

De zeespiegel MOET harder stijgen (deel 1)



Fig.1 De 6 hoofd-getijdenstations van Rijkswaterstaat

Elk jaar, als de jongste zeespiegeldata van het PSMSL binnenkomen, maak ik grafieken van de 6 hoofdstations aan de Nederlandse kust. Daar meet Rijkswaterstaat al sinds mensenheugenis (medio 19^e eeuw) de hoogte van het zeewater. Nog niet zo lang geleden schreef ik een artikel over de data t/m 2020, zie [hier](#). In dat artikel staan fraaie meetreeksen van die 6 stations, vanaf het begin van de metingen in de 19^e eeuw t/m 2020.

In een recent artikel van [Frederikse en Gerkema](#) uit 2018 over multidecadale schommelingen langs de Noordzeekust beperkten de auteurs zich echter tot de Nederlandse data *vanaf 1890*, om te voorkomen dat de ‘*sprong*’ in de zeespiegeldata, die bij Nederlandse peilstations rond 1885 aanwezig is, wordt meegenomen. Ik had die sprong in het vorige artikel al waargenomen in de reeksen van Vlissingen en IJmuiden. Voor alle zekerheid zal ik dus vanaf nu de Nederlandse reeksen *vanaf 1890* gebruiken. De grafieken zien er dan zo uit:

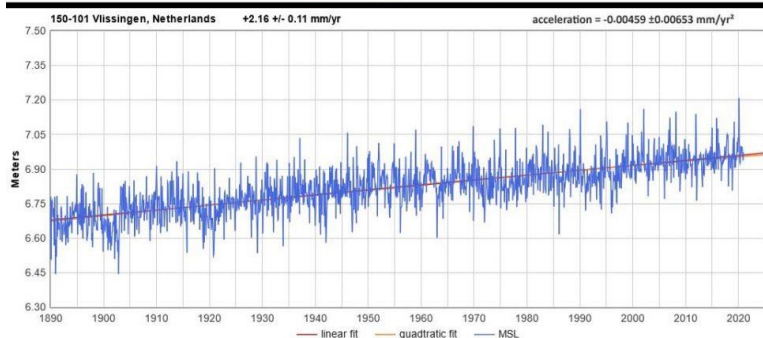
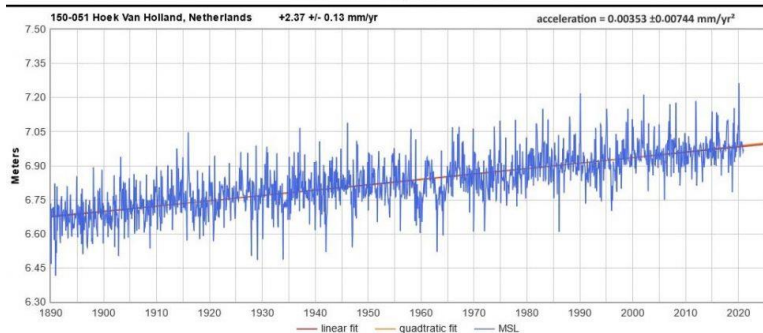
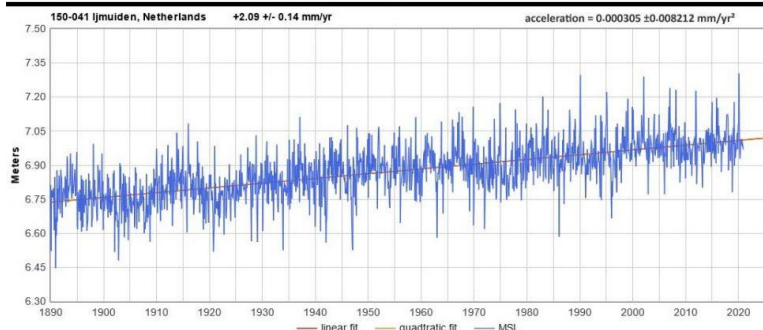
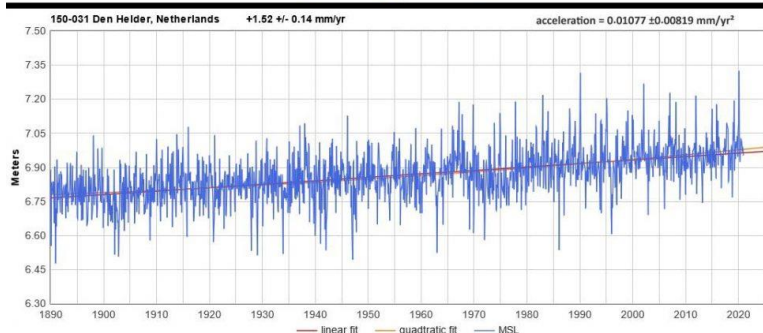
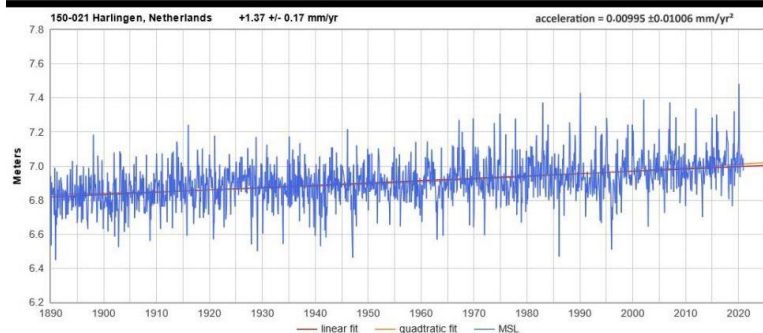
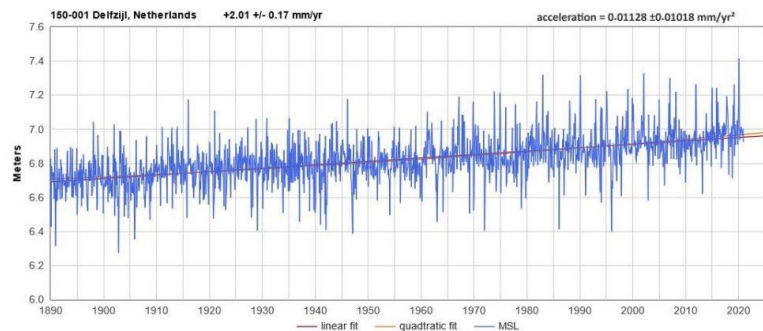


Fig.2 Bron: <https://www.sealevel.info>

Link boven in elke grafiek is de trend weergegeven, rechts boven de versnelling. De versnellingen van de stations zijn zeer klein, kleiner dan 0,01 mm/jaar². Het is dan ook niet verwonderlijk dat in alle grafieken de lijn die de versnelling van de data weergeeft vrijwel achter de lineaire trendlijn verdwijnt. Alle 6 Nederlandse hoofdstations vertonen dus vanaf 1890 t/m 2020 een *nagenoeg lineaire trend*.

	lineaire trend	versnelling
	mm/y	mm/y ²
Delfzijl	2,01	0,001128
Harlingen	1,38	0,00995
Den Helder	1,53	0,01077
IJmuiden	2,10	0,000305
Hoek van Holland	2,38	0,00353
Vlissingen	2,16	0,00459

Tab.1 Data: [PSMSL](#)

In tabel 1 zijn de lineaire trend en versnelling van elk van de 6 stations weergegeven. Het is goed te bedenken dat de rsl de *relatieve* zeespiegelstijging is, de stijging ten opzichte van het vasteland ter plekke. De Nederlandse kust maakt onderdeel uit van het Noordzeebekken, dat al vanaf het eind van het laatste glaciaal een dalende beweging vertoont als gevolg van het GIA-. GIA (glacial isostatic adjustment) wordt veroorzaakt door het terugveren van de aarde van de verscheidene kilometers dikke ijskappen die rond 20.000 jaar geleden onder andere Scandinavië bedekten. Door het opveren van Scandinavië hebben de naastgelegen gebieden zoals het Noordzeebekken de neiging om te dalen. Die daling wordt langs de Nederlandse kust geschat op *gemiddeld* 0,45 mm per jaar. De gemiddelde relatieve zeespiegelstijging van de 6 stations vanaf 1890 bedraagt 1,93 mm per jaar. Rekening houdend met een gemiddelde bodemdaling van 0,45 mm per jaar betekent dat een gemiddelde absolute zeespiegelstijging langs onze kust van 1,5 mm per jaar, dus *15 cm per eeuw*.

Men schat dat in de afgelopen 140 jaar het *wereldgemiddelde zeeniveau* 21 tot 24 centimeter is gestegen, dat is *15 tot 17 cm per eeuw* (bron: [NASA](#)). Dat getal komt dus goed overeen met de *absolute stijging* van 15 cm/eeuw die we langs de Nederlandse kust berekenen.

De *verschillen* tussen de *lineaire trends* van de 6 stations zoals we die in tabel 1 zien zijn dan ook te verklaren door verschillen in bodemdaling.

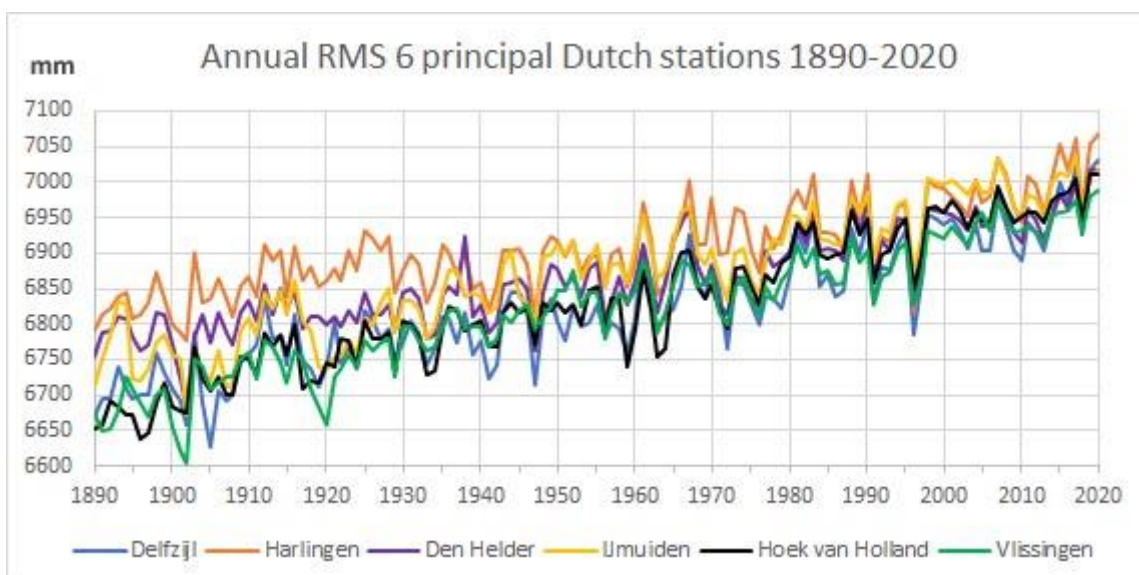


Fig.3 Data: PSMSL

Figuur 3 toont de jaarlijkse rsl van de 6 Nederlandse stations vanaf 1890. De *variaties van jaar tot jaar* kunnen tamelijk groot zijn, zoals de grafiek laat zien. Die variaties worden vooral veroorzaakt door windfluctuaties in *richting en sterkte*. Zo wordt bij een stevige NW wind het water van de Noordzee opgestuwd tegen de Nederlandse kust. Ook jaarlijkse verschillen in luchtdruk veroorzaken afwijkende zeespiegelhoogten, hogere luchtdruk betekent lagere zeespiegel. Op langere tijdschalen, van enkele jaren tot enkele decennia, spelen ook andere factoren een rol, zoals verschillen in zoutgehalte en watertemperatuur en de zogenaamde *nodal cycle* van 18,6 jaar, veroorzaakt door de maan.

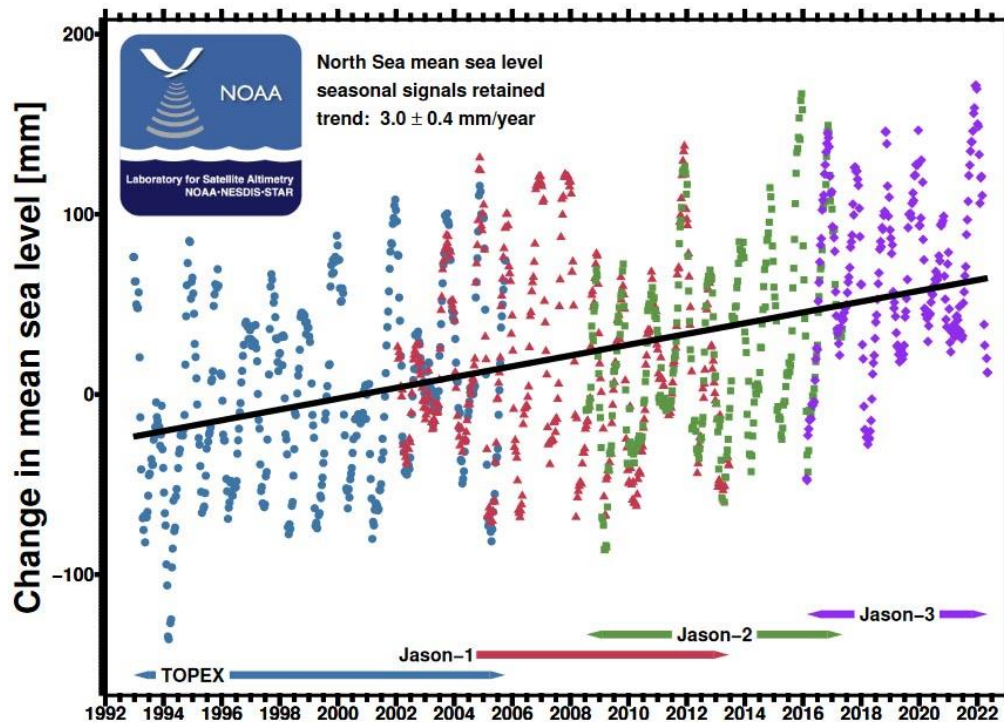


Fig.4 Bron: [NOAA](#)

Figuur 4 toont de zeespiegelhoogten van de Noordzee, zoals berekend op basis van *satellietdata* sinds eind 1992. De ruwe data zijn afkomstig van de satellieten TOPEX/Poseidon (T/P), ERS-2, GSO, Jason-1, Envisat, Jason-2, en Jason-3. Over de periode 1992-2021 is de trend van het Noordzeewater 3 mm per jaar, gelijk aan de berekende altimetrie-trend voor de *gehele aarde*. Ik heb nog niet zo lang geleden een artikel geschreven over de [complexiteit van die satelliet-zeehoogtemetingen](#).

Opvallend is dat er een aanmerkelijk verschil is tussen de trend van de satellietmetingen van ± 3 mm/jaar in de Noordzee en de trend van de langjarige boeimetingen langs de Nederlandse kust van $\pm 1,5$ mm/jaar (rekening houdend met de bodemdaling). Een deel van dat verschil kan te maken hebben met het feit dat we zeer ondiep kustwater hebben dat anders reageert op zeespiegelbewegingen. Maar dan nog is er sprake van een behoorlijk 'gat' tussen de satellietmetingen van de Noordzee en de boeimetingen langs de Nederlandse kust.



Zeespiegel Nederlandse kust stijgt nu sneller door klimaatverandering

20 januari 2022

©KNMI/TINEKE DIJKSTRA
Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Fig.5 [Bron: KNMI](#)

In januari 2022 verscheen op de website van het KNMI een artikel met de dreigende kop dat de zeespiegel aan onze kust sneller stijgt door klimaatverandering. Ik bekijk elk jaar de meetdata van de 6 hoofdstations van Rijkswaterstaat en schrijf dan elk jaar dat er geen versnelling in de grafieken zit, dus mijn aandacht was gewekt.

De snelheid waarmee de zeespiegel voor de Nederlandse kust stijgt door klimaatverandering is de laatste decennia sterk toegenomen. Dit blijkt uit een nieuwe KNMI-studie waarin een versnelling in de zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust zichtbaar wordt als het effect van langjarige variaties in de wind op de zeespiegel wordt verwijderd. De snelheid blijkt dan voor de laatste decennia uit te komen op ongeveer 3 millimeter per jaar. Dat is 1,5 keer zo snel als de stijging gemiddeld over de vorige eeuw.

Fig.6 [Bron: KNMI](#)

Volgens de tekst in de kop van het KNMI artikel is de stijging van de zeespiegel aan de Nederlandse kust *de laatste decennia* 1,5x zo groot als in de gehele meetperiode daarvoor, en komt dan op 3 mm/jaar in plaats van 1,5 mm/jaar. *Daarmee loopt de zeespiegelstijging dus weer in de pas met de trend van de satellietmetingen.*

Maar hoe komt het dat ik die *enorme versnelling* niet gezien heb in de zeespiegeldata van de Nederlandse getijdenstations? Het antwoord op die vraag is dat die versnelling inderdaad niet zichtbaar is, maar er wel zou *zijn indien vooral de wind (vanaf 1990) uit een andere hoek en met een andere snelheid had gewaaid*. Wind stuwt immers water op, tenminste als die uit de 'goeie' hoek waait. Bovendien zijn er nog die andere factoren die ook van invloed zijn, zoals de luchtdruk en de zogenaamde '*lunar cycle*', de schommelingen in de aantrekkingskracht van de maan ten opzichte van de aarde. Het KNMI team heeft al die factoren afgetrokken van het *gemeten* signaal, en houdt dan een signaallijn over die die versnelling vanaf 1990 laat zien.

