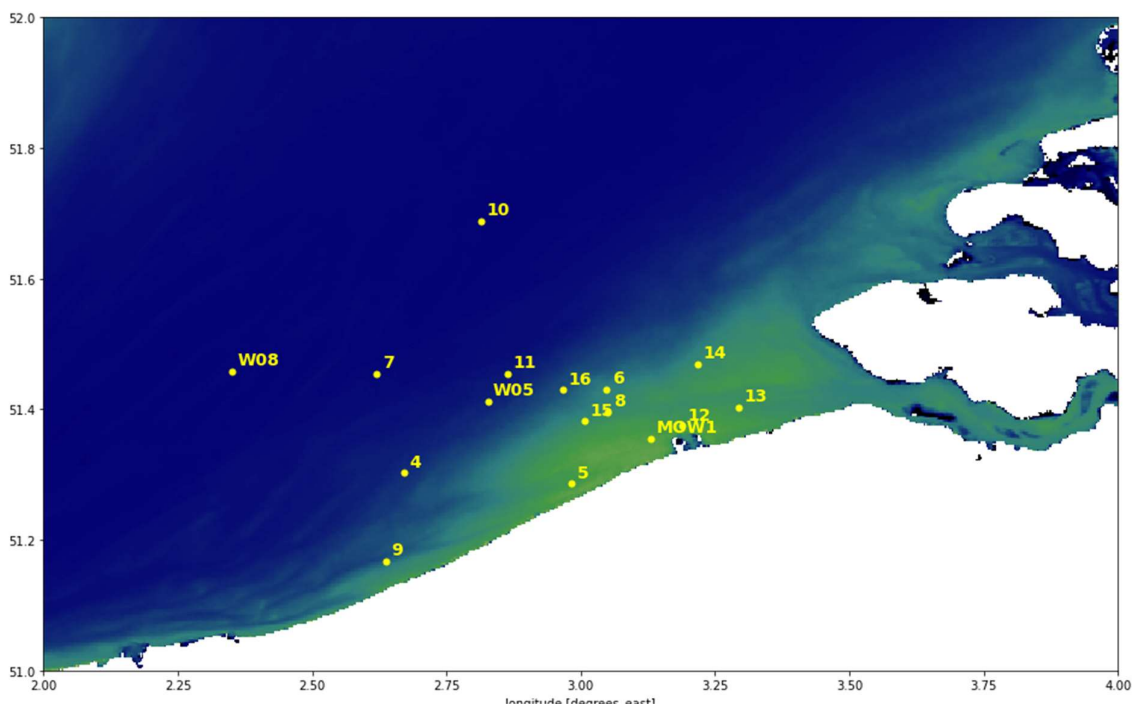


MONITORING en MODELLERING van het cohesieve sedimenttransport en evaluatie van de effecten op het mariene ecosysteem ten gevolge van bagger- en stortoperatie (MOMO)



Activiteitsrapport (1 juli - 31 december 2019)

Michael Fettweis, Nicolas De Ville de Goyet, Frederic Francken, Dries Van den Eynde

MOMO/9/MF/202005/NL/AR/2

Inhoudstafel

1.	Inleiding	3
1.1.	Voorwerp van deze opdracht	3
1.2.	Algemene doelstellingen	3
1.3.	Algemeen Onderzoek 2017-2021	4
1.4.	Onderzoek Januari 2019 – December 2021	4
1.5.	Gerapporteerde en uitgevoerde taken	7
1.6.	Publicaties (januari 2019 – december 2019)	8
2.	Inventarisatie van de LISST metingen 1999-2019	10
2.1.	Overzicht 13-uursmetingen	13
2.2.	Overzicht verankeringen	27
3.	Implementatie van een Sensor Observation Service (SOS) voor een FAIRe verspreiding van data	53
3.1.	What is a Sensor Observation Service?	53
3.2.	Sensor Observation Service as a Download service	54
3.3.	Discussion on the use of Sensor Observation Service	54
3.3.1.	Populating the database	54
3.3.2.	Inter-operability and performances	56
3.3.3.	FAIRness and INSPIRE-compliance	56
4.	Referenties	57

Appendix 1: Bijdragen voor INTERCOH conferentie

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 Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP) gedefinieerd tot 2021 met de publicatie van een holistisch “quality status report” van de 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 vergunningsperioden 2017-2021 kan gevonden worden in het “Vooruitgangsrapport (juni 2019) over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciéstortingen” (Lauwaert et al. 2019) dat gepubliceerd 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. Een tussentijdsrapport voor de vergunningsperiode

1.2. Algemene doelstellingen

Het onderzoek 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 beleidsondersteunend 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 een optimalisatie van de stortlocaties.
- 2. Continue monitoring van het fysisch-sedimentologische milieu** waarbinnen de baggerwerken worden uitgevoerd (Taak 1) 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 van het onderzoek (Taak 2.1).

1.3. Algemeen Onderzoek 2017-2021

Voor de vergunningsperiode 2017-2021 werden volgende taken voorzien:

1) In situ en remote sensing metingen en data-analyse

De monitoring van effecten van baggerspeciëstortingen gebeurt met behulp van een vast meetstation in de nabijheid van MOW1, en met meetcampagnes met de RV Belgica (een 4-tal meetcampagnes voor het verzamelen van traject informatie, profielen en de calibratie van sensoren; en een 10-tal campagnes voor het onderhoud van het meetstation te MOW1). De geplande monitoring is gericht op het begrijpen van processen, zodoende dat de waargenomen variabiliteit en de effecten van baggerspeciëstortingen in een correct kader geplaatst kunnen worden. Een belangrijk deel is daarom gericht op zowel het uitvoeren van de in situ metingen, het garanderen van kwalitatief hoogwaardige data en het archiveren, rapporteren en interpreteren ervan. Remote sensing data afkomstig van onder andere satellieten worden gebruikt om een ruimtelijk beeld te bekomen.

2) Uitbouw en optimalisatie van het modelinstrumentarium

Het tijdens de voorbije jaren verbeterde en aangepaste slibtransportmodel zal verder worden ontwikkeld. Dit zal parallel gebeuren met de nieuwe inzichten die voortvloeien uit de metingen en de procesgerichte interpretatie van de metingen.

3) Ondersteunend wetenschappelijke onderzoek

Monitoring gebaseerd op wetenschappelijke kennis is essentieel om de effecten van menselijke activiteiten (hier het storten van baggerspecie) te kunnen inschatten en beheren. Om te kunnen voldoen aan de door OSPAR opgelegde verplichtingen van monitoring en evaluatie van de effecten van menselijke activiteiten is het ontwikkelen van nieuwe monitorings- en modelleractiviteiten nodig. Dit houdt in dat onderzoek dat de actuele stand van de wetenschappelijke kennis weerspiegelt wordt uitgevoerd en dat de hieruit voortvloeiende nieuwe ontwikkelingen geïntegreerd zullen worden in zowel de verbetering van het modelinstrumentarium als voor het beter begrijpen van het fysisch milieu.

1.4. Onderzoek Januari 2019 – December 2021

Het onderzoek uitgevoerd tijdens de periode 2017-2018 werd gerapporteerd in Fettweis et al. (2017, 2018a, 2018b, 2019). Voor de periode 2019-2021 werd in overleg met de ambtelijke werkgroep baggeren een nieuw takenpakket opgesteld waarbij rekening gehouden werd 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 baggerspeciëstortingen (2016)” 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 en remote sensing metingen en data-analyse

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. Op de meetdata wordt een kwaliteitsanalyse uitgevoerd, zodat de goede data onderscheiden kunnen worden van slechte of niet betrouwbare data.

Taak 1.2 Calibratie van sensoren tijdens in situ metingen

Tijdens 11 meetcampagnes per jaar met de R/V Belgica zullen een 13-uursmetingen uitgevoerd worden met doel het calibreren van optische of akoestische sensoren en het verzamelen van verticale profielen. De metingen zullen plaatsvinden in een drietal punten gelegen op het BCP (zie Taak 3.1). De optische metingen (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), phaeofytine (a, b) en Transparante Exoploimerische Partikels (TEP) 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 gearchiveerd 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 gearchiveerd.

Taak 1.4: Verwerking en interpretatie van metingen

De metingen vergaard tijdens de 13-uursmetingen aan boord van de Belgica en met de tripod worden verwerkt en geïnterpreteerd. Hiervoor werden in het verleden reeds heel wat procedures (software) toegepast of ontwikkeld, zoals de berekening van de bodemschuifspanning uit turbulentiemetingen, entropieanalyse op partikelgrootteverdelingen, de splitsing 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: Uitbouw en optimalisatie van het modelinstrumentarium

Taak 2.1: Opstellen van een slibtransportmodel voor het BCP met Coherens V2

Ondertussen is de nieuwe implementatie van het Noordzeemodel (inclusief een submodel van de Belgische kustzone) gerealiseerd voor de hydrodynamica. In een volgende fase zal op basis van dit model het slibtransportmodel worden geïmplementeerd en gevalideerd. Verdere ontwikkelingen aan het model parallel met nieuwe inzichten die voortvloeien uit de metingen en de process gerichte interpretatie van de metingen zullen worden geïmplementeerd in het model.

Taak 2.2: Validatie van het slibtransportmodel voor het jaar 2013 (stortproef)

Een eerste toepassing van het model kan het jaar 2013 zijn, waarin de terreinproef voor alternatieve stortplaats alsook een intensieve monitoring plaatsvond. Deze laatste zal gebruikt worden voor de validatie van het model.

Taak 3: Ondersteunend wetenschappelijk onderzoek

Monitoring gebaseerd op wetenschappelijke kennis is essentieel om de effecten van menselijke activiteiten (hier het storten van baggerspecie) te kunnen inschatten en beheren. Om te kunnen voldoen aan de door OSPAR opgelegde verplichtingen van monitoring en evaluatie van de effecten van menselijke activiteiten is een verdere implementatie van huidige en het ontwikkelen van nieuwe monitoringsactiviteiten nodig. Meer specifiek gericht op de activiteit 'storten van baggerspecie' worden hier – wat het fysische milieu betreft – turbiditeit, samenstelling van de zeebodem, bathymetrie en hydrografische condities beoogt. Deze taak speelt hierop in door de ontwikkeling en de implementatie van nieuwe tools die de actuele stand van de wetenschappelijke kennis weerspiegelen teneinde de mathematische modellen te optimaliseren en verfijnen.

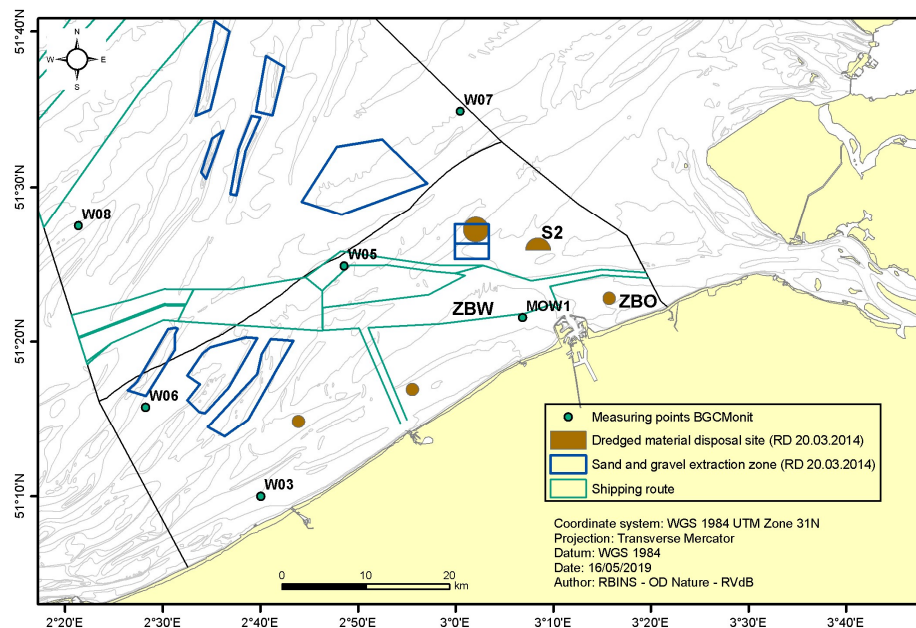
Taak 3.1: Intensieve bio-geo-chemische monitoring van het SPM in de overgangszone kust – offshore in 2019

Een sleutelement in het functioneren van kust nabije ecosystemen is de aanwezigheid van biotische en abiotische partikels. Verticale en dus ook horizontale fluxen van particulier suspensiemateriaal (verder afgekort als SPM) worden bepaald door hun valsnelheid, die afhangt van de capaciteit van de deeltjes om te flocculeren. Flocculatie beïnvloedt de grootte van de gesuspendeerde deeltjes en bepaald daardoor ook de depositie van het slib in onder andere havens en vaargeulen. Op zijn beurt wordt flocculatie gestuurd door turbulentie,

SPM concentratie en de oppervlakte eigenschappen van de deeltjes, die van electrochemische of biologische oorsprong kunnen zijn.

SPM bestaat uit minerale deeltjes van fysico-chemische (b.v. kleimineralen, kwarts, veldspaat) en biogene oorsprong (b.v. calciet, aragoniet, opaal), levend (bacteriën, fyto- en zoöplankton) en niet-levend organisch materiaal (b.v. fecale pellets, detritus, exopolymere), en partikels van menselijke oorsprong (microplastiek). Het SPM kan door hydrofobe organische polluenten of metalen gecontamineerd zijn. De samenstelling en concentratie van het SPM inclusief de hydrofobe polluenten en de metalen verandert in functie van de tijd en de locatie. Deze variaties worden beïnvloed door de interacties tussen de fysische processen (getij, meteo, klimaat), biologische cycli (algenbloei), chemische processen (koolstofcyclus) en menselijke activiteiten (aanvoer van nutriënten en polluenten, bagger- en stortactiviteiten, offshore constructies). Het doel van deze taak is om een integrale monitoring uit te voeren in 2019 van de belangrijkste parameters die betrokken zijn bij de SPM-dynamica.

Een nieuw geïntegreerd monitoringsprogramma zal worden opgezet in vier stations (MOW1, W03, W05, W08), zie Figuur 1.1. Deze stations worden aanzien als zijnde representatief voor de belangrijkste gradiënten vanaf de kustzone (invloed van de Schelde) naar offshore (invloed van het Engels Kanaal) en zullen maandelijks bemonsterd worden. Gedurende 13 uur zullen om het uur waterstalen genomen worden aan de oppervlakte en bodem in stations MOW1, W05 en W08. De monitoring bevat alle parameters die nu reeds worden bepaald (maar niet noodzakelijk samen) op waterstalen (SPM, POC/PON, DOC/DON, Chl, TEP, nutriënten, pH) en met behulp van sensoren (CTD, OBS, ABS, LISST), en zullen aangevuld worden met Chl in sedimenten, de hydrofobe chemische polluenten (b.v. PAHs, PCBs) Verder wordt een monitoring voorzien van fysische parameters (ADCP/tripode) in de stations W05 en W08.



Figuur 1.1: BGC monitorings stations MOW1, W03, W05 en W08.

Door de verschillende monitoringsactiviteiten van OD Natuur/BMM (MOMO, WFD, MSFD, OSPAR en satellietvalidatie) te combineren en de monitoringsfrequentie en stations aan te passen worden de inspanningen geoptimaliseerd, blijven de legale verplichtingen en validatieprotocollen verzekerd, komen state-of-the-art wetenschappelijke vragen aan bod en wordt een bevattelijk dataset bekomen die alle gemeten parameters met elkaar verbindt. Na een eerste jaar van intensieve monitoring in 2019 zal het staalname schema geëvalueerd worden voor alle parameters om aldus tot een kwalitatieve sprong in monitoringsstrategie te komen die tijdsgebonden veranderingen, invariante eigenschappen en ruimtelijke gradiënten kan identificeren. De belangrijkste wetenschappelijk vragen die aan

de grondslag liggen van deze monitoring zijn:

1. Hoe variëren de fysische, biologisch en chemische parameters in de waterkolom tijdens een getijcyclus en tijdens de seizoenen.
2. Waarom is het kustgebied troebel en wat is hierbij de link met de cross-shore gradiënten in fysische, biologische en chemische parameters.
3. Hoe beïnvloedt de SPM-concentratie de algenbloei (lichtreductie) en vice versa (TEP-productie)? Hoe moet het modelinstrumentarium (flocculatiemodule) worden aangepast om deze seizoensaliteit te kunnen modelleren.
4. Wat is de variabiliteit van de concentratie aan chemische polluenten in het SPM? Hoe beïnvloedt de variabiliteit in SPM-concentratie en samenstelling de variabiliteit van de chemische polluenten?
5. Verbetering van remote sensing producten (SPM, Chl) door in situ validatie.

Taak 3.2: Monitoring stortplaats ZBW

De concentratie en samenstelling van het suspensie- en bodemmateriaal zal gemonitord worden in de nabijheid van de nieuwe stortplaats ZBW. Afhankelijk van de keuze van de stortplaats kan de langdurige meetlocatie MOW1 hiervoor in aanmerking komen of kan een andere locatie gekozen worden als de veiligheid van de meetapparatuur kan gegarandeerd worden. Details hiervan zullen op een vergadering van de technische werkgroep besproken worden.

Taak 3.3: Ondersteuning kader rond Passende Beoordeling van stortactiviteiten

Ondersteuning zal gegeven worden voor het opstellen van de passende beoordeling voor de vergunningsplichtige stortactiviteiten. Dit houdt in het meewerken aan een schriftelijk verslag waarin aan de hand van gemotiveerde argumenten uitgelegd wordt of de Europese natuurwaarden in het vogelrichtlijngebied nabij Zeebrugge al dan niet betekenisvol worden aangetast door het storten van baggerspecie in zee. Meer specifiek zal onderzoek worden uitgevoerd over de verstoring van het eetgedrag van zeevogels door de verhoging van de turbiditeit die gepaard gaat met de baggerspeciéstortingen.

Taak 3.4: Trends in SPM concentratie

Om significante statistische trends te kunnen documenteren in SPM concentratie over de laatste decades, zijn kwalitatief hoogstaande metingen nodig die een lange tijdspanne omvatten en over een groot gebied verdeeld zijn. Deze data zijn helaas niet beschikbaar. Wat er wel beschikbaar is zijn de tripode metingen te MOW1 (vanaf 2005) en op andere locaties, de puntmetingen verzamelt met onderzoeksschepen in het Belgisch Deel van de Noordzee sinds ongeveer 1970 (cf. Belspo 4DEMON project) en satellietbeelden (vanaf 1997). De tripode data geven de temporele variabiliteit weer, maar zijn heel beperkt wat ruimtelijke spreiding betreft. De 4DEMON en satellietbeelden zijn beschikbaar over een lange periode en over een groot gebied, maar kunnen de temporele schaal niet oplossen. Om deze heterogene datasets samen te kunnen gebruiken, zal gekeken worden naar de statistische verschillen tussen de datasets en naar een manier om deze te combineren. Doel is om mogelijke trends in de SPM concentratie te identificeren en deze te linken aan natuurlijke veranderingen of aan menselijke activiteiten.

Taak 4: Rapportage en outreach

Om de zes maanden zal er een activiteitenrapport worden opgesteld dat de onderzoeksresultaten beschrijft. Jaarlijks wordt er een 'factual data' rapport opgesteld van de verzamelde meetgegevens. De resultaten uit het onderzoek zullen tevens worden voorgesteld op workshops, conferenties en in de wetenschappelijke literatuur.

1.5. Gerapporteerde en uitgevoerde taken

Periode Januari 2019 – Juni 2019

Taak 1.1: De meetreeks te MOW1 werd verdergezet.

Taak 1.2: Calibratie van OBS sensoren werd uitgevoerd tijdens RV Begica campagnes 2019/01, 2019/03, 2019/07, 2019/11, 2019/14 en 2019/17.

Taak 2.1: Het 2 klassen population balance model van Lee et al. (2011) werd geïmplementeerd in Coherens V2 en gevalideerd met testcases.

Taak 3.1: Intensieve bio-geochemische monitoring werd uitgevoerd te MOW1 (RV Belgica campagnes 2019/01, 2019/03, 2019/07, 2019/11, 2019/14, 2019/17), W03 (RV Belgica campagnes 2019/03, 2019/11, 2019/14, 2019/17), W05 (2019/01, 2019/03, 2019/11, 2019/14, 2019/17) en W08 (2019/01, 2019/03, 2019/14, 2019/17).

De methode voor de TEP-analyse werd opgesteld en gevalideerd.

Periode Juli 2019 – December 2019

Taak 1.1: De meetreeks te MOW1 werd verdergezet.

Taak 1.2: Calibratie van OBS sensoren werd uitgevoerd tijdens RV Belgica campagnes 2019/18, 2019/22, 2019/25, 2019/29 en 2019/32.

Taak 1.3: Data archivering en rapportage, zie hoofdstuk 3 en het Factual Data Rapport (Backers et al., 2019).

Taak 1.4: Verwerking en interpretatie van de tripode meetdata, zie hoofdstuk 2.

Taak 2.1: Een op Baesiaanse statistiek gebaseerde methode werd toegepast op de MOW1 data om de parameters van het 2 klassen populatiemodel te bepalen en voorgesteld op de INTERCOH conferentie (zie Appendix 1: Lee et al.).

Taak 3.1: Intensieve bio-geochemische monitoring werd uitgevoerd te MOW1 (RV Belgica campagnes 2019/20, 2019/22, 2019/25, 2019/29, 2019/32), W03 (RV Belgica campagnes 2019/20, 2019/22, 2019/25, 2019/29, 2019/32), W05 (2019/20, 2019/22, 2019/25, 2019/29, 2019/32) en W08 (2019/20, 2019/22, 2019/25, 2019/29, 2019/32).

Een eerste interpretatie van de bio-geochemische meetresultaten werd voorgesteld op de INTERCOH conferentie (zie Appendix 1: Fettweis et al.)

1.6. Publicaties (januari 2019 – december 2019)

Hieronder wordt een overzicht gegeven van publicaties met directe betrokkenheid van het KBIN waar resultaten en data uit het MOMO project in werden gebruikt.

Activiteits-, Meet- en Syntheserapporten

Fettweis M, De Ville de Goyet N, Francken F, Van den Eynde D. 2020. MOMO activiteitsrapport (1 juli – 31 december 2019). BMM-rapport MOMO/9/MF/202005/NL/AR/2, 59pp + app.

Fettweis M, Baeye M, Francken F, Jespers N, Knockaert M, Montereale-Gavazzi G, Parmentier K, Van den Eynde D. 2019. MOMO activiteitsrapport (1 januari – 30 juni 2019). BMM-rapport MOMO/9/MF/201911/NL/AR/1, 21pp + app.

Lauwaert B, Fettweis M, De Witte B, Van Hoei G, Timmermans S, Hermans L. 2019. Vooruitgangsrapport (juni 2019) over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestortingen (Vergunningsperiode 01/01/2017 – 31/12/2021). RBINS-ILVO-AMT-CD rapport. BL/2019/01, 28pp.

Backers J, Hindryckx K, Vanhaverbeke W. 2019. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2018. BMM-rapport BMM-MDO/2019-05/MOMO/2018, 169pp.

Conferenties/Workshops

Fettweis M, Riethmüller R, Schartau M, Verney R, Lee BJ. 2019. The composition of suspended particulate matter in coastal areas. JJ Mehta Award lecture at IntercoH, 13-17 October, Istanbul (Turkey).

Lee BJ, Bi Q, Toorman E, Fettweis M, Lee BK, 2019. Application of a Bayesian Method for Investigating the Probability and Uncertainty of a Two-Class Flocculation Kinetic Model. IntercoH, 13-17 October, Istanbul (Turkey).

Shen X, Toorman E, Fettweis M, Lee BJ. 2019. A population balance model for multi-class floc size distributions of cohesive sediments in Belgian coastal zones. EGU, 7-12 April, Vienna (Austria).

Fettweis M. 2019. Schwebstoff in Küstenmeeren – Flockige Fracht in ständigem Wandel: Gut zu sehen und doch schwer genau zu messen. Invited lecture at HZG Institute for Coastal Research, 31 January, Geesthacht (Germany).

Peer reviewed artikels

Fettweis M, Riethmüller R, Verney R, Becker M, Backers J, Baeye M, Chapalain M, Claeys S, Claus J, Cox T, Deloffre J, Depreiter D, Druine F, Flöser G, Grünler S, Jourdin F, Lafite R, Nauw J, Nechad B, Röttgers R, Sotollichio A, Vanhaverbeke W, Vereecken H. 2019. Uncertainties associated with in situ long-term observations of suspended particulate matter concentration using optical and acoustic sensors. *Progress in Oceanography*, 178, 102162. doi:10.1016/j.pocean.2019.102162

Monteale-Gavazzi G, Roche M, Degrendele K, Lurton X, Terseleer N, Baeye M, Francken F, Van Lancker V. 2019. Insight into short term tidal variability of multibeam backscatter from field experiments on different seafloor types. *Geosciences* 2019, 9, 34; doi:10.3390/geosciences9010034

Shen X, Toorman EA, Lee BJ, Fettweis M. 2019. Effects of aquatic biofilms on flocculation processes of cohesive sediments: A modeling approach. *Journal of Geophysical Research*, 124, 4098-4116. doi:10.1029/2018JC014493

Vanlede J, Dujardin A, Fettweis M, Van Hoestenbergh T, Martens C. 2019. Mud dynamics in the port of Zeebrugge. *Ocean Dynamics*, 69, 1085-1099. doi:10.1007/s10236-019-01273-3

Thesis, eindwerk

Demilde C. 2019. Analyse van transparante exopolymeerpartikels (TEP) optimaliseren en valideren. Bachelorproef, Bachelor in de agro- en biotechnologie, Afstudeerrichting biotechnologie, VIVES Hogeschool, 66pp + bijlages

2. Inventarisatie van de LISST metingen 1999-2019

In dit hoofdstuk wordt een inventaris gegeven van alle beschikbare LISST metingen en wordt er aangegeven welke data van goede kwaliteit zijn, i.e. niet verstoord door technische problemen en/of aangroei. Het LISST instrument meet de in situ partikelgrootteverdeling (PGV) van het suspensiemateriaal (Agrawal & Pottsmith, 2000) in 32 logaritmische partikelgrootteklassen gelegen tussen 2.5 en 500 μm . De volume concentratie in elke partikelgrootteklasse werd berekend in de veronderstelling dat de deeltjes sferisch zijn. Het instrument werd ingezet tijdens de langdurige verankeringen en de 13-uursmetingen. De PGV geeft een zicht op flocculatie en het transport van de samenstellende deeltjes en aggregaten doorheen de meetperiode. Voor een gedetailleerd overzicht van de metingen, alsook de exacte coördinaten van de verankering of 13-uursmeting verwijzen we naar de factual data rapporten zie referenties (Backers, 2002, 2003, 2004; Backer & Van den Brande, 2006, 2007a, 2007b; Backers, 2009; Backers & Hindryckx, 2010a, 2010b, 2011; Backers et al., 2012, 2013, 2014, 2016a, 2016b, 2017, 2018, 2019).

Een schets van de meetlocaties die tussen 1999 en 2019 werden bemonsterd, is te zien in Figuur 2.1 (tripode) en Figuur 2.2 (13-uursmetingen). De gemiddelde coördinaten ervan kunnen in Tabel 2.1 (tripode) en Tabel 2.2 (13-uursmetingen) gevonden worden. Alle metingen werden uitgevoerd op het Belgisch Continentaal Plat (BCP), met uitzondering van één tripodemeting op de Vlake van de Raan (Nederland). Het BCP is vrij ondiep met waterdieptes in de meetstations gelegen tussen de 5 en 30 m LAT. Saliniteit is over het algemeen tussen 28 en 35. De variaties (vooral kustzone) worden veroorzaakt door de advectie van watermassa's van de Schelde alsook van de Rijn en Maas (Arndt et al. 2011; Dulière et al. 2019). Zuidwestelijke winden domineren het windklimaat, gevolgd door noordoostelijke winden. Maximale windsnelheden treden op bij zuidwestelijke winden, maar de hoogste golven komen voor bij noordwestelijke winden. De temperatuur van het zeewater varieert tussen ongeveer 3°C in februari-maart en 20°C in augustus. Het BCP wordt gekarakteriseerd door een zone van hoge turbiditeit die zich langsheen de kust uitstrekt met SPM (Suspended Particulate Matter) concentraties tussen 20 en meer dan 250 mg/l aan de oppervlakte en tussen ongeveer 100 en enkele g/l aan de bodem. Offshore zijn de concentraties geringer (<10 mg/l). Door de sterke getijstromingen is het water goed gemengd. Ook de concentraties aan nutriënten, Chl (chlorofyl) en OM (Organisch Materiaal) zijn het hoogst dichtbij de kust en dalen richting offshore (Fettweis et al. 2006; Desmit et al. 2015). De Noordzee kent sterke seizoensgebonden variaties van de biogeochemische processen (e.g. Howarth et al. 1993). Zo is b.v. de SPM concentratie hoger in de winter hoger en in de zomer, terwijl de Chl alsook de OM concentratie een omgekeerde trend volgen. De seizoensgebonden variatie in SPM concentratie werd geassocieerd met de veranderingen in vlok grootte end dus valsnelheid ten gevolge van biologische effecten (Fettweis et al. 2006, 2014).

