

# **Langjarige microfytobenthosdynamiek in de Waddenzee uit MODIS Aqua/Terra satelliet remote sensing**

Daphne van der Wal  
(met medewerking van Annette Wielemaker en Adri Knuijt)



Memo  
Yerseke, 23 augustus 2021  
NIOZ Koninklijk Nederlands Instituut voor Zeeonderzoek

## 1. Inleiding en kader

Deltares doet toegepast onderzoek voor RWS-WVL en RWS-NN over de Morfologie van de Waddenzee en Natuurmonitoring. Dit is onderdeel van het KPP project Kennisontwikkeling Morfologie Waddenzee, met als belangrijk onderdeel KRW-Slib.

Het hier gerapporteerde onderzoek is uitgevoerd door NIOZ en draagt bij aan KRW-Slib en aan Natuurmonitoring. Het doel van het onderzoek van het NIOZ is het maken van een tijdreeks met maandelijkse temporele resolutie van de vegetatie-index NDVI die representatief is voor de droogvallende platen/slikken in het Nederlandse deel van de Waddenzee.

Het onderzoek van NIOZ is op 25 november 2020 formeel van start gegaan met een eerder voorbereidend traject, en loopt af in augustus 2021. Aan het onderzoek werkten mee: Annette Wielemaker (technisch assistent GIS), Adri Knuijt (programmeur) en Daphne van der Wal (onderzoek/coördinatie).

## 2. Methode

De methode is gebaseerd op *Van der Wal, Wielemaker en Herman (2010) in Ecosystems\**. De 250 m ruimtelijke resolutie data van MODIS Aqua en MODIS Terra (Surface Reflection Daily L2G Global 250 m SIN Grid V006) zijn gedownload voor verdere bewerking. MODIS Aqua en MODIS Terra zijn optische satelliet sensoren van de USGS/NASA, die dagelijks beelden inwinnen. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de meest recente processing versie (2020, v006) van deze data, zodat de gehele te bestuderen tijdreeks (vanaf 2000/2002 tot en met 2020) intern consistent is. Van een aantal dagen ontbreken beelden (niet aanwezig op de USGS/NASA servers). In totaal zijn 14399 beelden van MODIS Aqua en MODIS Terra in beschouwing genomen.

De analyse is voor MODIS Terra gedaan vanaf maart 2000, en voor Aqua vanaf augustus 2002, omdat de periode ervoor niet of weinig beelden beschikbaar zijn. Voor de jaargemiddelden is Aqua vanaf 2003 en Terra vanaf 2001 bepaald. Voor het bepalen van de seizoenstrend zijn de jaren meegenomen die voor zowel Aqua als Terra beschikbaar zijn, dat wil zeggen de periode 2003 tot en met 2020.

De MODIS 250 m data bevatten atmosferisch gecorrigeerde oppervlakte reflectie in het rood (RR) en nabij-infrarood (NIR) deel van het electromagnetisch spectrum. Uit deze gegevens is een Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) berekend, volgens:  $NDVI = (RNIR - RR) / (RNIR + RR)$ . NDVI neemt toe met toenemende biomassa, dichtheid of gezondheid van fotosynthetiserende organismen. Het is dus een **indicatie** van microfytobenthos, maar opgemerkt moet worden dat de aanwezigheid van bijv. macro-algen, zeegras en (kwelder)vegetatie ook een sterke invloed heeft op de waarde van de NDVI. Daarnaast is de NDVI gevoelig voor o.a. de aanwezigheid van oppervlaktewater en aanwezigheid van schelpdierbanken. In deze studie is de NDVI alleen in beschouwing genomen wanneer  $RR > 0$ ,  $NIR > 0.2$  en als  $NDVI > 0$ ; hiermee worden pixels met overwegend water verwijderd.