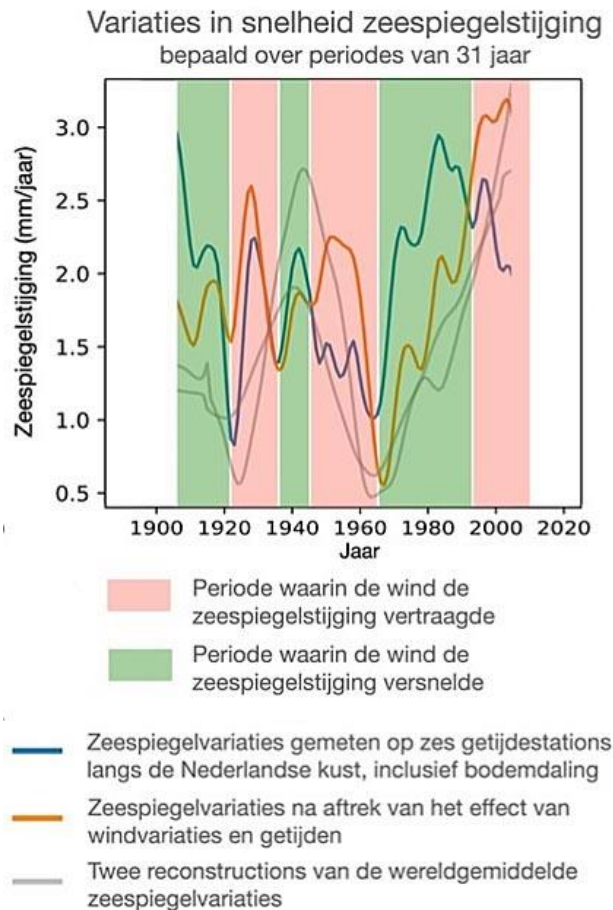


Fig.7 Bron: KNMI

In de grafiek van figuur 7 is een en andere afgebeeld. Zo zijn er de periodes waarin de wind de zeespiegelstijging vertraagde, gevolgd door periodes waarin de wind de zeespiegelstijging versnelde. De blauwe lijn is de gemeten zeespiegelstijging van onze 6 hoofdstations en de oranje lijn de zeespiegelstijging zoals die zou zijn als je al die bovengenoemde factoren verwijdert. En inderdaad: in de roze zone vanaf 1993 daalt de gemeten trend, terwijl de *herberekende trend* verder stijgt.

De gedachte in De Bilt is nu: als die wind uit de goede hoek weer aantrekt aan de Nederlandse kust, dan gaat die blauwe lijn vanzelf naar boven en heb je de '*beloofde*' versnelling. De vraag is natuurlijk of dat allemaal klopt. Zo is er wel wat aan te merken op de wijze waarop het team de factor wind in zijn berekeningen opneemt. In de grafiek is te zien dat de metingen vanaf 1980 tot 1993 (dus in een periode met door de wind versnelde zeespiegelstijging) een dalende trend laat zien. Bovendien lopen beide reconstructions van de wereldgemiddelde zeespiegelvariati es (grijze lijnen) heel aardig parallel met de blauwe lijn, tot aan de laatste roze periode. En zo er nog wat zaken die om extra aandacht vragen, een andere keer.

Kortom, dit gedachte-experiment, want dat is het natuurlijk, valt of staat met de validiteit van de gebruikte aannames en methodes. Dat weerhoudt het KNMI er overigens niet van om alvast een toekomstvoorspelling te doen lees ik: "*We verwachten dan ook dat we in de komende tientallen jaren een duidelijke versnelling in de zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust zullen meten (figuur 3). Afhankelijk van de toekomstige uitstoot van broeikasgassen dienen we rekening houden met een verdere zeespiegelstijging tussen 30 tot 110 centimeter in de komende tachtig jaar.*"

ENVIRONMENTAL RESEARCH
LETTERS

LETTER

Evidence of regional sea-level rise acceleration for the North Sea

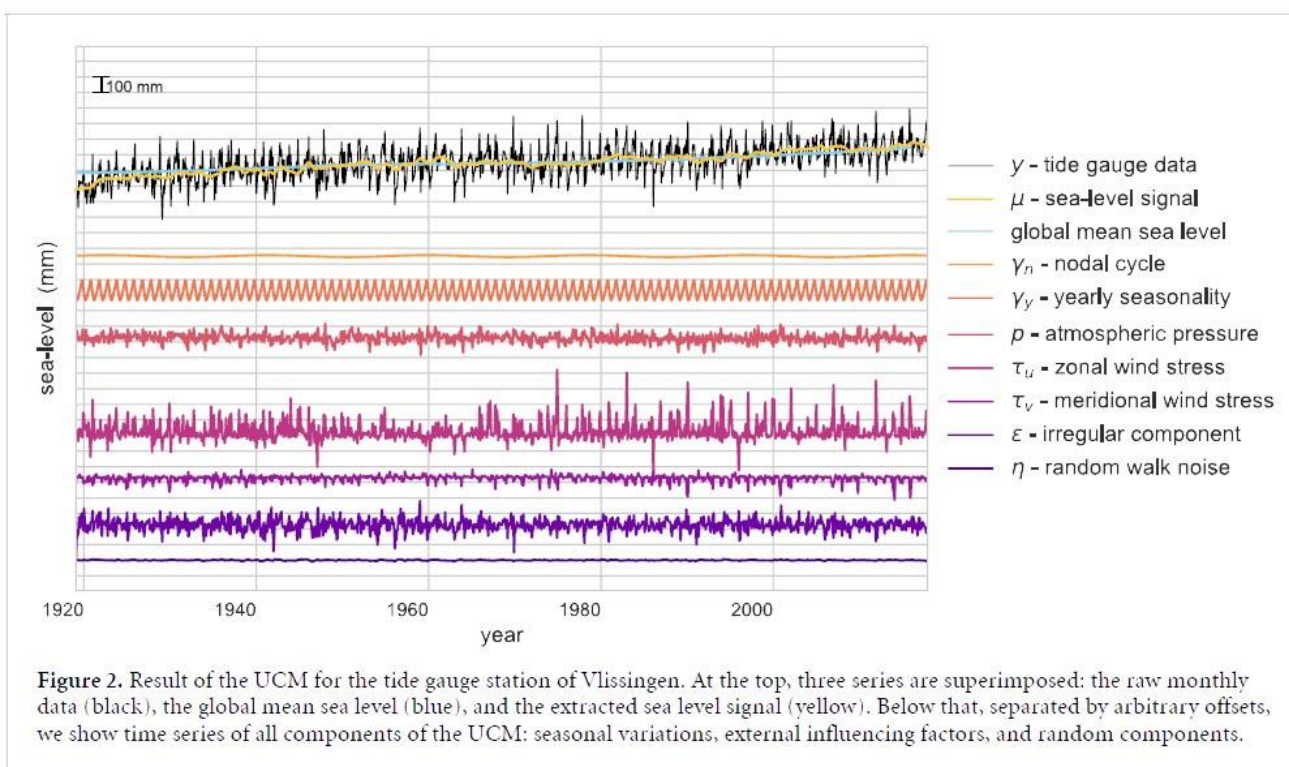
OPEN ACCESS

RECEIVED
19 January 2022REVISED
18 May 2022ACCEPTED FOR PUBLICATION
1 June 2022PUBLISHED
14 June 2022David B Steffebauer^{1,2}, Riccardo E M Riva^{3,*}, Jos S Timmermans⁴, Jan H Kwakkel⁴ and Mark Bakker¹¹ Water Management Department, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, The Netherlands² Kompetenzzentrum Wasser Berlin, Cicerostrasse 24, 10709 Berlin, Germany³ Department of Geoscience and Remote Sensing, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, The Netherlands⁴ Multi-Actor Systems Department, Faculty of Technology, Policy and Management, Delft University of Technology, Jaffalaan 5, 2628 BX Delft, The Netherlands

* Author to whom any correspondence should be addressed.

Fig.8 Bron: [Environmental Research Letters](#)

En toen kwam een team van Tu Delft op 14 juni 2022 met een publicatie over vrijwel hetzelfde onderwerp als waar het KNMI mee bezig is, zie hierboven. Vrijwel hetzelfde verhaal als waar het team van het KNMI zijn tijd aan besteed. Het idee achter beide onderzoeken is dat de versnelling van de zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust weliswaar niet zichtbaar is *maar er wel is*. Die zou verdoezeld worden door met name de wind als opstuwende kracht, en ook door de luchtdruk, *lunar cycle* en seizoensinvloeden. Net zoals bij het KNMI-team worden ook bij het Tu Delft-team de gemeten getijdedata 'afgepeld' en ontdaan van onder andere de factoren wind, lunar cycle en luchtdruk. Wat je dan overhoudt is wat het onderzoeksteam het 'sea-level signal' wordt genoemd. En aan dat *manmade* signaal wordt dan gemeten.

Fig.9 Bron: [Steffelbauer 2022](#)

In bovenstaande figuur is die analyse uitgebeeld voor het station Vlissingen. Het zwarte signaal boven in de figuur zijn de 'tide gauge data', de gemeten zeewaterstanden in Vlissingen vanaf 1920. De gele lijn in die zwarte reeks is het 'sea level signal', de fictieve of als u wilt gecorrigeerde reeks die overblijft als je de invloeden van alle invloeden daaronder verwijdert. Het is het *maagdelijke* signaal

van de zeespiegel aan de Nederlandse kust dat slechts beïnvloed wordt door uitzetten van water en afsmelten van ijs door opwarmen. Daar onder, in de figuur, zijn de diverse grafieken geplaatst van de factoren die de onderzoekers verwijderden van het oorspronkelijke gemeten signaal.

Er is een aantal zaken dat volgens mij in de publicatie van Steffenbauer et al te weinig aandacht krijgt, of juist teveel, of de verkeerde, zodat de uitkomsten van de studie twijfelachtig zijn. Voordat ik daar echter in detail op in kan gaan wil ik eerst de onderliggende cijfers van die ‘sea level signals’ hebben, zodat ik wat zaken kan analyseren. *Tot nu toe heb ik driemaal bij twee verschillende auteurs het verzoek gedaan me die data toe te sturen, maar dat is helaas (nog) niet gelukt.* Daarom hopelijk de volgende keer wat meer *inhoudelijk* commentaar op de publicatie. Voor heel wat traditionele media (tv, radio, kranten) in ons land was overigens het persbericht van de Tu Delft alléén al voldoende om zonder dralen flinke aandacht te besteden aan de publicatie, zie [NOS](#).

De zeespiegel MOET harder stijgen (deel 2)

In het vorige artikel heb ik aandacht besteed aan een recente publicatie van de hand van een team onderzoekers van en rond TU Delft. Ik eindigde toen met de teleurstellende constatering dat het blijkbaar niet mogelijk leek om me op korte termijn aan de onderliggende data van de paper te helpen.

Intussen heb ik enkele malen contact gehad met de auteur die de communicatie verzorgt, en ik kreeg na wat ontwijkende antwoorden te horen: *“Just a matter of lack of time. There was indeed a misunderstanding within the authors team. Of course those data were supposed to be online since the beginning! Now it’s holiday season, so things have to wait. We won’t forget to make them available.”* Kortom: ik moet de academische vakantietijd afwachten totdat er tijd is om de gevraagde data te verschaffen. Intussen heb ik me (samen met Jan Ruis) op de cijfers gestort die wél beschikbaar zijn: de gemeten zeespiegelhoogten.

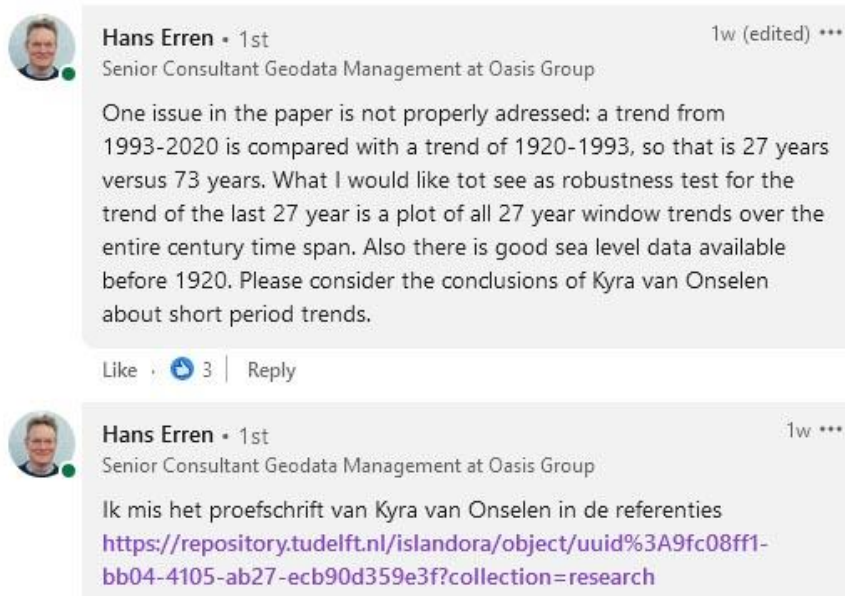


Fig.1 Reactie Hans Erren (LinkedIn)

Ook andere mensen houden zich intussen met dat Delft-rapport bezig. Geofysicus Hans Erren wees (figuur 1) op het grote verschil in lengte van de tijdreeksen vóór en na de ‘breuk’ in 1993: *“What I would like to see as robustness test for the trend of the last 27 year is a plot of all 27 year window trends over the entire century time span.”* Omdat in de paper de periode ná de vermeende breuk in 1993 loopt van 1994 t/m 2018 ga uit van een periode van 25 jaren. Figuur 2 toont de jaarlijkse gemeten zeespiegelhoogte (PSMSL) van het ensemble van de 6 hoofdstations Delfzijl, Harlingen, Den Helder, IJmuiden, Hoek van Holland en Vlissingen in de periode 1919-2018.

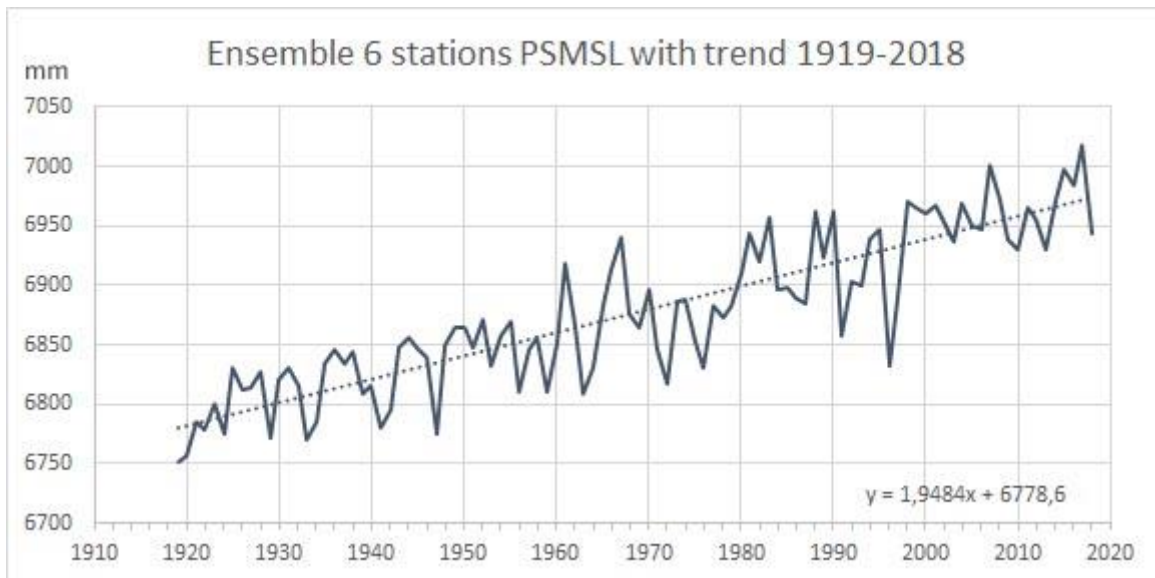


Fig.2 Data: [PSMSL](#)

De streepjeslijn is de lineaire trend en heeft een helling van 1,95 mm/jaar. Van de PSMSL data is vervolgens onderstaande grafiek gemaakt met de trend over *windows* van telkens 25 jaren, van 1919 t/m 2018.

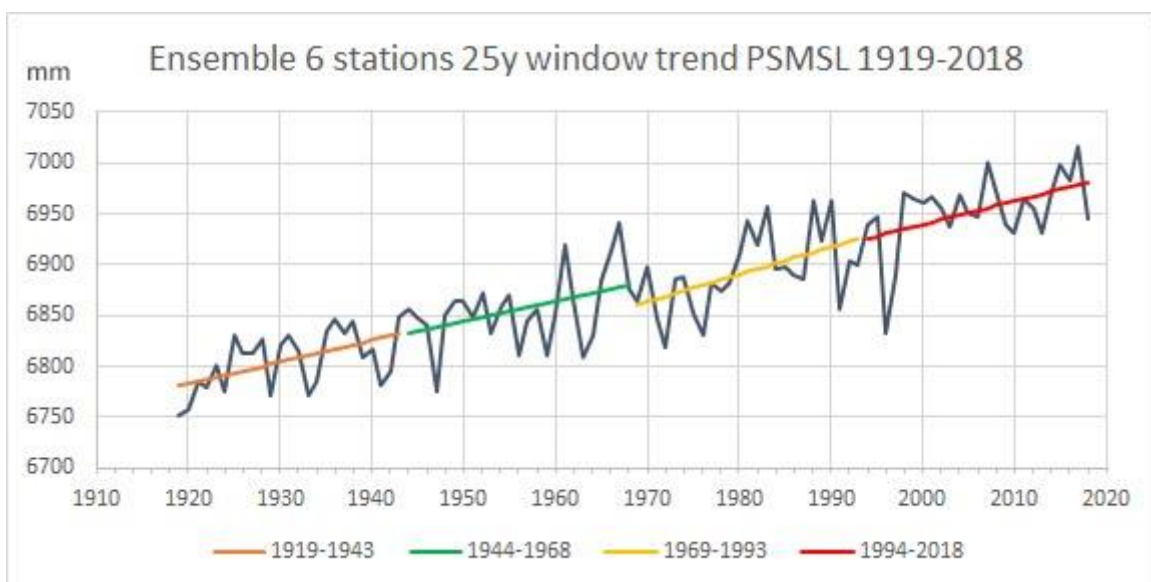


Fig.3 Data: PSMSL

Voor elk van de vier 25-jarige *windows* waarin de totale door Delft gebruikte periode kan worden ingedeeld is de lineaire trend bepaald en weergegeven met de gekleurde lijnstukken. Te zien is dat er op het oog nauwelijks verschillen in trend zijn tussen drie van de vier *windows*, alleen de trend van de periode 1969-1993 is verhoogd.