Table 2.1: Coordinates of the long-term tripod measurements (WGS84).

Blankenberge	51N 19.60, 3E 06.53
Blighbank	51N 41.79', 2E 48.74
Gootebank	51N 27.01', 2E 52.67
GvW4-buoy	51N 32.30, 3E 18.30
Kwintebank	51N 17.74, 2E 40.10
MOW0	51N 23.60, 3E 02.60
MOW1	51N 21.60, 3E 06.90
Oostende	51N 22.50; 3E 08.00
Westdiep	51N 09,34, 2E 35.90
WZ-buoy	51N 22.66', 3E 10.87

Table 2.2: Coordinates of the 13h-measurement locations (WGS84).

Akkaert	51N 25.80, 2E 58.00
Blighbank	51N 41.32, 2E 48.90
Bol van Knokke	51N 24.18, 3E 17.60
B&W S1	51N 25.83, 3E 02.87
Gootebank	51N 27.26, 2E 51.76
Hinderbanken 2004	51N 27.28, 2E 37.23
Hinderbanken 2017	51N 26.19, 2E 33.58
Hinderbanken 2019	51N 34.16, 2E 32.42
Kwintebank	51N 18.15, 2E 40.25
MOW0	51N 23.74, 3E 3.04
MOW1	51N 21.30, 3E 07.85
Nieuwpoort	51N 10.06, 2E 38.20
Oostende	51N 17.20, 2E 59.00
Scheur West	51N 22.90, 3E 00.40
Vlakte van de Raan 2001-01	51N 28.15, 3E 13.10
Vlakte van de Raan S 2000-17	51N 26.00, 3E 23.60
Vlakte van de Raan N 2001-17	51N 30.60, 3E 08.80
W05	51N 24.72, 2E 49.60
W08	51N 27.50, 2E 21.00
Zeebrugge	51N 22.50, 3E 11.35

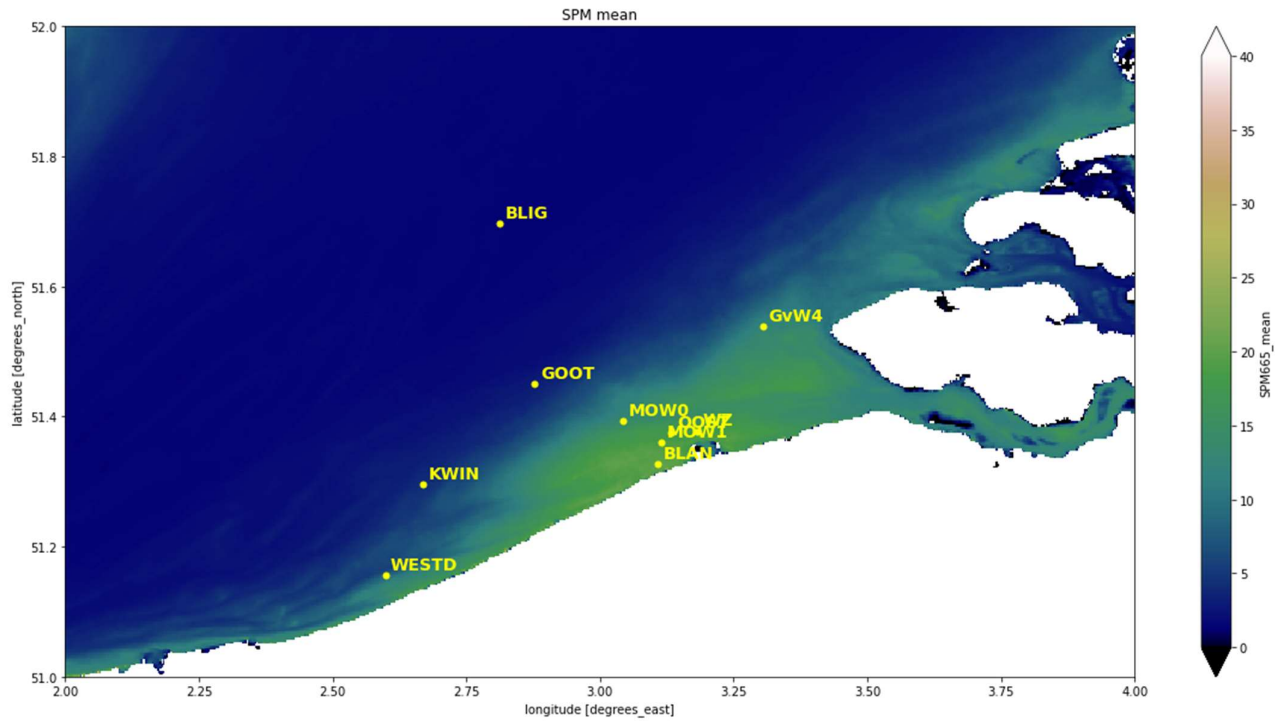


Figure 2.1: Location of long-term tripod measurements 2003-2019. Background is the mean surface SPM concentrations over 2017-2019. (Blig=Blighbank, BLAN=Blankenberge, Goot=Gootebank, Kwin=Kwintebank, WestD=Westdiep, WZ=WZ-buoy).

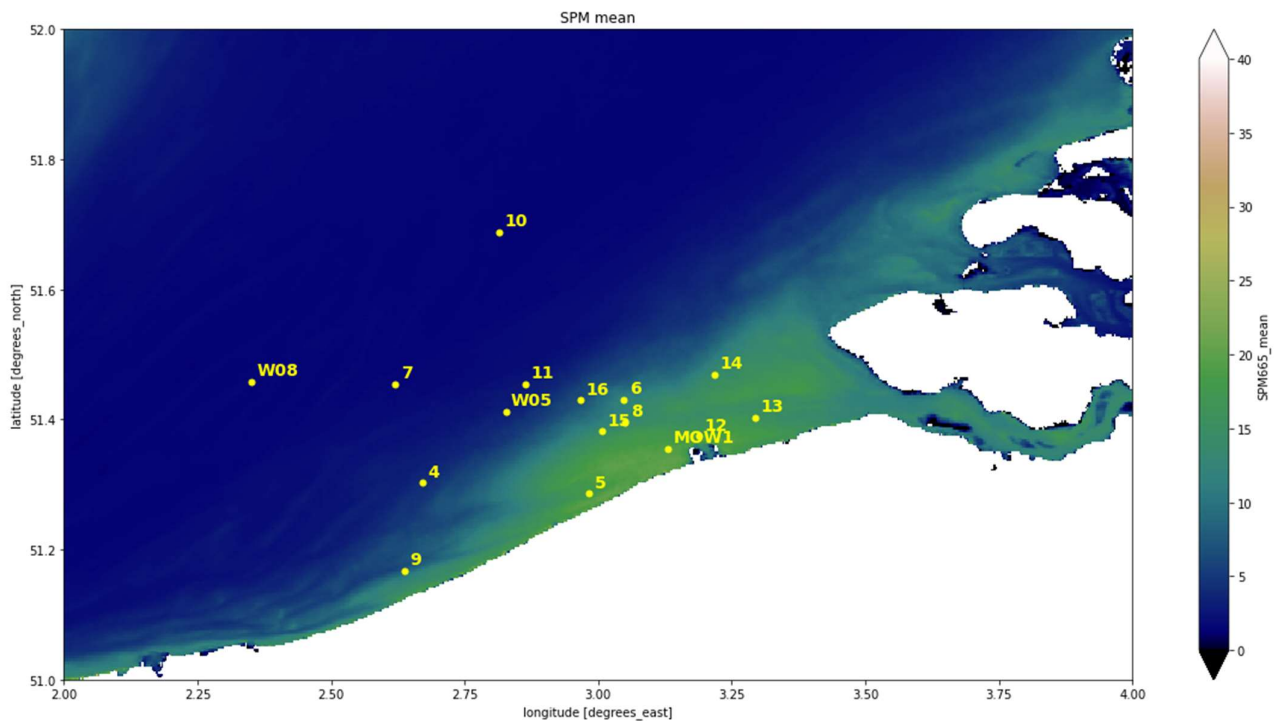


Figure 2.2: Locations of the 13-hour measurements 1999-2019. Background is the mean surface SPM concentrations over 2017-2019. (4=Kwintebank, 5=Oostende, 6=B&W S1, 7=Hinderbank, 8=MOW0, 9=Nieuwpoort, 10=Blighbank, 11=Gootebank, 12=Zeebrugge, 13=Bol van Knokke, 14=Vlakte van de Raan, 15=Scheur West, 16=Akkaert).

2.1. Overzicht 13-uursmetingen

Tijdens de 13-uursmetingen werd een Rosette ingezet, waaraan naast Niskin flessen voor de waterstaalname ook een CTD, OBS, Seapoint en een LISST 100X was bevestigd, zie Figuur 2.3. De LISST 100C mat met een frequentie van 1Hz de PGV en de volume concentratie. Op regelmatige tijdstippen werd de Rosette bovengehaald en werd er een verticaal profiel gemeten. De CTD, OBS en LISST data zijn op hetzelfde moment beschikbaar als de waterstalen voor SPM, POC, PON, chlorofyl, TEP (Transparent Exopolymeric Particles) en nutriënten als van de turbiditeitsmetingen met een HACH. Doel van de metingen is het calibreren van de OBS met behulp van waterstalen (zie Fettweis et al., 2019) en het meten van de samenstelling van het particulaire suspensiemateriaal als ook het opgeloste materiaal. In Tabel 2.3 wordt een overzicht gegeven van alle 13-uursmetingen, de parameters die werden geanalyseerd in de waterstalen en het de al dan niet aanwezigheid van een LISST. De metingen met slechte data ten gevolge van een duidelijke failure van het instrument zijn als 'bad data' omschreven. Data zijn suspect als de partikeelgrootteverdeling ongewoon is, dit is het geval voor de metingen 44 (2007-11), 56 (2009-04), 65 (2009-33), 66 (2010-01), 79 (2012-15), 80 (2012-18), 88 (2014-11), 91+92 (2014-28), 102 (2017-20), 106 (2017-34), 113 (2018-08), 116 (2018-29), 231+232 (2019-17). De genormaliseerde partikel(vlok)grootteverdelingen worden getoond in Figuren 2.6a-g.



Figure 2.3: Rosette sampler used during the 13-hour cycles. Attached on the rosette are 5l Niskin bottles, a SBE09 CTD system with OBS and a LISST 100.

De getijgemiddelde mediane partikelgrootte, de getijgemiddelde SPM volume- (gemeten met de LISST) en massaconcentratie (bepaald via filtratie van waterstalen) en de effectieve densiteit van de vlokken voor de locaties MOW1, W05 en W08 worden in Figuur 2.4-2.5 getoond als een functie van de dag van het jaar. De effectieve densiteit kan berekend worden als de vlok- en waterdensiteiten gekend zijn. De densiteit van het zeewater, ρ_w , wordt bepaald door de temperatuur en de saliniteit. De densiteit van de SPM vlokken is dan:

$$\rho_f = \frac{M_f}{V_f} \quad (2.1)$$

me V_f het volume en M_f de massa van de vlok. V_f is de volume concentratie gemeten met de LISST. De massa van de vlok wordt als volgt berekend, met water en primaire deeltjes massa $M_w = \rho_w V_w$ en $M_p = \rho_p V_p$, respectievelijk, waarbij V_w en V_p de water en primaire deeltjes volumes zijn in de vlok:

$$M_f = M_p + M_w = M_p + \rho_w (V_f - V_p) = M_p + \rho_w \left(V_f - \frac{M_p}{\rho_p} \right) \quad (2.2)$$

waarbij M_p de SPM massa is bepaald uit de waterstalen (filtratie). De resultaten tonen aan dat de D50 groter wordt naar offshore toe, dat de volume- en massa concentratie afnemen naar offshore toe. Verder is een seizoenaal signaal zichtbaar. De grootste vlokken hebben een lagere densiteit en komen vooral voor in de zomer, dit valt samen met lage SPM concentraties.

Table 2.3: List of 13-hour measurements (water samples, OBS calibration and LISST measurements) carried out between 1999 and 2019 in the framework of the projects SEBAB and MOMO. The campaigns with a * have been executed in the framework of other projects (MOZ4, Belwind). SPM=SPM concentration; POC=Particulate Organic Carbon and Particulate Organic Nitrate; Chl= Pigments (Chlorophyll-a, -b, Pheophytin-a, -b); TEP=Transparent Exopolymeric Particles; Hach=Hach turbidity meter; Lol=Organic Matter from loss-on-ignition; Nut=Nutrients (Dissolved Organic Carbon; Dissolved Organic Phosphor; Dissolved Organic Nitrate; Nox; NH4, PO4, Si, pH, O2, O2 saturation); Sal=Salinity from water samples.

	cmp	location	Time	LISST	SPM	POC	Chl	TEP	Hach	Lol	Nut	Sal
1	1999-07	Oostende	08-09/03/1999	-	x	-	x	-	-	-	-	-
2	1999-17	W05	13/07/1999	-	x	-	x	-	-	-	-	-
3	2000-08	Oostende	21/03/2000	-	x	-	x	-	-	-	-	-
4	2000-14	Oostende	29-30/05/2000	-	x	-	x	-	-	-	-	-
5	2000-19	B&W S1	07/10/2000	-	x	-	x	-	-	-	-	-
6	2000-26	Oostende	23-24/10/2000	-	x	-	x	-	-	-	-	-
7	2000-31	Bol v Knokke	07/12/2000	-	x	-	x	-	-	-	-	-
8	2001-01	Vlakte Raan	25-26/01/2001	-	x	-	x	-	-	-	-	-
9	2001-17	Vlakte Raan S	18-19/06/2001	-	x	-	x	-	-	-	-	-
10	2001-17	Vlakte Raan N	19-20/06/2001	-	x	-	x	-	-	-	-	-
11	2001-29	Scheur W	12-13/03/2001	-	x	-	x	-	-	-	-	-
12	2002-01	Bol v Knokke	30/01/2001	-	x	-	x	-	-	-	-	-
13	2002-01	Bol v Knokke	31/01/2002	-	x	-	x	-	-	-	-	-
14	2002-06	Bol v Knokke	11-12/03/2002	x	x	-	x	-	-	-	-	-
15	2002-06	Scheur W	12-13/03/2002	-	x	-	x	-	-	-	-	-
16	2002-14	Bol v Knokke	26-27/06/2002	-	x	-	x	-	-	-	-	-
17	2002-14	Akkaert NE	27-28/06/2002	-	x	-	x	-	-	-	-	-
18	2002-27	Oostende	25-26/11/2002	x	x	-	x	-	-	-	-	-
19	2002-27	MOW1	26-27/11/2002	x	x	-	x	-	-	-	-	-
20	2003-04	MOW1	19-20/01/2003	x	x	-	x	-	-	-	-	-
21	2003-04	Oostende	20-21/02/2003	x	x	-	x	-	-	-	-	-
22	2013-15	Kwintebank	11-12/06/2003	x	x							
23	2003-17	Kwintebank	26-27/06/2003	x	x							
24	2003-22	MOW1	08-09/09/2003	x	x	-	x	-	-	-	-	-
25	2003-25	Kwintebank	09-10/10/2003	x	x	-	x	-	-	-	-	-
26	2004-04	Kwintebank	02-03/03/2004	x	x	-	x	-	-	-	-	x
27	2004-05	Kwintebank	11-12/03/2004	x	x	-	x	-	-	-	-	x
28	2004-15	Oostende	05/07/2004	x	x	-	-	-	-	-	-	-
29	2004-16	Oostende	15-16/07/2004	-	x	-	-	-	-	-	-	x
30	2004-24	MOW1	18-19/10/2004	-	x	x	-	-	-	-	-	x
31	2004-25	MOW1	08-09/11/2004	-	x	x	-	-	-	-	-	x
32	2004-25	Hinderbank	09-10/11/2004	-	x	x	-	-	-	-	-	x
33	2005-02	MOW1	07-08/02/2005	-	x	x	-	-	-	-	-	x
34	2005-07	MOW1	04-05/04/2005	x	x	x	-	-	-	-	-	x
35	2005-07	B&W S1	05-06/04/2005	x	x	x	-	-	-	-	-	x
36	2005-15	Kwintebank	20-21/06/2005	x	x	x	-	-	-	-	-	x
37	2005-15	MOW1	21-22/06/2005	x	x	x	-	-	-	-	-	x
38	2005-29	MOW1	21-22/11/2005	-	x	x	-	-	-	-	-	x
39	2006/06	MOW1	28-29/03/2006	x	x	x	-	-	-	-	-	x
40	2006-10	MOW1	15-16/05/2006	-	x	x	-	-	-	-	-	x
41	2006-10	B&W S1	16-17/05/2006	-	x	x	-	-	-	-	-	x
42	2006-23	Oostende	08/11/2006	-	x	x	-	-	-	-	-	x
43	2007-11	Kwintebank	02-03/05/2007	x	x	x	-	-	-	-	-	x
44	2007-11	MOW1	03/05/2007	suspect	x	x	-	-	-	-	-	x
45	2007-16	MOW1	10/07/2007	x	X	X	-	-	-	-	-	X
46	2007-25	B&W S1	22-23/10/2007	x	x	x	-	-	-	-	-	X

47	2007-25	MOW1	23/10/2007	x	X	X	-	-	-	-	-	X
48	2008-02	MOW1	06/02/2008	bad data	x	x	-	-	-	-	-	x
49	2008-02	Kwintebank	07-08/02/2008	x	x	-	-	-	-	-	-	x
50	2008-09	MOW1	07-08/04/2008	-	x	x	-	-	-	-	-	x
51	2008-09	Oostende	14-15/04/2008	x	x	x	-	-	-	-	-	x
52	2008-14	MOW0	23-24/06/2008	x	x	x	-	-	-	-	-	x
53	2008-14	Nieuwpoort	24-25/06/2008	x	x	x	-	-	-	-	-	x
54	2008-26	MOW1	04-05/11/2008	x	x	x	-	-	-	-	-	x
55	2008-28	MOW1	17-18/11/2008	x	x	x	-	-	-	-	-	x
56	2009-04	MOW1	09-10/02/2009	suspect?	x	x	-	-	-	-	-	x
57	2009-05	B&W S1	17-18/03/2009	x	x	x	-	-	-	-	-	x
58*	2009-16	Blighbank	24/06/2009	x	x	x	-	-	-	-	-	
59*	2009-16	Gootebank	25-26/06/2009	x			-	-	-	-	-	
60	2009-20	Nieuwpoort	14-15/07/2009	x	x	x	-	-	-	-	-	x
61	2009-20	MOW1	15-16/07/2009	x	x	x	-	-	-	-	-	x
62	2009-23	MOW1	09-10/09/2009	x	x	x	-	-	-	-	-	x
63*	2009-28	Gootebank	19-20/10/2009	x	x	x	-	-	-	-	-	-
64*	2009-28	Blighbank	20-21/10/2009	x	x	x	-	-	-	-	-	
65	2009-33	MOW1	09-10/12/2009	suspect	x	x	-	-	-	-	-	x
66	2010-01	B&W S1	26/01/2010	suspect	x	x	-	-	-	-	-	x
67	2010-12	MOW1	04-05/05/2010	-	x	x	-	-	-	-	-	x
68*	2010-12	Blighbank	05-06/05/2010	-	x	x	-	-	-	-	-	x
69	2010-20	MOW1	17-18/08/2010	-	x	x	-	-	-	-	-	x
70	2010-32	MOW1	15-16/12/2010	x	x	x	-	-	-	-	-	x
71	2010-32	Nieuwpoort	16-17/12/2010	x	x	x	-	-	-	-	-	x
72	2011-02	Kwintebank	01/02/2011	x	x	x	-	-	-	-	-	x
73	2011-02	B&W S1	02/02/2011	x	x	x	-	-	-	-	-	x
74	2011-08	MOW1	21-22/03/2011	x	x	x	-	-	-	-	-	x
75	2011-12	MOW1	26-27/04/2011	x	x	x	-	-	-	-	-	x
76	2011-21	MOW1	18-19/08/2011	x	x	x	-	-	-	-	-	x
77	2012-02	Nieuwpoort	30-31/01/2012	x	x	x	x	-	-	-	-	x
78	2012-02	MOW1	15-16/03/2012	x	x	x	x	-	-	-	-	x
79	2012-15	MOW1	21-22/05/2012	suspect	x	x	x	-	-	-	-	x
80	2012-18	MOW1	27-28/06/2012	x	x	x	x	-	-	-	-	x
81	2012-21	Kwintebank	23-24/08/2012	x	x	x	x	-	-	-	-	x
82	2012-31	MOW1	03-04/12/2012	x	x	x	x	-	-	-	-	x
83	2013-01	MOW1	23-24/01/2013	x	x	x	x	-	-	-	-	x
84	2013-12	MOW1	25-26/04/2012	x	x	x	x	-	-	-	-	x
85	2013-31	MOW1	26/11/2013	-	x	x	x	-	-	-	-	x
86	2013-31	MOW1	27/11/2013	x	x	x	x	-	-	-	-	x
87	2014-01	MOW1	04-05/02/2014	-	x	x	x	-	-	-	-	x
88	2014-11	MOW1	29-30/04/2014	suspect	x	x	x	-	-	-	-	x
89	2014-22	MOW1	08-09/09/2014	x	x	x	x	-	-	-	-	x
90	2014-22	Kwintebank	10-11/09/2014	-	x	x	x	-	-	-	-	x
91	2014-28	MOW1	18-19/11/2014	suspect	x	x	x	-	-	-	-	x
92	2014-28	MOW1	19-20/11/2014	suspect	x	x	x	-	-	-	-	x
93	2014-31	MOW1	17-18/12/2014	-	x	x	x	-	-	-	-	x
94	2015-01	MOW1	27-28/01/2015	-	x	x	x	-	-	-	-	x
95*	2015-07	Hinderbank	16-17/03/2015	-	x	x	-	-	-	-	-	x
96	2015-10	MOW1	15/04/2015	x	x	x	x	-	-	-	-	x
97	2015-32	MOW1	07-08/12/2015	x	x	x	x	-	-	-	-	x
98	2016-03	MOW1	21-22/01/2016	x	x	x	x	-	-	-	-	x
99	2016-03	Zeebrugge	19/01/2016	-	x	x	x	-	-	-	-	-
100	2016-11	MOW1	14-15/03/2016	-	x	x	x	-	-	-	-	x
101	2017-20	Zeebrugge	22/06/2017	-	x	x	x	-	-	-	-	-

102	2017-20	MOW1	22-23/06/2017	suspect	x	x	x	-	-	-	-	x
103*	2017-25	Hinderbank	21-22/08/2017	-	x	x	-	-	-	-	-	x
104*	2017-25	Gootebank	22-23/08/2017	-	x	x	-	-	-	-	-	x
105	2017-24	MOW1	16-17/08/2016	x	x	x	x	-	-	-	-	x
106	2017-34	MOW1	21-22/11/2017	suspect	x	x	x	-	-	-	-	x
107	2017-38	MOW1	19-20/12/2017	x	x	x	x	-	-	-	-	x
108	2018-01	MOW1	24/01/2018	x	x	x	x	-	-	x	-	x
109	2018-140	MOW1	07-08/03/2018	-	x	x	x	-	-	-	-	x
110*	2018-07	Oostende	19-20/03/2018	-	x	x	-	-	-	-	-	x
111*	2018-07	Oostende	22-23/03/2018	-								
112	2018-08	W05	27-28/03/2018	x	x	x	x	-	x	-	x	x
113	2018-08	MOW1	28/03/2018	suspect	x	x	x	-	x	-	-	x
114	2018-13	MOW1	15/05/2018	x	x	x	x	-	x	x	x	x
115	2018-18	MOW1	20-21/08/2018	-	x	x	x	-	-	x	-	x
116	2018-29	MOW1	18-19/12/2018	suspect	x	x	x	x	x	-	-	x
117	2019-01	MOW1	23-24/01/2019	x	x	x	x	-	x	x	x	x
118	2019-01	W05	24/01/2019	x	x	x	x	-	x	x	x	x
119	2019-01	W08	25/01/2019	x	x	x	x	-	x	x	x	x
120	2019-03	MOW1	12-13/02/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
121	2019-03	W05	13/02/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
122	2019-03	W08	14/02/2019	x	x	x	x	-	x	x	x	x
123	2019-07	MOW1	11-12/03/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
124*	2019-09	Hinderbank	27-28/03/2019	-	x	x	-	-	-	-	-	x
125	2019-11	W05	08-09/04/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
126	2019-11	MOW1	09/04/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
127	2019-14	MOW1	20-21/05/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
128	2019-14	W05	21/05/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
129	2019-14	W08	22/05/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
130	2019-17	W08	24/06/2019	bad data	x	x	x	-	x	x	x	x
131	2019-17	W05	25/06/2019	suspect	x	x	x	-	x	x	x	x
132	2019-17	MOW1	26/06/2019	suspect	x	x	x	-	x	x	x	x
133	2019-20	W08	20/08/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
134	2019-20	MOW1	22-23/08/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
135	2019-22	W08	09/09/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
136	2019-22	MOW1	11/09/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
137	2019-22	W05	12/09/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
138	2019-25	W05	15-16/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
139	2019-25	MOW1	16/10/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
140	2019-25	W08	17/10/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
141	2019-29	W05	19/11/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
142	2019-29	MOW1	20/11/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
143	2019-32	W05	16-17/12/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
144	2019-32	MOW1	17/12/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x
145	2019-32	W08	18/12/2019	x	x	x	x	-	x	x	x	x

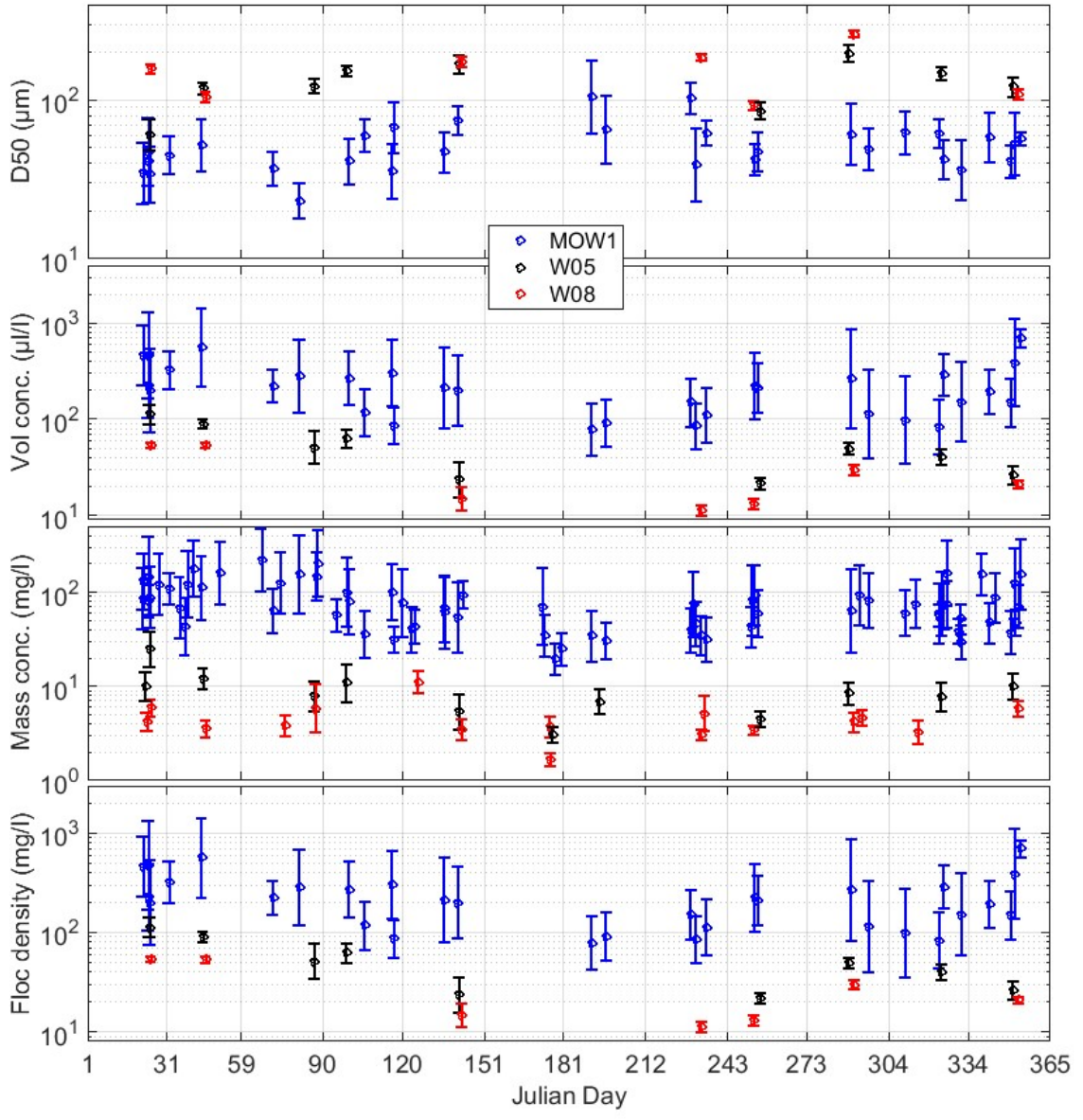


Figure 2.4: Tidal averaged median floc size (D50), volume concentration, mass concentration (from filtered water samples) and the floc density in the stations MOW1, W05 and W08. The errorbars show the multiplicative standard deviation. The bad and suspect data have not been included in the figure.

