. De sterkte van deze puls is vooral een functie van de oppervlakte aan partikels die belicht worden, maar hangt ook af van de eigenschappen van deze deeltjes, zoals vorm, reflectiviteit (Downing, 2006). Bij voldoende lage concentratie (± 5 g/l slib) is de oppervlakte van de deeltjes evenredig met de SPM concentraties en kan de OBS dus gebruikt worden om de SPM concentratie te meten. Er zijn echter nog andere factoren die de OBS sensor kunnen beïnvloeden, zodat de gemeten concentratie steeds dient beschouwd te worden als een benadering van de werkelijkheid. Door Downing (2006) worden de verstrooiingsefficiëntie van de deeltjes, de aanwezigheid van opgeloste stoffen, en de omgevingsfactoren (biofouling) vermeld als mogelijke factoren die het signaal kunnen beïnvloeden. De verstrooiingsefficiëntie wordt gecontroleerd door de vorm, samenstelling, reflectiviteit (donker t.o.v licht mineraal) en de refractie index. Zo geeft een bepaalde concentratie aan fijnkorrelige sedimenten een sterker OBS signaal dan een evenhoge concentratie aan een groffer. De samenstelling van het suspensiemateriaal te MOW1 is meestal vrij constant, maar kan gedurende kortere periodes veranderen door resuspensie van zand tijdens stormen of tijdens maximale stromingen (Baeye et al., 2011; Fettweis et al., 2012). Ook is de samenstelling van het organisch materiaal in het SPM verschillend tijdens winter en zomer; de effecten hiervan op het OBS signaal zijn echter nog niet duidelijke evenals de effecten flocculatie. Om te komen tot een SPM concentratie moet de OBS afgeijkt worden. De OBS voltage werd omgezet naar SPM concentratie met behulp van gefiltreerde waterstalen genomen tijdens verschillende 13-uursmeting (4 per jaar: MOW1; 1x: WZ boei), zie Backers et al. (2014). Een lineaire regressie werd gebruikt om een rechte te berekenen door de het OBS signaal (in FTU) en de SPM concentraties afkomstig van de gefiltreerde waterstalen. De regressiecoëfficiënt (R^2) was hoger dan 0.95, de onzekerheid op de SPM concentratie afgeleid van een OBS werd geschat op 10% (Fettweis, 2008). Verdere onzekerheden in de OBS data zijn het gevolg van de meetrange. Tijdens periodes met hoge SPM concentraties waren de sensoren regelmatig gesatureerd en werd de SPM concentratie aldus onderschat. De OBS op 0.2 mab (2 mab) was in deze staat ongeveer 2.3% (0.1%) van de tijd te MOW1 en 3.2% (<0.1%) van de tijd aan de WZ boei. Niettemin dit relatief korte periodes betreft, kunnen zij een significant effect hebben op de gemiddelde SPM concentratie, b.v. een onderschatting met 2 g/l van de piek SPM concentraties tijdens saturatie resulteert in een onderschatting van de gemiddelde SPM concentratie van ongeveer 60 mg/l in de zomer en 30 mg/l in de winter te MOW1.

4.3.2. SPM concentratie uit akoestische backscatter sensoren

Naast stroomsnelheid geeft de ADP ook informatie over de echo intensiteit van het akoestisch signaal (Thorne et al., 1991). Terwijl het akoestisch signaal door de waterkolom propageert, wordt een deel van het geluid door de aanwezige partikels (sediment, plankton, vis, luchtbellens) in de waterkolom weerkaatst. De echo intensiteit van het teruggekaatste signaal kan gebruikt worden om de SPM concentratie te berekenen, door een relatie op te stellen tussen de echo intensiteit en de SPM concentratie (Holdaway et al., 1999). De echo intensiteit van het teruggekaatste signaal is een functie van de SPM concentratie en de partikelgrootte. De akoestische backscatter sensor reageert hierbij op het volume van het deeltje, terwijl de OBS op de dwarsoppervlakte van de deeltjes reageert (Fugate & Friedrichs, 2002; Downing, 2006). Hierdoor zijn akoestische backscattersensoren over het algemeen gevoeliger voor de grootte van partikels dan een

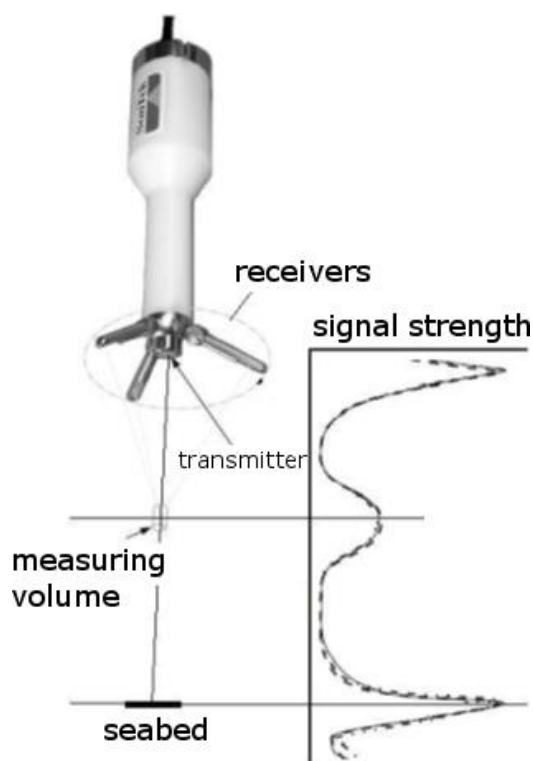
OBS. Om een toe- of afname van de echo intensiteit te kunnen toeschrijven aan een toe- of afname in SPM concentratie, moet de partikelgrootteverdeling van het SPM gelijk blijven (Thorne et al., 1991). Bij fijnkorrelige sedimenten die onderhevig zijn aan flocculatie (zoals in de Belgische kustzone) is dit niet het geval. Of flocculatie een effect heeft op de akoestische backscatter is niet helemaal duidelijk. Er werd regelmatig verondersteld dat het akoestisch signaal gevoelig is voor de grootte van de vlokken (Thevenot & Kraus, 1993; Lynch et al., 1994). Fugate & Friedrichs (2002) hebben later aangetoond dat in een slibrijke omgeving de akoestische backscatter ongevoelig is aan de grootte en de densiteit van de vlokken, maar eerder getriggerd wordt door de primaire bestanddelen van de vlokken. Dit wordt terug opgenomen door Ha et al. (2011), die besluiten dat vlokken met een hogere densiteit (b.v. bedvlokken) de akoestische backscatter eigenschappen beïnvloeden, maar dat de vlokken met een lagere densiteit eerder onzichtbaar zijn voor het geluid en de terugkaatsing van het signaal enkel door de primaire deeltjes gebeurt. Uit laboratorium metingen van kaolinite vonden MacDonalds et al. (2013) dat vlokken de verstrooiing en terugkaatsing van het signaal beïnvloeden. Ook Hoitink & Hoekstra (2005) en Rouhnia et al. (2014) kwamen tot gelijkaardige bevindingen, met name dat vlokken het akoestische signaal beïnvloeden, weliswaar minder sterk dan een evengrote zandkorrel. Recent wordt door Vincent & MacDonalds (2015) vermeld dat de akoestische backscatter vooral gebeurt door de flocculi (zoals gebruikt in Lee et al., 2012) en niet de vlokken, wat dus de interpretatie van Fugate & Friedrichs (2002) bevestigt. Merk op dat de flocculi aggregaten van kleimineralen zijn die goed gewapend zijn tegen uiteenbreken. Primaire deeltjes en flocculi komen veel voor tijdens hoogenergetische omstandigheden. De huidige stand van zaken is dus dat de akoestische eigenschappen van de vlokken niet enkel door de primaire deeltjes worden bepaald, maar dat de vlokstructuur, gekenmerkt door densiteit en de fractale aggregatie van flocculi ook de terugkaatsing beïnvloedt.

Uit dit kort literatuuroverzicht blijkt dat er nog heel wat onzekerheid bestaat over het gebruik van akoestische backscatterdata voor het meten van SPM concentratie van fijnkorrelige sedimenten. Om te komen tot een SPM concentratie dient het akoestisch signaal afgeijkt te worden. Een veel gebruikte werkwijze is het calibreren van de akoestische backscatterdata met behulp van in situ metingen (Chanson et al., 2008; Fettweis, 2008). Voor de langdurige metingen te MOW1 en WZ boei beschikken we niet over voldoende in situ metingen. Daarom werd hier gekozen om het OBS signaal te gebruiken als een benadering van de in situ SPM concentratie om zo de backscatter van de ADP om te zetten naar SPM concentratie. Deze benadering is voor dit soort langdurige tijdreeksen de enige mogelijke, maar introduceert een bijkomende onzekerheid doordat de SPM concentratie ook een benadering is van de in situ SPM concentratie. Het teruggekaatste ADP signaal (backscatter) werd gebruikt om SPM concentratie te bepalen. Na omvorming naar decibels, werd de signaalsterkte gecorrigeerd voor geometrische spreiding en afzwakking (attenuation) in het water. Er werd hierbij geen rekening gehouden met de attenuatie van het akoestisch signaal door de SPM concentratie zelf, wat niet mogelijk was omdat aan de WZ boei niet voldoende OBS data zijn om deze correctie uit te voeren. Sediment attenuatie kan een grote invloed hebben op het concentratieprofiel en door dit te verwaarlozen kunnen de hogere concentratiewaarden onnauwkeuriger worden. De iteratieve benadering van Thorne & Hanes (2002) werd gevolgd om het signaal te corrigeren. SPM concentratie afgeleid uit de bovenste OBS (OBS2) werd gebruikt om de eerste bin van de ADP te calibreren. Over het algemeen wordt de weerkaatsing van het signaal beïnvloed door het sediment type, de kleur, de korrelgrootte, de samenstelling en de turbulentie. De optische en akoestische signalen

hebben een andere gevoeligheid voor deze parameters (Thorne et al., 1991; Fugate and Friedrichs, 2002; Voulgaris and Meyers, 2004; Downing, 2006; Nauw et al., 2014), die zich merkbaar maakt in de correlatie coëfficiënt tussen ADP backscatter (in dB) en de SPM concentratie afkomstig van de OBS. Bij de afijking van de ADP backscatter werd geen rekening gehouden met de recente ontwikkelingen inzake invloed van flocculatie op echo sterkte.

4.3.3. Altimetrie als indicatie van vloeibare sliblagen

De ADV puntstroommeter meet de afstand tussen de transmitter, het meetvolume (18 cm onder de transmitter) en de zeebodem (altimetrie), zie figuur 4.5. De ADV werd aan de tripode bevestigd op 36 cm boven de bodem, zodat bij een vlakke en harde bodem de afstand tussen het meetvolume en de bodem 18 cm bedraagt. De afstand van meetvolume tot zeebodem kan echter variëren in functie van bewegingen van de tripode, veranderingen in bodemdiepte (erosie/sedimentatie) of door de aanwezigheid van hooggeconcentreerde sliblagen, waarop het signaal reflecteert. Door de variaties in altimetrie te analyseren in functie van getij, stromingsnelheid en golven, kunnen de variaties veroorzaakt door aanwezigheid van HCMS lagen worden geïdentificeerd. Deze variaties duiden op de aanwezigheid van een lutocline, die als een acoustische reflector fungeert (Baeye et al., 2011; 2012).



Figuur 4.5: ADV en het altimetrie signaal. De afstand tussen het meetvolume en de zeebodem kan als indicatie worden gebruikt voor de aanwezigheid van vloeibare sliblagen.

4.3.4. SPM volume concentratie, vloggrootte en valsnelheid

De LISST 100C gebruikt laser diffractie technologie om de partikelgrootte en de volumeconcentratie te meten over 32 logaritmisch geplaatste intervallen over de range van 2.5 - 500 μm (Agrawal & Pottsmith, 2000). De volumeconcentratie van elke interval wordt hierbij bepaald met behulp van een empirische volumecalibratie constante, waarbij verondersteld wordt dat de deeltjes sferisch zijn, zie Fettweis et al. (2015) voor een

bespreking van de meetonzekerheden. SPM heeft een multimodale partikelgrootteverdeling, die kan gereduceerd worden tot een vierledige structuur bestaande uit primaire deeltjes, flocculi, microvlokken en macrovlokken (Lee et al., 2012).

De valsnelheid van een deeltje is een functie van de grootte en de effectieve densiteit ervan en kan met behulp van de wet van Stokes berekend worden indien het partikel Reynolds getal kleiner is dan één. De partikelgrootte kan gemeten worden met de LISST, de effectieve densiteit kan niet worden gemeten. Ze kan afgeleid worden uit de volume- en massaconcentratiemetingen (Mikkelsen & Pejrup, 2001). Met toenemende vloggrootte neemt de effectieve densiteit af, de grote vlokken bestaan dus uit lossere structuren waarin de bestanddelen minder strak aan elkaar gebonden zijn. De valsnelheid kan afgeleid worden indien er een verband tussen de effectieve densiteit en de vloggrootte kan worden opgesteld. Dit kan b.v. gedaan worden door een fractale gop te stele, tussen de primaire deeltjes en de vlokken (Kranenburg, 1994; Winterwerp, 1998). De valsnelheid werd berekend voor elke van de vier aggregaatgroepen gebruikmakend van de wet van Stokes:

$$w_{s,i} = \frac{\rho_p - \rho_w}{18 \mu} g D_p^{3-nf_i} \frac{D_i^{nf_i-1}}{1 + 0.15 Re_i^{0.687}}$$

Waarbij $w_{s,i}$ de valsnelheid is van de i^{de} aggregaatgroep. De densiteit van de primaire partikels en van zeewater (ρ_p en ρ_w) werden vastgelegd op 2475 kg/m³ en 1030 kg/m³; en de grootte van de primaire deeltjes (D_p) op 2 µm (Fettweis, 2008). De aardversnelling en de waterviscositeit (g en μ) bedragen 9.81 m/s² en 0.001 kg/m/s. Re_i is het Reynoldsgetal van een aggregaat. Vier stapsgewijze fractal dimensies (nf_i) van 3, 2.5, 2.2 en 2.1 werden gebruikt voor de vier aggregaatgroepen, zijnde de primaire partikels, flocculi, microvlokken en macrovlokken. De valsnelheid van een partikelgrootteverdeling is de som van de door de volumeconcentratie gewogen valsnelheid van de vier aggregaatgroepen. De volumeconcentratie van de vier groepen werd bekomen door curve fitting (zie Lee et al., 2012).

4.3.5. Turbulentie

Turbulentie in een kustgebied controleert de flocculatie van het fijnkorrelige material en heft Aldus een impact op de vertical en horizontale SPM fluxen. De lengteschaal van de kleinste eddies (Kolmogorov microturbulentieschaal, λ_k) bepaald over het algemeen de grootte van de vlokken (van Leussen, 1999; Cross et al., 2013). Door te veronderstellen dat de productie aan turbulente kinetische energie gelijk is aan de dissipatie ervan, kan de microschaal berekend worden als $\lambda_k = (\nu^3/\varepsilon)^{1/4}$, waarbij ν de kinematische viscositeit (10⁻⁶ m² s⁻¹) en ε de turbulente energie dissipatie (m² s⁻³) is. De turbulente dissipatie kan afgeleid worden uit $\tau = \rho (\varepsilon \kappa z)^{2/3}$, waarbij τ de schuifspanning is, z de hoogte boven de bodem, κ de von Karman constante en ρ de water densiteit. De turbulente kinetische energie en de schuifspanning kunnen berekend worden uit de variantie van de stroomsnelheidsfluctuaties van de hoogfrequente ADV metingen (Stapleton & Huntley, 1995; Thompson et al., 2003). MOW1 is gelegen in ondiepe wateren waar golfeffecten belangrijk zijn, daarom werd de schuifspanning gecorrigeerd voor golfadvectie volgens de benadering van Trowbridge & Elgar (2001) en Sherwood et al. (2006). Indien de turbulente dissipatie gekend is, dan kan de Kolmogorov lengteschaal berekend worden. De lengteschaal werd low-pass gefilterd om getijde en hoger frequente signalen eruit te halen. De low pass Kolmogorov lengteschaal kan gebruikt worden als proxy van de niet door getij veroorzaakte turbulentie (golven en wind), zie Fettweis et al. (2014c).

5. Analyse van de metingen buiten de haven

De basis van de analyse steunt op het begrijpen en inschatten van de fysische processen die de variatie in SPM concentratie veroorzaken (zie Fettweis et al. 2014a, 2014b, 2015). Nadien kunnen statistische tools gebruikt worden om deze variaties te analyseren en te karakteriseren. Hiervoor zullen de metingen beschouwd worden als een selectie van individuele SPM concentratie data die informatie bevatten over de gehele SPM concentratiepopulatie op een bepaalde plaats. Het doel van de metingen is dan om een representatief substaal van de populatie te verzamelen, dat toelaat om algemene conclusies betreffende de gehele populatie te formuleren. De SPM concentratiepopulatie in de kustzone wordt samengesteld uit natuurlijke variatie tengevolge van getij, doortij-springtijcyclus, meteo (golven en residuele alongshore stroming) en seizoenen én het gedrag in de waterkolom en dicht tegen de bodem dat kan verschillen doordat zich vloeibare sliblagen kunnen vormen. Verder zijn er menselijke activiteiten die de SPM concentratie beïnvloeden, zoals het storten van materiaal afkomstig van onderhouds-aggerwerken. Het gebruik van een andere stortlocatie kan deze verdeling veranderen, wat zich dan kan uiten in een verandering van statistische parameters tijdens de proef.

5.1. Beschrijving van de omgevingscondities

Getij, getijamplitude, seizoenen, advectie van watermassa's, golven en de gestorte hoeveelheden aan baggermateriaal hebben een pertinente invloed op de SPM concentratie. De variaties tengevolge van getij, getijamplitude en seizoenen hebben een constante cyclus van 12.5 uren, 14 dagen (doortij-springtij cyclus) en 6 maanden. Advectie van watermassas en golven hebben een (min of meer) willekeurige verdeling in de tijd. Seizoenen oefenen een onrechtstreekse invloed uit op de SPM concentratie doordat ze biologische en meteorologische processen beïnvloeden. Zo is in de zomer de biologische activiteit hoog waardoor de slibvlokken groter en sterker worden en er dus meer suspensiemateriaal kan bezinken. Tijdens de winter is de frequentie van stormen en de gemiddelde hoogte van de golven iets hoger dan in de zomer, dit beïnvloed resuspensie en menging van het suspensiemateriaal in de waterkolom.

5.1.1. Gestorte hoeveelheden

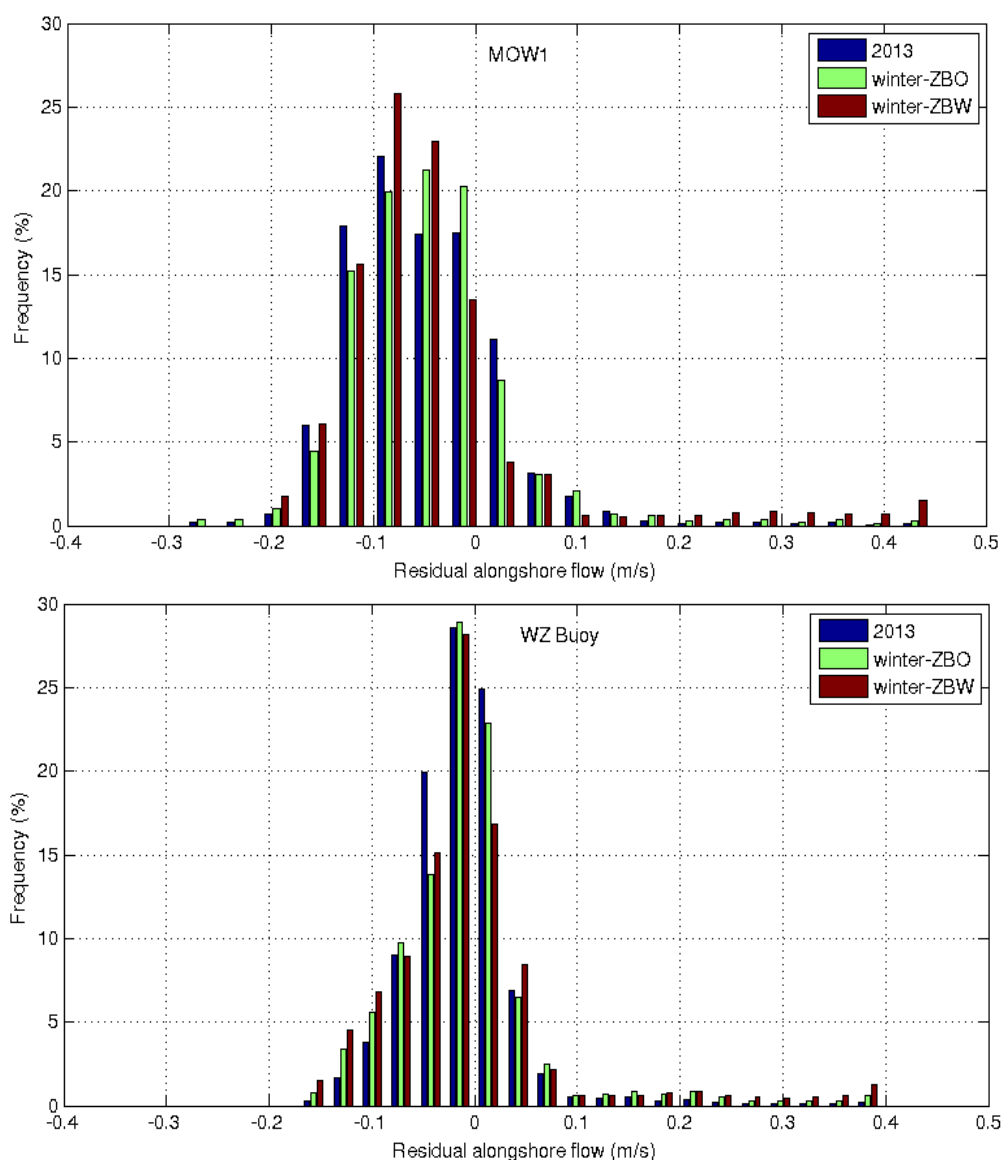
In tabel 5.1 wordt een overzicht van de gestorte hoeveelheden voor de periode september tot december 2013 gegeven.

5.1.2. Advectie van watermassa's

De residuele stroming is een indicatie van de oorsprong van de watermassa's op de gemeten locatie. Ter hoogte van Zeebrugge kan dit ofwel marien (saliniteit >34, lage SPM concentratie), ofwel onder invloed van de bovenafvoer van de Schelde zijn (saliniteit 28-32, hogere SPM concentratie). In de Belgische kustzone verandert de residuele stroming in functie van de heersende windrichting. Een negatieve alongshore stroming is naar het SW gericht en een positieve naar het NE. SW gerichte residuele stroming op 2 m boven de bodem (berekend uit de ADP/Aquadop data) komt het meest frequent voor, dit is het geval in 79% van de tijd te MOW1 en 64% van de tijd aan de WZ boei, zie tabel 5.2 en figuur 5.1. De richting van de residuele alongshore stroming uit de meetdata komt overeen met het Langrangiaanse oppervlakte water transport (Delhez & Carabin, 2001) en met de verticaal gemiddelde residuele stroming uit modelberekeningen (figuur 5.2) en is dus verschillend van het residueel watertransport, dat in onze kustzone meestal naar het NE is gericht.

De tijdreeksen van residuele alongshore stroming (zie bv figuur 5.6, 5.8), laten zien dat een positieve residuele alongshore stroming geassocieerd is met sterkere winden (>9 m/s)

uit het S tot W, bij zwakkere S-W winden die lang aanhouden gaat de residuele alongshore stroming naar 0 m/s (of toenemen als hij voordien negatief was). Bij heel lage windsnelheden, dus periodes die vooral gedomineerd worden door getij, is de residuele alongshore stroming negatief. Negatieve residuele alongshore stroming wordt versterkt bij winden uit het E tot N en NW. De stortproef (21/10-20/11) werd gekenmerkt door sterk variabele windsnelheden uit vooral W tot SW winden. Hierdoor is de residuele alongshore stroming ook variabel en treden er grote veranderingen op (zie bv de positieve stroming omstreeks dag 301 die veroorzaakt wordt door een SW storm). Tijdens de stortproef is de residuele alongshore stroming gekenmerkt door een hogere frequentie aan sterk negatieve en positieve residuele alongshore stromingen (tabel 5.2). Een gelijkaardige periode in 2013 is enkel terug te vinden tijdens de 14 dagen vooraf aan de stortproef en in februari 2013.



Figuur 5.1: Verdeling van de residuele alongshore stroming op 2 m boven de bodem te MOW1 (2013) en WZ boei (2013) voor alle data, winter data (winter-ZBO: zonder periode ZBW) en tijdens de terreinproef (winter-ZBW: 21/10-20/11/2013).

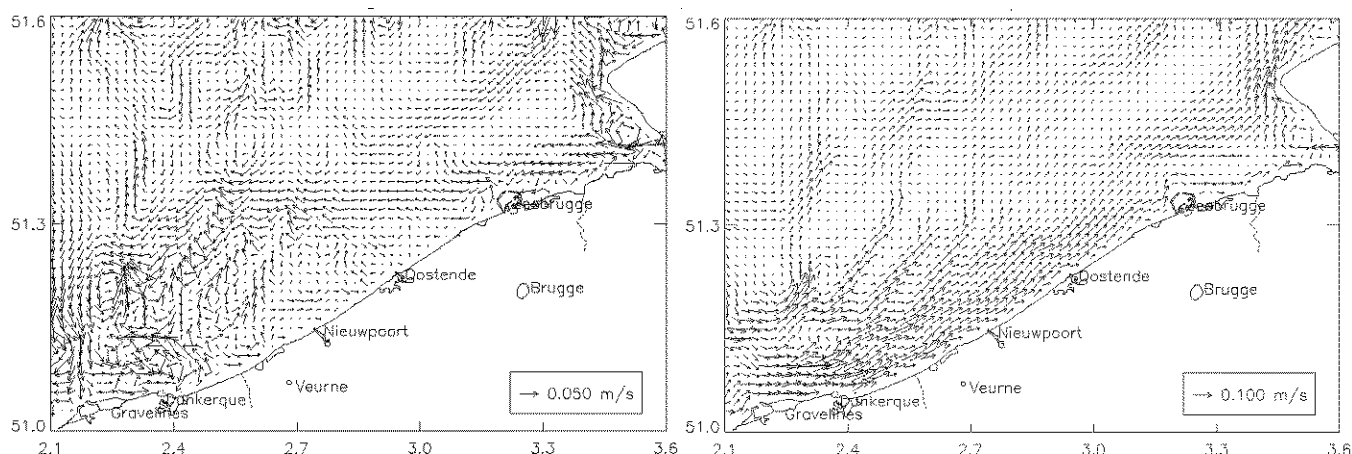
Tabel 5.1: Gestorte hoeveelheden aan baggermateriaal (TDS).

	09/2013	10/2013	11/2013	12/2013	Totaal
Oostende	129108	157814	-	-	286922
S1	61448	493011	502798	66707	1123964
S2	62765	228024	134107	52086	476982
Zeebrugge Oost	215770	103488	86920	210123	616301
ZBW	1375	24752 ¹ 122498 ²	264974		413599

¹ op 01/10/2013; ² vanaf 20/10/2013

Tabel 5.2: Percentielen van de residuele alongshorrestroming (in m/s) te MOW1 en WZ boei (winter-ZBO: zonder periode ZBW) en tijdens de terreinproef (winter-ZBW).

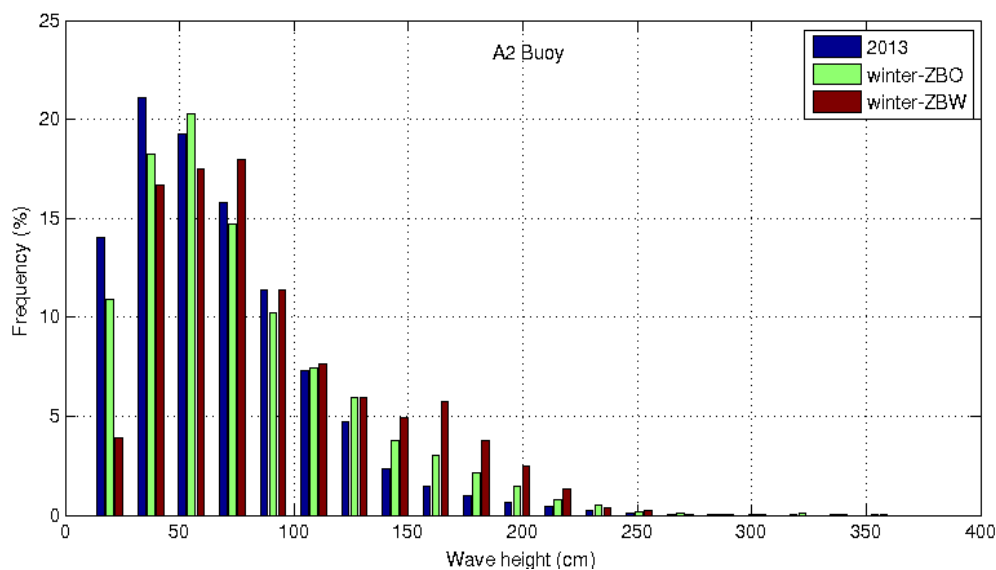
	P10	P33	P50	P66	P90
MOW1					
2013	-0.132	-0.089	-0.061	-0.027	0.030
winter-ZBO	-0.130	-0.082	-0.050	-0.025	0.036
winter ZBW	-0.130	-0.087	-0.065	-0.040	0.053
WZ Boei					
2013	-0.068	-0.031	-0.011	0.002	0.031
winter-ZBO	-0.084	-0.029	-0.012	0.002	0.047
winter ZBW	-0.100	-0.037	-0.014	0.001	0.055



Figuur 5.2: Modelsimulatie van de residuele stroming (links) en het residueel watertransport (rechts) op het BCP (uit Van den Eynde, 1999).

5.1.3. Significante golfhoogte

De belangrijke invloed van golven op resuspensie van fijnkorrelig materiaal in ondiepe kustzones is veelvuldig beschreven. De effecten van golven worden bepaald door de golfhoogte, de golfperiode en de waterdiepte. Op het BCP komen voornamelijk hoogfrequente golven voor (periode ± 4 s) die veroorzaakt worden door de overheersende SW winden. Lager frequente golven met een periode van ongeveer ± 8 s komen voor tijdens noordelijke stormen. De verdeling van de significante golfhoogte aan de A2 boei wordt getoond in figuur 5.3 en tabel 5.3. De stortproef werd gekenmerkt door gemiddeld gezien hogere golven dan in de rest van het jaar. In 33% van de tijd was de significante golfhoogte groter dan 1 m en in 10% zelf groter dan 1.6 m, dit is meer dan in de winter van 2013. Hieruit blijkt dat tijdens de terreinproef het effect van golven belangrijker was dan tijdens de rest van het jaar.



Figuur 5.3: Verdeling van de significante golfhoogte (cm) aan de A2 boei (Meetnet Vlaamse Banken). Alle data (met OBS 2013), winter-ZBO data (OBS 2013, zonder ZBW) en tijdens de terreinproef (winter-ZBW 21/10-20/11/2013).

Tabel 5.3: Percentielen van de significante golfhoogte (m) te A2 boei in 2013.

	P10	P33	P50	P66	P90
alle data	0.25	0.44	0.59	0.77	1.21
winter data	0.28	0.49	0.65	0.85	1.45
stortproef	0.36	0.59	0.75	0.97	1.65

5.1.4. Windsnelheid en richting

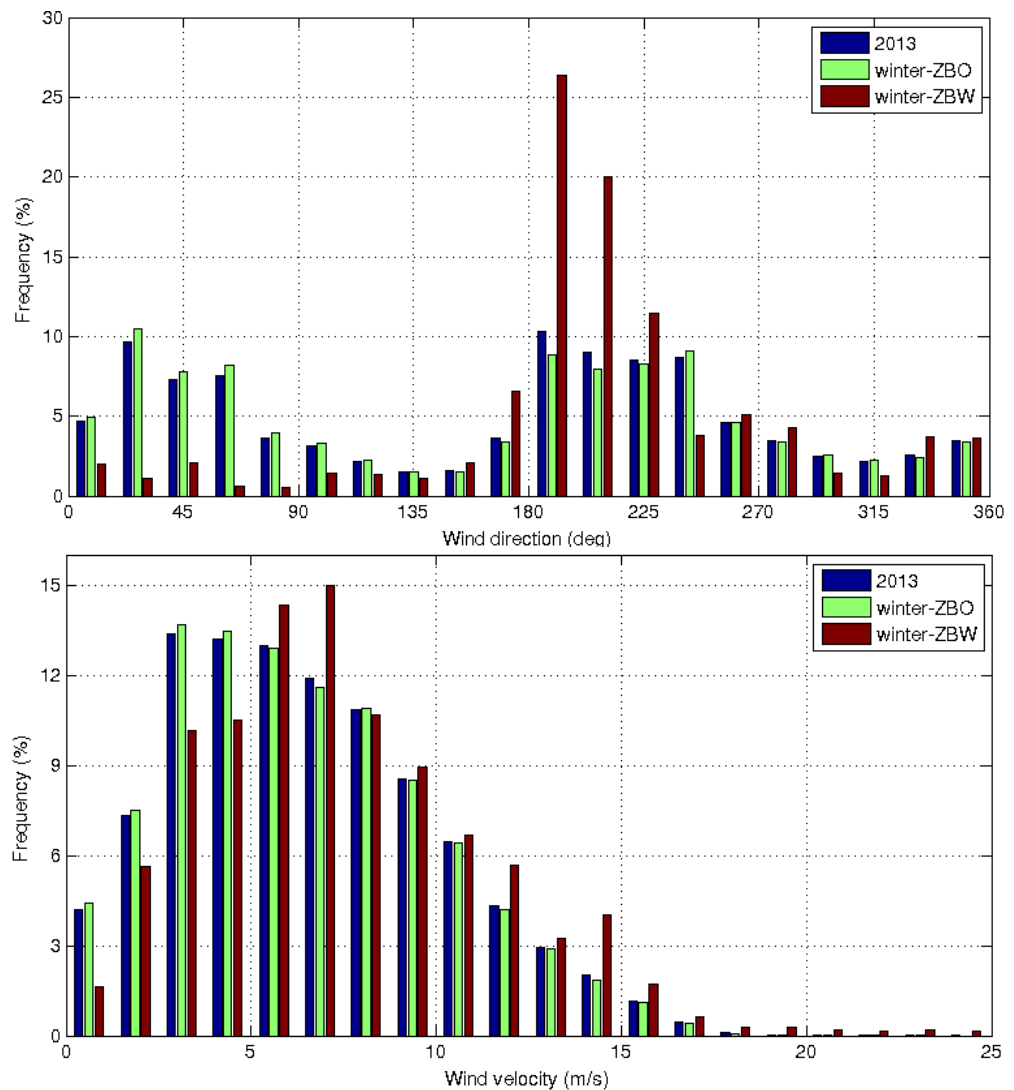
Windsnelheid en –richting heeft een invloed op zowel de golfhoogte alsook de residuele alongshore stroming. De frequentieverdeling van de winddata is te zien in figuur 5.4. Uit de verdeling blijkt dat de stortproef gekenmerkt is door vooral winden uit het S tot SW en dus minder winden uit het N; NE en E. De windsnelheid was hoger dan tijdens de rest van het jaar, zie tabel 5.4.

Tabel 5.4: Percentielen van windsnelheid (m/s) aan de Wandelaar aangevuld met Zeebrugge Dam in 2013.

	P10	P33	P50	P66	P90
alle data	2.30	4.50	6.12	7.81	11.50
winter data	2.25	4.42	6.04	7.75	11.38
stortproef	2.85	5.49	6.88	8.52	12.76

5.2. Waterkolomdata

In figuren 5.5-5.10 worden de data van 2013 voorgesteld met focus op de SPM concentratie gemeten met de OBS en de ADP. Samen met de concentraties worden ook de getijamplitude, windsnelheid en –richting (0° is uit het N, 90° uit het E, 180° uit het S en 270° uit het W), significante golfhoogte, gemiddelde golfperiode en residuele alongshore stroming op 1.8 mbb vermeld. In figuren 5.7 en 5.10 wordt de eb- en vloedgemiddelde SPM concentratie van zowel de OBS als de ADP-SPM concentratie getoond. Het verschil tussen beide waarden geeft een indicatie van de vloed- of ebdominantie. De wind- (Wandelaar aangevuld met Zeebrugge Dam) en golfddata (A2 boei) zijn afkomstig van het Meetnet Vlaamse Banken. Voor de verwerking werd de meetreeks opgedeeld in een aantal periodes, zie tabel 5.5.



Figuur 5.4: Verdeling van de windrichting (0° =N, 90° =E, 180° =S, 270° =W) en snelheid (Wandelaar/Zeebrugge Dam, Meetnet Vlaamse Banken). Alle data, winter-ZBO en tijdens de terreinproef (winter-ZBW 21/10-20/11/2013).

Tabel 5.5: Indeling van de meetperiode in een aantal subsamples.

Subsample	Periode
zomer	01/04–30/09
winter	01/01-31/03, 01/10-31/12
winter-ZBO	01/01-31/03, 01/10-20/10, 22/11-31/12
winter – T0	06/10-20/10
winter-ZBW (terreinproef)	21/10-21/11
winter-ZBW1	21/10-5/11
winter-ZBW2	6/11-21/11
pre1	28/01-13/02
pre2	11/04-26/04
pre3	25/06-10/07

5.2.1. SPM concentratie en vlok grootte te MOW1

De data gemeten te MOW1 in 2013 worden getoond in figuren 5.5 (overzicht OBS-SPM concentratie, saliniteit, temperatuur, detailfiguren in appendix 2), 5.6 (overzicht ADP-SPM concentratie, detailfiguren in appendix 3) en 5.7 (vergelijking OBS en ADP-SPM concentratie). De tijdreeksen zijn vrij compleet en dit zowel voor de SPM concentratie afgeleid van de OBS als van de ADP. In alle figuren wordt ook de getijamplitude, windsnelheid en -richting, de significante golfhoogte en -periode en de residuele alongshore stroming getoond. Deze informatie is nodig om de gemeten variaties in SPM concentratie te kunnen verklaren. De maandelijks en seizoenaal gemiddelde waarden voor de OBS- en de ADP-SPM concentratie per maand, seizoenen en andere periodes staan in tabellen 5.6-5.11.

Beschouwen we eerst de OBS-SPM concentratie data (figuur 5.5 en A.2.1). De invloed van doortij-springtij is duidelijk waarneembaar in de data gemeten op 2 m boven de bodem. De piek in getijamplitude bij springtij komt meestal goed overeen met een maximum in de low-pass gefilterde SPM concentratie. Dichter tegen de bodem is dit signaal minder duidelijk. Op verschillende momenten tijdens het jaar vallen de maxima in de low-pass gefilterde SPM concentraties niet samen met de maxima in getijamplitude. Dit is het geval rond dag 30-33, dag 44-46, dag 58-62, dag 70-73, dag 291-294 en dag 311-313, die allen een lagere low-pass gefilterde SPM concentratie hebben, dan verwacht op basis van de getijamplitude. De redenen hiervoor zijn te vinden in de richting van de residuele alongshore stroming (dag 30-33, dag 311-313: de periode voordien was gekenmerkt door een sterk mariene invloed), een schijnbare te lage SPM concentratie doordat voordien en/of nadien hoge golven optraden (dag 58-62, dag 311-313), een verschil in de SPM concentratie tijdens eb en vloed (dag 44-46, dag 294-294, de SPM concentratie tijdens vloed daalt t.g.v. een negatieve residuele alongshore stroming, terwijl de eb SPM concentratie hetzelfde blijft) en een schijnbare te lage SPM concentratie door verzadiging van de OBS (dag 44-46). Voor andere perioden zijn, zoals dag 71-73, treffen deze verkalingen niet toe, mogelijks is een verandering in sedimentsamenstelling (van resuspensie van slib naar resuspensie van zand) en de vorming van vloeibare sliblagen en dus een slechtere verticale menging de oorzaak.

De ADP-SPM concentratie data van MOW1 (figuur 5.6 en appendix 3) geven een 'akoestische' kijk op de SPM concentratie. Het valt op dat de akoestische backscatter data een betere correlatie met de getijamplitude hebben dan de OBS data en dat het aantal extreme events minder duidelijk in de data is te zien (figuren 5.5-5.7). Hierdoor is de variabiliteit van de data ook kleiner dan deze van de OBS-SPM concentraties, zie de standaard afwijkingen in tabellen 5.6 en 5.9. Mogelijks wordt de geringere variabiliteit in de ADP data versterkt doordat de ADP een gemiddelde waarde over een zeker volume meet, dit in tegenstelling met de OBS, die eerder een puntmeting is.

Een vergelijking tussen de eb- of vloedgemiddelde SPM concentraties toont dat de ADP en OBS data goed overeenkomen op 2 m boven de bodem (figuur 5.7). De overeenkomst is minder goed in de winter dan de zomer, zie de pieken in de OBS SPM concentratie rond dag 28, 40-50, 65, 78, 85-90, 105, 295 die niet worden opgemerkt in de ADP (figuur 5.7). Omgekeerd zijn er ook perioden waar de ADP hogere SPM concentraties geeft als de OBS, zie bv dag 30 en 73. Over het algemeen komen de de ADP SPM concentraties beter overeen met de OBS SPM concentraties tijdens periodes met lage turbulentie, zoals kentering en doortij. De invloed van turbulentie op de akoestische backscatter werd beschreven door Nauw et al. (2014).

De ADP werd afgeijkt met de bovenste OBS, naar onder toe werd deze calibratie gebruikt mits bijkomende correctie voor attenuatie van de waterkolom. Desondanks

worden de ADP-SPM concentratie waarden veel groter dan de OBS waarden dicht bij de bodem (figuur 5.6 en tabellen 5.6 en 5.9), het waarom hiervan is niet duidelijk. De OBS SPM concentratie op 0.2 mbb komt best overeen met de ADP bin op 0.8 of 0.95 mbb, een lagere bin geeft te hoge SPM concentraties. De overschatting t.o.v. de 0.2 mbb OBS SPM concentratie is mogelijks het gevolg van variaties in SPM karakteristieken. Deze werden waargenomen op MOW1 tijdens extreme condities (storm, maximale stroming tijdens springtij) wanneer bv zand of schelpfragmenten in suspensie kunnen komen (Fettweis et al., 2012). Op 0.8 mbb is de overeenkomst beter in de winter dan in de zomer. In de zomer geeft de ADP hogere waarden dan de OBS, zie ook Fettweis et al. (2015). De onderschatting van de ADP SPM concentratie op 2 mbb tijdens de winter en de overschatting op 0.8 mbb in de zomer is deels een weerspiegeling van de onzekerheid ingevoerd door de calibratie van de ADP met OBS data. De exacte reden voor de seizoensverschillen tussen beide sensors is niet duidelijk, maar mogelijks te wijten aan de verandering in concentratie en samenstelling van het organisch materiaal in de lente en de zomer die de kleur, samenstelling en vlok grootte van het suspensiemateriaal beïnvloeden en aldus ook de OBS en ADP backscatter. Tabellen 5.7-5.9 en 5.10-5.11 geven de gemiddelde SPM concentraties tijdens lage en hoge golfcondities voor dezelfde periodes.

In figuur 5.8 worden de parameters afgeleid uit de LISST metingen getoond samen met de getijamplitude, windsnelheid en -richting, de significante golfhoogte en -periode, de residuele alongshore stroming en de Kolmogorov micro turbulentieschaal getoond. De maandelijks en seizoenaal gemiddelde waarden voor de vier aggregaatgroepen en de veldsnelheid per maand, seizoenen en andere periodes staan in tabellen 5.12-14. De kleinste partikelgrootten en de hoogste SPM volumeconcentraties komen voor op momenten van sterke turbulentie, dus bij springtij en hoge golven. De invloed van doodtij-springtij is meer uitgesproken in de SPM volume concentratie dan in de parameters die de partikelgrootte beschrijven. Uit de figuur blijkt dat de vlok grootte groter is in de zomer dan de winter, dit is in overeenstemming met analyses uit 2011 voor dezelfde locatie (Fettweis et al., 2014c). De grotere vlokken in de zomer worden veroorzaakt door een hogere frequentie aan macrovlokken en grotere micro- en macrovlokken. In tegenstelling met 2011 is dit echter minder duidelijk in 2013. De afwijkingen met 2011 zijn enerzijds het gevolg van een geringere datahoeveelheid (vooral in de zomer), maar anderzijds valt op dat de periode oktober en november (inclusief de terreinproef dus) gekenmerkt wordt door een hoge frequentie aan macrovlokken én aan flocculi en primaire deeltjes. Het feit dat zowel de kleinste als de grootste bestanddelen meer frequent voorkomen is niet conform met het voorkomen van enkel vlokken in suspensie en duidt mogelijks op de aanwezigheid van niet-cohesieve partikels in het SPM (zie tabel 5.12). Indien het suspensiemateriaal enkel uit vlokken zou bestaan dan kunnen hoge frequenties aan macrovlokken niet samen voorkomen met hoge frequenties aan de bestanddelen van deze macrovlokken. Het samen voorkomen van vlokken en zand in suspensie kon worden aangetoond in de metingen te Blankenberge (Baeye et al. 2011, Fettweis et al., 2012) hebben, hier werd zand aangetroffen tijdens maximale vloedstroming, springtij en stormen. Het voorkomen van zand werd bevestigd door het verschil in het akoestisch en optisch backscattersignaal; de ADP-SPM concentratie was op die momenten veel groter dan deze van de OBS. Bij de metingen te MOW1 zien we geen wijzigingen in gevoeligheid van beide signalen. Zowel de ADP als de OBS vertonen geen gedrag dat zou kunnen wijzen op het voorkomen van zand in suspensie, zie figuren 5.6-5.7 (ADP en OBS op 1.9 respectievelijk 2 mbb), zodat de aanwezigheid van macrovlokken tezamen met flocculi en primaire deeltjes niet duidelijk is.

Tabel 5.6: MOW1: Geometrisch gemiddelde OBS-SPM concentratie, significante golfhoogte en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5. De golfhoogte en residuele stroming werden berekend voor de periodes waar er OBS data zijn.

Periode	0.2 mab (mg/l)	2 mab (mg/l)	golven (cm)	res u (cm/s)	dgen OBS
Jan+Feb	346 */ 2.61	173 */ 2.26	79 ± 46	-4.4 ± 7.0	35.4
Mar	505 */ 2.19	208 */ 2.16	68 ± 36	-4.5 ± 5.7	32.0
Apr	259 */ 2.38	133 */ 2.00	60 ± 29	-5.5 ± 5.4	30.0
May	243 */ 2.38	82 */ 2.05	71 ± 34	-1.6 ± 5.4	31.0
Jun	257 */ 2.56	81 */ 1.98	71 ± 31	-5.8 ± 6.5	30.0
Jul	125 */ 2.56	53 */ 2.14	51 ± 27	-7.8 ± 7.1	31.0
Aug	224 */ 2.24	84 */ 2.23	51 ± 26	-3.6 ± 6.1	31.0
Sep	234 */ 2.54	99 */ 2.13	71 ± 49	-8.8 ± 3.5	24.0
Oct	438 */ 2.48	123 */ 2.10	73 ± 52	-2.7 ± 11.5	31.0
Nov+Dec	414 */ 2.78	152 */ 2.11	93 ± 54	-4.8 ± 4.7	18.6
zomer	217 */ 2.50	85 */ 2.20	62 ± 34	-5.4 ± 6.3	176.8
winter	420 */ 2.52	162 */ 2.22	77 ± 48	-4.1 ± 7.9	115.9
winter-ZBO	410 */ 2.42	172 */ 2.28	74 ± 46	-4.7 ± 6.5	94.3
winter-T0	571 */ 2.26	148 */ 2.09	80 ± 59	-6.3 ± 8.1	15.0
winter-ZBW	462 */ 2.89	128 */ 2.09	92 ± 50	-1.2 ± 12.1	23.5
winter-ZBW1	426 */ 2.61	117 */ 2.09	92 ± 51	+1.4 ± 13.4	15.0
winter-ZBW2	555 */ 3.50	159 */ 1.98	91 ± 48	-7.3 ± 4.2	6.60
pre1 (winter)	408 */ 2.42	190 */ 2.16	107 ± 47	-4.5 ± 6.7	12.3
pre2 (zomer)	313 */ 2.21	151 */ 1.96	51 ± 28	-3.7 ± 5.4	15.0
pre3 (zomer)	152 */ 2.59	55 */ 2.25	57 ± 23	-11.9 ± 3.9	15.0

Tabel 5.7: MOW1: Geometrisch gemiddelde OBS-SPM concentratie tijdens lage golfactiviteit ($H_s < 0.75$ m), significante golfhoogte en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5. De golfhoogte en residuele stroming werden berekend voor de periodes waar er OBS data zijn.

Periode	0.2 mab (mg/l)	2 mab (mg/l)	golven (cm)	res u (cm/s)	dgen OBS
Jan+Feb	350 */ 2.70	173 */ 2.26	44 ± 46	-4.4 ± 6.9	19.1
Mar	477 */ 2.33	208 */ 2.16	47 ± 36	-4.8 ± 5.7	20.5
Apr	281 */ 2.32	133 */ 2.00	43 ± 29	-5.5 ± 4.1	21.1
May	201 */ 2.28	82 */ 2.05	48 ± 34	-1.4 ± 4.5	18.0
Jun	258 */ 2.46	81 */ 1.98	48 ± 31	-7.0 ± 3.9	16.7
Jul	121 */ 2.57	53 */ 2.14	40 ± 27	-7.9 ± 6.1	24.8
Aug	216 */ 2.26	84 */ 2.23	42 ± 26	-4.1 ± 5.9	25.3
Sep	192 */ 2.13	99 */ 2.13	41 ± 49	-8.9 ± 3.1	15.2
Oct	387 */ 2.56	123 */ 2.10	43 ± 52	-6.2 ± 4.6	20.3
Nov+Dec	334 */ 2.80	152 */ 2.11	52 ± 54	-4.9 ± 3.6	9.6
zomer	201 */ 2.46	85 */ 2.26	43 ± 34	-5.7 ± 5.4	121.0
winter	392 */ 2.59	169 */ 2.34	46 ± 48	-5.1 ± 5.6	69.5
winter-ZBO	393 */ 2.49	178 */ 2.35	45 ± 46	-5.0 ± 5.8	59.3
winter-T0	514 */ 2.37	151 */ 2.20	45 ± 59	-7.4 ± 4.8	9.4
winter-ZBW	388 */ 3.14	125 */ 2.13	51 ± 50	-6.0 ± 4.3	10.2
winter-ZBW1	362 */ 2.91	111 */ 2.11	49 ± 51	-5.6 ± 4.4	6.8
winter-ZBW2	446 */ 3.55	156 */ 2.05	55 ± 48	-6.8 ± 3.9	3.5
pre1 (winter)	484 */ 2.28	304 */ 2.01	53 ± 47	-8.9 ± 3.2	4.7
pre2 (zomer)	301 */ 2.19	154 */ 2.00	41 ± 28	-4.7 ± 3.4	12.5
pre3 (zomer)	146 */ 2.62	52 */ 2.21	47 ± 23	-11.5 ± 4.0	11.4

Tabel 5.8: MOW1: Geometrisch gemiddelde OBS-SPM concentratie tijdens hoge golfactiviteit ($H_s > 0.75$ m), significante golfhoogte en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5. De golfhoogte en residuele stroming werden berekend voor de periodes waar er OBS data zijn.

Periode	0.2 mab (mg/l)	2 mab (mg/l)	golven (cm)	res u (cm/s)	dgen OBS
Jan+Feb	3488 */ 2.50	143 */ 2.04	119 ± 34	-4.4 ± 7.1	18.4
Mar	560 */ 1.91	191 */ 1.94	108 ± 29	-4.2 ± 5.7	20.5
Apr	218 */ 2.35	108 */ 1.88	98 ± 16	-5.8 ± 7.3	21.1
May	317 */ 2.34	83 */ 2.02	104 ± 23	-1.9 ± 6.4	18.0
Jun	256 */ 2.71	83 */ 1.91	100 ± 19	-4.5 ± 8.4	16.7
Jul	144 */ 2.59	49 */ 1.95	91 ± 15	-7.4 ± 9.9	24.8
Aug	260 */ 2.27	80 */ 2.13	92 ± 13	-1.3 ± 6.2	25.3
Sep	320 */ 2.97	106 */ 2.08	121 ± 44	-8.7 ± 4.2	15.3
Oct	548 */ 2.22	120 */ 1.97	130 ± 51	+3.6 ± 16.5	20.3
Nov+Dec	521 */ 2.61	175 */ 1.97	137 ± 45	-4.7 ± 5.7	9.7
zomer	254 */ 2.63	85 */ 2.20	102 ± 26	-4.8 ± 7.7	59.2
winter	460 */ 2.40	153 */ 2.22	123 ± 41	-2.6 ± 10.3	46.0
winter-ZBO	438 */ 2.32	161 */ 2.23	121 ± 41	-4.3 ± 7.4	34.6
winter-T0	669 */ 2.02	141 */ 1.91	139 ± 59	-4.5 ± 11.4	5.8
winter-ZBW	538 */ 2.60	131 */ 2.05	128 ± 41	+3.1 ± 15.0	11.5
winter-ZBW1	485 */ 2.30	121 */ 2.09	127 ± 41	+7.0 ± 15.4	8.4
winter-ZBW2	717 */ 3.28	162 */ 1.90	132 ± 39	-7.9 ± 4.5	3.1
pre1 (winter)	376 */ 2.47	152 */ 2.02	130 ± 35	-2.6 ± 6.9	8.4
pre2 (zomer)	313 */ 2.17	124 */ 1.71	101 ± 16	-0.5 ± 8.0	3.7
pre3 (zomer)	177 */ 2.46	62 */ 2.28	87 ± 10	-12.8 ± 3.5	4.2

Tabel 5.9: MOW1: Geometrisch gemiddelde ADP-SPM concentratie, significante golfhoogte en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5. De golfhoogte en residuele stroming werden berekend voor de periodes waar er ADP data zijn.

Periode	0.5 mab (mg/l)	0.8 mab (mg/l)	1.9 mab (mg/l)	golven (cm)	res u (cm/s)	dagen ADP
Jan+Feb	807 */ 1.62	579 */ 1.52	102 */ 1.72	79 ± 46	-4.4 ± 7.0	35.4
Mar	636 */ 1.96	489 */ 1.96	94 */ 1.94	68 ± 36	-4.5 ± 5.7	32.0
Apr	792 */ 1.43	573 */ 1.40	94 */ 1.57	60 ± 29	-5.7 ± 5.4	30.0
May	945 */ 1.52	580 */ 1.51	75 */ 1.65	71 ± 34	-1.6 ± 5.4	31.0
Jun	1097 */ 1.52	639 */ 1.51	77 */ 1.72	71 ± 31	-5.8 ± 6.5	30.0
Jul	1054 */ 1.73	655 */ 1.71	72 */ 1.78	51 ± 27	-7.8 ± 7.1	31.0
Aug	1039 */ 1.56	639 */ 1.56	73 */ 1.76	51 ± 26	-3.6 ± 6.1	31.0
Sep	1140 */ 1.60	698 */ 1.55	78 */ 1.70	69 ± 46	-8.8 ± 3.5	30.0
Oct	965 */ 1.52	595 */ 1.51	69 */ 1.66	73 ± 52	-2.7 ± 11.5	31.0
Nov	933 */ 1.61	601 */ 1.58	72 */ 1.65	94 ± 51	-5.2 ± 5.2	30.0
Dec	820 */ 1.58	609 */ 1.53	97 */ 1.71	77 ± 48	-4.8 ± 4.7	31.0
zomer	1004 */ 1.59	630 */ 1.55	78 */ 1.71	77 ± 48	-4.1 ± 7.9	182.9
winter	824 */ 1.70	573 */ 1.64	86 */ 1.78	74 ± 46	-4.7 ± 6.5	158.0
winter-ZBO	832 */ 1.70	560 */ 1.64	91 */ 1.78	80 ± 59	-6.3 ± 8.1	126.0
winter-T0	1035 */ 1.41	626 */ 1.40	74 */ 1.61	92 ± 50	-1.2 ± 12.1	15.0
winter-ZBW	1008 */ 1.60	628 */ 1.60	70 */ 1.70	92 ± 51	+1.4 ± 13.4	32.0
winter-ZBW1	982 */ 1.72	611 */ 1.72	67 */ 1.76	91 ± 48	-7.3 ± 4.2	15.0
winter-ZBW2	1031 */ 1.48	643 */ 1.49	73 */ 1.63	107 ± 47	-4.5 ± 6.7	17.0
pre1 (winter)	980 */ 1.46	665 */ 1.40	113 */ 1.65	51 ± 28	-3.7 ± 5.4	15.0
pre2 (zomer)	717 */ 1.41	517 */ 1.38	81 */ 1.53	57 ± 23	-11.9 ± 3.9	15.0
pre3 (zomer)	1034 */ 1.79	633 */ 1.77	68 */ 1.79	79 ± 46	-4.4 ± 7.0	15.0

Tabel 5.10: MOW1: Geometrisch gemiddelde ADP-SPM concentratie tijdens lage golfactiviteit ($H_s < 0.75$ m) en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5. De golfhoogte en residuele stroming werden berekend voor de periodes waar er ADP data zijn.

Periode	0.5 mab (mg/l)	0.8 mab (mg/l)	2 mab (mg/l)	golven (cm)	res u (cm/s)	dagen ADP
Jan+Feb	742 */ 1.67	558 */ 1.55	105 */ 1.76	44 ± 18	-3.4 ± 7.2	19.0
Mar	619 */ 1.58	474 */ 1.98	92 */ 1.97	47 ± 16	-4.9 ± 6.0	20.4
Apr	796 */ 1.45	578 */ 1.42	95 */ 1.61	43 ± 14	-3.3 ± 4.1	22.1
May	879 */ 1.52	570 */ 1.50	74 */ 1.62	48 ± 18	-1.4 ± 4.3	18.0
Jun	1084 */ 1.56	633 */ 1.54	75 */ 1.76	48 ± 15	-8.7 ± 4.0	16.7
Jul	1046 */ 1.75	656 */ 1.72	73 */ 1.80	40 ± 17	-6.8 ± 4.6	24.8
Aug	1043 */ 1.58	646 */ 1.56	74 */ 1.78	41 ± 18	-5.4 ± 2.9	25.3
Sep	1032 */ 1.56	670 */ 1.56	78 */ 1.71	41 ± 16	-11.4 ± 2.7	18.7
Oct	908 */ 1.48	582 */ 1.47	68 */ 1.64	43 ± 15	-3.8 ± 11.1	20.3
Nov	850 */ 1.67	576 */ 1.63	71 */ 1.68	49 ± 16	-6.5 ± 4.1	13.0
Dec	765 */ 1.58	563 */ 1.55	85 */ 1.64	50 ± 16	-6.6 ± 6.2	18.4
zomer	976 */ 1.60	626 */ 1.57	78 */ 1.73	43 ± 17	-5.4 ± 5.0	124.6
winter	764 */ 1.71	547 */ 1.66	84 */ 1.79	46 ± 16	-4.3 ± 7.7	91.2
winter-ZBO	737 */ 1.73	537 */ 1.67	88 */ 1.79	46 ± 16	-4.8 ± 6.4	76.4
winter-T0	955 */ 1.42	613 */ 1.42	73 */ 1.61	45 ± 14	-8.5 ± 1.6	9.4
winter-ZBW	921 */ 1.60	630 */ 1.60	68 */ 1.70	18 ± 16	-0.3 ± 13.6	14.8
winter-ZBW1	854 */ 1.69	547 */ 1.67	58 */ 1.66	49 ± 15	+1.9 ± 14.3	6.8
winter-ZBW2	980 */ 1.51	648 */ 1.51	77 */ 1.67	48 ± 17	-9.0 ± 5.8	8.1
pre1 (winter)	934 */ 1.54	680 */ 1.39	134 */ 1.60	53 ± 13	-4.0 ± 6.8	4.7
pre2 (zomer)	714 */ 1.41	521 */ 1.39	83 */ 1.54	41 ± 15	-2.3 ± 4.4	12.5
pre3 (zomer)	986 */ 1.80	604 */ 1.77	65 */ 1.76	747 ± 17	-9.5 ± 1.4	11.4

Tabel 5.11: MOW1: Geometrisch gemiddelde ADP-SPM concentratie tijdens hoge golfactiviteit ($H_s > 0.75$ m) en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5. De golfhoogte en residuele stroming werden berekend voor de periodes waar er ADP data zijn.