Erren schreef: “ *Also there is good sea level data available before 1920. Please consider the conclusions of Kyra van Onselen about short period trends.*” Hier is die verlengde periode, van 1894 t/m 2018, met wederom de trend over *windows* van 25 jaren:

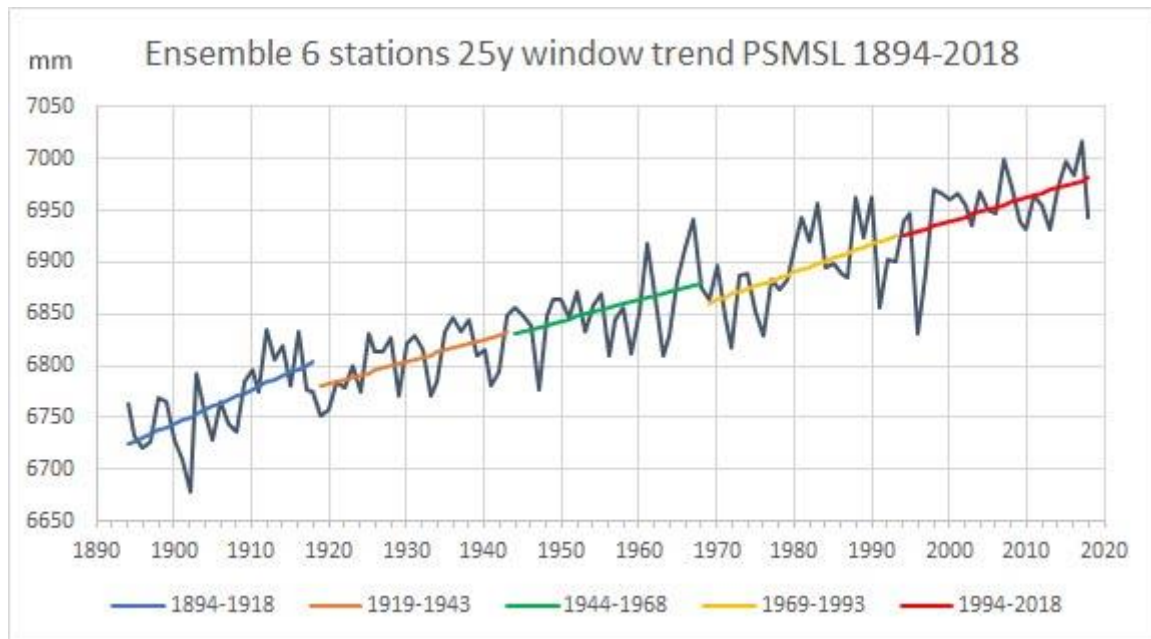


Fig.4 Data: PSMSL

Het eerste window van 1894 t/m 1918 vertoont duidelijk een verhoogde trend ten opzichte van de andere windows.

Bovenstaande trendgrafieken van de figuren 3 en 4 zijn gebaseerd op de *officiële gemeten getijdedata van PSMSL*. Niet te verwarren met het door de Delftse auteurs 'gecorrigeerde' *sea level signal* in figuur 3 van de publicatie waarop ze hun versnellingsdetectie hebben toegepast.



Hessel Voortman • 1st

2w ***

Independent expert flood protection and hydraulic structures at Hessel ...

I read the paper and I doubt whether the methodology is valid.:

- The time series is corrected for wind effect using a linear combination of the meridional and zonal wind shear stress. It is a well-known fact that the wind effect in the North Sea is direction-dependent because of the basin shape. Thus, wind effects can not be described by a linear combination of the two directions. This invalidates part of the pre-processing of the data
- The paper states that common breakpoints are identified if the breakpoint is statistically significant for all eight stations. The result for IJmuiden hardly differs before and after the break and thus, following the procedure outlined in the paper, also 1993 is not a valid common breakpoint
- Uncertainties of the rate of rise before and after the breakpoint are radically different, indicating that the periods before and after the break are not the same. If that is the case, the method tests not only for changes in trend, but also for effects of differences in sample size, obscuring the picture

Like · 5 | Reply · 2 Replies

Load previous replies



Jos Timmermans **Author**

2w ***

Researcher Delta Management

Hi Hessel, Thanks for your advice. I guess still room for improvement in the method. Just what we need to work on.

Like · 1 | Reply

Fig.5 Reactie Hessel Voortman (LinkedIn).

Hessel Voortman, onafhankelijke consultant op het gebied van kustverdediging, reageerde ook op het Delftse rapport (figuur 5). Zijn commentaar is duidelijk: de gehanteerde methodiek deugt op een aantal punten niet. Volgens Voortman is het gebruik van *zonale en meridionale windstress-data* zoals gebruikt door de auteurs voor het corrigeren van de getijdemeetreeksen *onjuist*, omdat *de vorm van het Noordzebekken* het windeffect *richtingsgevoelig maakt*. Daarmee zou de bodem onder het onderzoek uit vallen. Het [proefschrift](#) van Voortman levert interessant leesvoer.

In de Delftse studie wordt gesteld dat *gemeenschappelijke breekpunten* worden geïdentificeerd als het breekpunt statistisch significant is voor alle acht stations. Voortman stelt terecht vast dat de resultaten voor IJmuiden vóór en na de breuk nauwelijks van elkaar verschillen, en dat er dus in 1993 *geen sprake* is van een *gemeenschappelijk breekpunt*. Net als Hans Erren levert ook Voortman kritiek op de *lengte van de gemeten periodes voor en na 1993*. De Delftse methode toetst volgens hem daardoor niet alleen op *trendveranderingen* maar ook op *verschillen in steekproefgrootte*.

[Jippe Hoogeveen](#) bekeek de door de Delftse groep gebruikte methodiek en verbaasde zich onder andere over het feit dat men de *nodale cyclus* met een factor 1 aftrekt in plaats van er regressie op toepast. De nodale cyclus is een maancyclus met een periodiciteit van 18,61 jaar die een aanzienlijke invloed heeft op de zeespiegel. Voor wat betreft de *factor wind* zou het beter zijn die eerst voor elke dag te kwadrateren en daarna het gemiddelde te nemen, in plaats van de maandgemiddelden te kwadrateren.

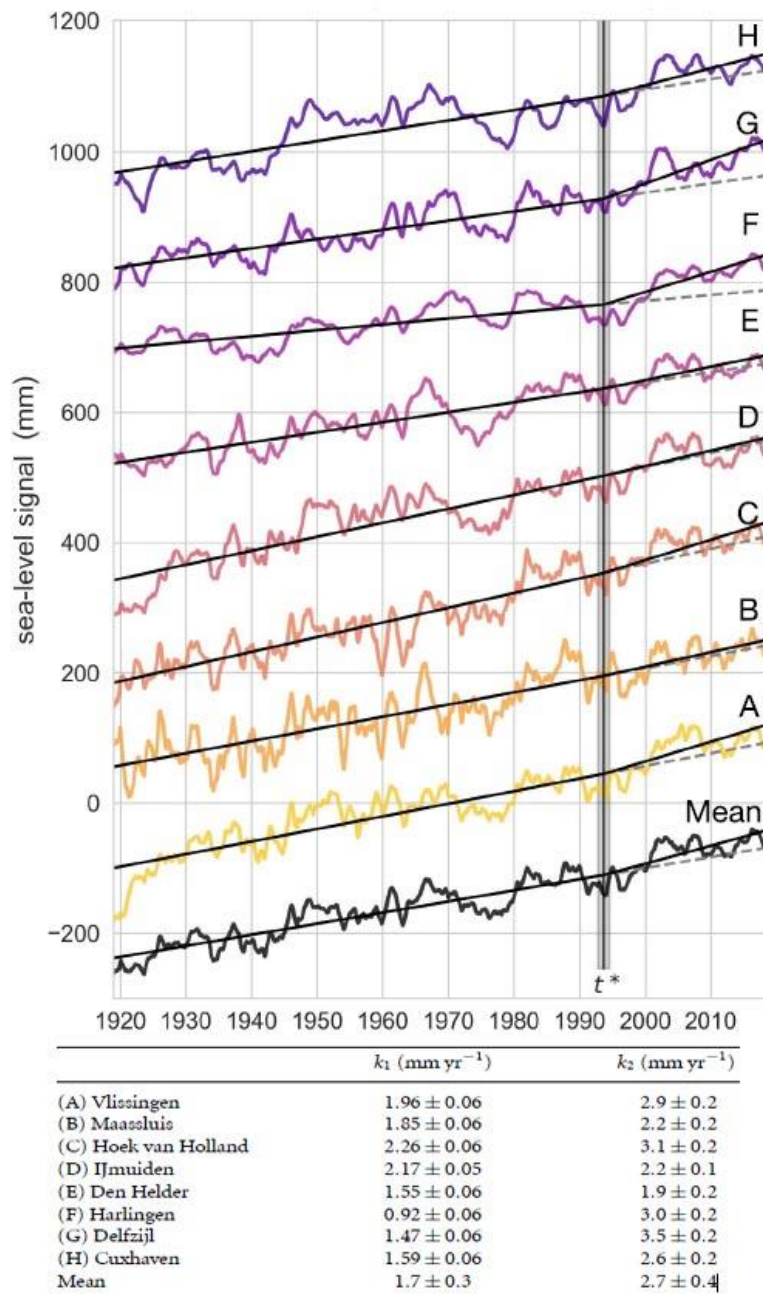


Fig. 6 Bron: [Steffelbauer et al 2022](#)

Aanzienlijke problemen ziet Hoogeveen opduiken in de manier waarop de auteurs dat *gemeenschappelijk breekpunt* vaststellen in het begin van de jaren negentig. De Delftse onderzoekers berekenen de trend vóór en na 1993 inclusief betrouwbaarheidsintervallen en concluderen dan dat die trends significant verschillen. Hoogeveen stelt echter dat die *berekende betrouwbaarheidsintervallen niet correct zijn*. De onderzoekers hebben in een eerdere stap de regressie gedaan om de invloed van de wind uit het signaal te halen. Wat ze nu laten zien in de publicatie (figuur 6) is het *residu*, maar dan zonder veel ruis. Vervolgens berekenen de auteurs *op basis van dit residu* de betrouwbaarheidsintervallen, maar volgens Hoogeveen mag dit niet zo maar. Immers, *het betrouwbaarheidsinterval wordt veel kleiner als je alle ruis eruit haalt*, maar er verandert niets aan de data zelf. Omdat de betrouwbaarheidsintervallen op deze manier veel kleiner worden gemaakt, *verschillen die trends significant*.

Om toch te kunnen rekenen aan gecorrigeerde data heeft Hoogeveen de Delftse *regressiemethodiek toegepast op het ensemble* van de 6 Nederlandse hoofdstations. Hij vindt vóór 1993 als trend $1,75 \pm 0,3$ mm/jaar en na 1993 als trend $2,57 \pm 1,45$ mm/jaar. Dit *verschilt niet significant*. Het grote verschil is dat de trend ná 1993 een *veel groter betrouwbaarheidsinterval heeft dan in het onderzoek van*

Delft. Dat is logisch, want als men de trend niet van 1993-2018 maar van 1993-2017 berekent, dan stijgt hij al tot maar liefst $2,84 \pm 1,54$ mm/jaar. Dat geeft goed aan *hoe groot de onzekerheid is*.

Ook is het opvallend dat in de tabel van figuur 6 hierboven de onzekerheidsmarge van de *trend van het gemiddelde vóór 1993* zo groot is. *Die is veel groter dan de onzekerheidsmarges bij de individuele reeksen*, terwijl je juist het omgekeerde zou verwachten. Dit gebeurt ook ná 1993, maar in mindere mate *waardoor het verschil toch nog significant is*.

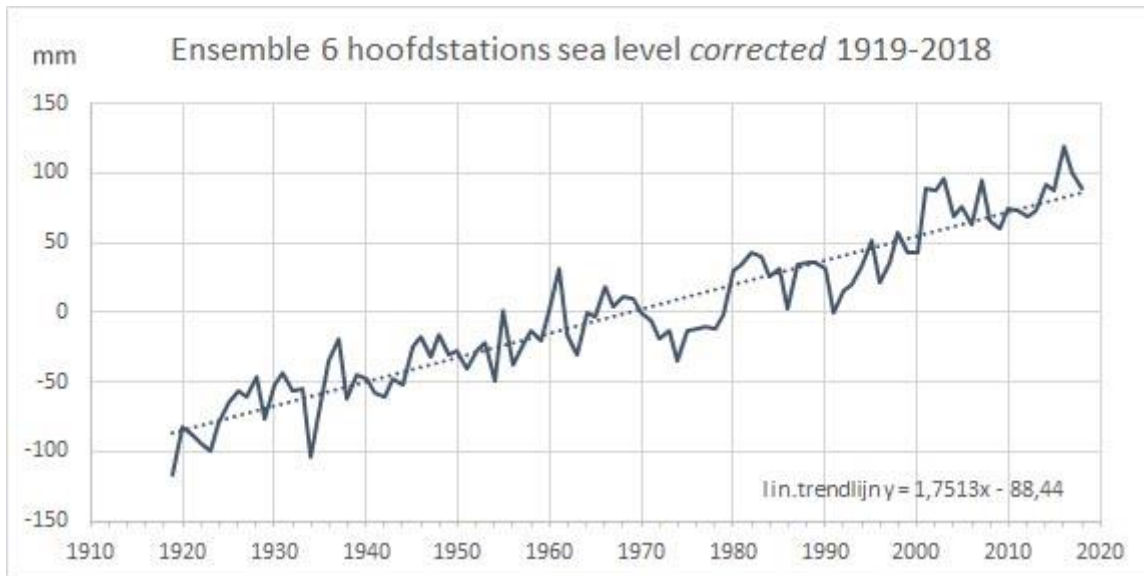


Fig.7 Reconstructie zeeniveau

In figuur 7 is de *gecorrigeerde zeespiegel* van Jippe Hoogeveen's regressie weergegeven voor de 6 Nederlandse hoofdstations. De lineaire trend van de gehele reeks 1919-2018 is nu 1,75 mm/jaar, *lager* dan de trend uit de *niet gecorrigeerde* reeks van figuur 2.

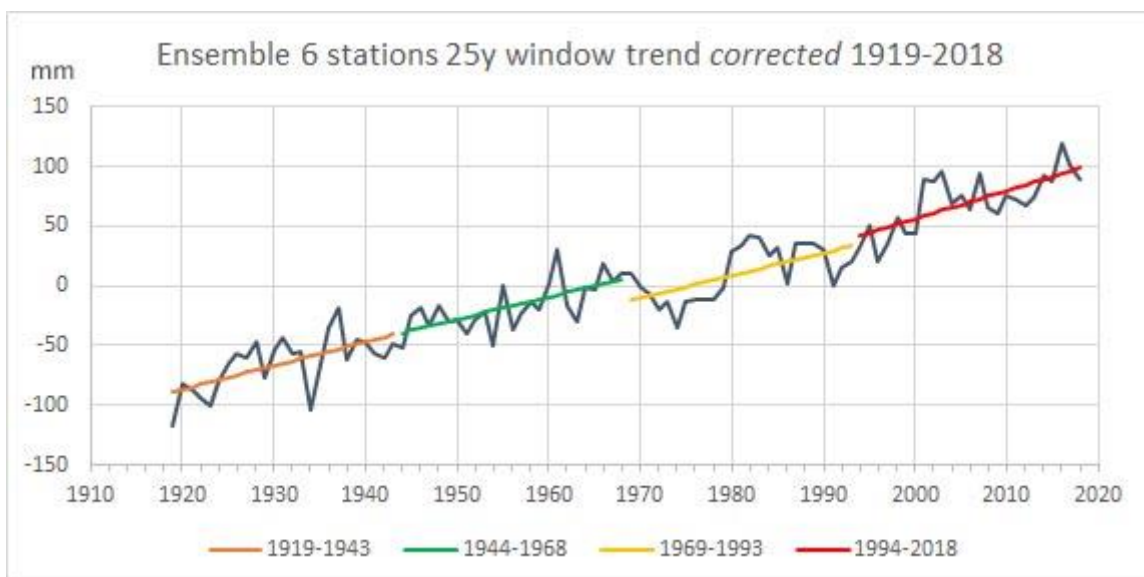


Fig.8 Reconstructie zeeniveau met trends

Om te zien of er verschillen ontstaan met de *niet gecorrigeerde data* is van de *gecorrigeerde data* de grafiek van figuur 8 gemaakt met de *trend over windows* van telkens 25 jaren, zoals dat ook gedaan is over de ongecorrigeerde PSMSL data in figuur 3. Voor elk van de vier 25-jarige *windows* is de lineaire trend bepaald en weergegeven met de gekleurde lijnstukken.