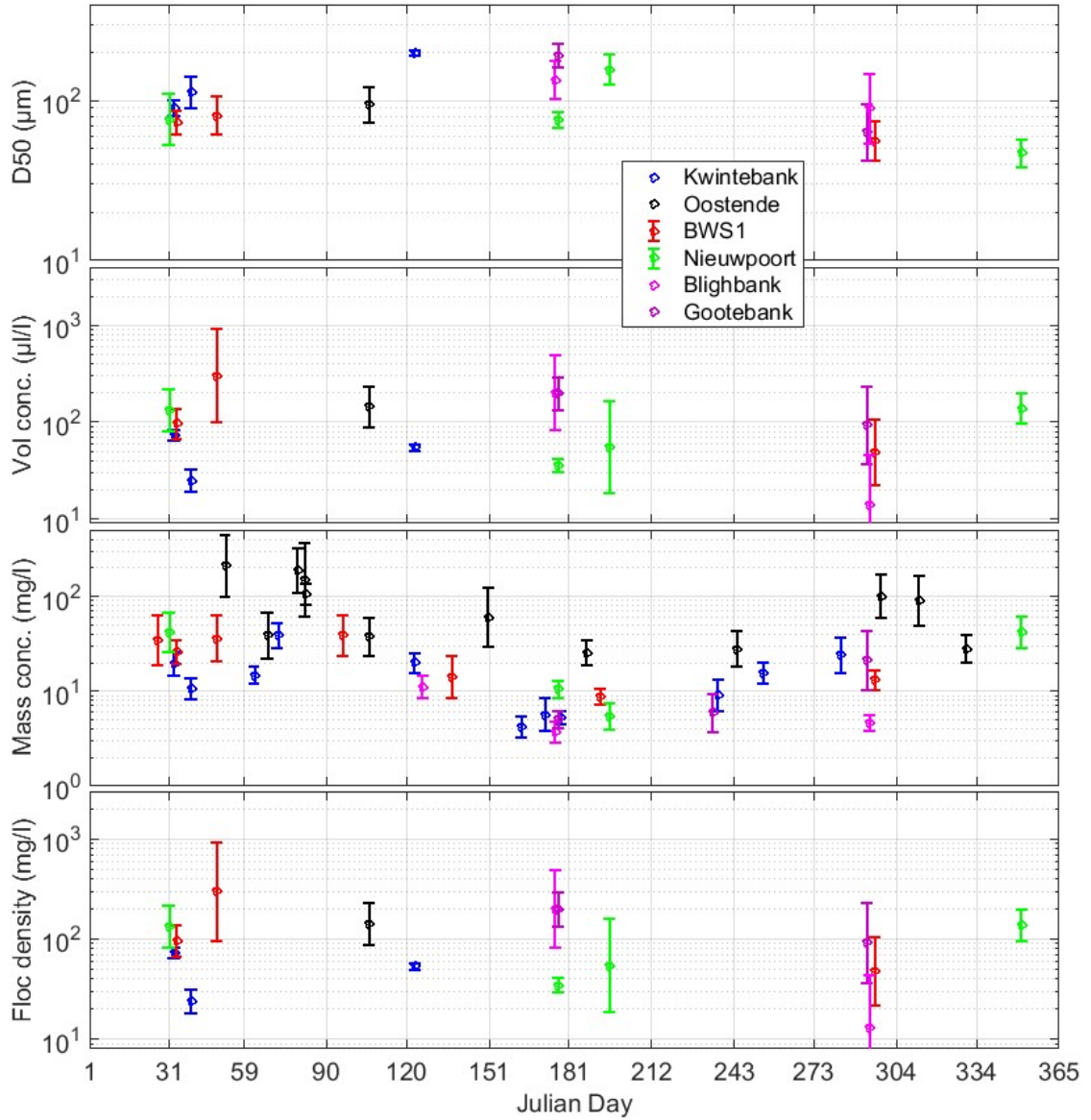


Figure 2.5 Tidal averaged median floc size (D50), volume concentration, mass concentration (from filtered water samples) and the floc density in the stations Kintebank, Oostende, B&W S1, Nieuwpoort, Blighbank and Gootebank. The errorbars show the multiplicative standard deviation. The bad and suspect data have not been included in the figure

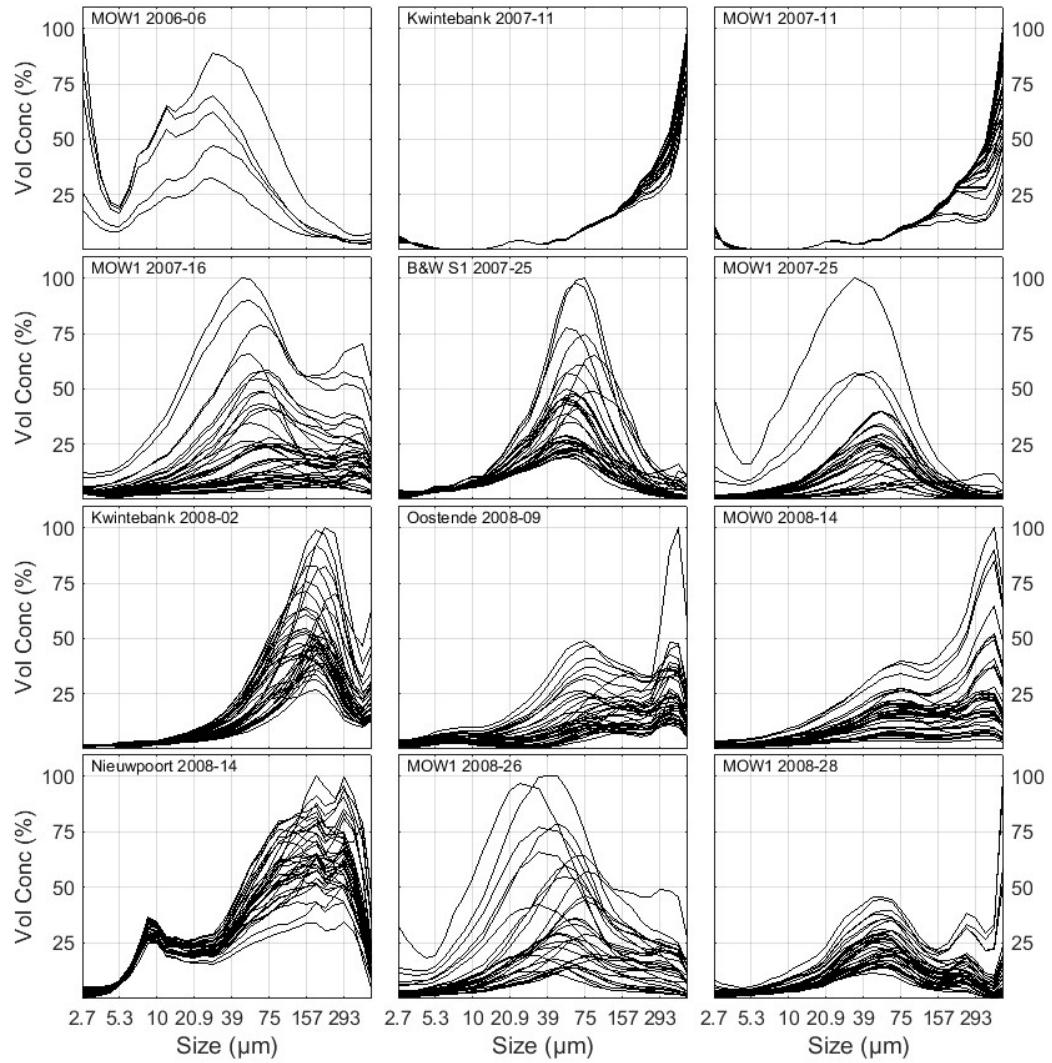


Figure 2.6a: Particle size distribution measured with a LISST during 13-hour cycles. The PSD have been averaged over a period of 1 minute prior to the moment of water sampling.

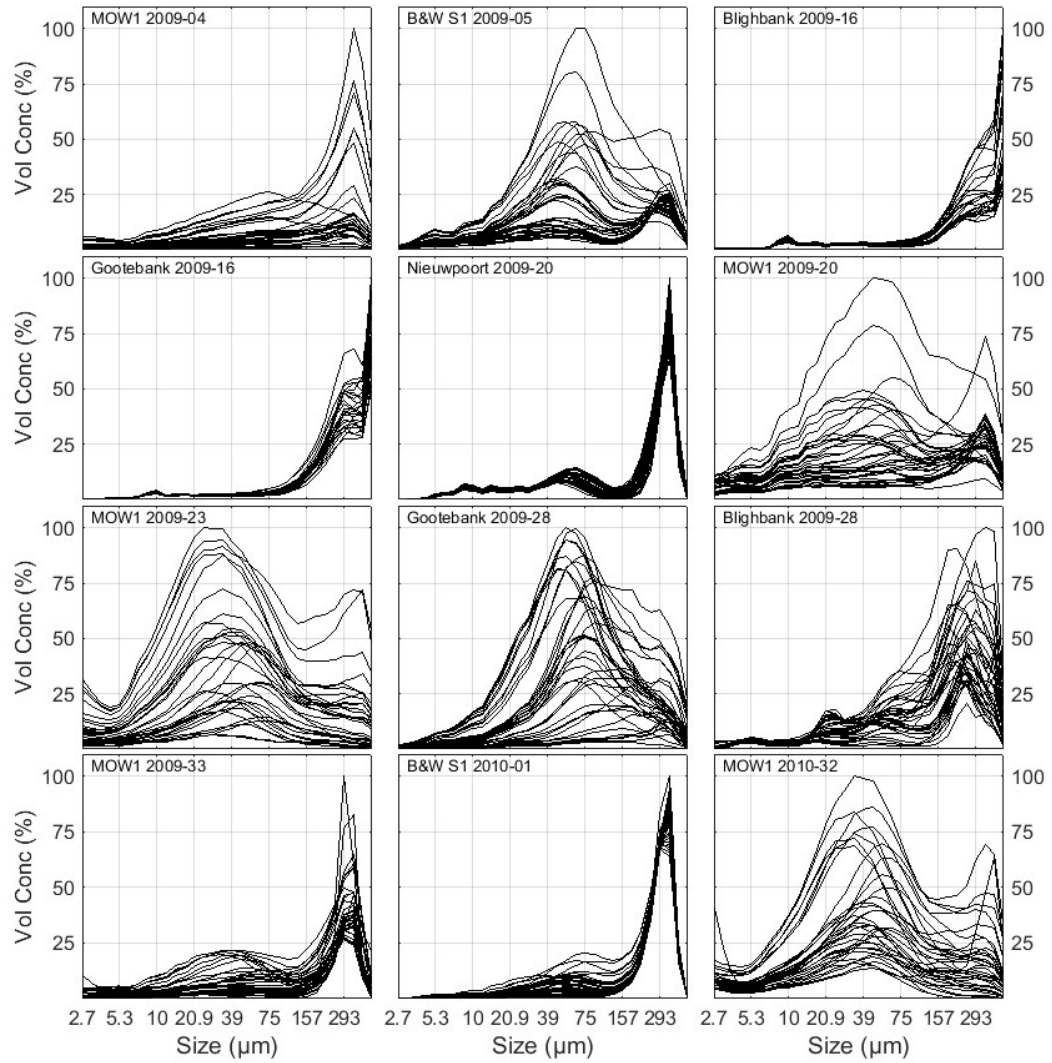


Figure 2.6b: Particle size distribution measured with a LISST during 13-hour cycles. The PSD have been averaged over a period of 1 minute prior to the moment of water sampling.

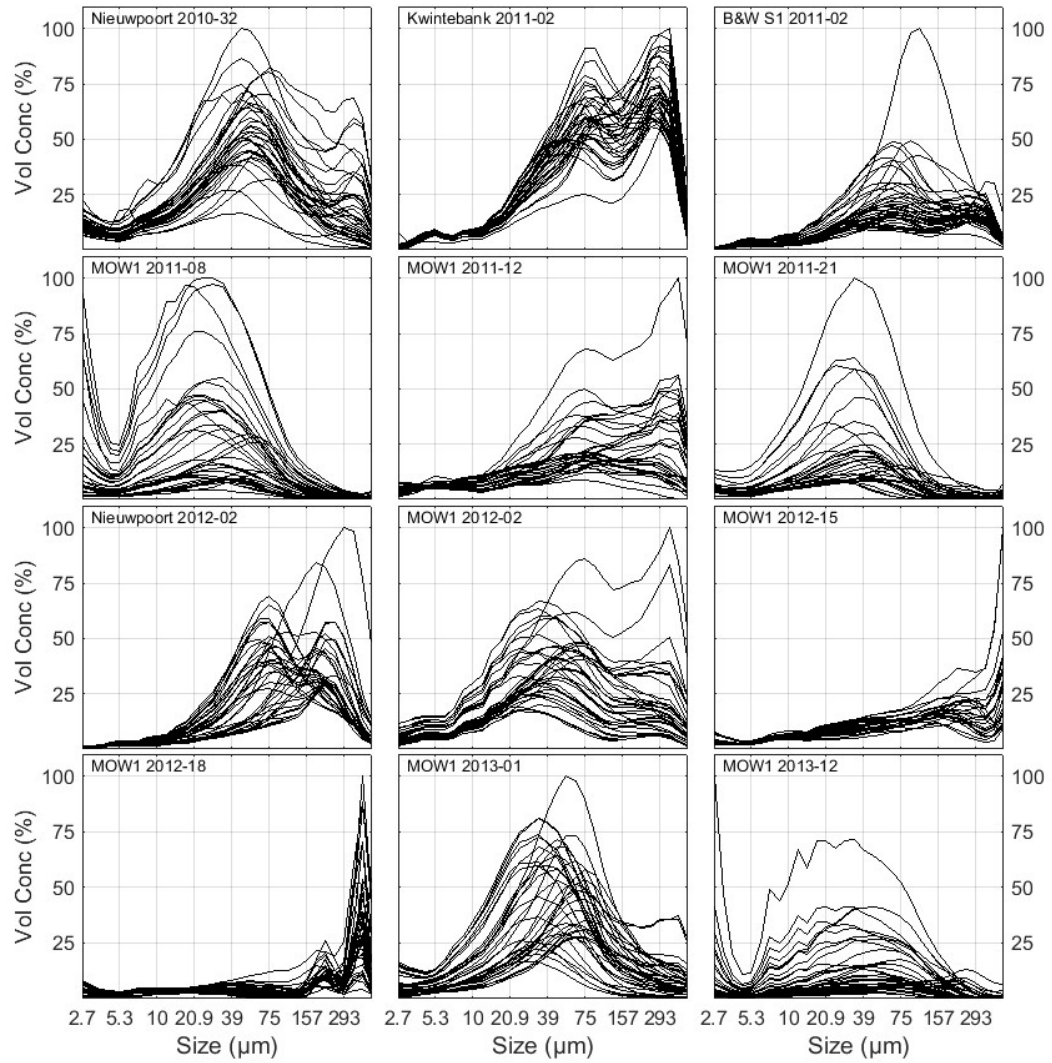


Figure 2.6c: Particle size distribution measured with a LISST during 13-hour cycles. The PSD have been averaged over a period of 1 minute prior to the moment of water sampling.

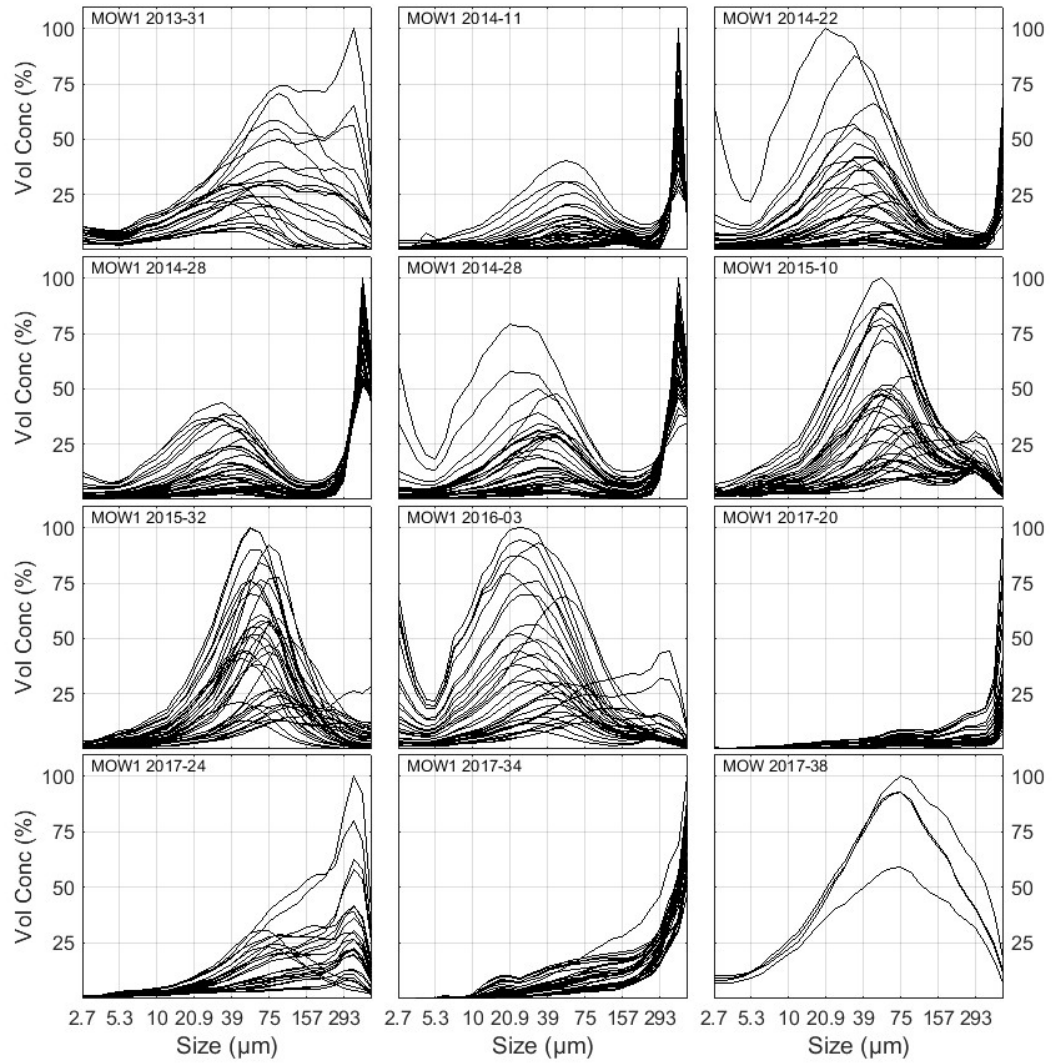


Figure 2.6d: Particle size distribution measured with a LISST during 13-hour cycles. The PSD have been averaged over a period of 1 minute prior to the moment of water sampling.

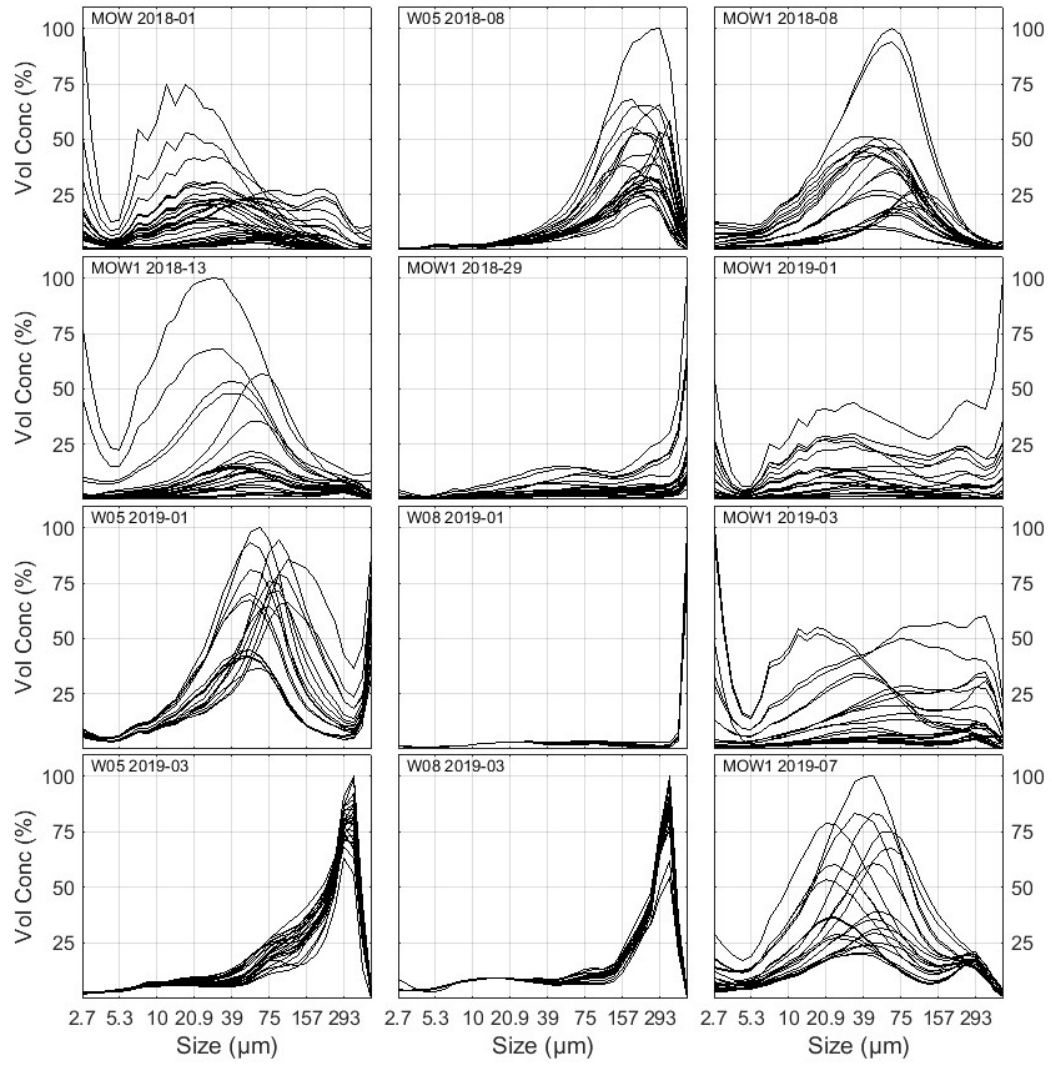


Figure 2.6e: Particle size distribution measured with a LISST during 13-hour cycles. The PSD have been averaged over a period of 1 minute prior to the moment of water sampling.

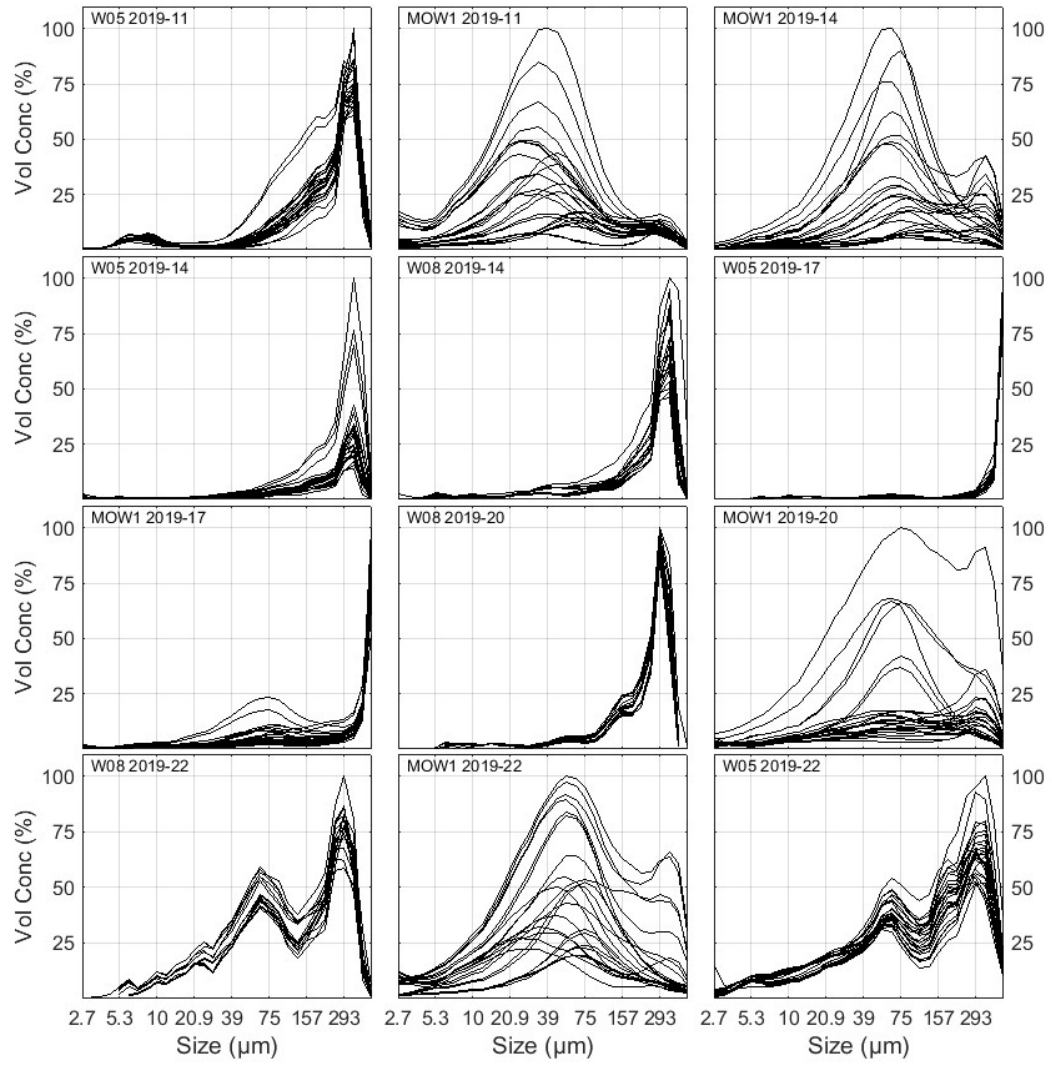


Figure 2.6f: Particle size distribution measured with a LISST during 13-hour cycles. The PSD have been averaged over a period of 1 minute prior to the moment of water sampling..