De satellietdata bevatten ook informatie over de kwaliteit van de beelden. Deze kwaliteitsvlaggen zijn aanwezig voor de 250 m resolutie data (v250m\_QC, cq MYD09GQ 250m, met aanvullende informatie in de kwaliteitsvlaggen voor de 1000m resolutie data (v1000m\_QC, cq MYD09GA state\_1km state). Een aantal kwaliteitsvlaggen is toegepast op de data, zodat alleen pixels met hoge kwaliteit data in de berekeningen worden meegenomen. De 250m kwaliteitsvlag is geselecteerd voor de beste data kwaliteit van zowel de RR als de NIR band (dat wil zeggen geen "noise or dead detector", geen "correction out of bounds", geen diepe oceaan, en geen wolken, en de zonne-zenith moet kleiner zijn dan 85 graden). Daarnaast zijn pixels met wolkenbedekking, wolkenschaduw en cirrus verwijderd door een selectie van  $v1km\_state\_cloud > 0$ ,  $v1km\_state\_int\_cld > 0$ ,  $v1km\_state\_cirr = 0$  en  $v1km\_MOD35\_snow = 0$ . Deze selectie van vlaggen is voor een aantal beelden geëvalueerd als meest effectieve manier om wolken(schaduw) te elimineren, zonder ook stelselmatig de wadplaten als "wolkenbedekking" af te vlaggen.

Het studiegebied is vervolgens als volgt afgebakend:

- Pixels over **land** zijn verwijderd door gebruik te maken van een polygoon van de Waddenzee.
- Pixels in gebieden **buiten de Nederlandse Waddenzee** (inclusief de buitendeltas en Noordzeekust) worden uitgesloten van de analyse
- Pixels **dicht (<500m) bij de kust** zijn verwijderd door een buffer langs de kustlijn toe te passen
- Pixels in gebieden waarin de maximale **diepte** (uit bathymetrie gegevens Rijkswaterstaat)  $< 2.0m$  of  $> 0.8 m$  NAP zijn verwijderd, en pixels in gebieden met een **droogvalduur** (uit Rijkswaterstaat kaarten 2003-2008 en 2013-2019)  $< 5%$  of  $> 80%$  zijn ook verwijderd.
- Pixels in **zeegrasgebieden** met *Zostera marina* of *Zostera noltii* zijn verwijderd (uit kaarten Rijkswaterstaat, 1991 t/m 2008), als  $\geq 1$  punt in een MODIS cel in een of meer jaren een zeegrasbedekking  $\geq 5%$  had

Uit de overgebleven pixels (Figuur 1) wordt een NDVI maandwaarde berekend en vervolgens gemiddeld over het gehele gebied (WAD&EEMS), de Waddenzee afzonderlijk (WAD) en de Eems-Dollard afzonderlijk (EEMS), met een jaarwaarde als gemiddelde over de 12 maandwaarden. Deze NDVI is een functie van microfytobenthos, zeewier, schelpdieren, kleine plasjes water, en eventuele andere artefacten.



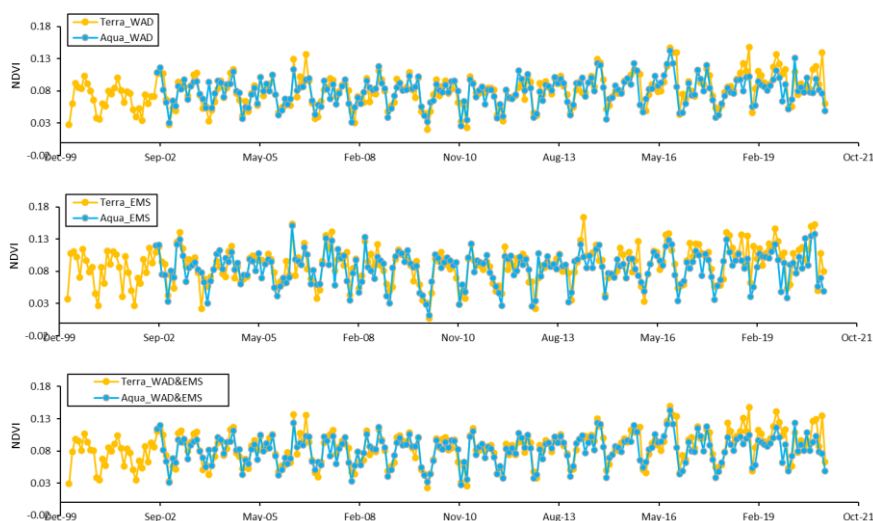
Figuur 1. Droogvallende gebieden die in de analyse zijn betrokken (in geel weergegeven) van de Nederlandse Waddenzee (WAD) en Eems-Dollard (EEMS).