Periode	0.5 mab (mg/l)	0.8 mab (mg/l)	2 mab (mg/l)	golven (cm)	res u (cm/s)	dagen ADP
Jan+Feb	885 */ 1.54	603 */ 1.48	100 */ 1.68	119 ± 34	-4.4 ± 7.00	16.3
Mar	671 */ 1.89	521 */ 1.89	97 */ 1.88	108 ± 29	-4.2 ± 5.68	10.4
Apr	778 */ 1.38	557 */ 1.36	90 */ 1.52	98 ± 16	-5.8 ± 5.35	8.8
May	1043 */ 1.49	614 */ 1.53	75 */ 1.69	104 ± 23	-1.9 ± 5.39	12.9
Jun	1110 */ 1.48	643 */ 1.47	78 */ 1.67	100 ± 19	-4.5 ± 6.53	13.2
Jul	1081 */ 1.65	644 */ 1.66	68 */ 1.70	91 ± 15	-7.4 ± 7.07	6.2
Aug	1017 */ 1.47	607 */ 1.49	67 */ 1.66	92 ± 13	-1.3 ± 6.07	5.7
Sep	1332 */ 1.60	745 */ 1.54	78 */ 1.69	116 ± 41	-9.5 ± 3.53	11.2
Oct	1082 */ 1.57	620 */ 1.58	70 */ 1.69	130 ± 51	+3.6 ± 11.47	10.7
Nov	1002 */ 1.54	621 */ 1.54	73 */ 1.63	128 ± 42	-8.5 ± 4.73	17.0
Dec	930 */ 1.54	683 */ 1.48	117 */ 1.72	116 ± 53	-4.4 ± 5.07	12.6
zomer	1054 */ 1.55	635 */ 1.52	77 */ 1.67	102 ± 26	-5.1 ± 7.7	58.3
winter	910 */ 1.64	610 */ 1.59	89 */ 1.77	121 ± 43	-3.1 ± 10.6	67.0
winter-ZBO	855 */ 1.64	596 */ 1.59	96 */ 1.76	120 ± 44	-3.4 ± 9.0	49.9
winter-T0	1168 */ 1.34	645 */ 1.37	75 */ 1.60	139 ± 59	-4.5 ± 11.4	5.5
winter-ZBW	1092 */ 1.57	654 */ 1.60	72 */ 1.69	124 ± 40	-2.1 ± 14.3	17.2
winter-ZBW1	1103 */ 1.70	671 */ 1.73	75 */ 1.81	127 ± 41	+7.0 ± 15.4	8.3
winter-ZBW2	1082 */ 1.44	639 */ 1.46	70 */ 1.58	122 ± 38	-10.7 ± 4.5	8.9
pre1 (winter)	1002 */ 1.42	659 */ 1.40	104 */ 1.65	130 ± 35	-2.5 ± 6.9	10.3
pre2 (zomer)	702 */ 1.46	487 */ 1.36	71 */ 1.43	101 ± 16	+0.5 ± 8.0	2.5
pre3 (zomer)	1180 */ 1.68	716 */ 1.71	78 */ 1.81	87 ± 10	-12.8 ± 3.5	3.6

Tabel 5.12: MOW1: Frequentie aan primaire deeltjes, flocculi, microvlokken en macrovlokken en de grootte van de micro- en macrovlokken per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5.

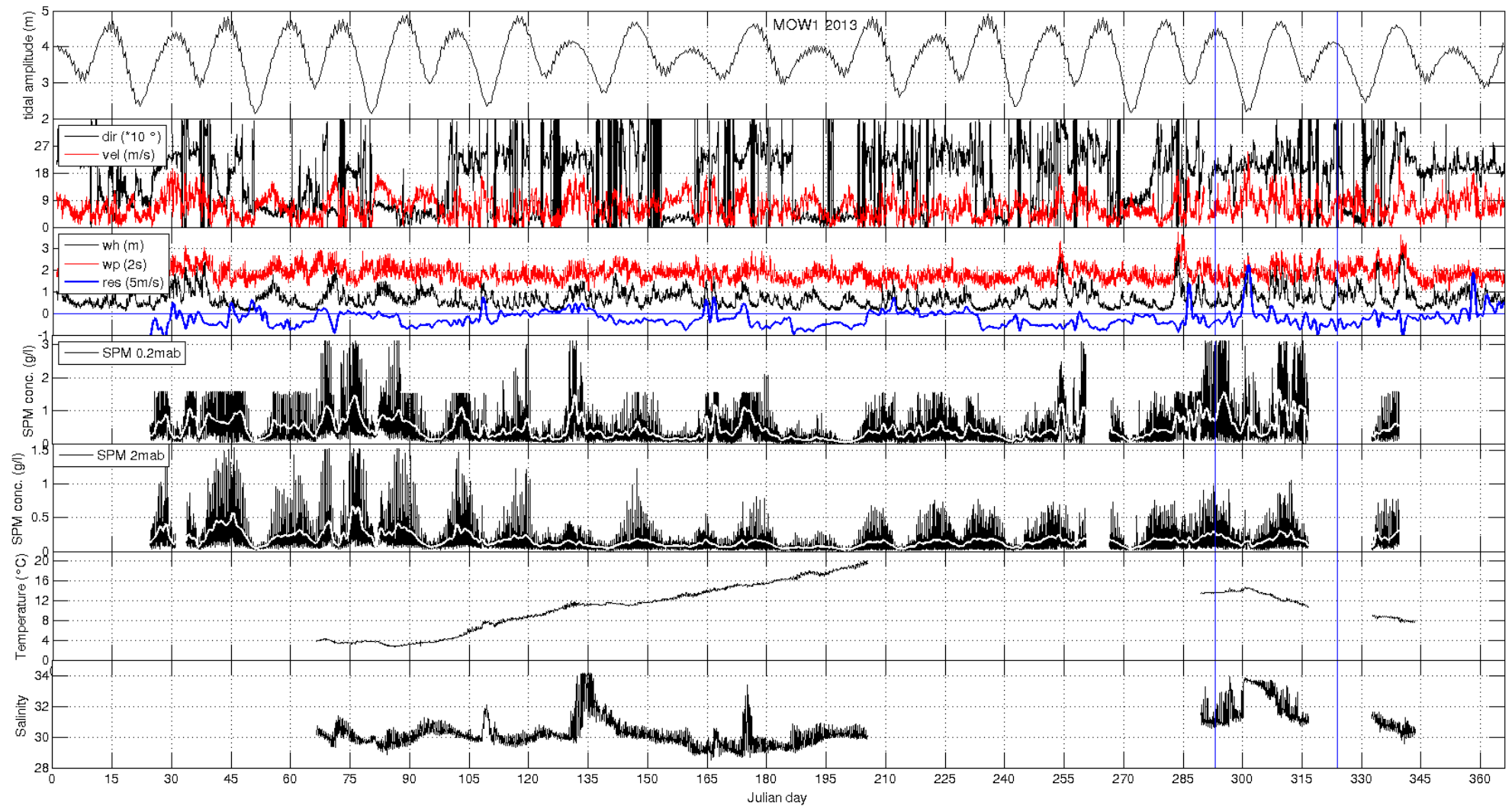
Periode	PP (%)	Flocculi (%)	Microvl. (%)	Microvl (µm)	Macrovl. (%)	Macrovl. (µm)	Ws (mm)	dagen ADP
Jan+Feb+Mar	7.1±5.4	22.0±14.0	61.5±15.9	76±43	9.4±7.8	268±70	0.26±0.17	26.9
Apr+Mei+Jun	4.5±4.7	15.5±8.2	69.7±11.3	87±33	10.3±9.2	328±78	0.32±0.16	27.6
Jul+Aug+Sep	2.2±2.9	10.8±5.1	66.6±17.3	98±44	20.4±20.1	373±127	0.47±0.28	16.1
Okt+Nov+Dec	5.5±4.8	17.5±11.1	58.8±15.5	69±28	18.2±14.7	368±123	0.36±0.20	65.0
zomer	3.7±4.2	13.8±7.6	68.5±13.8	91±38	14.0±15.0	344±101	0.41±0.22	43.7
winter	6.0±5.0	18.8±12.2	59.6±15.6	71±33	15.6±13.7	339±120	0.33±0.20	91.8
winter-ZBO	6.0±4.9	18.7±12.0	63.1±15.0	74±36	12.1±11.3	301±97	0.29±0.17	60.9
winter-T0	6.1±4.0	17.7±11.6	62.4±15.4	72±33	22.7±13.4	327±114	0.30±0.18	14.5
winter-ZBW	5.8±5.3	18.8±12.5	52.7±14.4	64±24	22.2±15.2	412±125	0.41±0.22	31.0
winter-ZBW1	5.3±5.3	17.4±12.6	55.1±15.9	69±30	23.2±15.9	414±127	0.43±0.23	16.0
winter-ZBW2	6.3±5.3	20.4±12.2	50.1±12.2	59±14	10.8±14.4	409±123	0.40±0.20	15.0
pre1 (winter)	8.3±5.1	30.9±15.8	50.0±14.9	48±10	4.7±7.8	304±132	0.21±0.12	2.2
pre2 (zomer)	6.0±4.3	18.3±10.2	70.1±10.7	79±27	25.0±3.8	335±81	0.25±0.11	4.5
pre3 (zomer)	4.7±3.6	13.7±9.0	56.6±11.4	82±46	9.4±14.8	481±54	0.50±0.25	3.0

Tabel 5.13 MOW1: Lage golfactiviteit (hs<0.75m), frequentie aan primaire deeltjes, flocculi, microvlokken en macrovlokken en de grootte van de micro- en macrovlokken per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periode, zie tabel 5.5.

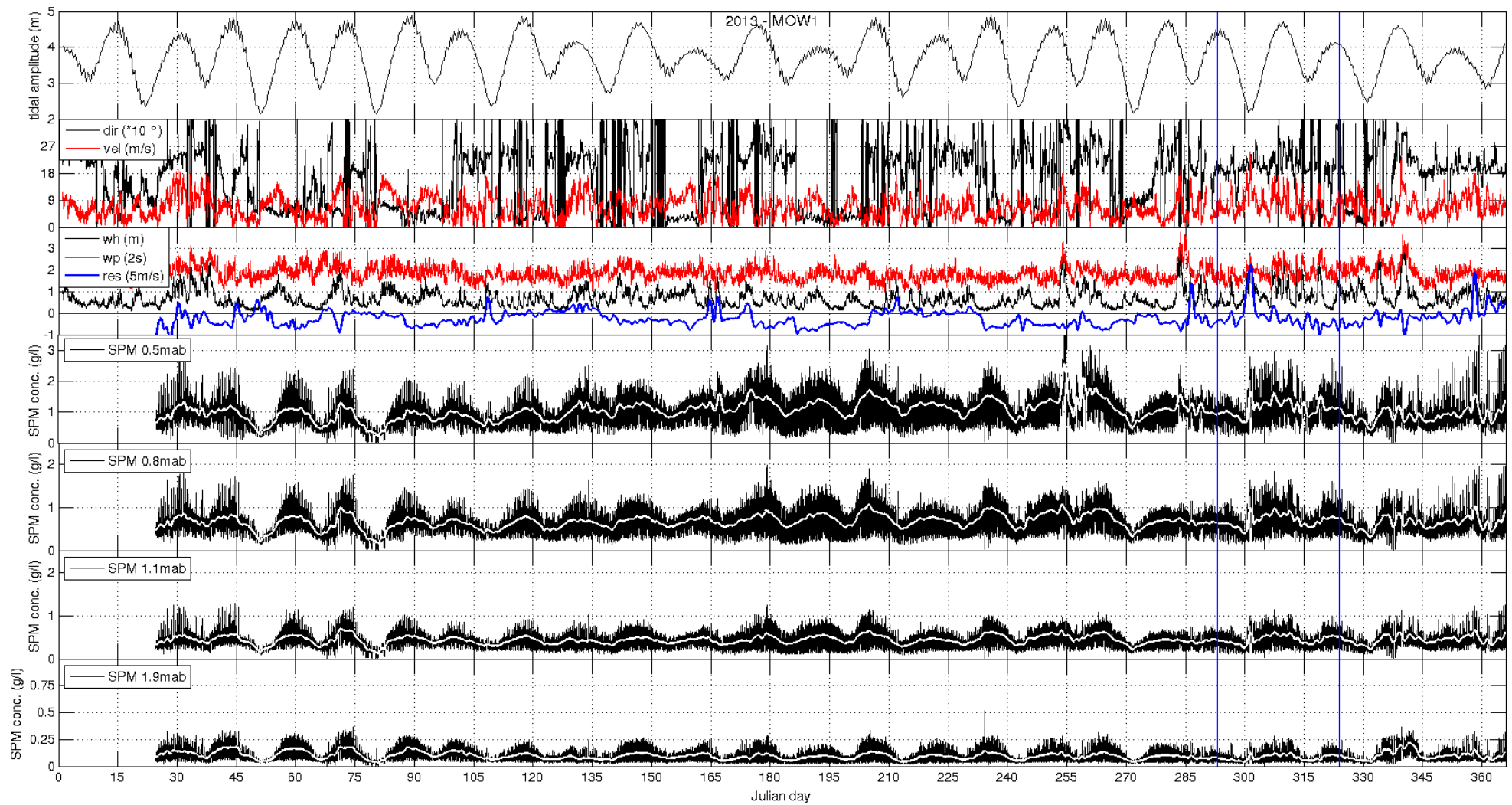
Periode	PP (%)	Flocculi (%)	Microvl. (%)	Microvl (µm)	Macrovl. (%)	Macrovl. (µm)	Ws (mm)	dagen ADP
Jan+Feb+Mar	6.9±5.7	21.2±13.4	63.1±15.5	80±47	8.7±8.4	268±69	0.27±0.19	14.6
Apr+Mei+Jun	3.9±4.3	15.3±8.2	71.0±11.1	88±33	9.8±9.8	330±79	0.32±0.16	19.5
Jul+Aug+Sep	2.2±2.8	10.7±5.1	66.7±17.6	98±45	20.5±20.5	370±128	0.47±0.28	14.5
Okt+Nov+Dec	5.0±4.6	16.4±10.2	60.7±15.8	75±30	17.9±15.8	364±120	0.37±0.21	36.2
zomer	3.2±3.8	13.3±7.4	69.2±14.4	92±39	14.4±16.2	347±105	0.43±0.24	34.0
winter	5.5±5.0	17.8±11.5	61.4±15.7	76±36	15.3±14.7	336±116	0.34±0.21	50.8
winter-ZBO	5.6±5.0	17.8±11.4	64.7±15.3	79±38	11.9±12.5	307±98	0.30±0.18	36.1
winter-T0	5.9±4.1	17.0±11.0	62.0±15.8	74±31	15.1±14.4	350±118	0.33±0.19	9.0
winter-ZBW	5.4±5.2	17.7±11.7	53.3±13.9	69±29	23.6±16.3	406±127	0.43±0.24	14.7
winter-ZBW1	4.8±5.3	15.1±10.3	56.4±15.1	79±37	23.6±16.9	426±120	0.47±0.24	6.8
winter-ZBW2	5.9±5.0	19.9±12.4	50.6±12.1	60±16	23.5±15.8	390±130	0.40±0.22	7.9
pre1 (winter)	7.7±4.7	28.2±15.0	53.1±15.3	53±14	11.0±8.4	321±135	0.23±0.13	0.6
pre2 (zomer)	6.1±4.3	18.6±10.4	70.5±10.7	79±28	4.7±3.9	334±82	0.25±0.11	4.2
pre3 (zomer)	4.4±3.5	12.6±8.2	55.3±11.9	91±49	27.7±15.5	485±46	0.54±0.26	2.0

Tabel 5.14: MOW1: Hoge golfactiviteit ($hs > 0.75m$), frequentie aan primaire deeltjes, flocculi, microvlokken en macrovlokken en de grootte van de micro- en macrovlokken per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5.

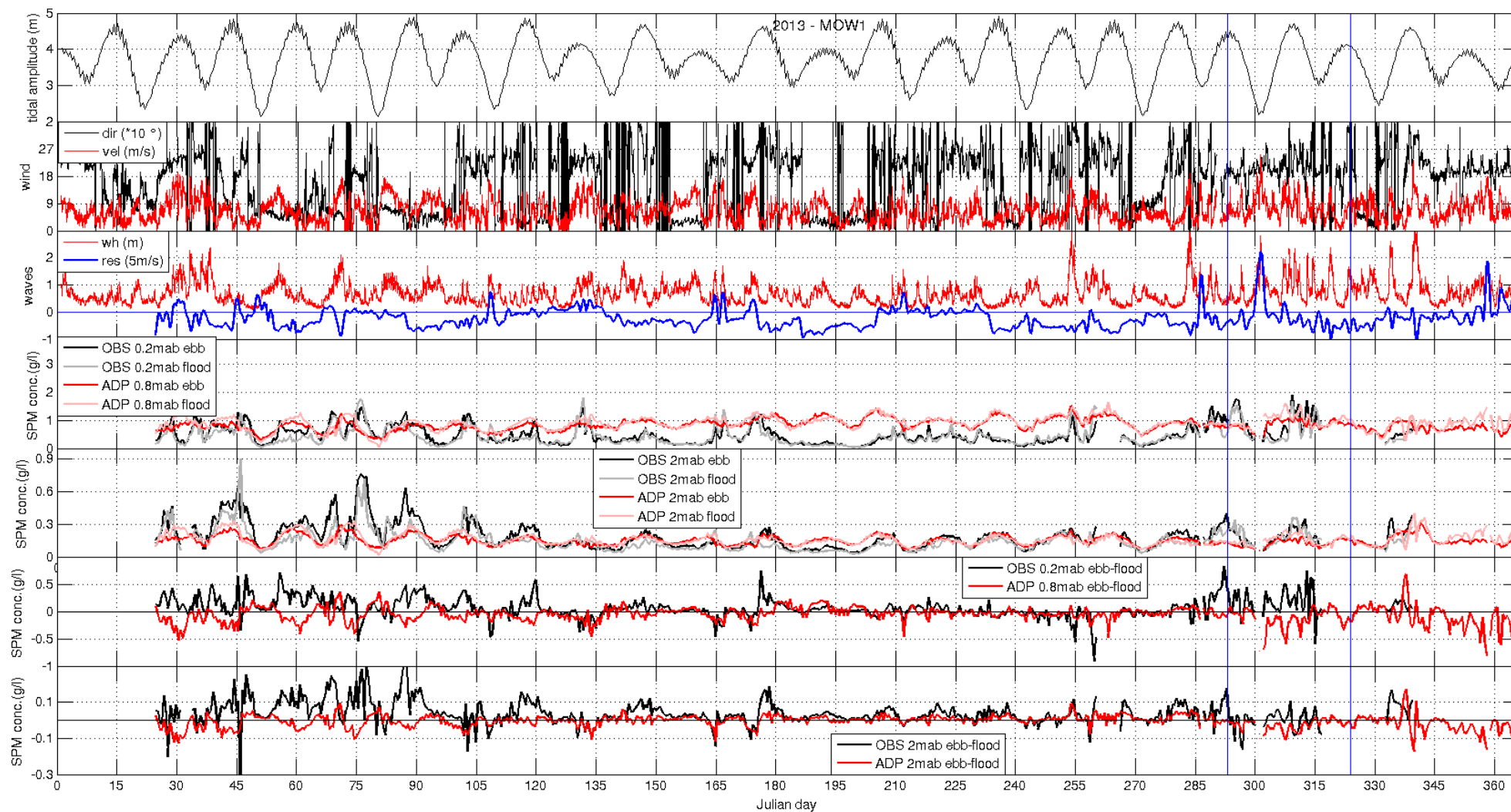
Periode	PP (%)	Flocculi (%)	Microvl. (%)	Microvl (μm)	Macrovl. (%)	Macrovl. (μm)	Ws (mm)	dagen ADP
Jan+Feb+Mar	7.2 $\pm$ 5.0	22.7 $\pm$ 14.6	59.9 $\pm$ 16.0	86 $\pm$ 38	10.3 $\pm$ 6.8	268 $\pm$ 71	0.25 $\pm$ 0.17	12.7
Apr+Mei+Jun	6.1 $\pm$ 5.2	16.2 $\pm$ 8.5	66.8 $\pm$ 11.0	65 $\pm$ 31	10.9 $\pm$ 7.5	322 $\pm$ 75	0.30 $\pm$ 0.16	9.1
Jul+Aug+Sep	2.5 $\pm$ 3.1	11.8 $\pm$ 4.5	66.5 $\pm$ 14.0	69 $\pm$ 40	19.2 $\pm$ 16.8	400 $\pm$ 116	0.47 $\pm$ 0.28	1.6
Okt+Nov+Dec	6.1 $\pm$ 4.9	18.8 $\pm$ 12.0	56.5 $\pm$ 14.7	68 $\pm$ 22	18.6 $\pm$ 13.3	373 $\pm$ 128	0.35 $\pm$ 0.20	29.2
zomer	5.6 $\pm$ 5.1	15.6 $\pm$ 8.1	66.8 $\pm$ 11.5	86 $\pm$ 33	12.1 $\pm$ 9.9	334 $\pm$ 87	0.39 $\pm$ 0.22	10.8
winter	6.5 $\pm$ 5.0	20.0 $\pm$ 12.9	57.5 $\pm$ 15.2	65 $\pm$ 28	16.0 $\pm$ 12.3	341 $\pm$ 123	0.32 $\pm$ 0.20	41.9
winter-ZBO	6.7 $\pm$ 4.6	20.0 $\pm$ 12.9	60.9 $\pm$ 14.4	69 $\pm$ 33	12.4 $\pm$ 9.3	293 $\pm$ 95	0.27 $\pm$ 0.17	25.4
winter-T0	6.3 $\pm$ 3.8	18.8 $\pm$ 12.4	63.1 $\pm$ 14.7	68 $\pm$ 35	11.9 $\pm$ 11.4	292 $\pm$ 97	0.26 $\pm$ 0.18	5.6
winter-ZBW	6.1 $\pm$ 5.4	19.9 $\pm$ 13.0	52.2 $\pm$ 14.9	59 $\pm$ 18	21.8 $\pm$ 14.1	416 $\pm$ 124	0.39 $\pm$ 0.22	16.5
winter-ZBW1	5.7 $\pm$ 5.2	19.0 $\pm$ 13.8	54.3 $\pm$ 16.3	61 $\pm$ 22	21.0 $\pm$ 15.0	404 $\pm$ 132	0.39 $\pm$ 0.23	9.4
winter-ZBW2	6.7 $\pm$ 5.7	21.0 $\pm$ 12.0	49.5 $\pm$ 12.2	57 $\pm$ 11	22.8 $\pm$ 12.6	431 $\pm$ 111	0.39 $\pm$ 0.20	7.1
pre1 (winter)	8.5 $\pm$ 5.3	31.9 $\pm$ 16.0	48.8 $\pm$ 14.6	46 $\pm$ 7	10.8 $\pm$ 7.5	298 $\pm$ 131	0.20 $\pm$ 0.12	1.6
pre2 (zomer)	5.1 $\pm$ 4.0	15.8 $\pm$ 7.9	74.7 $\pm$ 8.5	80 $\pm$ 22	4.4 $\pm$ 3.0	341 $\pm$ 76	0.25 $\pm$ 0.11	0.9
pre3 (zomer)	5.2 $\pm$ 3.8	16.0 $\pm$ 10.3	59.4 $\pm$ 9.8	66 $\pm$ 31	19.4 $\pm$ 11.2	474 $\pm$ 66	0.39 $\pm$ 0.25	1.0



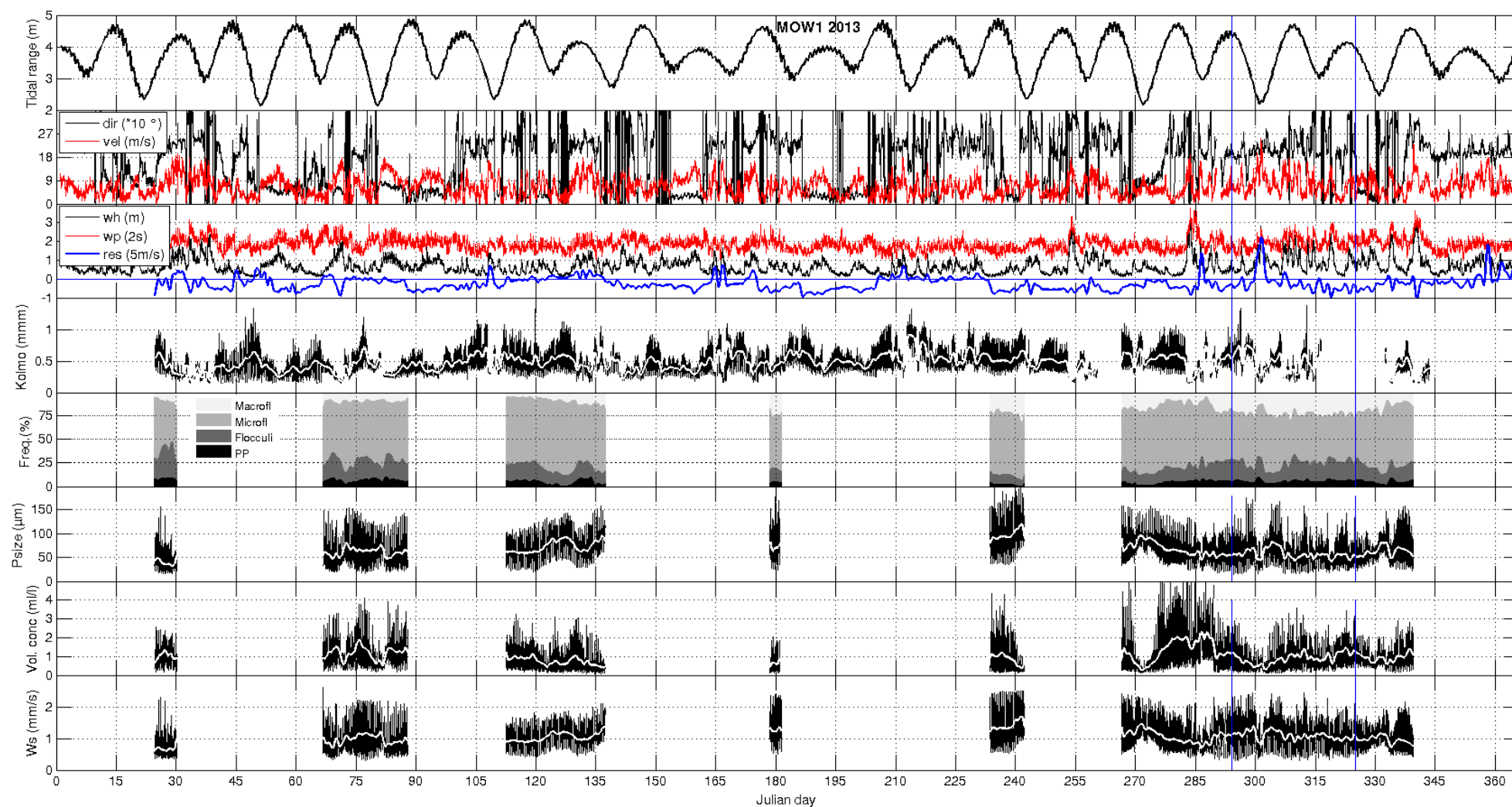
Figuur 5.5: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel), significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp) en residuele alongshore stroming (res), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



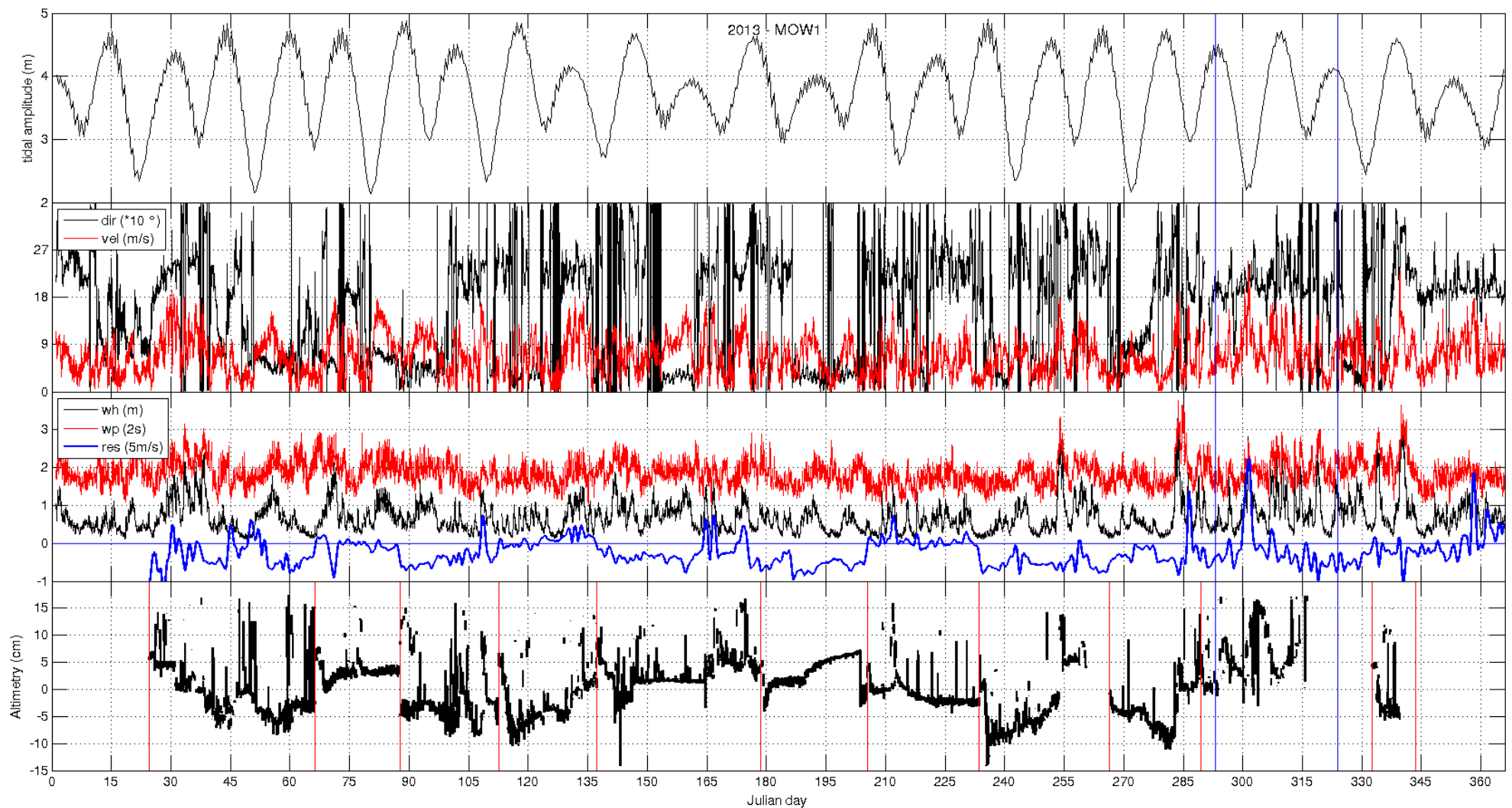
Figuur 5.6: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel), significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp) en residuele alongshore stroming (res), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



Figuur 5.7: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (*dir*) en snelheid (*vel*, significante golfoogte (*wh*), gemiddelde golfperiode (*wp*) en residuele alongshore stroming (*res*), verschil tussen eb- en vloedgemiddelde SPM concentratie op 0.5 (0.8) en 2 m boven de bodem.



Figuur 5.8: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp) en residuele alongshore stroming (res), Kolmogorov microschaal (mm), frequentie(low pass filter) aan primaire deeltjes, flocculi, microvlokken en macrovlokken, D50 vlogrootte (μm); SPM volume concentratie (ml/l) en de valsnelheid (mm/s).



Figuur 5.9: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (*dir*) en snelheid (*vel*, significante golfhoogte (*wh*), gemiddelde golfperiode (*wp*) en residuele alongshore stroming (*res*), bodemverandering (18cm min het altimetrie signaal, zie §4.3.3). De rode verticale lijnen zijn het begin en einde vaneen verankering.

5.2.2. SPM concentratie aan de WZ Boei

De data gemeten aan de WZ Boei in 2013 worden getoond in figuren 5.10 (overzicht OBS-SPM concentratie, saliniteit, temperatuur, detail in appendix 4), 5.11 (overzicht ADP-SPM concentratie, detail in appendix 5) en 5.12 (vergelijking OBS en ADP SPM concentratie). In de OBS en ADP tijdreeksen ontbreken veel data door problemen met meetinstrumentatie of verankeringen (zie boven). Enkel de ADP data zijn beschikbaar tijdens de terreinproef. In de figuren worden ook de getijamplitude, windsnelheid en –richting, de significante golfhoogte en –periode en de residuele alongshore stroming getoond. Deze informatie is nodig om de gemeten variaties in SPM concentratie te kunnen verklaren. De maandelijks en seizoenaal gemiddelde waarden voor de OBS- en de ADP-SPM concentratie staan in tabellen 5.15-5.208.

De OBS-SPM concentratie data aan de WZ boei zijn bijna allemaal in de zomer gemeten (figuur 5.10, appendix 4 en tabel 5.15-5.18). Uit de gemiddelde data blijkt dat de OBS-SPM concentratie aan de WZ boei gemiddeld hoger is dan te MOW1 en dit zowel dicht tegen de bodem als op 2 mbb. Zo is de gemiddelde SPM concentratie aan de WZ boei in de zomer ongeveer 15% hoger dicht tegen de bodem en 40% op 2 mbb (tabel 5.6 en 5.15). Dicht tegen de bodem is de gemiddelde SPM concentratie onderschat door OBS verzadiging (rond 1g/l) in 3% van de tijd, zodat het verschil in SPM concentratie tussen beide lokatie op 0.2 mbb ongeveer 40% is. De maand juni is hierbij een uitzondering, omdat toen de SPM concentratie op 0.2 mbb hoger was te MOW1.

Uit een vergelijking tussen de OBS SPM concentratie te MOW1 en WZ boei blijkt dat er een verschillend gedrag is naargelang de richting van de residuele alongshore stroming. Terwijl tijdens periodes met een negatieve alongshore stroming (bv dag 180 tot 210) op beide lokaties een vrij gelijkaardige variatie in SPM concentratie werd gemeten, zijn bij een positieve residuele alongshore stroming duidelijke verschillen waarneembaar. Het eerste event met een positieve residuele stromingsrichting, dat op beide lokaties werd gemeten, gebeurde rond dag 108 tijdens een doottij (zie ook figuur A2.3 en A4.1). Zowel te MOW1 als aan de WZ boei steeg de SPM concentratie tengevolge van golfwerking en dit vooral tijdens vloed. Tussen dag 164 en 168 (zie ook figuur A2.5 en A4.3) traden twee stormen op die gepaard gingen met hogere golven (>1.5m) en een positieve residuele alongshore stroming. Deze gebeurtenissen hadden een grotere invloed op de SPM concentratie te MOW1 dan aan de WZ boei. Een duidelijk verschil tussen SPM concentratie tijdens eb en vloed is hier niet zichtbaar. De verandering in SPM concentratie tengevolge van meteorologische invloeden is niet altijd gelijk voor beide lokaties. Zo is rond dag 174 (zie ook figuur A2.6 en A4.4), bijvoorbeeld, een duidelijke verhoging in de SPM concentratie te MOW1 te zien op 0.2 mbb en een verlaging op 2 mbb. Dit verschillend gedrag in de bodemlaag en de waterkolom werd ook reeds waargenomen op andere ogenblikken (zie Fettweis et al., 2010b) en duidt op de aanwezigheid van vloeibare sliblagen (HCMS). Ter hoogte van de WZ boei werd dit event anders geregistreerd, met name zien we dat beide OBS een hogere SPM concentratie hebben gemeten, wat dus wijst op een afwezigheid van vloeibare sliblagen. Een gelijkaardig maar minder duidelijk gedrag trad ook op rond dag 130-131 (zie ook figuren A2.4 en A4.2), waar de stijging in SPM concentratie te MOW1 wordt opgemerkt op 0.2 mbb en niet op 2 mbb. Aan de WZ boei registreerden beide OBS een stijging in concentratie.

De drie aangehaalde events met een positieve residuele alongshore stroming werden veroorzaakt door SW winden en werden gekenmerkt door hogere golven en een sterkere mariene invloed (zie de grote variaties in saliniteit tijdens een getij). De aangehaalde periode met een negatieve alongshore stroming viel op door geringere golfhoogtes en winden uit vooral NE richtingen. Hieruit kunnen we besluiten dat beide lokaties vrij

Tabel 5.15: WZ Boei. Geometrisch gemiddelde OBS-SPM concentratie en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes (tabel 5.5). De golfhoogte en residuele stroming werden berekend waar er OBS data zijn.

Period	0.2 mab (mg/l)	2 mab (mg/l)	waves (cm)	res u (cm/s)	days OBS
Mar+Apr	345 */ 2.00	187 */ 1.98	61 ± 29	-1.22 ± 4.37	31.5
May	297 */ 2.35	71 */ 2.04	66 ± 55	1.34 ± 1.80	13.5
Jun+Jul	181 */ 2.64	112 */ 2.44	57 ± 29	-3.82 ± 3.78	46.0
Aug	227 */ 2.13	100 */ 2.03	53 ± 25	0.16 ± 1.76	23.3
Sep	392 */ 1.98	149 */ 2.00	67 ± 39	-0.74 ± 2.71	17.6
summer	251 */ 2.41	121 */ 2.25	60 ± 31	-1.51 ± 3.85	125.4
winter	524 */ 1.62	333 */ 1.63	60 ± 15	-0.27 ± 4.75	3.6
pre2 (summer)	405 */ 1.93	219 */ 1.91	53 ± 29	-1.42 ± 5.15	13.0
pre3 (summer)	173 */ 3.03	104 */ 2.74	56 ± 24	-5.15 ± 3.37	14.4

Tabel 5.16: WZ Boei. Geometrisch gemiddelde OBS-SPM concentratie tijdens lage golfactiviteit ($H_s < 0.75$ m) en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periode (tabel 5.5).

Period	0.2 mab (mg/l)	2 mab (mg/l)	waves (cm)	res u (cm/s)	days OBS
Mar+Apr	362 */ 1.99	197 */ 1.98	45 ± 15	-1.33 ± 3.18	22.0
May	233 */ 2.27	62 */ 1.89	43 ± 19	1.39 ± 1.71	8.5
Jun+Jul	166 */ 2.60	106 */ 2.38	43 ± 16	-3.92 ± 3.32	34.2
Aug	229 */ 2.15	103 */ 2.04	44 ± 17	0.09 ± 1.76	19.0
Sep	375 */ 2.02	152 */ 2.01	36 ± 15	-0.24 ± 1.31	9.8
summer	233 */ 2.43	118 */ 2.26	43 ± 11	-1.48 ± 3.33	90.7
winter	508 */ 1.64	329 */ 1.65	55 ± 16	-1.60 ± 2.61	2.9
pre2 (summer)	402 */ 1.94	214 */ 1.94	40 ± 15	-2.77 ± 3.34	10.5
pre3 (summer)	165 */ 2.98	100 */ 2.68	46 ± 17	-5.15 ± 3.46	11.0

Tabel 5.17: WZ Boei. Geometrisch gemiddelde OBS-SPM concentratie tijdens hoge golfactiviteit ($H_s > 0.75$ m) en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5.

Period	0.2 mab (mg/l)	2 mab (mg/l)	waves (cm)	res u (cm/s)	days OBS
Mar+Apr	306 */ 2.01	166 */ 1.92	97 ± 13	-1.41 ± 5.98	11.5
May	441 */ 2.14	88 */ 2.20	104 ± 18	1.11 ± 2.14	1.8
Jun+Jul	234 */ 2.65	132 */ 2.57	96 ± 18	-3.42 ± 4.91	6.9
Aug	217 */ 2.06	89 */ 1.96	93 ± 13	0.43 ± 1.79	2.9
Sep	416 */ 1.85	144 */ 2.00	105 ± 23	-1.34 ± 4.10	6.2
summer	298 */ 2.30	128 */ 2.23	99 ± 19	-1.70 ± 4.10	28.6
winter	601 */ 1.54	362 */ 1.58	81 ± 6	5.01 ± 7.14	0.7
pre2 (summer)	387 */ 1.92	201 */ 1.78	101 ± 16	1.07 ± 7.66	3.6
pre3 (summer)	205 */ 3.00	118 */ 2.84	87 ± 10	-4.86 ± 3.08	3.3

gelijkaardig reageren als wind- en golfinvloeden gering zijn, bij een toenemende golfwerking treden verschillen op in de SPM concentraties tussen beide lokaties. De over het algemeen sterkere respons te MOW1 op dit soort events heeft te maken met de geringere golfinvloed aan de WZ boei door de grotere gemiddelde waterdiepte (ongeveer 14 m t.o.v. 10 m te MOW1) en de aanwezigheid van vloeibare sliblagen (zie dag 174).

De OBS SPM concentratie op 2 mbb werd gebruikt om de ADP (Aquadopp) backscatter om te zetten naar een massa concentratie. Ook hier valt de betere correlatie met de getijamplitude op in de ADP SPM concentraties dan in de OBS data (zie figuren 5.9-5.11). De ADP werd afgeijkt met de bovenste OBS, naar onder toe werd deze calibratie gebruikt mits bijkomende correctie voor attenuatie. Ook hier worden de ADP-SPM concentratie waarden veel groter dan de OBS waarden dicht tegen de bodem (zie figuur 5.10 en tabel 5.18). De OBS SPM concentratie op 0.2 mbb komt best overeen met de ADP bin op 1.55 mbb, een lagere bin geeft te hoge SPM concentraties. Een van de events hierboven besproken, met name deze rond dag 108 (figuren A2.3, A3.3, A4.1 en A5.1), werd door de ADP als de OBS gemeten en dit op de twee lokaties. Beide sensoren reageerden hierop gelijkaardig, met name een verhoging in SPM concentratie. De ADP SPM concentratie te MOW1 en WZ boei verschillen doordat het seizoenaal signaal te MOW1 veel minder duidelijk is aan de WZ boei (zie ook tabellen 5.9 en 5.18) en doordat stormen met hoge golven een duidelijkere invloed hebben op de SPM concentratie te MOW1. Zo zijn de stormen tussen dag 175 en 320 minder uitgesproken aanwezig in het SPM concentratiesignaal van de WZ boei dan van MOW1.

Tabel 5.18 WZ Boei: Geometrisch gemiddelde ADP-SPM concentratie en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5. De golfhoogte en residuele stroming werden berekend waar er ADP data zijn.

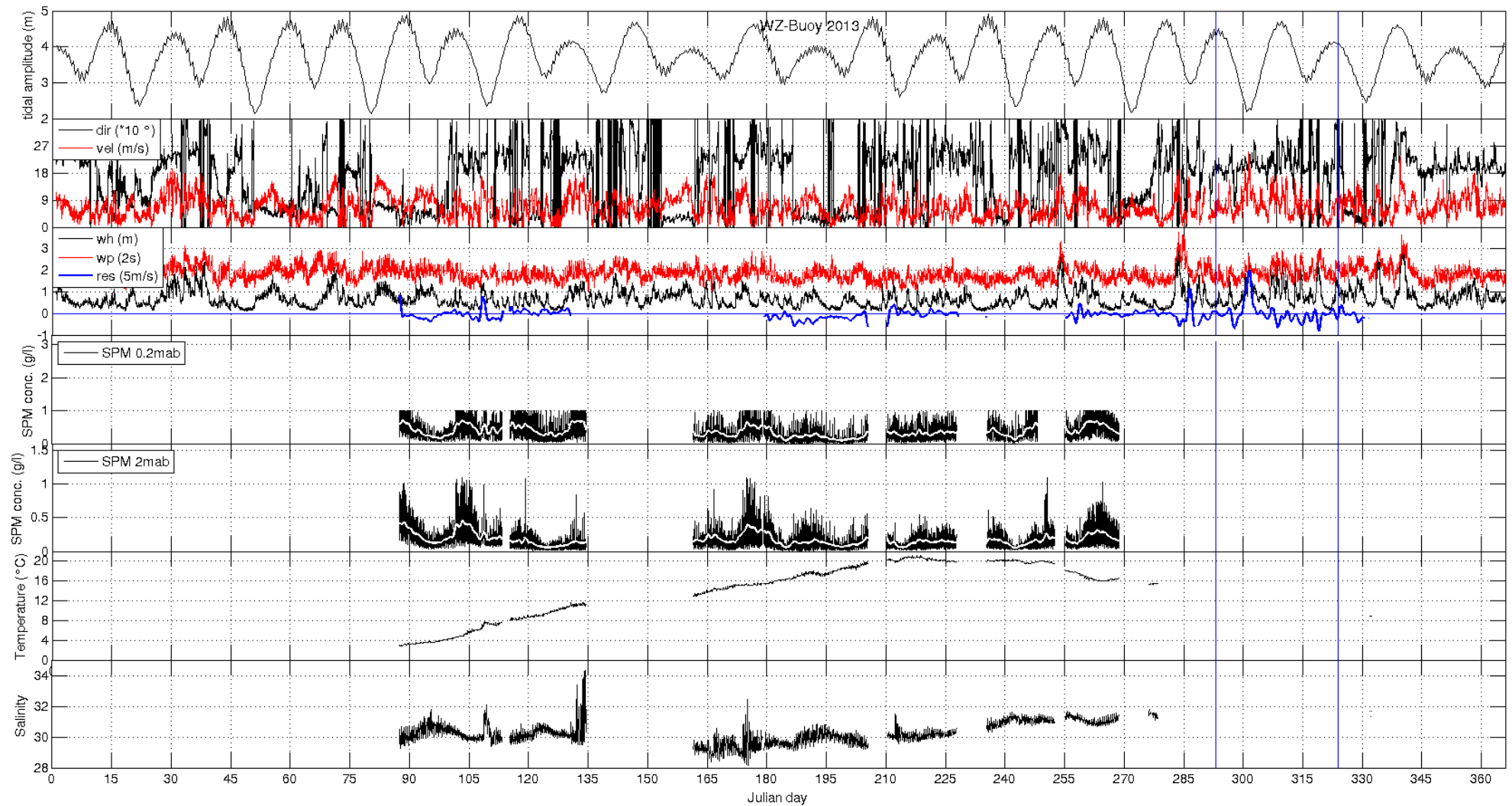
Period	0.8 mab (mg/l)	1.55 mab (mg/l)	2.15 mab (mg/l)	waves (cm)	res u (cm/s)	days OBS
Mar+Apr	1861 */ 1.53	1049 */ 1.55	144 */ 1.91	61 ± 29	-1.10 ± 4.39	31.6
May	1533 */ 1.70	830 */ 1.59	97 */ 1.77	51 ± 28	1.34 ± 1.80	9.6
Jun+Jul	1464 */ 2.18	721 */ 2.05	78 */ 2.24	55 ± 25	-3.84 ± 3.78	28.8
Aug	1544 */ 1.94	709 */ 1.88	71 */ 2.04	53 ± 25	0.12 ± 1.75	15.4
Sep	2182 */ 1.92	1023 */ 1.83	110 */ 2.13	66 ± 36	-0.81 ± 2.70	18.7
Oct	2327 */ 1.72	1129 */ 1.72	131 */ 2.08	73 ± 53	0.86 ± 9.16	30.2
Nov	2562 */ 1.52	1239 */ 1.64	155 */ 2.04	94 ± 48	-2.94 ± 4.72	25.6
summer	1696 */ 1.91	856 */ 1.86	97 */ 2.13	58 ± 30	-1.45 ± 3.76	100.5
winter	2389 */ 1.64	1189 */ 1.67	146 */ 2.07	82 ± 51	-0.85 ± 7.55	59.4
winter-ZBO	2477 */ 1.69	1161 */ 1.72	141 */ 2.10	72 ± 51	-1.31 ± 5.49	27.4
winter-T0	2680 */ 1.60	1246 */ 1.71	150 */ 2.12	85 ± 64	-2.09 ± 7.17	14.2
winter-ZBW	2318 */ 1.60	1213 */ 1.63	149 */ 2.05	87 ± 50	-0.49 ± 8.92	32.0
winter-ZBW1	2140 */ 1.63	1106 */ 1.65	131 */ 2.04	79 ± 45	2.92 ± 11.14	14.3
winter-ZBW2	2548 */ 1.51	1307 */ 1.60	166 */ 2.02	94 ± 52	-3.22 ± 5.25	17.8
pre2 (zomer)	1609 */ 1.55	875 */ 1.53	107 */ 1.80	53 ± 29	-0.97 ± 5.17	13.0
pre3 (zomer)	1395 */ 2.32	689 */ 2.16	74 */ 2.28	57 ± 24	5.23 ± 3.36	12.7

Tabel 5.19 WZ Boei: Geometrisch gemiddelde ADP-SPM concentratie tijdens lage golfactiviteit ($H_s < 0.75$ m) en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5. De golfhoogte en residuele stroming werden berekend voor de periodes waar er ADP data zijn.

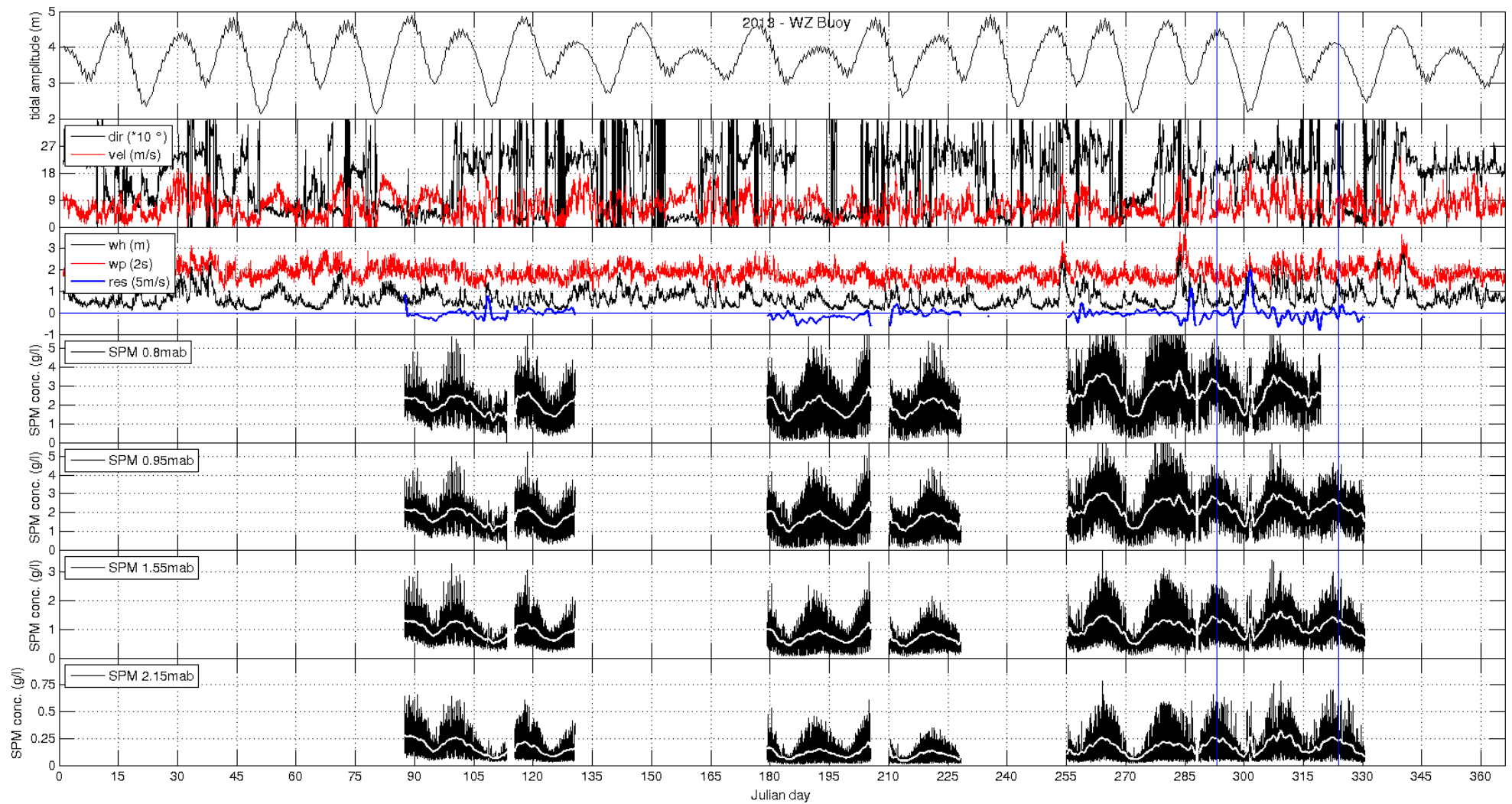
Period	0.8 mab (mg/l)	1.55 mab (mg/l)	2.15 mab (mg/l)	waves (cm)	res u (cm/s)	days OBS
Mar+Apr	1896 */ 1.53	1074 */ 1.57	149 */ 1.94	45 ± 15	-1.12 ± 3.13	22.1
May	1477 */ 1.70	805 */ 1.59	94 */ 1.76	42 ± 19	1.39 ± 1.71	7.9
Jun+Jul	1422 */ 2.18	710 */ 2.07	77 */ 2.23	44 ± 17	-3.95 ± 3.33	22.2
Aug	1512 */ 1.94	701 */ 1.90	70 */ 2.05	44 ± 17	0.04 ± 1.74	12.5
Sep	2107 */ 1.92	1030 */ 1.86	111 */ 2.13	41 ± 16	-0.46 ± 1.52	11.3
Oct	2390 */ 1.72	1179 */ 1.71	136 */ 2.08	43 ± 15	-1.27 ± 4.13	19.8
Nov	2413 */ 1.52	1312 */ 1.57	165 */ 2.01	50 ± 17	-1.85 ± 3.45	10.4
summer	1643 */ 1.95	840 */ 1.88	96 */ 2.16	43 ± 16	-1.40 ± 3.24	73.0
winter	2379 */ 1.65	1236 */ 1.65	151 */ 2.06	46 ± 16	-1.47 ± 3.85	33.1
winter-ZBO	2447 */ 1.70	1226 */ 1.69	150 */ 2.09	44 ± 15	-0.69 ± 3.36	17.0
winter-T0	2716 */ 1.57	1313 */ 1.66	166 */ 2.11	43 ± 15	-1.70 ± 4.36	8.9
winter-ZBW	2296 */ 1.59	1246 */ 1.60	152 */ 2.02	48 ± 16	-2.34 ± 4.06	16.1
winter-ZBW1	2237 */ 1.62	1173 */ 1.61	138 */ 2.00	48 ± 14	-2.92 ± 4.28	8.1
winter-ZBW2	2402 */ 1.53	1326 */ 1.57	168 */ 2.03	48 ± 17	-1.75 ± 3.73	8.0
pre2 (zomer)	1627 */ 1.56	893 */ 1.53	111 */ 1.81	40 ± 15	-2.38 ± 3.27	10.5
pre3 (zomer)	1313 */ 2.38	652 */ 2.16	69 */ 2.22	47 ± 17	-5.25 ± 3.46	9.7

Tabel 5.20 WZ Boei: Geometrisch gemiddelde ADP-SPM concentratie tijdens hoge golfactiviteit ($H_s > 0.75$ m) en residuele alongshore stroming per maand, seizoen en tijdens geselecteerde periodes, zie tabel 5.5. De golfhoogte en residuele stroming werden berekend voor de periodes waar er ADP data zijn.