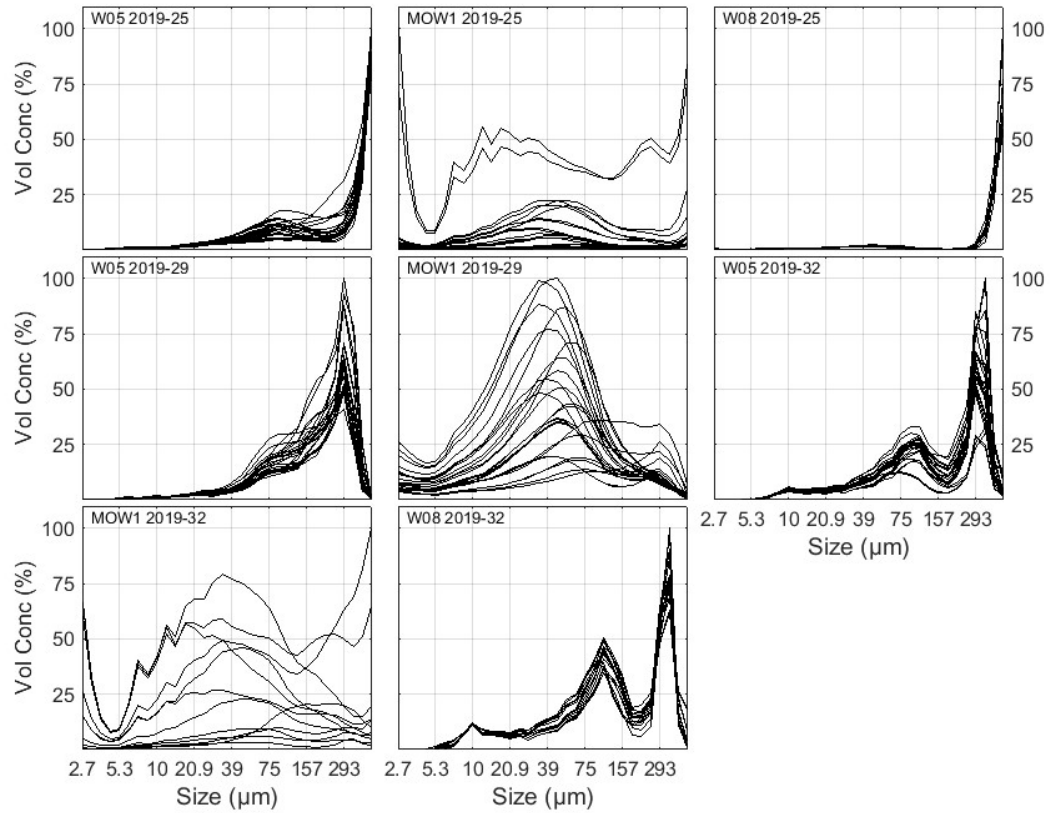


Figure 2.6g: Particle size distribution measured with a LISST during 13-hour cycles. The PSD have been averaged over a period of 1 minute prior to the moment of water sampling.

2.2. Overzicht verankeringen

Stroming, saliniteit, temperatuur, SPM concentratie en partikelgrootteverdeling (PGV) werden gemeten met een tripode (Figuur 2.7). 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 verankeringen beschikken we over een representatief overzicht dat de natuurlijke variaties, zoals springtij-doodtij en meteorologische gebeurtenissen, weergeeft. De golfdata gebruikt in Figuren 2.11 zijn afkomstig van de A2-boei of Westhinder (Meetnet Vlaamse Banken). 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. De LISST werd gemonteerd op ongeveer 2 meter boven de bodem (verder afgekort als mbb).

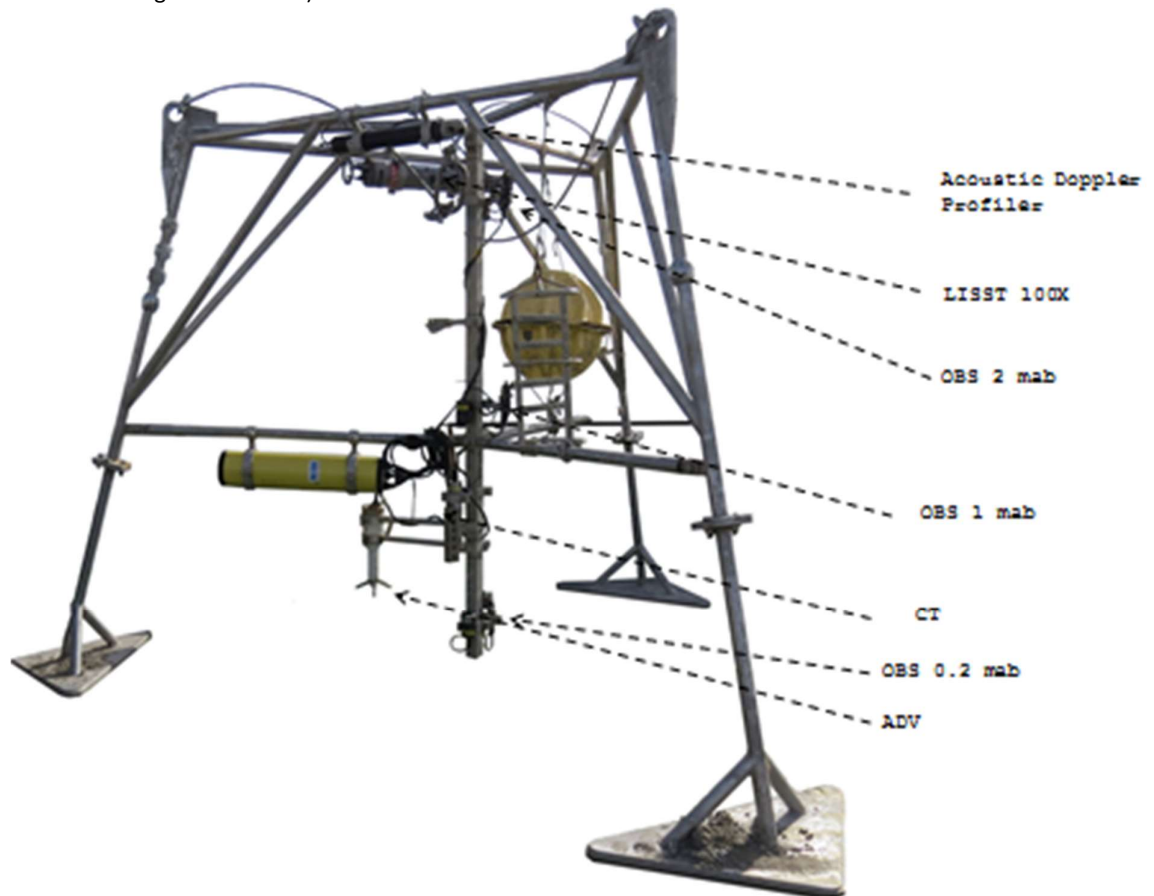


Figure 2.7: Tripod frame used during the long-term deployments. The dimensions are about 2.5 m (height) and 3 m (wide).

In Tabel 2.4 en in Figuren 2.11 wordt een overzicht gegeven van alle LISST metingen uitgevoerd tot en met 2019. De mediane vloggrootte (pl64 low-pass filter om getij weg te filteren) van alle data te MOW1 is in Figuur 2.8 weergegeven. Het klimatologisch gemiddelde is dan het gemiddelde van alle low-pass data. Deze resultaten tonen duidelijk het seizoenale signaal in vloggrootte, zie ook Figuur 2.5. De vorm van de vloggrootteverdeling werd verder geanalyseerd met behulp van het concept entropie en complexiteit. Nadien werden alle een over de periode 2006-2019 gemiddelde PGV berekend.

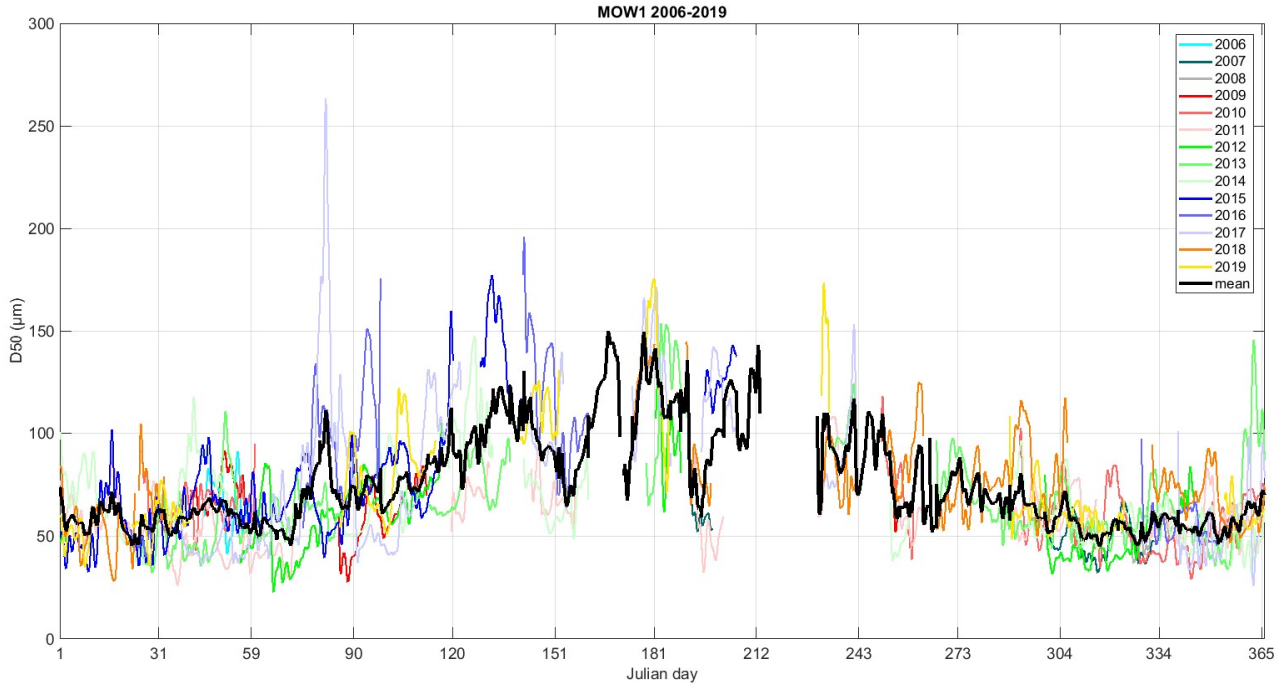


Figure 2.8: Low-pass filtered median floc size from the long-term LISST measurements (2006 to 2019) at MOW1. The black line is the climatological mean over all years. The suspect data have been removed.

Met entropie analyse kan de probabieliteit van een gebeurtenis (zoals een PGV) geëvalueerd worden en kan deze gebeurtenis aan een groep toegerekend worden met eenzelfde probabieliteit of geplaatst worden in een nieuwe groep. Zodoende kan het aantal parameters verminderd worden wat de classificatie van data vereenvoudigt. Entropie analyse is een vorm van multivariate statistiek. Omdat gebruik gemaakt wordt van het volledige spectra, zonder een vooraf gedefinieerde verdeling te veronderstellen, is deze methode geschikt voor zowel uni-, bi- als multimodale verdelingen. Entropie analyse werd met succes toegepast op vlokverdelingen gemeten met een LISST sensor (Mikkelsen et al. 2007; Fettweis et al. 2012, 2014). Voor elk partikelgrootteverdeling van de LISST 100 met 32 klassen wordt de entropie, E , berekend als:

$$E = - \sum_{i=1}^{32} p_i \log p_i \quad (2.3)$$

met p_i de fractie van deeltjes in klasse i (Johnston & Semple 1983). De entropie varieert tussen $E = \log n$ (i.e. alle $p_i=1/n$) en $E = 0$ ($p_i=1$ in één klasse en 0 in alle andere klassen). Door een optimale indeling in groepen te maken, wordt de ongelijkheid, I , tussen groepen gemaximaliseerd en in eenzelfde groep geminimaliseerd. De partikelgrootteverdelingen die toebehoren aan een groep hebben dan een gelijkaardige verdeling, terwijl tussen de groepen de vorm van de verdeling meer verschilt. Een eerste stap bij de berekening is om de volumeconcentratie per klasse en voor elk PGV te normaliseren. Vooral de entropie analyse werd uitgevoerd, werd de PL64 low-pass filter (Flagg et al. 1976) toegepast om het getijsignaal eruit te halen. Nadien werden alle PGV een over de periode 2006-2019 gemiddeld om een klimatologische PGV te bekomen. Op deze data werden dan ingevoerd de entropie analyse uitgevoerd. Het aantal groepen werd beperkt tot vier. Het verloop van de entropiegroepen in functie van de tijd is te vinden in Figuur 2.9. De PGV van de vier entropie

groepen wordt getoond in Figuur 2.10. De bekomen classificatie in vier groepen weerspiegelt vooral seizoensvariabiliteit. De groepen zijn gerangschikt in stijgende lijn van mediane partikelgrootte. Groep 1 ($D_{50}=47\mu\text{m}$) komt vooral voor in de periode van ongeveer 15 oktober tot 15 maart. Groep 2 ($D_{50}=60\mu\text{m}$) komt vooral voor in de overgangperiodes als de biologische activiteit sterk toe- of afneemt, dit zijn de periodes van 15 maart tot 15 april en van 15 september tot 15 oktober. Groep 3 ($D_{50}=81\mu\text{m}$) en 4 ($D_{50}=116\mu\text{m}$) zijn vooral aanwezig in de lente en de zomer (15 april tot 15 september) en afwezig tijdens de rest van het jaar. Het voorkomen van groep 1 en 2 tijdens de zomer is het gevolg van periodes met veel energie (springtij en/of stormen).

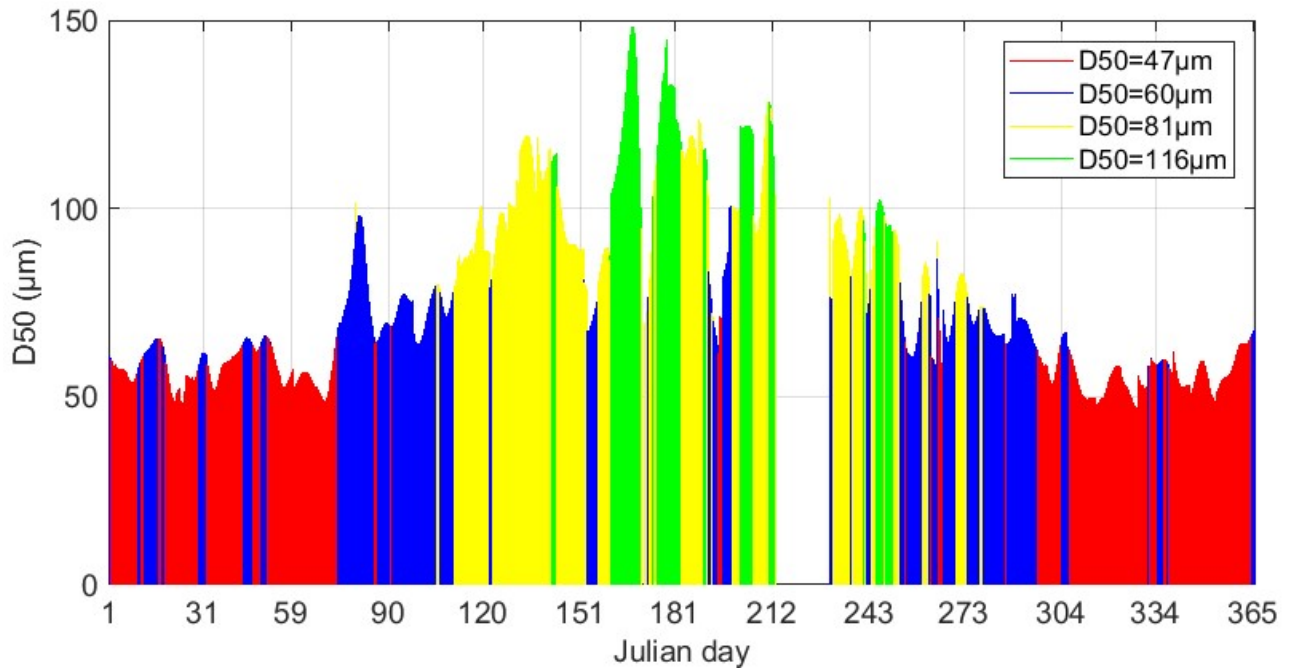


Figure 2.9: Low-pass filtered median floc size from the long-term LISST measurements (averaged over the period 2006 to 2019) at MOW1. The colours indicate the 4 entropy groups.

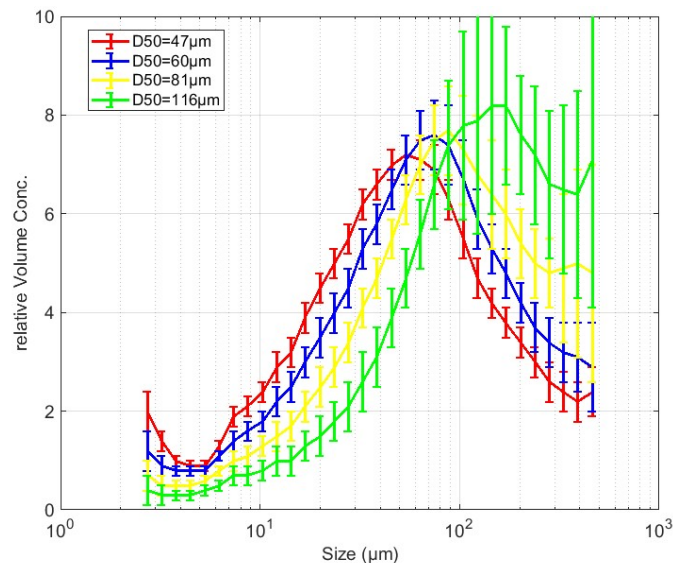


Figure 2.10: Low-pass filtered particle size distribution of the four entropy groups (see Figure 2.9). The error bars are the standard deviation.

Table 2.4: List of tripod deployments on the Belgian part of the North Sea 2019 in the framework of the projects SEBAB and MOMO. The campaigns with a * have been executed in the framework of other projects (Belwind, MOZ4). The stations are at Kwintebank (KWIN), Ostend (OOST), MOW1, Blankenberge (BLAN), MOW0, Gootebank (GOOT), Blighbank (BLIGH), WZ-buoy (WZ), GvW4-buoy (Geul van de Walvistaart), Westdiep (WEST).

				julian day	good data LISST	OBS	Remark
1	KWIN	1111	23/06/2003-30/06/2003				still to be checked
2	KWIN	1111	02/03/2004-11/03/2004	62.63-71.39	62.63-71.39		
3	OOST	1111	05/07/2004-14/07/2004				still to be checked
4	MOW1	1111	18/10/2004-08/11/2004	292.50-313.71	-		malfunctioning of LISST
5	MOW1	1111	07/02/2005-18/02/2005	38.51-49.40	-		suspect PSD, bad alignment of laser
6	MOW1	-	04/04/2005-15/04/2005	94.46-105.31			no LISST
7	MOW1	1111	22/06/2005-11/07/2005	173.34-192.40	-		suspect PSD, bad alignment of laser
8	MOW1	-	22/11/2005-05/12/2005	326.35-339.37	-	-	no LISST
9	MOW1	1111	13/02/2006-27/02/2006	44.48-58.44	52.00-58.44		not continuous due to frequent low (<10%) transmission
10	MOW1	1111	27/03/2006-18/04/2006	86.46-108.37	-		malfunctioning of LISST
11	MOW1	1111	15/05/2006-15/06/2006	135.49-166.42	-		suspect PSD, bad alignment of laser
12	BLAN	1111	08/11/2006-27/11/2006	312.60-331.30	-		malfunctioning of LISST
13	BLAN	1111	27/11/2006-15/12/2006	331.42-349.36	-		no data
14	BLAN	1238	18/12/2006-07/02/2007	352.44-38.55			suspect PSD, from 364 onward bad or no data
15	MOW1	1238	10/07/2007-19/07/2007	191.75-200.56	191.75-198.50		biofouling from 198.5 onward
16	MOW1	1238	23/10/2007-28/11/2007	296.53-332.41	296.53-332.41		all data ok
17	BLAN	1238	28/01/2008-24/02/2008	28.64-55.56	28.64-42.57		from 42.57 no data, battery empty or memory full
18	BLAN	1238	06/03/2008-08/04/2008	66.38-99.64	66.38-94.00		biofouling from 94.0 onward
19	BLAN	1238	15/04/2008-05/06/2008	106.36-157.34	106.36-122.00		from 122 onward no data
20	MOW0	1238	25/06/2008-10/07/2008	177.49-192.47	177.49-192.47		all data ok
21	MOW1	1238	17/11/2008-12/12/2008	322.58-347.38	322.57-339.15		from 339.15 no data, battery empty or memory full
22	MOW1	1238	09/02/2009-19/03/2009	40.49-78.32	40.46-56.87		from 56.875 no data, battery empty or memory full
23	MOW1	1238	26/03/2009-29/04/2009	85.34-119.33	85.34-112.00		from 112. onward biofouling
24	BLAN	1238	04/05/2009-15/06/2009	124.42-166.30	-	-	no data
25*	GOOT	-	23/06/2009-13/07/2009	174.77-194.59	-		no LISST
26*	BLIGH	1238	24/06/2009-14/07/2009	175.30-192.98	175.30-192.98		all data ok
27	MOW1	1238	10/09/2009-21/10/2009	253.38-294.48	253.38-255.50		tripod pushed over on 12/09, data ok, height above bed changed
28*	GOOT	-	19/10/2009-09/12/2009	292.66-343.39	-		no LISST
29*	BLIGH	1238	21/10/2009-09/12/2009	294.27-343.54	294.27-306.00		biofouling from 306. onward
30	MOW1	1328	06/11/2009-08/12/2009	310.36-342.63	-		unrealistic PSD, bad alignment of laser
31	MOW1	1328	11/12/2009-25/01/2010	345.35-25.25	-		unrealistic PSD, bad alignment of laser
32	MOW1	1238	25/01/2010-25/03/2010	25.65-84.43	25.64-59.95		from 59.95 no data, battery empty or memory full

33	MOW1	1328	25/03/2010-20/05/2010	84.46-140.60	-		unrealistic PSD, bad alignment of laser
34	MOW1	1328	20/05/2010-31/05/2010	140.67-151.73	-		unrealistic PSD, bad alignment of laser
35	MOW1		31/05/2010-23/07/2010	151.74-204.31	-		unrealistic PSD, bad alignment of laser
36*	BLIGH	1238	05/05/2010-03/06/2010	125.35-154.28	125.35-141.00		biofouling from 141. onward
37	MOW1	1238	06/09/2010-18/10/2010	249.67-291.47	249.67-260.00		from 260. onward too low transmission
38	MOW1	1328	18/10/2010-17/11/2010	291.62-321.52	291.52-321.52		all data ok
39	MOW1	1238	17/11/2010-15/12/2010	321.51-349.67	321.51-349.67		all data ok
40	MOW1	1238	15/12/2010-31/01/2011	349.67-31.54	349.67-31.54		all data ok
41	MOW1	1328	31/01/2011-21/03/2011	31.57-80.41	31.57-71.50		biofouling from 71.5 onward
42	MOW1	-	21/03/2011-24/03/2011	80.73-83.25	-		no LISST
43	MOW1	-	24/03/2011-29/04/2011	83.28-107.70	-		no LISST
44	MOW1	1238	29/04/2011-23/05/2011	119.42-143.61	119.42-130.89		biofouling from 130.89 onward
45	MOW1	1328	23/05/2011-11/07/2011	143.63-192.55	143.63-156.96		suspect data from 156.96 onward
46	MOW1	1238	11/07/2011-26/07/2011	192.66-230.52	192.66-202.00		biofouling from 202. onward
47	MOW1	1328	18/08/2011-09/09/2011	230.64-252.31	230.64-236.75		biofouling from 236.75 onward
48	MOW1	1238	09/09/2011-12/10/2011	252.33-285.64	252.33-263.98		suspect data from 263.98 onward
49	MOW1	1328	12/10/2011-24/11/2011	285.75-328.45	285.75-315.00		biofouling from 315. onward
50	MOW1	1238	24/11/2011-03/02/2012	328.58-34.44	328.58-3.00		disturbed data from 3. onward
51	MOW1	1328	24/02/2012-19/03/2012	55.47-79.61	55.47-79.61	55.47-79.61	all data ok
52	MOW1	1238	19/03/2012-23/04/2012	79.62-116.52	79.62-116.52	-	all data ok
53*	BLIGH	1328	20/03/2012-23/04/2012	80.38-114.76	80.38-99.00	-	biofouling from 99. onward
54	MOW1	1328	07/05/2012-28/06/2012	128.47-180.68	-	-	many disturbed data
55	MOW1	1238	29/06/2012-23/08/2012	181.39-236.57	181.39-189.00	-	biofouling from 189. onward
56	MOW1	1485	23/08/2012-15/10/2012	236.59-289.39	-	-	many suspect data
57	MOW1	1238	25/10/2012-05/12/2012	299.27-340.30	299.27-330.40	-	at 330.4 tripod pushed over
58	MOW1	1328	05/12/2012-24/01/2013	340.33-24.52	340.32-344.70	340.32-344.70	from 344.7 onward water leakage
59	MOW1	1485	24/01/2013-07/03/2013	24.59-66.44	24.59-30.20	-	suspect data from 30.2 onward
60	MOW1	1238	07/03/2013-28/03/2013	66.46-87.64	66.79-87.64		all data ok
61	WZ	-	28/03/2013-23/04/2013	87.41-113.33	-	-	no LISST
62	MOW1	1485	28/03/2013-22/04/2013	87.66-112.51	-	-	unrealistic PSD, bad alignment of laser
63	MOW1	1238	22/04/2013-17/05/2013	112.53-137.31	112.53-137.31	-	all data ok
64	WZ	1499	25/04/2013-14/05/2013	115.36-134.51	115.36-134.51	115.36-134.51	suspect PSD, last bin very high VC
65	MOW1	-	17/05/2013-27/06/2013	137.34-178.49	-	-	no LISST
66	WZ	1499	10/06/2013-27/06/2013	161.46-178.71	161.46-171.50	161.46-171.50	suspect PSD, biofouling from 171.5 onward, last bin very high VC
67	MOW1	1485	27/06/2013-24/07/2013	178.52-205.40	178.53-191.00		biofouling from 191. onward, last bin very high VC
68	WZ	1499	28/06/2013-24/07/2013	179.27-205.43	179.27-195.00	179.27-200.00	suspect PSD, biofouling from 195. onward, last bin very high VC

69	MOW1	-	24/07/2013-21/08/2013	205.43-233.61	-	-	no LISST
70	WZ	1499	29/07/2013-21/08/2013	210.32-233.38	210.32-219.00	-	biofouling from 219. onward, last bin very high VC
71	MOW1	1485	21/08/2013-23/09/2013	233.64-266.43	233.64-242.00	-	biofouling from 242. onward, last bin very high VC
72	WZ	1499	23/08/2013-09/09/2013	235.40-252.48	235.40-243.00	-	biofouling from 243. onward, last bin very high VC
73	MOW1	1537	23/09/2013-16/10/2013	266.47-289.49	266.47-289.49	-	all data ok
74	WZ	1499	12/09/2013-14/10/2013	255.28-287.66	255.28-273.00	-	biofouling from 273 onward, last bin very high VC
75	MOW1	1485	16/10/2013-28/11/2013	289.52-332.44	289.52-332.44	-	last bin disturbed
76	WZ	-	15/10/2013-13/11/2013	288.46-317.46	-	-	no LISST
77	WZ	1537	13/11/2013-26/11/2013	317.54-330.65	317.54-330.65	-	all data ok
78	MOW1	1238	28/11/2013-09/12/2013	332.47-343.59	332.47-339.00	-	suspect data from 339. onward
79	WZ	1537	27/11/2013-10/12/2013	331.65-344.32	331.65-344.32	-	all data ok
80	MOW1	1485	09/12/2013-27/03/2014	343.62-86.53	343.62-52.00	343.62-52.00	all data ok
81	WZ	1537	11/12/2013-28/03/2014	345.40-87.31	345.40-87.31	-	suspect PSD
82	MOW1	1238	27/03/2014-28/04/2014	86.54-118.65	86.54-106.00	-	biofouling from 106 onward
83	MOW1	1485	28/04/2014-21/05/2014	118.65-141.33	118.65-132.00	118.65-130.50	biofouling from 132.0 onward
84	MOW1	1238	21/05/2014-04/07/2014	141.33-185.28	141.33-161.00	-	all data ok
85	MOW1	1499	07/04/2014-09/09/2014	185.29-252.40	-	-	no data
86	MOW1	1537	09/09/2014-17/10/2014	252.44-290.43	252.44-261.00	-	biofouling from 261 onward
87	GvW4	1485	08/09/2014-03/10/2014	251.71-276.35	251.71-262.00	-	biofouling from 262 onward
88	MOW1	1485	17/10/2014-20/11/2014	290.43-324.29	290.43-316.00	-	biofouling from 316 onward, last bin very high VC
89	MOW1	1499	20/11/2014-16/12/2014	324.33-350.42	324.33-350.42	-	all data ok
90	MOW1	1485	16/12/2014-27/01/2015	350.24-27.49	350.24-27.49	-	all data ok, last bin disturbed
91	MOW1	1499	27/01/2015-16/03/2015	27.49-74.50	27.49-74.50	-	all data ok
92	MOW1	1537	16/03/2015-13/04/2015	74.52-103.69	74.52-103.69	74.52-103.69	all data ok
93	MOW1	1499	13/04/2015-08/05/2015	103.69-128.30	103.69-120.00	-	biofouling from 120 onward
94	MOW1	1537	08/05/2015-22/06/2015	128.30-173.75	-	128.30-173.75	unrealistic PSD, last bins very high VC
95	MOW1	1499	15/07/2015-21/10/2015	196.20-294.50	196.20-206.00	196.20-220.00	biofouling from 206 onward
96	MOW1	1499	07/12/2015-19/01/2016	341.50-19.39	341.50-14.0	341.50-14.00	suspect data, last bins very high VC
97	MOW1	1537	22/01/2016-17/02/2016	22.35-48.60	22.35-29.10	-	suspect data from 29.1 onward
98*	WESTD	1499	08/03/2016-10/03/2016	67.43-69.43	-	-	suspect PSD
99	MOW1	1499	14/03/2016-15/04/2016	74.50-109.60	74.50-98.00	-	biofouling from 98 onward
100	MOW1	-	15/04/2016-20/05/2016	106.39-141.39	-	-	no LISST
101	MOW1	1537	20/05/2016-05/08/2016	141.45-218.63	141.45-170.50	141.45-180.00	biofouling from 170.5 onward
102	MOW1	-	07/09/2016-23/11/2016	251.32-328.43	-	-	no LISST
103	MOW1	1537	23/11/2016-19/12/2016	328.44-354.48	328.50-354.48	328.50-354.48	disturbed data in 2 nd bin
104	MOW1	1485	19/12/2016-06/02/2017	354.52-37.39	354.52-37.39	-	unrealistic PSD, last bin very high VC