### 3. Resultaten

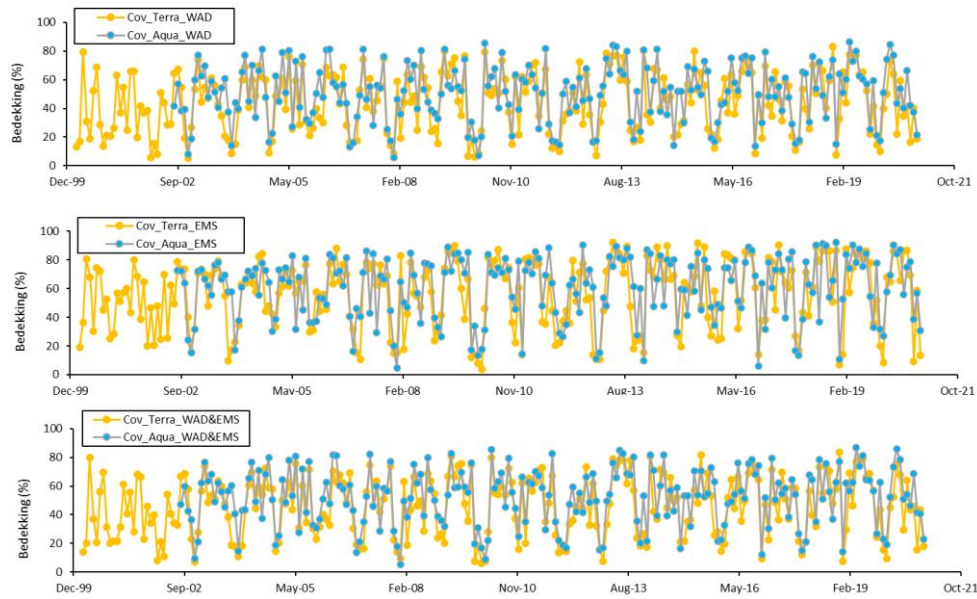
De maandgemiddelden (Figuur 2) en jaargemiddelden (Figuur 4) zijn opgeleverd voor Aqua en Terra. De maandgemiddelden zijn voor veel maanden gebaseerd op slechts een klein deel van het aantal pixels, zoals uit Figuur 3 blijkt, hierdoor zit er een **grote spreiding (fout) op de maandschattingen**.

NDVI uit Aqua en Terra zijn vergelijkbaar, zowel voor de maandgemiddelden (Figuur 5) als voor de jaargemiddelden (Figuur 6). Opvallend is wel een **iets hogere waarde voor Terra dan voor Aqua** (de correlatie tussen de uit Aqua en Terra verkregen informatie is sterk, maar loopt niet volgens een 1:1 lijn). **Aqua heeft een beter bedekkingspercentage** dan Terra (meer pixels per maand waarvoor een observatie is) (Figuur 3 en 8).