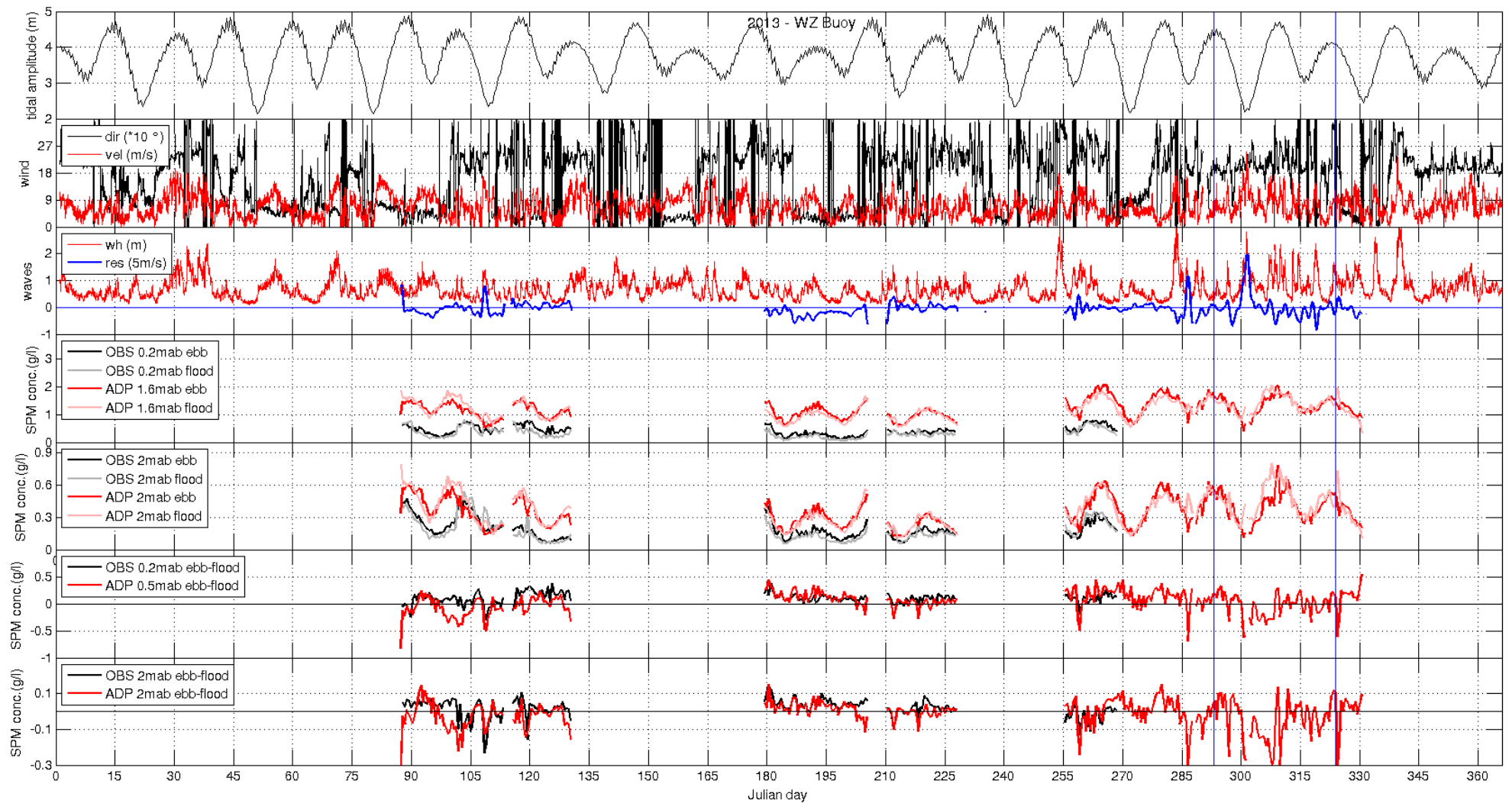
Period	0.8 mab (mg/l)	1.55 mab (mg/l)	2.15 mab (mg/l)	waves (cm)	res u (cm/s)	days OBS
Mar+Apr	1747 */ 1.53	973 */ 1.54	129 */ 1.91	97 ± 16	-1.06 ± 4.39	11.5
May	1794 */ 1.70	940 */ 1.55	110 */ 1.77	95 ± 16	1.12 ± 1.80	1.8
Jun+Jul	1584 */ 2.18	746 */ 2.01	79 */ 2.24	90 ± 14	-3.48 ± 3.78	6.9
Aug	1704 */ 1.94	749 */ 1.79	74 */ 2.04	92 ± 14	0.46 ± 1.75	2.9
Sep	2301 */ 1.92	1013 */ 1.86	108 */ 2.13	104 ± 23	-1.34 ± 2.70	7.5
Oct	2221 */ 1.72	1043 */ 1.72	123 */ 2.08	130 ± 52	4.82 ± 9.16	10.8
Nov	2673 */ 1.52	1190 */ 1.69	148 */ 2.04	124 ± 38	-3.68 ± 4.72	15.3
summer	1815 */ 1.80	890 */ 1.70	102 */ 2.08	97 ± 18	-1.59 ± 4.85	29.3
winter	2404 */ 1.61	1133 */ 1.70	139 */ 2.07	126 ± 44	-0.07 ± 10.41	26.8
winter-ZBO	2560 */ 1.63	1066 */ 1.74	129 */ 2.09	128 ± 51	-2.54 ± 8.07	10.7
winter-T0	2617 */ 1.65	1139 */ 1.76	135 */ 2.12	144 ± 60	-2.64 ± 9.82	5.5
winter-ZBW	2339 */ 1.60	1182 */ 1.66	146 */ 2.07	126 ± 41	1.35 ± 11.66	16.1
winter-ZBW1	2031 */ 1.66	1032 */ 1.68	123 */ 2.09	118 ± 39	10.55 ± 12.62	6.3
winter-ZBW2	2632 */ 1.56	1288 */ 1.62	163 */ 2.01	131 ± 41	-4.40 ± 5.95	9.9
pre2 (zomer)	1452 */ 1.58	762 */ 1.56	86 */ 1.66	101 ± 16	4.40 ± 7.16	3.6
pre3 (zomer)	1637 */ 2.20	794 */ 2.12	88 */ 1.37	88 ± 10	-5.17 ± 3.04	3.3



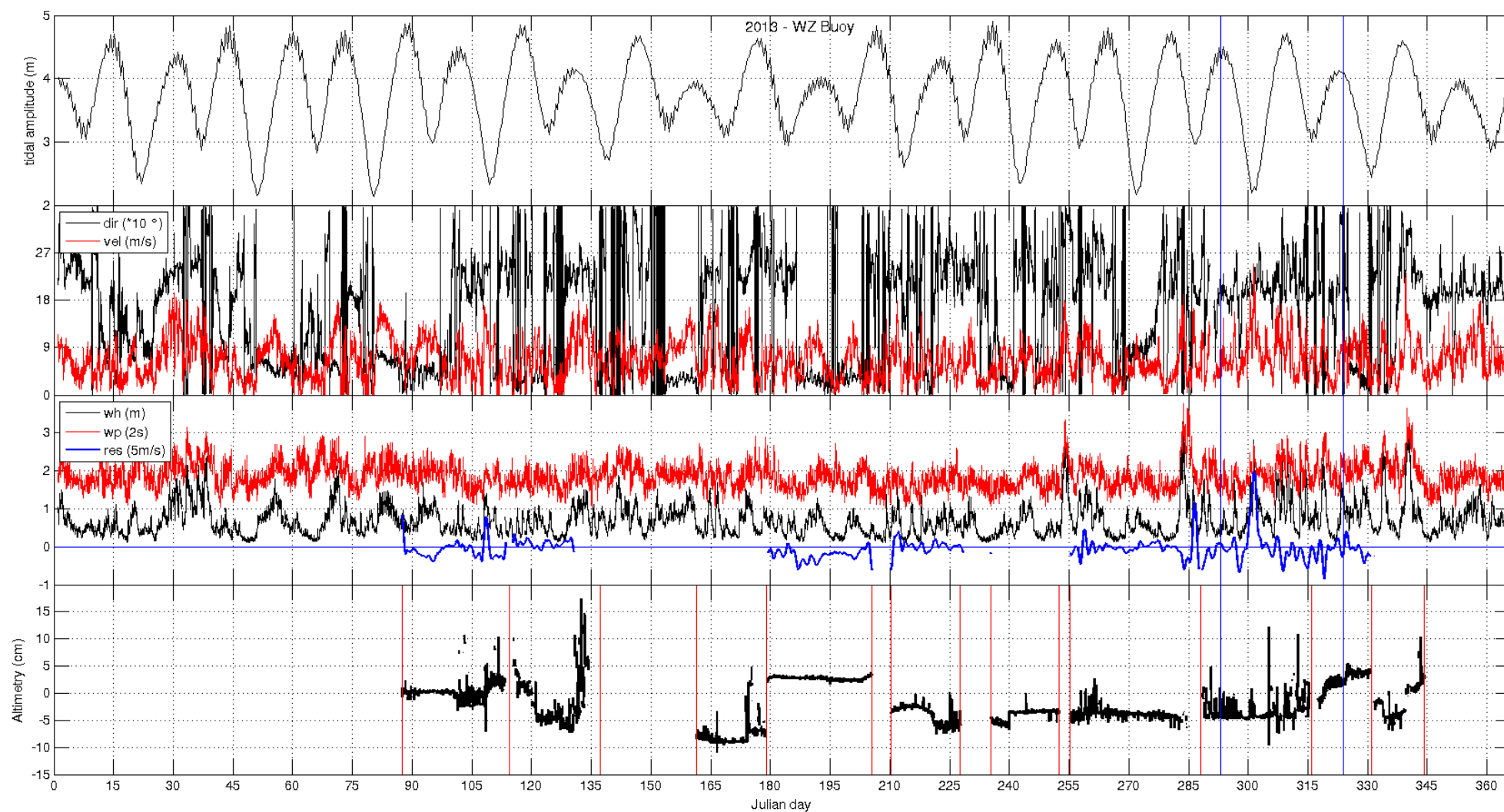
Figuur 5.10: WZ-Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp) en residuele alongshore stroming (res), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



Figuur 5.11: WZ-Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp) en residuele alongshore stroming (res), ADP SPM concentratie op 0.8, 0.95, 1.25, en 2.15 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



Figuur 5.12: WZ-Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp) en residuele alongshore stroming (res), verschil tussen eb- en vloedgemiddelde SPM concentratie dicht tegen de bodem en 2 m boven de bodem.



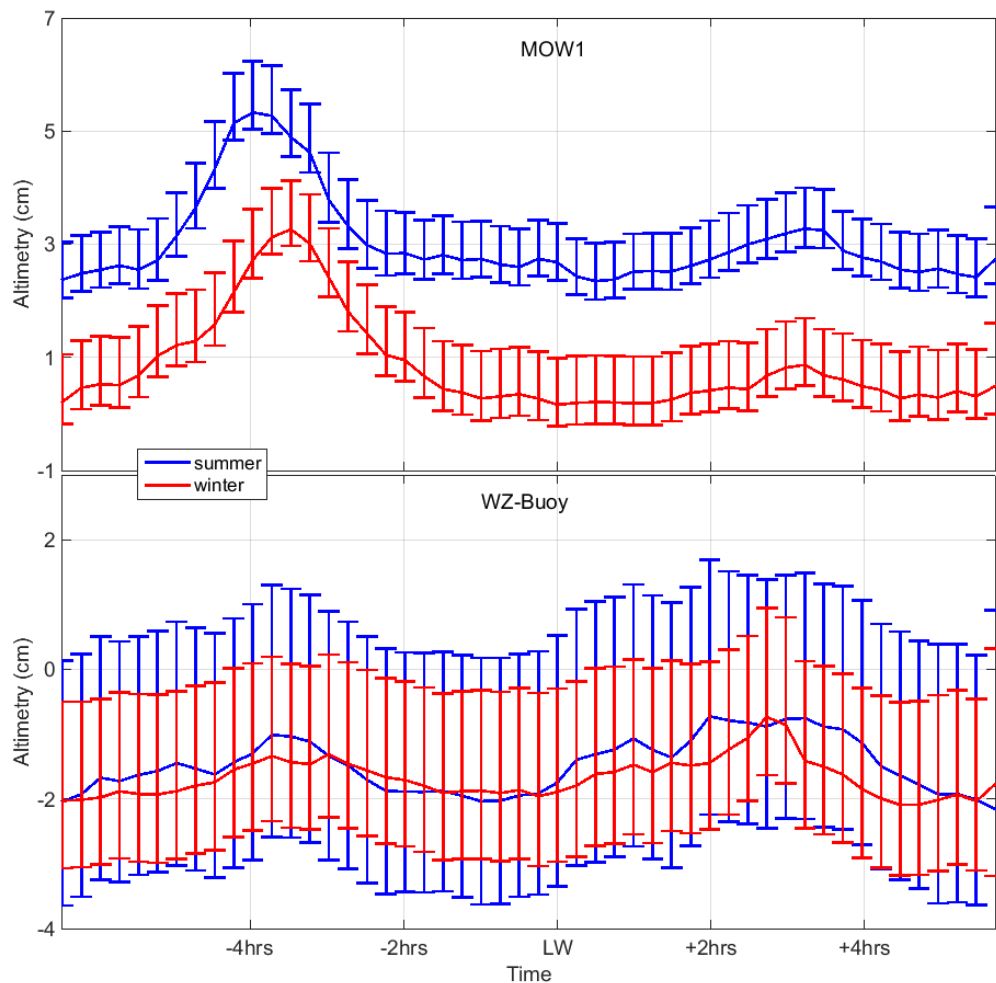
Figuur 5.13: WZ boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp) en residuele alongshore stroming (res), bodemverandering (18cm min het altimetrie signaal, zie §4.3.3). De rode verticale lijnen zijn het begin en einde vaneen verankering.

5.3. Bodemdata: Altimetrie te MOW1 en aan de WZ boei

De tijdserie van de altimetrie data (hoogte van het meetvolume min het altimetriesignaal) worden getoond in figuren 5.9 (MOW1) en 5.13 (WZ Boei). Het signaal geeft zowel een zicht op de onregelmatigheden in bathymetrie ter hoogte van de ADV (put of ophoping), beweging van de tripode, alsook van de sedimentdynamica. Negatieve waarden geven een indicatie voor erosie van de bodem. De variaties zijn gelinkt aan getij, stormen en geleidelijke erosie en sedimentatieprocessen. Een geleidelijke toename in altimetriewaarden duidt op sedimentatie of een geleidelijke begraving van de tripode (=laagfrequent signaal). Plotse stijgingen van het signaal treden vooral op tijdens kentering wanneer het SPM bezinkt en zich ophoopt op de zeebodem (hoogfrequent signaal). Omdat de tripode nooit op exact dezelfde werd verankerd en aan het begin van de verankering dikwijls nog niet stabiel op de zeebodem staat, moet de tijdserie per verankering worden bekeken.

De zeebodem te MOW1 varieerde tussen -14.8 cm en 17.4 cm (figuur 5.9). Over het algemeen varieert het laagfrequent altimetriesignaal sterker bij sterke variaties van de residuele alongshore stroming t.g.v stormen. Tijdens verankering 59 (dag 24.5-66.4) zien we zowel geleidelijke afname door een storm, alsook plotse variaties door de vorming en resuspensie van HCMS rond kentering. De storm rond dag 70 heeft weinig effect gehad op de altimetrie, omdat deze gepaard ging met een afname in SPM concentratie door de aanvoer van meer marien water. De hoogfrequente variaties in zeebodem bedragen ongeveer 15-20 cm. Dikwijls verstoren deze afzettingen het meetvolume van de ADV, wat slechte data oplevert. Tijdens de storm van dag 255 zien we een toename in altimetrie samen met een toename van de SPM concentratie op 0.2 mbb. De negatieve residuele alongshore stroming duidt op een advectie vanuit het NE, de toename in altimetrie wordt mogelijks veroorzaakt door de vorming van HCMS. Gelijkaardige bevindingen werden ook gevonden te Blankenberge (Fettweis et al., 2012). De storm rond dag 302 is verschillend, hier daalt de SPM concentratie tengevolge van de sterk positieve residuele alongshore stroming. De stijging in altimetrie is hier mogelijks door zowel een verandering in bodempeil en/of de vorming van HCMS lagen veroorzaakt. Enkele dagen later daalt de altimetrie en stijgt de SPM concentratie weer. De toestand gaat mogelijks. De gemiddelde verandering in altimetrie tijdens een getij verduidelijkt dat er een ophoping is van slib rond kentering, zie figuur 5.14. Deze ophoping van materiaal is meer uitgesproken tijdens de kentering na HW dan na LW. Dit is deels te verklaren doordat de afzetting vermoedelijk een lossere structuur (lagere densiteit) heeft en deels doordat deze kentering langer duurt dan deze na LW. De resuspensie van dit materiaal zorgt voor een piek in de SPM concentratie tijdens eb die hoger is dan tijdens vloed (zie figuur 5.17).

De zeebodem aan de WZ boei varieerde tussen -9.2 cm en 17.4 cm (figuur 5.13). De tijdreeks toont een geringere variabiliteit in de zeebodemaltimetrie dan te MOW1 (figuur 5.14). Mogelijks is dit te het gevolg van de grotere bathymetrie op deze locatie en/of de grotere variabiliteit in bodemsamenstelling te MOW1. Het signaal vertoont weinig geleidelijke variaties, wat duidt op een relatief stabiele bodem. Opvallend is dat tijdens de stortproef in oktober-november het altimetriesignaal sterker varieerde dan anders. Het altimetriesignaal vertoont ook aan de WZ-boei weliswaar minder uitgesproken dan te MOW1, dat er tijdens kentering een ophoping is van materiaal. Merk op dat de standaardfout op deze data heel groot is. Dit is het gevolg van de grote verschillen in altimetrie tussen verankeringen die bij de middeling mee in rekening werden gebracht. In contrast met de resultaten van MOW1, zijn er aan de WZ boei weinig verschillen tussen zomer en winter.

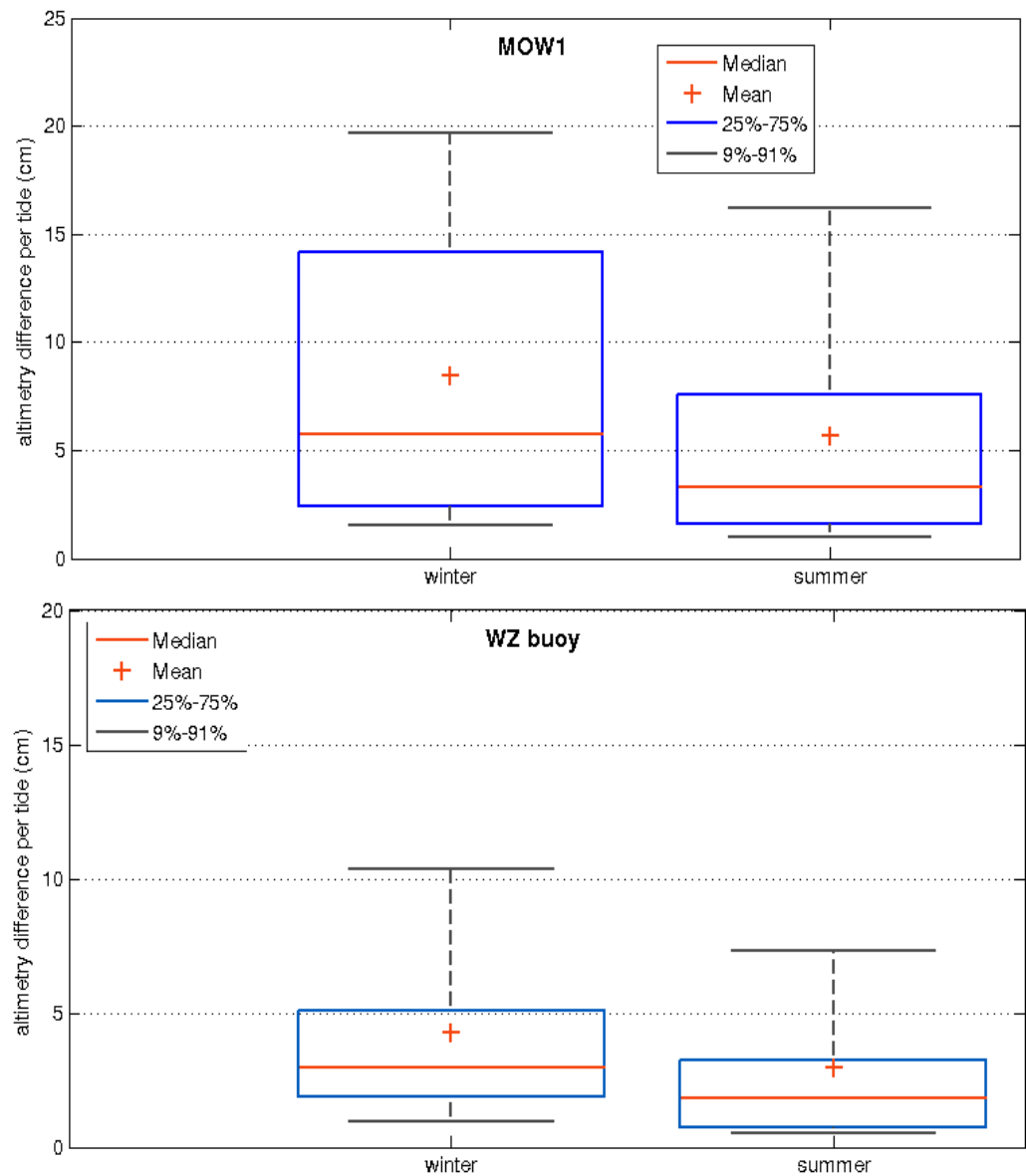


Figuur 5.14: Gemiddelde altimetrie (afstand t.o.v. de zeebodem, 0 cm is gelijk aan de hoogte tussen het meetvolume van de ADV en een vlakke zeebodem) Ook aangeduid is de standaardfout.

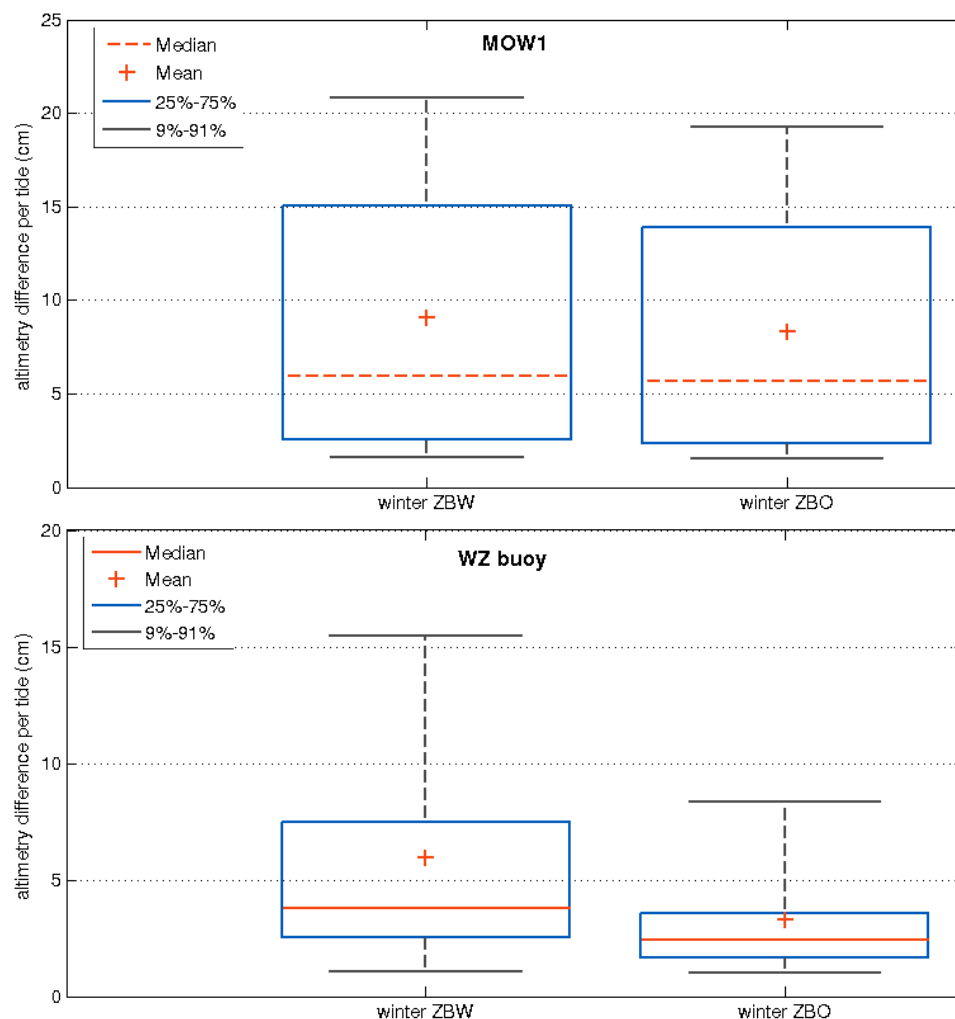
Voorgaand onderzoek heeft aangetoond dat de vlokken gemiddeld gezien groter zijn in de zomer dan in de winter. Dit wordt verklaard door de hogere concentraties aan Transparente Extracellulaire Polymeren (TEPs) in de zomer (Passow 2002) waardoor de vlokken sterker worden en minder snel uiteenbreken (Fettweis et al., 2015). Grotere vlokken hebben een hogere valsnelheid. Het verschil in valsnelheid tussen de zomer en de winter is opvallend; de valsnelheden in de zomer zijn ongeveer 25% hoger dan in de winter. De hogere bezinkingsflux duidt op een hogere waarschijnlijkheid in het voorkomen van HCMS lagen. De aanwezigheid van TEPs heeft daarenboven ook een stabiliserend effect op de slibafzettingen en verhoogt dus hun erosieweerstand (Gerbersdorf et al. 2008). Dit betekent dat in de winter de erosieweerstand van de sliblaag vermindert omdat het stabiliserend effect van de TEPs wegvalt. De variatie tussen de maximale en minimale altimetrie tijdens een getij is een indicatie van de vorming en resuspensie van HCMS lagen tijdens kentering, zie figuur 5.15. Het gemiddeld verschil bedraagt 8.48 cm in de winter en 5.72 cm in de zomer te MOW1 en 4.26 cm in de winter en 2.99 cm in de zomer aan de WZ boei. De grotere variaties in de winter in altimetrie tijdens een getij kunnen verklaard worden door de betere resuspensie van de slibafzettingen (fluffy lagen) in de winter. Deze resultaten bevestigen de bevindingen uit Fettweis et al. (2015).

Figuur 5.16 toont dezelfde variaties in de winter tijdens het storten op ZBO en ZBW. Te MOW1 is het verschil gering (storten op ZBW 9.05 cm en storten op ZBO 8.34 cm). Aan de WZ boei zijn de verschillen in dezelfde lijn maar groter. Tijdens het gebruik van stortplaats

ZBW is de variatie 5.97 cm en bij storten op ZBO 3.76 cm. Vermoedelijk zijn de grotere variaties in bodempeil tijdens een getij bij ZBW sterk beïnvloed door de golfcondities tijdens de stortproef en reflecteren dus niet de invloed van het niet storten op ZBO.



Figuur 5.15: Verschil in altimetrie tijdens een getij in de winter en de zomer (2013) te MOW1 (boven) en WZ boei (onder).



Figuur 5.16: Verschil in altimetrie tijdens een getij in de winter met stormen op ZBW en met stormen op ZBO te MOW1 (boven) en WZ boei (onder).

5.4. Ensemble gemiddelde SPM concentratie te MOW1 en WZ boei

De 2013 data omvatten ongeveer 600 getijcycli te MOW1 en ongeveer 300 aan de Wz boei, zie tabel 5.19 voor meer detail. Aan elke getijcyclus werden classificatieparameters toegekend om rekening te kunnen houden met de seizoenen, getijamplitude, golfhoogte en de residuele alongshore stroming. Klassificatie in **seizoenen** werd beperkt tot twee periodes, met name een periode met een lagere SPM concentratie in de waterkolom (zomer, April-September) en een periode met een hogere SPM concentratie (winter, Oktober-Maart). De **getijamplitude** werd berekend met het harmonisch getijsignaal te Zeebrugge en dan gegroept volgens de P66 (3.95 m) en P33 (3.31 m) in een spring tij (SP, >P66), gemiddeld tij (MT, P66-P33) en doottij (NT, <P33). Deze indeling in spring, gemiddeld en doottij komt niet noodzakelijk overeen met de astronomische definitie van een springtij-doottij cyclus, omdat sommige astronomische spring- of doottijen een voldoende lage of hoge getijamplitude hebben om in de groep van de gemiddelde getijden te belanden. De invloed van weerspatronen op de SPM concentratie werd nagegaan door de getijcycli te groeperen volgens de **significante golfhoogte** ($hs < 1m$, $hs > 1m$) en de richting van de **residuele alongshore stroming**. De richting van deze residuele stroming wordt bepaald door de windrichting en is aldus een indicatie van de overheersende winden. Voor elke getijcyclus werd deze residuele stroming berekend uit de ADP stroomsnelheidsdata met behulp van de PL64 low-pass filter (Flagg et al. 1976). Vervolgens werden de getijcycli geklasseerd in twee groepen, een negatieve alongshore

stroming (SW-ward) met de kleinste 33% van de data (<P33) en een positieve naar het (NE-ward) met de grootste 33% (P66).

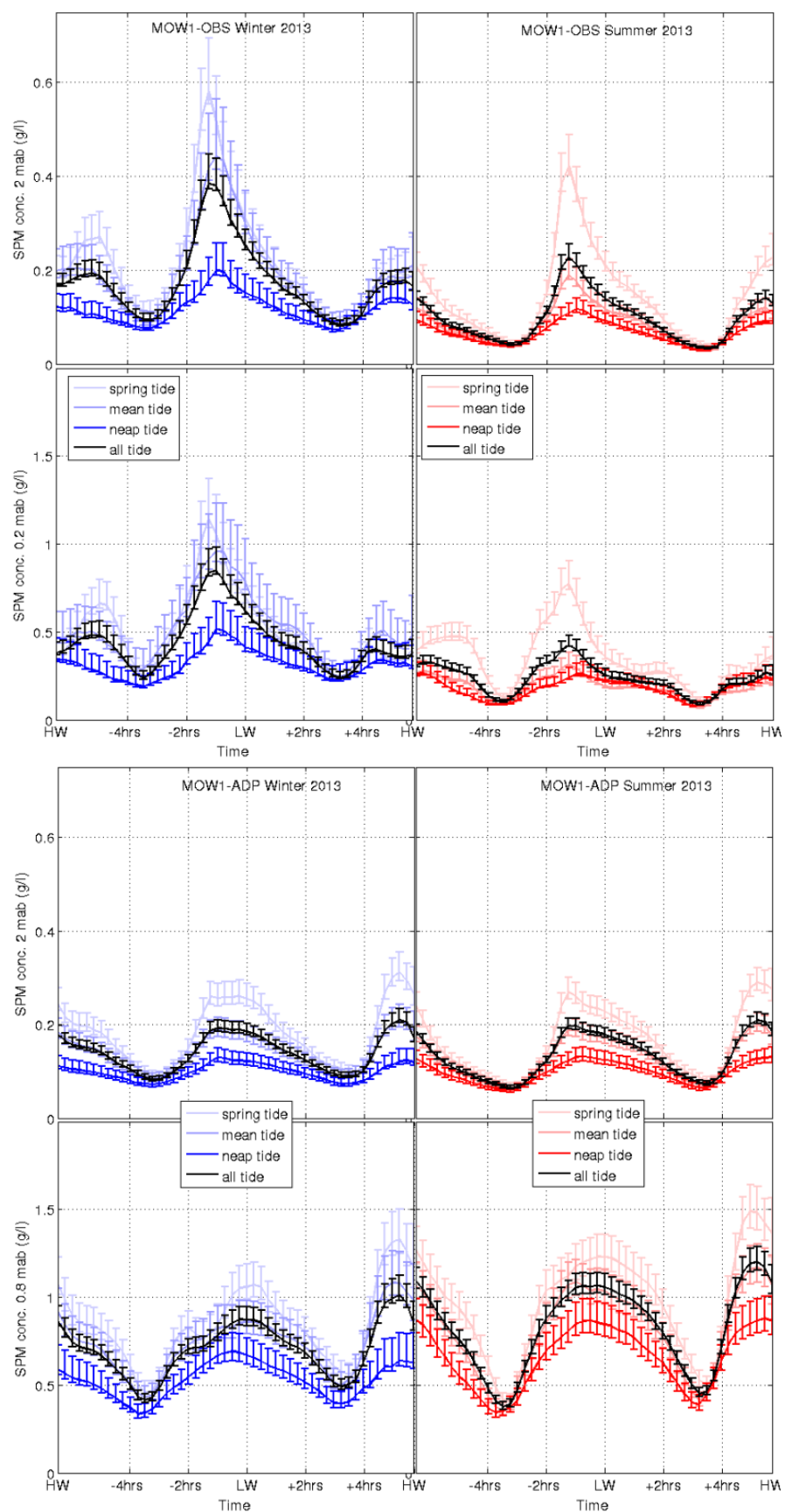
Elke getijcyclus start op hoogwater (HW) en eindigt op het volgende HW en werd 'resampled' om 50 data per tijcyclus te bekomen (d.i. om de 15 minuten). De getijcyclus behorend tot een bepaalde klasse werden dan gemiddeld en de standaardfout van het gemiddelde (=standaardafwijking gedeeld door de vierkantswortel van het aantal data). De standaardfout geeft aan hoe nauwkeurig het gemiddelde van een populatie is gekend.

Tabel 5.19: Aantal getijcycli voor MOW1 en WZ boei en volgens de verschillende klassificatieparameters. (winter-ZBW: stortproef).

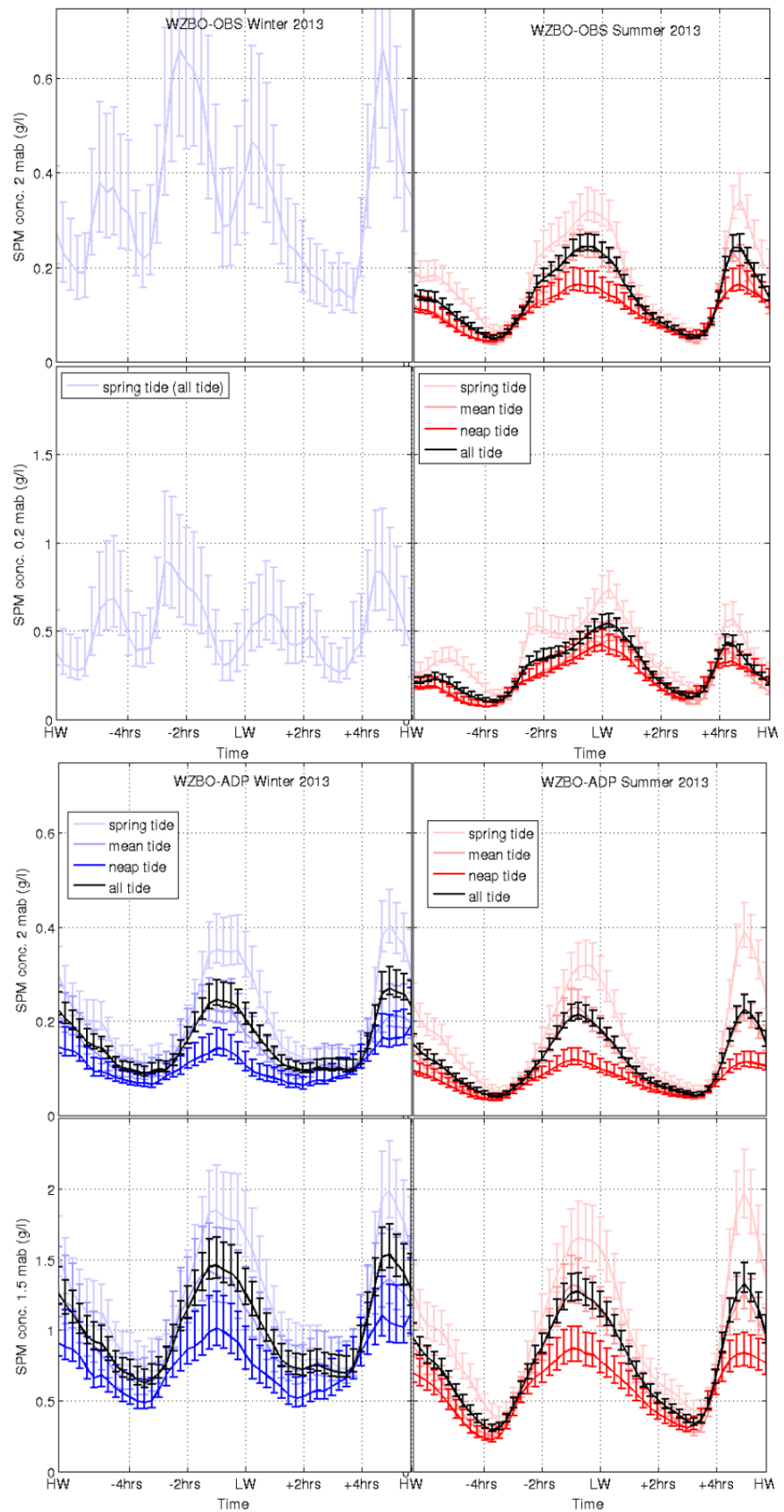
	MOW1				WZ Boei			
	alle	winter	zomer	winter-ZBW	alle	winter	zomer	winter-ZBW
OBS alle data	566	227	341	53	254	8	246	0
springtij	249	110	136	27	104	8	96	0
gemiddel tij	172	55	117	12	90	0	90	0
doodtij	149	62	87	14	60	0	60	0
hs<100cm	466	166	300	31	230	8	222	0
hs>100cm	98	60	38	15	24	0	24	0
SW-ward	165	55	110	20	50	0	50	0
NE-ward	231	101	130	5	44	1	43	0
ADP alle data	658	307	351	61	310	118	192	61
springtij	274	127	147	28	126	56	71	28
gemiddel tij	209	91	117	16	98	30	67	16
doodtij	175	89	87	17	86	32	54	17
hs<100cm	542	230	312	42	265	85	180	42
hs>100cm	116	77	39	19	44	32	12	19
SW-ward	195	75	121	20	80	27	50	14
NE-ward	261	131	130	14	78	33	45	22

5.4.1. Invloed van seizoenen en getijamplitude

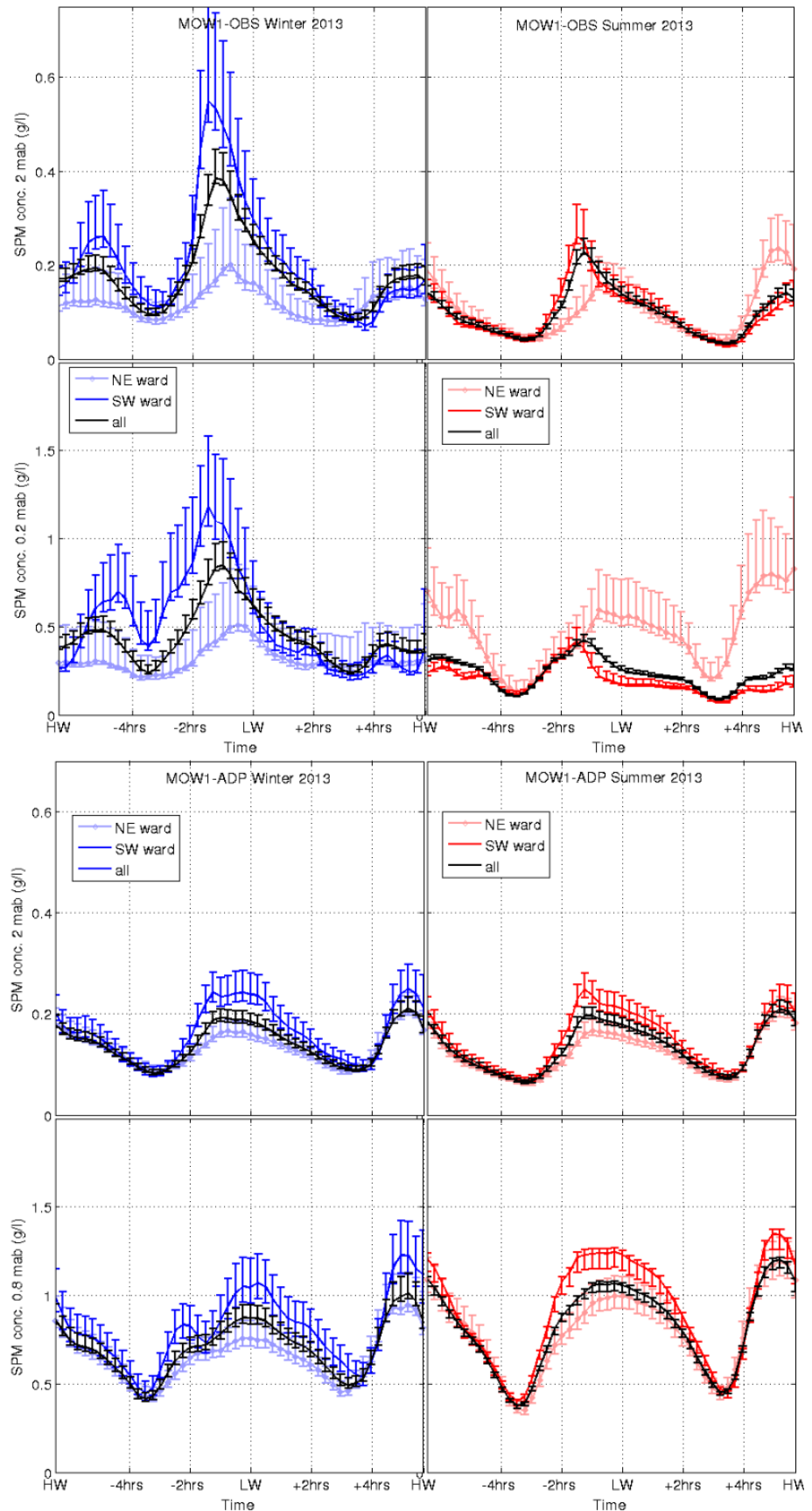
De SPM concentraties tijdens een getij afgeleid uit de OBS en ADP backscatter voor verschillende getijamplituden en seizoenen worden voorgesteld in figuur 5.17 (MOW1) en figuur 5.18 (WZ boei). De SPM concentratie heeft een typische variatie in functie van eb en vloed en getijamplitude. De minimale SPM concentratie treedt op rond kentering en de maximale rond maximale stroomsnelheid. Ter hoogte van MOW1 is het verloop tijdens eb vrij gelijkaardig in beide meetsensoren (ADP en OBS), dit in contrast met vloed, waar er een groot verschil tussen de ADP en OBS-SPM concentraties optreedt. De piek SPM concentratie opgemeten door de OBS treedt ongeveer 1 uur na HW op, terwijl deze door de ADP reeds 1 uur voor HW is te zien. De ADP SPM concentratie piek valt samen met de maximale stroomsnelheid tijdens vloed, terwijl de OBS SPM concentratie piek na maximale stroming komt. Waarom dit verschil optreedt is niet eenduidig te zeggen, maar is mogelijks veroorzaakt door een verandering in samenstelling van het suspensiemateriaal. Door de hoge stroomsnelheid en het feit dat de stroming uit het SW komt tijdens vloed, waar eerder zandige gebieden liggen, wordt er mogelijks meer granulair materiaal aangevoerd. Dit materiaal is een sterkere reflector voor de akoestisch signalen dan het fijnkorrelige slib, en reageert minder sterk op optische signalen. Ter hoogte van de WZ boei is er geen kwalitatief verschil tussen ADP en OBS SPM concentratie tijdens vloed, omdat het zandige materiaal tijdens vloed niet tot deze lokatie rijkt.



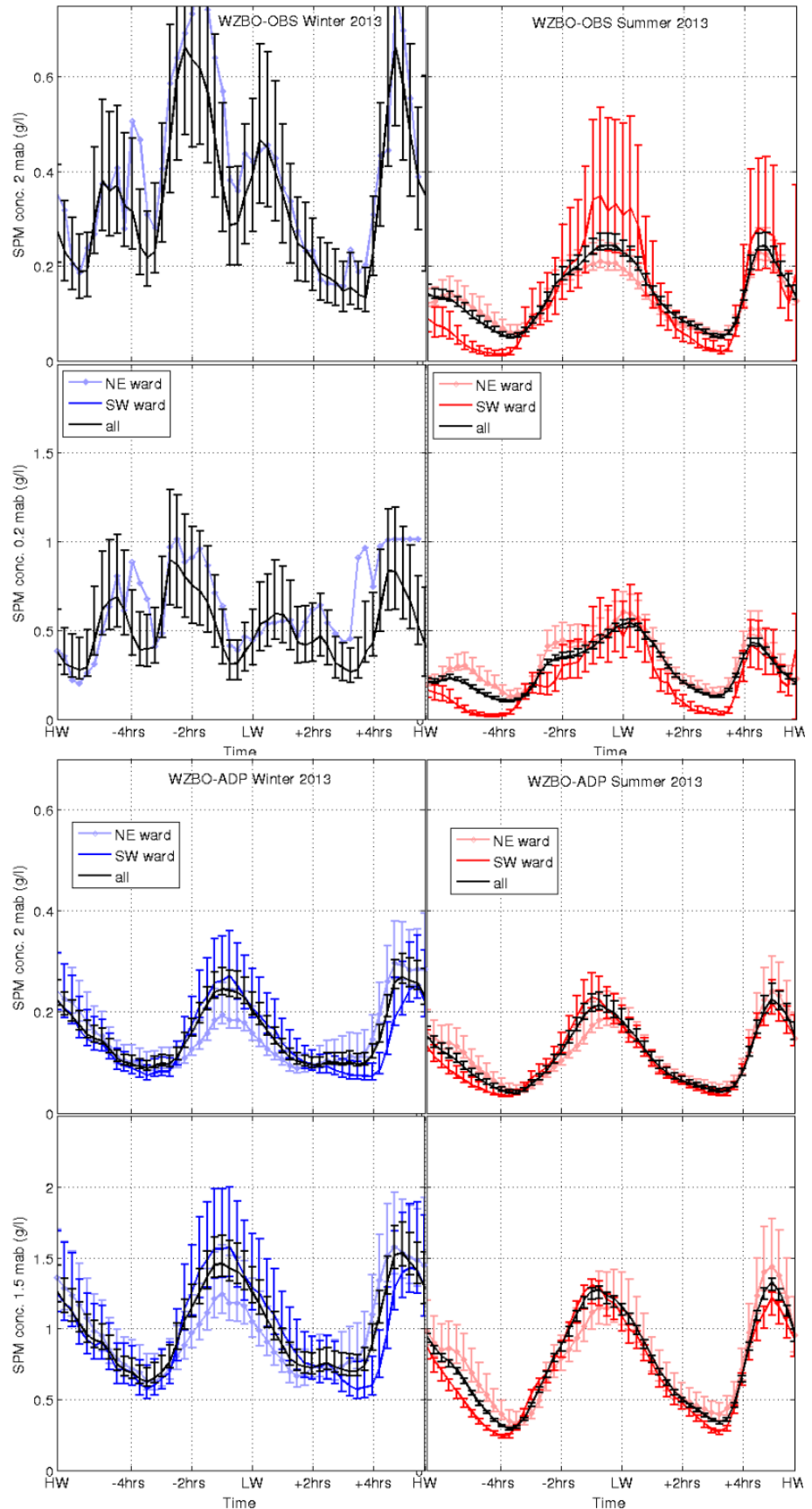
Figuur 5.17: MOW1 2013, gemiddelde SPM concentratie afgeleid van de OBS (links) en de ADP backscatter (rechts) op twee hoogtes boven de bodem gedurende een getijcyclus voor verschillende getijamplitudes. Ook aangeduid is de standaardfout. De zwarte lijn is de gemiddelde SPM concentratie.



Figuur 5.18: WZ Boei 2013, gemiddelde SPM concentratie afgeleid van de OBS (links) en de ADP backscatter (rechts) op twee hoogtes boven de bodem gedurende een getijcyclus voor verschillende getijamplitudes. Ook aangeduid is de standaardfout. De zwarte lijn is de gemiddelde SPM.



Figuur 5.19: MOW1 2013, gemiddelde SPM concentratie afgeleid van de OBS (links) en de ADP backscatter (rechts) op twee hoogtes boven de bodem gedurende een getijcyclus voor SW en NE gerichte residuele alongshore stroming. Ook aangeduid is de standaardfout. De zwarte lijn is de gemiddelde SPM concentratie.



Figuur 5.20: WZ Boei 2013, gemiddelde SPM concentratie afgeleid van de OBS (links) en de ADP backscatter (rechts) op twee hoogtes boven de bodem gedurende een getijcyclus voor SW en NE gerichte residuele alongshore stroming. Ook aangeduid is de standaardfout. De zwarte lijn is de gemiddelde SPM concentratie.

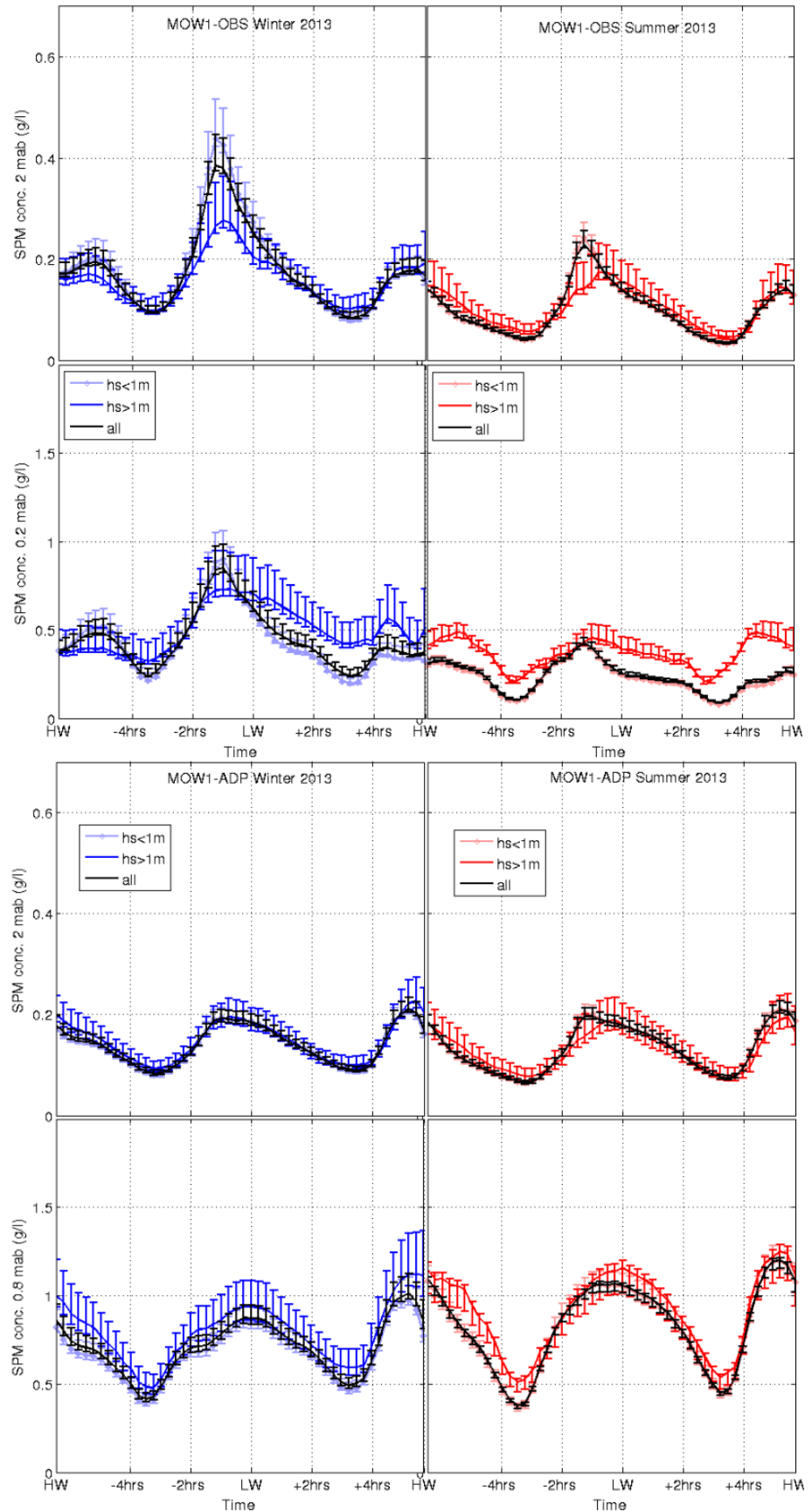
Uit figuur 5.17 blijkt dat te MOW1 de SPM concentratie dicht tegen de bodem hoger is in de ADP data tijdens de zomer maar niet in de OBS data. Het seizoenaal verschil verminderd met toenemende afstand van de bodem en dit zowel voor de OBS als de ADP data. Op 2 mbb is de SPM concentratie gelijk (ADP) of hoger (OBS) in de winter. Een iets anders resultaat zien we in de WZ boei data (figuur 5.18). Hier is de SPM concentratie bij de ADP steeds hoger in de winter dan de zomer. De verschillen tussen MOW1 en WZ boei wat deze seizoensvariaties betreffen, worden vermoedelijk veroorzaakt door lokale verschillen in bathymetrie, hydrodynamica en bodemsamenstelling.

5.4.2. Invloed van seizoenen en alongshore stroming

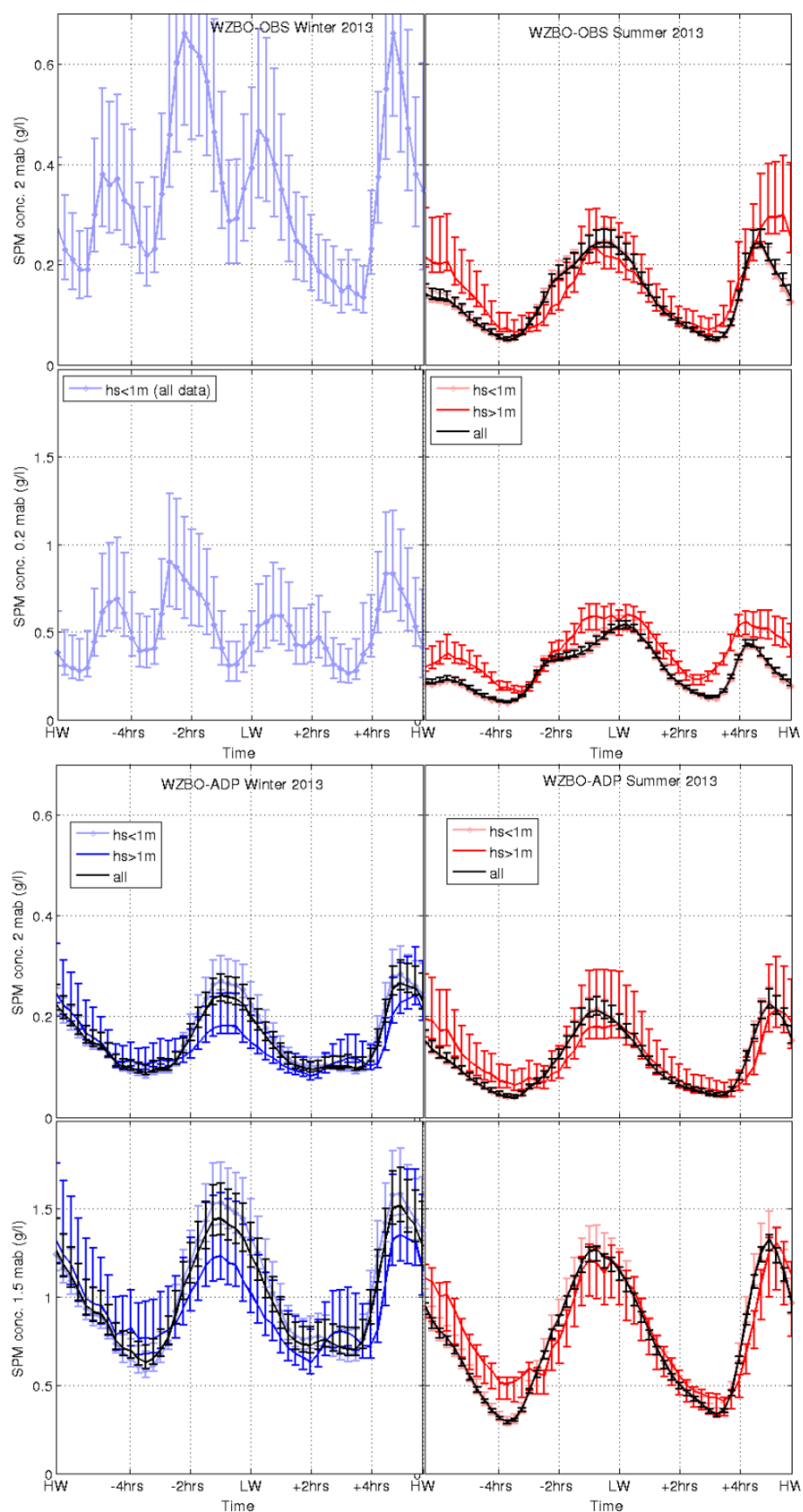
Het effect van de residuele alongshore stroming op de SPM concentratie afgeleid van de OBS en ADP backscatter wordt getoond in figuur 5.19 (MOW1) en 5.20 (WZ boei). De residuele stroming verandert de SPM concentratie tijdens eb en vloed. Ook hier zijn er verschillen tussen beide sensoren. De ADP-SPM concentratie is over het algemeen hoger voor het geval dat de residuele alongshore stroming naar het SW is gericht en lager bij een NE waards gerichte residuele alongshore stroming. Bij de OBS zien we eerder dat de SPM concentratie hoger is als de stroming in dezelfde richting is als de residuele alongshore stroming, wat te verwachten is. Dus tijdens eb worden de hoogste OBS-SPM concentraties waargenomen bij een SW waardse en tijdens vloed bij een NE waards gerichte residuele alongshore stroming. In de ADP-SPM concentraties valt terug de sterke piek tijdens vloed op op 1 uur voor HW. Het effect van de residuele alongshore stroming lijkt hier klein. Vermoedelijk is dit het gevolg van het feit dat de residuele alongshore stroming vooral het advectief transport van het fijnkorrelig materiaal beïnvloed. Ons vermoeden is dat tijdens vloed – zoals boven ook werd aangehaald – granulair materiaal in suspensie komt die ongevoeliger is voor advectief transport. Kwalitatieve verschillen tussen ADP en OBS zijn te zien in de zomer. Hier is de OBS SPM concentratie op 0.2 mbb bij een NE gerichte alongshore stroming altijd groter. Ook hier is het waarom niet helemaal duidelijk, maar tijdens heel het getij groter dan de gemiddelde waarde.

5.4.3. Invloed van seizoenen en golven

Het effect van golven wordt in figuren 5.21 (MOW1) en 5.22 (WZ boei) getoond. De figuren tonen aan dat de effecten van golven op de ensemble gemiddelde SPM concentratie niet eenduidig zijn. Ook hier zijn de verschillen tussen de akoestische en optische data groot. De ADP te MOW1 reageert in de lijn van de verwachtingen, i.e; hogere SPM concentraties bij hogere golven en dit zowel dicht tegen de bodem als op 2 mbb. De OBS te MOW1 heeft een enigszins ander gedrag. Zo is de gemiddelde OBS SPM concentratie op 2 mbb meestal kleiner bij hogere golven dan bij lagere golven. Dichter tegen de bodem zijn de effecten van de golven meer in de lijn van de verwachtingen, maar ook hier zijn tijdens vloed en eb periodes aanwezig waar de hogere SPM concentraties voorkomen bij lagere golven. Aan de WZ boei reageert de OBS meer in de lijn van de verwachtingen, terwijl de ADP nu afwijkend data oplevert. Het soms 'raar' gedrag van de SPM concentratie op golfwerking is waarschijnlijk voor een deel het gevolg van het feit dat er geen verdere opsplitsing gedaan werd naar getijamplitude. Een storm tijdens een doottij genereert niet noodzakelijk hogere SPM concentraties dan een gewoon springtij.



Figuur 5.21: MOW1 2013, gemiddelde SPM concentratie afgeleid van de OBS (links) en de ADP backscatter (rechts) op twee hoogtes boven de bodem gedurende een getijcyclus voor twee verschillende golfcondities. Ook aangeduid is de standaardfout. De zwarte lijn is de gemiddelde SPM concentratie.



Figuur 5.22: WZ Boei 2013, gemiddelde SPM concentratie afgeleid van de OBS (links) en de ADP backscatter (rechts) op twee hoogtes boven de bodem gedurende een getijcyclus voor twee verschillende golfcondities. Ook aangeduid is de standaardfout. De zwarte lijn is de gemiddelde SPM concentratie.

6. Efficiëntie van de stortproef

Het doel van de stortproef was het effect van een alternatieve stortstrategie op de SPM concentratie buiten de haven te evalueren. De alternatieve stortstrategie bestond erin om gedurende 1 maand de stortplaats ZBW i.p.v. B&W Zeebrugge Oost (ZBO) te gebruiken, zie figuur 2.2 en tabel 5.5. De hypothesen van het experiment die met de terreinproef werden getoetst, zijn 1) de SPM concentratie tijdens de stortproef in de meetlocatie buiten de haven (storten op ZBW) is geringer dan bij het gebruik van stortplaats ZBO; en 2) de aanslibbing in de haven van Zeebrugge neemt af indien ZBO niet wordt gebruikt. De eerste hypothese werd met de metingen beschreven in dit rapport getoetst, voor de tweede hypothese wordt verwezen naar ANTEA (2015).