105	MOW1	1537	06/02/2017-13/03/2017	37.42-72.41	37.41-72.41	37.42-72.41	all data ok
106	MOW1	1499	13/03/2017-02/05/2017	72.42-122.40	72.42-104.00	72.40-122.40	suspect PSD data from 104 onward
107	MOW1	1537	23/05/2017-23/06/2017	143.37-174.28	143.37-153.30	143.37-153.30	suspect PSD from 153.3 onward
108	MOW1	1499	23/06/2017-14/07/2017	174.32-195.26	174.32-184.00	-	suspect PSD data from 184 onward
109	MOW1	1485	14/07/2017-18/08/2017	195.31-230.29	195.31-212.00	-	biofouling from 212 onward, many PSD disturbed, high VC in highest class
110	MOW1	1499	18/08/2017-26/10/2017	230.34-299.49	230.33-242.00	-	biofouling from 242 onward
111	MOW1	1485	26/10/2017-05/12/2017	299.59-339.47	299.59-339.45	-	suspect PSD, last 2 bins high VC
112	MOW1	1499	05/12/2017-19/12/2017	339.56-353.40	339.56-333.40	-	all data ok
113	MOW1	1485	19/12/2017-23/01/2018	353.44-23.56	353.44-23.56	-	disturbed PSD, last bin high VC
114	MOW1	2043	23/01/2018-27/04/2018	23.59-117.49	24.90-32.41	-	LISST200, all data ok
115	MOW1	1485	30/03/2018-27/04/2018	89.36-117.52	-	-	no data
116	MOW1	1537	15/05/2018-19/06/2018	135.41-167.31	-	-	no data
117	MOW1	1499	20/06/2018-09/07/2018	171.75-190.48	171.45-181.00	-	biofouling from 181 onward
118	MOW1	1485	09/07/2018-20/08/2018	190.54-232.40	190.55-198.00	-	biofouling from 198 onward
119	MOW1	1499	20/08/2018-19/09/2018	232.44-262.40	232.43-262.40	-	all data ok
120	MOW1	1537	19/09/2018-15/10/2018	262.30-288.52	262.30-282.00	-	biofouling from 282. onward
121	MOW1	1499	15/10/2019-27/11/2018	288.56-331.74	288.56-301.00	-	biofouling from 301 onward
122	MOW1	1537	27/11/2018-17/12/2018	331.77-351.73	331.77-351.73	-	contains disturbed PSD
123	MOW1	1499	18/12/2018-22/01/2019	351.77-22.69	351.77-12.5	-	disturbed from 12.5 onward
124	MOW1		22/01/2019-13/02/2019	22.87-44.32	22.87-40.03	-	all data ok
125	MOW1		13/02/2019-20/03/2019	44.34-79.30	44.34-79.30	-	suspect PSD,
126	MOW1		26/03/2019-08/04/2019	85.60-98.36	85.60-98.36		all data ok
127	MOW1		08/04/2019-20/05/2019	98.47-140.42	98.47-114.68		from 114.68 onward no data
128	MOW1		20/05/2019-26/06/2019	140.43-177.31	140.43-152.00		biofouling from 152.00 onward
129	MOW1		26/06/2019-04/07/2019	177.40-185.40	177.34-185.40		all data ok
130	MOW1		19/08/2019-09/09/2019	231.63-252.48	231.63-234.00		biofouling from 234.00 onward
131	MOW1		09/09/2019-15/10/2019	252.49-288.40	-		no data
132	MOW1		15/10/2019-19/11/2019	288.60-323.33	288.40-323.33		all data ok
133	MOW1		19/11/2019-19/12/2019	323.35-353.75	323.35-353.75		suspect PSD
134	MOW1		19/12/2019-21/01/2020	353.77-21.54	353.77-21.54		all data ok

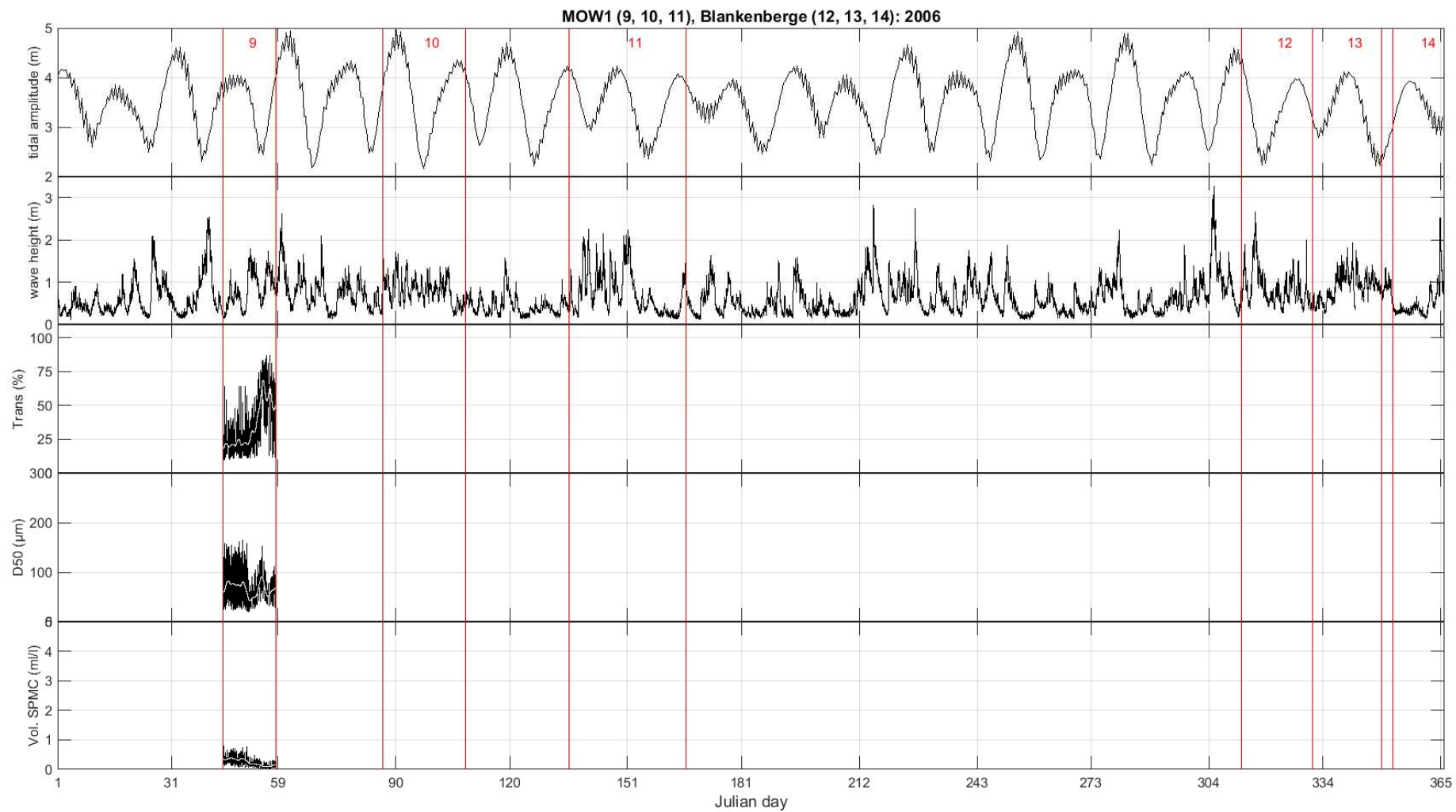


Figure 2.11a: Long-term LISST measurements in 2006 at MOW1 and Blankenberge. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

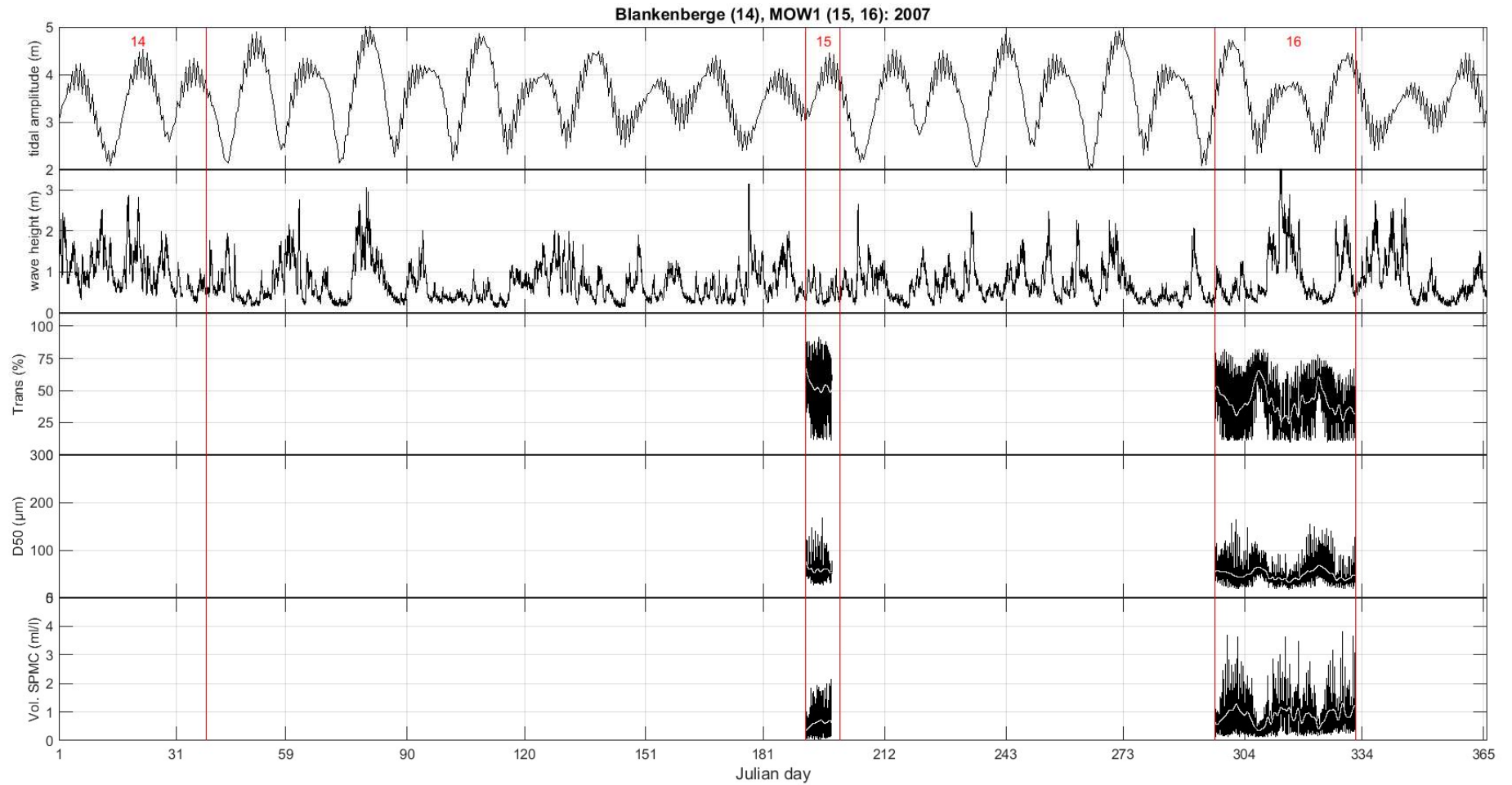


Figure 2.11b: Long-term LISST measurements in 2007 at MOW1 and Blankenberge. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

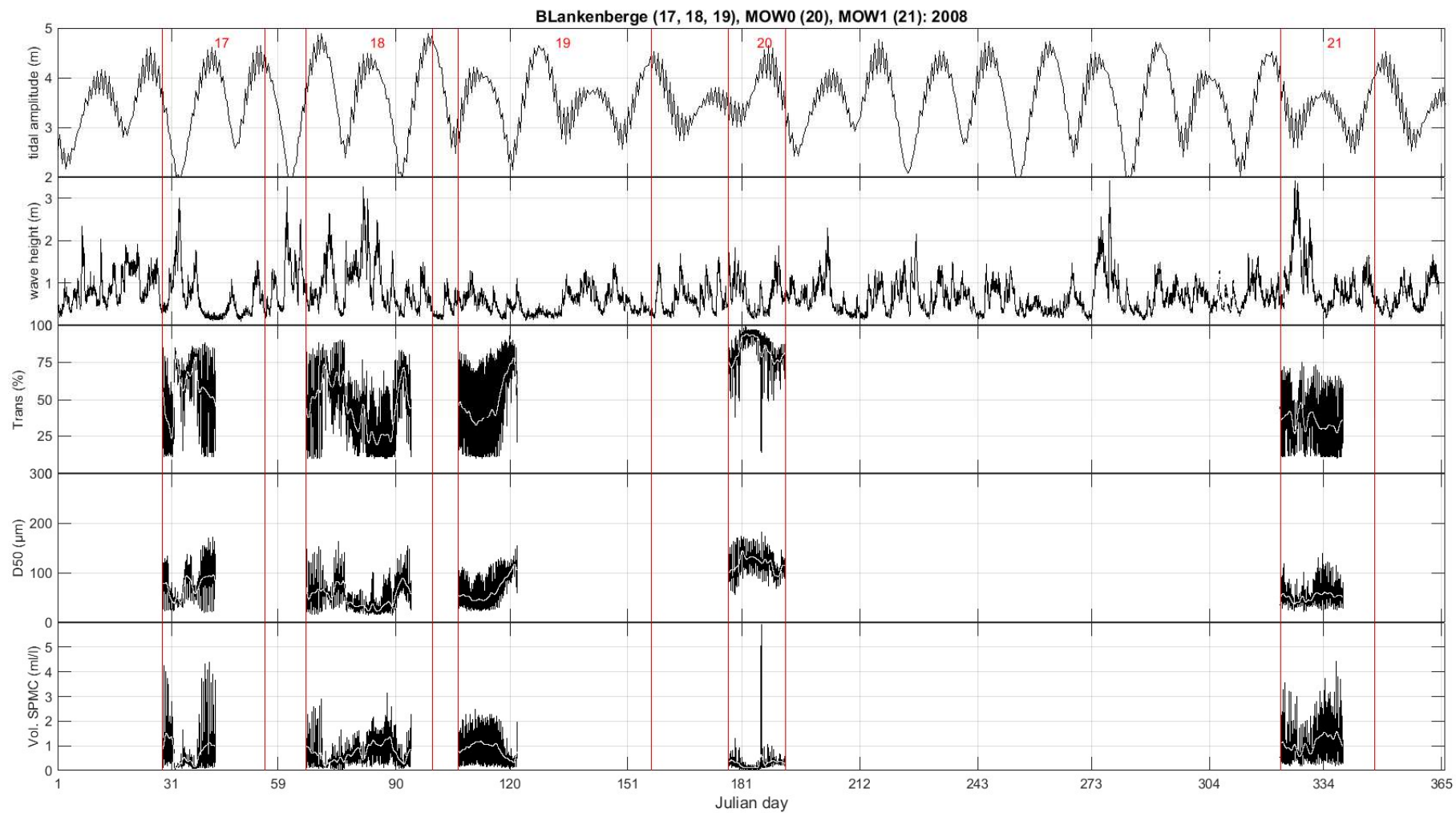


Figure 2.11c: Long-term LISST measurements in 2008 at MOW1, MOW0 and Blankenberge. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

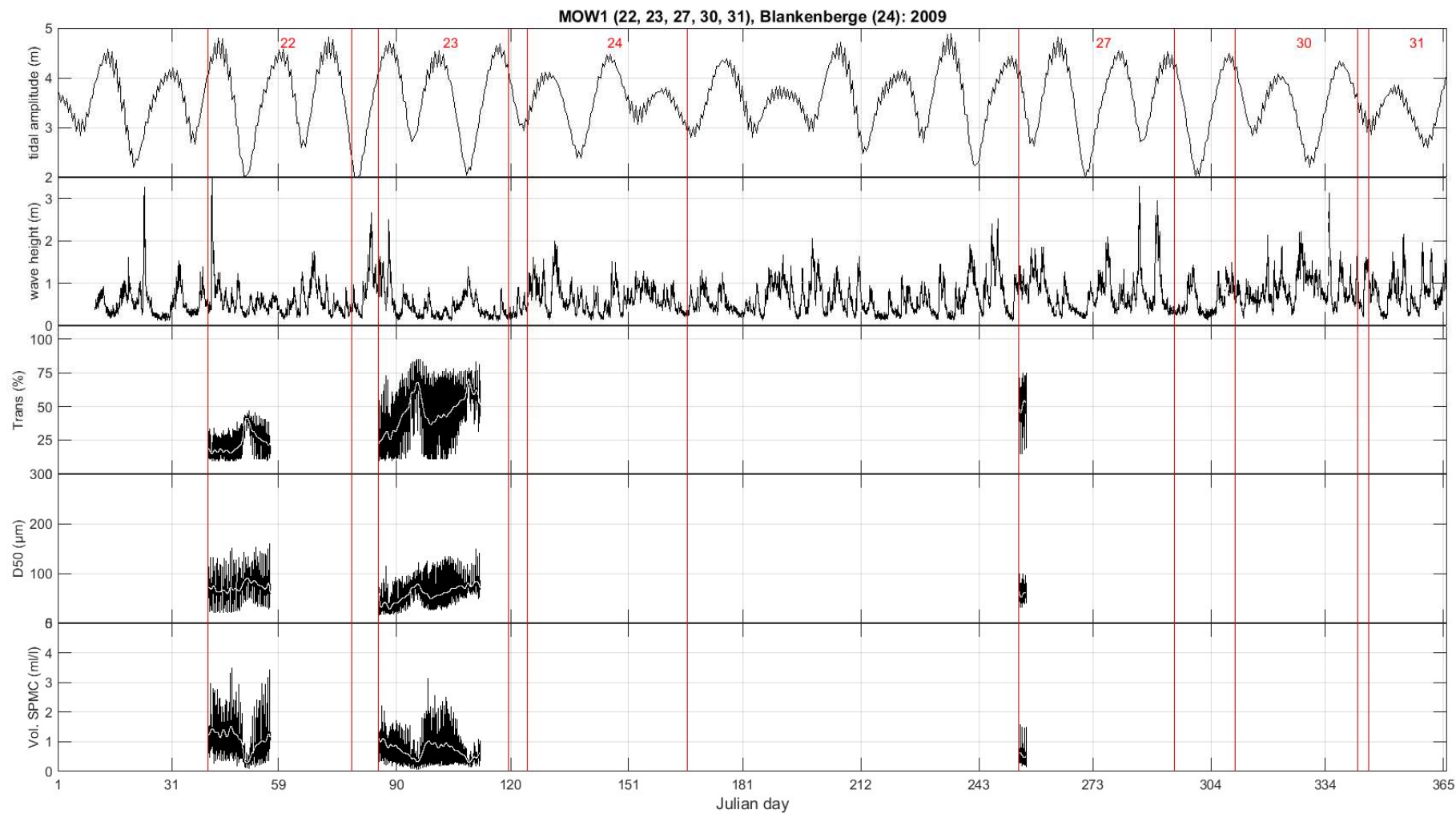


Figure 2.11d: Long-term LISST measurements in 2009 at MOW1 and Blankenberge. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

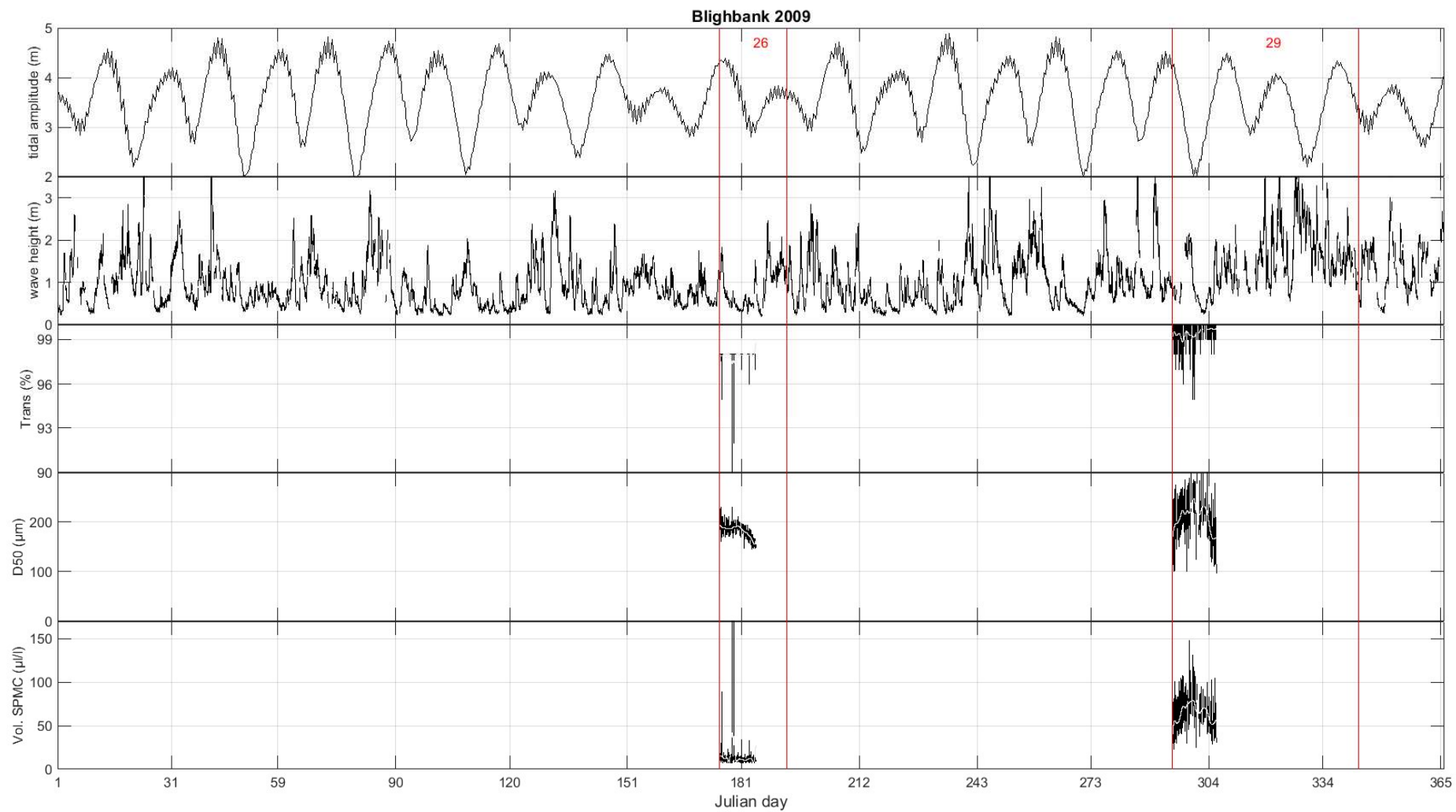


Figure 2.11e: Long-term LISST measurements in 2009 at Blighbank. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at Westhinder, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

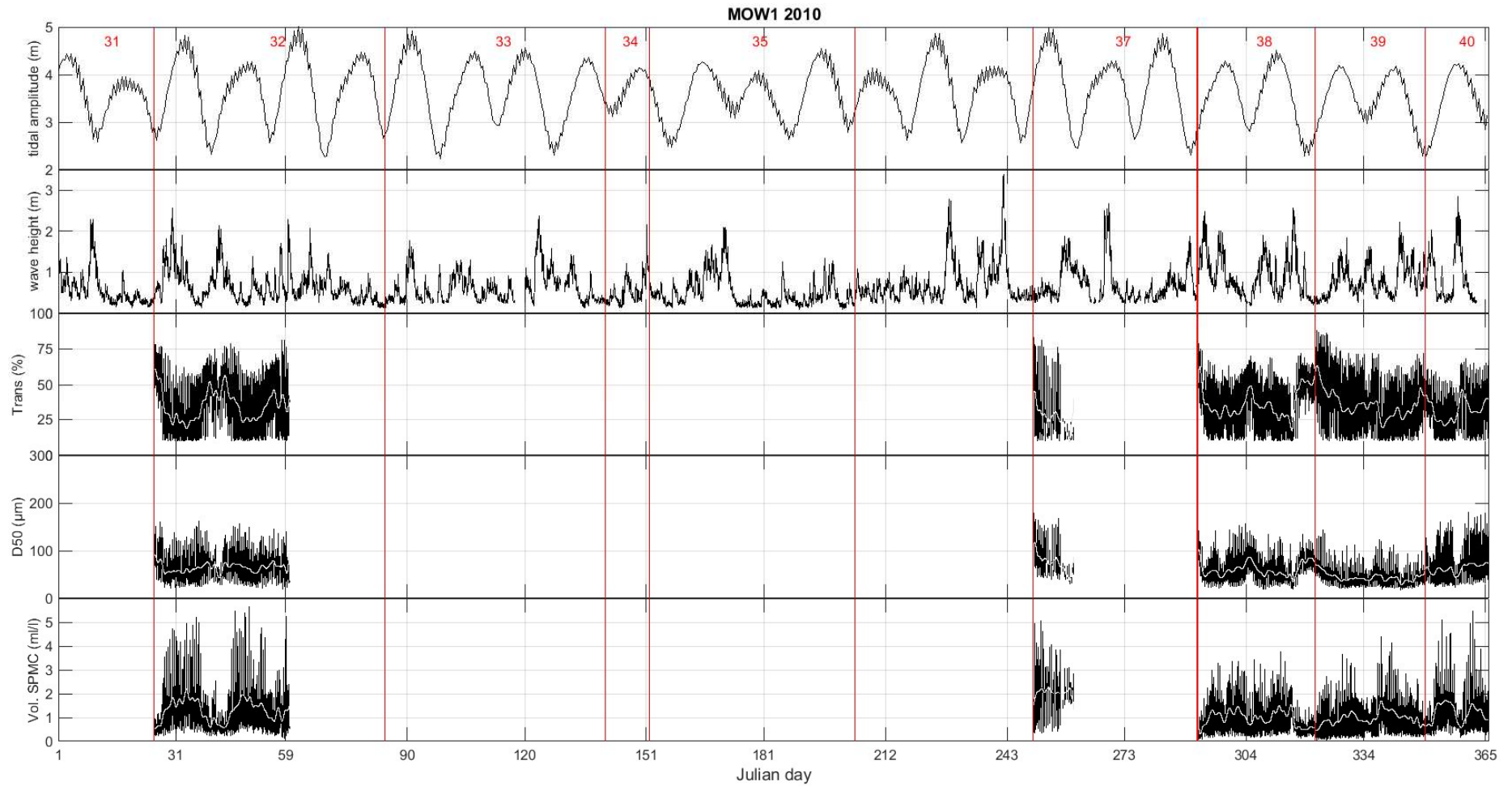


Figure 2.11f: Long-term LISST measurements in 2010 at MOW1. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