As men figuur 8 vergelijkt met figuur 3 dan is te zien dat in beide grafieken het derde window (1969-1993) uit de toon valt. In de gecorrigeerde data van figuur 8 is het echter niet zozeer de *verhoogde trend* van het derde window die opvalt (alle vier windows vertonen ongeveer dezelfde

trend) maar de *lagere waarden* in de periode 1969-1993. Dat veroorzaakt een sprong aan het begin (1969) en aan het einde (1993) van dat derde window.

Conclusies: zonder dat we kunnen beschikken over de onderliggende data van de grafieken van het Delftse onderzoeksteam is vanuit diverse hoeken en perspectieven toch al behoorlijk inhoudelijk en stevig commentaar geleverd op de werkwijze van de onderzoekers. Of de nog aan te leveren data van de publicatie de geloofwaardigheid van de paper gaan verhogen valt te bezien. Omdat die data waarschijnlijk nog wel eventjes op zich laten wachten duiken we een volgende keer wat dieper in de *gemeten zeespiegeldata* langs onze kust.

De zeespiegel MOET harder stijgen (deel 3)

Samen met collega Jan Ruis ben ik bezig met het ontrafelen van de zeespiegelpublicatie van [Steffelbauer](#) en een groep auteurs van TU Delft. In een [vorig artikel](#) heb ik uitgelegd dat er vertraging is opgetreden in het ter hand stellen van de onderliggende data, maar het onderwerp is dermate complex dat we ons desondanks niet vervelen.

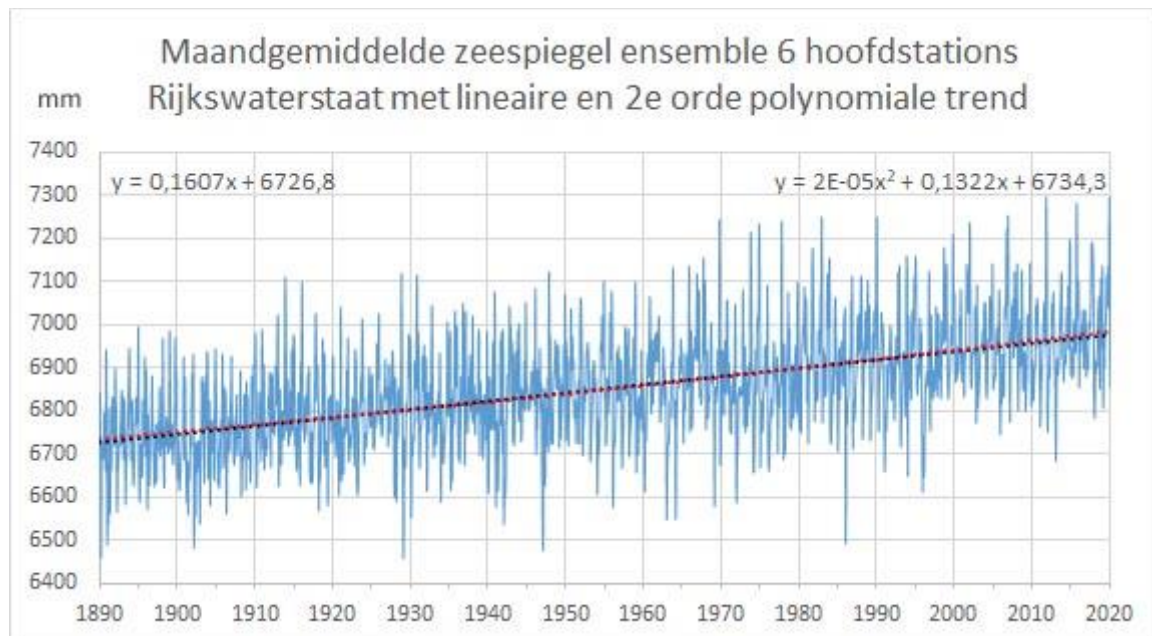


Fig.1 Data: [PSMSL](#)

In het [eerste artikel](#) over de Delftse publicatie hebben we voor elk station afzonderlijk laten zien dat er van 1890 t/m 2020 geen sprake was van een versnelling in de zeespiegelsignalen. Figuur 1 toont de grafiek van de maandgemiddelde zeespiegel voor het ensemble van de 6 hoofdstations langs de Nederlandse kust. Met een zwarte streepjeslijn is de lineaire trendlijn weergegeven (formule linksboven), met rood de 2^e orde polynomiale trendlijn (formule rechtsboven). De kromming van de laatste lijn, die de versnelling weergeeft in het signaal, is dermate gering dat de zwarte en rode lijn lijken samen te vallen.

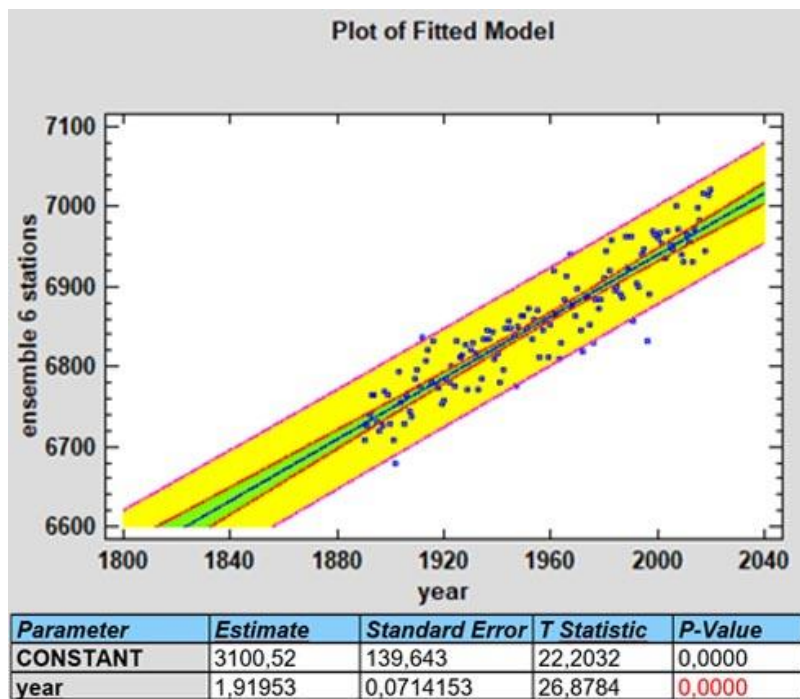


Fig.2 Data: PSMSL

Om te laten zien dat er ook statistisch gezien geen sprake is van een versnelling in het zeespiegelsignaal aan de Nederlandse kust hebben we berekend wat de 'best fit' is, de lineaire trendlijn of de polynomiale trendlijn. Figuur 2 geeft de lineaire trendlijn weer van de jaarlijkse zeespiegeldata van het ensemble. R-kwadraat = 85% en $P < 0,0001$. Aangezien de P-waarde veel kleiner is dan 0,05, 'past' het lineaire model uitstekend.

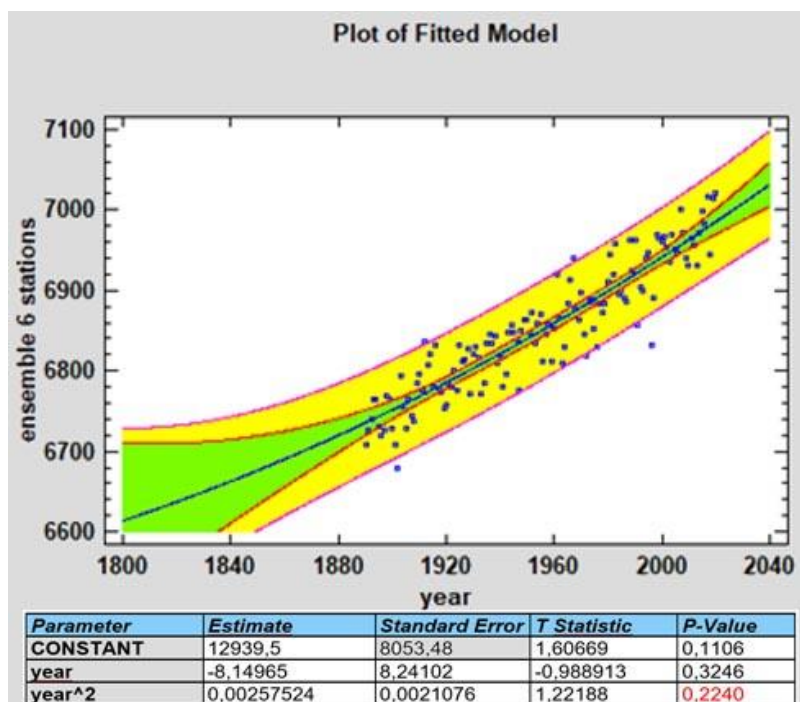


Fig.3 Data: PSMSL

Figuur 3 geeft de 2^e orde polynomiale trendlijn weer. Ook hier is de R kwadraat 85%, maar de P-waarde van de polynoom is 0,224. Aangezien de P-waarde nu groter is dan of gelijk aan 0,05 is deze term *statistisch niet significant* bij een betrouwbaarheidsniveau van 95% of hoger. Dat betekent dat de lineaire trendlijn de voorkeur heeft, die heeft de 'best fit'. Met andere woorden: er is *geen significante versnelling* in de stijging van de zeespiegel aan de Nederlandse kust zichtbaar.

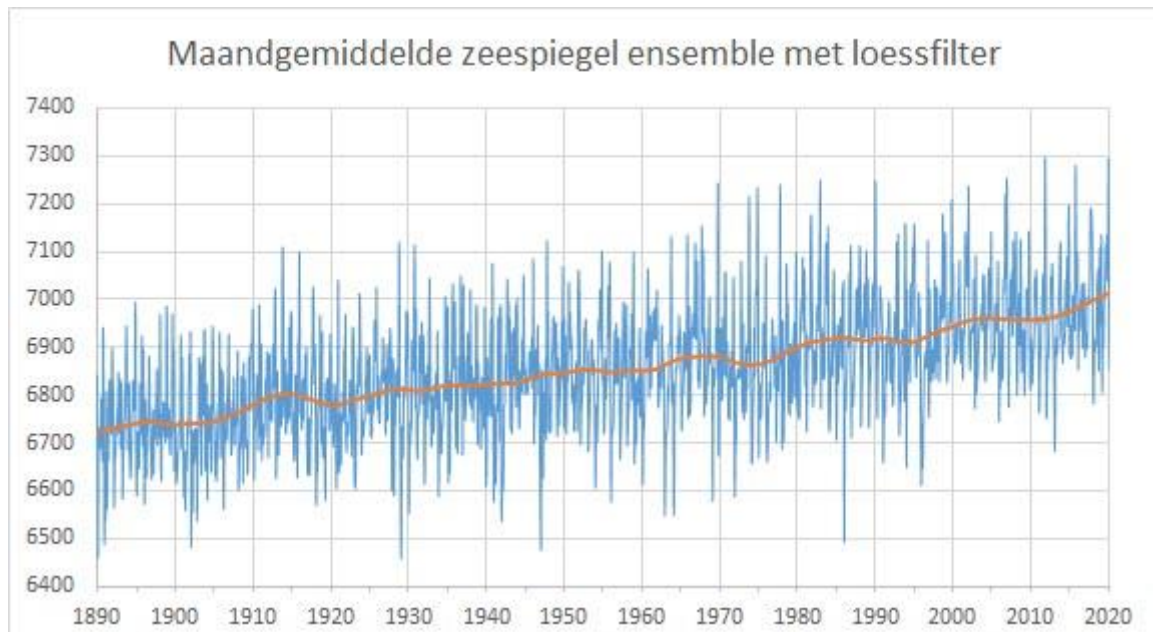


Fig.4 Data: PSMSL

Ondanks het feit dat er geen versnelling in de grafiek zichtbaar is kun je toch zien dat het signaal een beetje op en neer gaat. Dat is nog beter te zien als je het volatiele signaal smoothed met een loessfilter, zoals in figuur 4 gedaan is (bruine lijn). De vraag is nu of hier sprake is van *cyclisch gedrag*.

Elke tijdreeks kan worden uitgedrukt als een combinatie van cosinus- en sinusgolven met verschillende perioden, fasen en amplitudes. Dit gegeven kan worden gebruikt om het periodieke *cyclische gedrag* in een tijdreeks te onderzoeken. Om te achterhalen of er wellicht *cyclische signalen* van invloed zijn op de zeespiegel passen we *spectraalanalyse* toe. Een veelgebruikte instrument bij *spectraalanalyse* is het *periodogram*. Een periodogram wordt gebruikt om de dominante perioden (of frequenties) van een tijdreeks te identificeren.

Om te bezien of in de tijdreeksen van de getijdenstations sprake is van cyclische beïnvloeding hebben we voor alle 6 stations een periodogram gemaakt:

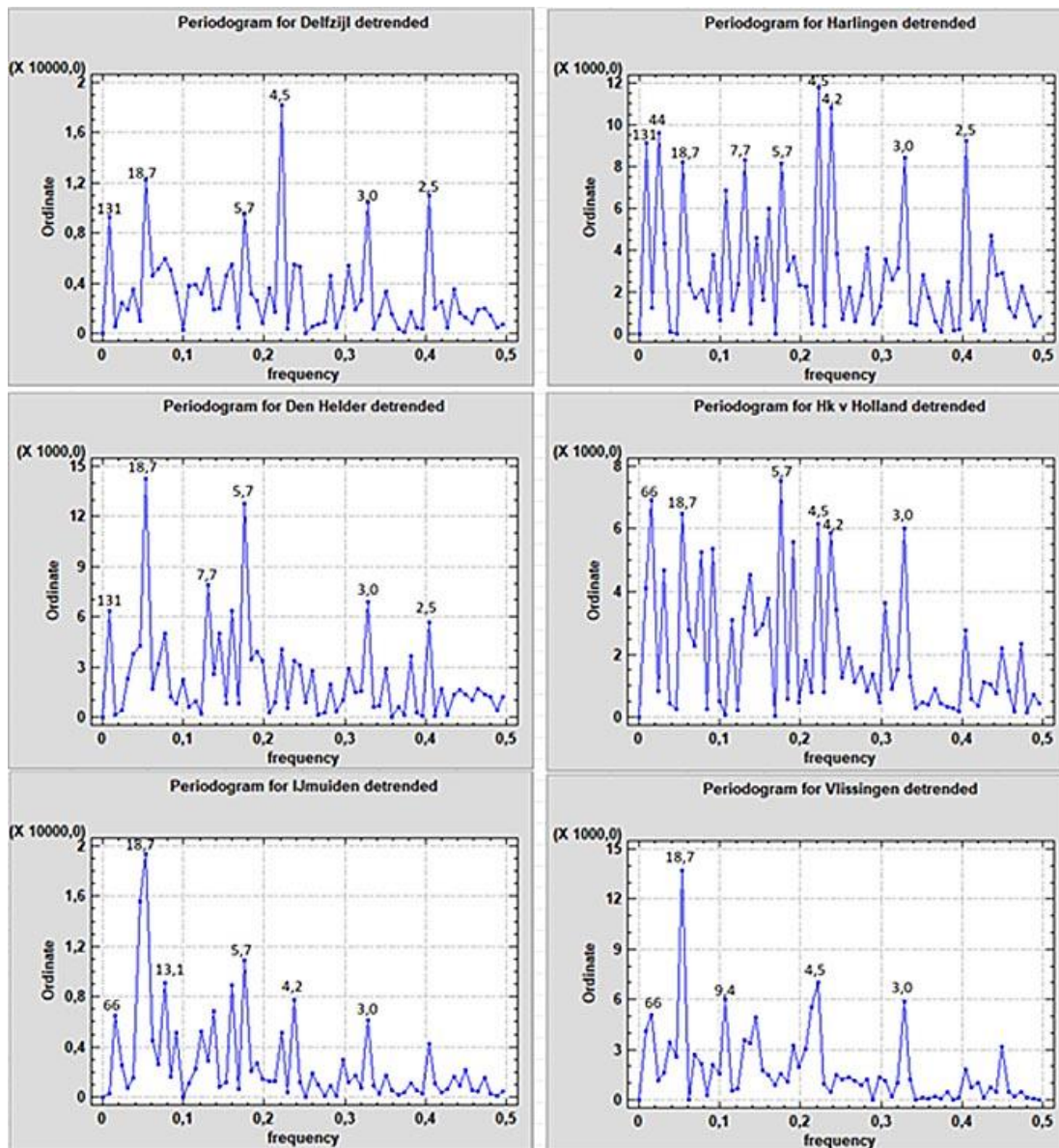


Fig.6 Data: PSMSL

De periodogrammen tonen pieken bij 18,7 jaar, 4,5 jaar en 3 jaar die alle lunaire cycli zijn. De piek op 18,7 jaar correspondeert met de nodale (maan-) cyclus van 18,613 jaar. De piek op 4,5 jaar correspondeert met de *perigeum* cyclus in springtij van 4,425 jaar en heeft te maken met de wisselende afstand tussen maan en aarde. De piek op 3,0 jaar ontstaat als het perigeum samenvalt met de twee zogenaamde maansknopen. Op Vlissingen na is er ook een cyclus van 5,7 jaar te zien en vertonen de Waddenzeestations een 2,5 jaar cyclus.