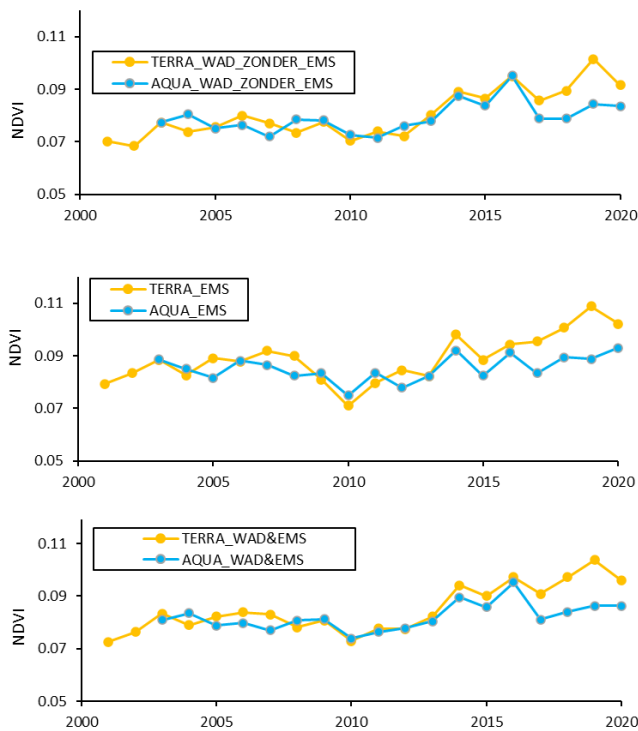
NDVI lijkt in de laatste jaren iets hoger te zijn dan in de eerste periode, en is laag in 2010 (Figuur 4). Er is een sterke seizoensvariatie in de NDVI, met de hoogste maandwaarden in september en de laagste maandwaarden in december (Figuur 7). Zoals hierboven aangegeven gaat het hier om de NDVI, die bepaald wordt door de biomassa van microfytobenthos, maar ook door bijv. macroalgen of kleine plasjes water. De **NDVI is dus niet per se de biomassa van het microfytobenthos**.



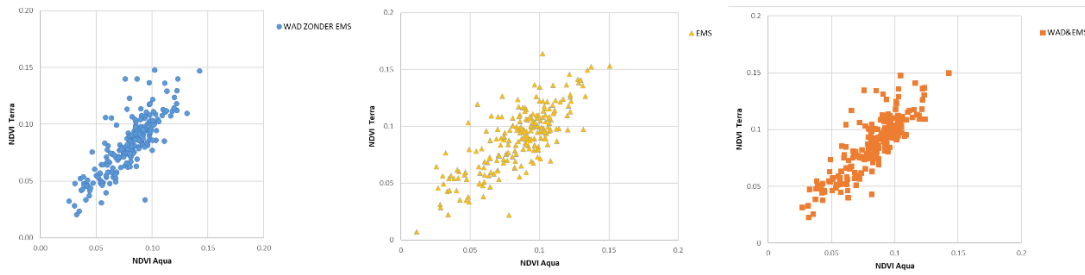
Figuur 2. Maandgemiddelde NDVI voor Aqua en Terra data van de Waddenzee zonder Eems-Dollard, de Eems-Dollard, en de Waddenzee en Eems-Dollard samen.



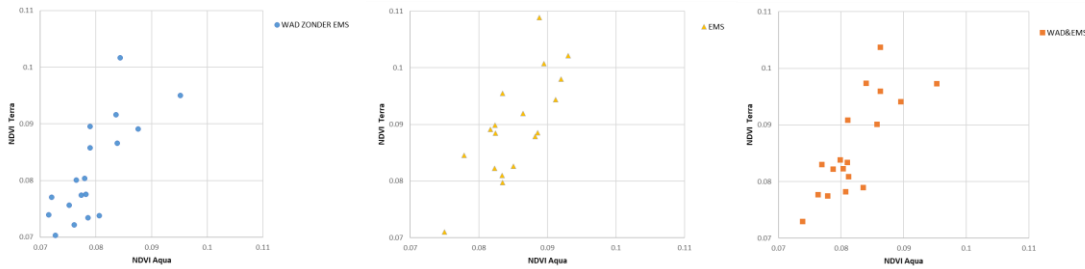
*Figuur 3. Aantal gridcellen met ten minste 1 waarneming: bedekkingspercentage (d.i. percentage pixels met waarden in een maand) voor Aqua en Terra data van de Waddenzee zonder Eems-Dollard, de Eems-Dollard, en de Waddenzee en Eems-Dollard samen. Een lage gemiddelde bedekkingsgraad in een maand kan komen door bijv. beelden of pixels met afgevlagde beeldkwaliteit (bijv. noise, zonnehoek, wolken, water, etc, zie toelichting hierboven) of afwezigheid van beelden.*