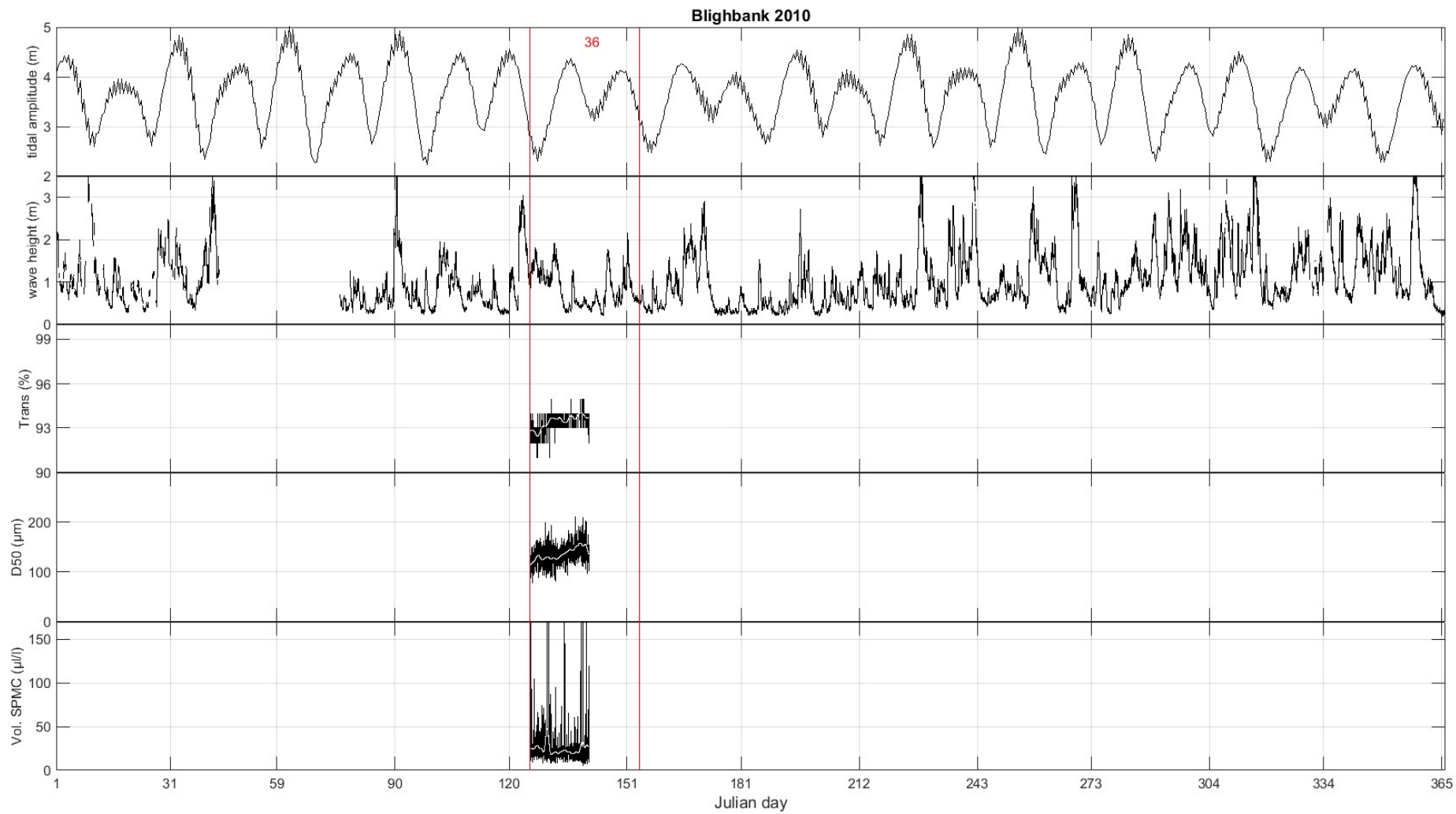


Figure 2.11g: Long-term LISST measurements in 2010 at Blighbank. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at Westhinder, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

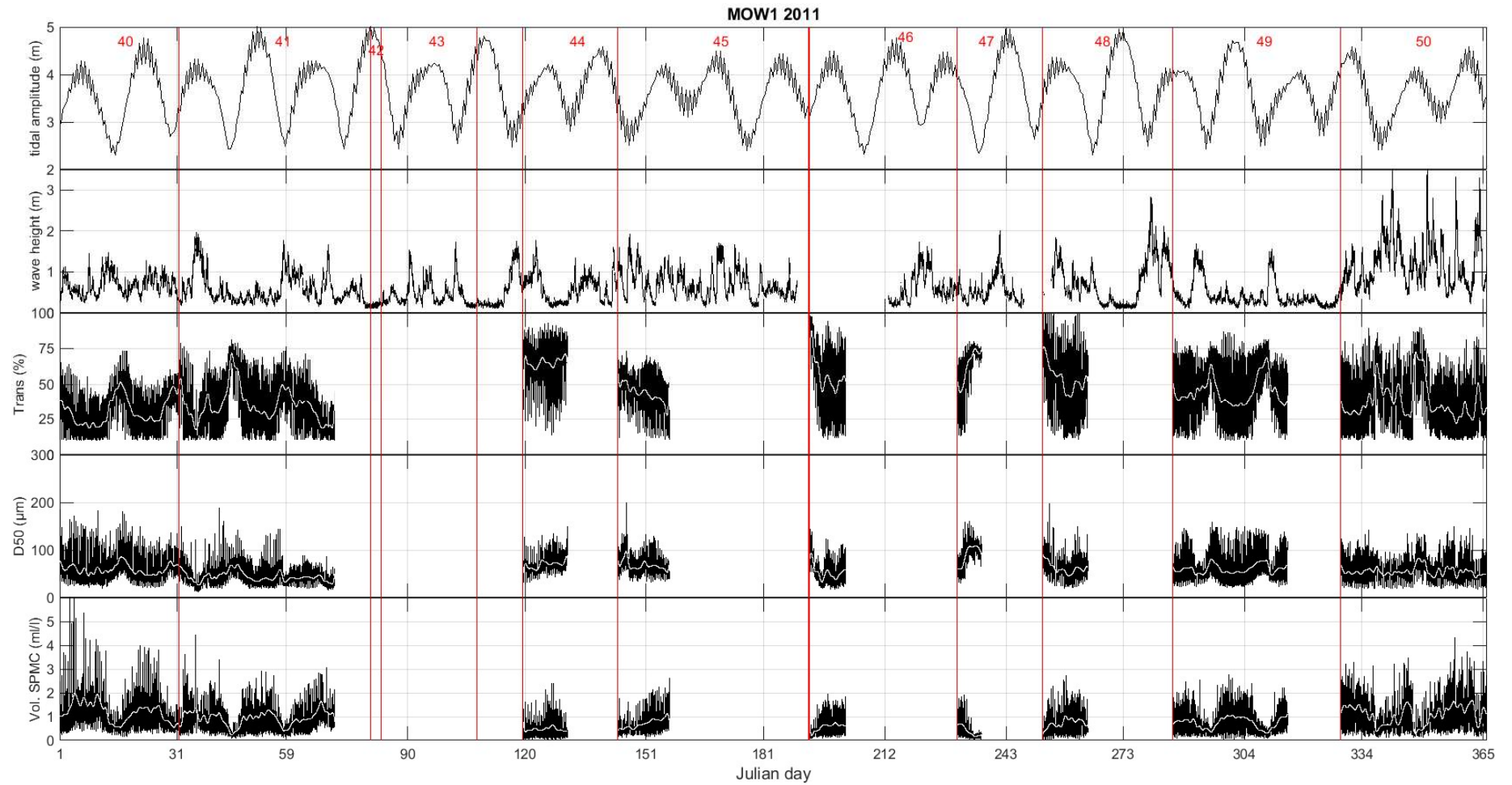


Figure 2.11h: Long-term LISST measurements in 2011 at MOW1. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

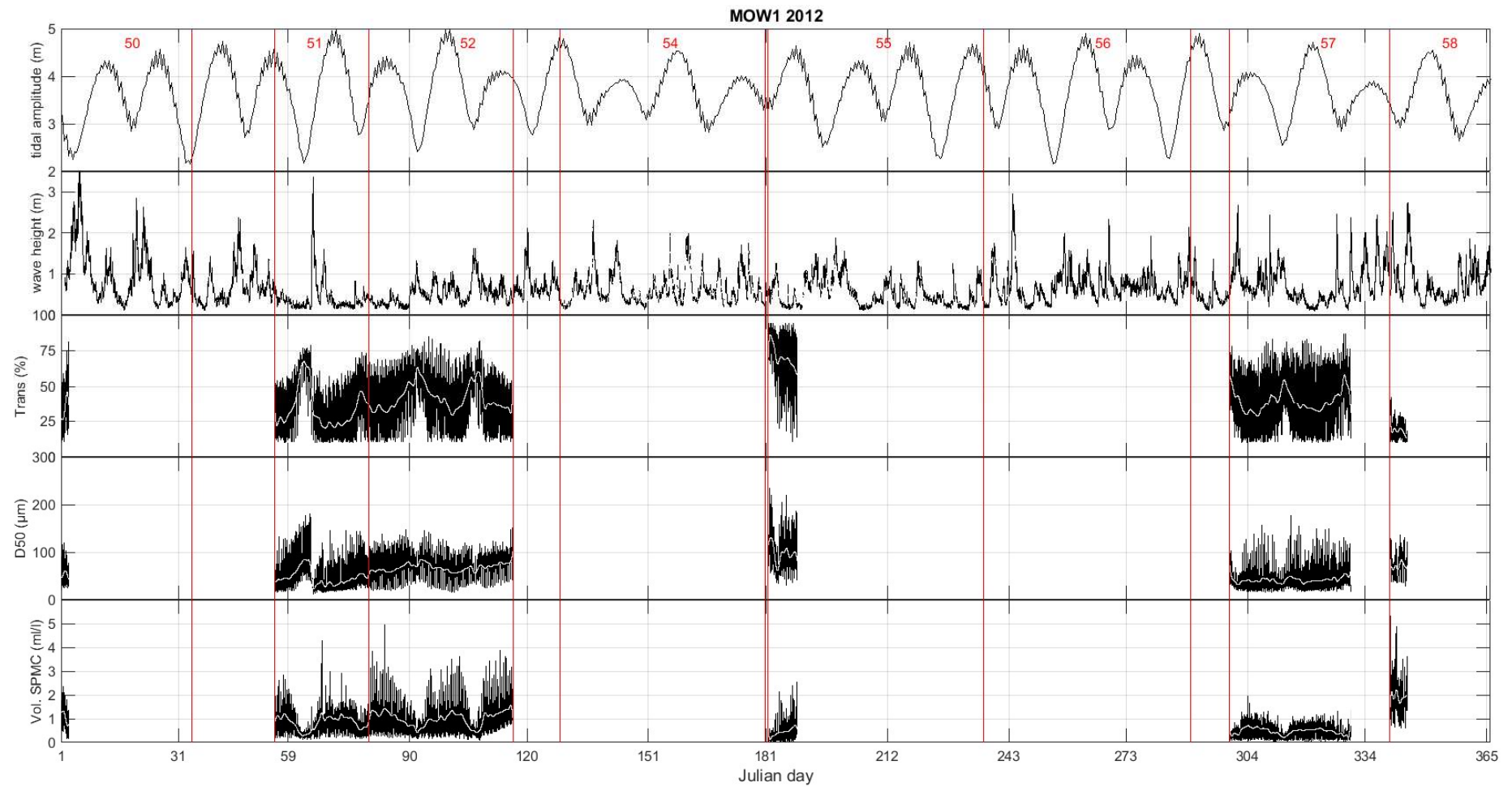


Figure 2.11i Long-term LISST measurements in 2012 at MOW1. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

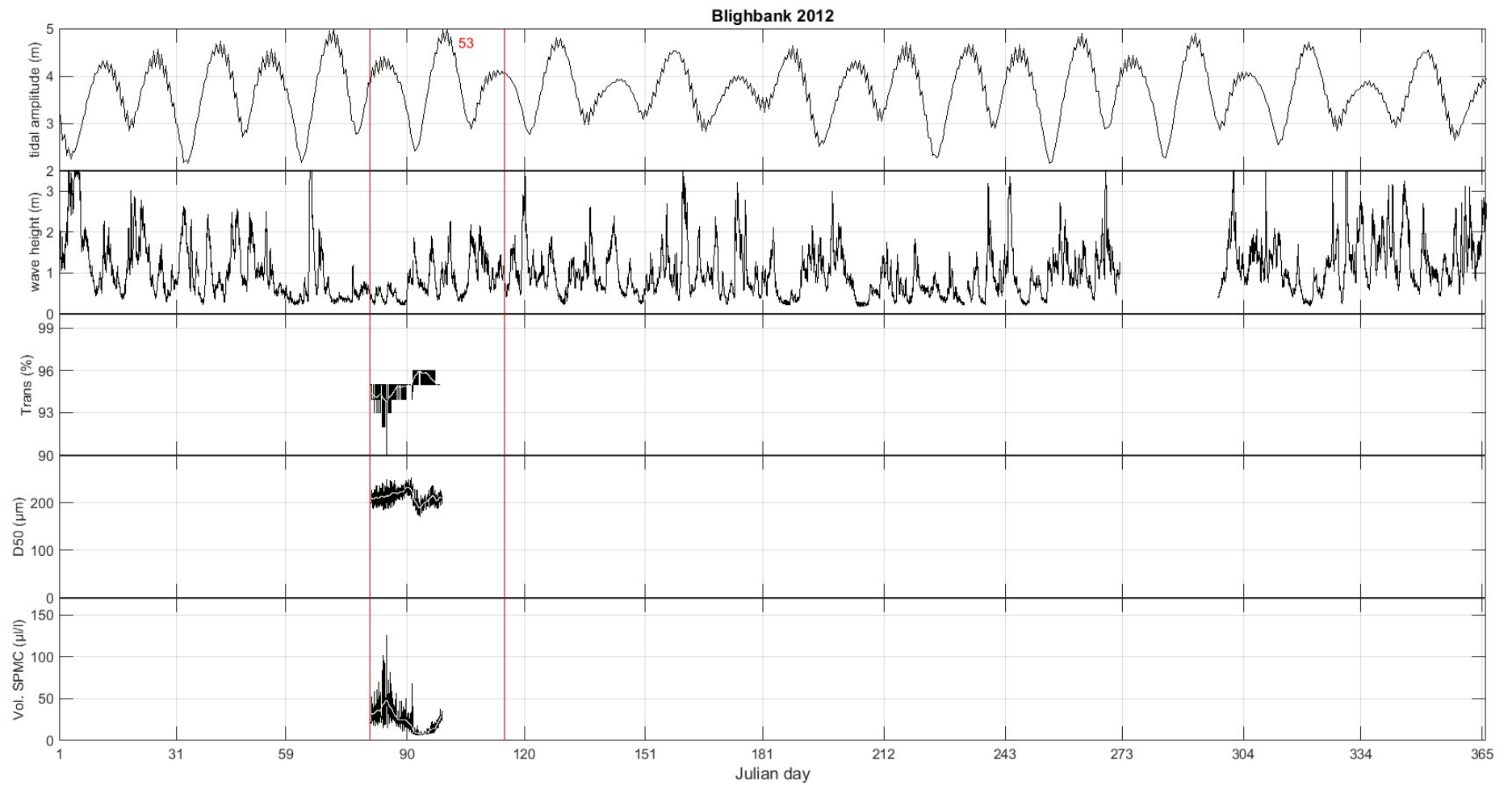


Figure 2.11j: Long-term LISST measurements in 2012 at Blighbank. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at Westhinder, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

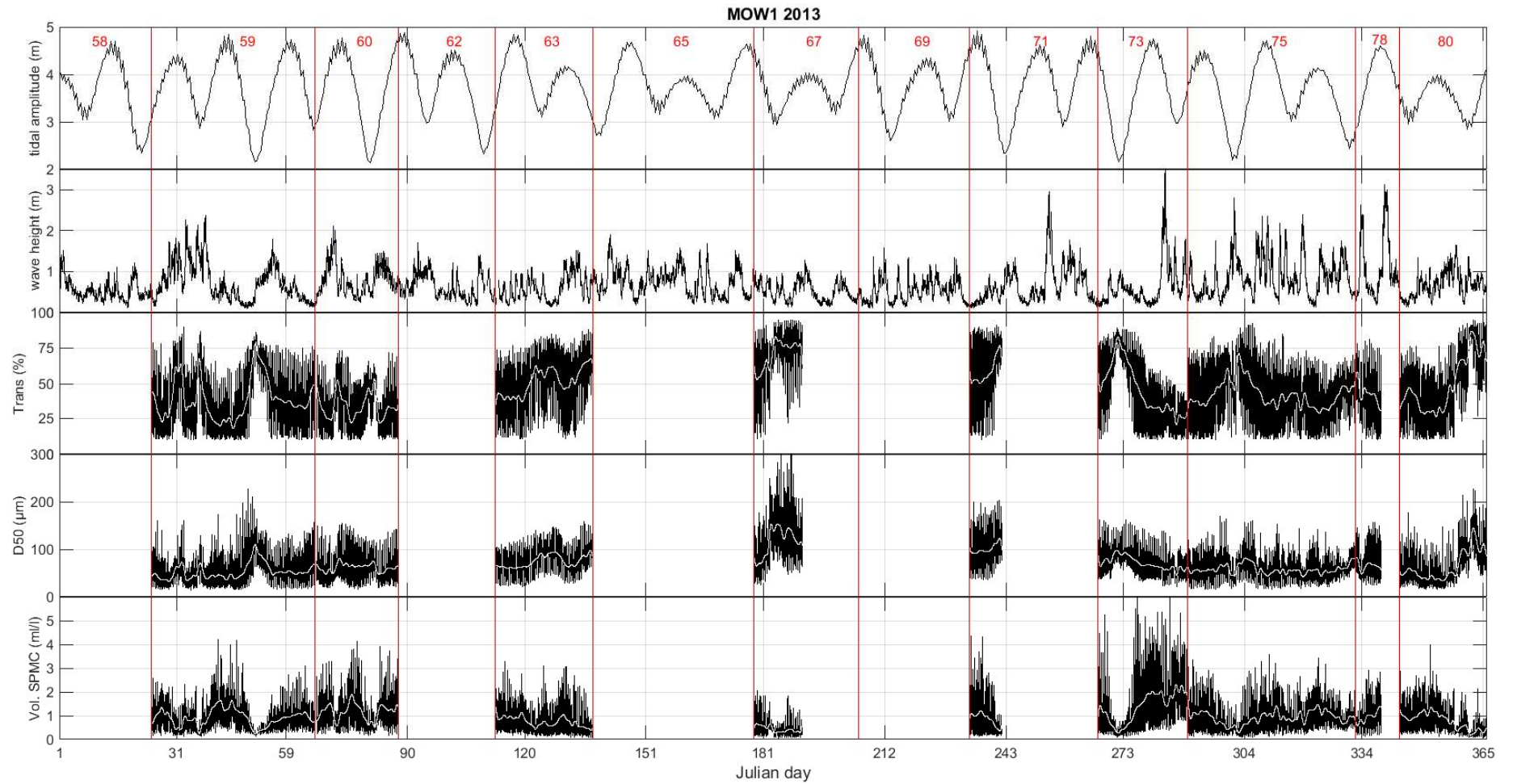


Figure 2.11k: Long-term LISST measurements in 2013 at MOW1. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

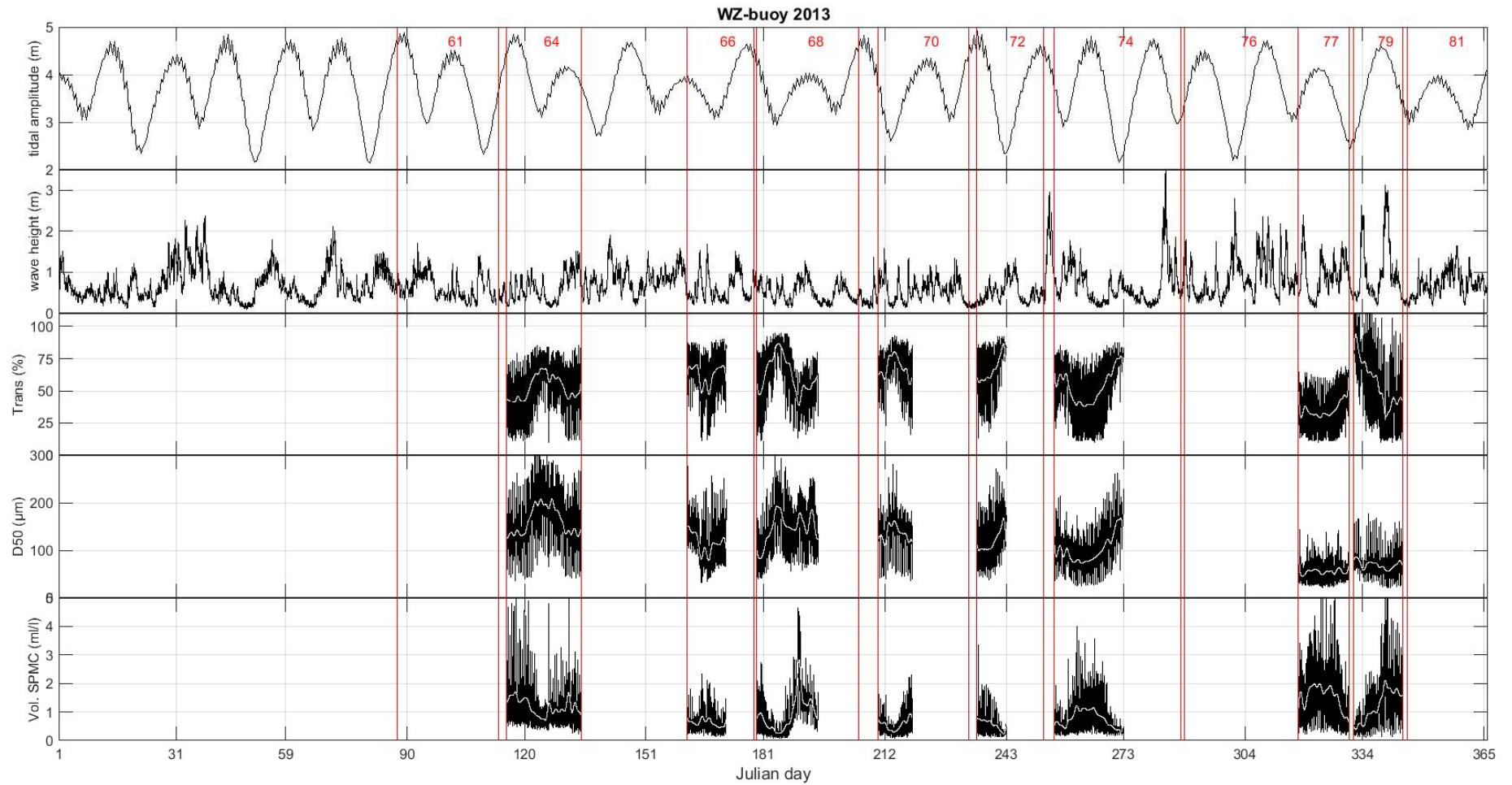


Figure 2.11l: Long-term LISST measurements in 2013 at WZ-buoy. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

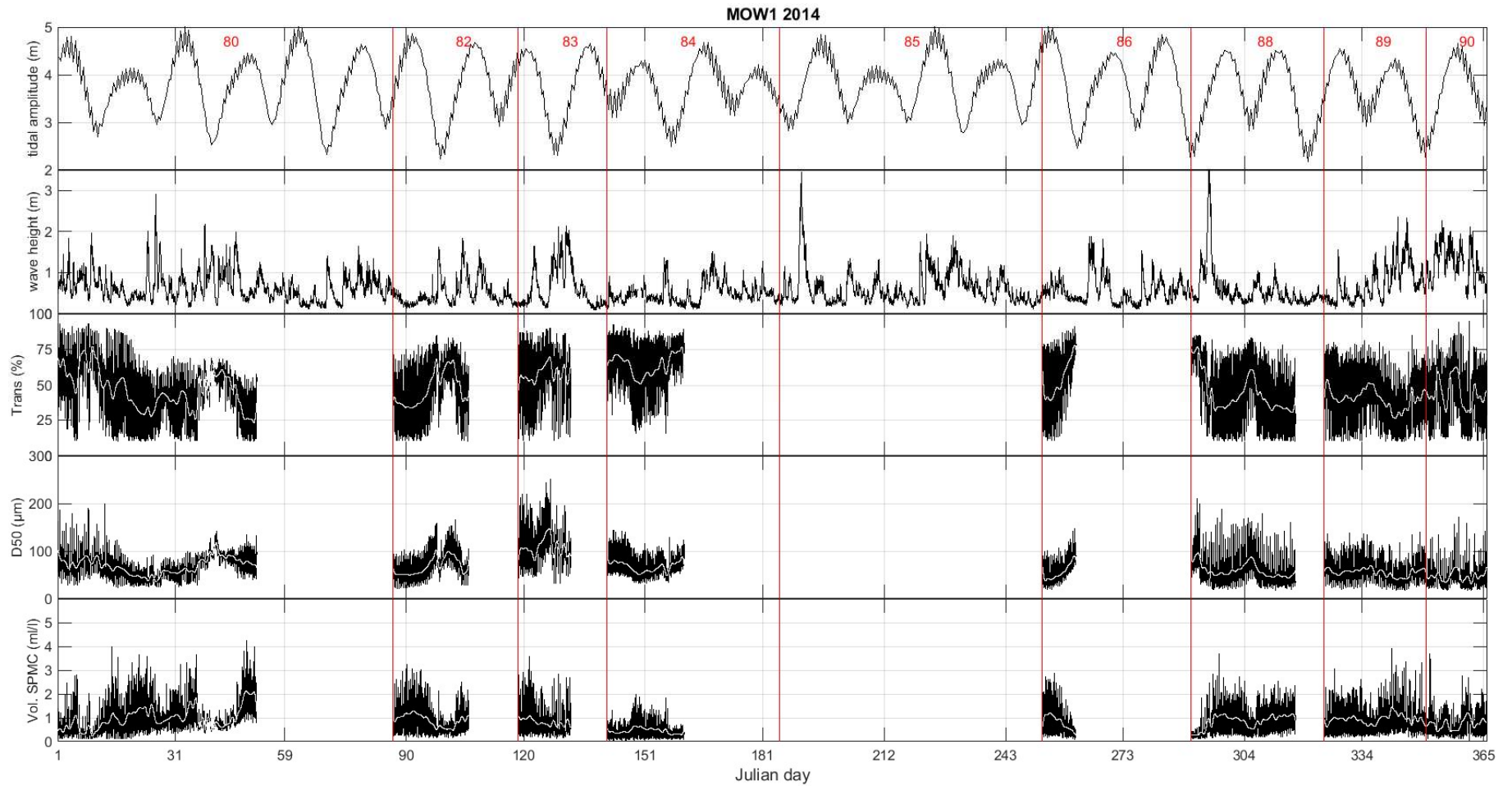


Figure 2.11m: Long-term LISST measurements in 2014 at MOW1. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