Station/periodogrampiek	131	66	44	18,7	13,1	9,4	7,7	5,7	4,5	4,2	3,0	2,5
Delfzijl	x			x				x	x		x	x
Harlingen	x		x	x			x	x	x	x	x	x
Den Helder	x			x			x	x			x	x
Hoek van Holland		x		x				x	x	x	x	+ -
IJmuiden		x		x	x			x		x	x	+ -
Vlissingen		x		x		x			x		x	
ensemble				x				x	x		x	x

Fig.7 Data: PSMSL

De opvallende pieken op 66 en 131 jaar lijken te duiden op een AMO-effect, de schommeling van de watertemperatuur van de noordelijke Atlantische Oceaan. De tabel laat een duidelijk onderscheid

zien tussen Waddenzeestations en Noordzeestations: IJmuiden, Hoek van Holland en Vlissingen vertonen de 66-jaars AMO cyclus, Delfzijl, Harlingen en Den Helder vertonen een 131 jaars cyclus, wat een harmonische lijkt van de AMO. Omdat de AMO geen *regelmatige* cyclus is zoals de lunaire cycli, is zijn de AMO amplitudes in het periodogram relatief klein.

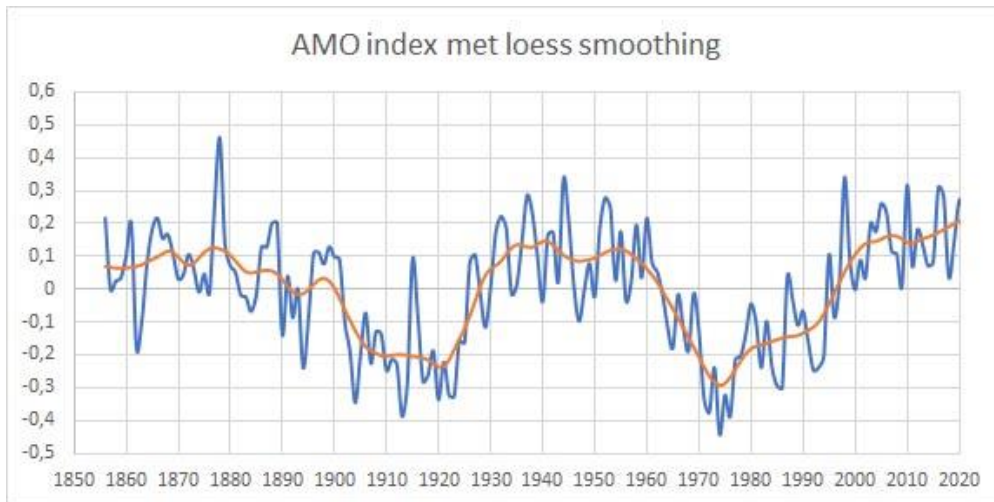


Fig.8 Data [NOAA](#)

De AMO index berust op de SST (sea surface temperature) van het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan (0-70N) waarvan de trend verwijderd is. Als die SST varieert kan dit effect hebben op de zeespiegel. De AMO correleert bovendien met tal van *atmosferische circulatiepatronen* die op hun beurt effect kunnen hebben op de zeespiegel ([Chylek 2014](#)).

De detrended getijdenreeksen van IJmuiden en Vlissingen tonen in dit verband een opmerkelijke correlatie met de AMO:

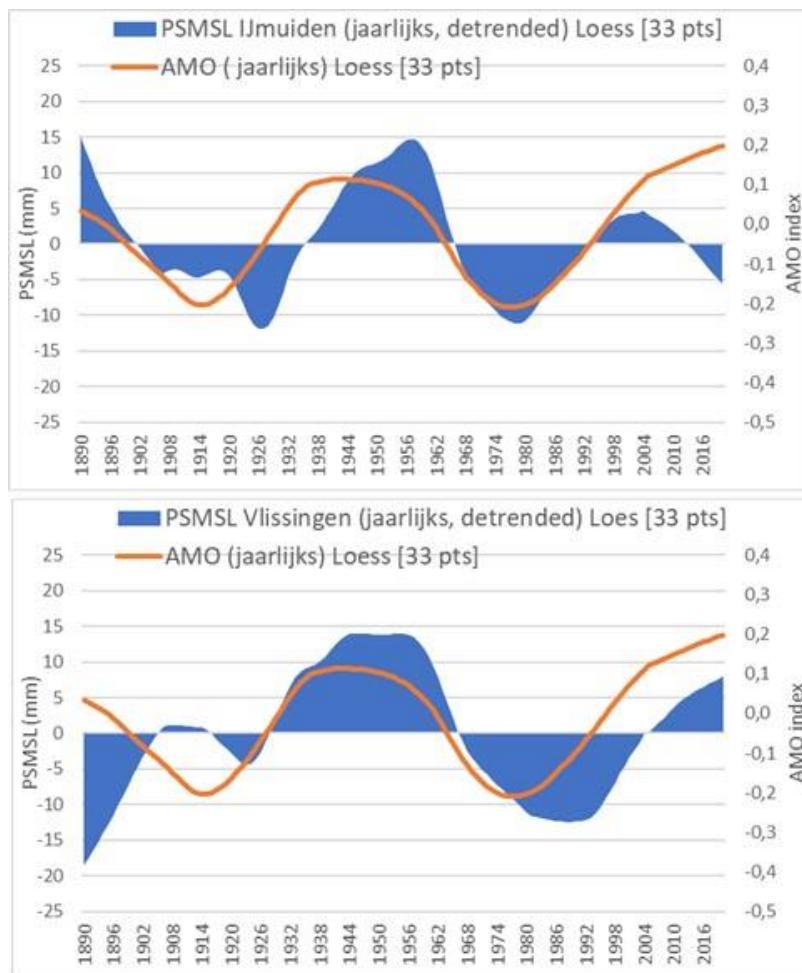


Fig.9 Data: PSMSL en NOAA

Omdat de AMO mogelijk effect heeft op de zeespiegel aan de Nederlandse kust zijn de *begin- en einddatum* van de meetreeksen bij analyse van de zeespiegel van belang. Want hoewel de AMO trendloos is over 1856-2020 kunnen kortere tijdsintervallen afwijkende resultaten opleveren.

Dat laatste lijkt het geval in de Delftse studie. De onderzoekers gebruikten tijdreeksen die starten in 1919, op het minimum van de AMO, en eindigen de meetreeks in 2018, op het maximum van de AMO (zie figuur 8). Het ligt dus voor de hand om eerst te onderzoeken of de getijdenreeksen voor de AMO gecorrigeerd moeten worden.

Een heel ander verhaal is de *nodale of maancyclus* van 18,613 jaar, die uitvoerig in de literatuur beschreven wordt en een extra zeespiegelstijging tot 30 cm kan veroorzaken. Het TU Delft artikel corrigeert de getijdenreeksen voor de nodale cyclus door er een sinus met periode 18,61 jaar en amplitude 1 van de zeespiegeldata *af te trekken*. De fase en amplitude van deze cyclus zijn echter niet met regressie bepaald maar gelijk aan die van de *astronomische cyclus*. Deze methode roept vragen op. [Hagen et al](#) (2021) hebben aangetoond dat de methoden die tot nu toe gebruikt werden om de invloed van de nodale cyclus te bepalen onjuist zijn en bepleiten het toepassen van regressie op de *gemeten zeespiegeldata* om de *fase* en *amplitude* van de nodale cyclus te bepalen.

Station IJmuiden toont de grootste periodogram-amplitude bij 18,7 jaar en illustreert de nodale cyclus het best. Om de opgang en neergang in het zeeniveau als gevolg van de nodale cyclus zichtbaar te maken werd de PSMSL reeks van IJmuiden eerst gecorrigeerd voor de trend en vervolgens als afwijking van het gemiddelde uitgezet:

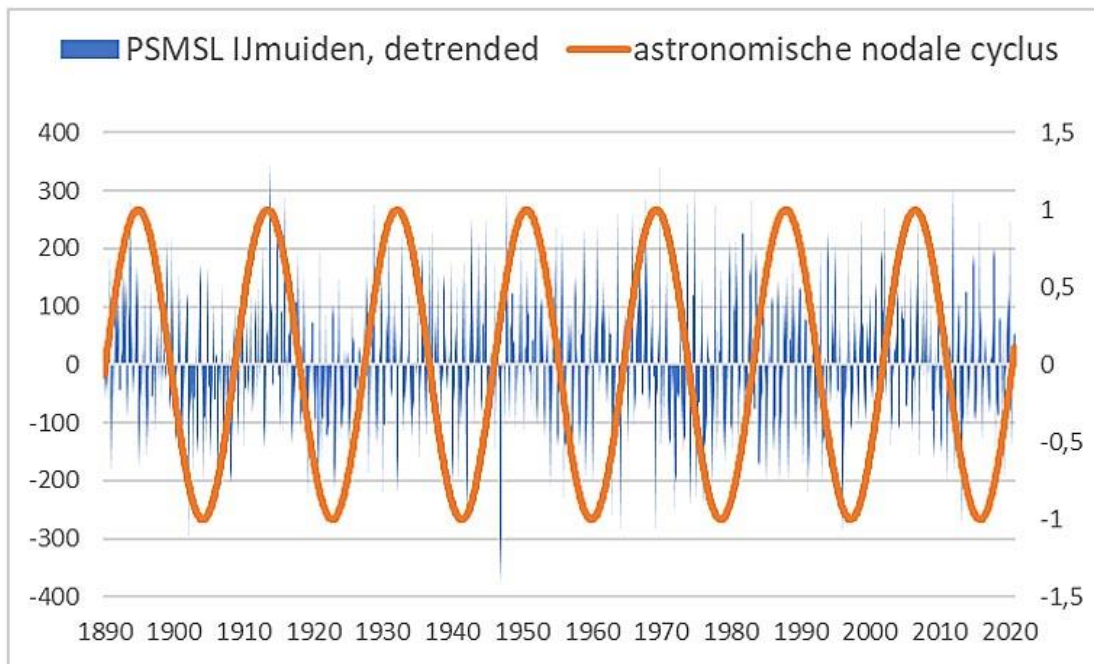


Fig.10 Data: PSMSL

In figuur 10 toont de maandelijkse PSMSL-reeks tot 1925 de nodale cyclus duidelijk maar daarna wordt het patroon onduidelijker te volgen. Een Loess filter van 112 pts (18,613 jaar = 223,4 maanden) maakt de nodale cyclus beter zichtbaar in figuur 11:

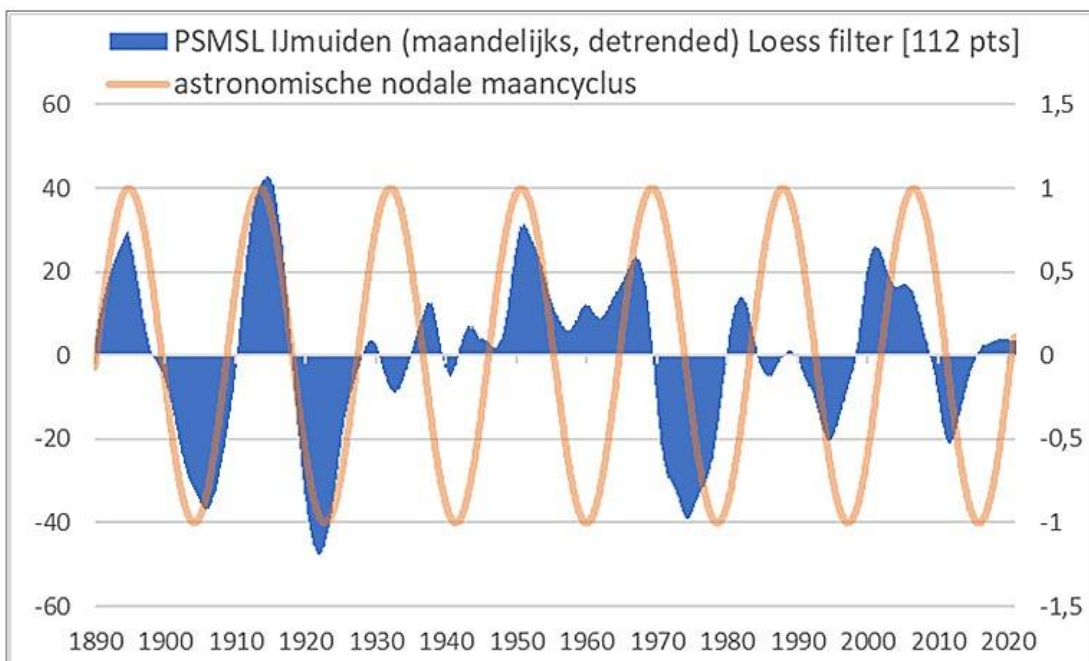


Fig.11 Data: PSMSL

Maar noch de fase noch de amplitude zijn constant en tussen 1927 en 1945 verdwijnt de cyclus zelfs, evenals tussen 1980 en 1990. De negatieve fase verdwijnt grotendeels tussen 1927 en 1970. Deze bevindingen tonen aan dat de correctie voor de nodale cyclus die de TU Delft onderzoekers toepassen op de PSMSL-reeksen *onjuist* is en leidt tot artefacten in de trend.

De getijdenreeksen zouden beter voor de *daadwerkelijke* (in figuur 11 getoonde) nodale cycli gecorrigeerd moeten worden voor een realistischer resultaat. Het alternatief is: *niet corrigeren* als het onderzoeksinterval een integer aantal nodale cycli van 18,61 jaar omvat.

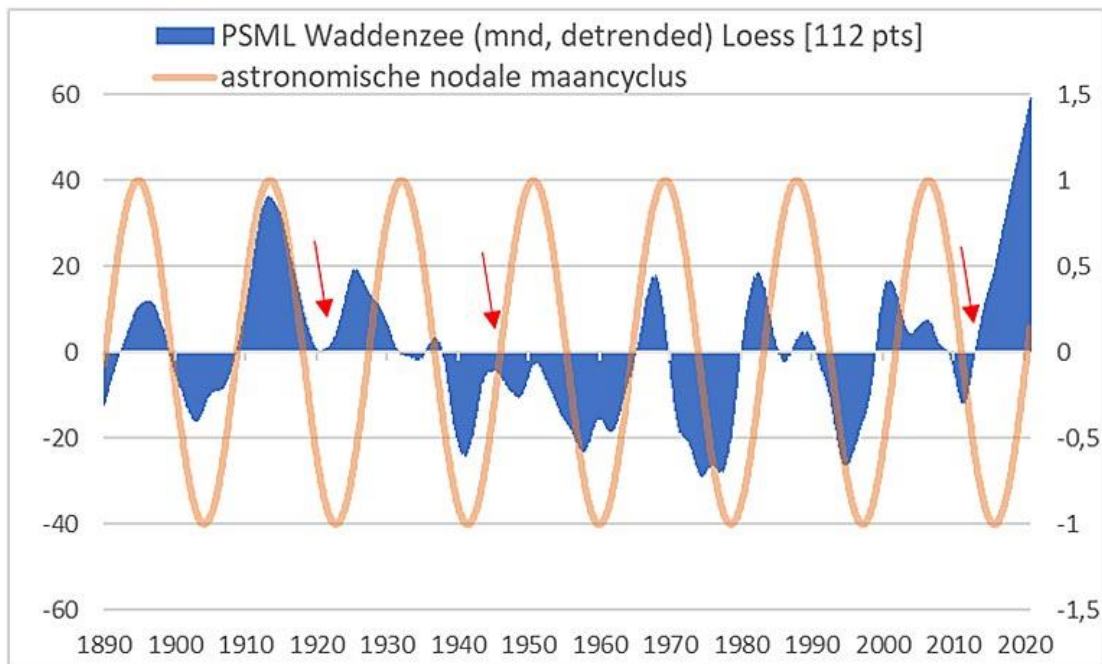


Fig.12 Data: PSMSL

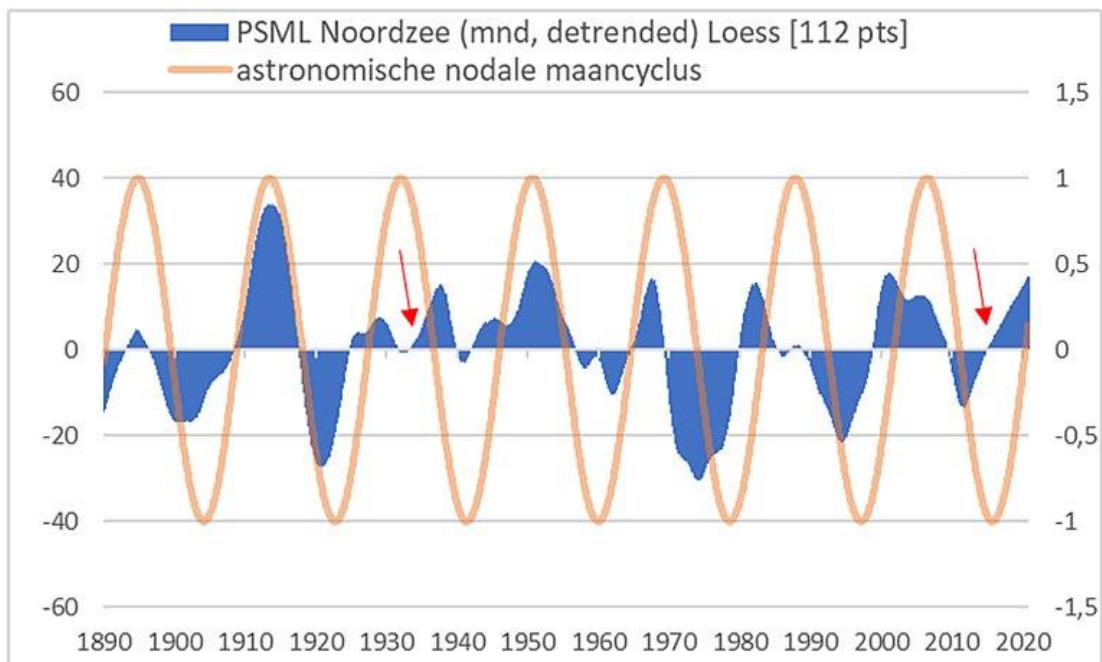


Fig.13 Data: PSMSL

Tot slot laten de figuren 12 en 13 zien dat er *opmerkelijke verschillen* zijn tussen Noordzee- en Waddenzeestations. De sterke stijging na 2015 in de Waddenzee, waar een neergang wordt verwacht, duidt op een *180°-faseverschuiving*. Die deed zich eveneens voor rond 1920. Tussen 1930 en 1979 verdwijnt de positieve fase grotendeels.