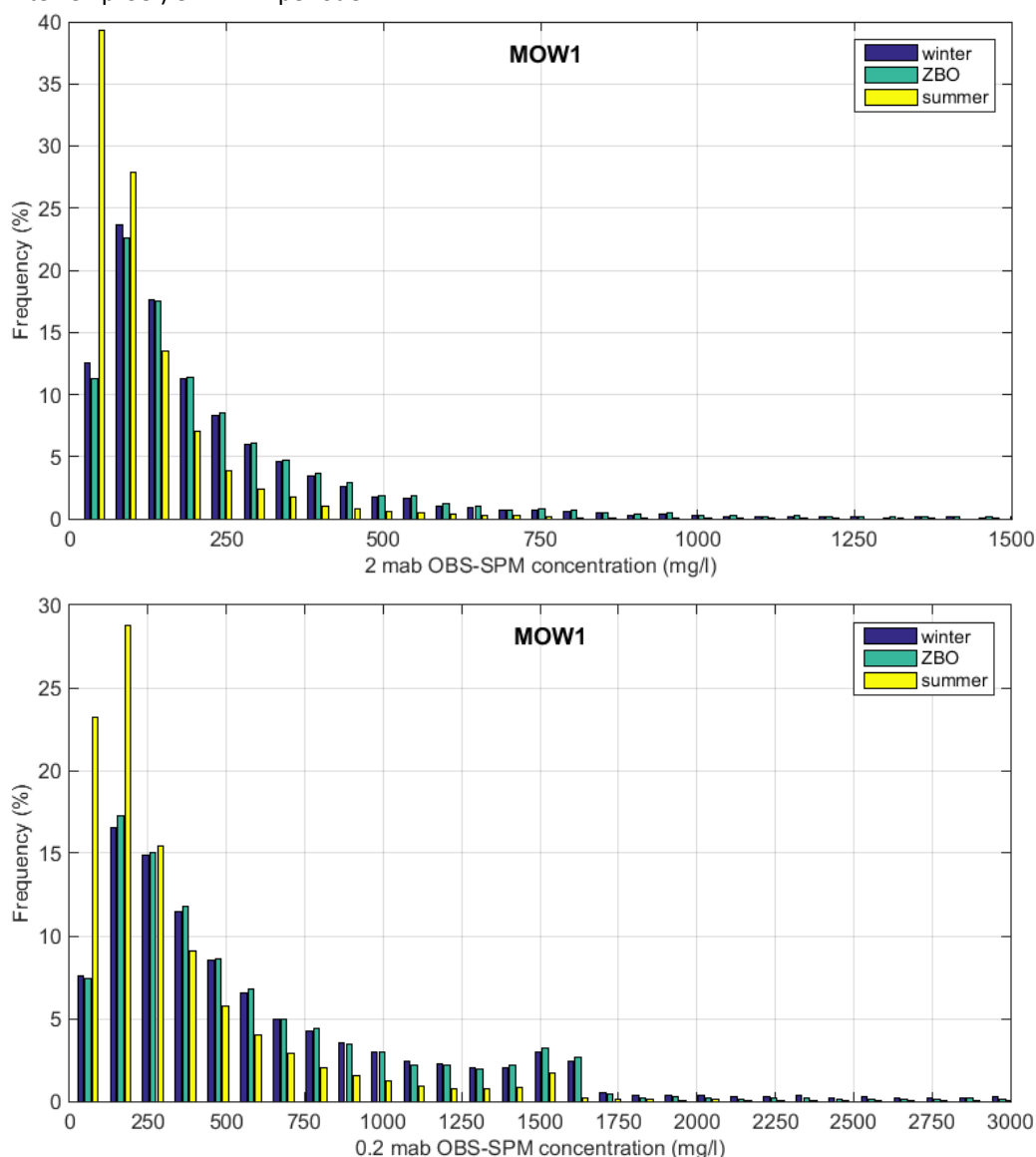
6.1. Beperkingen van de stortproef

De evaluatie van de efficiëntie van de stortproef steunt op data verzameld tijdens 1 jaar (start eind maart 2013) op twee locaties, i.e. MOW1 en WZ-boei. De eigenlijke stortproef werd uitgevoerd van 21/10 tot 21/11/2013. Uit de analyse van de data (zie hoofdstuk 5) blijkt dat SPM concentratie varieert door enerzijds harmonische processen (getij, doortij-springtij en seizoenen) en anderzijds door 'random' invloeden (vooral meteo, maar ook menselijke activiteiten, zoals storten van baggerspecie, constructiewerken etc). Met voldoende lange tijdreeksen kunnen de belangrijkste harmonische variaties eruit gefilterd worden en bekomt men gemiddelde SPM concentraties voor bepaalde tijdsperiodes. Om de seizoenaliteit zoveel mogelijk te elimineren werd in de analyse enkel de winterdata gebruikt omdat de terreinproef in de winterperiode plaatsgreep. Meteorologische effecten beïnvloeden de SPM concentratie doordat golven worden gevormd (lokale resuspensie), de residuele stroming van richting kan veranderen (andere herkomst van de watermassas) en de stroomsnelheid veranderd door de wind. Het eruit filteren van deze random variaties is heelwat moeilijker en noodzaakt lange tijdseries (jaren), die niet beschikbaar zijn, gezien de beperkte duur (1 maand) van de terreinproef zelf.

Een andere moeilijkheid bij het analyseren van de efficiëntie van de stortproef komt voort uit de metingen zelf. Het uitvallen of slecht functioneren van de instrumentatie en omverduwen van de tripodes door schepen resulteerde in niet volledige tijdreeksen. Vooral aan de WZ-boei was de hoeveelheid aan OBS metingen te beperkt om te gebruiken bij de evaluatie van de efficiëntie van de proef. Een andere beperking in de data is het gevolg van de verzadiging van de OBS bij te hoge SPM concentraties (rond de 1.5 en 3 g/l), zie figuur 6.1. Hierdoor zijn de frequentieverdelingen niet geleidelijk, maar vertonen hoge frequenties rond de verzadigingconcentraties. Dit heeft ook een gevolg op de gemiddelde SPM concentratie, die onderschat wordt. Het tekort aan data werd (deels) gecompenseerd door het gebruik van de akoestische backscatter voor de bepaling van de SPM concentratie. Het feit dat akoestische signalen anders reageren op partikels in het water dan optische en dat de afijking van de akoestische backscatterintensiteit naar SPM concentratie niet rechtstreeks (waterstalen) maar onrechtstreeks gebeurde (via de SPM concentratie van de OBS), maakt dat de ADP SPM concentraties minder betrouwbaar zijn dan de OBS SPM concentraties.

Een vergelijking tussen de gemiddelde SPM concentratie in de winter van 2013 en in de winters van 2005-2012 toont aan dat de SPM concentratie in 2013 hoger was en dit vooral tijdens de eb en het begin van de vloed, zie figuur 6.2. Uit de analyse van de omgevingsfactoren (§ 5.1) bleek dat stortproef gekenmerkt werd door veel wind, hoge golven en grote veranderingen in de residuele stromingspatronen, zie de gemiddelde getijcurves van T0 en ZBO in figuur 6.1. Bovendien werd er een verschil opgemerkt tussen de eerste 15 dagen (ZBW1 in tabel 5.5) en de laatste 15 dagen (ZBW2 in tabel 5.5). Deze

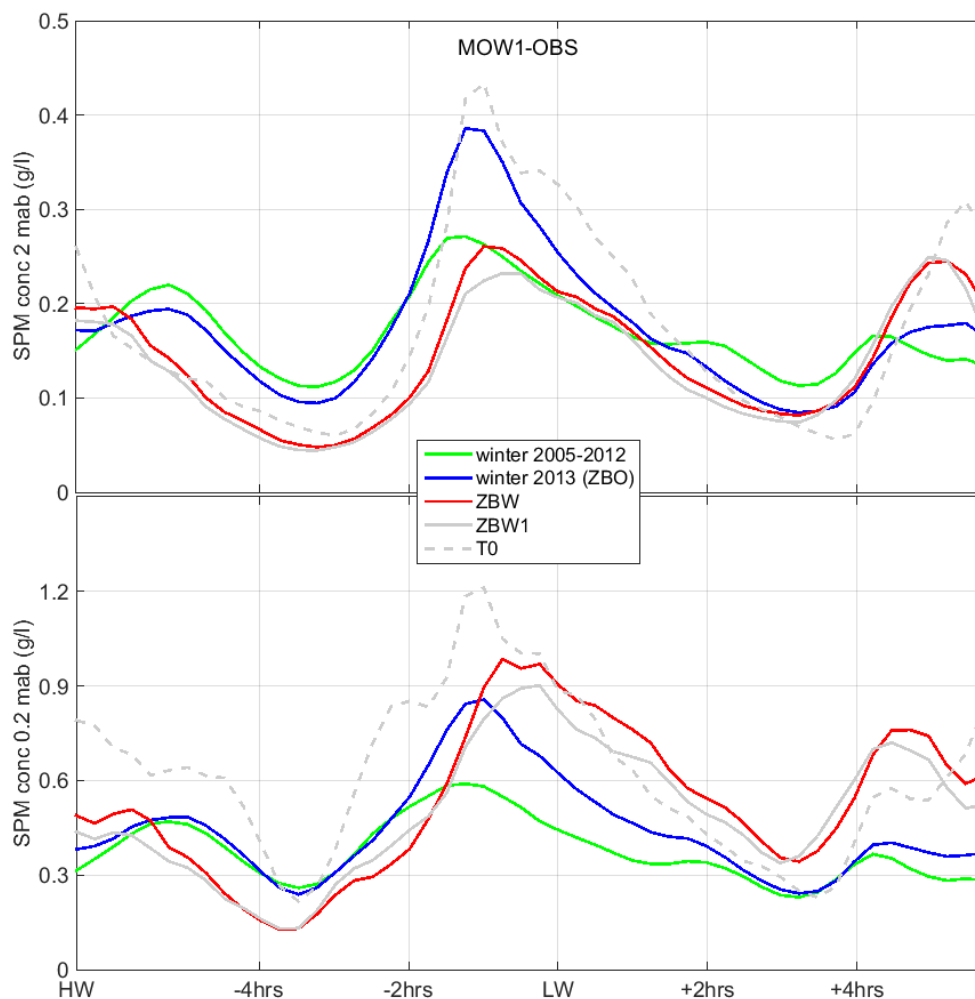
laatste periode is veel sterker beïnvloed door stormen dan de eerste 2 weken. Om rekening te kunnen houden met deze meteo effecten werd in de volledige meetreeks gekeken naar periodes met gelijkaardige meteocondities (er werd hierbij naar periodes van ongeveer 15 dagen gezocht om de springtij-doodtijeffecten zoveel als mogelijk te elimineren). Hierbij bleek dat de T0 periode (14 dagen voor het begin van de stortproef) het best correleerde wat meteo betreft met de ZBW1 periode. De efficiëntie van de terreinproef steunt daarom vooral op deze twee periodes, naast ZBO (winter 2013 zonder terreinproef) en ZBW2 periode.



Figuur 6.1: Frequentieverdeling van de OBS-SPM concentratie te MOW1 tijdens de zomer, de winter en de ZBO periode op 0.2 en 2 m boven de bodem.

Uit de numerieke simulaties (hoofdstuk 3) volgt dat de verticaal gemiddelde SPM concentratie veroorzaakt door het storten van baggerspecie op Zeebrugge Oost varieert tussen de 0 mg/l en 25 mg/l ter hoogte van MOW1. Getijgemiddeld zijn dit waarden tot 7 mg/l ter hoogte van MOW1 en tot 15 mg/l ter hoogte van de WZ boei. Door storten op ZBW daalt de getijgemiddelde SPM concentratie met ongeveer een factor 2 tot 3 mg/l (MOW1) en 7 mg/l (WZ-boei). Indien deze waarden geëxtrapoleerd worden naar de bodem, waarbij rekening gehouden wordt met het feit dat de SPM concentratie niet uniform verdeeld is in de waterkolom (zie Fettweis & Nechad, 2011), dan kan verwacht

worden dat de afname op 2 m boven de bodem ter hoogte van de meetlocaties grootte orde 10 mg/l ter hoogte van MOW1 en 20 mg/l ter hoogte van de WZ boei bedraagt. Dichter tegen de bodem is de te verwachten afname in SPM concentratie nog groter.



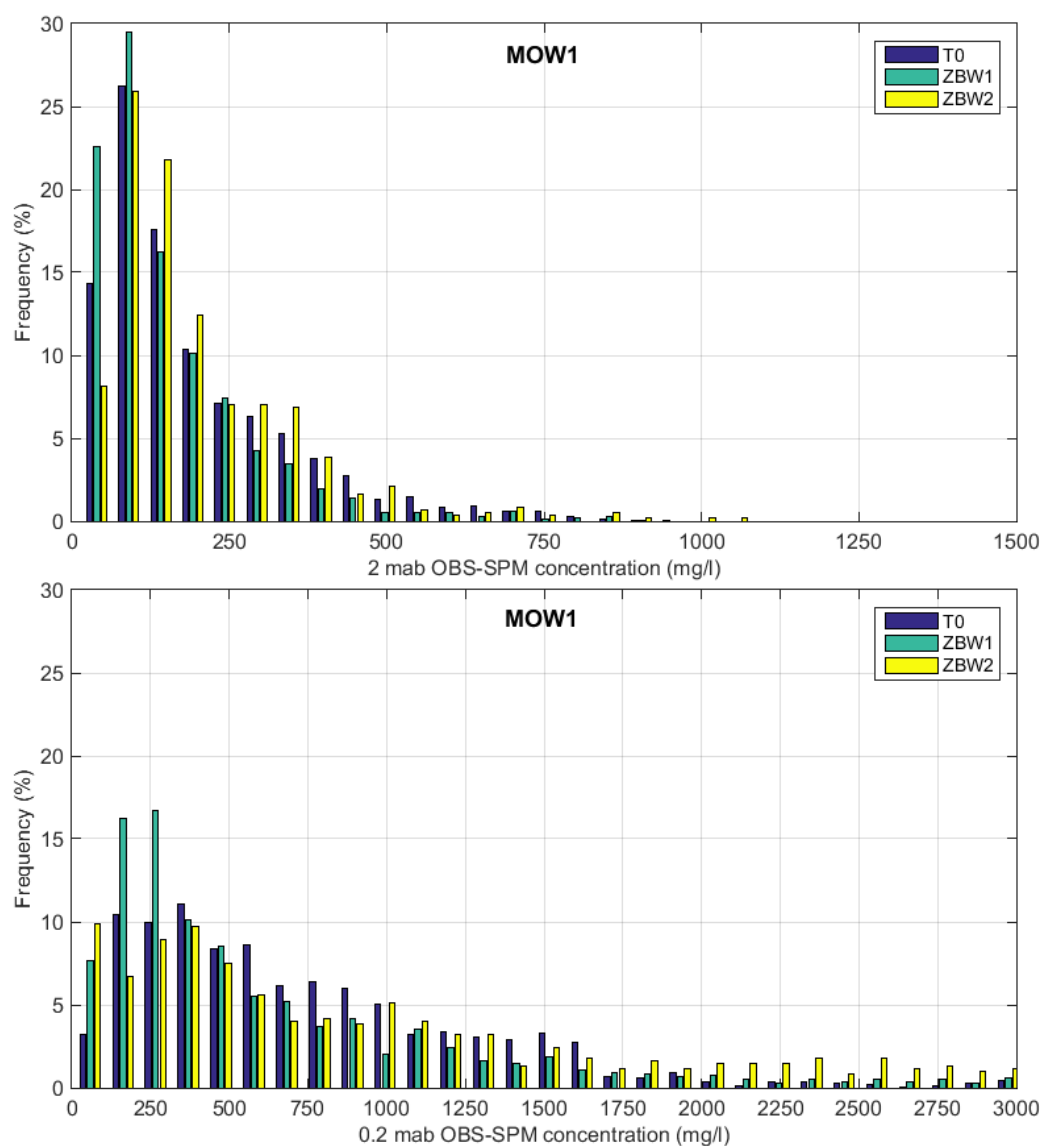
Figuur 6.2: MOW1: gemiddelde OBS-SPM concentratie tijdens een getij op twee hoogtes boven de bodem

6.2. Gemiddelde SPM concentraties

De gemiddelde SPM concentraties tijdens de ZBO, T0, ZBW, ZBW1 en ZBW2 perioden worden hier voor de duidelijkheid nog eens getoond in tabellen 6.1 en 6.2, het betreft dezelfde data als in tabellen 5.6, 5.9, 5.18.

De over een langere periode gemiddelde SPM concentraties tonen aan dat de periode voorafgaand aan de terreinproef (T0) verschilt van een normale wintersituatie (ZBO). De SPM concentraties in de onderste m boven de zeebodem te MOW1 zijn 10-40% hoger tijdens T0 dan ZBO. Op 2 m boven de bodem is de SPM concentratie tijdens T0 lager dan tijdens ZBO (figuur 6.3). Ter hoogte van de WZ-boei was de SPM concentratie tijdens T0 ongeveer 8% hoger dan tijdens ZBO. Uit de gemiddelde SPM concentraties blijkt dat tijdens de eerste helft van de terreinproef (ZBW1) de SPM concentratie op beide locaties en dit in de onderste 2 m gedaald was. Te MOW1 is de SPM concentratie gedaald met 20-25% (OBS) en 2-9% (ADP); aan de WZ boei terreinproef is de daling tussen de 13-20%. Over het algemeen zijn de verschillen tussen T0 en ZBW2 veel kleiner. Het effect van golven op de gemiddelde SPM concentratie wordt getoond in tabellen 5.7, 5.10 en 5.19 (lage golven) en tabellen 5.8, 5.11 en 5.20 (hoge golven). Te MOW1 is de 0.2 mbb OBS-

SPM concentratie bij lage en hoge golfactiviteit ongeveer 40% lager tijdens ZBW1 t.o.v. T0. Tijdens de periode ZBW2 is de OBS-SPM concentratie enkel bij lage golfactiviteit lager dan tijdens T0 en dit dicht tegen de bodem. Bij hoge golven is de OBS SPM concentratie hoger op 0.2 mbb. Aan de WZ boei zien we een gelijkaardige trend. Tijdens lage golven is de ADP SPM concentratie zowel bij ZBW1 als ZBW2 altijd lager dan tijdens T0. Bij hogere golven is de gemiddelde SPM concentratie enkel lager tijdens ZBW1 t.o.v. T0. De gemiddelden tonen ook aan dat de verandering in SPM concentratie vooral voelbaar is in de metingen die dicht tegen de bodme werden genomen. Op 2 mbb is de verandering veel minder duidelijk, gelijkaardige resultaten werden gevonden in de data gemeten te Blankenberge (Fettweis et al., 2011).



Figuur 6.3: Frequentieverdeling van de OBS-SPM concentratie te MOW1 tijdens de periode T0, ZBW1 en ZBW2 op 0.2 en 2 m boven de bodem.

Tabel 6.1: MOW1, geometrisch gemiddelde SPM concentratie tijdens verschillende periodes.

Periode	OBS		ADP		
	0.2 mab	2 mab	0.5 mab	0.8 mab	1.9 mab
ZBO	410 */ 2.42	172 */ 2.28	832 */ 1.70	560 */ 1.64	91 */ 1.78
T0	571 */ 2.26	148 */ 2.09	1035 */ 1.41	626 */ 1.40	74 */ 1.61
ZBW	462 */ 2.89	128 */ 2.09	1008 */ 1.60	628 */ 1.60	70 */ 1.70
ZBW1	426 */ 2.61	117 */ 2.09	982 */ 1.72	611 */ 1.72	67 */ 1.76
ZBW2	555 */ 3.50	159 */ 1.98	1031 */ 1.48	643 */ 1.49	73 */ 1.63

Tabel 6.2: WZ-boei geometrisch gemiddelde SPM concentratie tijdens verschillende periodes.

Periode	OBS		ADP		
	0.2 mab	2 mab	0.80 mab	1.55 mab	2.15 mab
ZBO	508 */ 1.64	329 */ 1.65	2477 */ 1.69	1161 */ 1.72	141 */ 2.10
T0	-	-	2680 */ 1.60	1246 */ 1.71	150 */ 2.12
ZBW	-	-	2318 */ 1.60	1213 */ 1.63	149 */ 2.05
ZBW1	-	-	2140 */ 1.64	1106 */ 1.65	131 */ 2.04
ZBW2	-	-	2548 */ 1.51	1307 */ 1.60	166 */ 2.02

De meetresultaten zijn kwalitatief conform met de voorspellingen van het numerieke model. Te MOW1 daalt de OBS-SPM concentratie tussen T0 en ZBW (ZBW1) met ongeveer 70 mg/l (140 mg/l) op 0.2 mbb en met 20 mg/l (30 mg/l) op 2 mbb. In de ADP data is de daling tussen beide periodes veel minder groot (0.5 mbb: 25 mg/l, 0.8 en 1.9 mbb: ongeveer 0 mg/l). Het verschil tussen de resultaten van de OBS en de ADP verduidelijkt de onzekerheid van de akoestische metingen alsook de onderschatting van de gemiddelde OBS-SPM concentratie door verzadiging (enkel voor de 0.2 mbb data). Ook aan de WZ boei is er een daling in de SPM concentratie en komen de metingen dus overeen met de modelresultaten. De daling bedraagt 360 mg/l (0.8 mbb), 40 mg/l (0.8 mbb) en 4 mg/l (1.9 mbb). Het heel grote verschil dicht tegen de bodem is waarschijnlijk niet realistisch en is veroorzaakt door de toegepaste calibratieprocedure, met dicht tegen de bodem onrealistische hoge SPM concentraties.

Een t-test wordt gebruikt om de gemiddelden van twee populaties te vergelijken en kan dus gebruikt worden om de kans te berekenen dat de gemiddelde SPM concentratie tijdens de terreinproef lager was dan gedurende een andere periode. Deze test is vrij simpel en is gebaseerd op de hypothese dat de populatie normaal verdeeld is (de logaritme van de SPM concentratie werd gebruikt, die normaal verdeeld is, zie figuur 6.1, 6.3) en dat de standaardafwijking voor beide populaties dezelfde is (dit treft min of meer toe). De nul-hypothese is dat beide gemiddelden hetzelfde zijn. De resultaten voor enkele t-test berekeningen worden gegeven in tabel 6.3 (MOW1) en 6.4 (WZ-boei). Hieruit blijkt dat er te MOW1 ongeveer 37% kans is dat de OBS-SPM concentratie tijdens de zomer groter was dan tijdens de winter en dat er ongeveer 46% (2 mbb) respectievelijk 44% (0.2 mbb) kans is dat de OBS-SPM concentratie tijdens de terreinproef (ZBW1) groter was dan tijdens T0. Ter hoogte van de WZ-boei zijn de waarschijnlijkheden dat de ADP-SPM concentraties tijdens de periode ZBW1 hoger waren dan tijdens periode T0 nog groter. Hogere waarschijnlijkheden dat de nul-hypothese waar is worden ook bekomen in de ADP-SPM concentraties te MOW1. Gezien de OBS-SPM concentratie metingen nauwkeuriger zijn, zijn deze resultaten minder betrouwbaar.

Tabel 6.3: MOW1: T-test statistiek tussen twee gemiddelde OBS-SPM concentratie tijdens verschillende periodes.

Period	T-statistics	P	T-statistics	P
	2 mab		0.2 mab	
summer-winter	-0.3189	0.375	-0.3250	0.373
ZBW1-T0	-0.1087	0.457	-0.1559	0.438
ZBW-T0	-0.0616	0.475	-0.1172	0.453

Tabel 6.4: WZ-boei: T-test statistiek tussen twee gemiddelde ADP-SPM concentratie tijdens verschillende periodes.

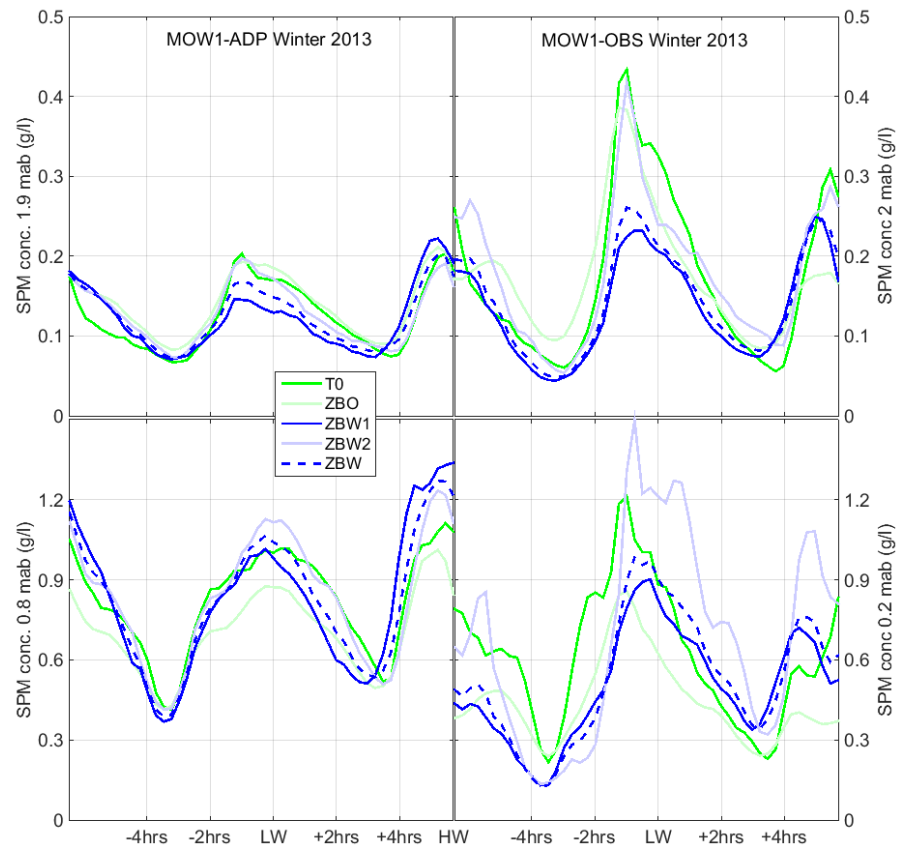
Period	T-statistics	P	T-statistics	P
	2.15 mab		0.8 mab	
summer-winter	-0.1879	0.426	-0.1265	0.450
ZBW1-T0	-0.0427	0.483	-0.0661	0.474
ZBW-T0	-0.0062	0.498	-0.0458	0.482

De test resultaten tonen aan dat de seizoenale variaties in SPM concentraties belangrijker zijn dan de effecten van het storten van baggerspecie. De berekende waarschijnlijkheid dat de gemiddelde SPM concentratie groter zou zijn tijdens de terreinproef dan tijdens een andere periode zijn groot (bij eenzelfde gemiddelde zou de waarschijnlijkheid 50% bedragen), en we kunnen dus niet uitsluiten dat de nul-hypothese waar is. De geringe overtuigingskracht van de testresultaten zijn vooral het gevolg van de grote invloed van getij, springtij-doodtij en meteo en de relatief geringe invloed van het storten van baggerspecie op de SPM concentratie maar anderzijds ook door het feit dat niet exact aan de testvoorwaarden is voldaan (bv normaalverdeling). Door de grote natuurlijke variabiliteit van de SPM concentratie ligt het resultaat van deze statistische test echter in de lijn van de verwachtingen. De natuurlijke variaties in SPM concentratie zijn ongeveer een grootte orde groter dan de toename in SPM concentratie veroorzaakt door het storten van baggerspecie.

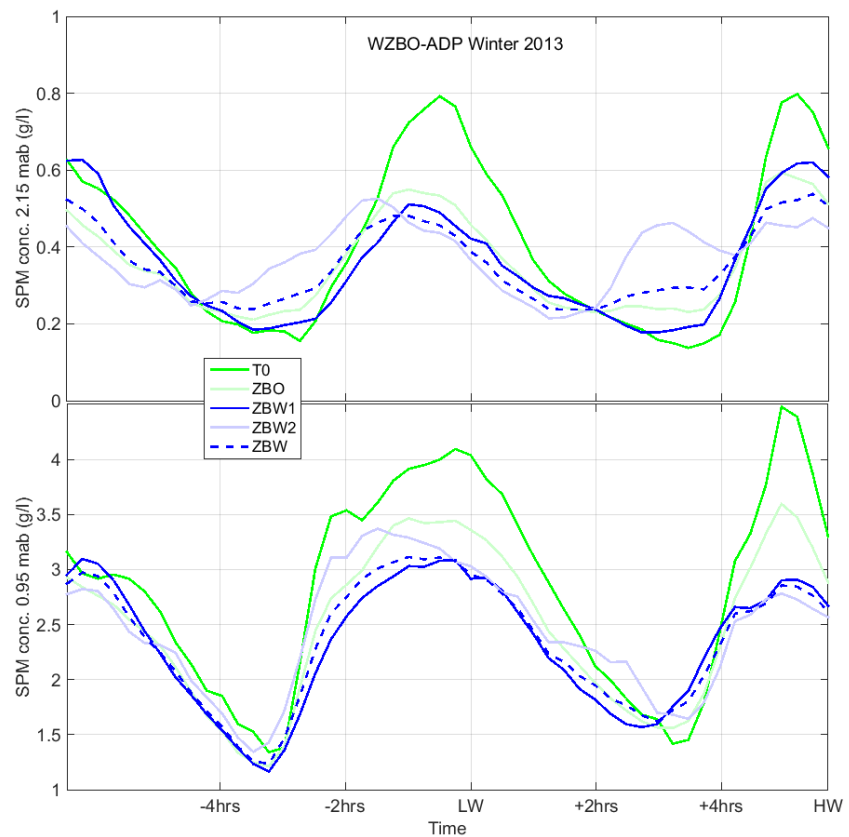
6.3. Gemiddelde getijcurves

De ensemble gemiddelde SPM concentraties tijdens een getij voor 5 periodes worden getoond in figuur 6.4 (MOW1) en 6.5 (WZ boei). Beide figuren tonen aan dat de SPM concentratie tijdens de terreinproef (ZBW) en tijdens de T0 situatie groter waren dan tijdens de winter 2013 (ZBO). Indien we, zoals boven aangehaald, de vergelijking beperken tot T0 en ZBW, dan valt op dat T0 een vergelijkbare SPM concentratieverloop heeft als ZBW2 en dat de SPM concentratie duidelijk lager is tijdens ZBW1 dan T0. De daling in SPM concentratie ter hoogte van MOW1 is het meest uitgesproken tijdens eb (-3hrs tot 3hrs) op 2 mbb en in de periode HW tot LW op 0.2 mbb. De daling tijdens eb op 2 mbb ligt in de lijn van de verwachtingen, het is immers de ebstroming die het materiaal gestort op B&W Zeebrugge Oost naar de meetlocaties transporteert. Vroeger werd reeds aangehaald dat de SPM concentratie dicht tegen de bodem (0.2 mbb) een andere dynamiek volgt dan hoger op in de waterkolom (Fettweis et al., 2010b, 2014a). Dit verklaard vermoedelijk de tijdsverschuiving van eb (2 mbb) naar HW→LW dicht tegen de bodem.

De afname in de ensemble gemiddelde ADP-SPM concentratie tijdens T0 en ZBW1 is duidelijker aan de WZ-boei dan te MOW1 (vergelijk figuur 6.4 en 6.5). Dit beantwoordt aan de verwachtingen, met name dat de afname in SPM concentratie groter is aan de WZ boei, die dichter bij de stortplaats ligt dan aan MOW1. De afname is meer uitgesproken op 0.8 mbb (WZ boei) en ook groter tijdens eb.



Figuur 6.4: MOW1: gemiddelde SPM concentratie afgeleid uit de ADP (links) en de OBS backscatter (rechts) op twee hoogtes boven de bodem gedurende een getijcyclus.



Figuur 6.3: WZ-boei: gemiddelde SPM concentratie afgeleid uit de ADP backscatter op twee hoogtes boven de bodem gedurende een getijcyclus.

6.4. Conclusies

De efficiëntie analyse steunt op het vergelijken van gemiddelde SPM concentraties en gemiddelde getijcurves tijdens verschillende periodes. De belangrijkste conclusies zijn:

- Er is een verschil tussen de gemiddelde SPM concentratie tijdens de 14 dagen vooraf aan de terreinproef en de eerste 14 dagen van de terreinproef. Beide periodes worden door vergelijkbare meteocondities gekenmerkt. Uit de analyse komt naar voren dat de gemiddelde OBS-SPM concentratie dicht tegen de bodem met ongeveer 140 mg/l en op 2 mbb met 30 mg/l is gedaald te MOW1. De ADP-SPM concentratie te MOW1 was 50 mg/l (0.5 mbb), 15 mg/l (0.8 mbb) en 7 mg/l (1.9 mbb) lager tijdens de terreinproef. Ter hoogte van de WZ boei was de daling in SPM concentratie 500 mg/ (0.8 mbb), 140 mg/l (1.55 mbb) en 20 mg/l (2.15 mbb). Deze daling komt overeen met een reductie van de gemiddelde SPM concentratie ter hoogte van beide meetlocaties met ongeveer 10-20%.
- De daling in SPM concentratie tijdens de stortproef ligt in de lijn van de resultaten uit de modelsimulaties, maar is groter dan verwacht. De natuurlijke variatie van de SPM concentratie is complex en wordt beïnvloed niet alleen door de ogenblikkelijke gebeurtenissen (storm, springtij), maar ook door de voorafgaande geschiedenis. Hierdoor is het heel moeilijk om de ene periode te vergelijken met een andere en kan er niet uitgesloten worden dat een deel van de waargenomen variaties in SPM concentraties veroorzaakt werden door 'random' gebeurtenissen. Vermoedelijk zijn de vrij grote verschillen tussen periodes T0 en ZBW1 ook hierdoor veroorzaakt en zijn de effecten van het storten van baggerspecie dus geringer dan boven wordt aangehaald.
- Door een andere stortplaats te kiezen daalt de SPM concentratie ter hoogte van Zeebrugge. Hierdoor zal de toestroom van slib naar de haven verminderen en zal de aanslibbing in de haven en het Pas van het Zand dus afnemen.

7. Correcties aan vorige rapporten

7.1. Activiteitsrapport 1 januari 2014 – 30 juni 2014

Volgende fouten uit het rapport (Fettweis et al. 2014b) werden gecorrigeerd. De aangepaste tabellen 2.2 en 2.3 en de aangepaste figuren 2.3e, f, g, i worden opgenomen in appendix 6.

- Verankering 27 (10/09/2009-21/10/2009): tripode lag op zijn zij 2 dagen na de verankering, data zijn goed, maar de hoogte van de sensoren boven de bodem is anders (rond de 1 mbb). Enkel saliniteit en temperatuur worden overgenomen in de figuur 2.3e.
- Verankering 40 (15/12/2010-31/01/2011): probleem met de OBS sensor, SPM concentraties zijn onbetrouwbaar, deze meetreeks wordt verwijderd uit figuren 2.3f en 2.3g.
- Verankering 59 (24/01/2013-07/03/2013): tussen Julian day 31.00 en 33.63 geeft de OBS2 (2 mbb) een slechte waarde, deze periode werd verwijderd, zie figuur 2.3i.
- Verankering 60 (07/03/2013-28/03/2013): de verwerking van de OBS werd herdaan, zie figuur 2.3i.
- Verankering 69 (24/07/2013-21/08/2013): de verwerking van de OBS (2 mbb) werd herdaan, zie figuur 2.3i.

7.2. Activiteitsrapport 1 juli 2014 – 31 december 2014

Voor de berekening van de valsnelheid werd een verkeerde waarde voor de dynamische viscositeit gebruikt in Fettweis et al. (2015), met name 0.0001 kg/m/s in plaats van 0.001 kg/m/s. De berekeningen werden opnieuw gedaan, waarbij ook de fractale dimensies werden aangepast naar 3, 2.5 2.2 en 2 en de grootte van de primaire deeltjes naar 5 μm (zie §3.2.2). De conclusies en bevindingen veranderen niet, wel zijn de waarden van de valsnelheid nu anders. De nieuwe figuren 5.7-5.11 en de tabellen 5.1 en 5.2 vervangen deze uit het vorige rapport en zijn gebundeld in appendix 7. De gecorrigeerde detailfiguren van vlokgrootten en valsnelheden van het SPM in 2006 tot en met 2013 uit appendix 1 van originele rapport kunnen op aanvraag bij de auteurs verkregen worden.

8. Referenties

- Agrawal Y, Pottsmith H. 2000. Instruments for particle size and settling velocity observations in sediment transport. *Marine Geology*, 168, 89–114.
- ANTEA. 2015. Onderzoek en monitoring alternatieve stortstrategie onderhoudsbaggerwerk voorhaven Zeebrugge 2013-2015 (16EF/2011/28), Analyse efficiëntie baggerproef (Deelopdracht 5), 38pp+app.
- Backers J, Francken F, Hindryckx K, Vanaverbeke W. 2014. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2013. BMM-rapport BMM-MDO/2014-10/MOMO/2013, 213pp.
- Baeye M, Fettweis M, Voulgaris G, Van Lancker V. 2011. Sediment mobility in response to tidal and wind-driven flows along the Belgian inner shelf, southern North Sea. *Ocean Dynamics*, 61, 611-622. doi:10.1007/s10236-010-0370-7.
- Baeye M, Fettweis M, Legrand S, Dupont Y, Van Lancker V. 2012. Mine burial in the seabed of high-turbidity area - Findings of a first experiment. *Continental Shelf Research*, 43, 107–119. doi:10.1016/j.csr.2012.05.009
- Chanson H, Takeuchi M, Trevethan M. 2008. Using turbidity and acoustic backscatter intensity as surrogate measures of suspended sediment concentration in a small subtropical estuary. *Journal of Environmental Management* 88, 1406–1416. doi:10.1016/j.jenvman.2007.07.009
- Cross J, Nimmo-Smith WAM, Torres R, Hosegood PJ. 2013. Biological controls on resuspension and the relationship between particle size and the Kolmogorov length scale in a shallow coastal sea. *Marine Geology*, 343, 29–38, doi:10.1016/j.margeo.2013.06.014.
- Delhez EJM, Carabin G. 2001. Integrated modelling of the Belgian coastal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53, 477–491.
- Downing J. 2006. Twenty-five years with OBS sensors: the good, the bad, and the ugly. *Continental Shelf Research*, 26, 2299–2318. doi:10.1016/j.csr.2006.07.018
- Fettweis M. 2008. Uncertainty of excess density and settling velocity of mud flocs derived from in situ measurements. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 78, 428-436. doi:10.1016/j.ecss.2008.01.007.
- Fettweis M, Van den Eynde D, Francken F, Van Lancker V. 2009. MOMO activiteitsrapport 2 (januari 2009 – juli 2009). BMM-rapport MOMO/4/MF/200912/NL/AR/2, 33pp + app.
- Fettweis M, Van den Eynde D, Francken F, Van Lancker V. 2010a. MOMO activiteitsrapport 3 (juli 2009 – december 2009). BMM-rapport MOMO/4/MF/201003/NL/AR/3, 38pp + app.
- Fettweis M, Francken F, Van den Eynde D, Verwaest T, Janssens J, Van Lancker V. 2010b. Storm influence on SPM concentrations in a coastal turbidity maximum area with high anthropogenic impact (southern North Sea). *Continental Shelf Research*, 30, 1417–1427, doi:10.1016/j.csr.2010.05.001.
- Fettweis M, Nechad B. 2011. Evaluation of in situ and remote sensing sampling methods for SPM concentrations on the Belgian continental shelf (southern North Sea). *Ocean Dynamics* 61, 157-171. doi:10.1007/s10236-010-0310-6
- Fettweis M, Baeye M, Francken F, Lauwaert B, Van den Eynde D, Van Lancker V, Martens C, Michielsens T. 2011. Monitoring the effects of disposal of fine sediments from maintenance dredging on suspended particulate matter concentration in the Belgian nearshore area (southern North Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 62, 258-269. doi:10.1016/j.marpolbul.2010.11.002
- Fettweis M, Baeye M, Lee BJ, Chen P, Yu JCR. 2012. Hydro-meteorological influences and multimodal suspended particle size distributions in the Belgian nearshore area (southern North Sea). *Geo-Marine Letters* 32, 123-137. doi:10.1007/s00367-011-0266-7.
- Fettweis M, Baeye M, Francken F, Van den Eynde D, Van Lancker V. 2014a. MOMO activiteitsrapport (1 juli 2013 - 31 december 2013). BMM-rapport MOMO/6/MF/201401/NL/AR/4, 47pp + app.
- Fettweis M, Baeye M, Francken F, Van den Eynde D. 2014b. MOMO activiteitsrapport (1 januari - 30 juni 2014). BMM-rapport MOMO/7/MF/201408/NL/AR/1, 43pp + app.
- Fettweis M, Baeye M, Van der Zande D, Van den Eynde D, Lee BJ. 2014c. Seasonality of floc strength in the southern North Sea. *Journal of Geophysical Research*, 119, 1911–

1926. doi:10.1002/2013JC009750.
- Fettweis M, Baeye M, Francken F. 2015. MOMO activiteitsrapport (1 juli – 31 december 2014). BMM-rapport MOMO/7/MF/201501/NL/AR/2, 41pp + app.
- Flagg CN, Vermersch JA, Beardsley RC. 1976. 1974 MIT New England shelf dynamic experiment (March 1974) data report, part II: The moored array. Report 76-1, Massachusetts Institute of Technology.
- Fugate DC, Friedrichs CT. 2002. Determining concentration and fall velocity of estuarine particle populations using ADV, OBS and LISST. *Continental Shelf Research*, 22, 1867–1886.
- Gerbersdorf SU, Jancke T, Westrich P, Paterson DM. 2008. Microbial stabilization of riverine sediments by extracellular polymeric substances. *Geobiology*, 6, 57–69.
- Ha HK, Maa J-PY, Park K, Kim YH. 2011. Estimation of high-resolution sediment concentration profiles in bottom boundary layer using pulse-coherent acoustic doppler current profilers. *Marine Geology* 279, 199–209. doi:10.1016/j.margeo.2010.11.002
- Hoitink A, Hoekstra P. 2005. Observations of suspended sediment from ADCP and OBS measurements in a mud-dominated environment. *Coastal Engineering* 52, 103–118. doi:10.1016/j.coastaleng.2004.09.005
- Holdaway GP, Thome PD, Flatt D, Jones SE, Prandle D. 1999 Comparison between ADCP and transmissometer measurements of suspended sediment concentration. *Continental Shelf Research* 19, 421–441.
- Kranenburg C. 1994. On the fractal structure of cohesive sediment aggregates. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 39, 451–460.
- Lauwaert B, Fettweis M, Cooreman K, Hillewaert H, Moulaert I, Raemaekers M, Mergaert K, De Brauwer D. 2004. Syntheserapport over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestortingen. BMM, DVZ & aMT rapport, BL/2004/01, 52pp.
- Lauwaert B, De Brauwer D, Fettweis M, Hillewaert H, Hostens K, Mergaert K, Moulaert I, Parmentier K, Verstraeten J. 2006. Syntheserapport over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestortingen (vergunningperiode 2004-2006). BMM, ILVO & aMT rapport, BL/2006/01, 87pp.
- Lauwaert B, Bekaert K, Berteloot M, De Brauwer D, Fettweis M, Hillewaert H, Hoffman S, Hostens K, Mergaert K, Moulaert I, Parmentier K, Vanhoey G, Verstraeten J. 2008. Syntheserapport over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestortingen (vergunningperiode 2006-2008). BMM, ILVO, aK & aMT rapport, BL/2008/01, 128pp.
- Lauwaert B, Bekaert K, Berteloot M, De Backer A, Derweduwen J, Dujardin A, Fettweis M, Hillewaert H, Hoffman S, Hostens K, Ides S, Janssens J, Martens C, Michielsens T, Parmentier K, Van Hoey G, Verwaest T. 2009a. Synthesis report on the effects of dredged material disposal on the marine environment (licensing period 2008-2009) Report by MUMM, ILVO, CD, aMT & WL, BL/2009/01. 73pp.
- Lauwaert B, Bekaert K, Berteloot M, De Backer A, Derweduwen J, Dujardin A, Fettweis M, Hillewaert H, Hoffman S, Hostens K, Ides S, Janssens J, Martens C, Michielsens T, Parmentier K, Van Hoey G, Verwaest T. 2009b. Syntheserapport over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestortingen (vergunningperiode 2008-2009). Rapport uitgevoerd door BMM, ILVO, CD, aMT & WL, BL/2009/01. 18pp.
- Lauwaert B, Delgado R, Derweduwen J, Devriese L, Fettweis M, Hostens K, Janssens J, Robbens J, Timmermans S, Van Hoey G, Verwaest T. 2011a. Synthesis report on the effects of dredged material disposal on the marine environment (licensing period 2010-2011). Report by MUMM, ILVO, CD, aMT & WL, BL/2011/12, 85pp.
- Lauwaert B, Delgado R, Derweduwen J, Devriese L, Fettweis M, Hostens K, Janssens J, Robbens J, Timmermans S, Van Hoey G, Verwaest T. 2011b. Synthese rapport over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestortingen (vergunningperiode 2010-2011). Rapport uitgevoerd BMM, ILVO, CD, aMT & WL, BL/2011/12, 16pp.
- Lauwaert B, Fettweis M, De Witte B, Van Hoey G, Timmermans S, Martens C. 2014. Vooruitgangrapport (januari 2012 – juni 2014) over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestortingen. Rapport door KBIN-BMM, ILVO, CD & aMT, BL/2014/01, 21pp.
- Lee BJ, Fettweis M, Toorman E, Molz F. 2012. Multimodality of a particle size distribution of cohesive suspended particulate matters in a coastal zone. *Journal of Geophysical*

- Research 117 (C03014). doi:10.1029/2011JC007552.
- Lynch JF, Irish JD, Sherwood CR, Agrawal YC. 1994. Determining suspended sediment particle size information from acoustical and optical backscatter measurements. *Continental Shelf Research* 14, 1139–1165.
- MacDonald IT, Vincent CE, Thorne PD, Moate BD. 2013. Acoustic scattering from a suspension of flocculated sediments. *Journal of Geophysical Research* 118, 2581–2594, doi:10.1002/jgrc.20197.
- Mikkelsen OA, Pejrup M. 2001. The use of a LISST-100 laser particle sizer for in-situ estimates of floc size, density and settling velocity, *Geo-Marine Letters*, 20, 187–195.
- Nauw JJ, Merckelbach LM, Ridderinkhof H, van Aken HM. 2014. Long-term ferry-based observations of the suspended sediment fluxes through the Marsdiep inlet using acoustic Doppler current profilers. *Journal of Sea Research*, 87, 17–29. doi: 10.1016/j.seares.2013.11.013
- Passow U. 2002. Transparent exopolymer particles (TEP) in aquatic environments, *Progress in Oceanography*, 55, 287–333.
- Rouhnia M, Keyvani A., Strom K. 2014. Do changes in the size of mud flocs affect the acoustic backscatter values recorded by a Vector ADV? *Continental Shelf Research* 84, 84–92. doi:10.1016/j.csr.2014.05.015
- Sherwood C, Lacy J, Voulgaris G. 2006. Shear velocity estimates on the inner shelf off Grays Harbor, Washington, USA. *Continental Shelf Research*, 26, 1995–2018. doi:10.1016/j.csr.2006.07.025
- Stapleton RL, Huntley DA. 1995. Seabed stress determination using the inertia dissipation method and the turbulent kinetic energy method. *Earth Surfaces Processes and Landforms*, 20, 807–815.
- Thevenot MM, Kraus NC. 1993. Comparison of acoustical and optical measurements of suspended material in the Chesapeake estuary. *Journal Marine Environment Engineering* 1, 65–79.
- Thompson CEL, Amos CL, Jones TER, Chaplin J. 2003. The manifestation of fluid-transmitted bed shear stress in a smooth annular flume - A comparison of methods. *Journal of Coastal research*, 19, 1094–1103.
- Thorne PD, Vincent CE, Hardcastle PJ, Rehman S, Pearson ND. 1991. Measuring suspended sediment concentrations using acoustic backscatter devices. *Marine Geology*, 98, 7–16.
- Thorne PD, Hanes DM. 2002. A review of acoustic measurement of small-scale sediment processes. *Continental Shelf Research*, 22, 603–632.
- Trowbridge JH, Elgar Z. 2001. Turbulence measurements in the surf zone. *Journal of Physical Oceanography*, 31, 2403–2417.
- Van den Eynde D. 1999. Toepassingen van het sedimenttransportmodel mu-STM voor het beheer van baggerspeciestoringen. BMM rapport Vestram/1/DVDE/19912/NI/TR2, 62pp.
- van Leussen W. 1999. The variability of settling velocities of suspended fine-grained sediment in the Ems estuary, *Journal of Sea Research*, 41, 109–118, doi:10.1016/S1385-1101(98)00046-X
- Vincent CE, MacDonald T. 2015. A flocculi model for the acoustic scattering from flocs. *Continental Shelf Research* 104, 15–24. doi:10.1016/j.csr.2015.05.002
- Voulgaris G, Meyers S. 2004. Temporal variability of hydrodynamics, sediment concentration and sediment settling velocity in a tidal creek. *Continental Shelf Research*, 24, 1659–1683, doi:10.1016/j.csr.2004.05.006
- Winterwerp JC. 1998. A simple model for turbulence induced flocculation of cohesive sediment. *Journal of Hydraulic Engineering*, 36, 309–326.

COLOPHON

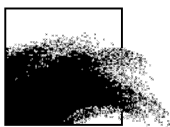
Dit rapport werd voorbereid door de BMM in juli 2015
Zijn referentiecode is .MOMO/7/MF/201507/NL/AR/3

De scheepstijd met de RV Belgica werd voorzien door BELSPO en KBIN-OD Natuur

Indien u vragen hebt of bijkomende copies van dit document wenst te verkrijgen, gelieve een e-mail te zenden naar m.fettweis@mumm.ac.be, met vermelding van de referentie, of te schrijven naar:

Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen
OD Natuur – BMM
t.a.v. Michael Fettweis
Gulledelle 100
B-1200 Brussel
België
Tel: +32 2 773 2132
<http://www.mumm.ac.be/>

BEHEERSEENHEID VAN HET
MATHEMATISCH MODEL VAN DE
NOORDZEE

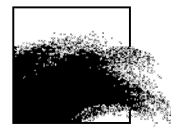


APPENDIX 1

Van den Eynde D., Fettweis M. (2015). Modelling van een alternatieve stortstrategie voor de onderhoudsbaggerwerken in de voorhaven van Zeebrugge. Technisch rapport MOMO/X/DVDE/201506/NL/TR01, 17pp.



KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN
OD NATUUR – BEHEERSEENHEID VAN HET MATEMATISCH MODEL



MONitoring en MODellering van het cohesieve sedimenttransport en evaluatie van de effecten op het mariene ecosysteem ten gevolge van bagger- en stortoperatie (MOMO)

Modellering van een alternatieve stortstrategie voor de onderhoudsbaggerwerken in de voorhaven van Zeebrugge

Technisch rapport

Dries Van den Eynde, Michael Fettweis

MOMO/7/DVDE/201506/NL/TR/1

Inhoudstafel

1.	Inleiding	4
2.	Beschrijving van de modellering	5
2.1.	Toegepaste modellen	5
2.1.1.	Hydrodynamisch model	5
2.1.2.	Golfmodel	5
2.1.3.	Sedimenttransportmodel	6
2.2.	Overzicht van de simulaties	6
3.	Resultaten	10
3.1.	Invloed van stortoperaties op S2	10
3.2.	Invloed van stortoperatie op Zeebrugge-West	11
4.	Conclusies	15
5.	Referenties	16

1. Inleiding

In dit rapport wordt de modellering beschreven van de SPM concentratie tengevolge van stortingen op B&W Zeebrugge Oost en Zeebrugge West. De modelresultaten worden getoond in de locaties WZ-boei en MOW1. Tijdens de terreinproef werd gedurende de periode van 30 september tot 3 oktober en vervolgens van 21 oktober tot 20 november gestort op een alternatieve stortplaats Zeebrugge-West, die op ongeveer een gelijkaardige afstand van de mond van de haven van Zeebrugge gelegen is als de stortplaats Zeebrugge-Oost, maar ten westen ervan is gelegen. De bedoeling is na te gaan of in de simulaties de concentratie ter hoogte van MOW1 en van de WZ-boei, waar meetapparatuur was ingezet (zie Fettweis et al., 2015) sterk beïnvloed wordt door de verandering van stortplaats.

In een eerste deel worden de toegepaste modellen en de uitgevoerde simulaties beschreven. In een volgend deel worden de resultaten besproken. De conclusies worden geformuleerd in een laatste sectie.

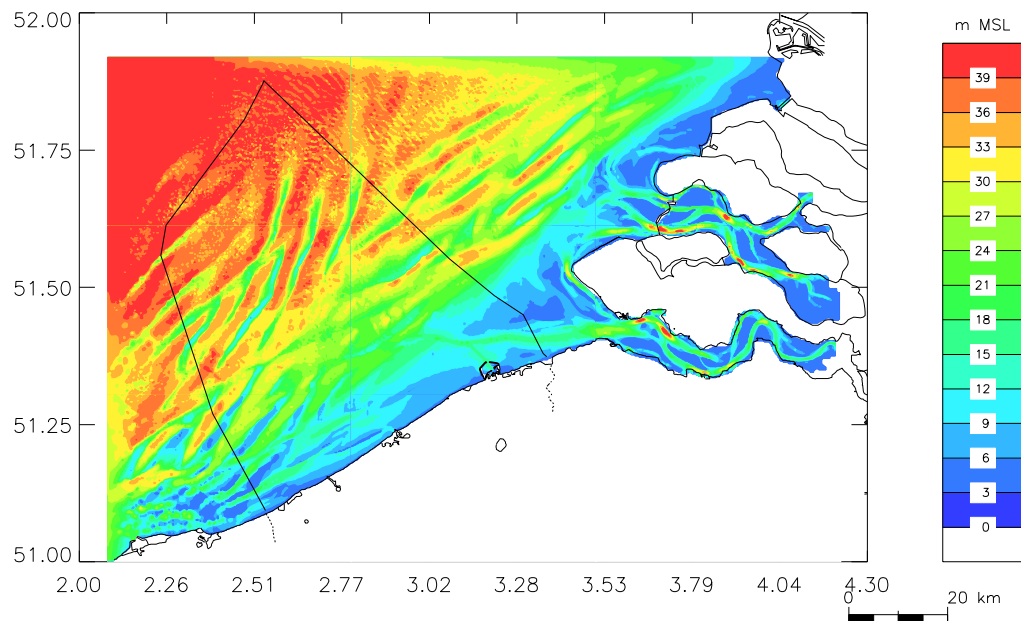
2. Beschrijving van de modellering

2.1. Toegepaste modellen

Voor de modellering van de materie in suspensie voor de Belgische kust worden drie modellen toegepast: een hydrodynamisch model om de stromingen te berekenen, een golfmodel om de golven te berekenen en een sedimenttransportmodel om de verspreiding van het in zee gestorte materiaal te modelleren. De verschillende modellen worden hier kort beschreven.

2.1.1. Hydrodynamisch model

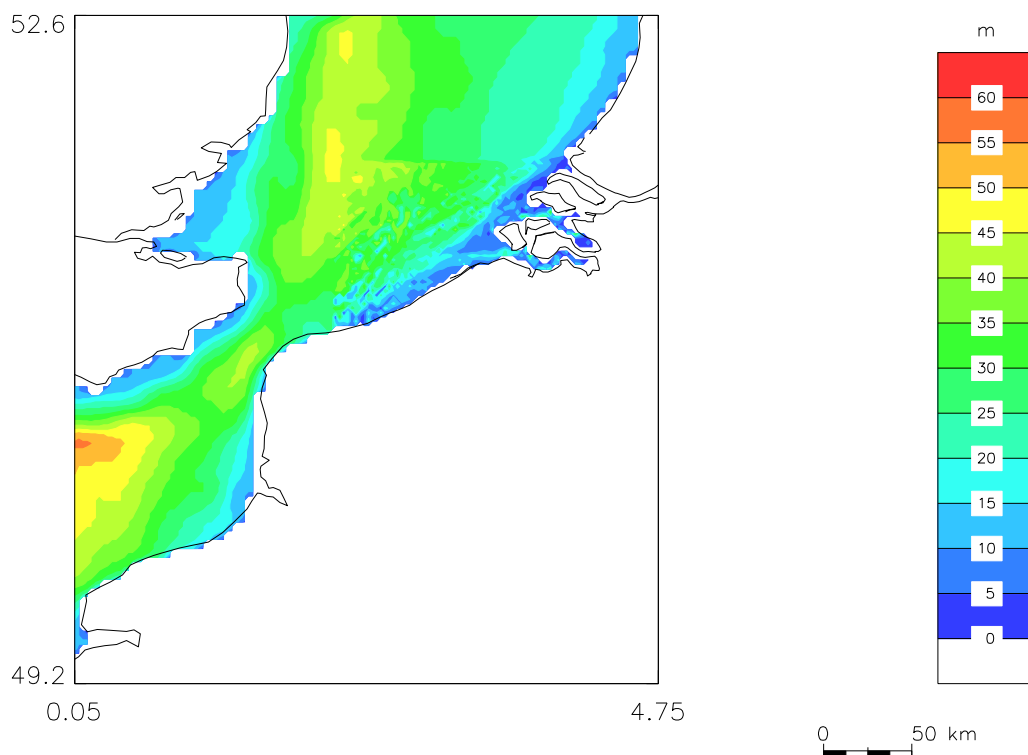
De stromingen worden berekend met het hydrodynamische model OMN_BCZ. Het model is een twee-dimensionaal hydrodynamisch model, dat gebaseerd is op het semi-impliciete ADI-schema. Het model is geïmplementeerd op het Belgische Continentale Plat met een resolutie van 278 m x 257 m. De bathymetrie van het model wordt voorgesteld in Figuur 1. Het model omvat het gehele Belgische Continentale Plat en een deel van de Westerschelde. Het model is langs de open randvoorwaarden gekoppeld met een twee-dimensionale model voor de gehele Noordwest-Europese Continentale Plat, met een rooster van ongeveer 4 km x 4 km.



Figuur 1: Bathymetrie van het hydrodynamische model OMN-BCZ.

2.1.2. Golfmodel

De golven werden berekend met het 3^{de} generatie golfmodel WAM. Het model berekent de significante golfhoogte, golffrequentie en golfrichting met een resolutie van 2,33 x 2,47 km in de zuidelijke Noordzee, zie de bathymetrie in Figuur 2. Het model is langs de open randen gekoppeld met een model voor de centrale Noordzee (resolutie ongeveer 6,7 x 7,4 km) en met een model voor de gehele Noordzee (resolutie ongeveer 28 km x 33 km). Het model wordt onlangs uitgebreid gevalideerd (Van den Eynde, 2013).



Figuur 2: Bathymetrie van het fijn-mazige golfmodel WAM-LOCL.