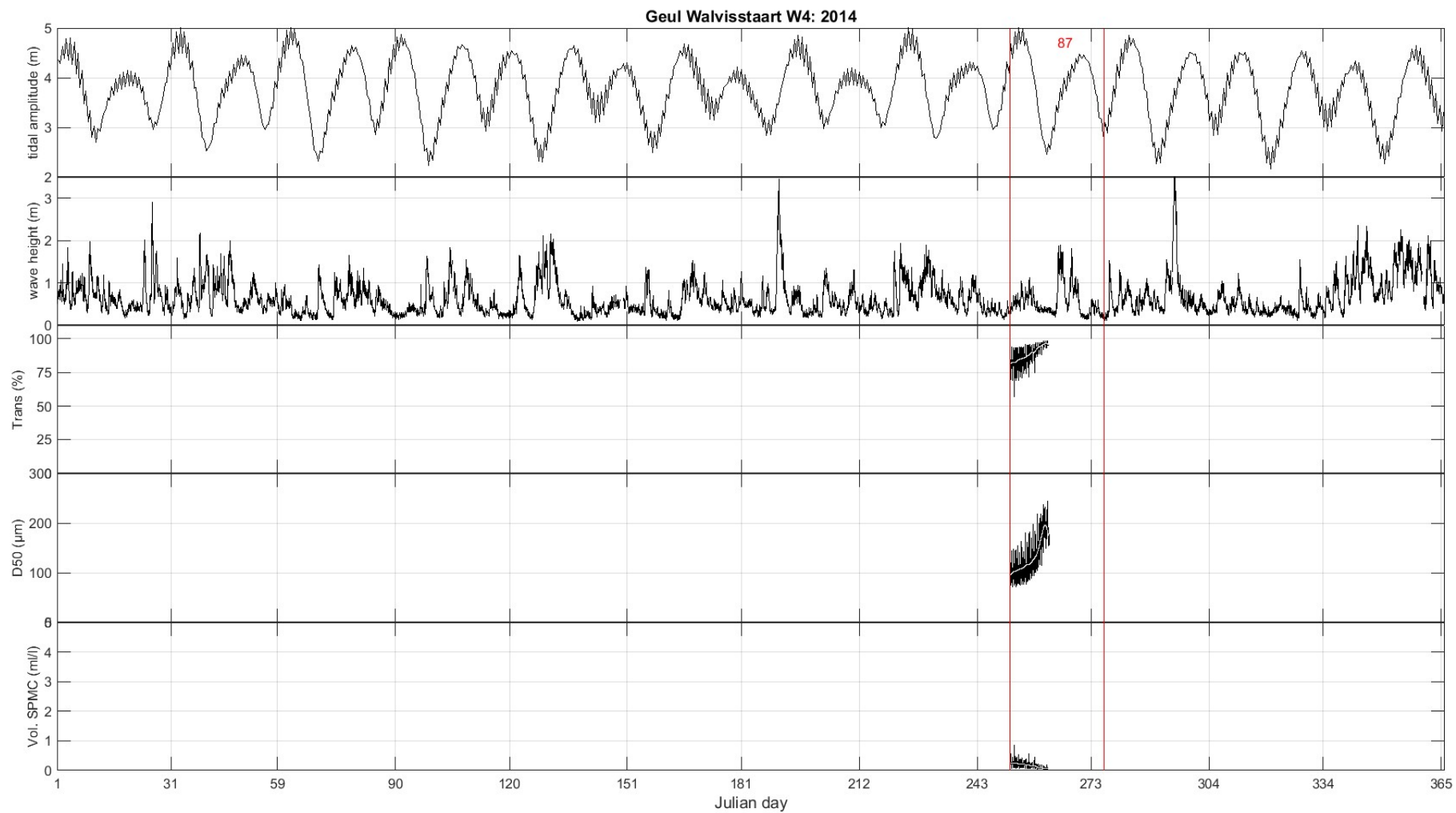


Figure 2.11n: Long-term LISST measurements in 2014 at Geul Walvisstaart (GvW4). Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

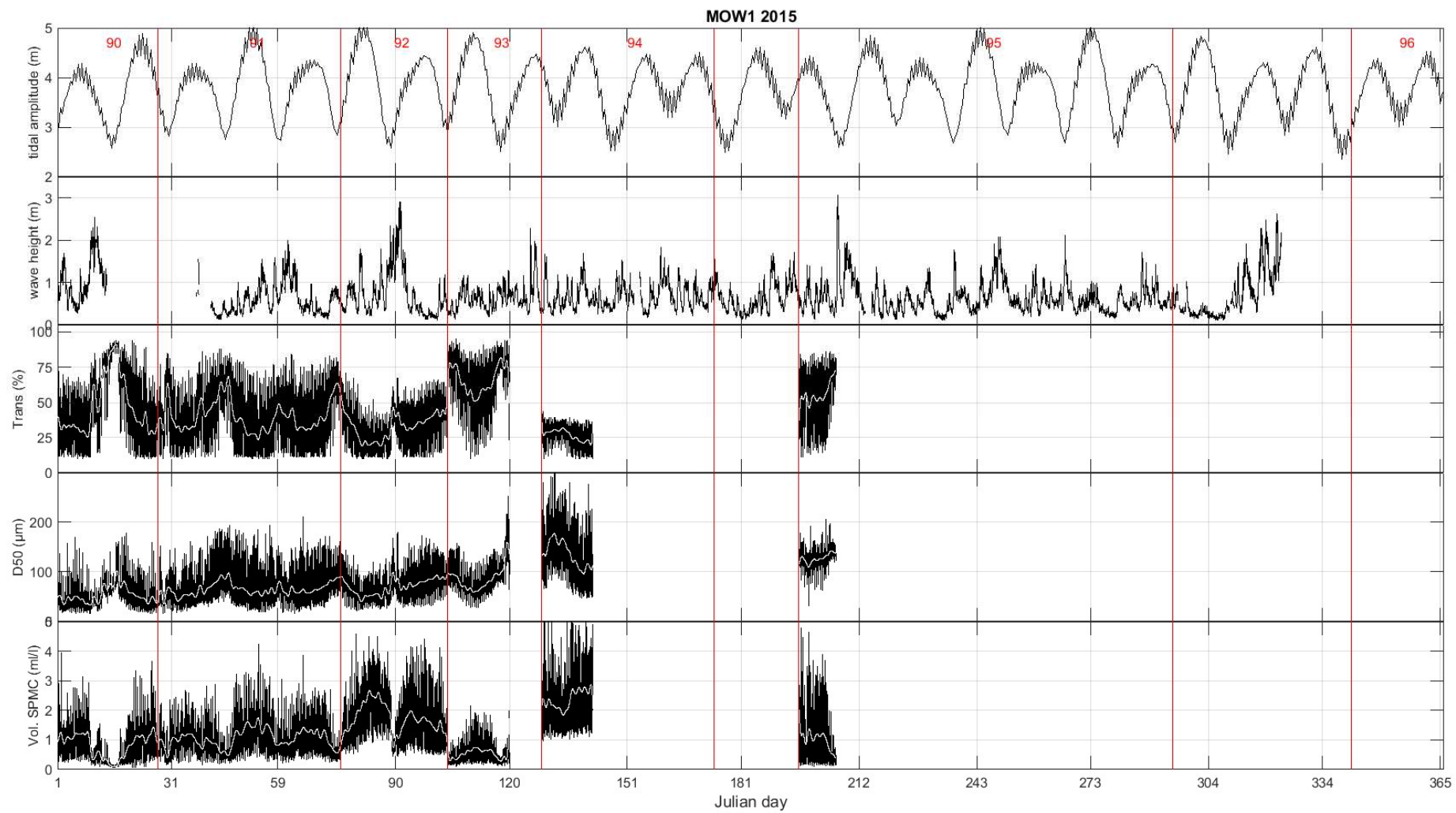


Figure 2.110: Long-term LISST measurements in 2015 at MOW1. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

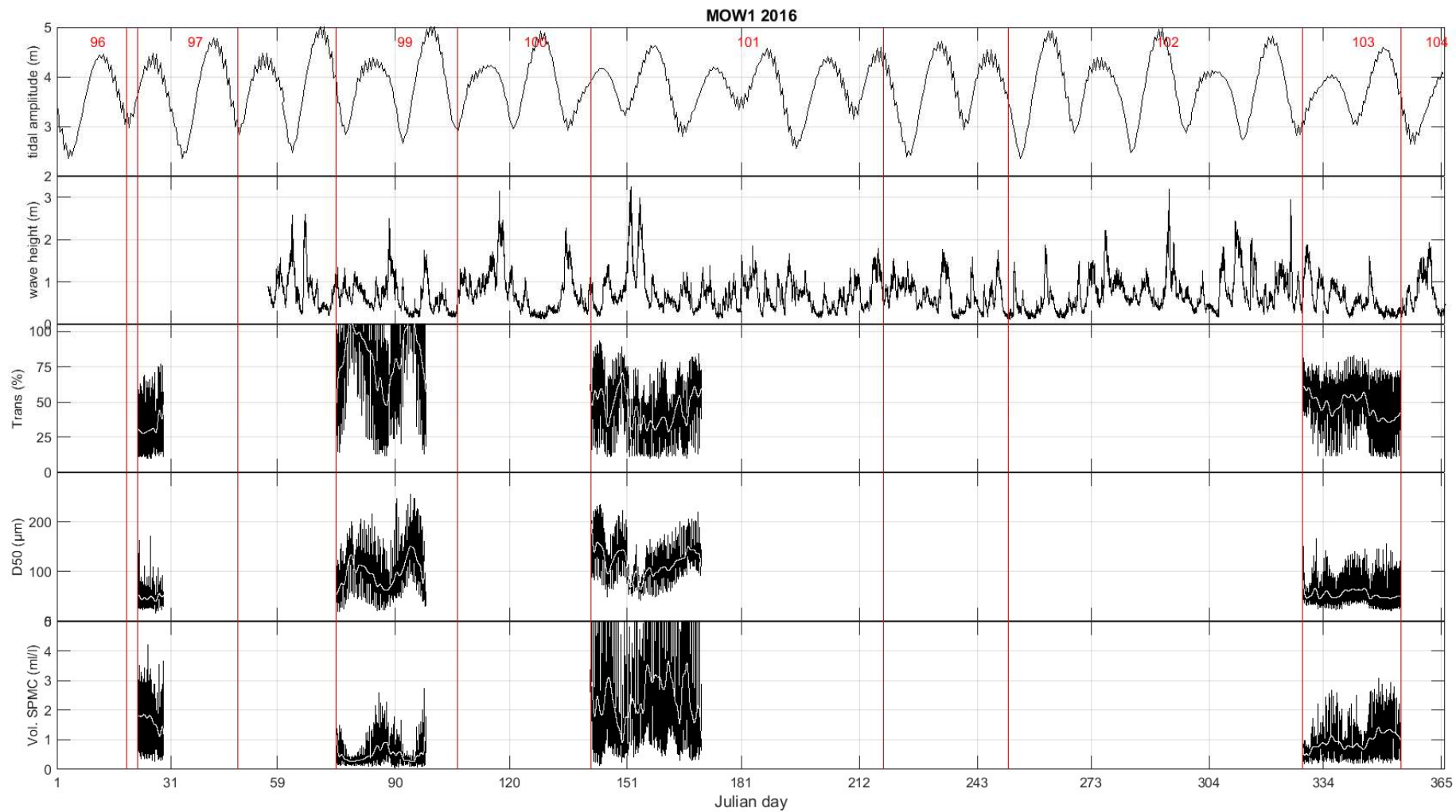


Figure 2.11p: Long-term LISST measurements in 2016 at MOW1. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

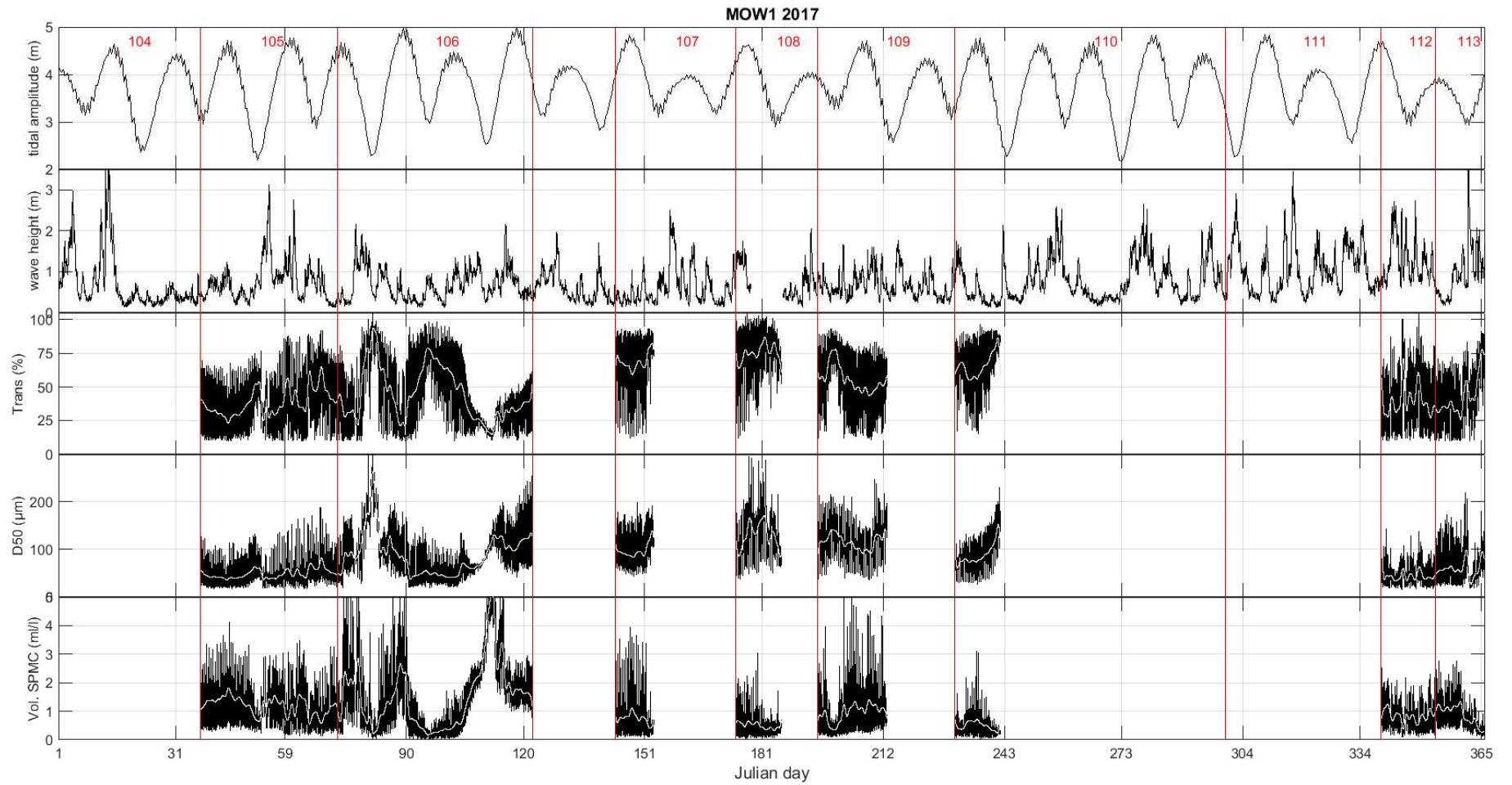


Figure 2.11q: Long-term LISST measurements in 2017 at MOW1. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

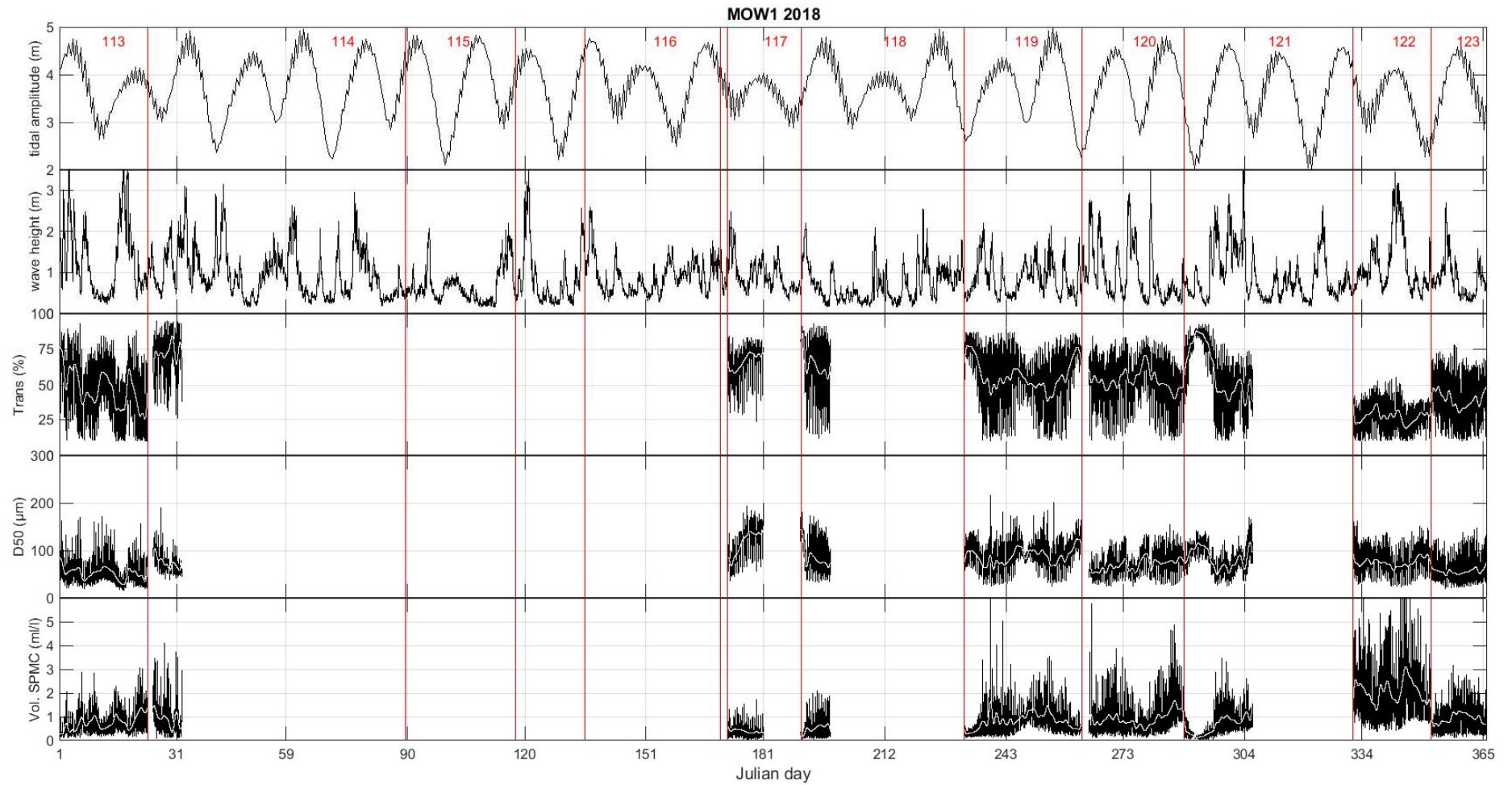


Figure 2.11r: Long-term LISST measurements in 2018 at MOW1. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

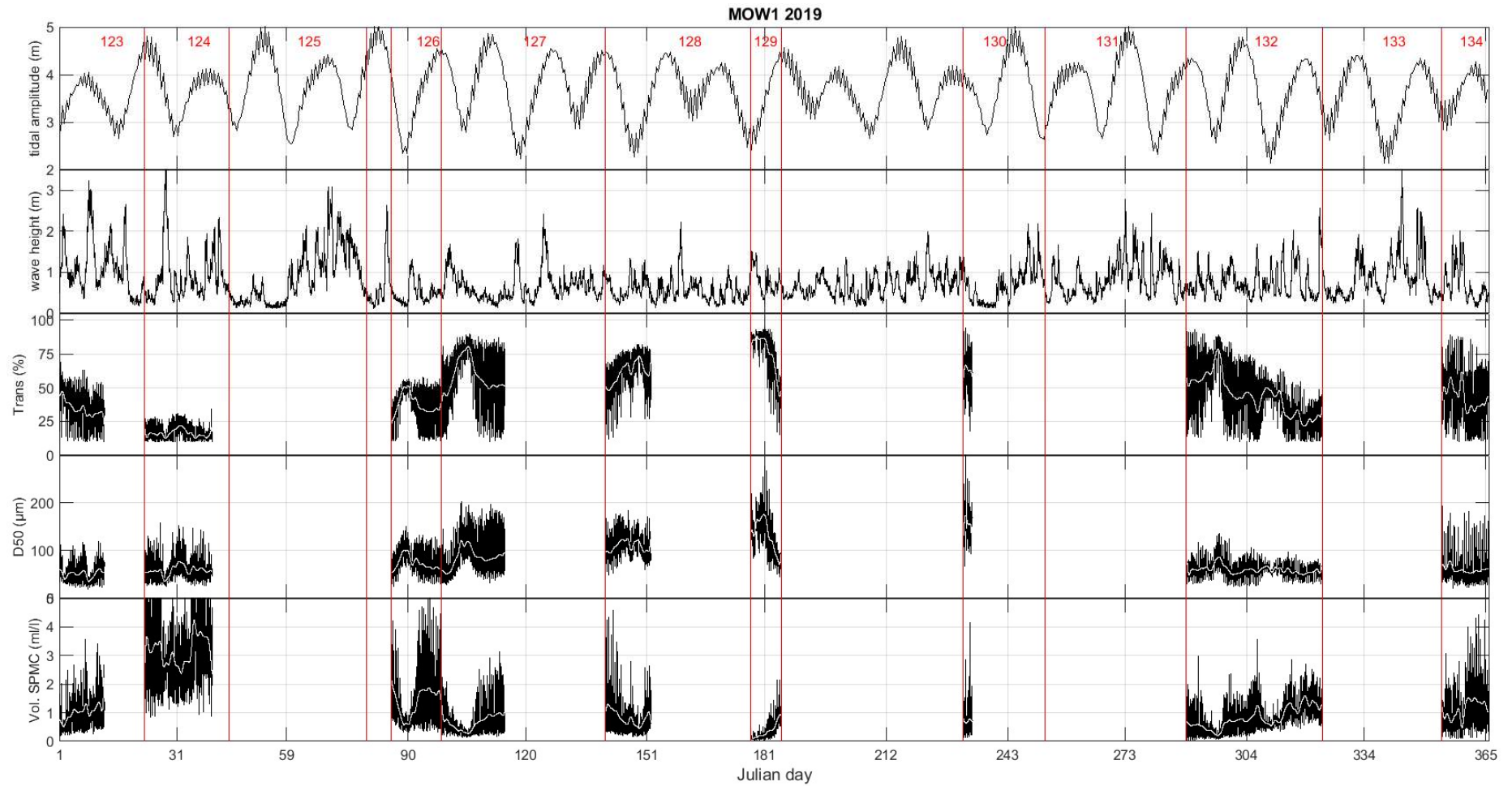


Figure 2.11s: Long-term LISST measurements in 2019 at MOW1. Shown are the deployment number, the harmonic tidal signal at Zeebrugge, the significant wave height at A2-buoy, transmission, median particle size and volume SPM concentration. The suspect data have been removed.

3. Implementatie van een Sensor Observation Service (SOS) voor een FAIRe verspreiding van data

The amount of scientific data produced every day is massive so there is a strong need to organize those data and to set up data infrastructure for an efficient use and share of those data. Open access data, FAIRness (Findable, Accessible, Interoperable and Re-usable) and INSPIRE-compliance are increasingly becoming the norm for (environmental) data management and publication. Behind complex topics such as FAIRness and INSPIRE-compliance there is a simple idea: “Collect Once, Use many times”. Data collected today must be well stored, documented and published in order to increase the knowledge extraction from it and to allow for an efficient re-use of those data in the future. Efficient publication workflows are already in place for several years, for instance in the framework of international projects such as SeaDataNet but they are mainly focused on the publication of point data. With the multiplication of sensors deployment in monitoring campaigns, the new challenge is to publish time-series efficiently using state-of-the-art technologies. The Royal Belgian Institute of Natural Sciences, with his many monitoring project and environmental obligations, must start to implement modern and interoperable data sharing technologies.

The MOMO project has been deploying sensors in the Belgian Part of the North Sea for the last two decades (see chapter 2). The amount of valuable data is considerable and stands nowadays in online text repositories that are not interoperable. The full potential of those data exists only thanks to the good knowledge and expertise of the scientists involved in the project. The risk of knowledge loss when those scientists will stop working on the project is significant as the data are only scarcely described by metadata.

The objective of this work is to experiment the merit of implementing an Open Geospatial Consortium Sensor Observation Service (OGC SOS) for the online publication of environmental time-series data. Time-series and sensors information must be made available online and stored efficiently with all the necessary metadata information for future re-use. Data should be accessible in an interoperable and INSPIRE-compliant format (i.e. XML for machine-to-machine communication) as well as in a human readable format (e.g. csv). Four sensors fall in the scope of this project, namely the Acoustic Doppler Profiler (ADP), the LISST, the optical Backscatter Sensor (OBS) and the Acoustic Doppler Velocimeter (ADV).

Furthermore, the OGC SOS needs to be integrated in the existing (meta)data infrastructure developed by the Belgian Marine Data Centre (BMDC) team for a good dissemination of the information and an efficient use of the available (meta)data management systems within the Institute.

3.1. What is a Sensor Observation Service?

The OGC SOS is a standard defined by the Open Geospatial Consortium (OGC) to share sensors data via a web-service with relevant metadata. (Meta)data are shared in an interoperable format (XML or JSON) for machine-to-machine communication and easy data aggregation.

The SOS implementation chosen for this project is the 52North SOS implementation that has the considerable advantage of providing a complete open-source solution for SOS standard. There is a SOS web client that creates the database with the correct structure, allows for standard SOS operations (e.g. create sensor, download observation, etc.) and a web application for the visualization and download of the time-series. Once the SOS concept has been understood, the implementation of such project is quite straightforward.

3.2. Sensor Observation Service as a Download service

Figure 3.1 shows a synthetic view of the system implemented for the publication of the MOMO datasets.

- Metadata (blue arrows)

Dataset metadata is created by the data manager in the Data Inventory and Tracking system (DITS). Information such as title, abstract, time extent, spatial extent, lineage etc. are entered in the system and automatically published as an INSPIRE-compliant xml format in the institute metadata catalogue (metadata.naturalsciences.be). Those metadata are harvested by the National metadata catalogue and different European metadata catalogue (INSPIRE and OpenData) for a large dissemination of the information. (see <http://metadata.naturalsciences.be>).

- Data (green arrows)

The time-series are injected in a PostgreSQL database (named SOS database in the diagram). Along with the numerical value, SI unit, observed property, spatial coordinate, sensor ID are stored in the database. Those time-series are made available via different channels.

The first one uses the open-source OGC SOS API developed by the 52North company. The user front-end is a map with a representation of the different stations where time-series are available. The users can select the interesting properties, visualize them on a diagram and download it in a csv format. (see <https://ears.bmdc.be/52n-sos-webapp/static/client/helgoland/index.html#/map>)

The second one uses the open source OGC geoserver web-app which is meant for pre-defined datasets download. A download link is created in the metadata file in the institute metadata catalogue and the user can download the entire dataset at once without the possibility to view the data or perform a sub-sampling first.

The third one uses the 52North SOS graphical User Interface which is a web page that uses the different SOS operations available to query the database. It is the most complex way of accessing the data but also the most flexible way to query the database. Datasets can be defined based on properties, locations, time extent or sensor ID in a RESTful way, which is very convenient for data sharing.

- Sensor data (red arrows)

Fundamental sensors information such as sensor model, calibration information, measured property definition and precise location information are stored in the database along with the data, ensuring that all the necessary information for future data use and interpretation are properly stored. The data manager creates a description of the sensor using the SensorML format (another interoperable OGC format). This information can then be shared via the metadata file.

3.3. Discussion on the use of Sensor Observation Service

3.3.1. *Populating the database*

The first step in the creation of such a project is to install the SQL database and populate it with the time-series. The original data is stored in multiple text files (csv) in a repository and sorted by sensors (ADP, LISST, ADV and OBS). To fit those data in the SOS database, there is a need to divide the data into different datasets, according to the dataset definition of the SOS. A dataset is a group of time-series measured by one sensor at a certain location. This definition is easy to apply for “isolated” time-series, i.e. time-series that has a value on its own (e.g. salinity at MOW1). The measurements obtained during different campaigns can

Sensor Observation Service -> Download service

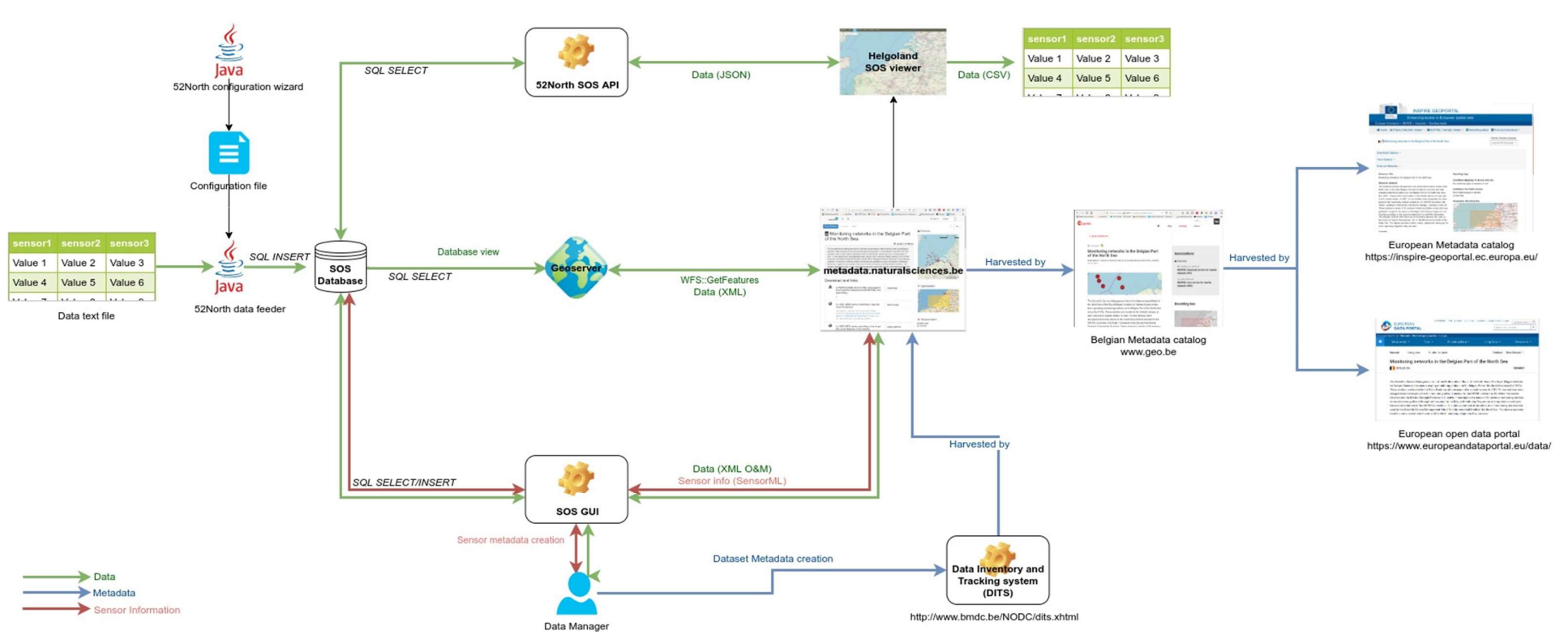


Figure 3.1: Data publishing workflow as an INSPIRE-compliance download service from the text file up to the metadata publication.

be grouped and published under a single dataset which is quite convenient for future use and download (e.g. Download all salinity measured at MOW1 between 2010 and 2018). Data can be made available in INSPIRE-compliant XML format and thus shared in international repositories quite effortlessly.