Aan de Noordzeekust is de nodale cyclus eveneens onregelmatig. Maar in tegenstelling tot de Waddenzee is tussen 1930 en 1970 niet de positieve fase maar de negatieve fase grotendeels verdwenen. Dit heeft uiteraard invloed op de langjarige trend. De prominente stijging na 2015 in de Waddenzee is in de Noordzee afwezig.

De vraag is waardoor die verschillen tussen Noordzee en Waddenzee ontstaan. [Peng et al \(2019\)](#) constateerden dat de waterhoogten in ondiepe kustgebieden sterk van plaats tot plaats kunnen verschillen als gevolg van de *geringe waterdiepte en de geometrie van de kustlijn*, waardoor de *waargenomen* 18,61-jarige nodale cyclus verschilt van de astronomisch theoretische waarden.

[Hagen et al](#) (2021) deden recent onderzoek naar de invloed van de *nodale cyclus* aan 31 getijdenstations aan de Noordzee, Waddenzee en Het Kanaal. De studie heeft aangetoond dat de huidige analysemethoden in de zuidelijke Noordzee en de Waddenzee enkele centimeters *onnauwkeurig* zijn als gevolg van de *ondiepte (frictie) en geometrische complexiteit* van het onderzochte gebied. Ze stellen een nieuwe rekenmethode voor op basis van *multiple nonlineaire regressie* om de invloed van de nodale cyclus op het zeeniveau beter te kunnen bepalen.

Conclusie: het Delftse onderzoeksteam heeft bij het bepalen van de invloed van de nodale cyclus op de zeespiegel ten onrechte geen regressie toegepast. Bovendien was het wenselijk geweest als ook de invloed van de AMO was meegenomen in het onderzoek, vooral ook omdat de keuze van het startjaar 1919 van de onderzochte periode samenvalt met een negatieve fase en het eindjaar 2018 met een positieve fase van de AMO.

De zeespiegel MOET harder stijgen (deel 4)

update 29-11-2022



The image is a screenshot of a news article from NOS, dated Monday, June 27, 2022, at 17:16. The headline reads: "Het is nu zeker: onze zeespiegel stijgt steeds sneller". The article text states: "De zeespiegel langs de Nederlandse kust stijgt steeds sneller, schrijven wetenschappers van de TU Delft in een nieuwe studie. Daarmee is voor het eerst aangetoond dat de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust versnelt. Sinds begin jaren 90 stijgt de zeespiegel voor de Nederlandse kust per jaar met 2,7 millimeter. In de zeventig jaar daarvoor ging het om een stijging van 1,7 millimeter per jaar. 'Sinds begin jaren 90 stijgt de zeespiegel 1 millimeter sneller dan daarvoor', zegt zeespiegelonderzoeker Riccardo Riva. 'Dat is ongeveer anderhalf keer zoveel.'"

Fig.1 Bron: [NOS](#)

In juni van dit jaar berichtten *alle* traditionele media in ons land dat een groep onderzoekers van TU Delft had ontdekt dat de zeespiegel langs de Nederlandse kust steeds sneller stijgt. Daarmee was 'voor het eerst *'aangetoond'* dat de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust versnelt, zo schreven de NOS en vele andere media het persbericht na. Maar was dat wel correct?

Voor Marjolein Haasnoot, auteur bij het IPCC en werkzaam bij Deltares, was de uitkomst van het Delftse onderzoek blijkbaar geen verrassing: "*... dit soort signalen hebben we wel nodig voor de toekomst. Want we zien nu dat het echt heel veel sneller gaat, en dan moeten we echt ons plan bijstellen. Daar moet je niet te lang mee wachten.*" Deltacommissaris Peter Glas, verantwoordelijk voor het deltaprogramma, in het NOS-artikel: "*Dit bevestigt de lijn die we al hadden ingezet. Maar dit zit vanaf vandaag ook echt in alle prognoses over wat hoe hoog de dijken en de duinen moeten zijn. Het betekent dat we ons beter en wellicht ook nog sneller moeten aanpassen aan het veranderende klimaat.*"

Wetenschappers maar ook bestuurders zouden beter niet zo'n haast moeten hebben, want eerst moet natuurlijk *vast komen te staan* dat de onderzoeksuitkomsten van het Delftse team *correct* zijn. De onmiddellijke omarming van de resultaten van het Delftse onderzoek geeft wel duidelijk weer dat 'zeespiegelstijging' *veel meer* is dan een wetenschappelijk onderzoeksobject.

Intussen hebben we al 3 berichten gewijd aan het Delftse onderzoek, zie [hier](#) en [hier](#) en [hier](#). De conclusie van wat we tot nu toe gevonden hebben is dat de methodiek die de Delftse groep heeft gehanteerd op zijn zachtst gezegd aanvechtbaar is. Maar met een definitief oordeel over de *bevindingen* van het rapport moesten we wachten tot de onderzoekers de onderliggende data geleverd hadden. En dat is begin oktober uiteindelijk gebeurd. De data zijn de onderliggende data van de *kerngrafiek* uit de Delftse publicatie, afgebeeld in figuur 2. Die Delftse data en ook de PSMSL meetdata zijn hier te downloaden.

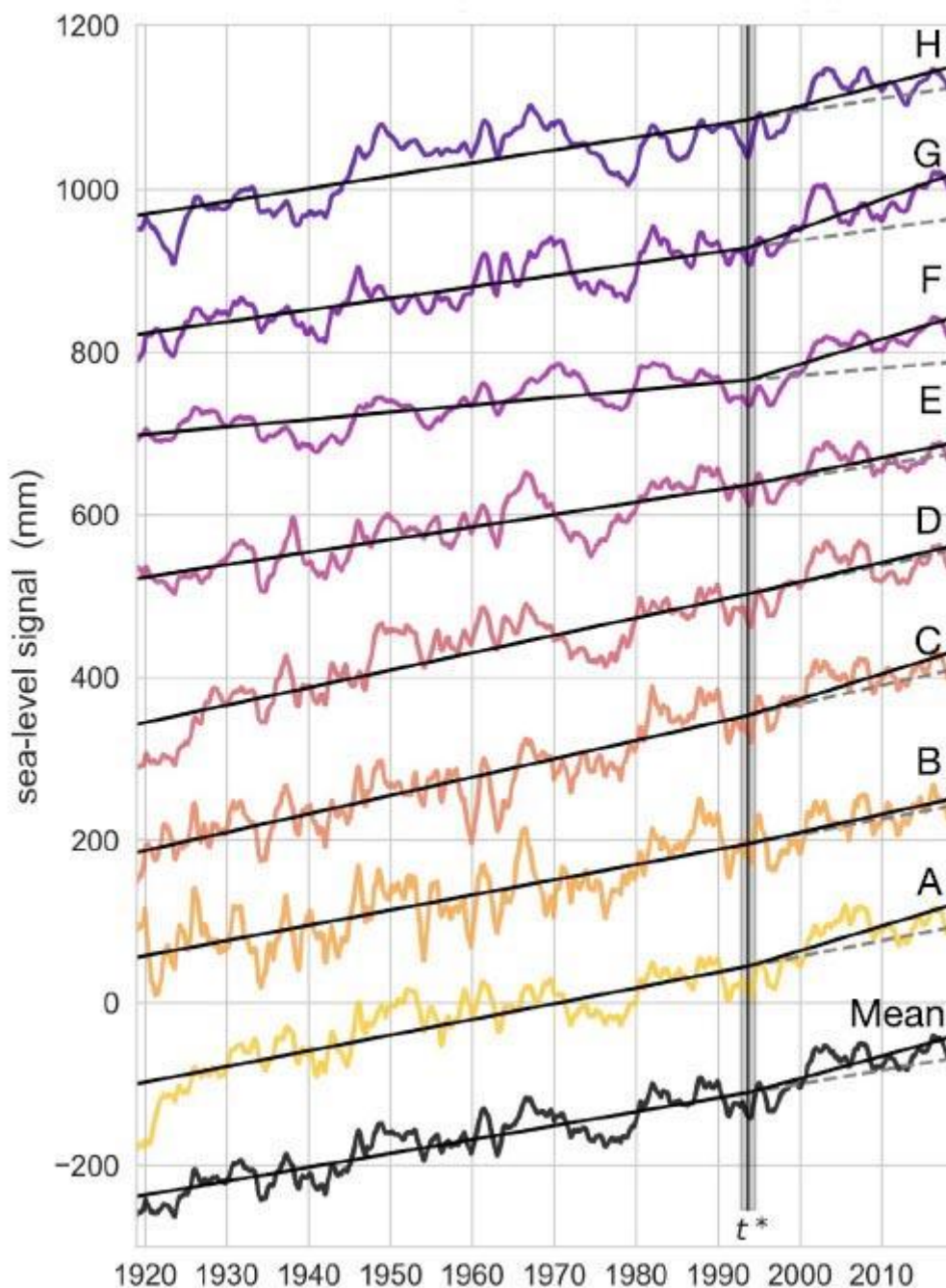


Fig.2 Bron: [Steffelbauer et al](#) (2022)

Figuur 2 is het *resultaat* van het tweestappenplan dat de onderzoekers ontwikkeld hebben. Stap 1 is het extraheren van het 'kale' zeespiegelsignaal uit de gemeten getijdedata. Dat kale signaal zou dan uitsluitend bestaan dan uit data die de sterodynamische (gevolg van zeestromen, temperatuur,

zoutgehalte) en barystatistische (watermassa) veranderingen van de zeespiegel weergeven. Stap 2 is het opsporen van een mogelijke versnelling in het in stap 1 geëxtraheerde signaal van het zeeniveau.

Stap 1: extractie van het Delftse zeeniveau-signaal

De onderzoekers gaan uit van de idee dat de *gemeten zeespiegelhoogte* op een bepaalde plaats de resultante is van het hierboven beschreven 'kale' zeespiegelsignaal, plus daar bovenop seizoenschommelingen (jaarlijkse seizoenen en de nodale cyclus), externe invloeden (luchtdruk, zonale windstress en meridionale windstress) en 'irregular component'. De idee is nu dat als je die effecten van het gemeten signaal 'afpelt' dat je dan het 'echte' zeespiegelsignaal krijgt.

Over de nodale cyclus is al voldoende geschreven in deel 3 van de analyse. Spil in de Delftse methodiek is de invloed van de wind op de getijdemetingen. De Delftse onderzoekers maken daarvoor gebruik van de winddata van [reanalyses van NOAA](#), waarbij de wind per rastercel opgedeeld is in een zonale en een meridionale component.



Hessel Voortman • 1st

2w ***

Independent expert flood protection and hydraulic structures at Hessel ...

I read the paper and I doubt whether the methodology is valid.:

- The time series is corrected for wind effect using a linear combination of the meridional and zonal wind shear stress. It is a well-known fact that the wind effect in the North Sea is direction-dependent because of the basin shape. Thus, wind effects can not be described by a linear combination of the two directions. This invalidates part of the pre-processing of the data
- The paper states that common breakpoints are identified if the breakpoint is statistically significant for all eight stations. The result for IJmuiden hardly differs before and after the break and thus, following the procedure outlined in the paper, also 1993 is not a valid common breakpoint
- Uncertainties of the rate of rise before and after the breakpoint are radically different, indicating that the periods before and after the break are not the same. If that is the case, the method tests not only for changes in trend, but also for effects of differences in sample size, obscuring the picture

Fig.3 Bron:

Linkedin

Hessel Voortman, expert op het gebied van kustverdediging, reageerde via Twitter op het Delftse rapport (figuur 3). Volgens Voortman is het gebruik van *zonale en meridionale windstress-data* zoals gebruikt door de auteurs voor het corrigeren van de getijde meetreeksen *onjuist*, omdat *de vorm van het Noordzeebekken* het windeffect sterk richtinggevoelig maakt. Het [proefschrift](#) van Voortman levert interessant leesvoer op dit vlak. Ongetwijfeld gaan we op korte termijn nog meer horen en lezen over deze cruciale windstressfactor.

De Delftse onderzoekers haalden tenslotte de ruis uit het overgebleven signaal. Uit de beschrijving in de paper werd me niet duidelijk hoe dat is gebeurd. *Statistisch gezien lijkt het niet geoorloofd om vervolgens die ruis te negeren bij het bepalen van trends.* Dat is een groot probleem, omdat *een trendbreuk alleen al daardoor significant kan worden.* Daarover later meer.

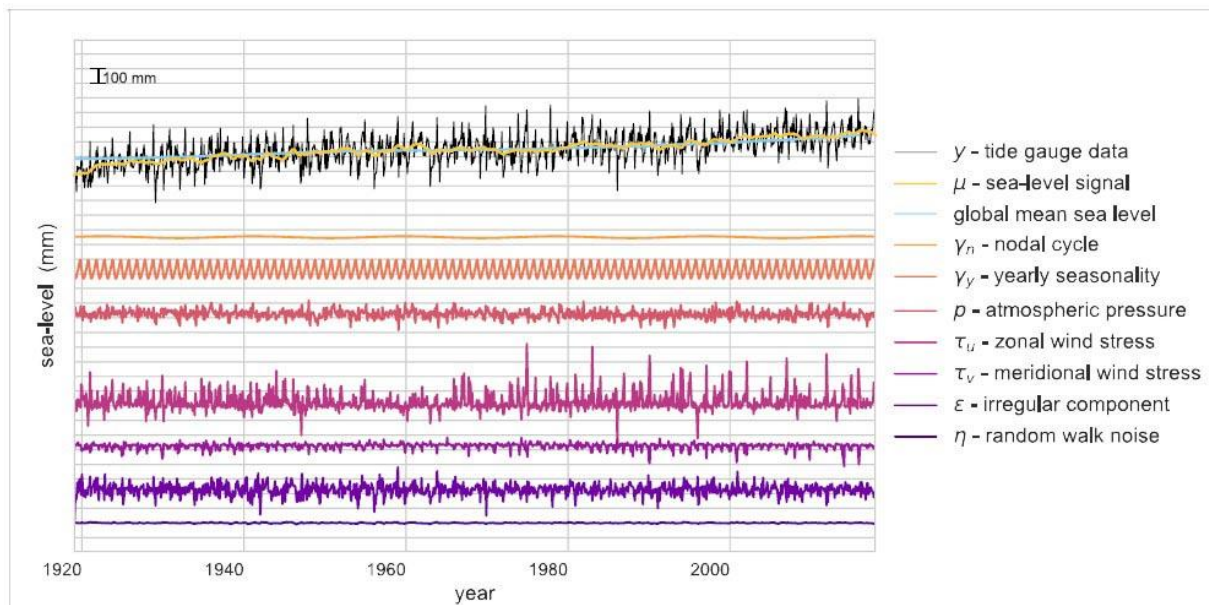


Fig.4 Bron: Steffebauer et al (2022)

Figuur 4 laat de grafieken van de diverse hiervoor beschreven componenten zien die in mindering gebracht zijn op de gemeten getijdedata. Het effect daarvan op het gemeten PSMSL signaal ziet er voor Vlissingen zo uit:

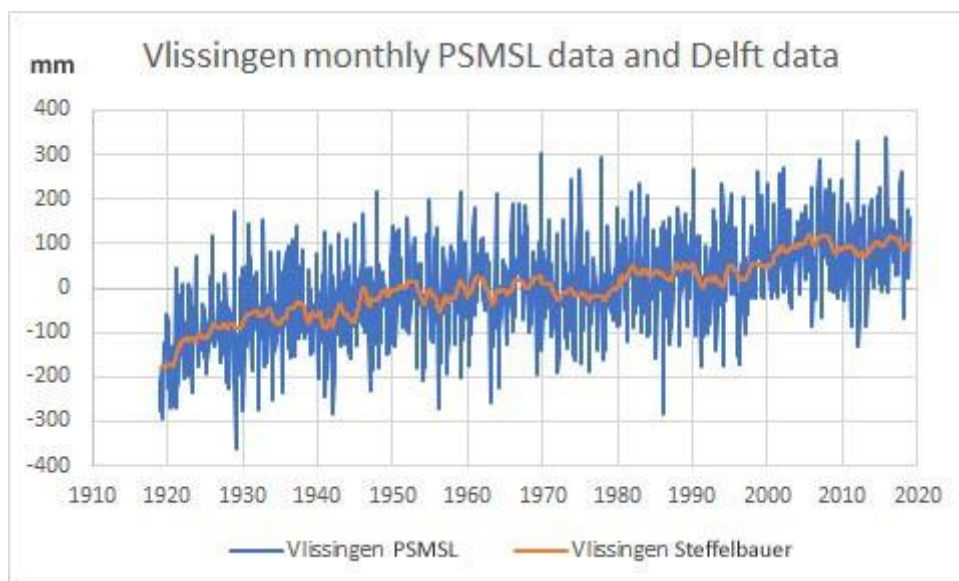


Fig.5 Data: [PSMSL](#) en Steffebauer et al

De blauwe lijn toont de maandelijkse gemeten zeespiegeldata van station Vlissingen, de bruine lijn toont de door het Delftse team berekende 'kaalgeplukte' *sea level signal* van Vlissingen. Te zien is dat de oorspronkelijke PSMSL zeespiegeldata door de onderzoekers zo sterk 'gecorrigeerd' zijn, dat de ruis (variantie) *nagenoeg verdwenen* is. Dat veroorzaakt volgens deskundigen een *grote toename van de kans op een significant trendverschil* in de Delftdata in vergelijking met de gemeten PSMSL-data.