2.1.3. Sedimenttransportmodel

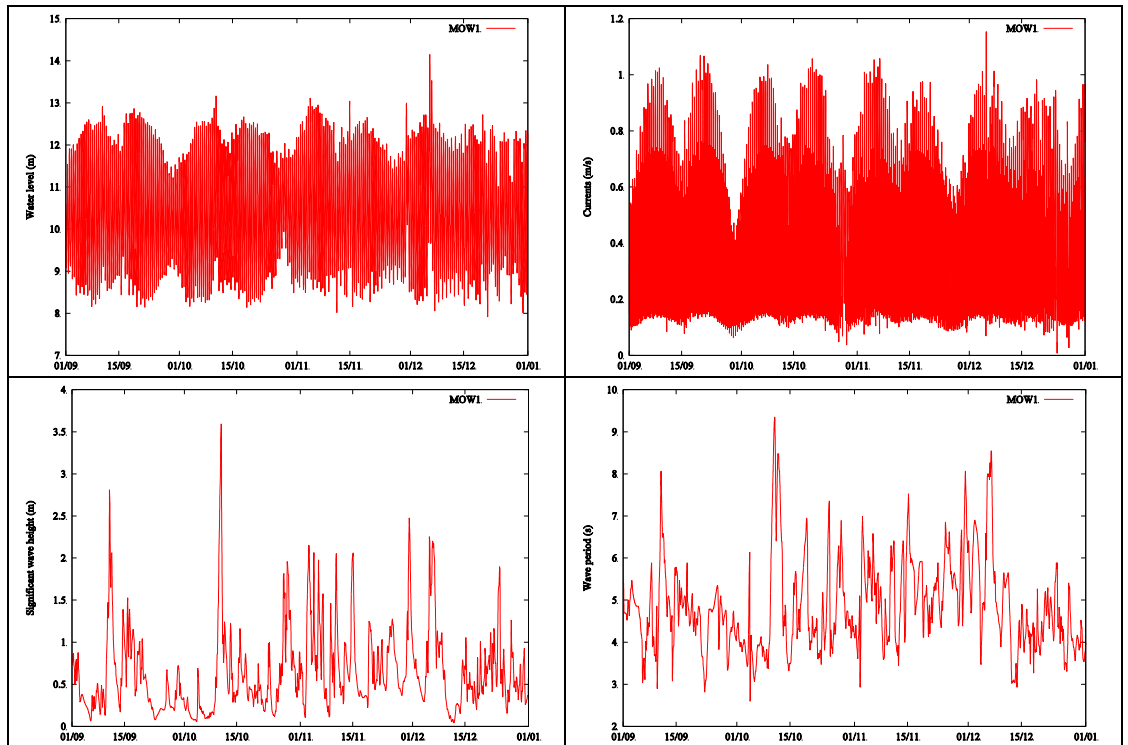
Voor het berekenen van het transport aan fijnkorrelig materiaal werd gebruik gemaakt van het MU-STM model, een 2D sedimenttransportmodel dat de advectie en diffusie van het materiaal in suspensie berekent, te samen met de depositie op de bodem en de resuspensie van de bodem. Het model maakt gebruik van een 2^{de} orde momentenmethode voor de berekening van de advectie, wat een kleine numerieke diffusie met zich meebrengt. Het model werd onder ander door Fettweis & Van den Eynde (2003) toegepast voor de simulatie van de sedimentbalans op het Belgisch Continentale Plat.

2.2. Overzicht van de simulaties

De simulaties werden uitgevoerd voor de periode 01/09/2013 tot 01/01/2014. De waterhoogtes, stromingen, significante golfhoogte en golfperiode ter hoogte van het output punt MOW1 worden voorgesteld in Figuur 3. De verschillende spring-tij doottij cycli zijn duidelijk merkbaar in de totale waterdiepte. De over-de-diepte-gemiddelde stroomsnelheid kan tot 1 m/s worden tijdens springtij, tijdens doottij blijft de maximale stroming beperkt tot 0,5 tot 0,7 m/s. De significante golfhoogte is relatief hoog gedurende de periode, waarbij de significante golfhoogtes regelmatig hoger is dan 2 m. De hoogste pieken zijn op 10 oktober (3.591 m), 9 september (2.806 m) en 30 november (2.475 m).

Gedurende deze periode werd deels op de stortplaats B&W Zeebrugge-Oost gestort, met uitzondering van de periode van 30 september tot 3 oktober en van 21 oktober tot 20 november waar op de alternatieve stortplaats Zeebrugge-West werd gestort. In Tabel 1 wordt de hoeveelheid gestort materiaal op de verschillende stortplaatsen gedurende deze periode weergegeven. Gedurende deze periode werd ervan uitgegaan dat één storting steeds tussen 1350 ton droge stof (TDS) en 1680 TDS uitmaakte en werd het aantal stortingen per dag

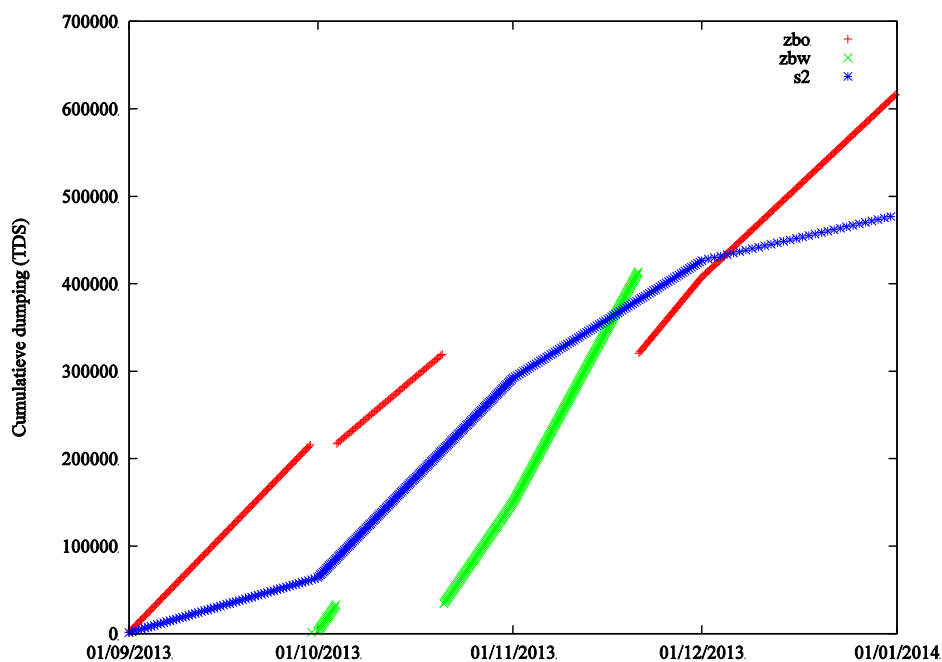
gevarieerd tussen 1 storting per dag tot 10 stortingen per dag, zodat de totale hoeveelheid gestort materiaal per maand overeenkomt met de hoeveelheid in de tabel. Enkel de stortingen op S2, Zeebrugge-Oost en Zeebrugge-West werden in rekening gebracht. De cumulatieve hoeveelheid materiaal gestort wordt voorgesteld in Figuur 4. De lokatie van de drie stortplaatsen wordt geïllustreerd in Figuur 5.



Figuur 3: Totale waterdiepte (links-boven), over-de-diepte-gemiddelde stroming (rechts-boven), significante golfhoogte (links-onder) en golfperiode (rechts-onder) gedurende de periode 1/9/2013-1/1/2014 ter hoogte van het punt MOW1.

Tabel 1: Gestort materiaal in de periode september-december 2013 (in ton droge stof (TDS)).

Stortplaats	Sep	Okt	Nov	Dec	Tot
Oostende	129108	157814	0	0	286922
S1	61448	493011	502798	66707	1123964
S2	62765	228024	134107	52086	476982
Zeebrugge-Oost	217770	103488	86920	210123	616301
Zeebrugge-West	1375	147250	264974	0	413599

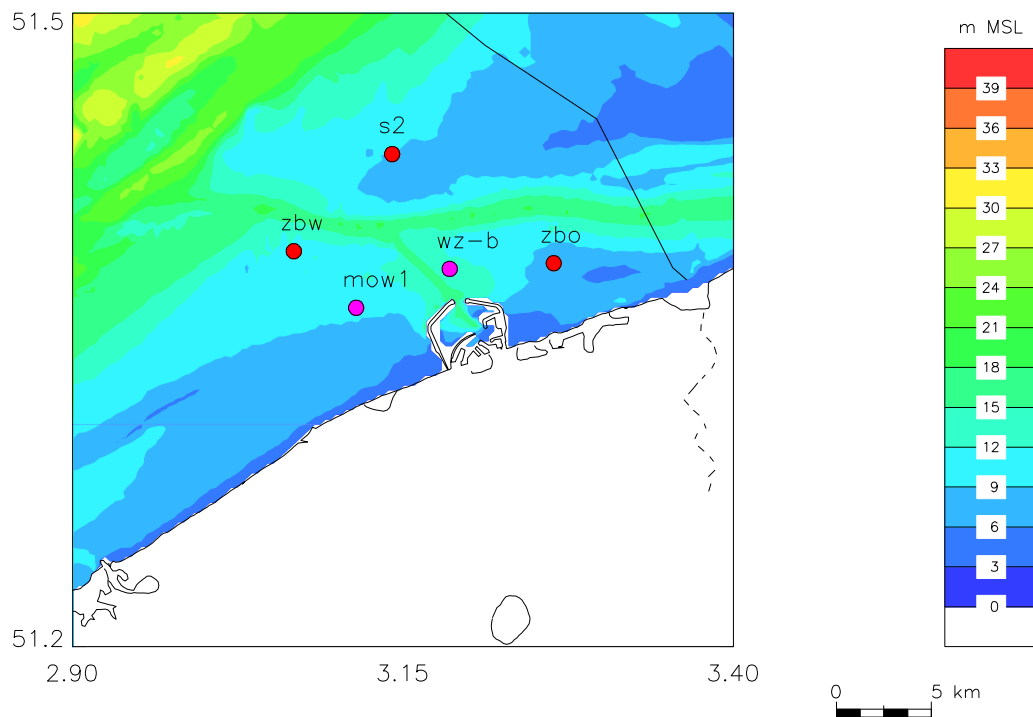


Figuur 4: Cumulatieve hoeveelheid gestort materiaal op de verschillende dumpingssites (in TDS). Zbo: Zeebrugge-Oost, zbw: Zeebrugge-West, s2: S2.

Aangezien de resolutie van het rooster kleiner is dan de grootte van de stortplaats (straal van 750 m), werden de stortingen gespreid over verschillende roosterpunten. Hierbij werd verondersteld dat voor Zeebrugge-Oost en Zeebrugge-West zo dicht mogelijk tegen de haven werd gestort, dus voor Zeebrugge-Oost in het westelijke deel en voor Zeebrugge-West in het oostelijke deel van de stortplaats. Op S2 wordt in het noordelijke deel van de cirkel vastgelegd, zoals vastgelegd in de definitie van de stortplaats S2.

Twee verschillende scenario's werden doorgerekend. In het eerste scenario werden de stortingen gesimuleerd, zoals deze in de praktijk werden uitgevoerd, namelijk stortingen op stortplaatsen Zeebrugge-Oost, Zeebrugge-West en S2. In de tweede simulatie werd Zeebrugge-West niet gebruikt en alles op Zeebrugge-Oost gestort. De invloed van deze verschillende stortstrategie werd nagegaan door de SPM concentratie in twee locatie (MOW1 meetpaal, en WZ-boei) te vergelijken. Merk op dat in elk van de simulaties enkel rekening gehouden werd met advection, diffusie, depositie en resuspensie van het materiaal dat op de stortplaatsen werd gedumpt en dat er zich initieel dus geen materiaal in de waterkolom of op de zeebodem bevond. Er werd hier dus geen rekening gehouden met de natuurlijke variaties in SPM concentratie. De gesimuleerde SPM concentraties zijn daardoor een grootte-orde kleiner dan de concentraties die, ter hoogte van Zeebrugge, worden waargenomen. Ze zijn een maat voor de verhoging van de SPM concentratie, als gevolg van de stortoperaties van het gebaggerde materiaal.

Verschiedende modelparameters werden toegepast, zoals verder zal worden uiteengezet. De resultaten van de simulaties worden natuurlijk beïnvloed door de keuze van de sedimentparameters die worden gekozen.



Figuur 5: Positie van de dumpingssites (zbw: Zeebrugge-West, zbo: Zeebrugge-Oost, s2: S2) en van de output punt (mow1: MOW1 meetpaal, wz-b: WZ-boei).

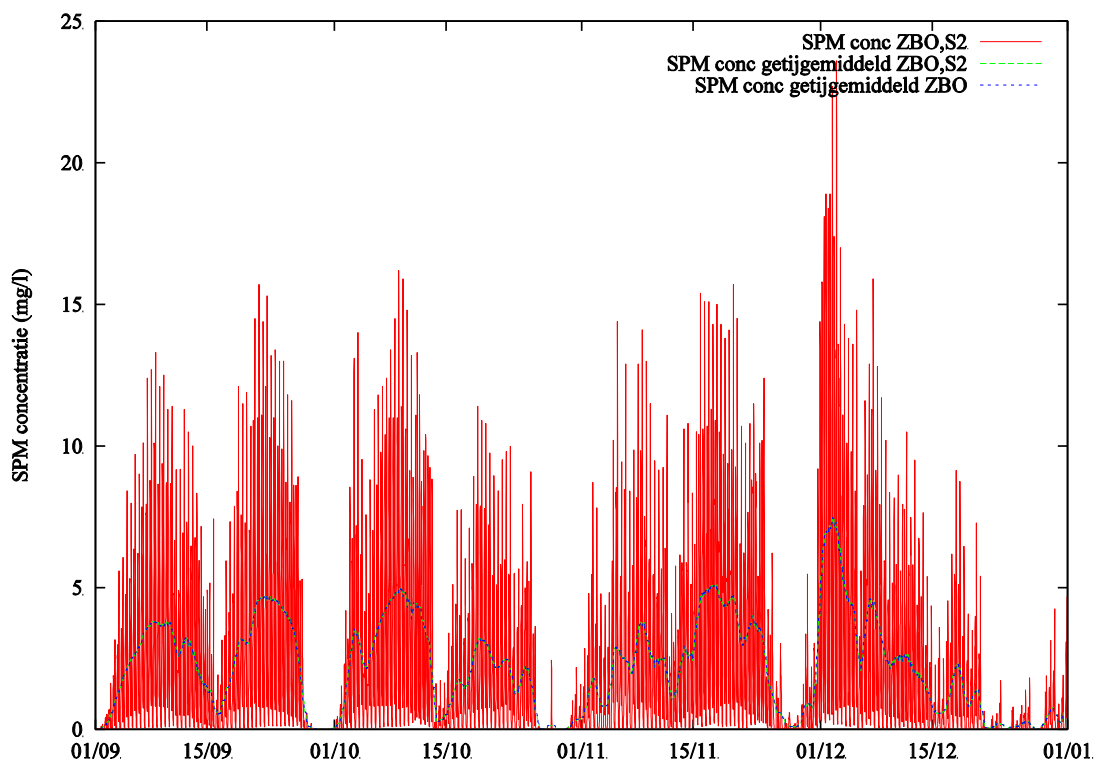
3. Resultaten

3.1. Invloed van stortoperaties op S2

Een eerste simulatie werd uitgevoerd om de invloed van de stortingen op stortplaats S2 op de SPM concentratie ter hoogte van MOW1 of WZ-boei na te gaan. Er werd in deze eerste simulatie geen rekening gehouden met golven. Tijdens het storten werd de helft van het materiaal in suspensie gebracht en de andere helft op de bodem afgezet. De sediment parameters voor deze simulatie 01 worden gegeven in Tabel 2. In Figuur 6 wordt de SPM concentratie voorgesteld ter hoogte van het meetpunt MOW1. De stortingen op S2 blijken in deze simulaties weinig invloed te hebben op de SPM concentraties. Daarom worden in de volgende simulaties enkel de stortingen op Zeebrugge-Oost en Zeebrugge-West in rekening gebracht.

Tabel 2: Sedimentparameters voor de verschillende simulaties.

Simulatie	Golven	ρ_{DEP} (Pa)	w_s (m/s)	Stortingen bod. (%)
01	Nee	1000	0.002	50
02	Nee	1000	0.002	0
03	Ja	1000	0.002	50
04	Ja	1000	0.002	0
05	Ja	1000	0.001	50
06	Ja	1000	0.001	0
07	Ja	0.5	0.002	50
08	Ja	0.5	0.002	0



Figuur 6: SPM concentratie en getijgemiddelde SPM concentratie bij MOW1 voor simulatie 01 met stortingen op Zeebrugge-Oost (ZBO) en S2, en stortingen op enkel Zeebrugge-Oost.

3.2. Invloed van stortoperatie op Zeebrugge-West

Voor dezelfde simulatie werd in eerste instantie de invloed nagegaan van de tijdelijke stortingen op Zeebrugge-West op de SPM concentraties ter hoogte van MOW1 en de WZ-boei. Deze resultaten worden voorgesteld in Figuur 7. Uit de figuur blijkt duidelijk dat wanneer op Zeebrugge-West wordt gestort de SPM concentratie ter hoogte van de WZ-boei en van MOW1 verlaagt.

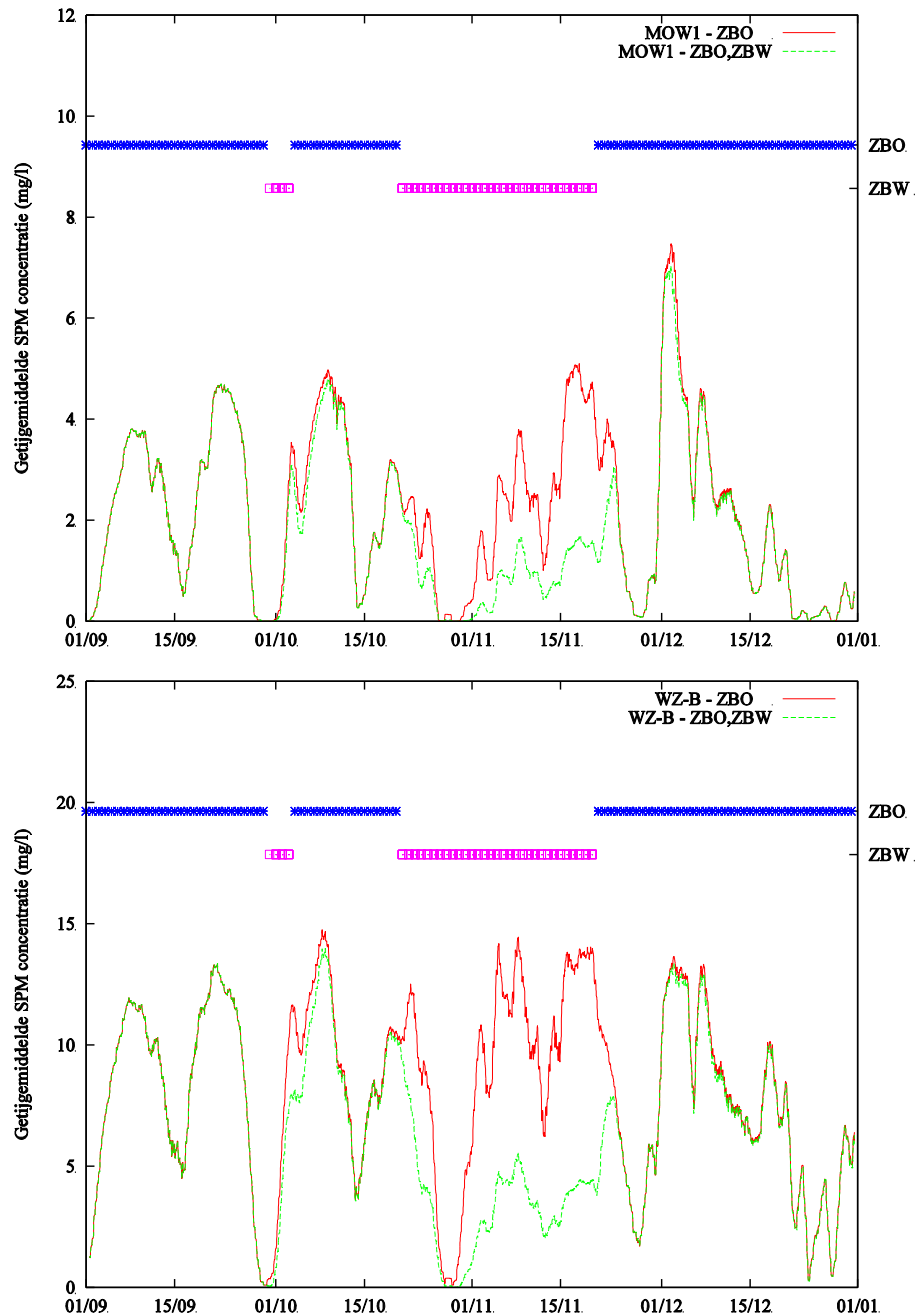
De gemiddelde SPM concentratie tijdens het gebruik van stortplaats Zeebrugge-West en Zeebrugge Oost in MOW1 en WZ-boei bedraagt 0.86 mg/l en 3.40 mg/l respectievelijk. Wanneer tijdens de simulatieperiode enkel op Zeebrugge-Oost wordt gestort, stijgen deze SPM concentraties respectievelijk naar 2.07 mg/l en 8.88 mg/l. Dit betekent dat door het gebruik van Zeebrugge-West de SPM concentraties met 40% tot 44% daalden, ten opzichte van de situatie wanneer enkel op Zeebrugge-Oost gestort wordt.

Aangezien de gesimuleerde SPM concentraties sterk afhangen van de parameters, die in het model worden gekozen, werden meerdere simulaties uitgevoerd met verschillende parameters. Een overzicht van de simulaties wordt gegeven in Tabel 2Tabel 1. Hierbij werd voor elke parameterset twee simulatie uitgevoerd, een waarbij op Zeebrugge-West wordt gestort en een tweede waar enkel op Zeebrugge-Oost wordt gebruikt. In simulaties 01, 03, 05 en 07 wordt 50 % van het materiaal op de bodem afgezet, en 50 % in suspensie gebracht, terwijl in simulaties 02, 04, 06 en 08s geen materiaal op de bodem wordt afgezet. Verder worden in simulaties 01 en 02 geen golven in rekening gebracht, terwijl dit wel het geval is voor de andere simulaties. Verder worden in simulaties 05 en 06 een lagere valsnelheid gebruikt, en in simulaties 07 en 08 een kritische bodemspanning voor depositie wordt opgelegd van 0.5 Pa. In de andere simulaties wordt voor deze kritische bodemspanning voor depositie een waarde van 1000 Pa aangenomen, wat in praktijk erop neer komt, dat er geen kritische bodemspanning voor depositie is.

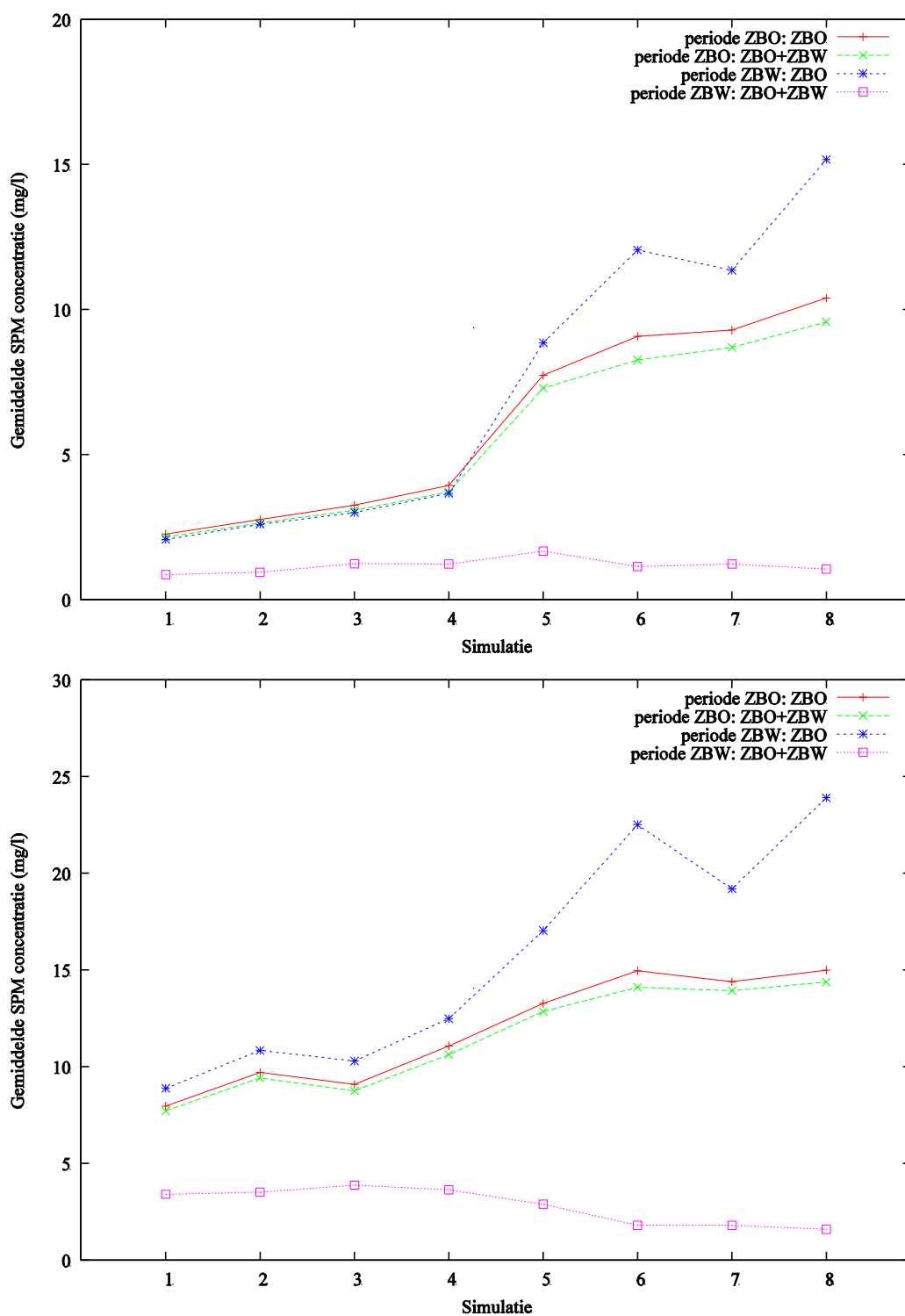
In Figuur 8 wordt de SPM concentratie ter hoogte van MOW1 en de WZ-boei getoond voor de verschillende simulaties, afzonderlijk voor de 'periode ZBO' (dit is de periode waar in realiteit op Zeebrugge Oost werd gestort: 1/09 tot 30/09, 4/10 tot 19/10 en 21/11 tot 31/12) en de 'periode ZBW' (dit is de periode waar in realiteit op Zeebrugge West werd gestort: 30/09 tot 3/10 en 21/10 tot 20/11). De resultaten worden getoond voor deze periodes waarbij nog een onderscheid wordt gemaakt met enkel storten op Zeebrugge-Oost (periode ZBO: ZBO en periode ZBW: ZBO) en met stortingen op Zeebrugge-Oost en Zeebrugge-West zoals in werkelijkheid werd uitgevoerd (periode ZBO: ZBO+ZBW en periode ZBW: ZBO+ZBW).

Uit de figuur 8 blijkt dat het storten op Zeebrugge West ook nog een kleine verlaging in de gemiddelde SPM concentratie tijdens periode ZBO veroorzaakt (vergelijk periode ZBO: ZBO+ZBW, en periode ZBO: ZBO). Tijdens de periode met storten op ZBW (periode ZBW) is er een significant verschil in concentratie te zien. Door tijdens deze periode te storten op Zeebrugge-West daalt de SPM concentratie significant (zie periode ZBW: ZBW+ZBO). Om het effect van meteo in te schatten werd voor dezelfde periode ZBW ook simulaties uitgevoerd waarbij enkel op ZBO wordt gestort (periode ZBW: ZBO). Indien meteo geen effect zou gehad hebben, dan zou deze simulatie dezelfde resultaten moeten opleveren dan deze voor de 'periode ZBO: ZBO'. De significant hogere SPM concentraties zijn het gevolg van de woelige periode waarin de terreinproef werd uitgevoerd. Zonder dat de stortplaats zou veranderen verwachten we dus op basis van deze resultaten dat de SPM concentraties hoger zijn tijdens de periode ZBW dan ervoor of erna. In Figuur 9 wordt de verhouding weergegeven tussen de SPM concentraties ter hoogte van MOW1 en van WZ-boei, voor de simulaties waarbij op Zeebrugge-

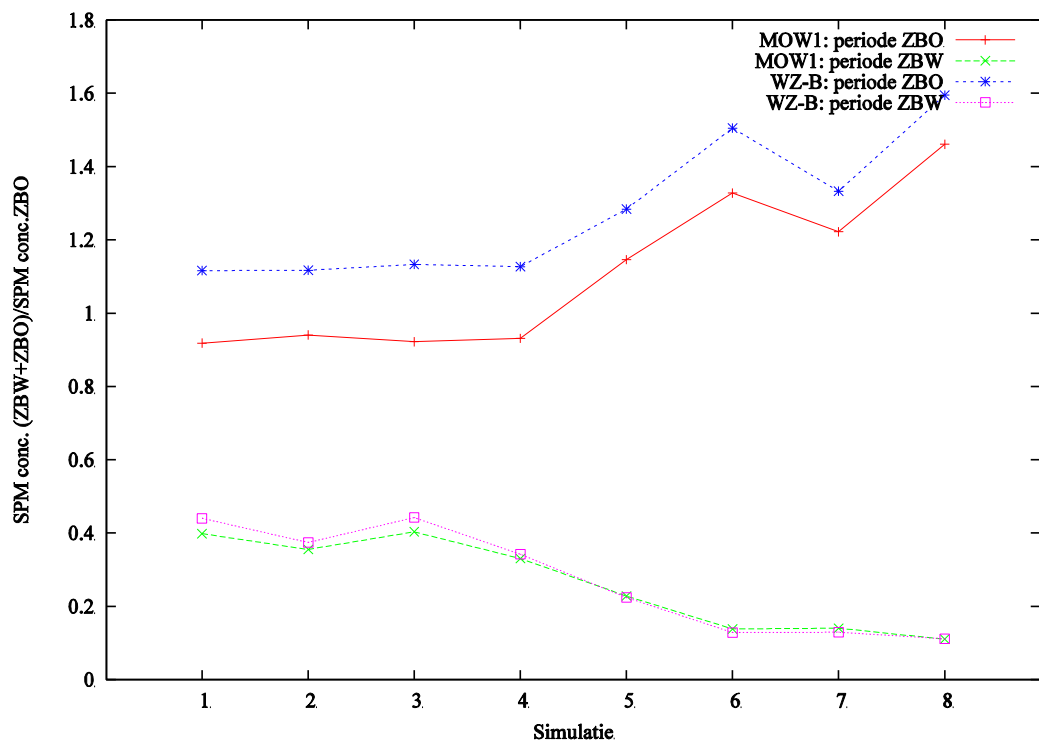
Oost en Zeebrugge West wordt gestort, en de simulaties waarbij enkel op Zeebrugge-Oost wordt gestort. Het blijkt dat tijdens de periode dat op Zeebrugge-West wordt gestort, de concentraties dalen tussen 40 % tot zelfs 20 % van de waarde, afhankelijk van de verschillende simulaties. Het verschil tussen de daling ter hoogte van MOW1 en van de WZ-boei blijkt klein te zijn. Gedurende de periode dat op Zeebrugge-Oost wordt gestort blijkt dat door de storting ter hoogte van Zeebrugge-West de concentratie te WZ-boei en in sommige simulaties de concentratie ter hoogte van MOW1, te verhogen.



Figuur 7: SPM concentratie bij MOW1 (boven) en WZ-boei (onder) voor simulatie 01 met stortingen op Zeebrugge-Oost (ZBO) en stortingen op Zeebrugge-Oost en Zeebrugge-West (ZBW). Bovenaan worden de periodes aangeduid waarop er op Zeebrugge-West en Zeebrugge-Oost wordt gestort.



Figuur 8: Gemiddelde SPM concentratie ter hoogte van MOW1 (boven) en WZ-boei (onder), voor de periodes waarop op Zeebrugge-Oost gestort wordt (periode ZBO) en de periode waarop op Zeebrugge-West gestort wordt (periode ZBW). Resultaten voor simulaties 1 t.e.m. 8 met stortingen op Zeebrugge-Oost alleen (ZBO) en met stortingen op Zeebrugge-Oost en Zeebrugge-West (ZBO+ZBW).



Figuur 9: Verhouding tussen de gemiddelde SPM concentratie tijdens de simulatie met stortingen op stortingen op Zeebrugge-Oost en Zeebrugge-West (ZBO+ZBW) en met stortingen op Zeebrugge-Oost alleen (ZBO), ter hoogte van MOW1 en WZ-boei, voor de periodes waarop op Zeebrugge-Oost gestort wordt (periode ZBO) en de periode waarop op Zeebrugge-West gestort wordt (periode ZBW).

4. Conclusies

In het huidige rapport werden een aantal simulaties beschreven van de storting van baggerspecie op de stortplaatsen Zeebrugge-Oost en Zeebrugge-West. In een eerste reeks van simulaties werden de stortingen gesimuleerd zoals ze in de praktijk werden uitgevoerd, dus op Zeebrugge-West gedurende de periode 30 september 2013 tot 3 oktober 2013 en 21 oktober 2013 tot 20 november 2013, en op Zeebrugge-Oost tijdens de rest. In een tweede reeks van simulaties werd enkel op Zeebrugge-Oost gestort, dus werd gesimuleerd dat het materiaal dat op Zeebrugge-West werd gestort ook op Zeebrugge-Oost werd gestort. De simulaties werden uitgevoerd voor de periode 1 september 2013 tot 1 januari 2014. De simulaties werden dan gebruikt om het effect na te gaan van de verandering van de stortplaats van Zeebrugge-Oost naar Zeebrugge-West op de SPM concentratie ter hoogte van MOW1 en de WZ-boei.

Uit de simulaties blijkt dat gedurende de periode dat op Zeebrugge-West gestort werd, de concentraties ter hoogte van MOW1 en WZ-boei zeer duidelijk verlaagden. Voor de verschillende simulaties werd de SPM concentratie verlaagd tot 40 % of zelfs tot 20 % van de SPM concentratie, die werd gesimuleerd, wanneer enkel op Zeebrugge-Oost werd gestort.

Uit de simulaties blijkt verder dat de periode Zeebrugge West gekenmerkt werd door meteorologische condities die door een grotere resuspensie van het afgezet materiaal een verhoging van de SPM concentraties hebben veroorzaakt t.o.v. de periodes voor of na deze periode.

5. Referenties

- Fettweis M, Van den Eynde D. 2003. The mud deposits and the high turbidity in the Belgian-Dutch coastal zone, Southern bight of the North Sea. *Continental Shelf Research*, 23, 669-691.
- Fettweis M, Baeye M, Francken F, Van den Eynde D. 2015. MOMO activiteitsrapport (1 januari – 30 juni 2015). BMM-rapport MOMO/7/MF/201508/NL/AR/3, 76pp + app.
- Van den Eynde D. 2013. Comparison of the results of the operational HYPAS and WAM models. Report OPTOS/1/DVDE/201303/EN/TR1. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Operational Directorate Natural Environment. Suspended Matter and Seabed Modelling and Monitoring Group, Brussels, Belgium, 39 pp.

▪ COLOPHON

Dit rapport werd voorbereid door de Operationel Directie Natuurlijk Milieu in juni 2015.

De referentiecode van het rapport is MOMO/X/DVDE/201506/NL/TR01.

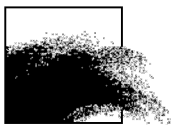
Status ☐ draft
☒ finale versie
☐ herziene versie
☐ vertrouwelijk

Beschikbaar in ☐ Engels
☒ Nederlands
☐ Frans

Indien u vragen hebt of bijkomende copies wenst, gelieven een e-mail te zenden naar *Dries.VandenEynde@mumm.ac.be*, met vermelding van de referentie, of te schrijven naar:

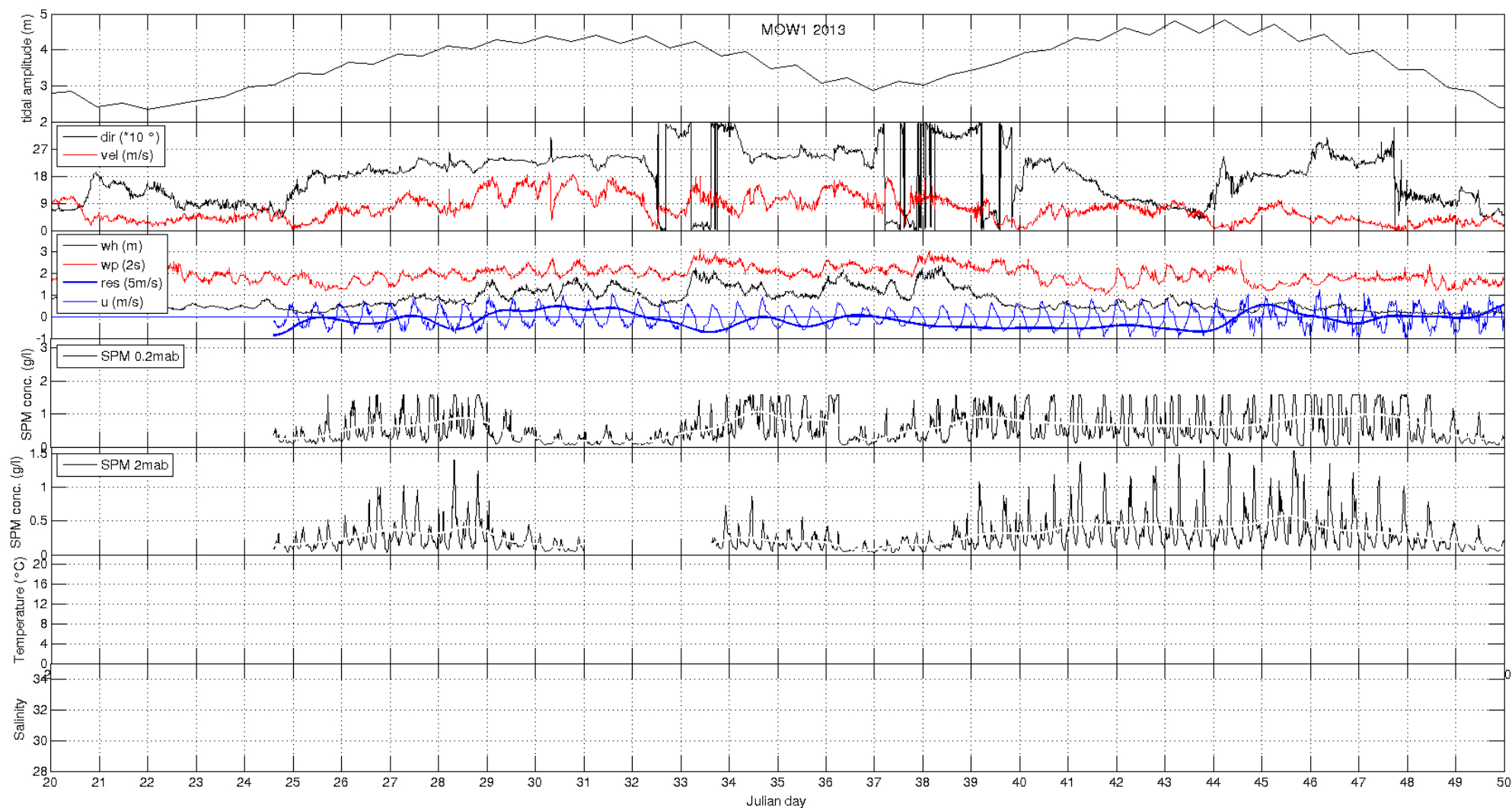
Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen
Operationale Directie Natuurlijk Milieu
Groep Modelleren en Monitoring van Materie in Suspensie en Zeebodem
Gulledelle 100
B-1200 Brussel
België
Telefoon: +32 2 773 2111
Fax: +32 2 770 6972
<http://www.mumm.ac.be/>

BEHEERSEENHEID VAN HET
MATHEMATISCH MODEL VAN DE
NOORDZEE

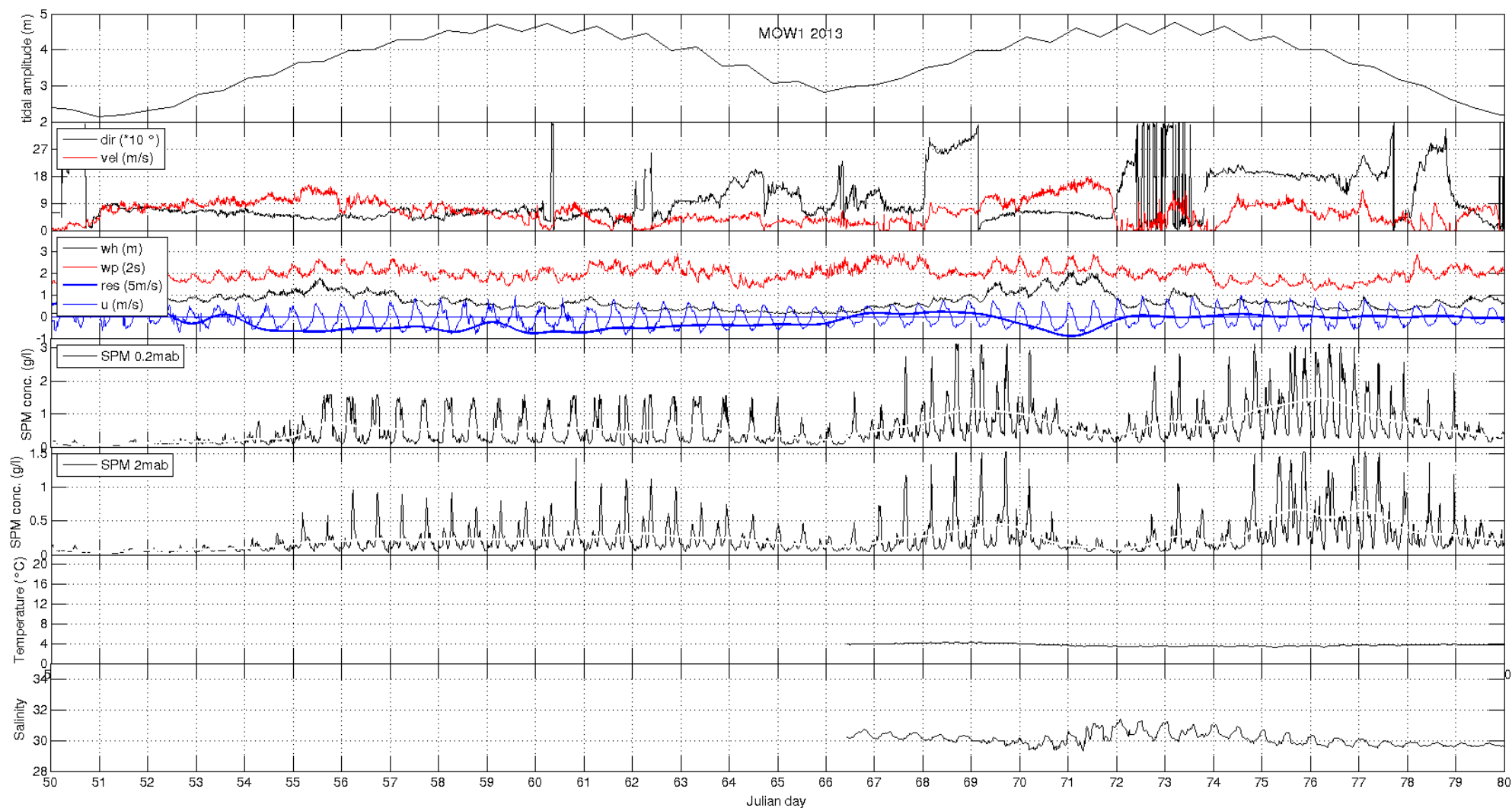


APPENDIX 2

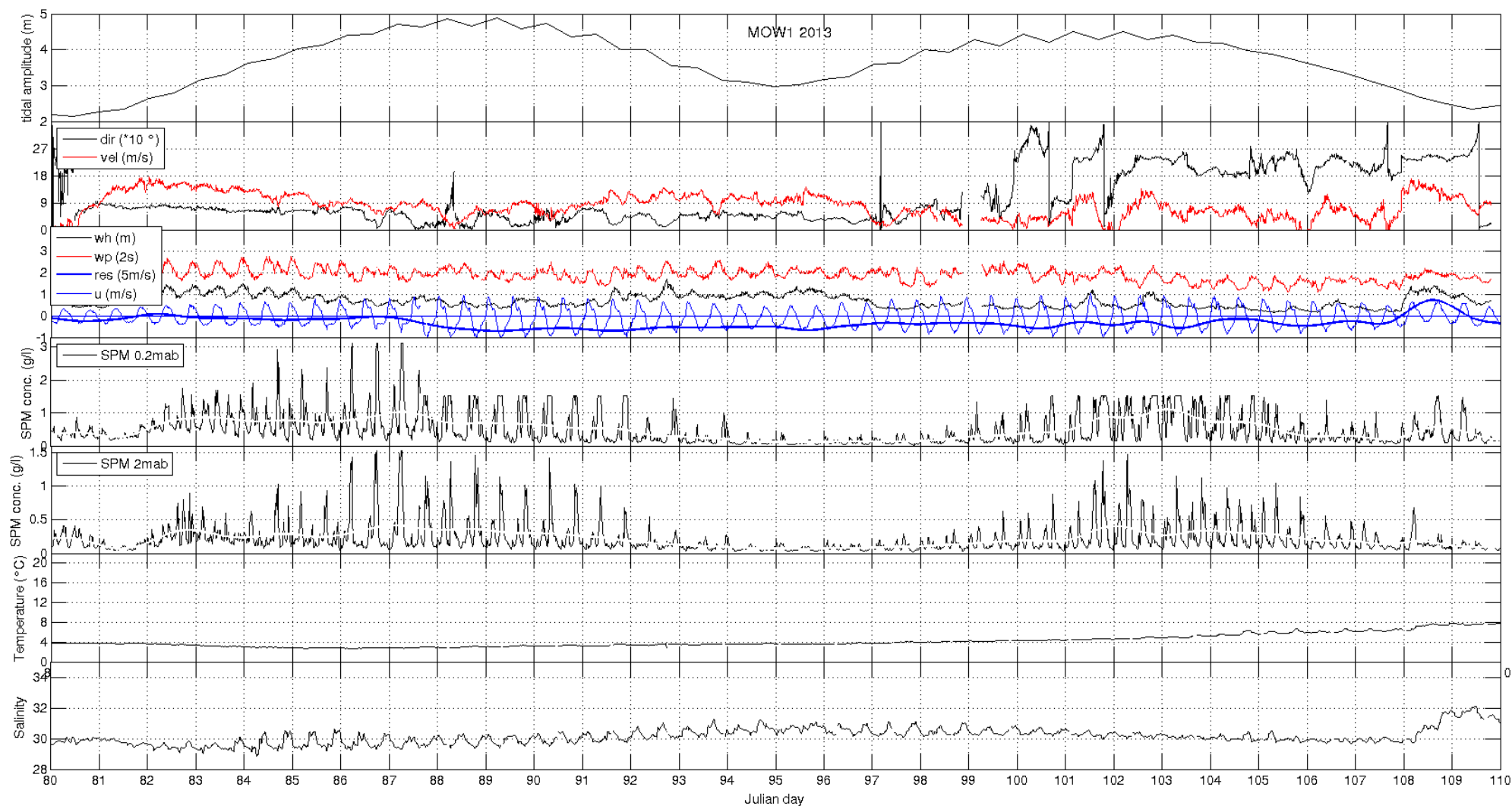
Tijdseries MOW1: OBS-SPM concentratie



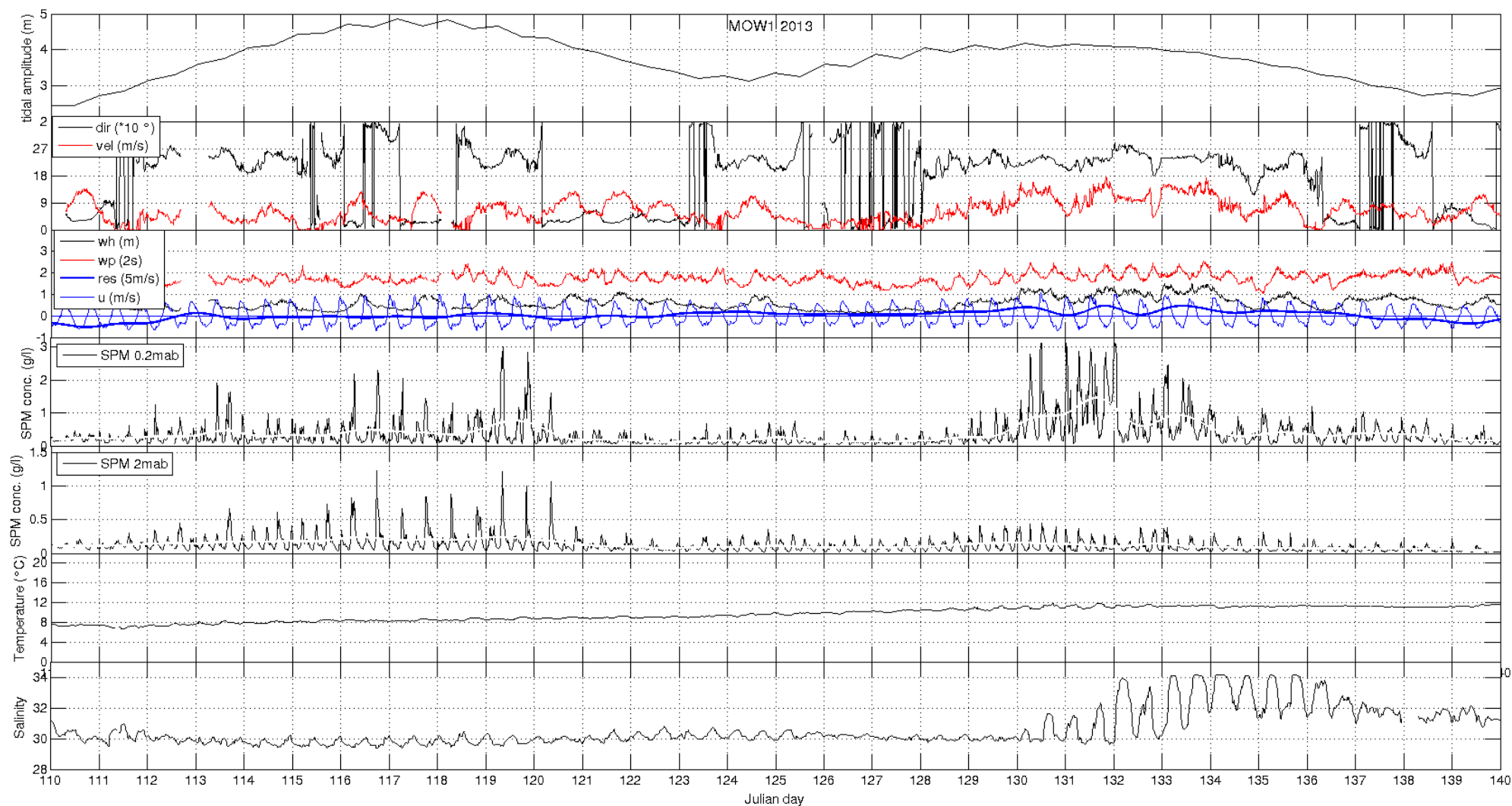
Figuur A2.1: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



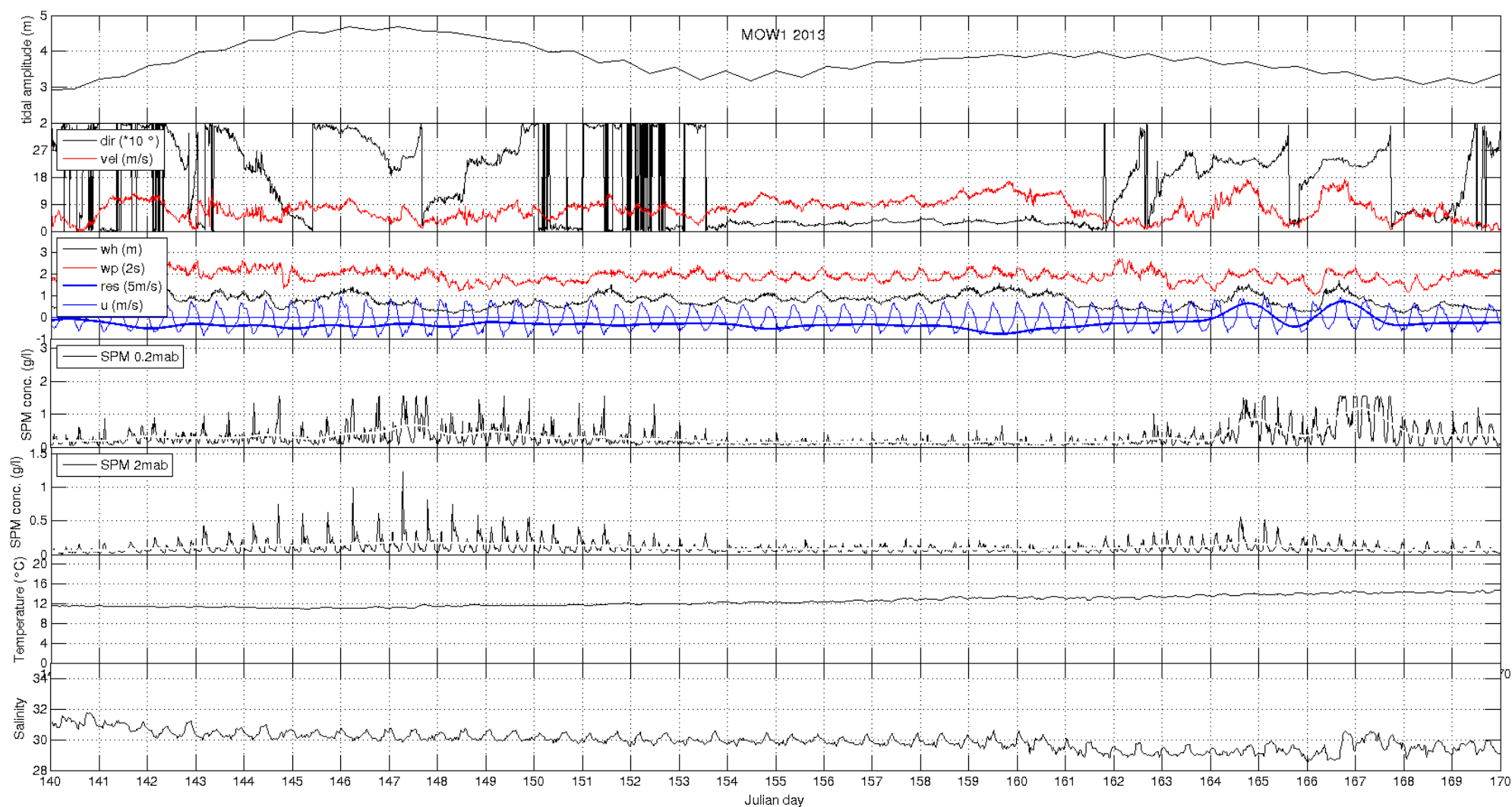
Figuur A2.2: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



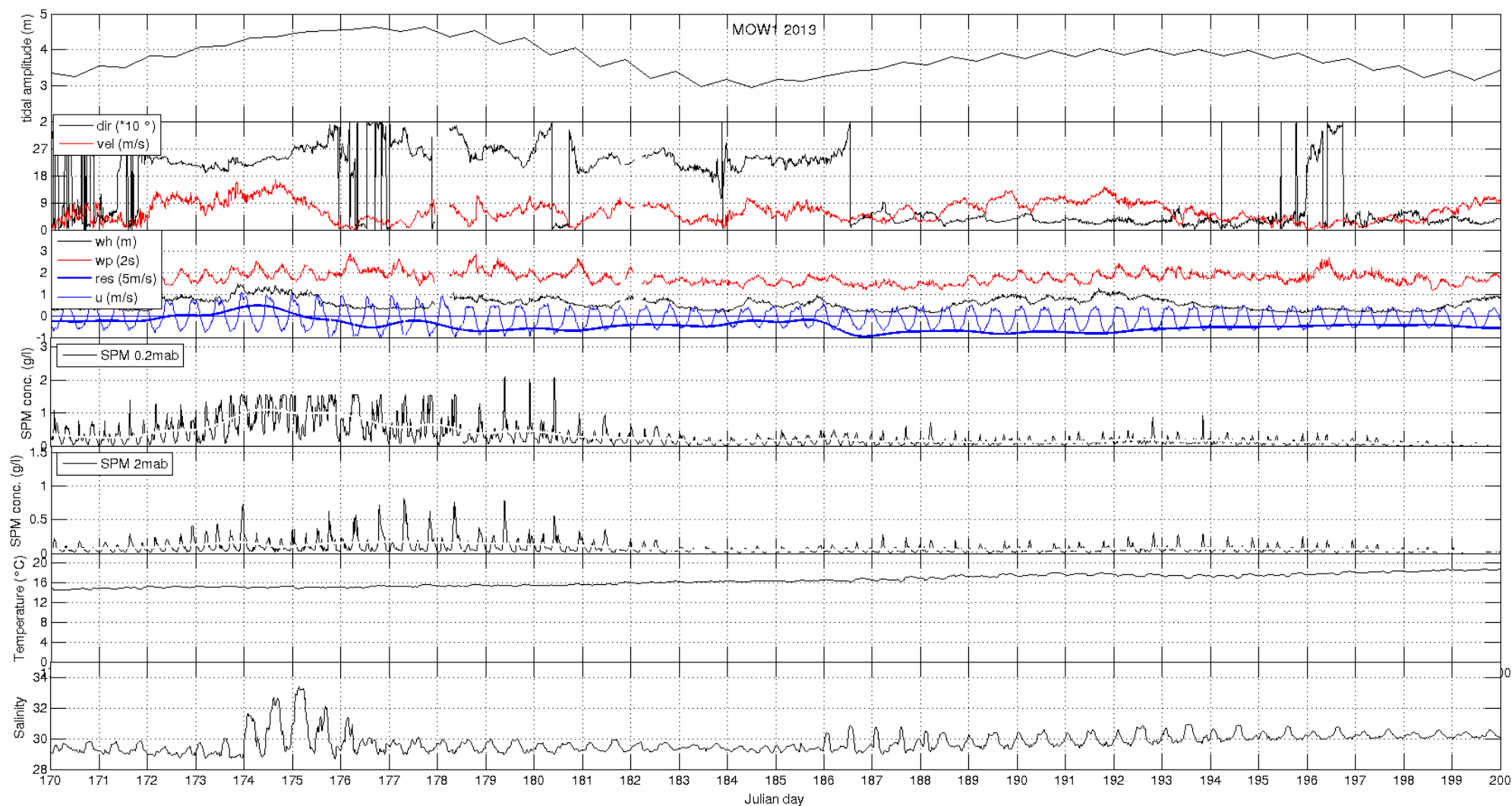
Figuur A2.3: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