However, some sensors such as the Acoustic Doppler Profiler (ADP) create a whole bunch of time-series that have mostly a value as a group. The ADP scan multiple cells (70+) at different distance around the sensor. The scientific interest is in the study of all the signal at once, not the value of a single cell. There is a strong need to keep all those time-series together, which is not really the mean of SOS. Furthermore, the parameters change quite regularly when the sensor is deployed, cells size and location change over the year which means it is not possible to group those time-series under a single dataset. There is therefore a multiplication of the number of datasets for a single sensor at a single location. The merit of a SOS database is therefore very limited for this kind of sensors and it should be kept for more general time-series. ADP data files should be stored in a file-based system with all the needed metadata (Sensor ID, location, time span, etc.) and an efficient search engine. This logic applies for all sensors generating multiple time-series.

3.3.2. Inter-operability and performances

The main objective of the OGC SOS is to achieve interoperability. This is done by the 52North SOS implementation which provides data in an INSPIRE-compliant XML format. Pre-defined datasets can be selected in the database and shared via a simple URL. This is a very handy way to share the data with interested users.

However, there are still some performance issues for (very) large datasets. The MOMO project has created time-series that last over 15 years with a time span of a minute. Those hundreds of thousands of points are not suitable for INSPIRE-compliant (Observation and Measurement XML) encoding due to bandwidth and memory issues. The use of JavaScript Notation Object (JSON) is being studied to improve the sharing of long time-series but it hasn't been studied in this project. Although not interoperable, the share of very long time series is done using simple csv files.

3.3.3. FAIRness and INSPIRE-compliance

INSPIRE-compliance will be mandatory for monitoring data by the end of 2020. Although the directive was adopted in 2008 there remains open questions about the best way to publish long time-series. To achieve the compliance a complete environment must be created for metadata creation and publication, data transformation and data publication. Most of the work is done by now as the official RBINS metadata catalogue is online (geonetwork) with INSPIRE-compliant metadata and multiple data repositories are published via this metadata catalogue (e.g. IDOD point data for MSFD, Marine Spatial Plan with geoserver, etc.). The addition of a Sensor Observation Service to the already existing spatial data infrastructure might prove to be an efficient way of publishing data as the entire database is automatically available in an INSPIRE-compliant way. For the MSFD reporting, which was the first reporting that had to be fully compliant, part of the transformation and publication of the data had to be performed manually, which can quickly represent a lot of work. The SOS system would ease the publication of small datasets.

4. Referenties

- Agrawal Y, Pottsmith H. 2000. Instruments for particle size and settling velocity observations in sediment transport. *Marine Geology* 168, 89–114.
- Arndt S, Lacroix G, Gypens N, Regnier P, Lancelot C. 2011. Nutrient dynamics and phytoplankton development along an estuary coastal zone continuum: A model study. *Journal of Marine Systems* 84, 49-66.
- Backers J. 2002. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes. SEBAB-II 2001-2002. BMM-MDO/BELGICA/SEBAB-II/Rapport 2002, 78pp.
- Backers J. 2003. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes. SEBAB-III 2002-2003. BMM-MDO/BELGICA/SEBAB-III/Rapport 2003, 81pp.
- Backers J. 2004. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes MOMO – 2003/2004. BMM-MDO/BELGICA/MOMO/Rapport 2004, 94pp.
- Backers J, Van den Branden R. 2005. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes MOMO – 2005/2006. BMM-MDO/BELGICA/MOMO/Rapport 2005, 96pp.
- Backers J, Van den Branden R. 2006. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes MOMO – 2004/2005. BMM-MDO/2006-39/MOMO/2005-2006, 105pp.
- Backers J, Van den Branden R. 2007a. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes MOMO – 2006/2007 Deel I. BMM-MDO/2007-16/MOMO/2006-2007, 68pp.
- Backers J, Van den Branden R. 2007b. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes MOMO – 2006/2007 Deel II. BMM-MDO/2007-49/MOMO/2006-2007, 49pp.
- Backers J. 2009. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2007/2008. BMM-MDO/2009-34/MOMO/2007-2008, 133pp.
- Backers J, Hindryckx. 2010a. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2008. BMM-MDO/2010-31/MOMO/2008, 114pp.
- Backers J, Hindryckx. 2010b. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2009. BMM-MDO/2010-35/MOMO/2009, 141pp.
- Backers J, Hindryckx. 2011. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2010. BMM-MDO/2011-17/MOMO/2010, 147pp.
- Backers J, Francken F, Hindryckx. 2012. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2011. BMM-MDO/2012-17/MOMO/2011, 129pp.
- Backers J, Francken F, Hindryckx, Vanhaverbeke W. 2013. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2012. OD Natuur-MDO/2013-24/MOMO/2012, 127pp.
- Backers J, Francken F, Hindryckx, Vanhaverbeke W. 2014. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2013. OD Natuur-MDO/2014-10/MOMO/2013, 213pp.
- Backers J, Hindryckx, Vanhaverbeke W. 2016a. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2014. OD Natuur-MDO/2015-05/MOMO/2014, 165pp.
- Backers J, Hindryckx, Vanhaverbeke W. 2016b. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2015. OD Natuur-MDO/2016-03/MOMO/2015, 89pp.
- Backers J, Hindryckx, Vanhaverbeke W. 2017. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2016. OD Natuur-MDO/2017-04/MOMO/2016, 107pp.
- Backers J, Hindryckx, Vanhaverbeke W. 2018. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2017. OD Natuur-MDO/2018-03/MOMO/2017, 169pp.
- Backers J, Hindryckx K, Vanhaverbeke W. 2019. Rapport van de RV Belgica Meetcampagnes en Verankering van Meetsystemen MOMO – 2018. BMM-rapport BMM-MDO/2019-05/MOMO/2018, 169pp.
- Desmit X, Ruddick K, Lacroix G. 2015. Salinity predicts the distribution of chlorophyll a spring peak in the south-ern North Sea continental waters. *Journal of Sea Research* 103, 59-74.
- Dulière V, Gypens N, Lancelot C, Luyten P, Lacroix G. 2019. Origin of nitrogen in the English Channel and Southern Bight of the North Sea ecosystems. *Hydrobiologia* 845, 13–33.

- Fettweis M, Francken F, Pison V, Van den Eynde D. 2006. Suspended particulate matter dynamics and aggregate sizes in a high turbidity area. *Marine Geology* 235, 63-74.
- Fettweis M, Baeye M, Lee BJ, Chen P, Yu JCR. 2012a. Hydro-meteorological influences and multimodal suspended particle size distributions in the Belgian nearshore area (southern North Sea). *Geo-Marine Letters* 32, 123-137.
- 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.
- Fettweis M, Riethmüller R, Verney R, Becker M, Backers J, Baeye M, Chapalain M, Claeys S, Claus J, Cox T, Deloffre J, Depreiter D, Druine F, Flöser G, Grünler S, Jourdin F, Lafite R, Nauw J, Nechad B, Röttgers R, Sotollichio A, Vanhaverbeke W, Vereecken H. 2019. Uncertainties associated with in situ long-term observations of suspended particulate matter concentration using optical and acoustic sensors. *Progress in Oceanography*, 178, 102162.
- 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.
- Howarth MJ, Dyer KR, Joint IR, Hydes DJ, Purdik DA, Edmunds H, Jones JE, Lowry RK, Moffat TJ, Pomroy AJ, Proctor R. 1993. Seasonal cycles and their spatial variability. *Philos. Trans. R. Soc. London A* 343, 383–403.
- Johnston RJ, Semple RK. 1983. Classification using information statistics. In: *Concepts and Techniques in Modern Geography*, 37, GeoBooks, Norwich, UK, 43pp.
- Lauwaert B, Fettweis M, De Witte B, Van Hoesel G, Timmermans S, Hermans L. 2019. Vooruitgangsrapport (juni 2019) over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestortingen (Vergunningsperiode 01/01/2017 – 31/12/2021). RBINS-ILVO-AMT-CD rapport. BL/2019/01, 28pp.
- Mikkelsen O, Curran K, Hill P, Milligan T. 2007. Entropy analysis of in situ particle size spectra. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 72, 615–625.

COLOPHON

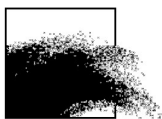
Dit rapport werd voorbereid door de BMM in mei 2020
Zijn referentiecode is .MOMO/9/MF/202005/NL/AR/2

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 mfettweis@naturalsciences.be, met vermelding van de referentie, of te schrijven naar:

Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen
OD Natuur – BMM
t.a.v. Michael Fettweis
Vautierstraat 10
B-1000 Brussel
België
Tel: +32 2 627 41 83

BEHEERSEENHEID VAN HET
MATHEMATISCH MODEL VAN DE NOORDZEE



APPENDIX 1

Bijdragen voor

INTERCOH, 13-17 Oktober, Istanbul (Turkije)

The composition of suspended particulate matter in coastal areas

Michael Fettweis¹, Rolf Riethmüller², Romaric Verney³, Markus Schartau⁴ and Byung Joon Lee⁵

¹ Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Rue Vautier 29, 1000 Brussels, Belgium
E-mail: mfettweis@naturalsciences.be

² Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Institute for Coastal Research
Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht, Germany

³ IFREMER, Laboratoire DHYSED, CS10070, 29280 Plouzané, France

⁴ GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel, Germany

⁵ Department of Construction and Environmental Engineering, Kyungpook National University
2559 Gyeongsang-daero, Sangju, Gyeongbuk, South Korea

The seasonal dynamics of Suspended Particulate Matter (SPM) along the cross-shore gradient, from the coastal zone to the offshore has attracted considerable attention in recent years (e.g. Maerz *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2017; Fettweis & Lee, 2017; Shen *et al.*, 2018). SPM incorporates inorganic minerals of physico-chemical and of biogenic origin and it embeds living and non-living organic matter (OM). The increase of the OM content of the SPM with decreasing SPM (see Figure 1) and to a first order with distance from the coast is a known general feature (Schartau *et al.*, 2019). Based on water sample Loss-on-Ignition (LoI) and SPM data from the German Bight, Schartau *et al.* (2019) have devised an analytical model for estimating fractions of inorganic and two types of OM as a function of SPM. Applied to satellite SPM, the model provided insights into temporal and spatial variations in SPM and OM features across the German Bight. However, the model does not resolve how the OM is composed of preserved or refractory and labile portions. Their ratios vary due to the seasonal formation and decay of fresh organic matter by algae bloom and bacterial activity (Ittekkot, 1988; Keil *et al.*, 1994). The labile fraction is one control of the SPM transport features as it is linked with the occurrence of transparent exopolymeric particles (TEP) (e.g. Alldredge *et al.*, 1993). TEPs may act as biological glue increasing particle stickiness during aggregation, thereby enhancing the formation of larger flocs with larger settling velocities (e.g. Fettweis *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2019). As an example, nearshore data from the Belgium coast show that Chl-a is high between March and September with the prominent algae bloom in spring and with a secondary peak in summer and low during winter (Figure 2a). The particulate organic carbon (POC) content in the SPM shows little variation over the whole year, except during the spring bloom when the POC content also increases. The POC here includes some persistent fraction of OM. This fraction remains unvalued by Chl-a data that may act only as a proxy for the labile fraction of the OM. The labile fraction is subject to seasonal build-up and decay of fresh OM, e.g. during algal growth or during degradation by bacteria. The “freshness” of the OM, as indicated by the Phaeophytine /Chl-a ratio, is lower in winter compared to the rest of the year, Phaeophytine being associated with decaying Chl-a (Figure 2b).

The aim of the present study is twofold. Firstly, we want to validate the Schartau *et al.* (2019) model with LoI and POC data from other areas. Secondly, we want to investigate how the labile fraction of the OM, as calculated by the model, is correlated with Chl-a and the concentrations of Phaeophytine and TEP to allow model refinements and to generate improved data sets, resolving spatio-temporal characteristics of those OM components that are relevant for the near-shore SPM dynamics and element cycling.

References

- Allredge A.L., Passow U., Logan B.E., Howarth M. (1993). The abundance and significance of a class of large, transparent organic particles in the ocean. *Deep Sea Res.* 40, 1131–1140.
- 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. Oceans* 119, 1911–1926.
- Fettweis M., Lee B.J. (2017). Spatial and seasonal variation of biomineral suspended particulate matter properties in high-turbid nearshore and low-turbid offshore zones. *Water* 9, 694.
- Ittekkot V. (1988). Global trends in the nature of organic matter in river suspensions. *Nature* 332, 436–438.
- Keil R.G., Montluçon D.B., Prah F.G., Hedges J.I. (1994). Sorptive preservation of labile organic matter in marine sediments. *Nature* 370, 549–552.
- Lee B.J., Kim J., Hur J., Choi I.H., Toorman E., Fettweis M., Choi, J.W. (2019). Seasonal dynamics of organic matter composition and its effects on suspended sediment flocculation in river water. *Water Resources Research* (accepted).
- Li D., Li Y., Xu Y. (2017). Observations of distribution and flocculation of suspended particulate matter in the Minjiang River Estuary, China. *Mar. Geol.* 387, 31–44.

Maerz J., Hofmeister R., van der Lee E.M., Gräwe U., Riethmüller R., Wirtz K.W. (2016). Maximum sinking velocities of suspended particulate matter in a coastal transition zone. *Biogeosci.* 13, 4863-4876.

Schartau M., Riethmüller R., Flöser G., van Beusekom J.E.E., Krasemann H., Hofmeister R., Wirtz, K. (2019). On the separation between inorganic and organic fractions of suspended matter in a marine coastal environment. *Prog. Oceanogr.* (in press).

Shen X, Toorman EA, Lee BJ, Fettweis M. (2018). Biophysical flocculation of suspended particulate matters in Belgian coastal zones. *J. Hydrol.* 567, 238-252.

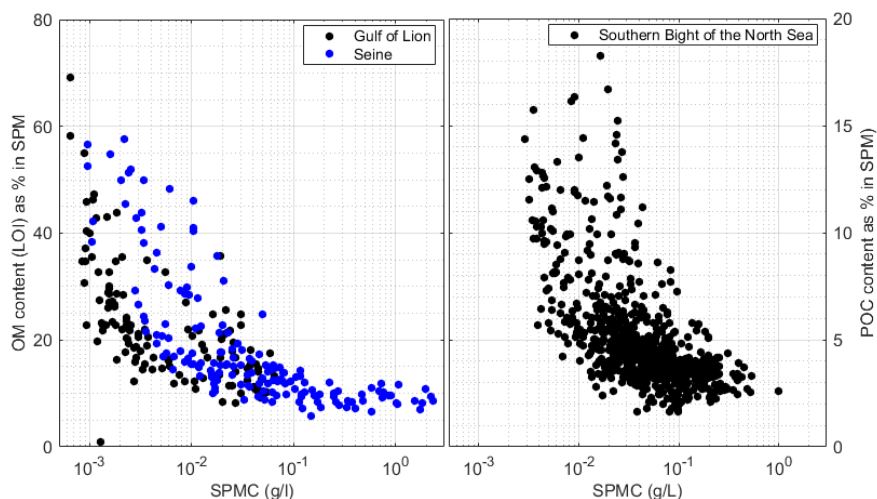


Fig. 1. Organic matter content in the SPM from determined through Lol (left) and element analysis (right). Both data set show that largest variation in organic matter content occurs at low SPMC.

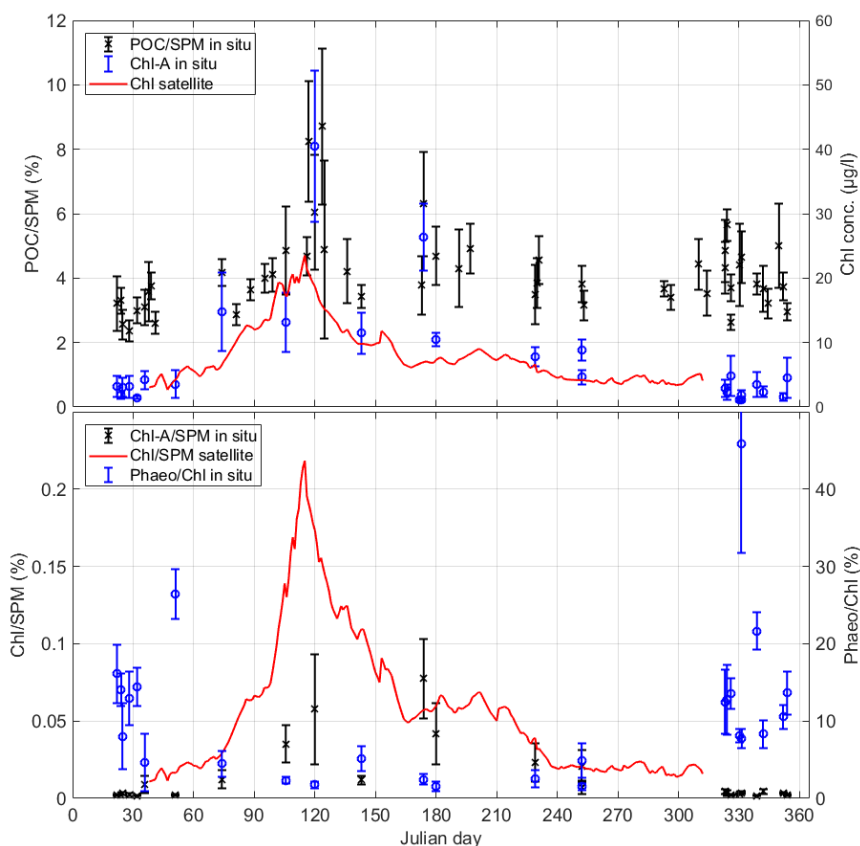


Fig. 2. Seasonal variation of the OM (above) and the Chl and Phaeophytine content of the SPM (below) derived from water samples taken in the Belgian nearshore in 2000-2018. Each dot and errorbar represents the mean and standard deviation of 13 samples taken during a tidal cycle. The solid line is the surface Chl concentration derived from MERIS satellite over the period 2002-2012.

Application of a Bayesian Method for Investigating the Probability and Uncertainty of a Two-Class Flocculation Kinetic Model

Byung Joon Lee^{1,3}, Qilong Bi^{2,3}, Erik Toorman³, Michael Fettweis⁴, and Byoung Kwan Lee⁵

¹ Department of Disaster Prevention and Environmental Engineering, Kyungpook National University
2559 Gyeongsang-daero, Sangju, Gyeongbuk, South Korea
E-mail: bjlee@knu.ac.kr

² Flanders Hydraulics Research, Berchemlei 115, 2140 Antwerp, Belgium

³ Hydraulics Laboratory, Department of Civil Engineering, Katholieke Universiteit Leuven,
Kasteelpark Arenberg 40, B-3001, Leuven, Belgium

⁴ Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Rue Vautier 29, 1000 Brussels, Belgium

⁵ Marine Research Center, Korea National Park Service, Bangnamhoe-gil 1, Yeosu-si, South Korea

Many cohesive sediment transport models adopt empirical flocculation equations based on the correlation between settling velocity (or floc size) and hydrodynamic and biochemical conditions of the water. Those empirical flocculation equations are robust in computation, but they disregard flocculation kinetics (i.e. time-dependent rate of floc growth and breakup). More realistic cohesive sediment transport model, with adoption of flocculation kinetics based on population balance equations have been developed (Winterwerp, 1998; Verney et al., 2011; Lee et al., 2014; Shen et al., 2018), and have been applied and validated in idealized 0 or 1 dimensional vertical test cases. Recently, Sherwood and coworkers applied and validated a flocculation kinetic and sediment transport model for an estuarine and coastal area (Sherwood et al., 2018). The drawback of flocculation kinetic models is the high complexity generated by the dozen of model parameters, which is the bottleneck for practical, realistic application, especially in large scale application. To the authors' opinion, the flocculation kinetic model parameters should be estimated with great attention, before being adopted to large-scale, multi-dimensional simulation. Various curve-fitting methods, such as linear, non-linear regression and genetic algorithm, are available for parameter estimation. Those curve-fitting methods find a specific set of the best-fit model parameters, but they can hardly estimate the probability and uncertainty of the model parameters. Bayesian methods instead have been applied not only to find the best-fit parameters but also to investigate the probability and uncertainty of and the correlation between model parameters. Throughout this research, we applied and tested a Bayesian method coupled with a flocculation kinetic model, and thus we could explore a highly complex flocculation kinetic model in a systematic manner.

A 1DV cohesive sediment transport model, with adoption of a two-class flocculation kinetic equation, was coupled with a Bayesian method (Vrugt, 2016). Experimental data measured in the Belgian coastal area were applied to parameter estimation of the flocculation kinetic and sediment transport model (Fettweis et al., 2014). The aggregation efficiency factor (α), breakup efficiency factor (E_b), breakup exponent constant (q), fractal dimension (D_f), erosion rate constant (M), and critical shear stress ($\tau_{c,c}$) were selected as the curve-fitting parameters. Four thousands numerical simulations were performed with different sets of the model parameters, based on the Markov chain Monte Carlo theory. Afterwards, the simulation results were statistically analyzed regarding their probability, uncertainty and correlation. As shown in Figure 1, each parameter composes a statistical distribution with their median and standard deviation, indicating the most probable value and the uncertainty of a parameter. The Bayesian method also show the correlation between the model parameters. For example, the correlation between the aggregation efficiency and breakup efficiency factors (α and E_b) and between erosion rate constant and critical shear stress (M and $\tau_{c,c}$) could be identified by the Bayesian method. Therefore, the Bayesian method gives us better insight into the complex flocculation kinetic model, regarding the parameters' probability and uncertainty and the correlation between model parameters. The Bayesian method combined with the 1DV flocculation kinetic and cohesive sediment transport model will be further applied to various measured data sets in different seasonal and spatial conditions. The Bayesian method will eventually help us understand flocculation kinetics and set a realistic, rigorous cohesive sediment transport model.

DREAM_(ZS): MARGINAL DISTRIBUTION AND BIVARIATE SCATTER PLOTS POSTERIOR SAMPLES

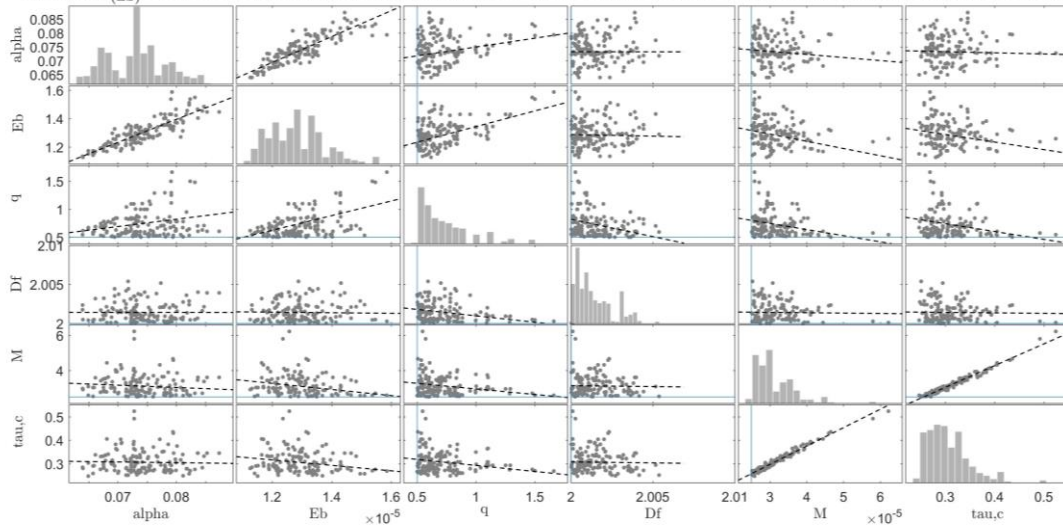


Fig. 1. Histograms of the marginal posterior distribution of the two-class flocculation kinetic model parameters, aggregation efficiency factor (α), breakup efficiency factor (E_b), breakup exponent constant (q), fractal dimension (D_f), erosion rate constant (M), and critical shear stress ($\tau_{c,c}$),

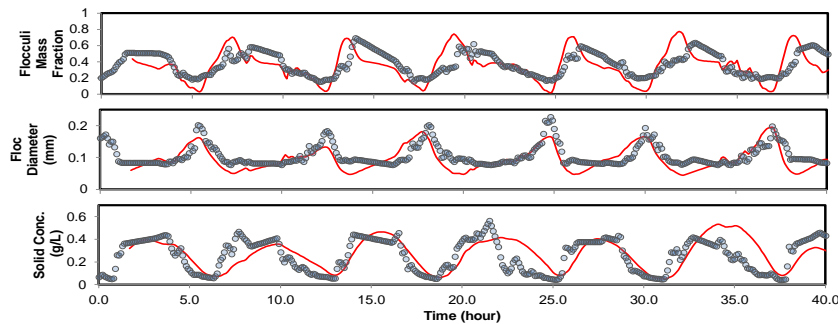


Fig. 2. Simulation result with the best-fit model parameters estimated by the Bayesian method with the 1DV flocculation kinetic and cohesive sediment transport model

Acknowledgement

This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Education (NRF-2017R1D1A3B03035269), and the INDI67 project (Grant No. BR/143/A2/INDI67) through Belgian Science Policy Office (BeISPO, Belgium). This work is partially funded by the Flanders Hydraulics Research, Department of Mobility and Public Works of the Government of Flanders, under the project 18_043.

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. Oceans* 119, 1911–1926.
- Lee B., E. Toorman, and M. Fettweis (2014). Multimodal particle size distributions of fine-grained sediments: mathematical modeling and field investigation. *Ocean Dynamics* 64(3), 429–441.
- Shen, X., E. Toorman, B. Lee, and M. Fettweis (2018), Biophysical flocculation of suspended particulate matters in Belgian coastal zones. *Journal of Hydrology*, 567, 238–252.
- Sherwood, C., A. Aretxabaleta, C. Harris, J. Rinehimer, R. Verney, and B. Ferre (2018). Cohesive and mixed sediment in the Regional Ocean Modeling System (ROMSv3.6) implemented in the Coupled Ocean–Atmosphere–Wave–Sediment Transport Modeling System (COAWSTR1234), *Geosci. Model Dev.* 11, 1849–1871.
- Verney, R., R. Lafite, J. Claude Brun-Cottan, and P. Le Hir (2011), Behaviour of a floc population during a tidal cycle: Laboratory experiments and numerical modelling, *Continental Shelf Research*, 31(10), S64–S83.
- Vrugt, J. (2016). Markov chain Monte Carlo simulation using the DREAM software package: Theory, concepts, and MATLAB implementation, *Environmental Modelling & Software* 75, 273–316.
- Winterwerp, J. (1998), A simple model for turbulence induced flocculation of cohesive sediment, *Journal of Hydraulic Engineering*, 36(3), 309–326.