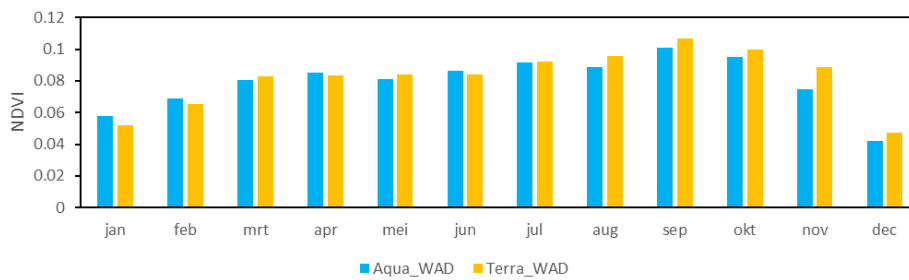
*Figuur 4. Maandgemiddelde NDVI voor Aqua en Terra data van de Waddenzee zonder Eems-Dollard, de Eems-Dollard, en de Waddenzee en Eems-Dollard samen.*



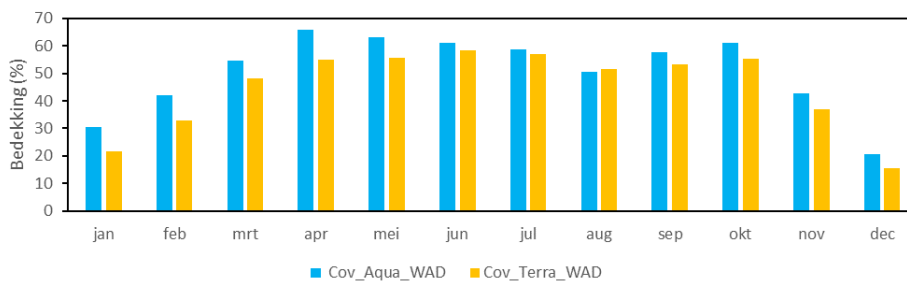
Figuur 5. Relatie tussen NDVI uit Aqua en Terra voor maandgemiddelden, voor de Waddenzee zonder Eems-Dollard, de Eems-Dollard, en de Waddenzee en Eems-Dollard samen.



Figuur 6. Relatie tussen NDVI uit Aqua en Terra voor jaargemiddelden, voor de Waddenzee zonder Eems-Dollard, de Eems-Dollard, en de Waddenzee en Eems-Dollard samen.



Figuur 7. Seizoensvariatie in NDVI voor de Waddenzee zonder Eems-Dollard, op basis van Aqua en Terra data, voor maanden in de periode 2003 tot en met 2020.



Figuur 8. Seizoensvariatie van het gemiddelde bedekkingspercentage van pixels (d.w.z. gemiddeld aantal gridcellen met ten minste 1 waarneming in een maand als percentage) van Aqua en Terra data voor maanden in de periode 2003 tot en met 2020. Een lage gemiddelde bedekkingsgraad in een maand kan komen door bijv. beelden of pixels met afgevlagde beeldkwaliteit (bijv. noise, zonnehoek, wolken, water, etc, zie toelichting hierboven) of afwezigheid van beelden.

\*referentie:

Van der Wal, D., A. Wielemaker-van den Dool & P.M.J. Herman (210). Spatial Synchrony in Intertidal Benthic Algal Biomass in Temperate Coastal and Estuarine Ecosystems. *Ecosystems* 13: 338–351. <https://doi.org/10.1007/s10021-010-9322-9>