Stap 2: opsporen van breukpunten

In de *abstract* van de publicatie schrijven de onderzoekers: *"We applied the approach to eight 100-year records in the southern North Sea and detected, for the first time, a common breakpoint in the early 1990s. The mean SLR rate at the eight stations increases from 1.7 ± 0.3 mm yr⁻¹ before the breakpoint to 2.7 ± 0.4 mm yr⁻¹ after the breakpoint (95% confidence interval), which is unprecedented in the regional instrumental record."*

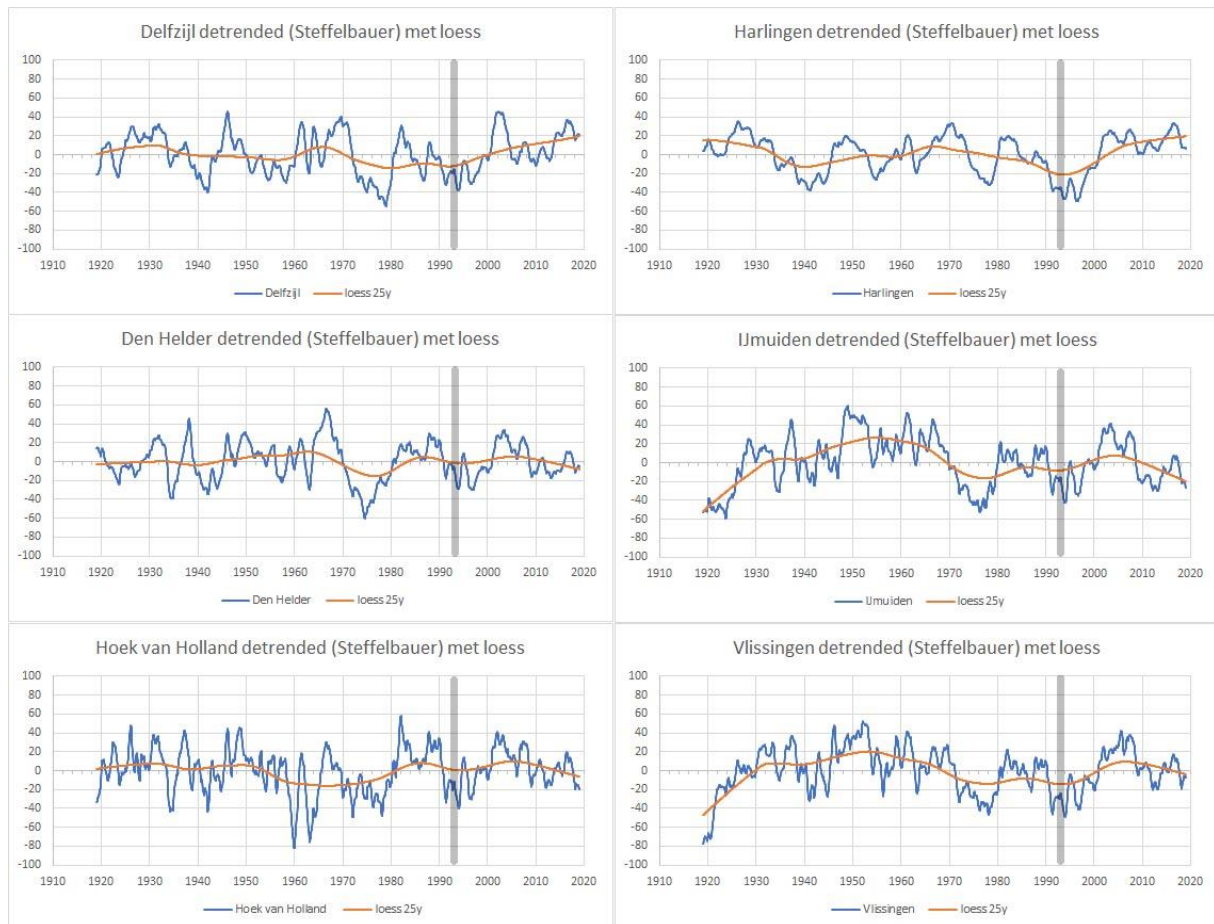


Fig.6 Data: Steffebauer et al

Het onderzoeksteam van TU Delft claimt een trendbreuk in alle onderzochte stations begin jaren '90 van de vorige eeuw. Figuur 6 toont de *detrended* zeespiegelsignalen voor de 6 hoofdstations zoals Delft die berekend heeft. Het verwijderen van de langjarige trend over de hele reeks maakt trendbreuken makkelijker visueel op te sporen en is toelaatbaar omdat het hier gaat om *trendverschillen*. De bruine lijn is een loess smoothing. Die loess smoothing laat zien dat de 'sea level signals' van Delft na 1993 wél een versnelling in Delfzijl en Harlingen tonen en een lichte stijging in Vlissingen, maar géén versnelling in Den Helder, IJmuiden en Hoek van Holland.

Dat de Waddenzeestations Harlingen en Delfzijl in de Delftse data een wat andere positie innemen dan de andere stations zou wel eens te maken kunnen hebben met hun ligging en de geografische oriëntatie op het noorden. De door Voortman aangehaalde richtinggevoeligheid voor het windeffect zou dan een rol kunnen spelen.

Die 'early 1990's' uit het citaat van de *abstract* zijn om precies te zijn de 11 maanden vóór augustus 1993 tot en met de 11 maanden erna, van september 1992 t/m juli 1994. Omdat ik alleen geïnteresseerd was in data van de *Nederlandse kuststations* heb ik mijn aandacht beperkt tot de 6 hoofdstations, te weten Delfzijl, Harlingen, Den Helder, IJmuiden, Hoek van Holland en Vlissingen. Cuxhaven (Duitsland) en Maassluis (geen kuststation), die wel in het Delftse onderzoek meegenomen worden, bekeek ik dus niet.

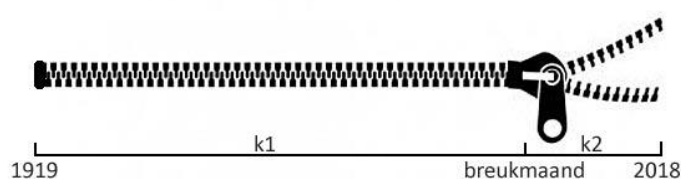


Fig.7

Aan de hand van de door Steffebauer aangeleverde *sea level signal* data hebben we voor de periode januari 1919 t/m december 2018 voor elke maand de trend bepaald van de interval vanaf 1919 tot de breukmaand (k1) en van de interval vanaf de breukmaand t/m 2018 (k2). Zie figuur 7.

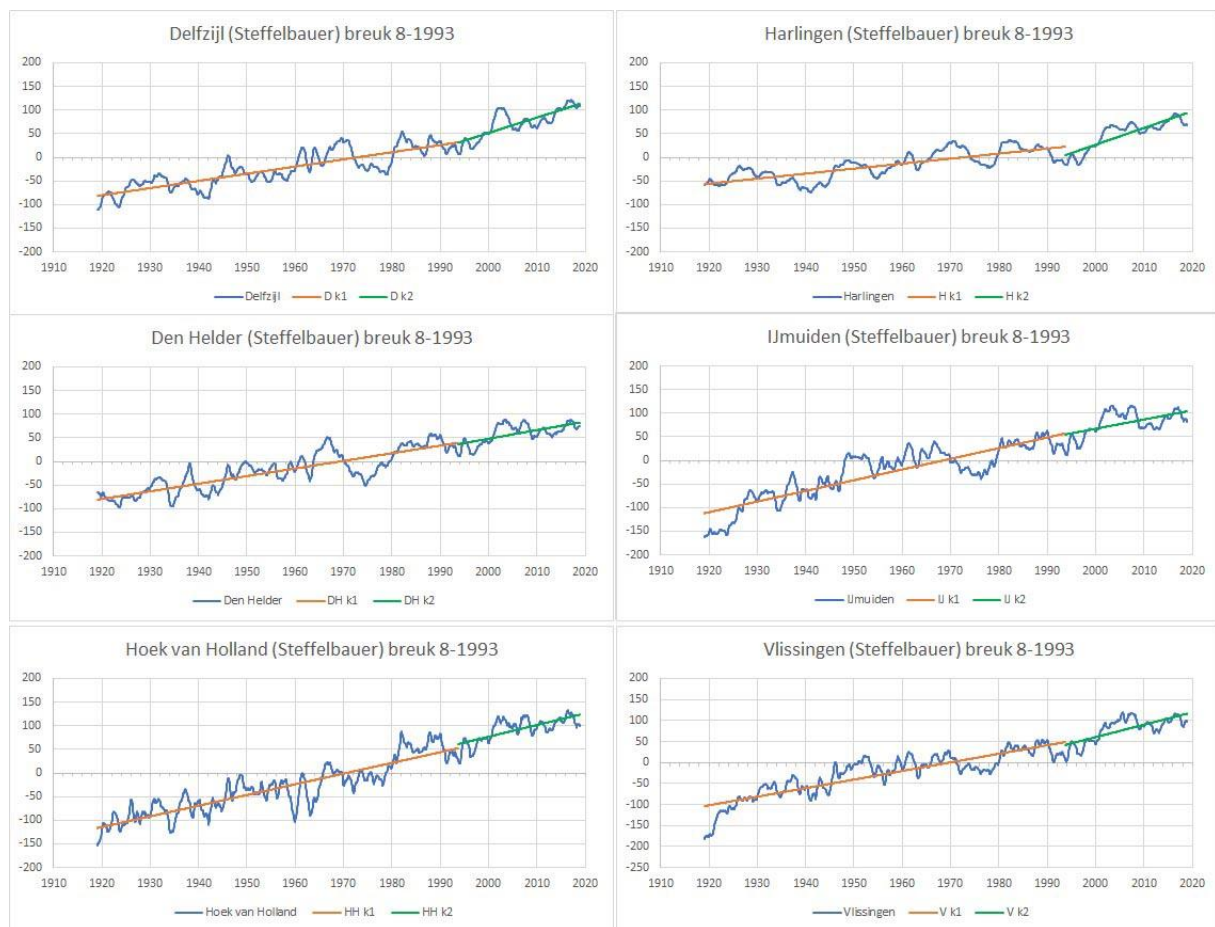


Fig.8

Steffebauer neemt voor elk van de 6 stations breuken waar, in de periode van 11 maanden vóór augustus 1993 tot 11 maanden na augustus 1993. Figuur 8 toont per station de reeksen van de Delftse onderzoekers plus de trendlijnen van de interval 1919 tot augustus 1993 (k1) en van augustus 1993 t/m 2018 (k2).

Er valt direct een tweetal zaken op. In de eerste plaats is de trend van k2 van IJmuiden niet hoger maar *lager* dan van k1. In de tweede plaats wijken de k2 trends van Hoek van Holland en Den Helder nauwelijks af van de k1 trends van diezelfde stations. Dat laatst zou kunnen betekenen dat er op die stations geen sprake is van een significante breuk, maar dat moet nader onderzocht worden. **Dat k2 van IJmuiden een trend vertoont die *lager* is dan k1 komt niet overeen met de claim van het Delftse team dat er sprake is van een 'common breakpoint'.**

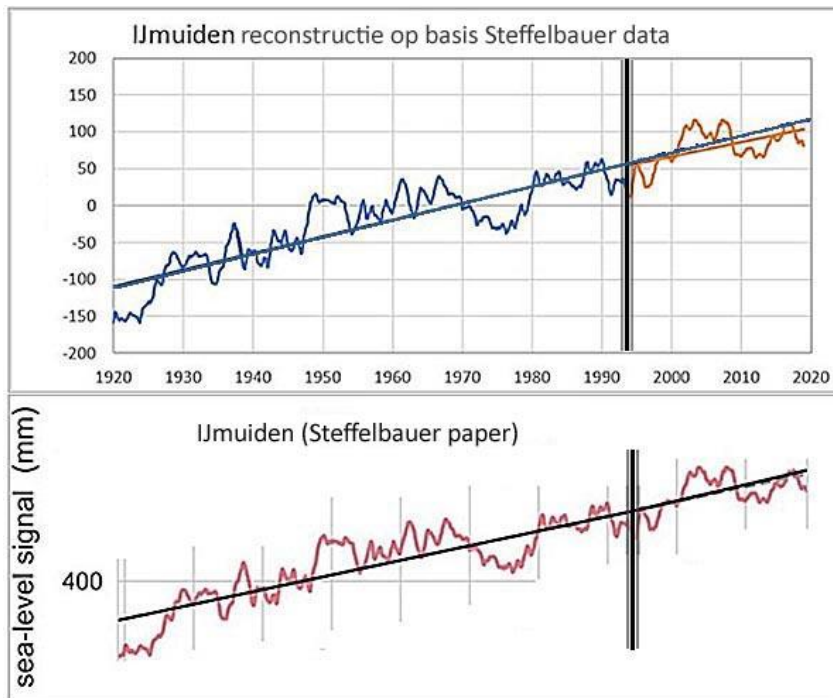


Fig.9

Figuur 9 toont de grafiek van Ijmuiden uit de paper van Steffebauer (onder) en onze reconstructie op basis van de Steffebauer-data (boven) met als breukmaand augustus 1993. Duidelijk is te zien dat in de reconstructie in Ijmuiden de trendlijn van k2 (bruine lijn) *lager ligt* dan die van k1 (doorgetrokken blauwe lijn). *Op station Ijmuiden neemt dus na het breukjaar de zeespiegeltrend af in plaats van toe.*

De grafiek van figuur 9 boven is gebaseerd op een breuk in augustus 1993. Nu kan het natuurlijk ook zijn dat de cijfers van Ijmuiden (en andere stations) wat anders komen te liggen als men niet augustus 1993 neemt als breekpunt maar een van de 2x 11 maanden daar rondom heen. Ik heb dat uitgezocht voor elke maand in de periode sep 1992 t/m juli 1994 en er een grafiek van gemaakt:

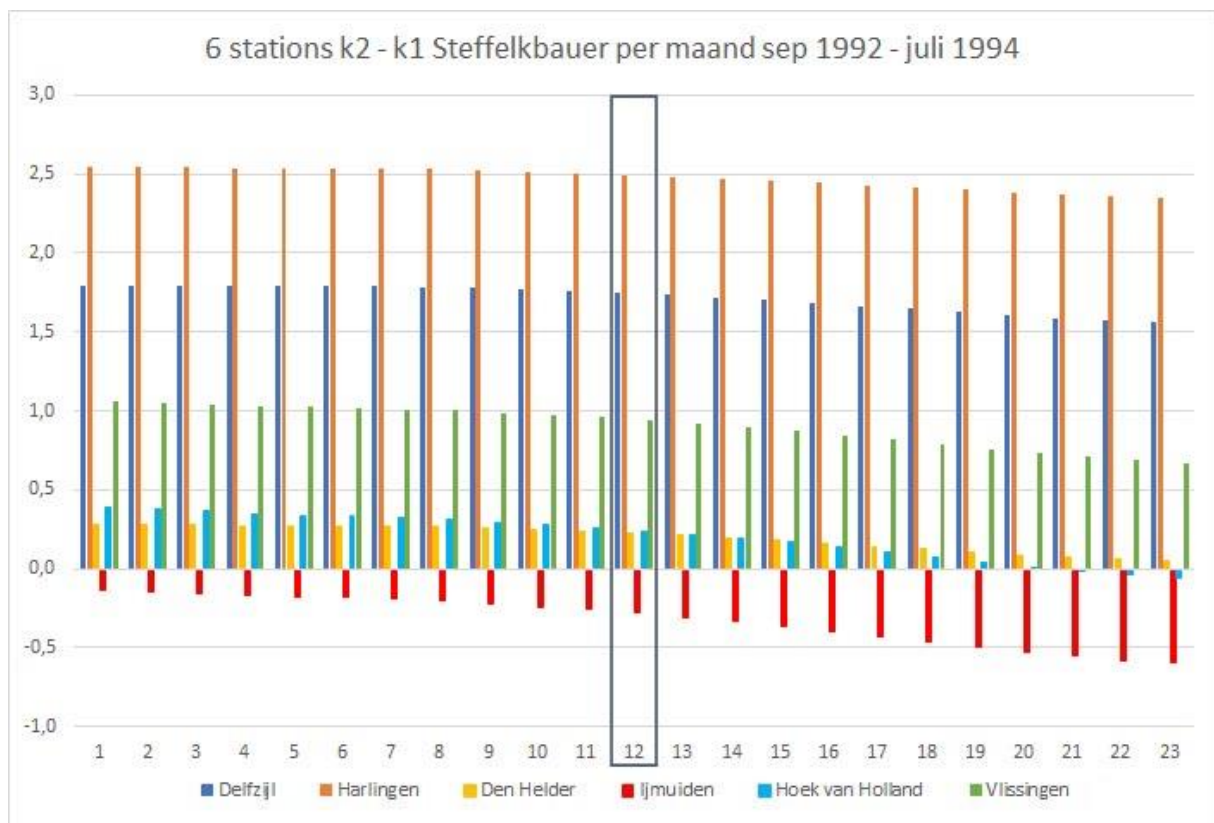


Fig.10

De grafiek toont het verschil tussen k_2 - k_1 voor elk station. Maand 12 is augustus 1993. *De uitkomst in IJmuiden is voor elk van de 23 maanden negatief*. Bovendien is te zien dat voor station Hoek van Holland het trendverschil in de laatste 3 maanden ook negatief is. Ook is goed te zien dat de trendverschillen van Den Helder en Hoek van Holland voor en na de ‘breuk’ erg dicht bij 0 liggen, zoals al eerder geconstateerd is. Wellicht dat we op een later moment kunnen kijken hoe het zit met de significantie van die trendbreuken.