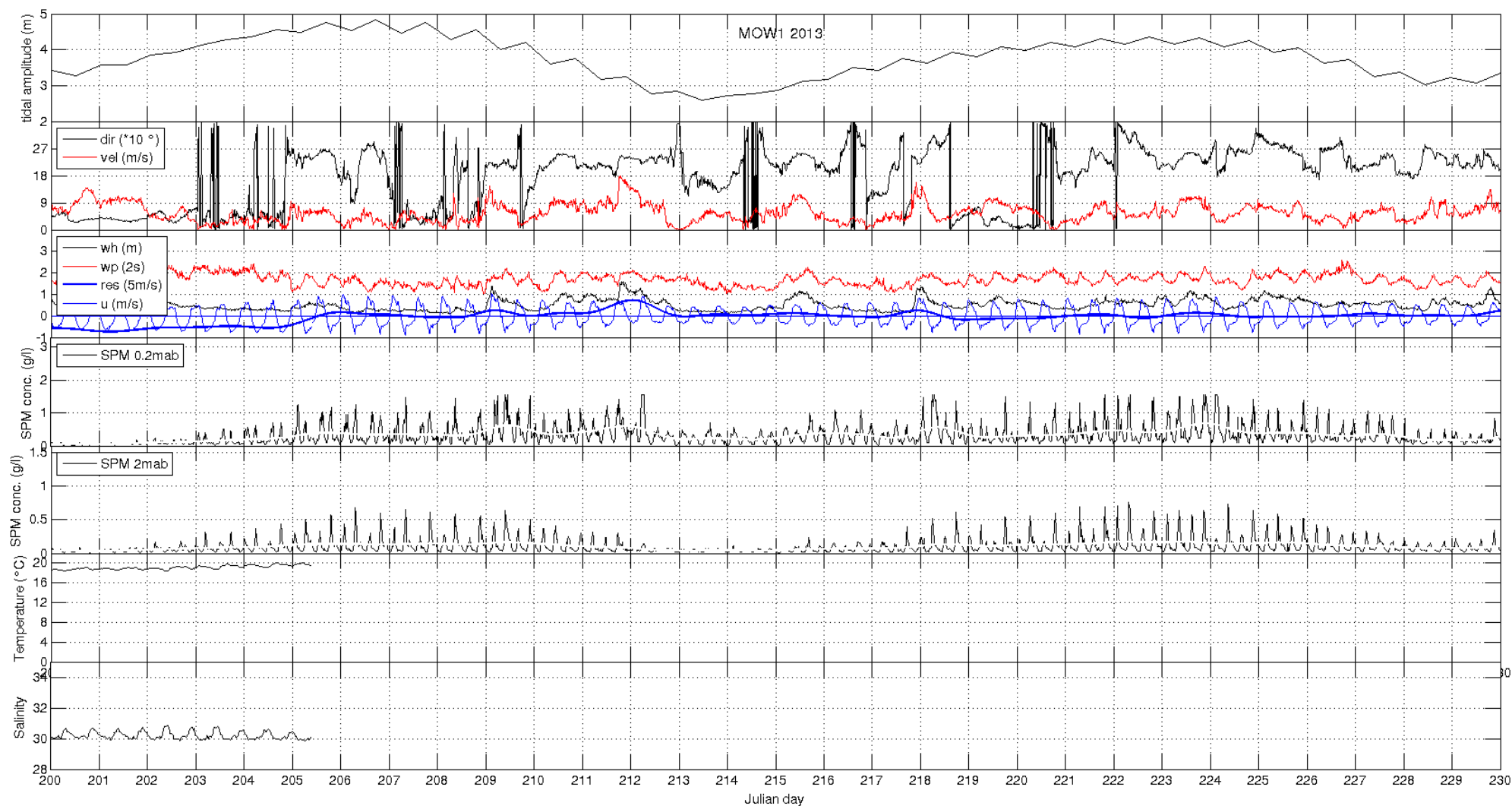
Figuur A2.4: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



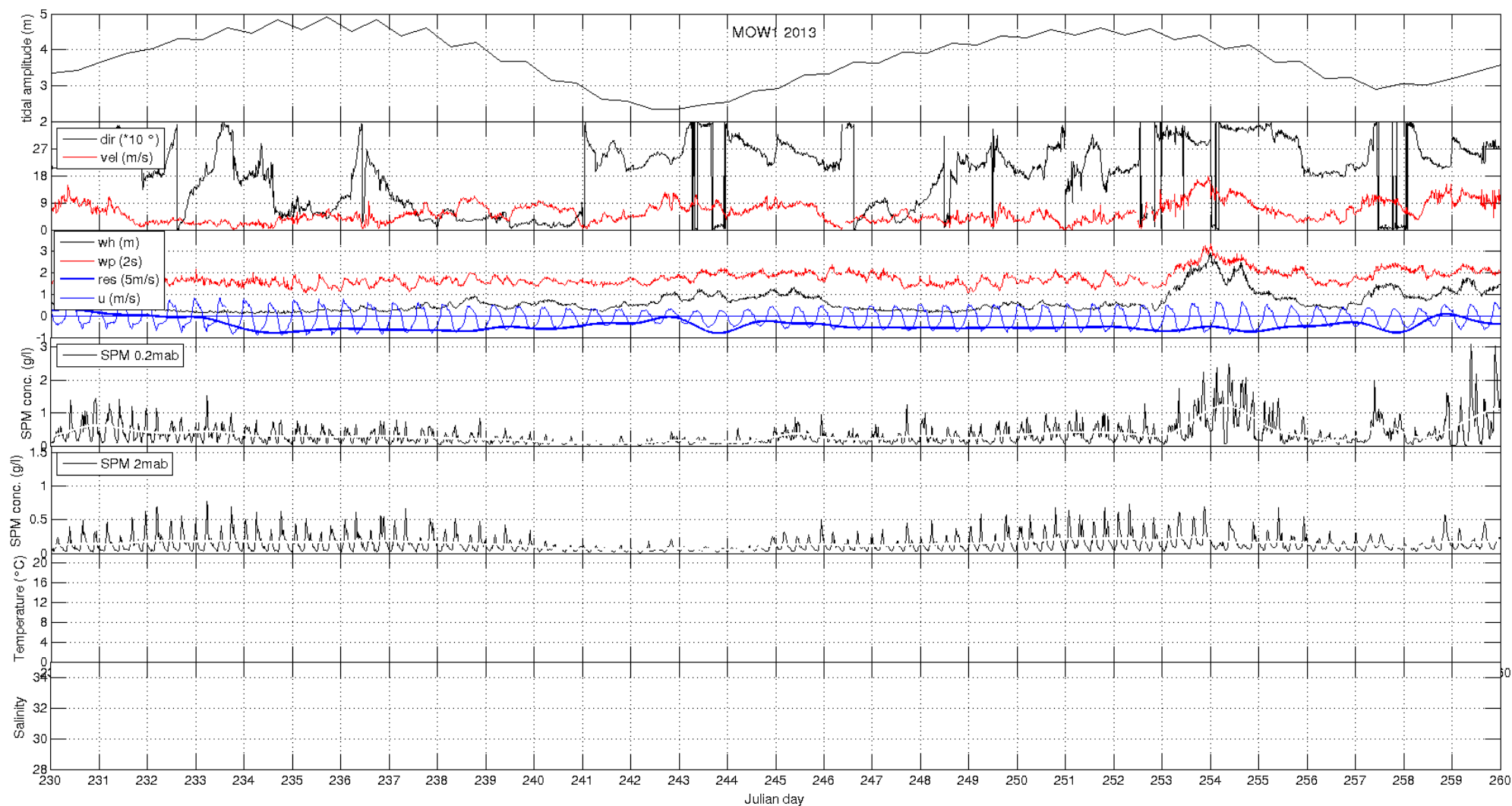
Figuur A2.5: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



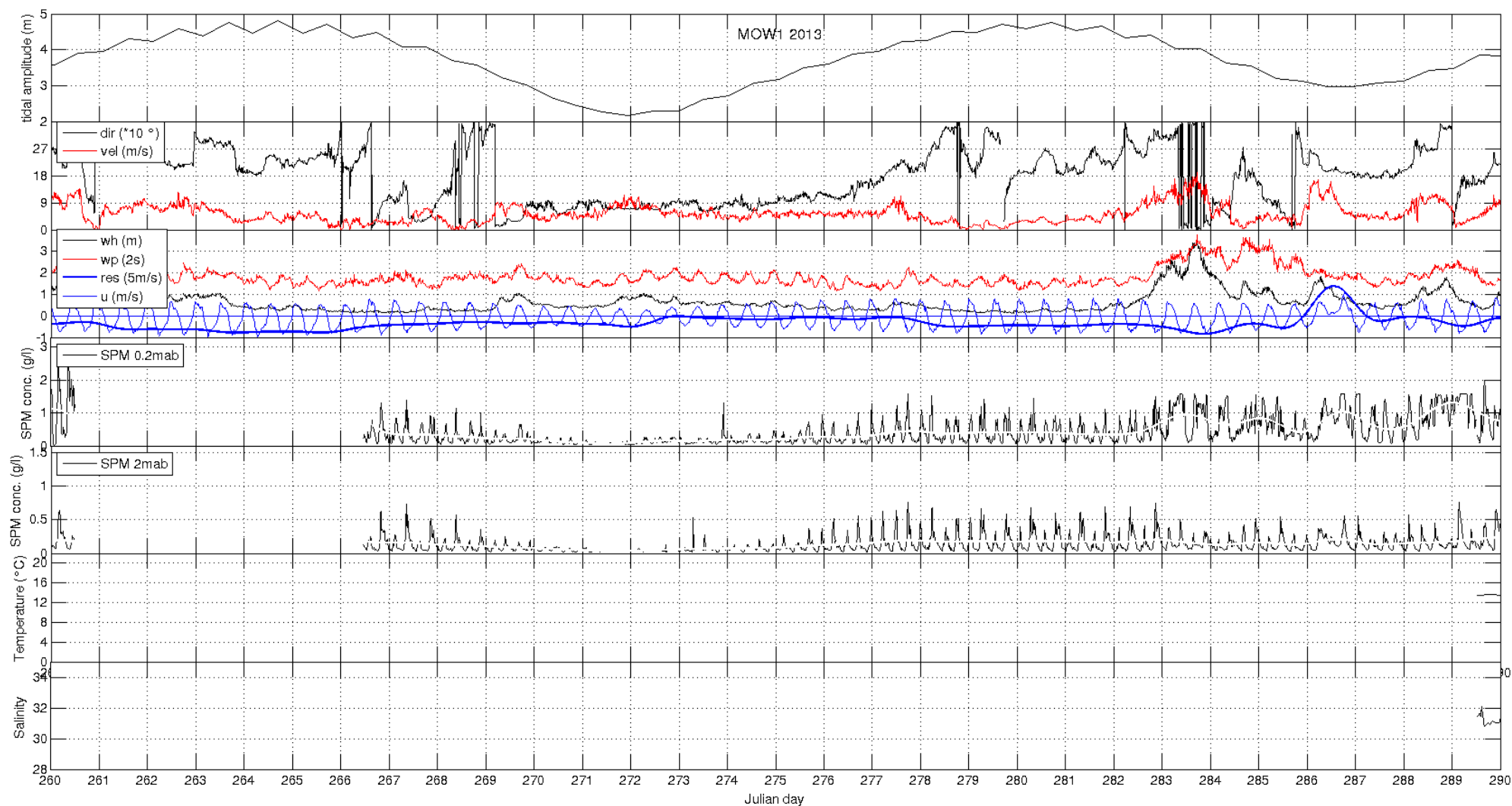
Figuur A2.6: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



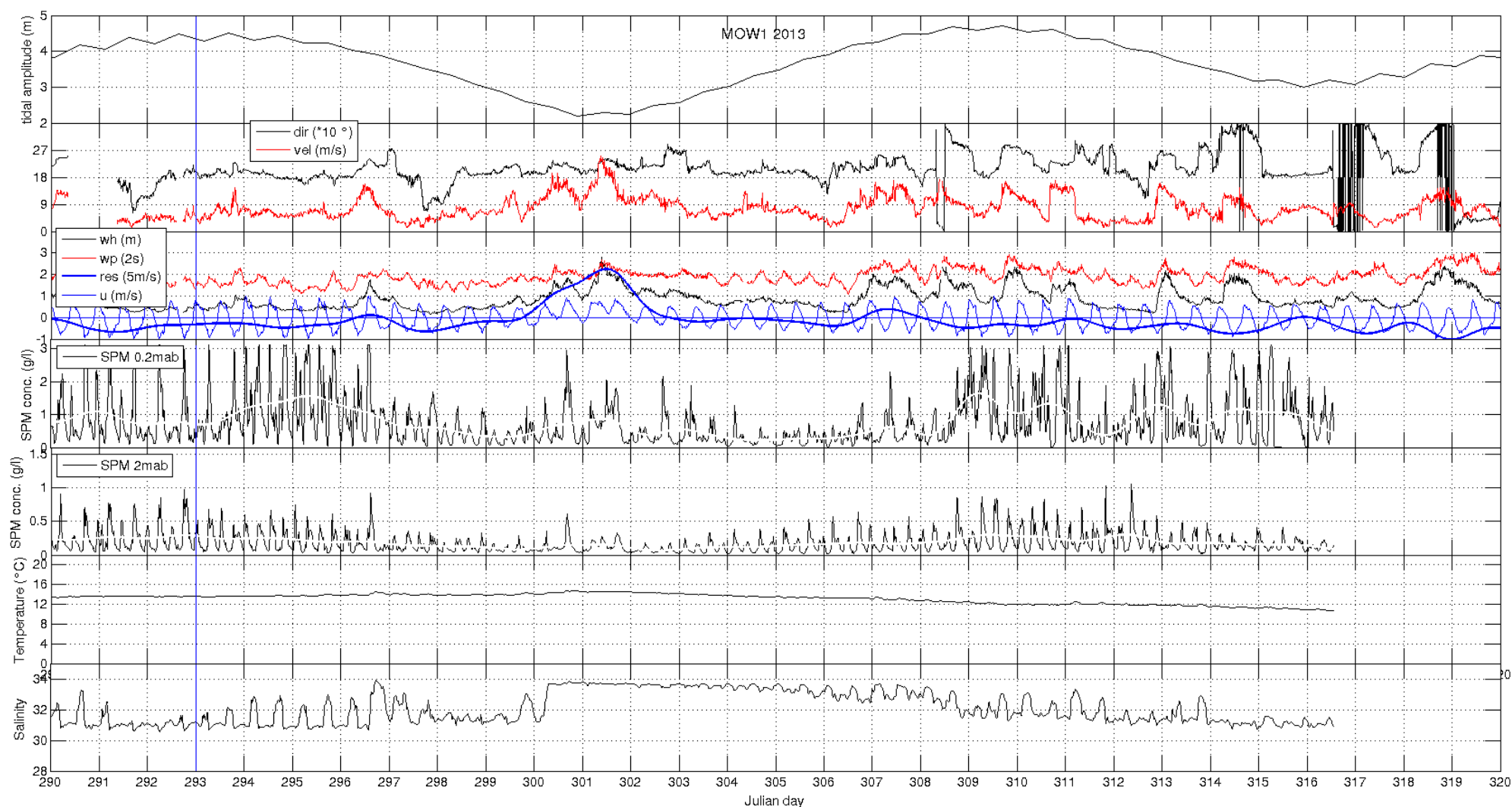
Figuur A2.7: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



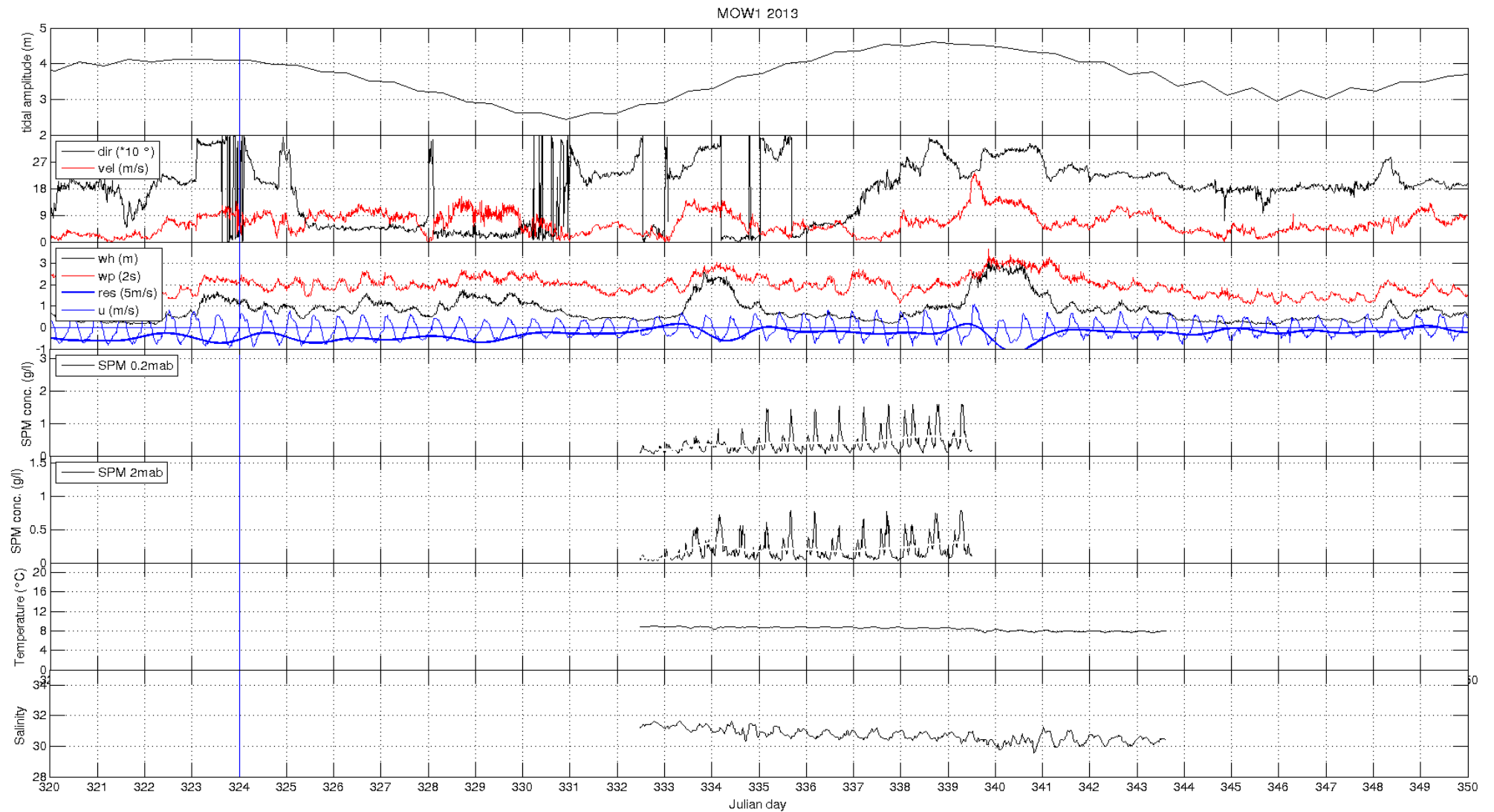
Figuur A2.8: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



Figuur A2.9: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



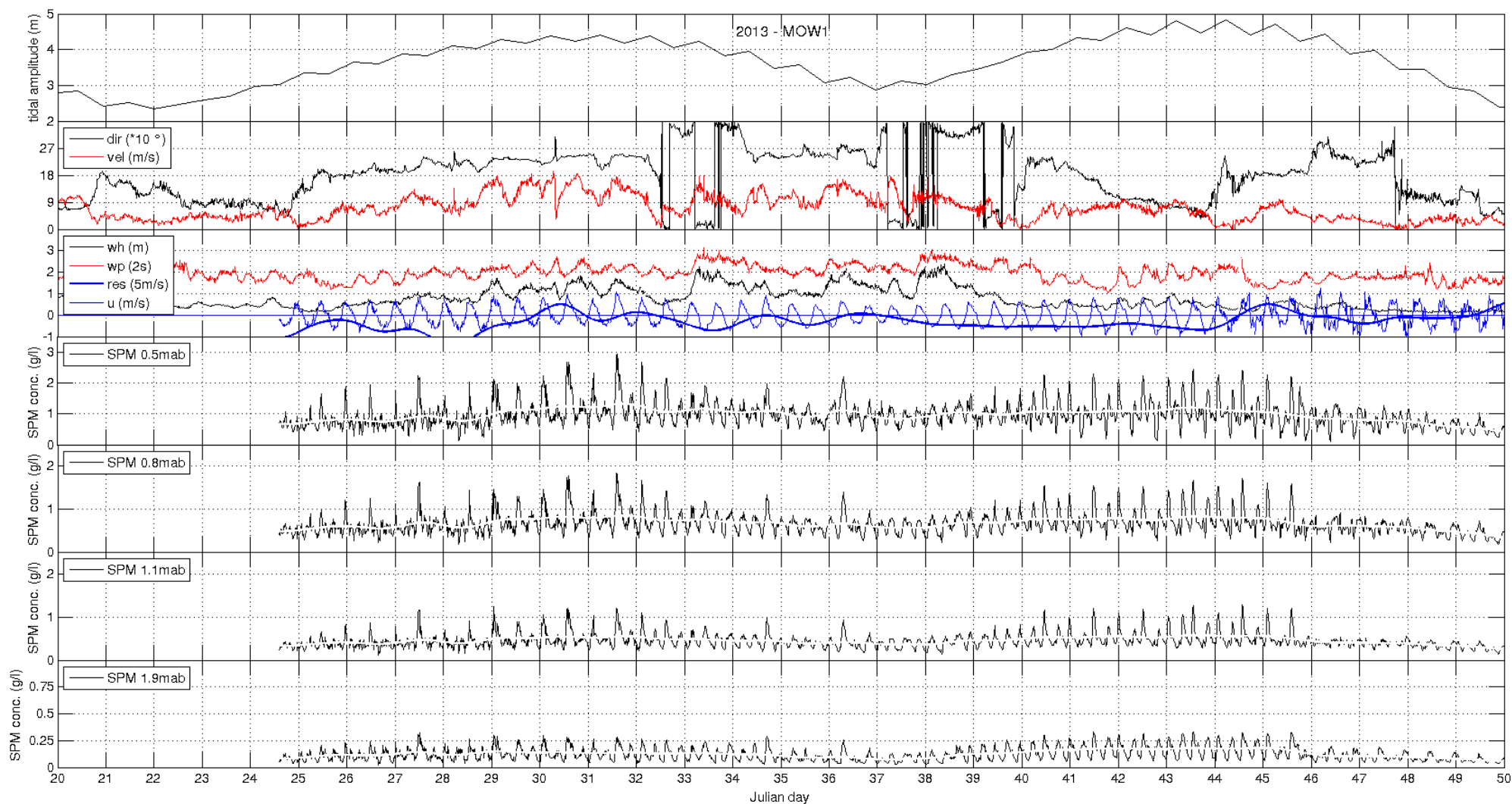
Figuur A2.10: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (*dir*) en snelheid (*vel*, significante golfhoogte (*wh*), gemiddelde golfperiode (*wp*, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (*u*, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (*res*, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



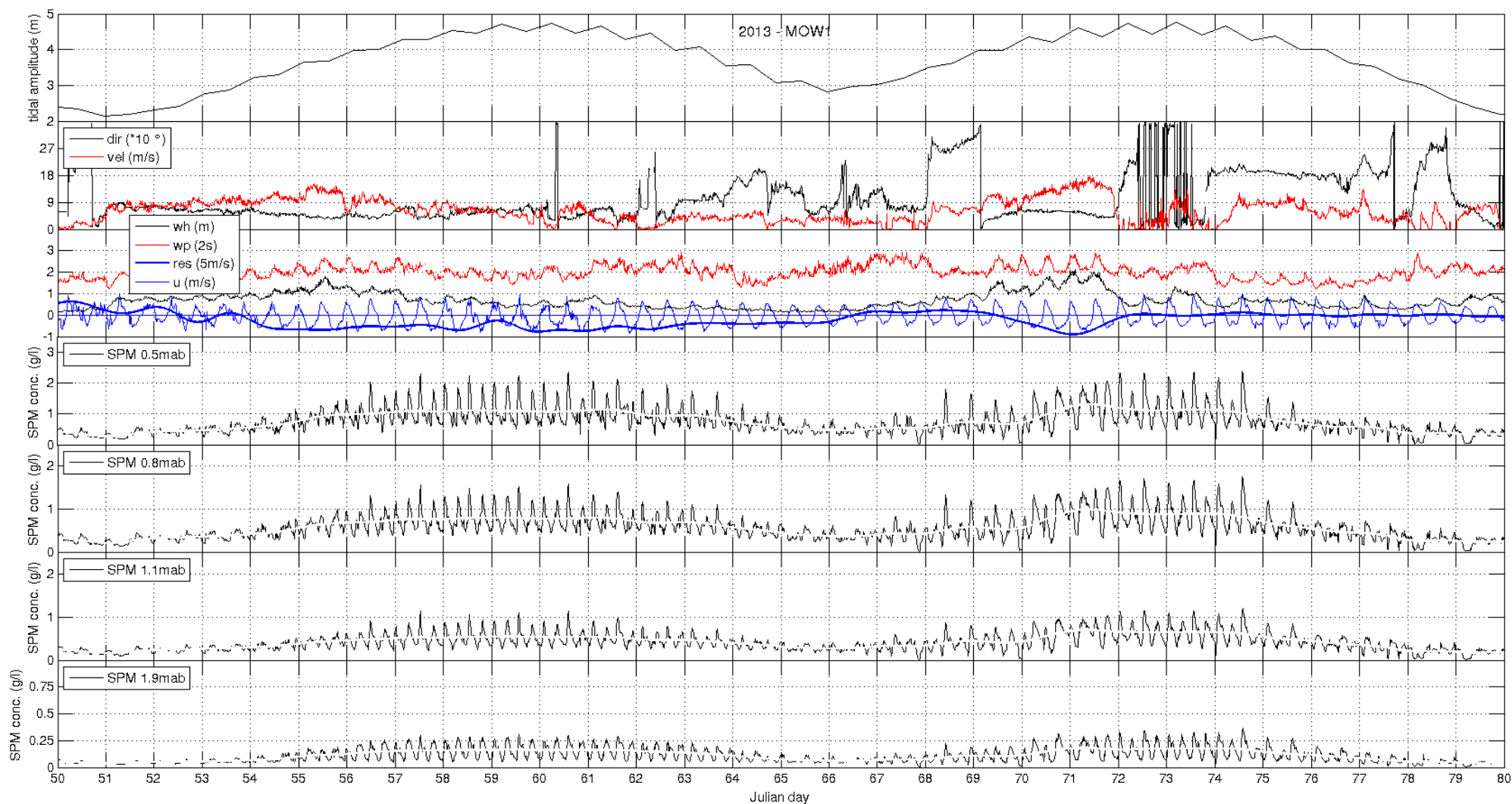
Figuur A2.11: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.

APPENDIX 3

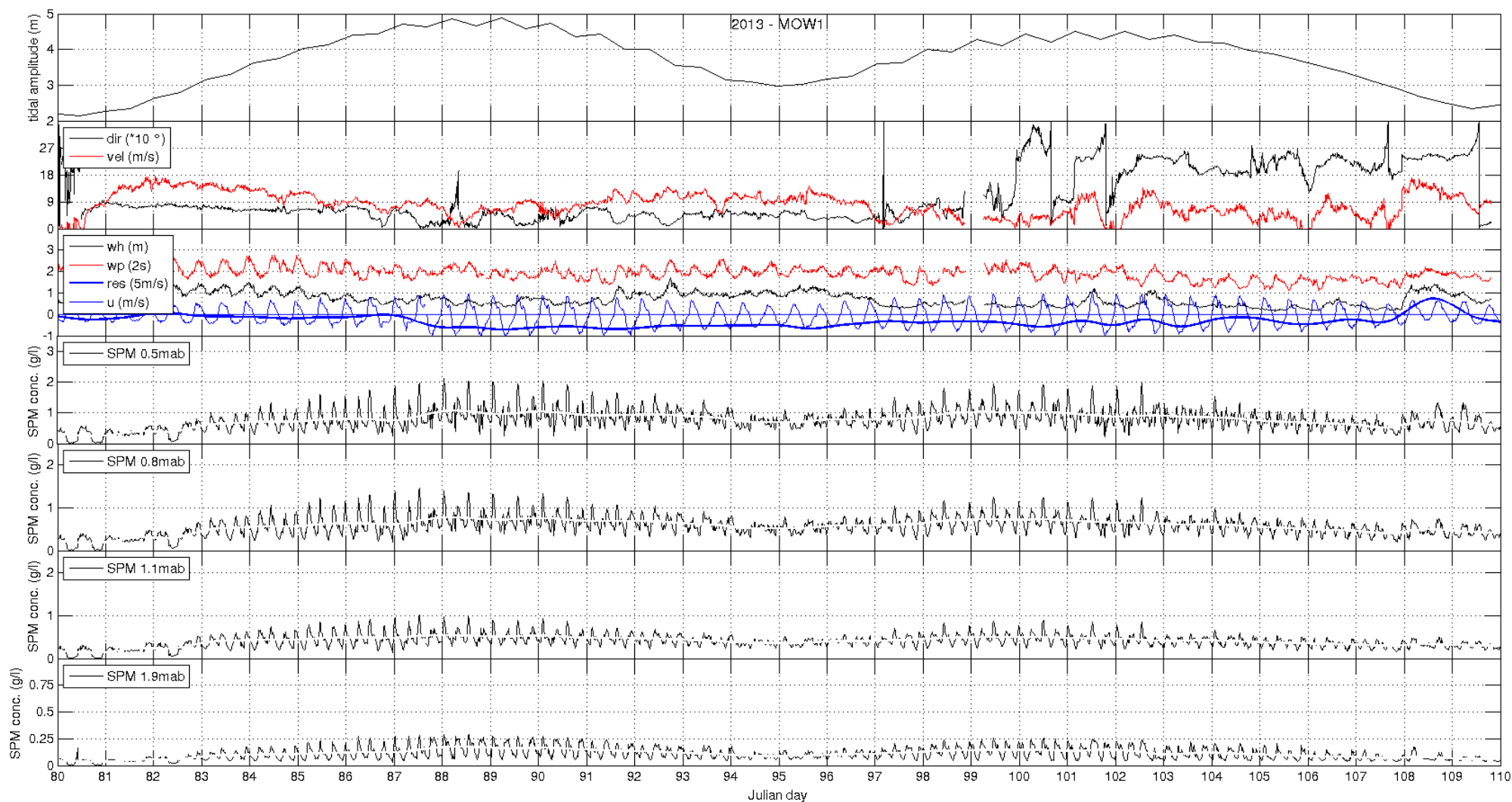
Tijdseries MOW1: ADP-SPM concentraties



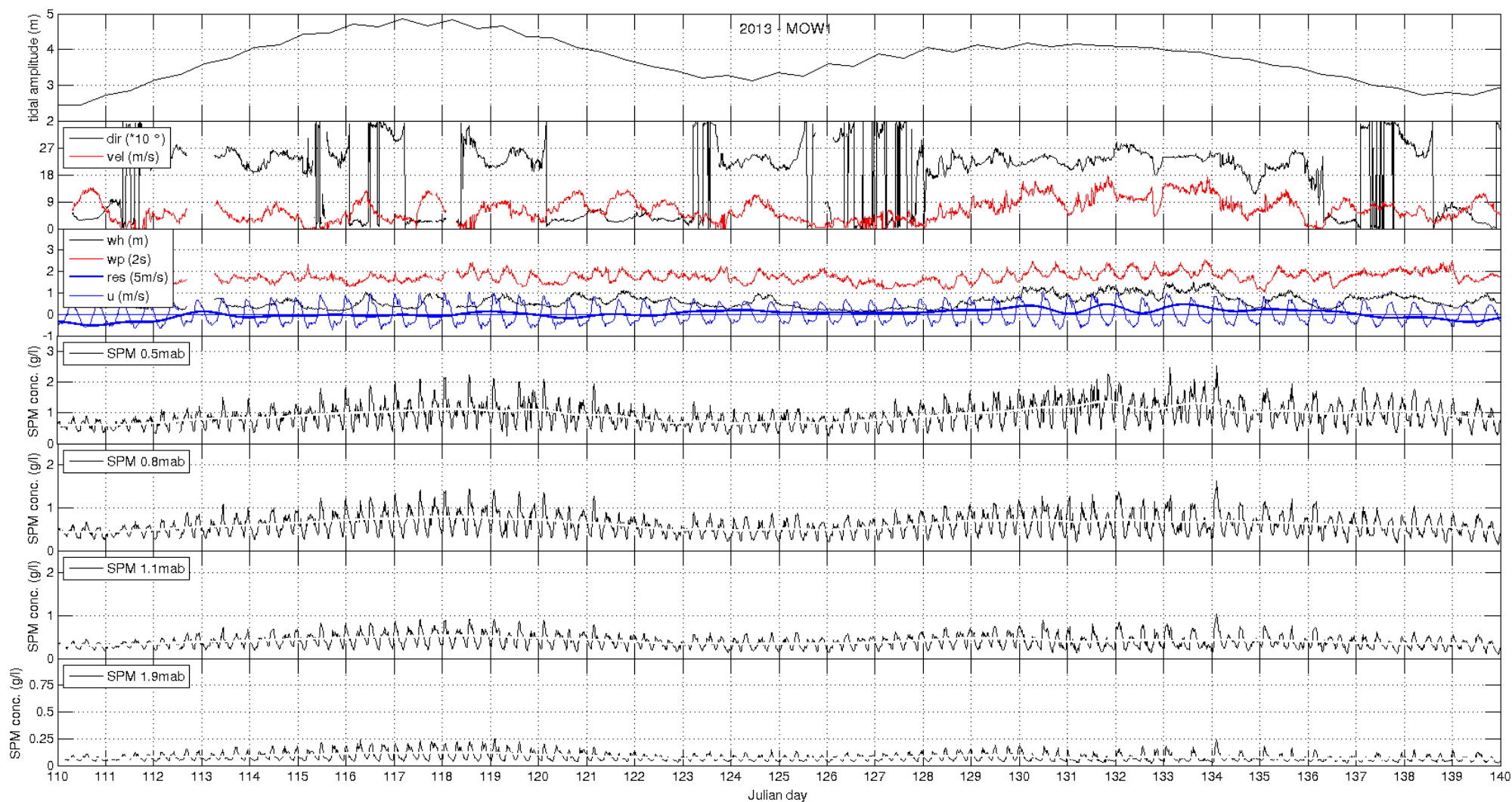
Figuur A3.1: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



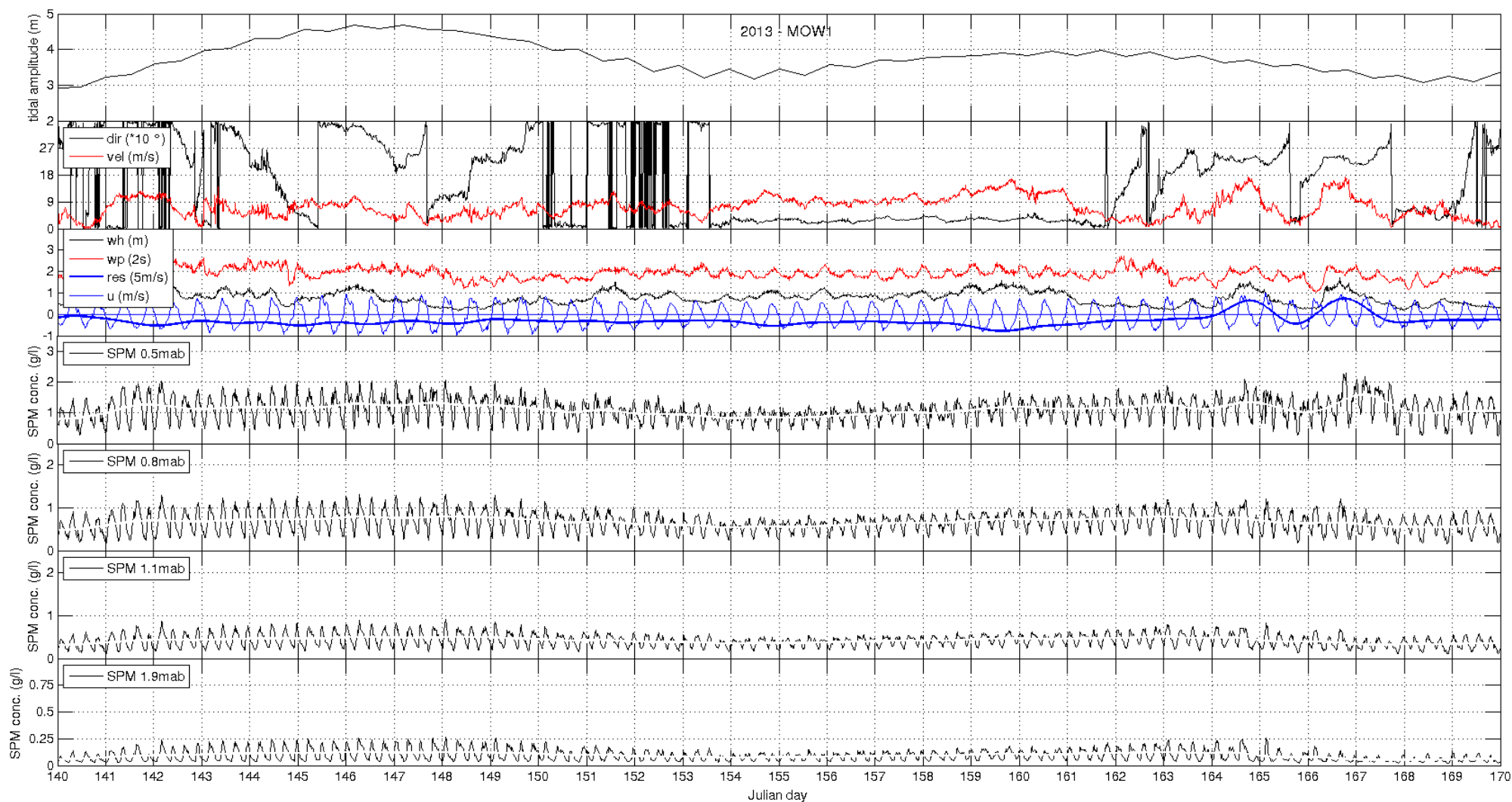
Figuur A3.2: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



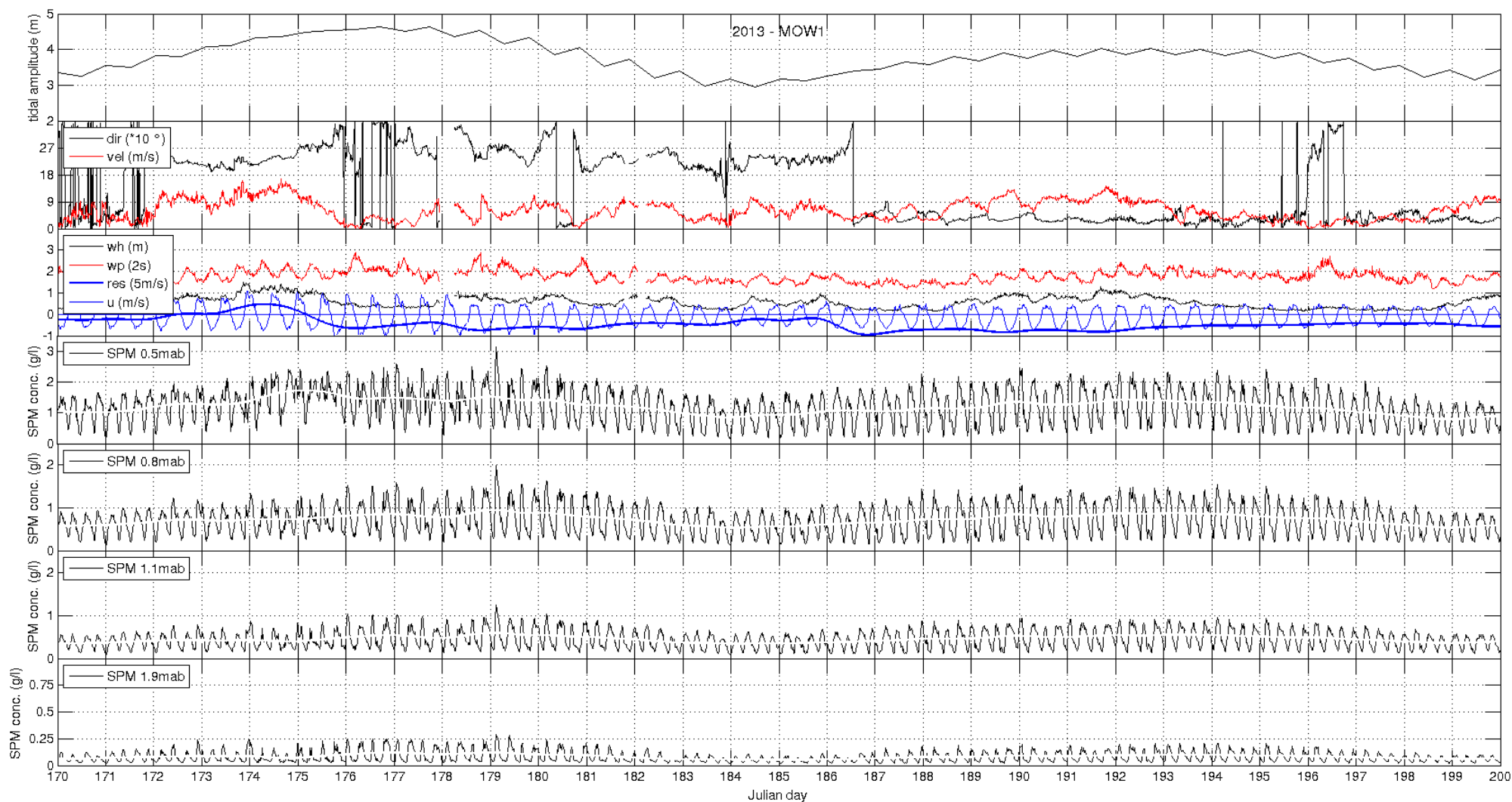
Figuur A3.3: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



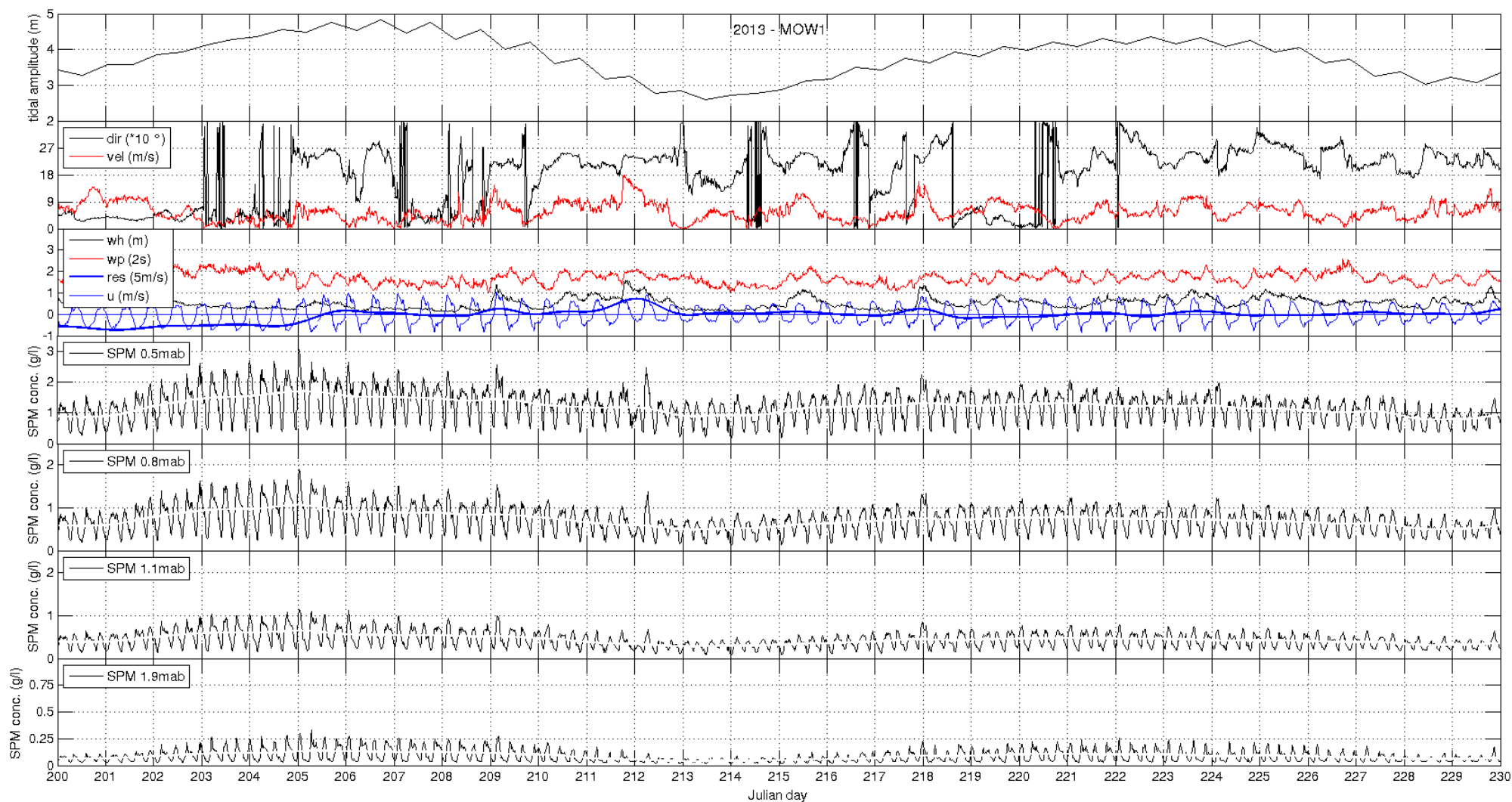
Figuur A3.4: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



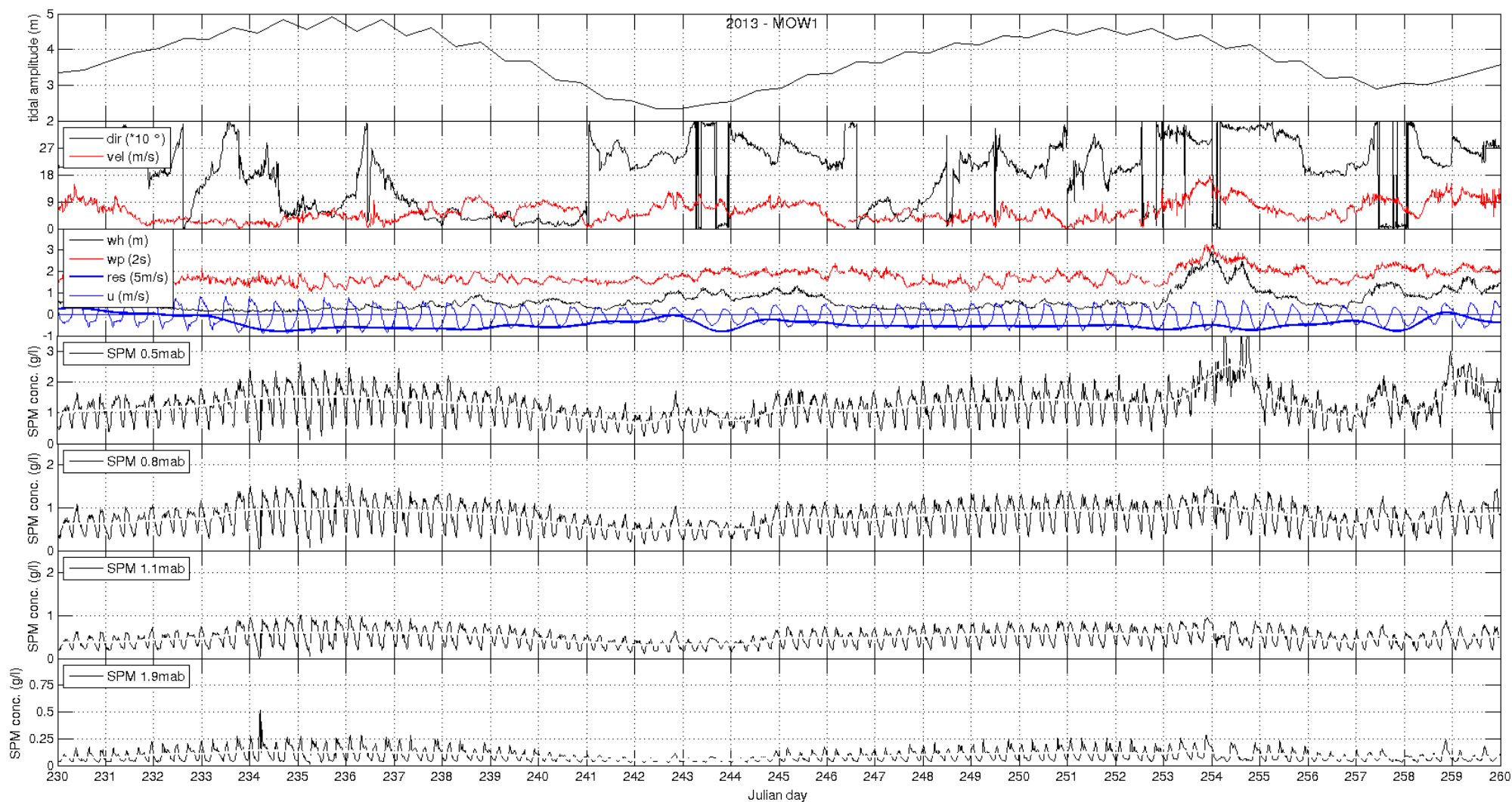
Figuur A3.5: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



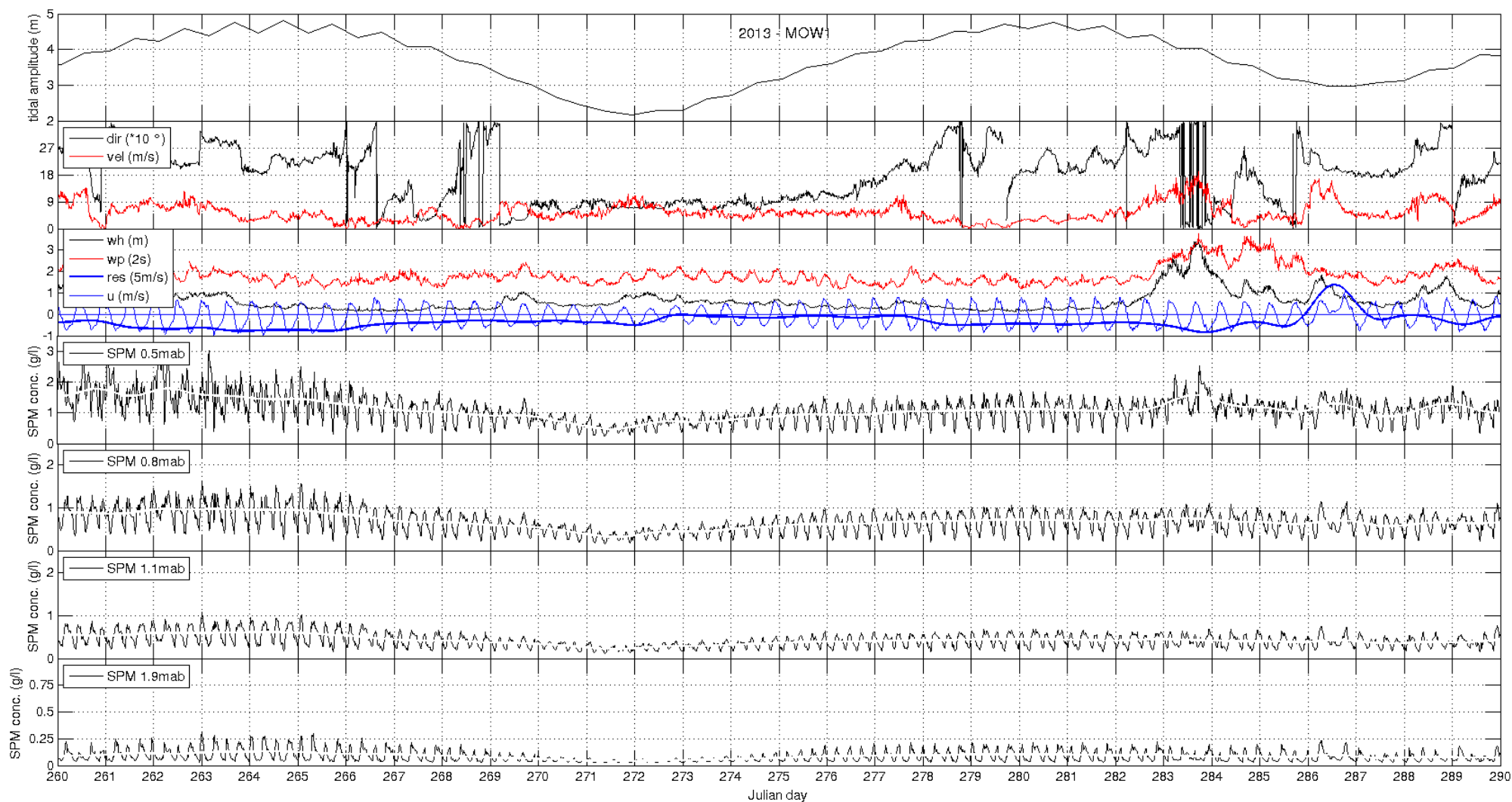
Figuur A3.6: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



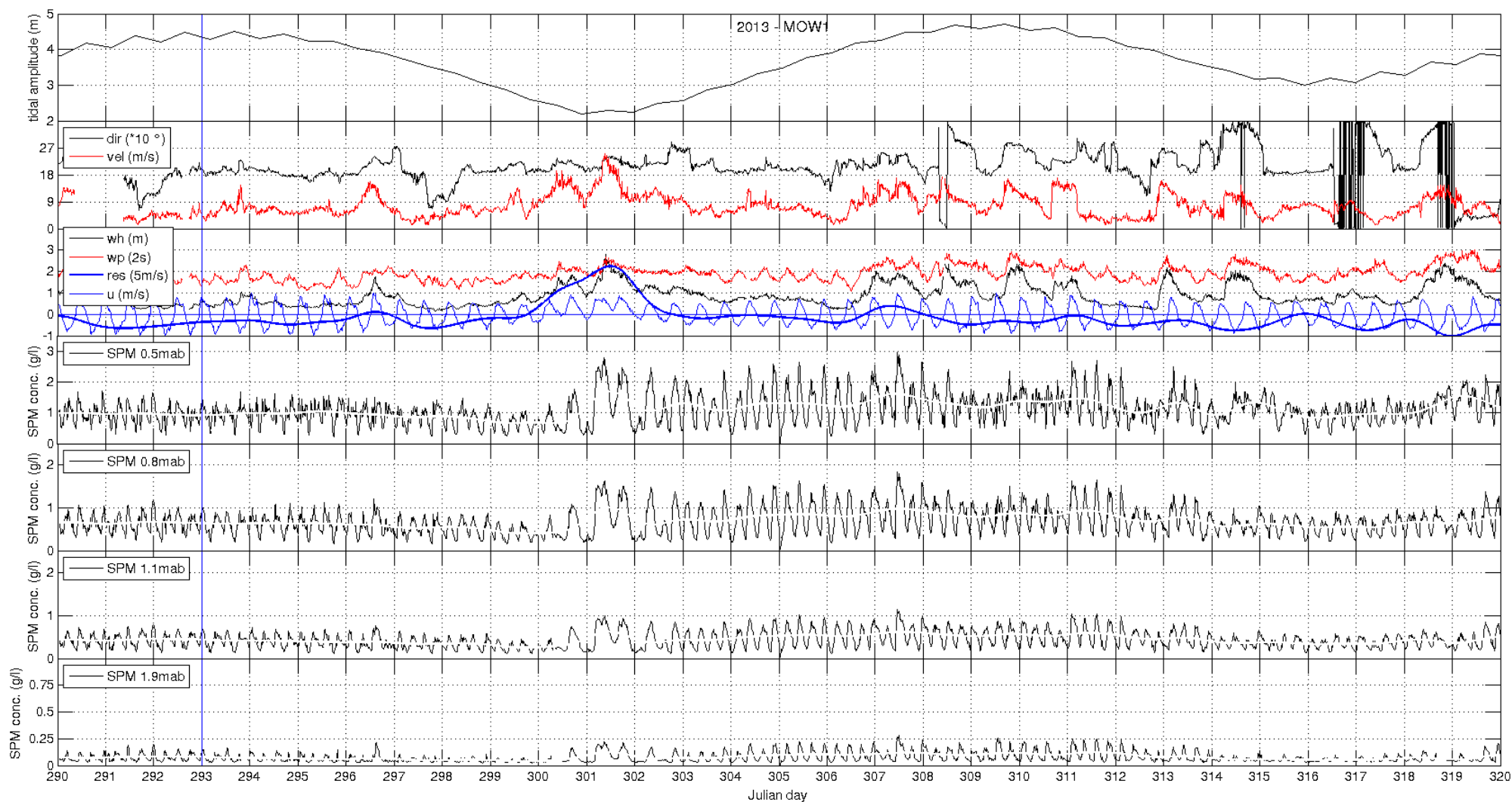
Figuur A3.7: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



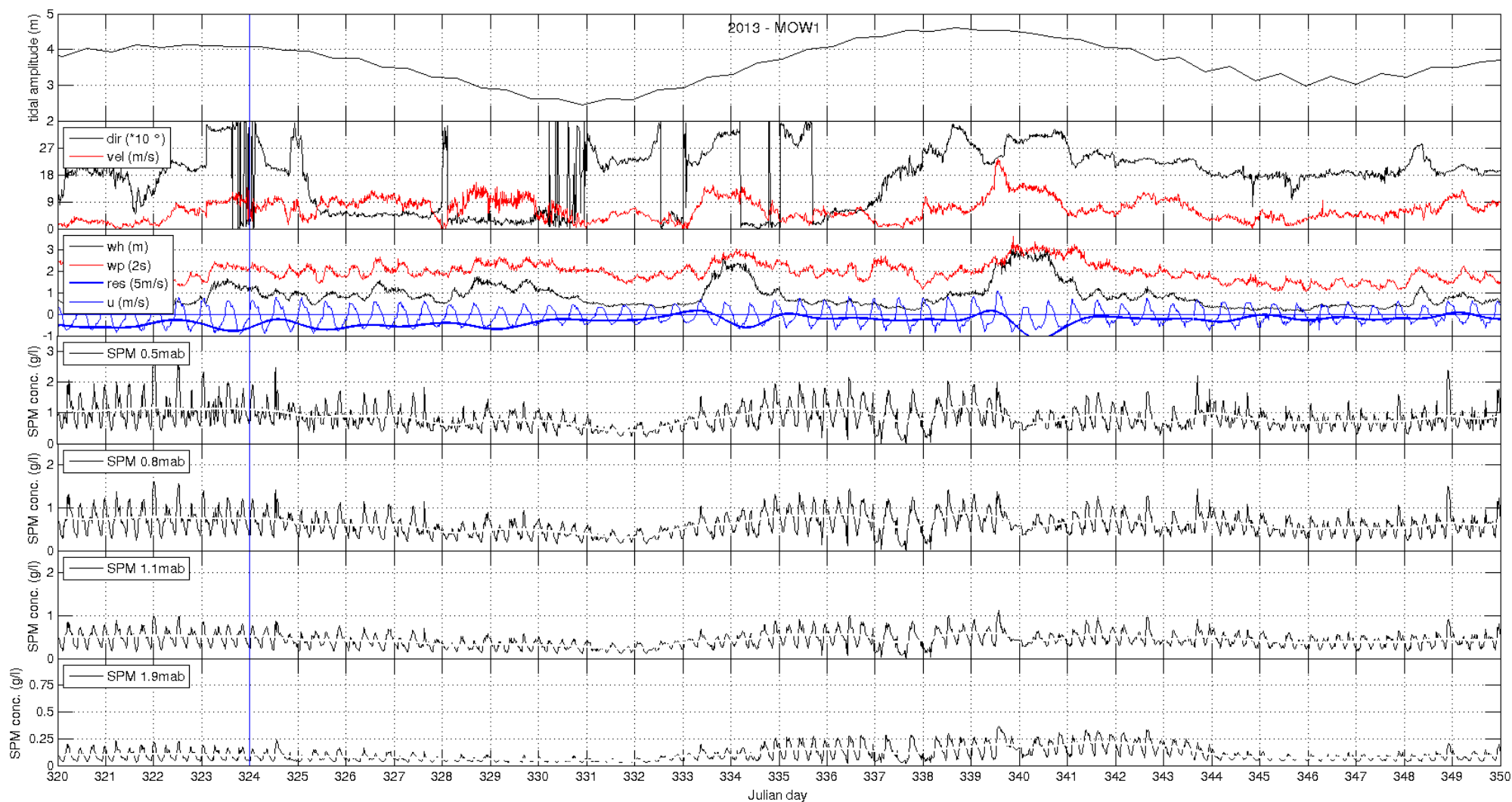
Figuur A3.8: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



Figuur A3.9: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



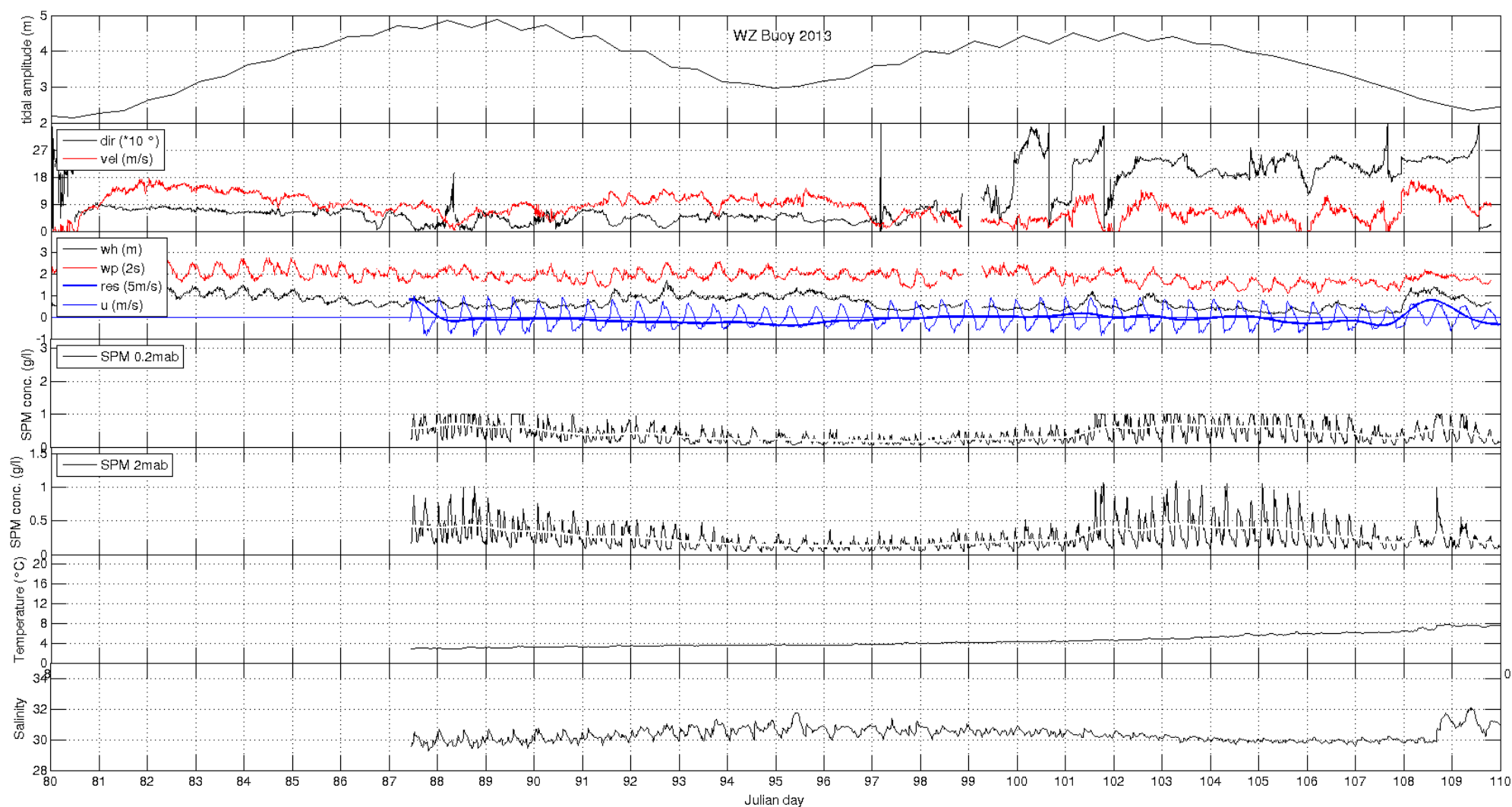
Figuur A3.10: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



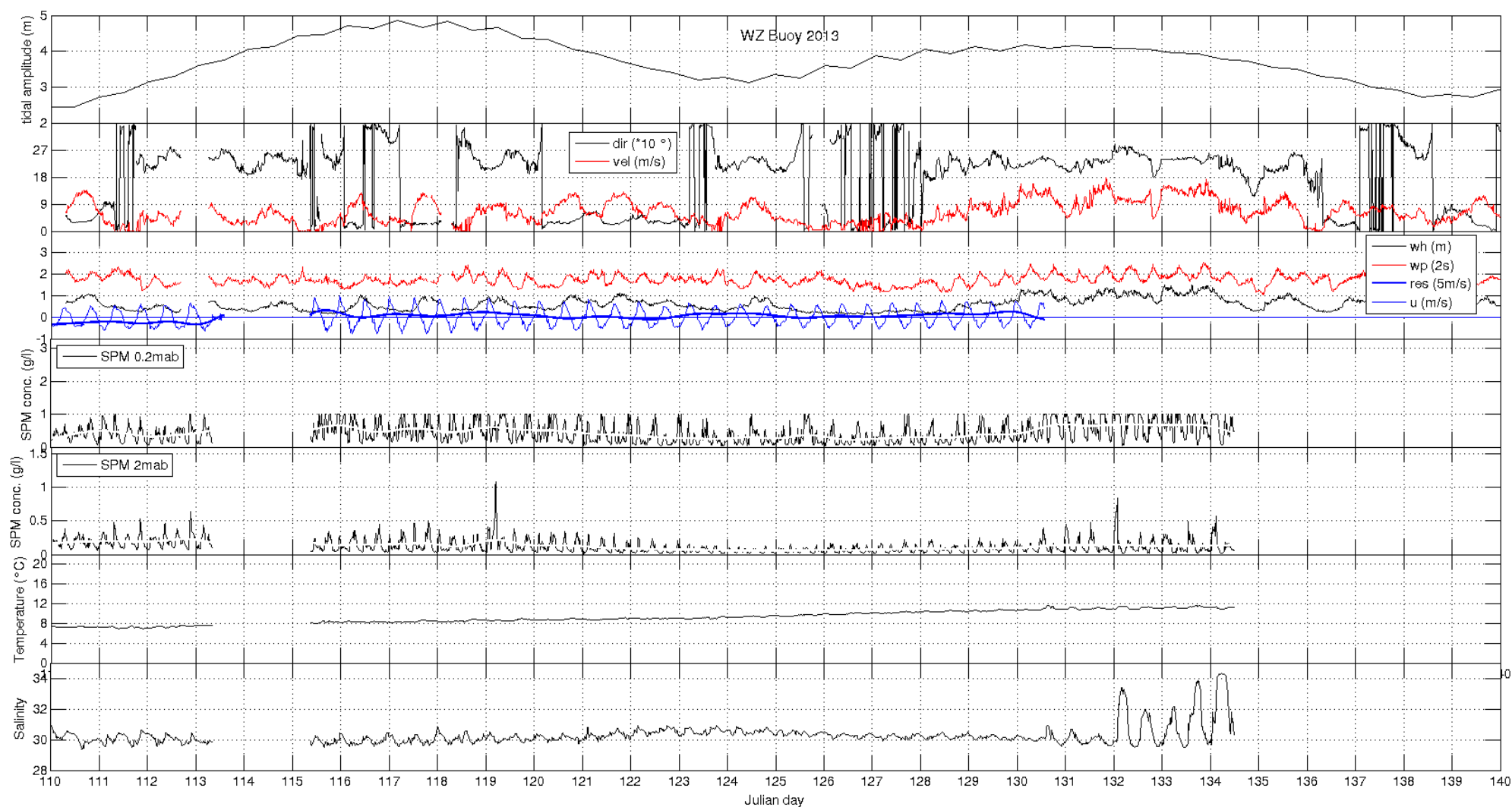
Figuur A3.11: MOW1 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel , significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp , waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u , vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res , waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.5, 0.8, 1.1 en 1.85 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).

APPENDIX 4

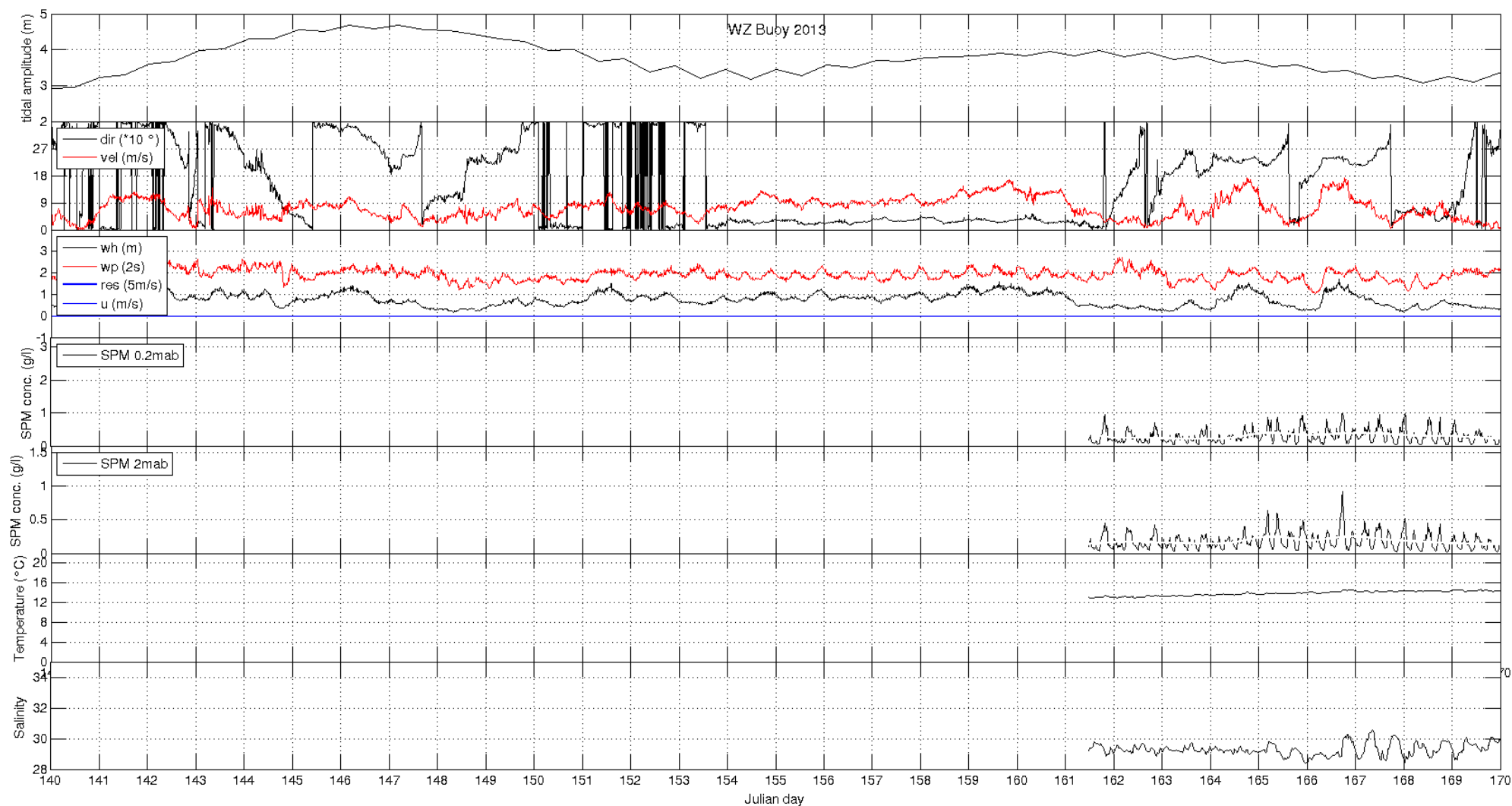
Tijdseries WZ Boei: OBS SPM concentratie



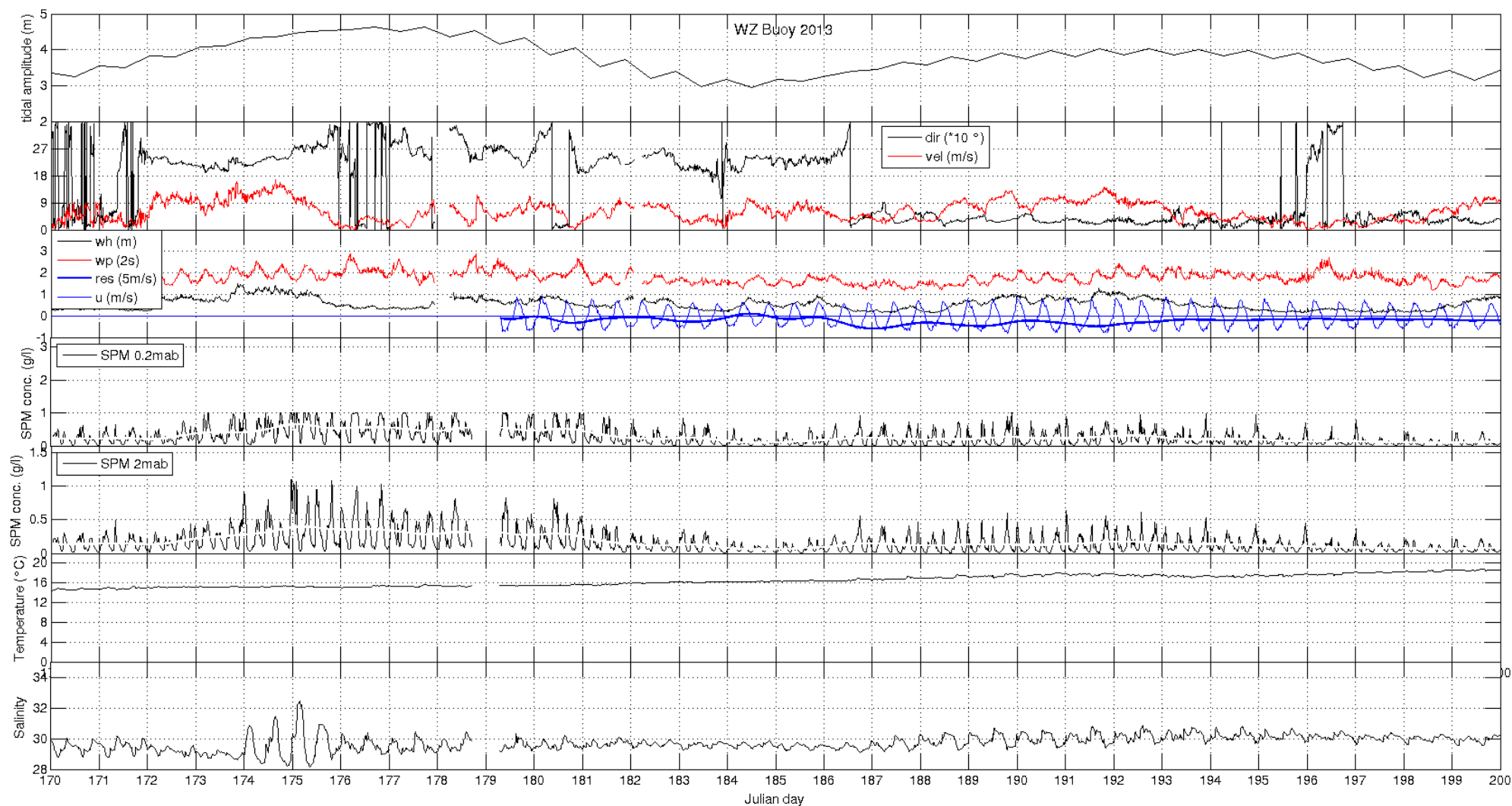
Figuur A4.1: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



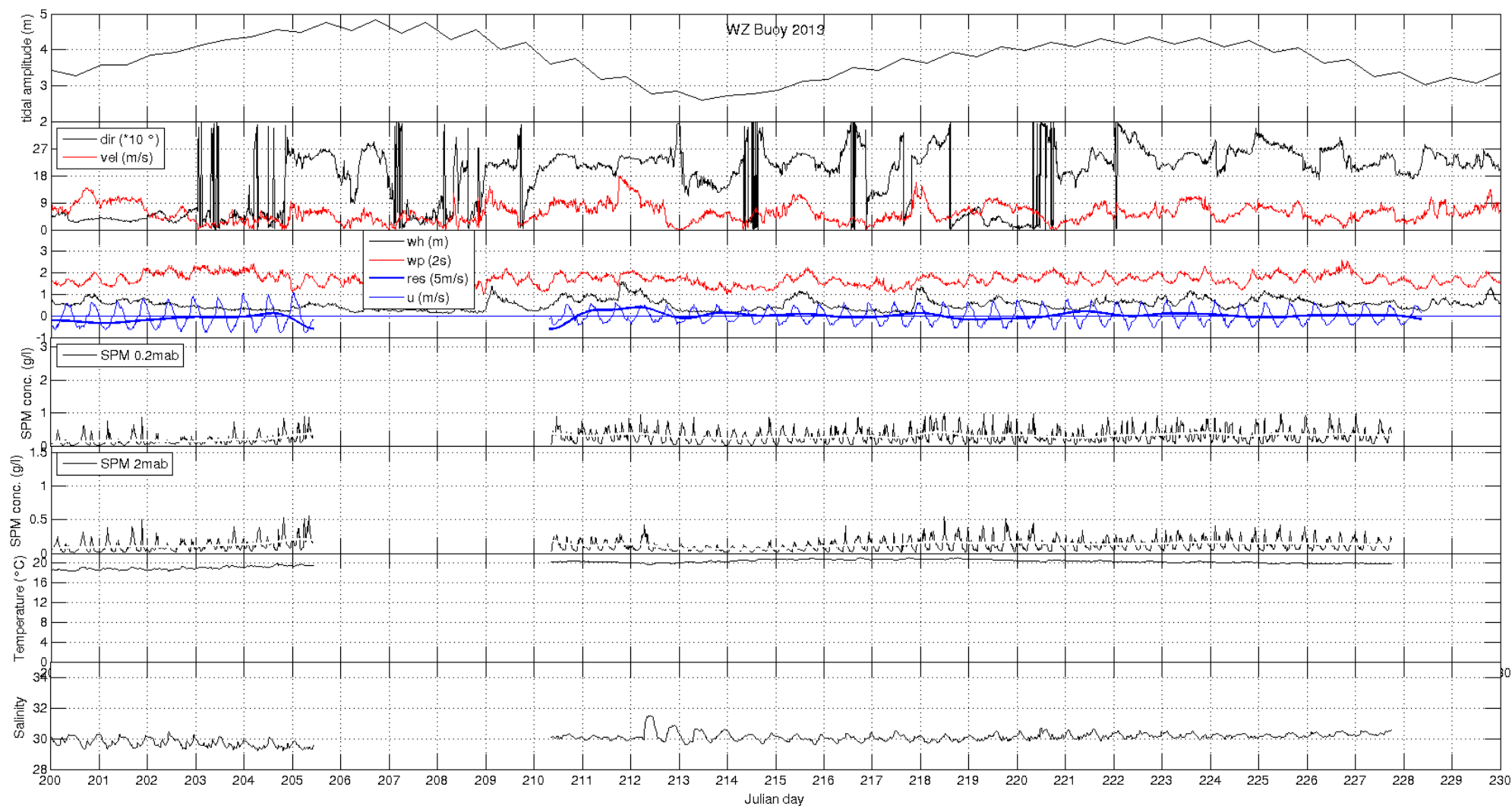
Figuur A4.2: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



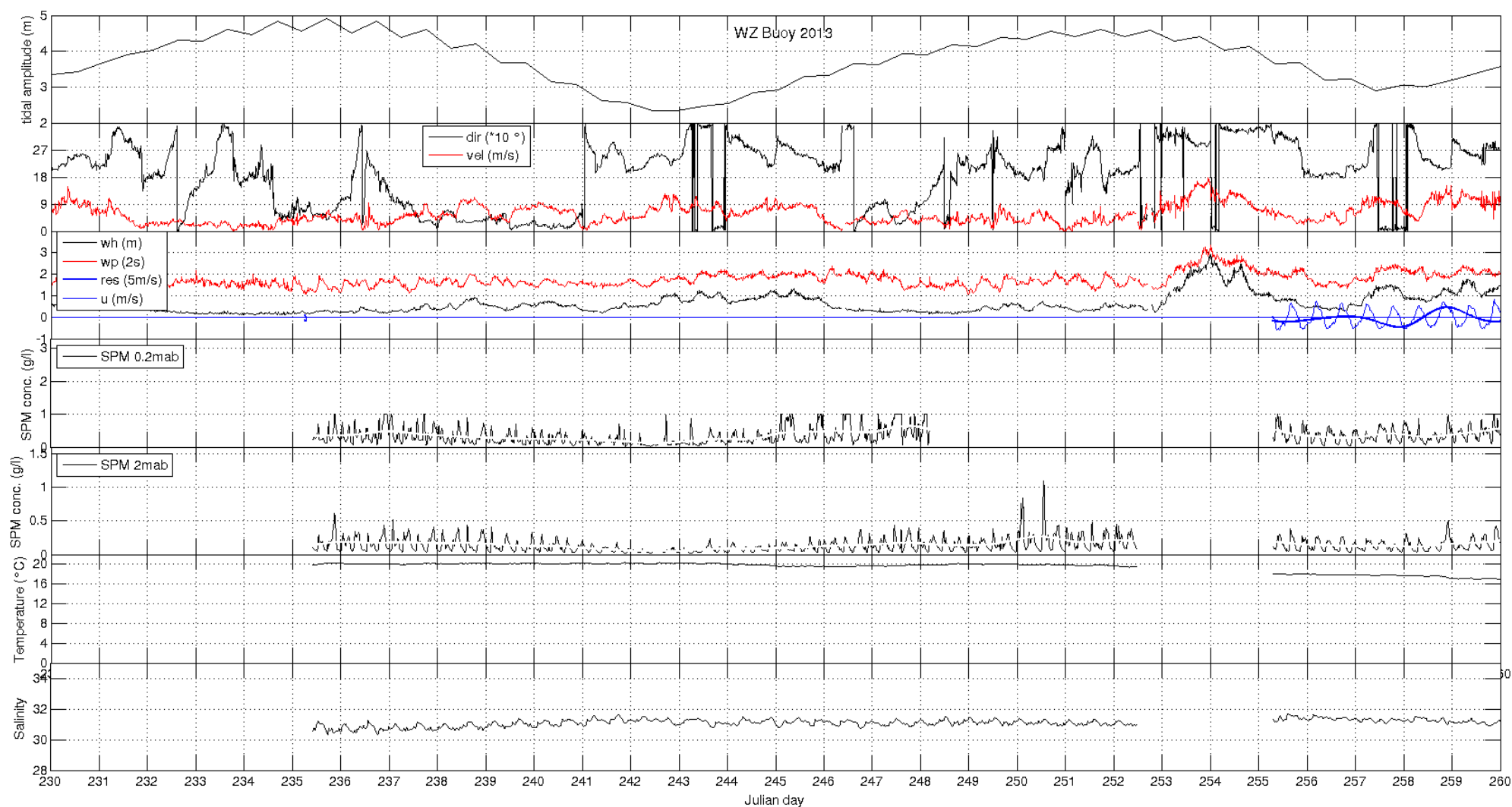
Figuur A4.3: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (*dir*) en snelheid (*vel*, significante golfhoogte (*wh*), gemiddelde golfperiode (*wp*, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (*u*, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (*res*, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



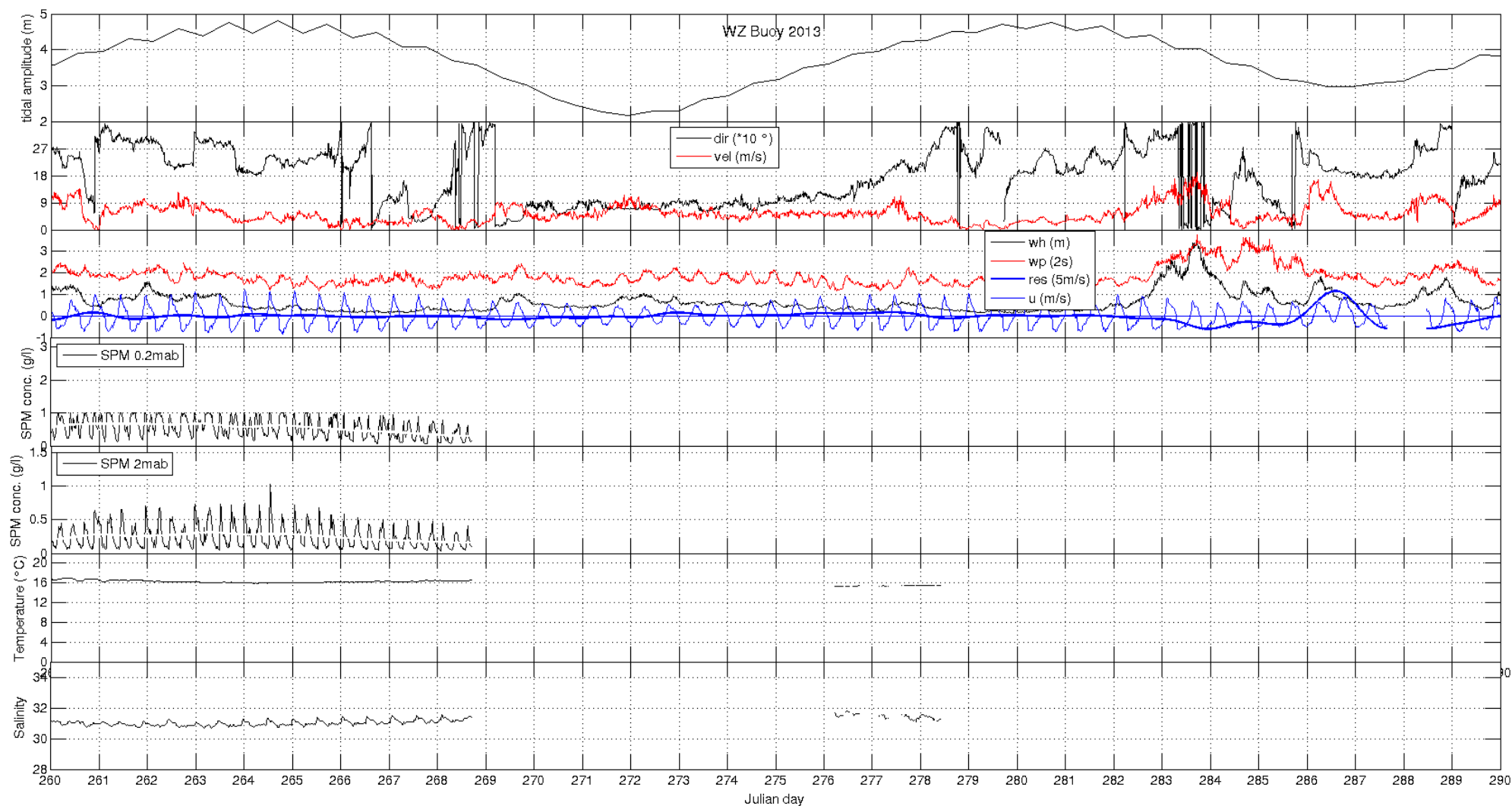
Figuur A4.4: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



Figuur A4.5: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



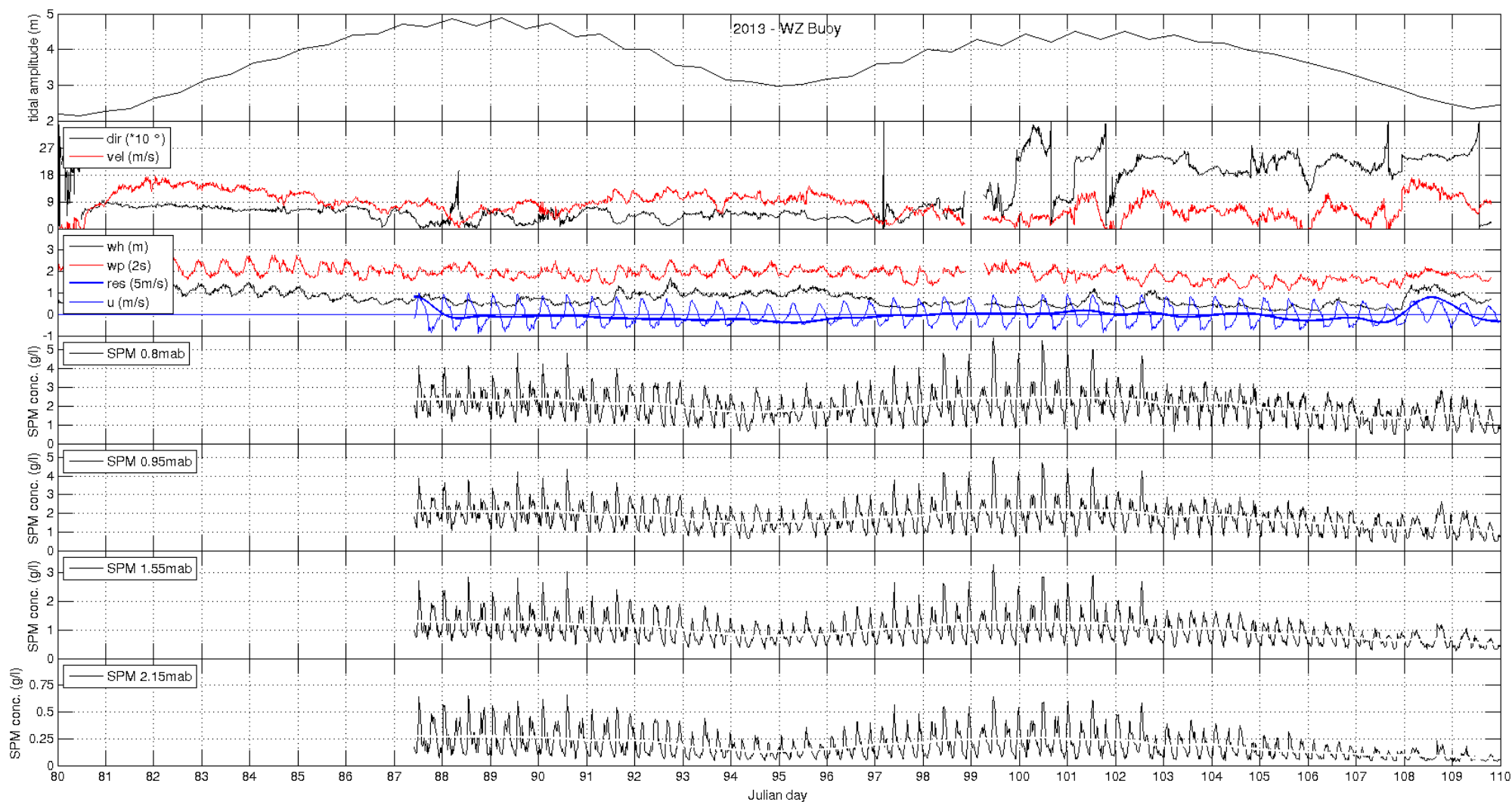
Figuur A4.6: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.



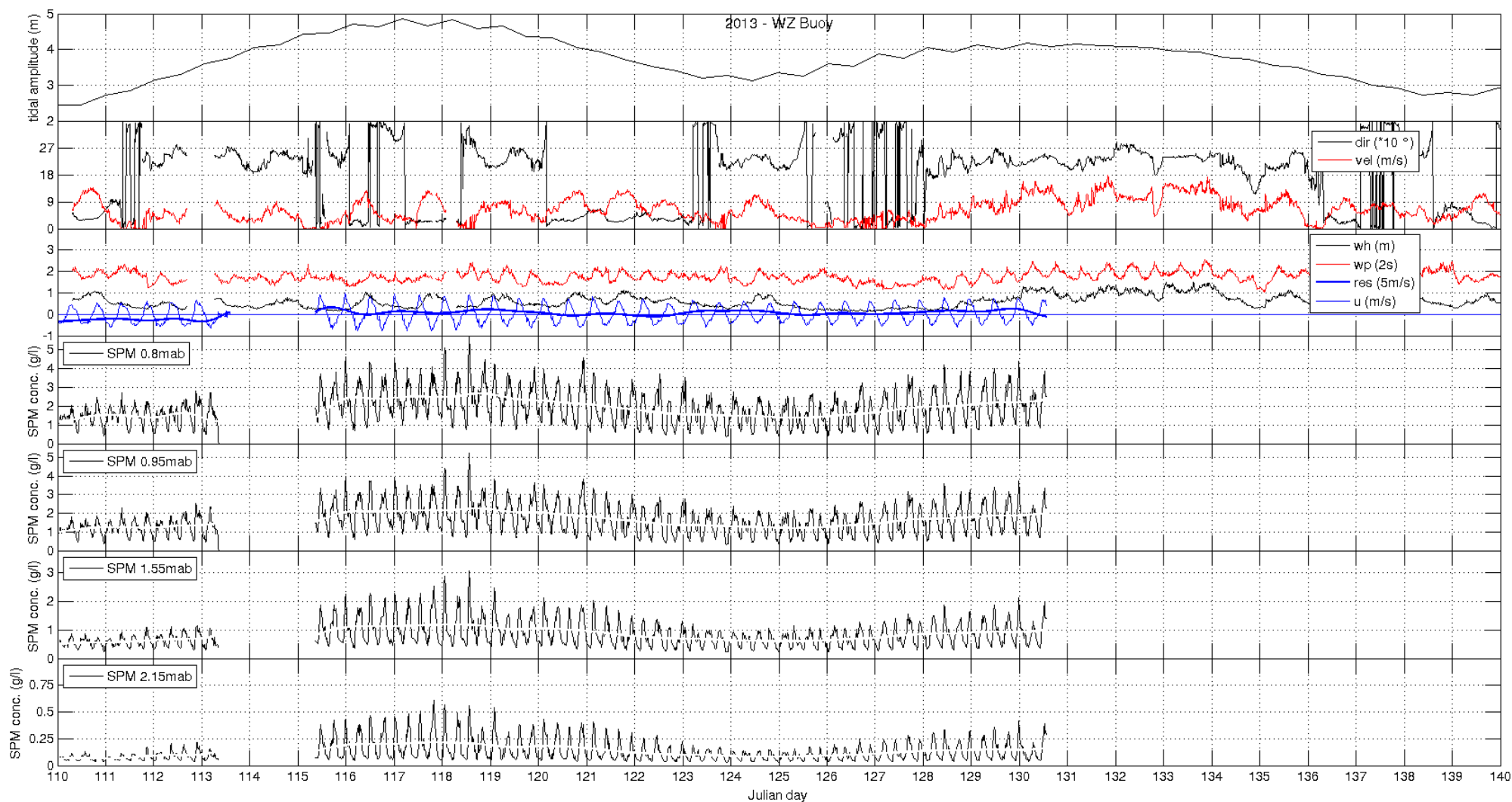
Figuur A4.7: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (*dir*) en snelheid (*vel*, significante golfhoogte (*wh*), gemiddelde golfperiode (*wp*, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (*u*, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (*res*, waarde vermenigvuldigd met 5), OBS SPM concentratie op 0.2 en 2 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal), saliniteit, temperatuur.

APPENDIX 5

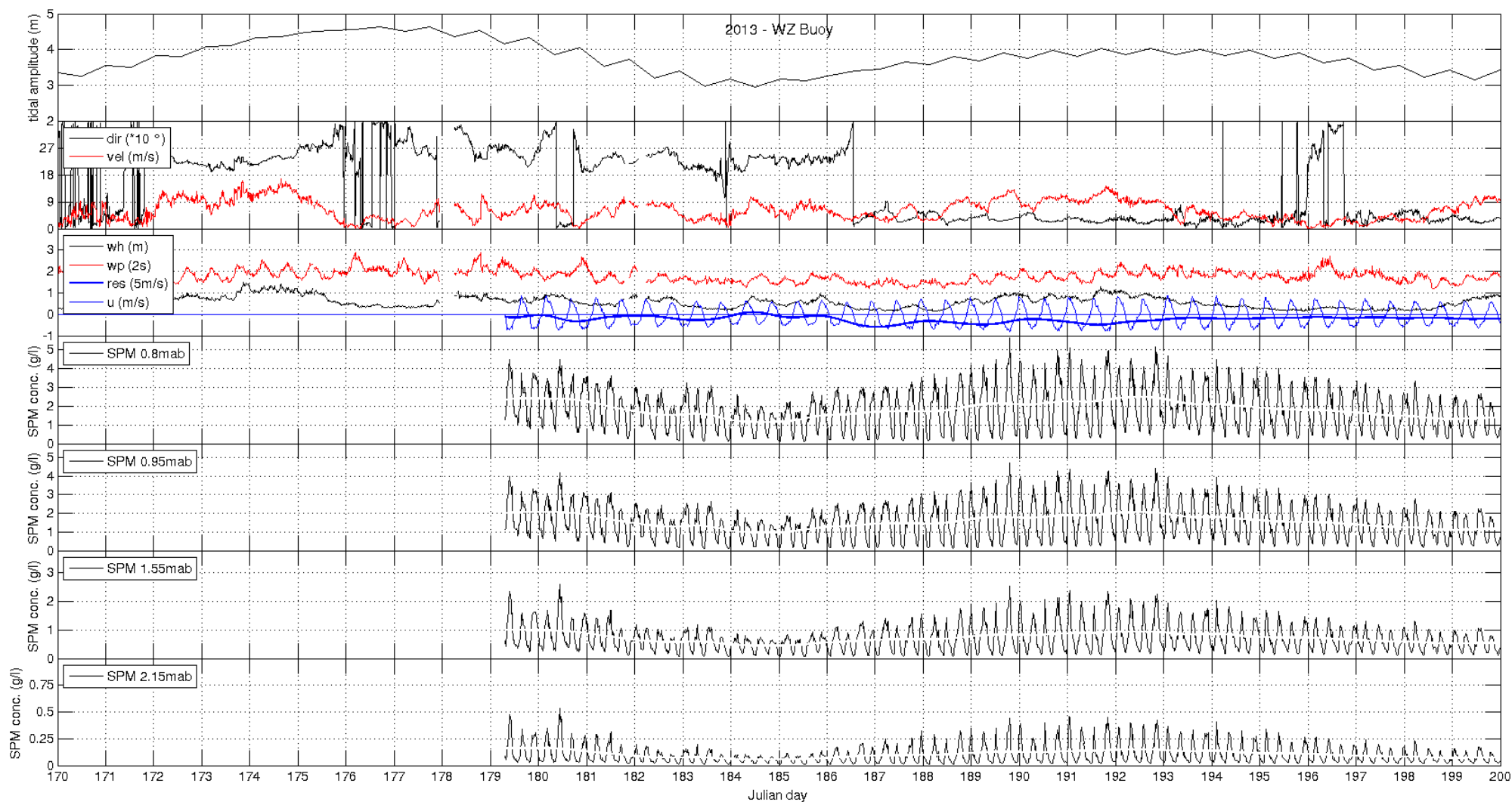
Tijdseries WZ Boei: ADP-SPM concentraties



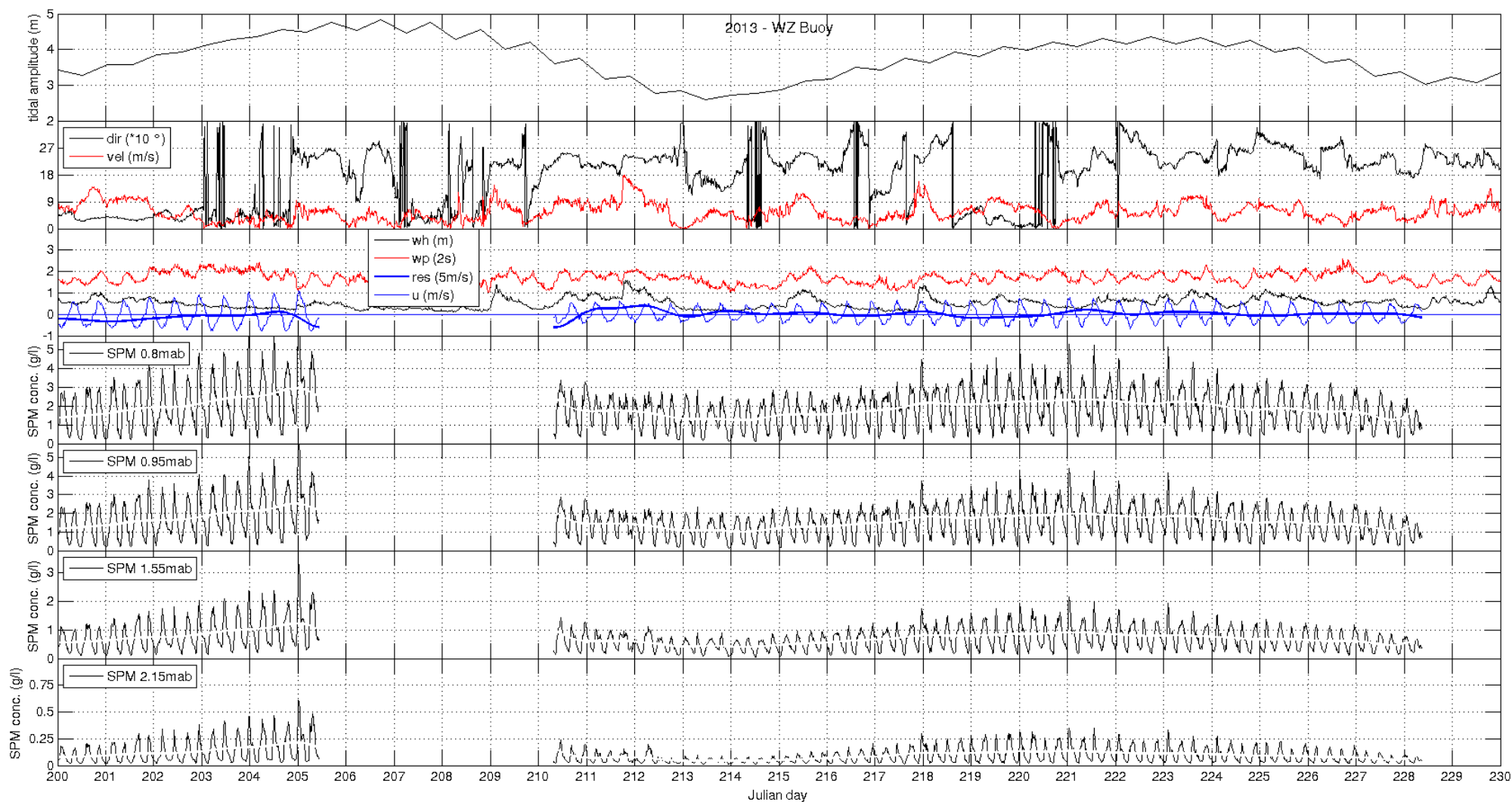
Figuur A5.1: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.8, 0.95, 1.55 en 2.15 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



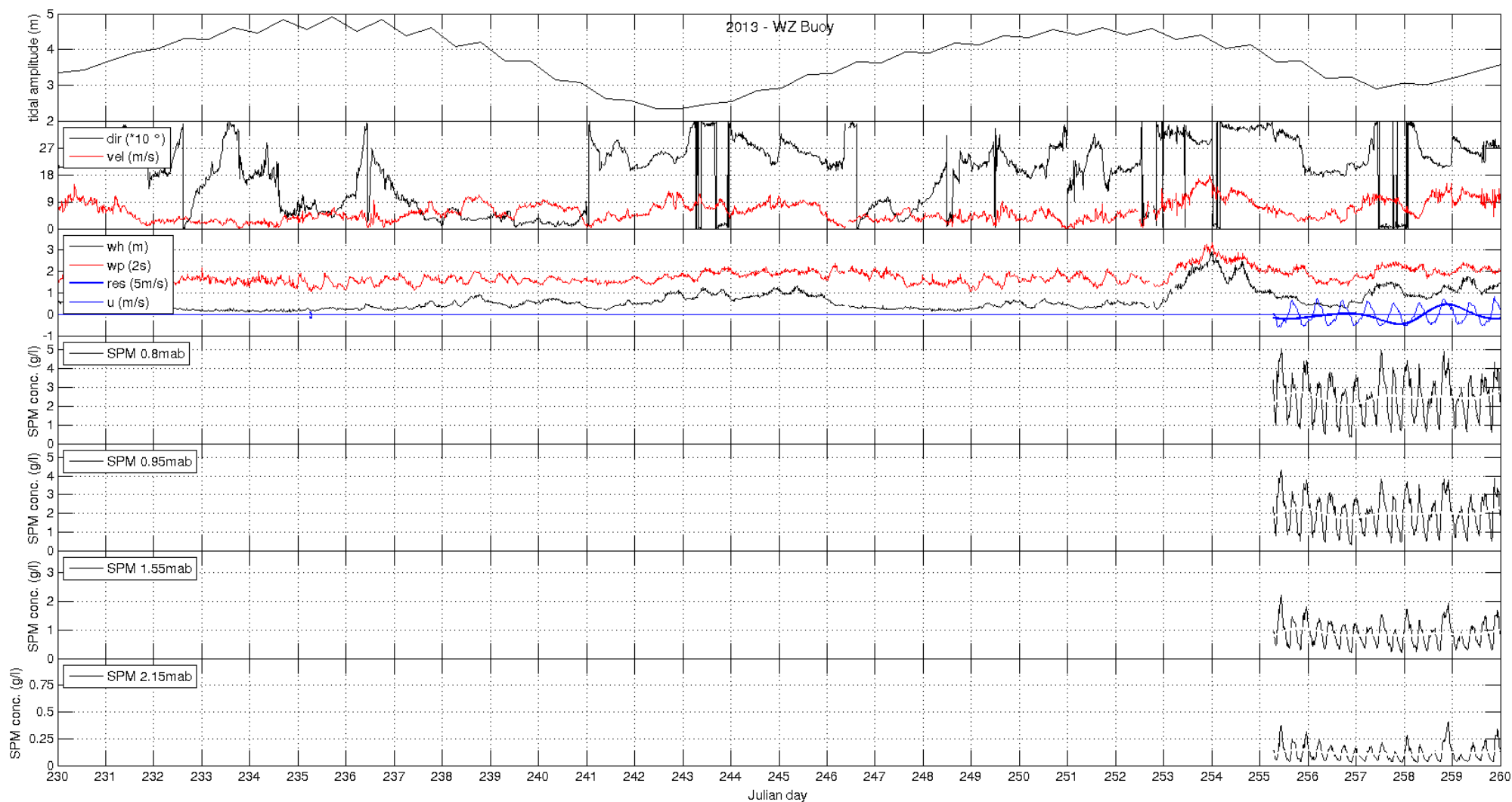
Figuur A5.2: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel , significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp , waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u , vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res , waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.8, 0.95, 1.55 en 2.15 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



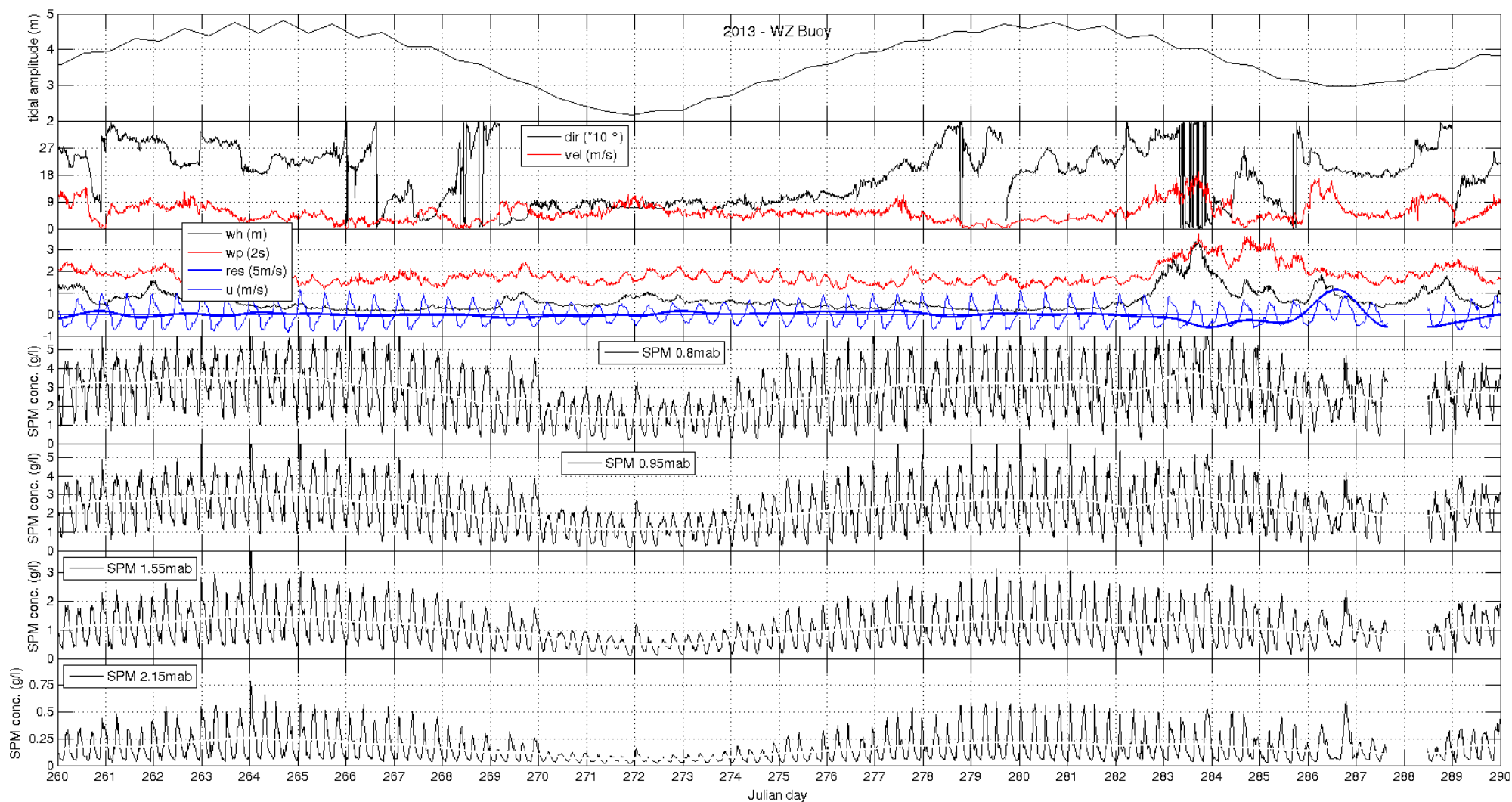
Figuur A5.3: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (*dir*) en snelheid (*vel*, significante golfhoogte (*wh*), gemiddelde golfperiode (*wp*, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (*u*, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (*res*, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.8, 0.95, 1.55 en 2.15 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



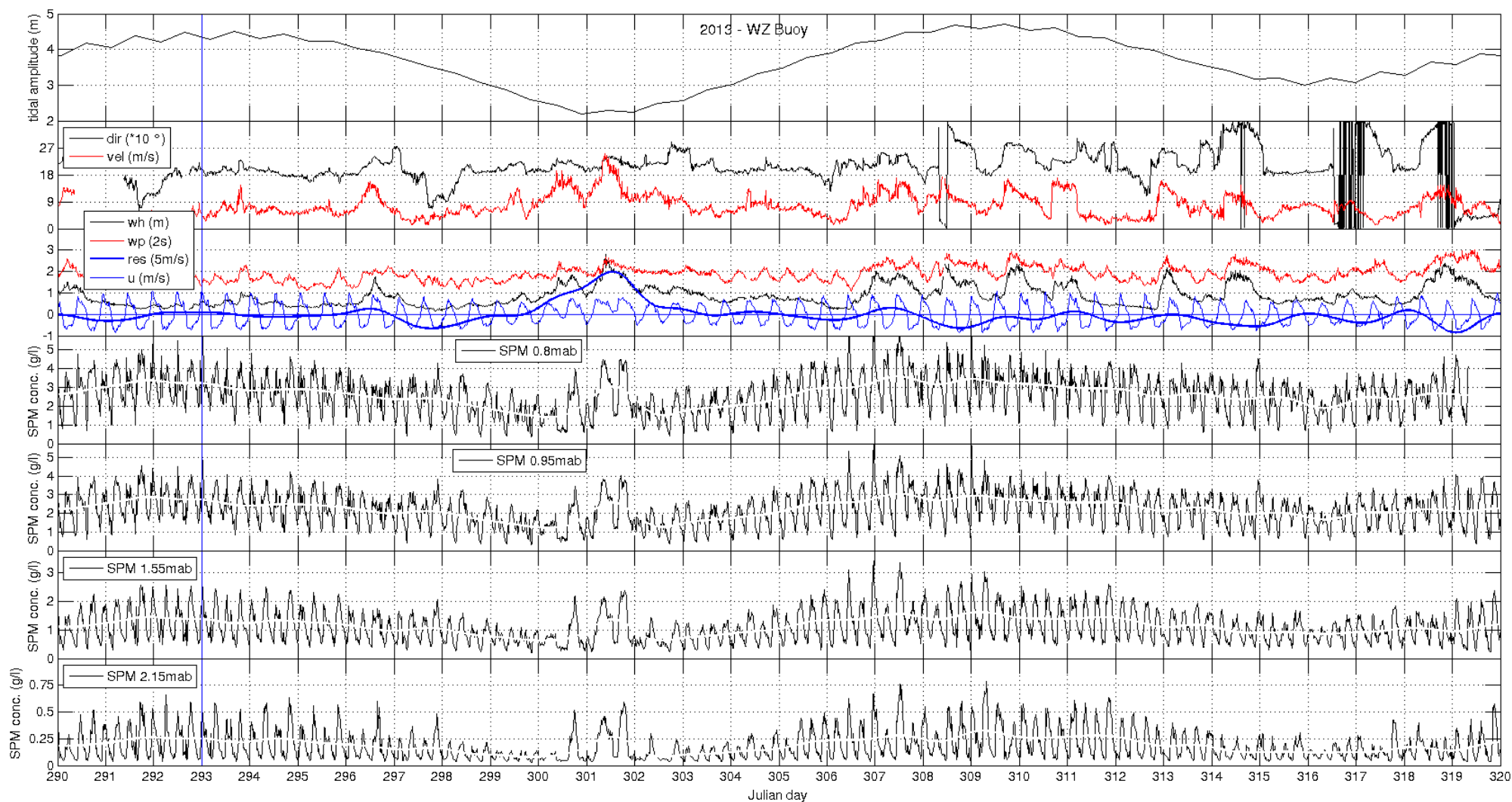
Figuur A5.4: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (*dir*) en snelheid (*vel*, significante golfhoogte (*wh*), gemiddelde golfperiode (*wp*, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (*u*, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (*res*, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.8, 0.95, 1.55 en 2.15 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



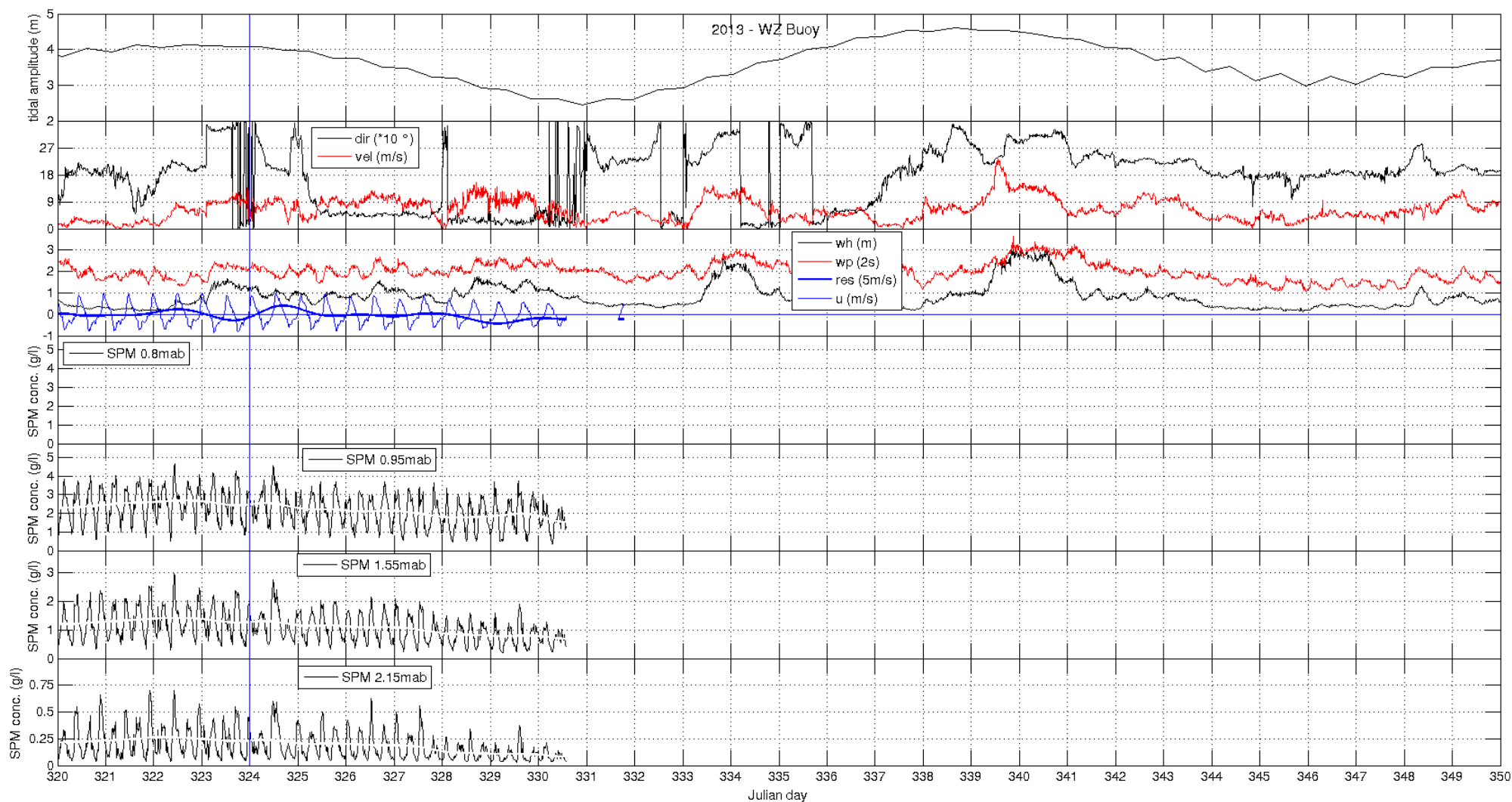
Figuur A5.5: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (*dir*) en snelheid (*vel*, significante golfhoogte (*wh*), gemiddelde golfperiode (*wp*, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (*u*, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (*res*, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.8, 0.95, 1.55 en 2.15 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



Figuur A5.6: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.8, 0.95, 1.55 en 2.15 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



Figuur A5.7: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (dir) en snelheid (vel, significante golfhoogte (wh), gemiddelde golfperiode (wp, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (u, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (res, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.8, 0.95, 1.55 en 2.15 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).



Figuur A5.8: WZ Boei 2013, getijamplitude, windrichting (*dir*) en snelheid (*vel*, significante golfhoogte (*wh*), gemiddelde golfperiode (*wp*, waarde gedeeld door 2), alongshore stroming (*u*, vloed is positief) en residuele alongshore stroming (*res*, waarde vermenigvuldigd met 5), ADP SPM concentratie op 0.8, 0.95, 1.55 en 2.15 m boven de bodem (witte lijn toont low-pass gefilterde SPM concentratie zonder getijsignaal).

APPENDIX 6

Correcties aan: Activiteitsrapport 1 januari 2014 – 30 juni 2014

- Tabel 2.2, 2.3
- Figuur 2.3e, 2.3f, 2.3g en 2.3i

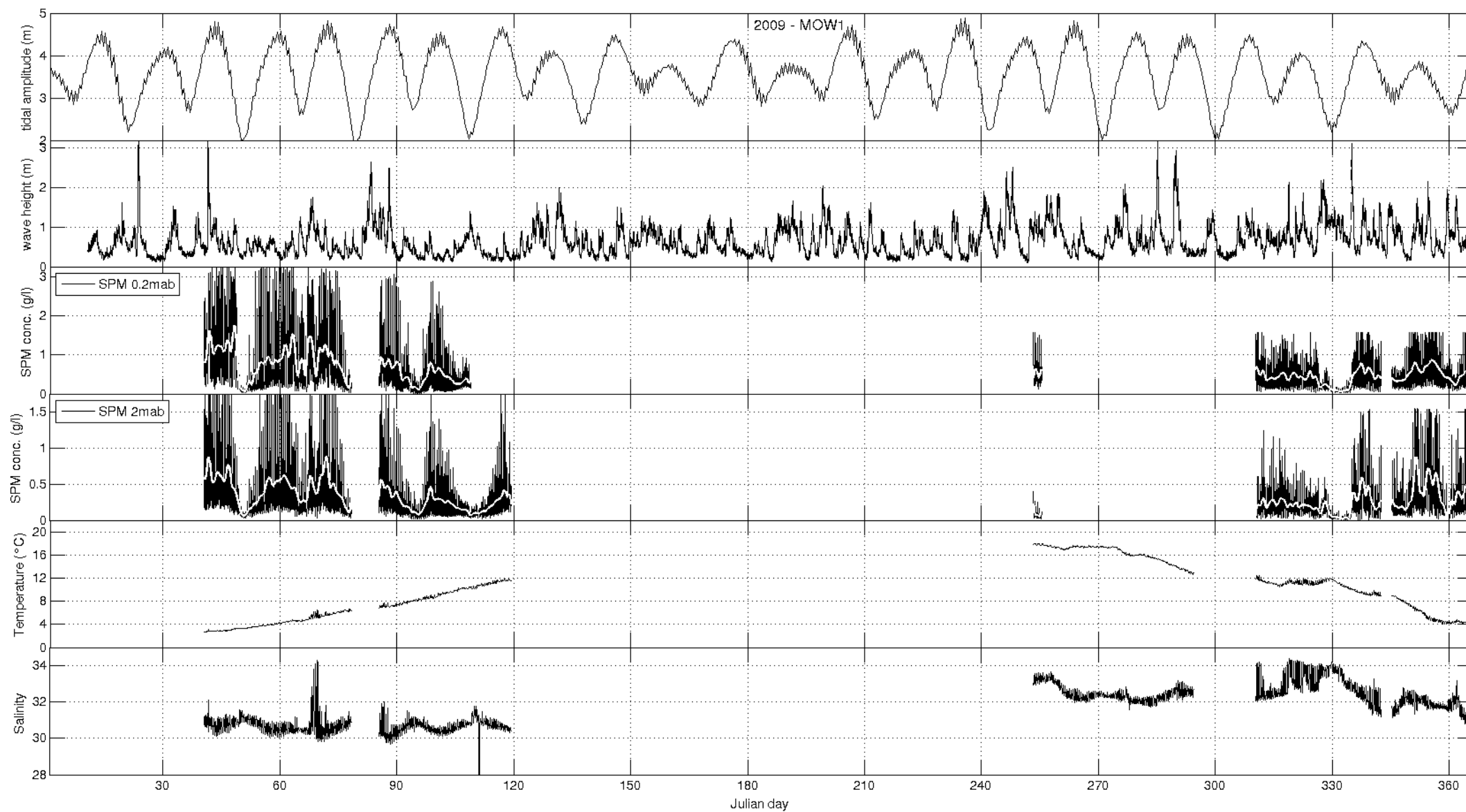
Fettweis M, Baeye M, Francken F, Van den Eynde D. 2014b. MOMO activiteitsrapport (1 januari - 30 juni 2014). BMM-rapport MOMO/7/MF/201408/NL/AR/1, 43pp + app.

Tabel 2.2: Overzicht van OBS (2 mab) metingen te MOW1.

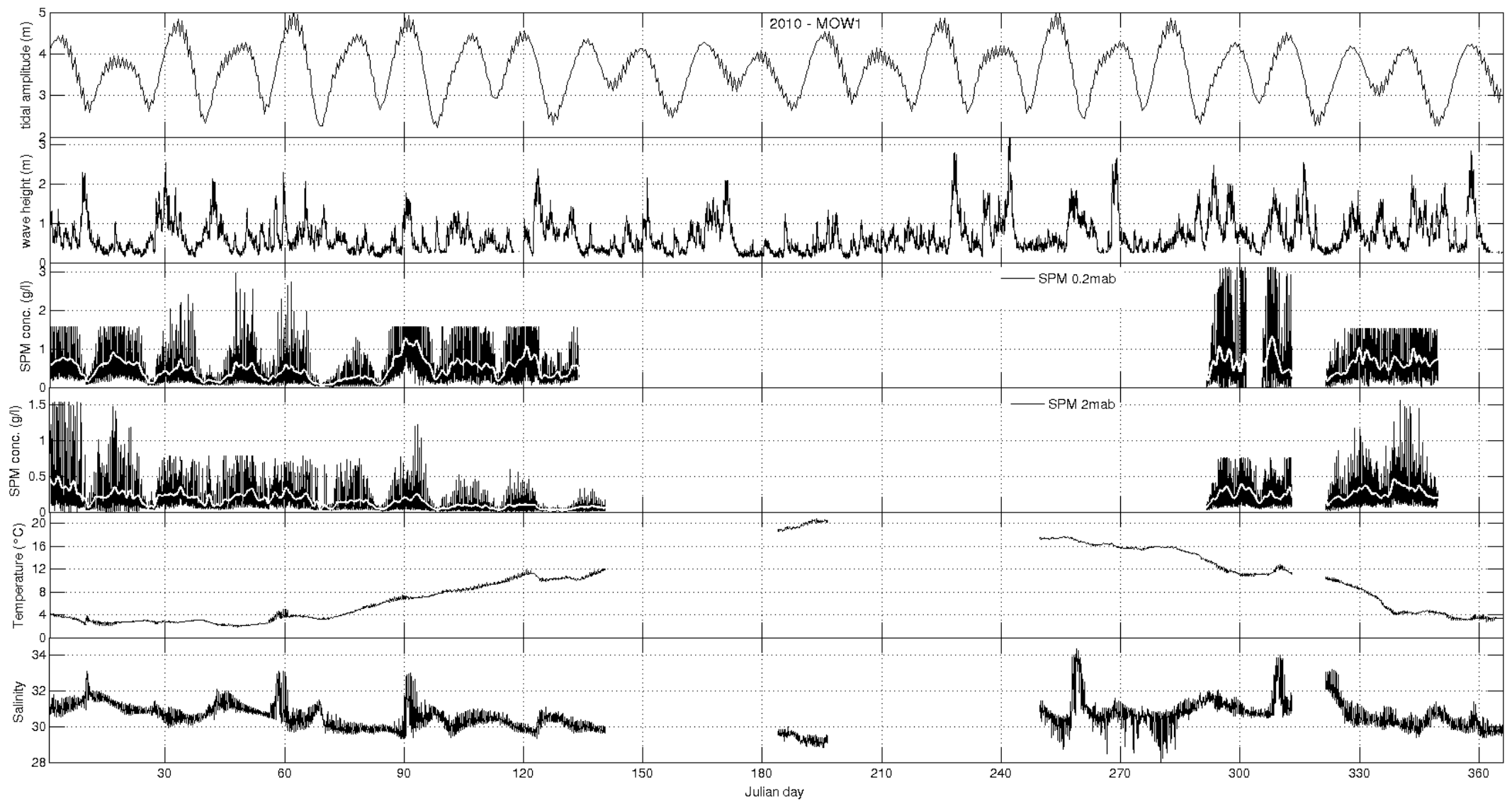
Nr		measuring period	good data			OBS – SPM concentration			interval (min)
			period (julian day)	days	data	max (mg/l)	saturation (mg/l)	% data saturated	
5	ADV	07/02/2005-08/02/2005	38.51-39.30	0.78	454	645	-	0.00	2.5
6	ADV	04/04/2005-15/04/2005	94.46-105.31	10.84	77835	>765	765	6.03	0.2
7	ADV	22/06/2005-11/07/2005	173.34-192.48	19.14	137798	1456	-	0.00	0.2
8	ADV	22/11/2005-05/12/2005	326.35-339.37	13.02	622	1851	-	0.00	10
9	ADV	13/02/2006-27/02/2006	44.48-58.44	13.96	669	2147	-	0.00	30
10	ADV	27/03/2006-18/04/2006	86.46-108.37	21.92	1053	3103	-	0.00	30
11	ADV	15/05/2006-15/06/2006	135.49-166.42	30.94	1271	860	-	0.00	30
15	ADV	10/07/2007-19/07/2007	191.75-200.56	8.81	1270	589	-	0.00	10
16	ADV	23/10/2007-28/11/2007	296.53-332.41	35.88	5168	1965	-	0.00	10
21	ADV	17/11/2008-12/12/2008	322.58-347.38	24.80	3573	1662	-	0.00	10
22	ADV	09/02/2009-19/03/2009	40.49-78.32	37.83	5448	>3115	3115	0.01	10
23	ADV	26/03/2009-29/04/2009	85.34-119.33	33.99	4896	2252	-	0.00	10
27	ADP	10/09/2009-21/10/2009	253.36-255.47	2.11	3038	1154	-	-	1
30	ADP	06/11/2009-08/12/2009	310.36-342.63	32.27	45987	>1542	1542	0.02	1
31	ADP	11/12/2009-25/01/2010	345.35-25.25	44.90	65218	>1541	1541	0.41	1
32	ADV	25/01/2010-25/03/2010	25.65-84.43	58.78	8306	>783	783	0.57	10
33	ADP	25/03/2010-20/05/2010	84.46-140.60	56.13	80842	1329	-	0.00	1
34	-	20/05/2010-31/05/2010	-	-	-	-	-	-	-
35	-	31/05/2010-23/07/2010	-	-	-	-	-	-	-
37	ADP	06/09/2010-18/10/2010	-	-	-	-	-	-	2
38	ADV	18/10/2010-08/11/2010	291.55-312.99	21.43	2060	>759	759	0.49	15
39	ADP	17/11/2010-15/12/2010	321.50-349.61	28.11	20257	1578	-	0.00	2
40	ADV	15/12/2010-31/01/2011	349.68-12.00	0					15
41	-	31/01/2011-21/03/2011	-	0	-	-	-	-	-
42	ADV	21/03/2011-24/03/2011	80.73-83.25	2.52	243	430	-	0.00	15
43	ADV	24/03/2011-17/04/2011	83.32-107.70	24.38	2341	>757	757	0.38	15
44	ADP	29/04/2011-23/05/2011	119.43-143.68	24.25	17473	1375	-	0.00	15
45	ADV	23/05/2011-19/06/2011	143.64-170.59	26.94	2587	>3128	3128	0.35	15
46	ADP	11/07/2011-12/08/2011	192.68-224.73	32.05	23090	1540	-	0.00	2
47	ADV	18/08/2011-09/09/2011	230.65-252.39	21.74	3126	>780	780	0.13	10
48	ADP	09/09/2011-12/10/2011	252.35-285.64	33.29	23986	1466	-	0.00	2
49	ADV	12/10/2011-24/11/2011	285.77-322.55	36.78	3532	>780	780	0.23	15
50	ADP	24/11/2011-18/01/2012	328.38-18.96	55.58	39835	>778	778	3.63	2
51	ADV	24/02/2012-19/03/2012	-	0	-	-	-	-	15
52	ADP	19/03/2012-25/04/2012	79.65-116.52	36.86	26549	779	-	0.00	2
54	-	07/05/2012-28/06/2012	-	0	-	-	-	-	-
55	ADP	29/06/2012-23/08/2012	181.45-223.0	41.55	30203	>1575	1575	0.00	2
56	-	23/08/2012-15/10/2012	-	0	-	-	-	-	-
57	-	25/10/2012-05/12/2012	-	0	-	-	-	-	-
58	ADV	05/12/2012-24/01/2013	340.33-365.96	25.630	2462	>1529	1529	1.59	15
59	ADP	24/01/2013-07/03/2013	24.59-31.00 33.64-66.39	39.16	26826	>1539	1539	2.58	2
60	ADV	07/03/2013-28/03/2013	66.43-87.64	21.21	2037	>1525	1525	0.83	15
62	ADP	28/03/2013-22/04/2013	87.68-112.50	24.82	17889	>1575	1575	0.00	2
63	ADV	22/04/2013-17/05/2013	112.54-137.30	24.76	2378	1468	-	0.00	15
65	ADP	17/05/2013-27/06/2013	137.34-178.49	41.14	29636	1501	-	0.00	2
67	ADV	27/06/2013-24/07/2013	178.54-205.39	26.85	2579	891	-	0.00	15
69	ADP	24/07/2013-21/08/2013	205.43-233.61	28.19	20307	>1541	1541	0.01	2
71	ADV	21/08/2013-17/09/2013	233.65-260.49	26.84	2578	868	-	0.00	15
73	ADP	23/09/2013-16/10/2013	266.48-289.49	23.01	16579	>781	781	0.17	2
75	ADV	16/10/2013-12/11/2013	289.53-316.55	27.02	2595	1170	-	0.85	15
78	ADP	28/11/2013-09/12/2013	332.49-343.58	11.09	8003	>779	779	2.52	2

Tabel 2.3: Overzicht van OBS (0.2 mab) metingen te MOW1.

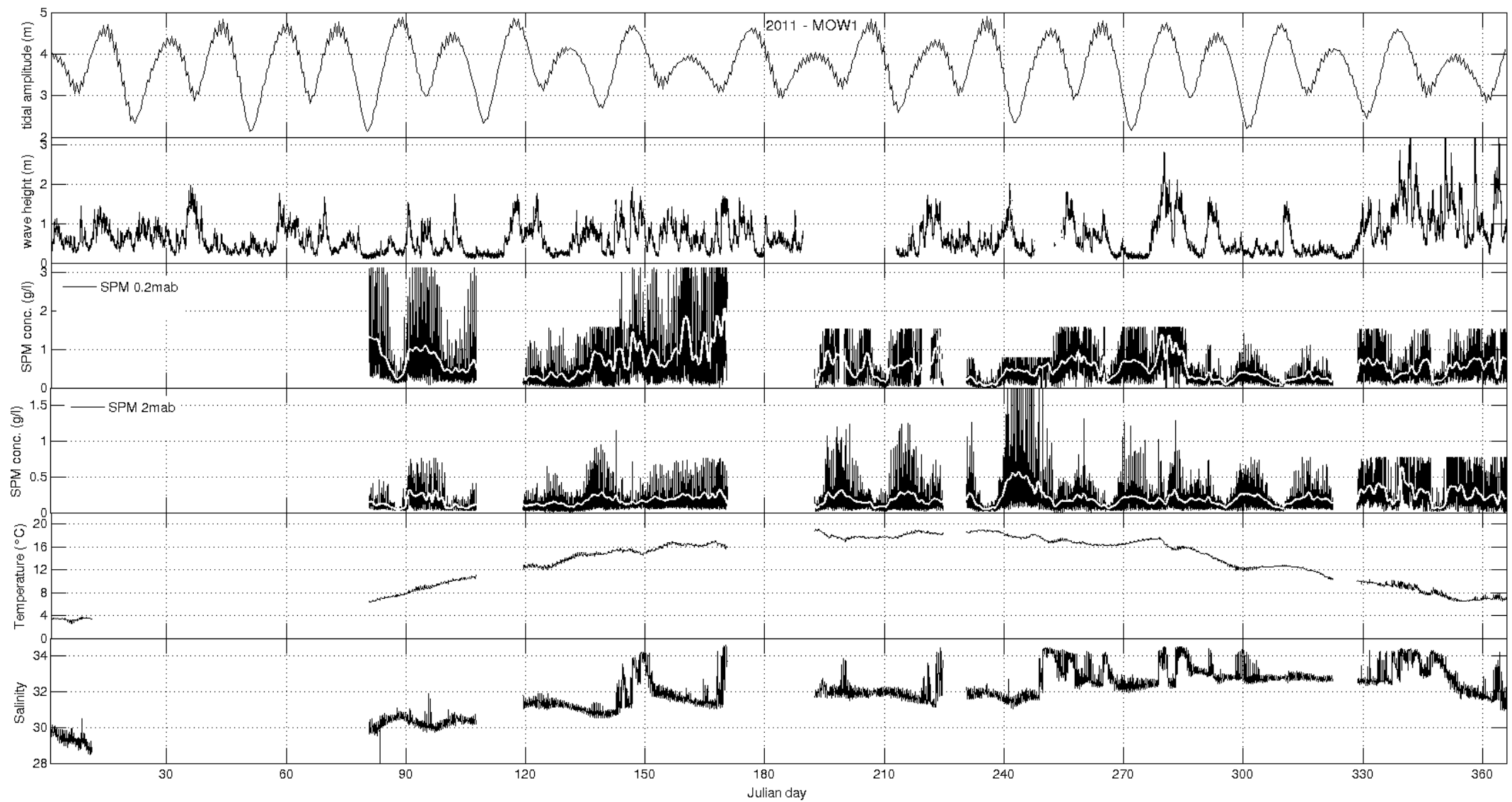
Nr		measuring period	good data			OBS – SPM concentration			interval (min)
			period (julian day)	days	data	max (mg/l)	saturation (mg/l)	% data saturated	
5	ADV	07/02/2005-08/02/2005	38.51-39.30	0.78	454	814	-	0.00	2.5
6	ADV	04/04/2005-15/04/2005	94.46-105.31	10.84	78065	>780	780	48.12	0.2
7	ADV	22/06/2005-11/07/2005	173.34-187.5	14.16	101925	>3165	3165	0.00	0.2
8	ADV	22/11/2005-05/12/2005	326.35-339.37	13.02	622	3126	-	0.00	10
9	ADV	13/02/2006-27/02/2006	44.48-58.44	13.96	668	>3216	3216	0.60	30
10	ADV	27/03/2006-18/04/2006	86.46-108.37	21.92	1052	3194	-	0.00	30
11	ADV	15/05/2006-15/06/2006	135.49-166.42	30.94	1285	3288	-	0.00	30
15	ADV	10/07/2007-19/07/2007	191.75-200.56	8.81	1269	2837	-	0.00	10
16	ADV	23/10/2007-28/11/2007	296.53-332.41	35.88	5168	>3220	3220	0.00	10
21	ADV	17/11/2008-12/12/2008	322.58-347.38	24.80	3541	>3114	3114	0.54	10
22	ADV	09/02/2009-19/03/2009	40.49-78.32	37.83	5355	>3219	3219	1.27	10
23	ADV	26/03/2009-29/04/2009	85.34-109.0	23.66	3403	>3219	3219	0.01	10
27	ADP	10/09/2009-21/10/2009	253.36-255.47	2.11	3038	>1578	1578	1.02	1
30	ADP	06/11/2009-08/12/2009	310.36-342.63	32.27	46488	>1577	1577	1.16	1
31	ADP	11/12/2009-25/01/2010	345.35-25.25	44.90	65218	>1578	1578	1.17	1
32	ADV	25/01/2010-25/03/2010	25.65-84.43	58.78	8465	3041	-	0.00	10
33	ADP	25/03/2010-20/05/2010	84.46-134.0	19.54	71339	>1577	1577	8.99	1
37	ADP	06/09/2010-18/10/2010	-	-	-	-	-	-	2
38	ADV	18/10/2010-08/11/2010	291.55-312.99	21.43	1281	>3124	3124	1.09	15
39	ADP	17/11/2010-15/12/2010	321.50-349.61	28.11	20257	>1539	1539	8.50	2
40	ADV	15/12/2010-31/01/2011	349.68-12.00	0	-	-	-	10.70	15
41	-	31/01/2011-21/03/2011	-	0	-	-	-	-	-
42	ADV	21/03/2011-24/03/2011	80.73-83.25	2.52	243	>3122	3122	2.88	15
43	ADV	24/03/2011-17/04/2011	83.32-107.70	24.38	2341	>3125	3125	1.11	15
44	ADP	29/04/2011-23/05/2011	119.43-143.68	24.25	17473	>1575	1575	3.47	15
45	ADV	23/05/2011-19/06/2011	143.64-170.59	26.94	2587	>3128	3128	4.17	15
46	ADP	11/07/2011-12/08/2011	192.68-224.73	32.05	18977	1530	-	5.32	2
47	ADV	18/08/2011-09/09/2011	230.65-252.39	21.74	3126	>3131	3131	10.27	10
48	ADP	09/09/2011-12/10/2011	252.35-285.64	33.29	23986	>1577	1577	7.18	2
49	ADV	12/10/2011-24/11/2011	285.77-322.55	36.78	3532	1669	-	0.00	15
50	ADP	24/11/2011-18/01/2012	328.38-18.96	55.58	39835	>1542	1542	1.05	2
51	ADV	24/02/2012-19/03/2012	-	0	-	-	-	-	15
52	ADP	19/03/2012-25/04/2012	79.65-116.52	36.86	26549	>1540	1540	1.21	2
54	-	07/05/2012-28/06/2012	-	0	-	-	-	-	-
55	ADP	29/06/2012-23/08/2012	181.45-216.5	35.05	25307	>1575	1575	0.57	2
56	-	23/08/2012-15/10/2012	-	0	-	-	-	-	-
57	-	25/10/2012-05/12/2012	-	0	-	-	-	-	-
58	ADV	05/12/2012-24/01/2013	340.33-365.96	25.63	2462	>3120	3120	2.56	15
59	ADP	24/01/2013-07/03/2013	24.59-66.39	41.80	28727	>1577	1577	5.45	2
60	ADV	07/03/2013-28/03/2013	66.43-87.64	21.21	2037	>3122	3122	1.03	15
62	ADP	28/03/2013-22/04/2013	87.68-112.50	24.82	17889	>1525	1525	6.33	2
63	ADV	22/04/2013-17/05/2013	112.54-137.30	24.76	2378	>3125	3125	0.29	15
65	ADP	17/05/2013-27/06/2013	137.34-178.49	41.14	29636	>1542	1542	3.17	2
67	ADV	27/06/2013-24/07/2013	178.54-205.39	26.85	2579	2777	-	0.00	15
69	ADP	24/07/2013-21/08/2013	205.43-233.61	28.19	20307	>1542	1580	1.31	2
71	ADV	21/08/2013-17/09/2013	233.65-260.49	26.84	2578	3124	-	0.00	15
73	ADP	23/09/2013-16/10/2013	266.48-289.49	23.01	16579	>1576	1576	2.12	2
75	ADV	16/10/2013-12/11/2013	289.53-316.55	27.02	2595	>3130	3130	0.85	15
78	ADP	28/11/2013-09/12/2013	332.49-339.50	7.01	5057	>1579	1579	1.70	2



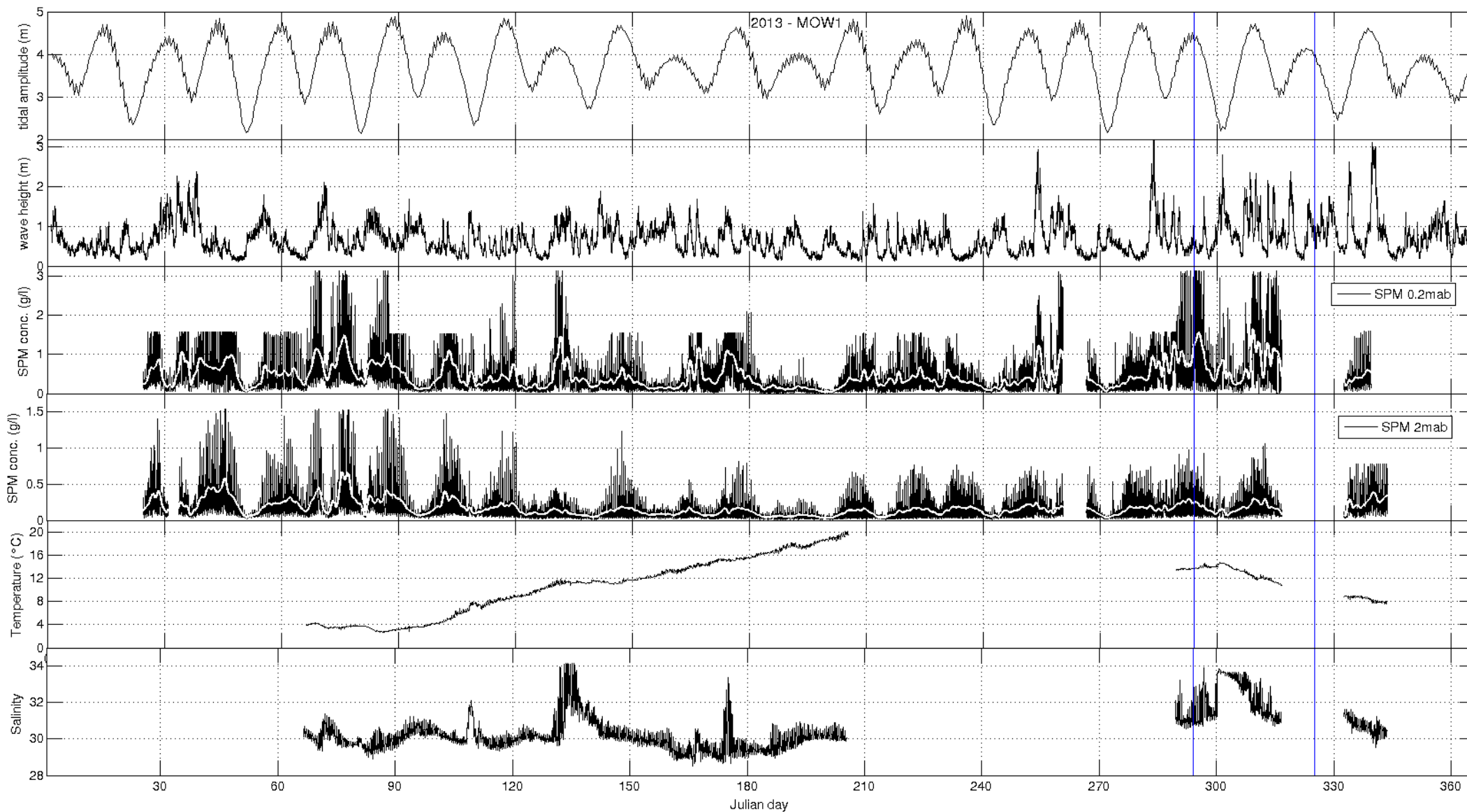
Figuur 2.3e: 2009, significante golfhoogte, SPM concentratie, saliniteit en temperatuur te MOW1.



Figuur 2.3f: 2010, significante golfhoogte, SPM concentratie, saliniteit en temperatuur te MOW1.



Figuur 2.3g: 2011, significante golfhoogte, SPM concentratie, saliniteit en temperatuur te MOW1.



Figuur 2.3i: 2013, significante golfhoogte, SPM concentratie, saliniteit en temperatuur te MOW1.

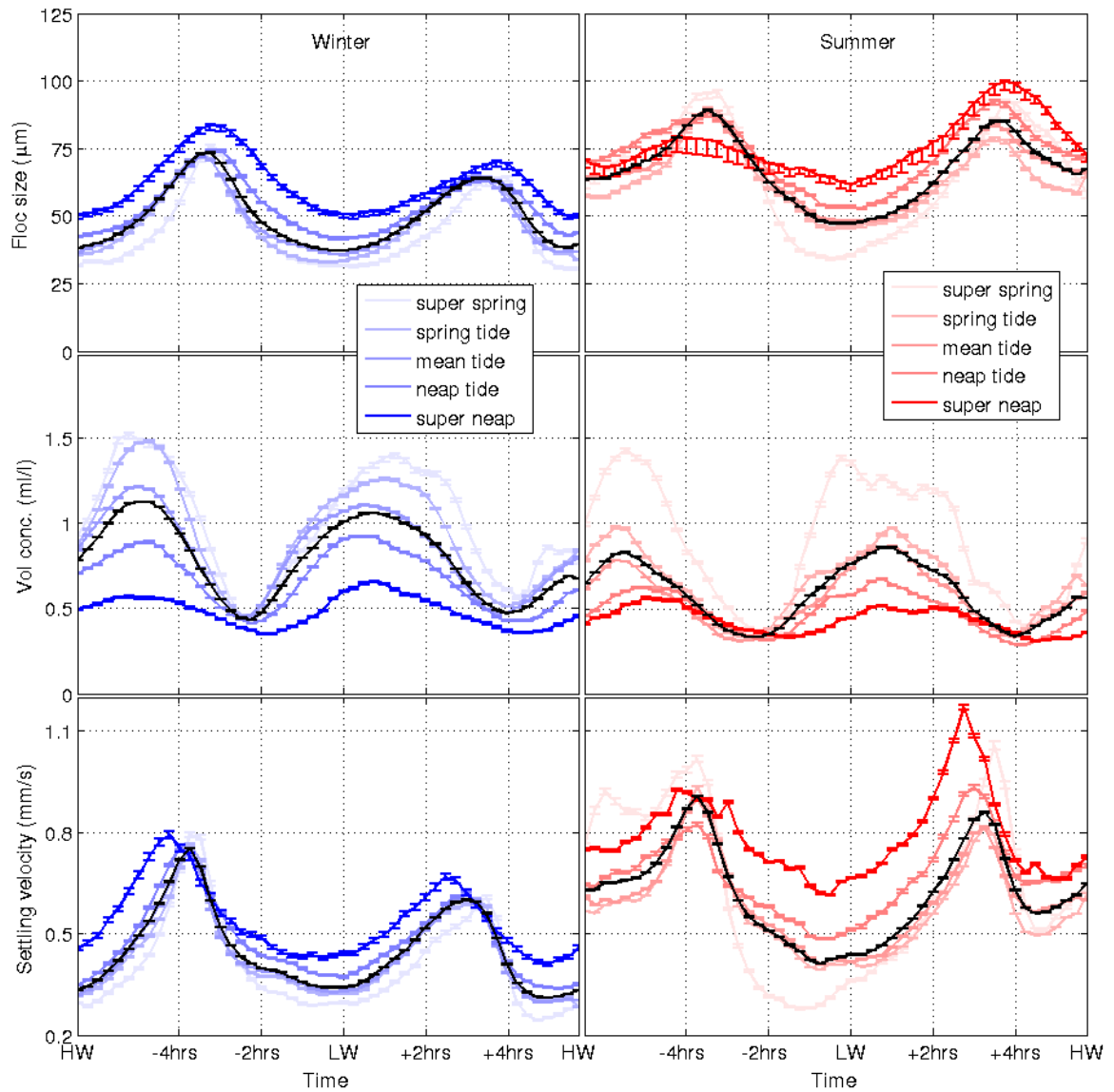
APPENDIX 7

Correcties aan Activiteitsrapport 1 juli 2014 – 31 december 2014

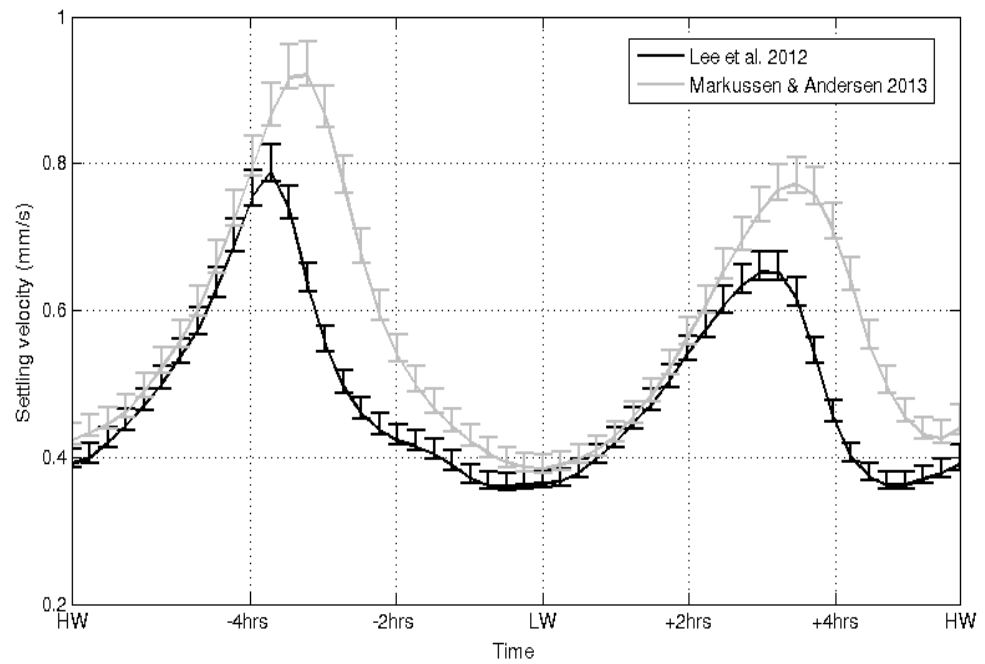
1. Figuren 5.7-5.11

2. Tabellen 5.1-5.2

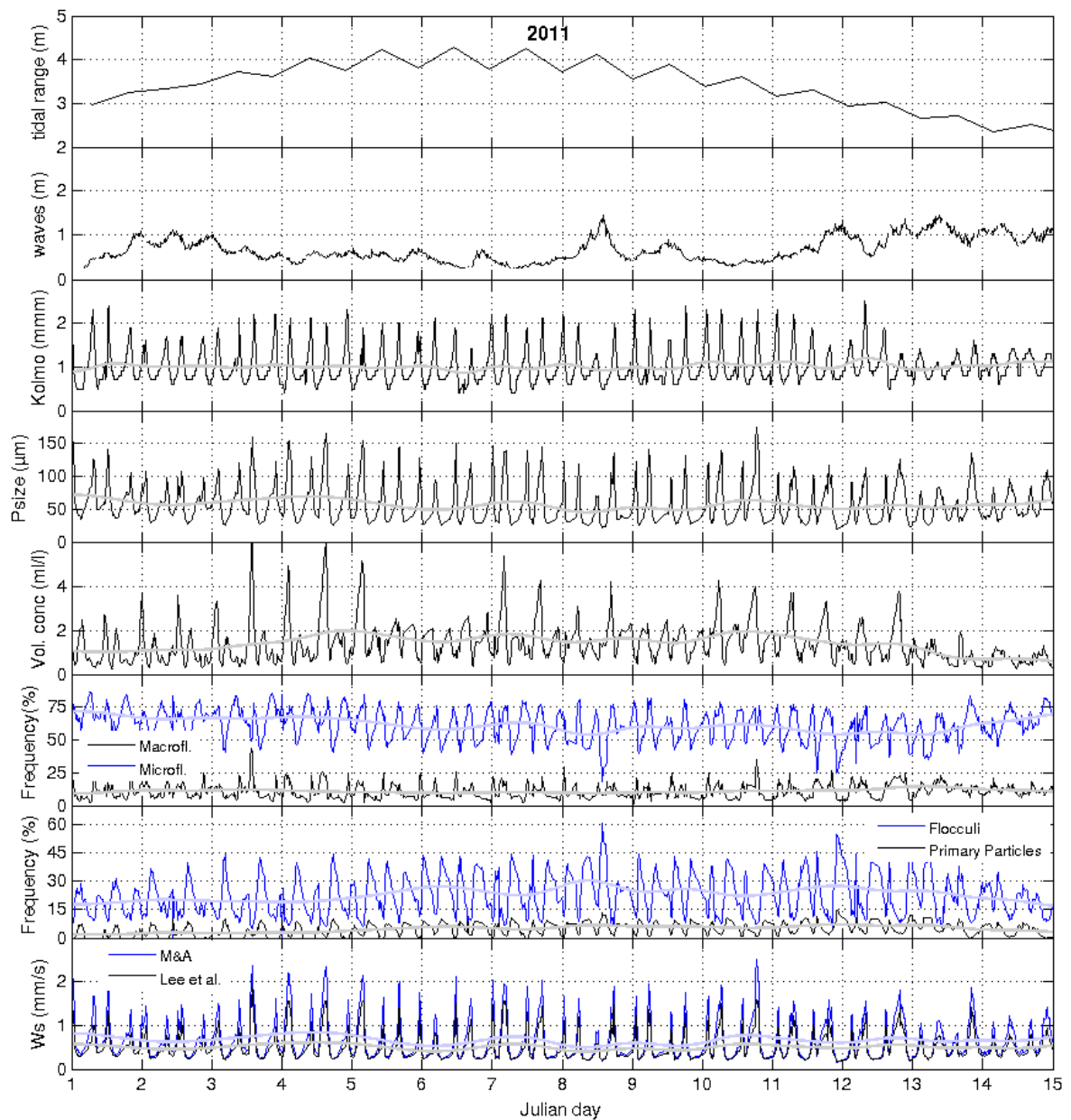
Fettweis M, Baeye M, Francken F. 2015. MOMO activiteitsrapport (1 juli – 31 december 2014). BMM-rapport MOMO/7/MF/201501/NL/AR/2, 41pp + app.



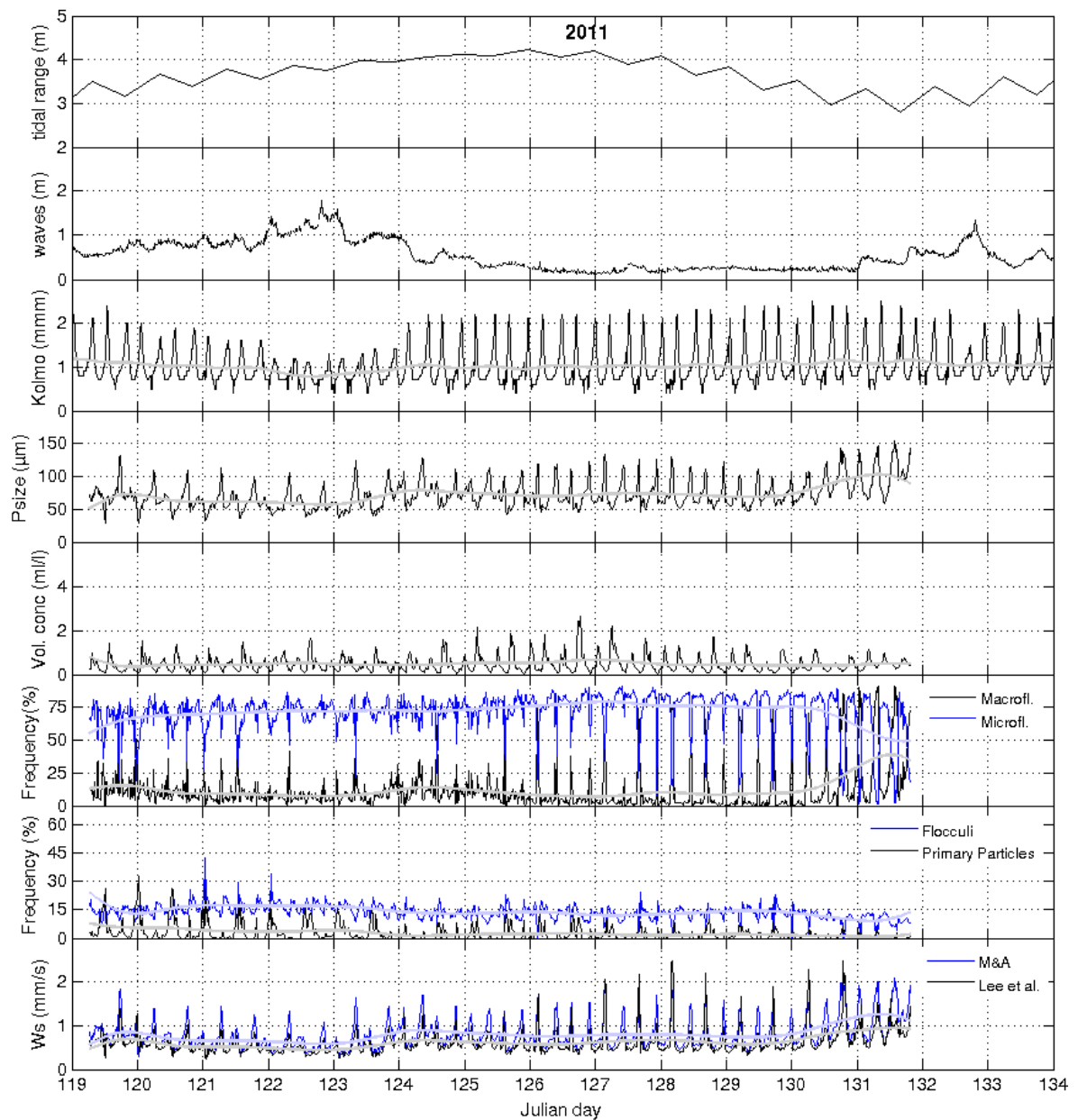
Figuur 5.7: Gemiddelde geometrische gemiddelde vloggrootte, SPM volume concentratie en valsnelheid volgens Lee et al. (2012) gedurende een getijcyclus in de winter (links) en de zomer (rechts) en dit voor verschillende getijamplitudes. Ook aangeduid is de standaardfout. De zwarte lijn is de gemiddelde waarde per seizoen.



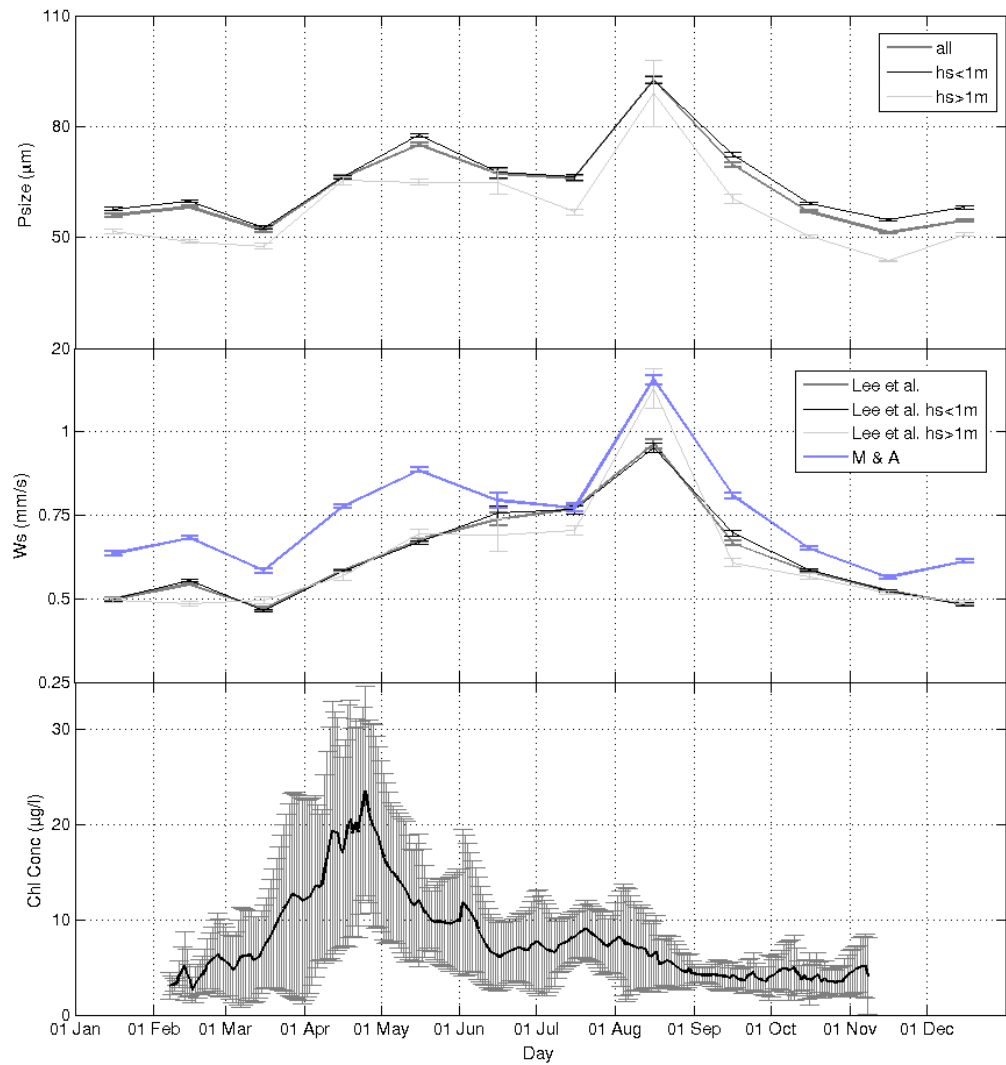
Figuur 5.8: Gemiddelde valsnelheid volgens Lee et al. (2012) en Markussen & Andersen (2013) gedurende een getijcyclus.



Figuur 5.9: Januari 2011, tijdserie van getijamplitude, significante golfhoogte, Kolmogorov microschaal, geometrisch gemiddelde vloggrootte, frequentie aan micro- en macrovlokken, frequentie aan flocculi en primaire partikelsry particles en de valsnelheid.



Figuur 5.10: April 2011, tijdserie van getijamplitude, significante golfhoogte, Kolmogorov microschaal, geometrisch gemiddelde vloggrootte, frequentie aan micro- en macrovlokken, frequentie aan flocculi en primaire partikelsry particles en de valsnelheid.



Figuur 5.11: Maandelijks gemiddelde vlok grootte over de periode 2006-2013 (alle data en voor golven groter en kleiner dan 1 m), valsnelheid (alle data volgens methode Lee et al. (2012) en Markussen & Andersen (2013), voor de Lee et al. (2012) resultaten worden ook de data voor golven groter en kleiner dan 1 m getoond) en de Chlorophyl concentratie (2003-2011) afgeleid uit de MERIS data (zie Fettweis et al. 2014b).

Tabel 5.1: Winter gemiddelde data, frequentie aan primaire deeltjes (PP), flocculi, micro- en macrovlokken, grootte van micro- en macrovlokken (PP=3µm, Flocculi=15µm) en valsnelheid (w_s).

	PP (%)	Flocculi (%)	Micro (µm)	Micro (%)	Macro (µm)	Macro (%)	w_s (mm/s)	w_s (mm/s)
all data								
2006-2013	6.2±4.8	21.1±12.4	66±30	61.2±15.0	278±87	11.5±10.7	0.43*/1.79	0.50*/1.89
2006	6.6±3.6	18.1±10.5	74±25	55.7±13.6	310±83	19.6±17.4	0.59*/1.95	0.66*/1.95
2007	7.1±4.9	22.0±12.3	59±27	61.7±15.8	254±59	9.2±6.9	0.37*/1.58	0.43*/1.71
2008	7.4±4.3	20.4±9.4	58±20	58.8±12.8	259±60	13.3±8.3	0.43*/1.49	0.50*/1.59
2009	6.7±4.9	20.2±13.3	80±39	60.9±15.2	267±52	12.2±7.4	0.50*/1.77	0.61*/2.00
2010	5.5±4.2	20.2±10.6	67±29	63.5±12.9	262±57	10.9±7.8	0.44*/1.64	0.55*/1.81
2011	6.2±4.8	21.1±12.4	66±30	61.2±15.0	278±87	11.5±10.7	0.40*/1.68	0.48*/1.84
2012	7.8±5.4	26.2±15.5	60±27	57.4±17.5	253±80	8.6±11.9	0.34*/1.84	0.39*/2.07
2013	6.0±5.1	18.9±12.4	71±33	59.3±15.7	341±120	15.8±13.7	0.58*/1.92	0.58*/1.86
$h_s < 0.75m$								
2006-2013	5.6±4.6	20.4±12.0	71±33	63.5±14.8	283±87	10.5±11.0	0.44*/1.81	0.53*/1.95
2006	5.5±2.9	17.0±11.3	85±31	53.1±12.9	337±83	24.4±18.7	0.69*/2.06	0.76*/2.11
2007	5.6±4.5	19.5±10.4	67±31	37.3±13.1	266±68	7.6±6.6	0.39*/1.65	0.48*/1.79
2008	6.0±3.9	19.1±8.5	67±24	63.0±12.9	278±75	11.9±9.0	0.47*/1.52	0.56*/1.64
2009	5.8±4.7	17.0±10.3	87±39	64.9±12.9	275±49	12.3±7.5	0.54*/1.72	0.68*/1.92
2010	4.9±4.0	19.0±10.2	74±33	66.3±13.2	274±64	9.9±8.1	0.47*/1.65	0.60*/1.88
2011	5.6±4.6	20.4±12.0	71±33	63.5±14.8	283±87	10.5±11.0	0.41*/1.71	0.49*/1.88
2012	7.4±5.2	25.6±15.3	63±30	59.2±17.0	256±80	7.9±11.2	0.34*/1.87	0.40*/2.12
2013	5.5±5.1	17.9±11.6	77±36	61.4±15.9	340±117	15.2±14.7	0.59*/1.94	0.62*/1.90
$0.75 < h_s < 1.5m$								
2006-2013	6.4±4.7	21.0±12.2	62±25	60.3±14.2	277±87	12.3±10.4	0.43*/1.78	0.49*/1.82
2006	7.3±3.7	18.3±9.7	67±17	57.7±14.0	297±82	16.7±16.3	0.51*/1.80	0.59*/1.77
2007	7.4±4.9	22.7±13.2	54±17	60.3±15.9	246±49	9.6±6.8	0.35*/1.52	0.40*/1.64
2008	7.2±4.1	19.1±8.5	58±16	60.1±11.3	257±51	13.6±7.8	0.43*/1.47	0.51*/1.54
2009	8.5±4.8	24.5±15.5	67±32	55.6±16.0	255±56	11.4±6.8	0.39*/1.76	0.44*/2.01
2010	6.0±4.4	20.8±10.6	63±26	62.0±12.0	255±50	11.3±7.4	0.42*/1.63	0.52*/1.78
2011	6.4±4.7	21.0±12.2	62±25	60.3±14.2	277±87	12.3±10.4	0.41*/1.63	0.49*/1.77
2012	9.1±6.2	27.4±15.8	54±19	54.7±17.2	242±73	8.8±12.5	0.31*/1.75	0.35*/1.93
2013	6.1±4.8	19.1±12.5	67±29	58.2±14.9	341±122	16.6±13.0	0.58*/1.89	0.57*/1.80
$h_s > 1.5m$								
2006-2013	7.7±5.2	24.5±13.9	53±18	54.2±15.3	263±85	13.6±9.7	0.42*/1.73	0.43*/1.75
2006	7.8±4.0	21.0±10.9	64±7	54.8±12.4	271±54	16.4±13.2	0.45*/1.61	0.53*/1.63
2007	10.0±4.1	16.9±13.7	47±14	50.8±14.9	236±39	12.2±6.4	0.33*/1.39	0.36*/1.41
2008	9.8±4.2	24.1±10.8	45±7	51.3±11.6	234±35	14.9±7.8	0.37*/1.43	0.41*/1.46
2009	8.9±5.0	33.4±15.8	64±37	43.4±13.7	240±50	14.4±8.5	0.40*/1.85	0.42*/2.21
2010	6.0±4.2	22.8±11.3	53±17	57.9±12.1	243±41	13.3±6.8	0.42*/1.55	0.51*/1.70
2011	7.7±5.2	24.5±13.9	53±18	54.2±15.3	263±85	13.6±9.7	0.36*/1.71	0.40*/1.85
2012	7.5±6.2	27.0±15.9	53±16	52.4±19.9	262±97	13.1±14.5	0.36*/1.79	0.41*/1.91
2013	7.3±5.5	22.4±14.1	58±24	54.8±16.1	344±128	15.5±11.5	0.50*/1.89	0.47*/1.77

Tabel 5.2: Zomer gemiddelde data, frequentie aan primaire deeltjes (PP), flocculi, micro- en macrovlokken, grootte van micro- en macrovlokken (PP=3µm, Flocculi=15µm) en valsnelheid (w_s).

	PP (%)	Flocculi (%)	Micro (µm)	Micro (%)	Macro (µm)	Macro (%)	w_s (mm/s)	w_s (mm/s)
all data								
2006-2013	4.2±4.3	14.9±7.8	82±33	66.3±15.0	319±91	14.6±15.1	0.59*/1.69	0.73*/1.74
2006	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	4.7±3.8	15.8±6.4	69±31	71.9±12.6	313±94	7.6±12.7	0.44*/1.57	0.54*/1.62
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	4.6±4.0	15.1±6.7	78±26	69.4±13.1	309±72	10.9±12.5	0.52*/1.48	0.67*/1.61
2010	3.9±3.0	14.3±8.2	87±34	63.7±17.4	307±102	18.0±14.6	0.67*/1.41	0.83*/1.58
2011	4.2±4.3	14.9±7.8	82±33	66.3±15.0	319±91	14.6±15.1	0.58*/1.66	0.68*/1.70
2012	5.7±4.8	15.3±9.4	87±33	67.0±14.6	320±77	12.1±12.1	0.64*/1.73	0.80*/1.81
2013	3.8±4.3	13.9±7.6	92±38	68.1±13.9	348±99	14.2±15.0	0.67*/1.79	0.82*/1.79
$h_s < 0.75m$								
2006-2013	4.0±4.2	14.1±7.8	86±35	67.1±15.9	324±94	14.8±16.8	0.60*/1.71	0.74*/1.95
2006	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	4.3±3.8	15.1±6.0	69±33	72.6±13.4	320±98	7.9±14.2	0.44*/1.59	0.55*/1.63
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	4.9±4.0	14.6±6.9	81±27	70.0±13.9	316±72	10.6±13.3	0.53*/1.49	0.66*/1.64
2010	3.3±2.8	11.3±5.5	95±34	67.9±16.4	324±99	17.5±16.3	0.73*/1.38	0.93*/1.54
2011	4.0±4.2	14.1±7.8	86±35	67.1±15.9	324±94	14.8±16.8	0.60*/1.69	0.76*/1.74
2012	5.7±4.8	15.2±9.6	89±34	66.7±14.9	318±80	12.3±12.9	0.66*/1.76	0.82*/1.85
2013	3.1±3.8	13.3±7.6	95±39	68.8±15.0	351±103	14.8±16.8	0.68*/1.83	0.84*/1.80
$0.75 < h_s < 1.5m$								
2006-2013	4.6±4.4	16.2±7.6	77±29	65.4±12.8	311±84	13.8±11.4	0.59*/1.71	0.65*/1.82
2006	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	5.8±3.7	17.3±7.3	67±25	70.2±9.9	293±81	6.7±7.5	0.41*/1.51	0.50*/1.58
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	3.7±4.0	16.5±6.0	73±23	67.9±10.4	291±67	11.9±9.8	0.51*/1.76	0.68*/1.49
2010	5.1±2.5	20.6±7.8	69±23	55.2±14.5	272±99	19.0±9.2	0.51*/1.28	0.59*/1.36
2011	4.6±4.4	16.2±7.6	77±29	65.4±12.8	311±84	13.8±11.4	0.54*/1.69	0.60*/1.71
2012	5.5±4.8	15.6±9.3	83±29	67.4±14.0	325±72	11.6±10.2	0.66*/1.68	0.81*/1.73
2013	5.1±4.9	15.0±7.6	87±34	66.9±11.5	343±91	13.0±10.6	0.62*/1.66	0.75*/1.76
$h_s > 1.5m$								
2006-2013	5.7±4.1	20.7±9.1	60±16	54.8±14.1	284±88	18.8±9.9	0.57*/1.86	0.57*/1.75
2006	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	-	-	-	-	-	-	0.50*/1.85	0.69*/1.69
2010	6.6±2.7	26.7±9.2	55±9	45.5±13.0	229±72	21.2±5.4	0.50*/1.28	0.57*/1.34
2011	5.7±4.1	20.7±9.1	60±16	54.8±14.1	284±88	18.8±9.9	0.53*/1.86	0.56*/1.81
2012	6.0±2.3	11.9±2.1	79±11	73.3±4.5	324±19	19.0±8.8	0.86*/1.77	1.03*/1.80
2013	10.6±8.4	15.8±9.6	81±32	53.6±11.5	305±20	20.0±3.3	0.52*/1.78	0.65*/1.95

APPENDIX 8

Bijdrage Vliz Young Scientist day 20/02/2015

Seasonality in concentration, size and settling velocity of muddy marine snow in the southern North Sea and their effects on the sea bed

Fettweis Michael¹ and Baeye Matthias¹

¹ Operational Directorate Natural Environment
Royal Belgian Institute of Natural Sciences
Gulledelle 100, B-1200 Brussels, Belgium
E-mail: m.fettweis@mumm.ac.be

Suspended particulate matter (SPM) concentrations in mid-latitude shelf seas have a typical seasonal signal. Higher values of SPM concentration together with smaller floc sizes occur in the water column in winter and lower SPM concentration and larger floc sizes in summer. This seasonality is mainly caused by the higher biological activity in summer rather than seasonality in weather types and thus wave climate (Fettweis et al., 2014). A question that remained unanswered is related to the fate of the SPM throughout a year. How are the near-bed fluxes of SPM influenced by seasons? Is the reduction of the SPM concentration in the water column during summer compensated by a higher near bed concentration and possibly more frequent formation of HCMS, rather than by an export of the fine-grained material out of the measuring area? The research question is not only of scientific interest, but other reasons exist for gaining a better understanding of processes that change SPM concentration over a long period. The fine-grained sediment dynamics control not only the transport of cohesive sediments, but also of bio-geochemical processes and of the substances that tend to be adsorbed to the fine particles, such as pollutants and nutrients (Friedrichs et al., 2008). As such they influence coastal eutrophication, algae blooms, fate of pollutants, ephemeral sealing of the sea-floor by fluffy layers, benthic and pelagic ecosystems and siltation of navigation channels and harbors (Lancelot et al., 1998; Lee & Wiberg, 2002; Kirby, 2011). A better understanding of cohesive sediment dynamics allows a better prediction of changes caused by natural as well as anthropogenic influences.

SPM concentration profiles of the lowest 2 m of the water column and particle size distribution have been measured in the Belgian coastal turbidity maximum area (southern North Sea) during more than 700 days between 2006 and 2013. The long-term data series of SPM concentration, floc size and settling velocity have been ensemble averaged according to tidal range, alongshore residual flow direction and season, in order to investigate the seasonal SPM dynamics and its relation with physical and biological processes. The data show that the SPM is more concentrated in the near bed layer in summer, whereas in winter the SPM is better mixed throughout the water column. The decrease of the SPM concentration in the water column during summer is compensated by a higher near bed concentration indicating that a significant part of the SPM remains in the area during summer rather than being advected out of it. The opposite seasonality between near-bed layer and water column has to our knowledge not yet been presented in literature. Physical effects such as wave heights, wind climate or storms have a weak correlation with the observed seasonality. The argument to favor microbial activity as main driver of the seasonality lies in the observed variations in floc size and settling velocity. On average the flocs are larger and thus settling velocities higher in summer than winter.

References

- Fettweis M., Baeye M., Van der Zande D., Van den Eynde D., Lee B.J. 2014. Seasonality of floc strength in the southern North Sea. *J. Geophys. Res.*, 119, 1911-1926.
- Friedrichs C.T., Cartwright G.M., Dickhudt P.J. 2008. Quantifying benthic exchange of fine sediment via continuous; noninvasive measurements of settling velocity and bed erodibility, *Oceanogr.*, 21, 168-172.
- Kirby R. 2011. Minimising harbour siltation - findings of PIANC Working Group 43, *Ocean Dynam.*, 61, 233-244.
- Lancelot C., Billen G., Sournia A., Weisse T., Colijn F., Veldhuis M.J.W., Davies A., Wassman P. 1987. *Phaeocystis* blooms and nutrient enrichment in the continental coastal zones of the North Sea, *Ambio*, 16, 38-46.
- Lee H.L., Wiberg P.L. 2002. Character, fate, and biological effects of contaminated, effluent-affected sediment on the Palos Verdes margin, southern California: an overview. *Cont. Shelf Res.*, 22, 835-840.