	Delfzijl	Harlingen	Den Helder	IJmuiden	Hoek van	Vlissingen		Delfzijl	Harlingen	Den Helder	IJmuiden		Hoek van Holland	Vlissingen
	k1	k2	k1	k2	k1	k2		k1	k2	k1	k2		k1	k2
1992,708	22,71502	-6,69514	30,73619	32,02521	37,67791	20,15582		1,53	3,33	1,09	3,64		1,63	2,90
1992,792	22,26359	-7,01499	29,43647	31,25832	35,57237	19,47892		1,53	3,32	1,09	3,63		1,63	2,29
1992,875	24,09141	-6,20199	30,57773	33,26817	37,89637	21,11683		1,53	3,32	1,09	3,63		1,63	2,28
1992,958	26,18765	-5,23759	32,39645	35,8015	40,86589	24,24219		1,53	3,32	1,08	3,63		1,62	2,28
1993,042	26,9727	-5,04526	32,85626	36,77843	45,44759	26,35662		1,53	3,32	1,08	3,62		1,62	2,28
1993,125	26,32476	-5,8559	31,2466	35,43596	45,38041	26,00159		1,53	3,32	1,08	3,62		1,62	2,28
1993,208	22,4523	-8,38277	26,55306	30,42282	39,17928	21,5009		1,53	3,32	1,08	3,61		1,62	2,28
1993,292	18,93264	-10,4664	23,10371	26,87405	35,53761	18,68023		1,52	3,31	1,07	3,60		1,62	2,27
1993,375	16,41499	-11,9491	20,83109	24,71607	34,36085	17,1746		1,52	3,30	1,07	3,59		1,62	2,27
1993,458	13,87747	-13,1856	18,75595	22,58931	33,02092	15,2415		1,52	3,29	1,07	3,58		1,62	2,27
1993,542	11,28764	-14,4997	16,0711	19,68381	30,60229	12,44831		1,52	3,28	1,06	3,57		1,62	2,26
1993,625	9,671146	-15,3273	14,70354	17,71013	30,02033	11,01085		1,52	3,27	1,06	3,56		1,61	2,26
1993,708	7,967887	-16,2367	13,04239	15,37341	28,56892	9,298069		1,52	3,25	1,06	3,54		1,61	2,26
1993,792	6,761021	-16,7703	11,54652	12,98188	25,46979	6,427663		1,51	3,23	1,05	3,53		1,61	2,25
1993,875	6,214975	-16,7023	10,9232	11,50787	22,22929	4,289328		1,51	3,21	1,05	3,51		1,61	2,25
1993,958	6,571156	-16,0358	11,50463	11,27843	20,18002	3,188429		1,51	3,19	1,05	3,49		1,60	2,24
1994,042	6,866827	-15,3581	11,95824	11,74477	20,23517	4,345596		1,51	3,17	1,04	3,47		1,60	2,24
1994,125	7,034374	-14,7452	12,23427	12,11035	19,95132	4,933756		1,50	3,15	1,04	3,46		1,60	2,24
1994,208	9,857872	-12,8479	15,41181	15,89807	24,44746	9,247006		1,50	3,13	1,04	3,44		1,60	2,23
1994,292	14,51719	-10,0292	20,89821	22,65424	34,04712	16,4367		1,50	3,11	1,03	3,42		1,59	2,23
1994,375	18,67814	-7,35346	26,46833	29,37868	43,0485	23,46031		1,50	3,09	1,03	3,41		1,59	2,23
1994,458	21,68179	-5,04138	30,763	34,34133	48,55617	28,11524		1,50	3,08	1,03	3,39		1,59	2,23
1994,542	25,14142	-2,77301	34,88843	38,98388	53,58868	32,54751		1,50	3,06	1,03	3,38		1,59	2,22

Fig.11

De tabel van figuur 11 laat de trendwaarden zien voor en na de breuk in elk van de 23 maanden rond augustus 1993, berekend op basis van de data van Steffebauer. De grafiek van figuur 10 is gebaseerd op deze tabel. Opvallend is dat voor alle 6 hoofdstations k_1 en k_2 afwijken van de cijfers die in de publicatie gegeven worden (figuur 12):

	k_1 (mm yr ⁻¹)	k_2 (mm yr ⁻¹)
(A) Vlissingen	1.96 ± 0.06	2.9 ± 0.2
(B) Maassluis	1.85 ± 0.06	2.2 ± 0.2
(C) Hoek van Holland	2.26 ± 0.06	3.1 ± 0.2
(D) IJmuiden	2.17 ± 0.05	2.2 ± 0.1
(E) Den Helder	1.55 ± 0.06	1.9 ± 0.2
(F) Harlingen	0.92 ± 0.06	3.0 ± 0.2
(G) Delfzijl	1.47 ± 0.06	3.5 ± 0.2
(H) Cuxhaven	1.59 ± 0.06	2.6 ± 0.2
Mean	1.7 ± 0.3	2.7 ± 0.4

Fig.12

“...detected, for the first time, a common breakpoint in the early 1990s.” Hierboven is al duidelijk gemaakt dat dat ‘common’ in de abstract niet terecht is, het Delftse *sea level signal* van IJmuiden heeft immers na het breekpunt een lagere trend dan ervoor. Maar ook rond 2001/2002 zie ik in de grafieken van figuur 6 mogelijke breekpunten.

Intussen is er in de wereld van Waterbouw een soort van stammenoorlog uitgebroken tussen de ‘rekkelijken’ en de ‘preciezen’. De rekkelijken zijn dan mensen als Marjolijn Haasnoot van Deltares en Deltacommissaris Peter Glas die met name actief zijn op het gebied van watermanagement. Deze mensen hebben blijkbaar maar een half woord nodig om in de alarmistische stand te schieten, zoals hun uitspraken in het [NOS](#)-artikel van 27 juni 2022 laten zien.

De preciezen zijn de waterbouw-ingenieurs die goed kunnen rekenen en in ons land van oudsher gaan over kustbeveiliging. Zij gaan uit van meetgegevens en zijn vaak minder gevoelig voor maatschappelijke druk en hypes. Een bekende naam is professor Bas Jonkman van TU Delft die vorige maand de knuppel in het hoenderhok gooide met een [post op LinkedIn](#). Enfin, dat mondde uit in een artikel over de kwestie in het NRC.

„We worden bang gemaakt”, signaleert ingenieur Dick Butijn, die zich sterk maakt voor een tweede kustlijn. „Laten we elkaar niet de put in praten”, zegt ook Bas Jonkman, hoogleraar waterbouwkunde aan de TU Delft. Hij wordt naar eigen zeggen „op de kast gejaagd” door scenario's waarin Nederland op lange termijn maar beter het westen kan prijsgeven, en nu al moet beginnen met verhuizen naar hogere gebieden in het oosten. „Wij Nederlanders bouwen over de hele wereld superveilige kustsystemen, van Singapore tot Texas en New York, en dan zouden we ons in eigen land moeten terugtrekken?” Het debat over zulke scenario's schaadt de reputatie van Nederland, ook als vestigingslocatie. „Zelfs de banken en verzekeraars worden onnodig bang gemaakt.”

Wateradviseur Ties Rijcken noemt suggesties om bij voorkeur niet meer te bouwen in lager gelegen gebieden onzinnig. Rijcken: „Zeespiegelstijging is vreselijk. Maar het debat erover heeft dogmatische en soms zelfs religieuze trekjes. Moeten we nu al gebieden vrijhouden waarin niks meer mag gebeuren omdat we die ruimte over tientallen jaren of zelfs eeuwen misschien nodig hebben? Nee. We zijn ooit met acht miljoen inwoners en een klein bruto nationaal product in staat geweest een Afsluitdijk te bouwen, en daarna de Deltawerken. En dan zouden we dat systeem nu niet in stand kunnen houden?”

Fig.13 Bron: [NRC](#)

De ingenieurs houden het beschaafd, maar de boodschap is duidelijk: onnodige bangmakerij. Juist omdat het onderwerp 'zeespiegelstijging' zeer gevoelig ligt in deze tijd van klimaathysterie is het extra nodig dat de cijfers over die stijging kloppen, lijkt me. De conclusies van Steffebauer et al voldoen daar volgens mij niet aan.

Er zijn voldoende aanwijzingen dat de uitkomsten van Steffenbauer's publicatie niet serieus te nemen zijn. Het verhaal rammelt. Van een 'gemeenschappelijk breekpunt' is geen sprake, en het verwijderen van ruis maakt de overblijvende reeks uiterst gevoelig voor trendbreuken. Het team heeft daardoor mogelijk zijn eigen trendbreuken geschapen. Het 'sea level signal' in de Delftse publicatie is de uitkomst van een interessante wetenschappelijke exercitie, maar heeft weinig met het echte zeeniveau te maken.

De auteurs schrijven: *“The mean SLR rate at the eight stations increases from 1.7 ± 0.3 mm yr⁻¹ before the breakpoint to 2.7 ± 0.4 mm yr⁻¹ after the breakpoint (95% confidence interval), which is unprecedented in the regional instrumental record.”*

Hier is echter geen sprake van een *mean SLR rate* maar van een kunstmatige cijferreeks. Die vermeende stijging van de trend na 1993 1,7 mm/jaar naar 2,7 mm/jaar is het product van die cijferreeks. En dat *“unprecedented in the regional instrumental record”* is onzin: de cijferreeks van Steffebauer is géén *regional instrumental record*. Dat zijn alleen de gemeten data van Rijkswaterstaat/PSMSL. Dit zijn ze, op hun volle lengte van 1890 t/m 2021 met lineaire trends plus versnellingen:

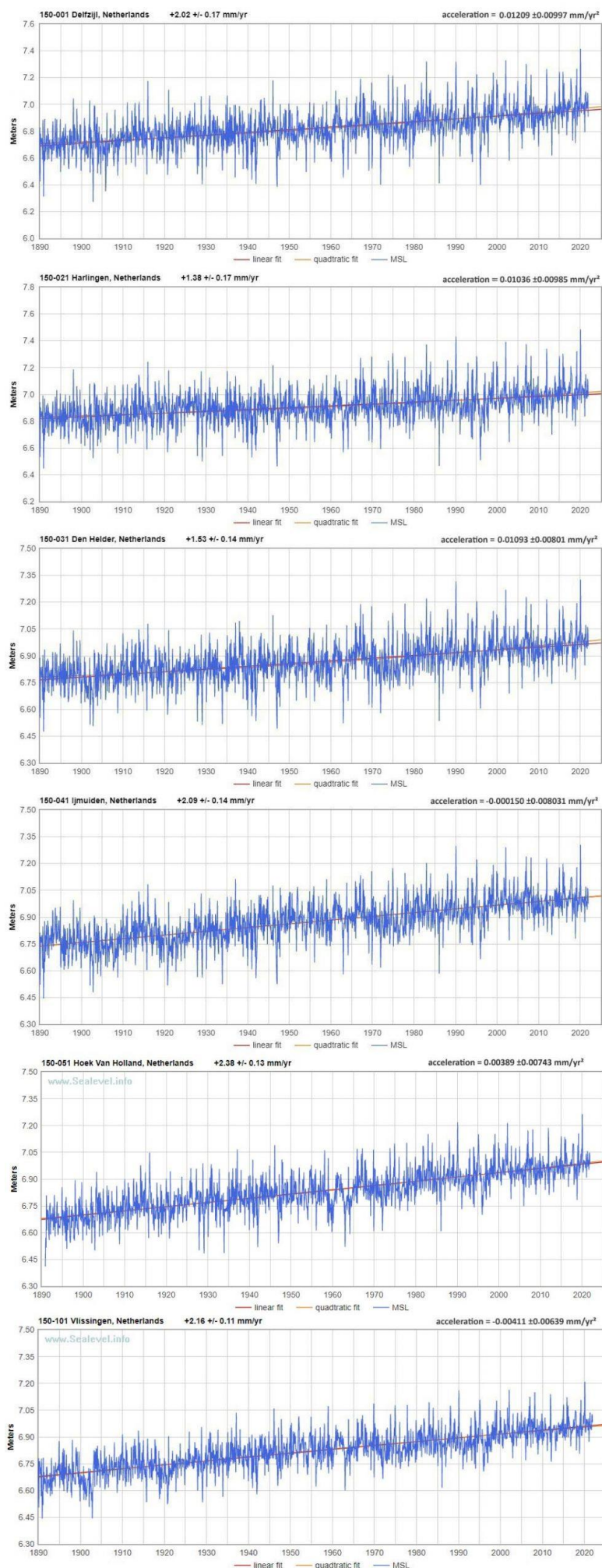


Fig. 14 Bron: sealevel.info

Te zien is dat er in die 132 jaren *nauwelijks* sprake is van een versnelling in de tijdreeksen van de 6 stations. Dat is des te opmerkelijker, omdat er voortdurend grootschalige menselijke activiteiten aan onze kustlijn hebben plaatsgevonden. Ik denk aan de uitdieping van de Westerschelde, de aanleg van de Deltawerken, de uitbreiding en verdieping van de Rotterdamse haven, de aanleg van de Afsluitdijk en de delfstofwinning nabij Hoek van Holland en vooral in de noordelijke provincies.

De meeste van die activiteiten hebben op een of andere manier invloed op de zeespiegel. Hoevéél is onderwerp van onderzoek. Voor de gaswinning in Groningen is in elk geval bekend dat sinds 1963 de bodem nabij Delfzijl met maar liefst 24 cm gedaald is (zie figuur 16, bron Deltares). Intussen heb ik begrepen dat de PSMSL data voor die bodemdaling door gaswinning worden gecorrigeerd.

Delfzijl

Dit station bevindt zich in de haven van Delfzijl. Het station heeft een hoofdgebouw met een fundament op een stalen ronde paal (binnenbreedte = 2.3m, buitenbreedte 2.348m) en reikt tot een diepte van -20m NAP. Het gebouw is verbonden met het vaste land door middel van een stalen trap naar een kade. De peilbout bevindt zich in de constructie die aan de muur is bevestigd. De betonnen onderwaterkamer bevindt zich tussen -4 en -5 m. Dit station is door gaswinning 24cm gezakt (Hijma and Kooi, 2018) en zakt nog steeds. De peilbouten zijn 'losgekoppeld' van het NAP (De Jong, 1973). De hoogtes van buiten de gaswinningsschotel worden doorgetrokken naar Delfzijl. Om de relatieve zeespiegelstijging te berekenen moet daarom bij dit station de door gaswinning veroorzaakte bodemdaling opgeteld worden. In de buurt van het station Delfzijl is een GNSS station geplaatst.



Meetstation in Delfzijl

Fig. 15 Bron: [Zeespiegelmonitor 2018](#)

Deel 5 Conclusie: geen versnelling in zeespiegelstijging

Tot nu toe zijn hier vier artikelen verschenen over de geruchtmakende publicatie van [Steffelbauer et al](#) (2022): [hier](#), [hier](#), [hier](#) en [hier](#). De reconstructie en analyse van de publicatie was al met al een hele kluit. Waarom staken we toch zoveel tijd en moeite in deze materie? Vooral omdat de claim van het Delftse onderzoeksteam zeer ambitieus was: *er zou sprake zijn van een versnelling in de zeespiegel voor de Nederlandse kust die niet zichtbaar is in de gemeten data*.

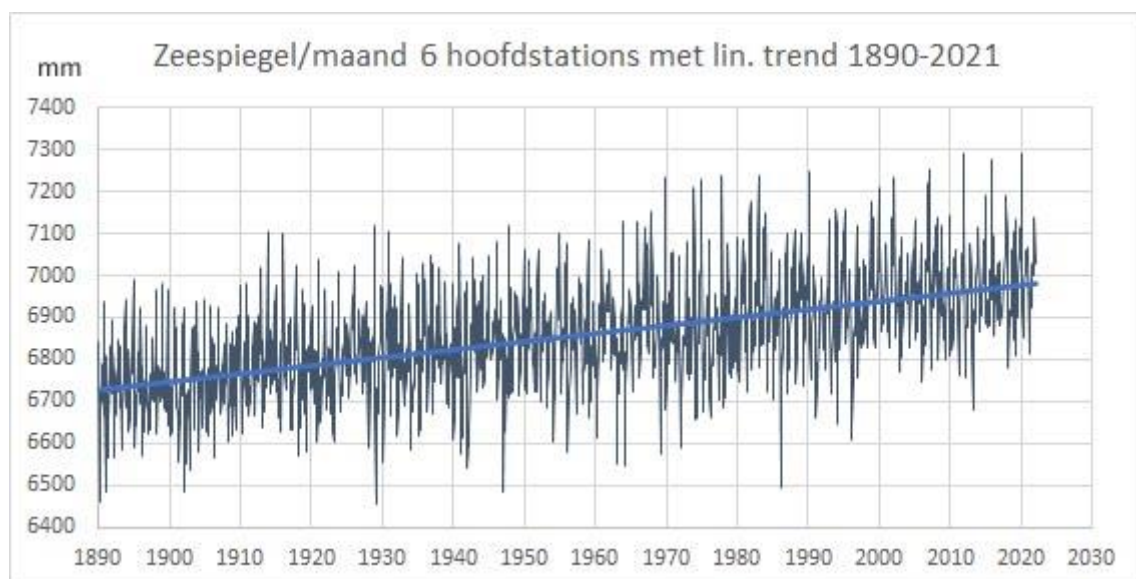


Fig.1 Maanddata ensemble 6 hoofdstations Nederlandse kust. Data: [PSMSL](#)

Die onzichtbare trendbreuk zou rond 1993 moeten liggen. Bij diegenen die zich bezig houden met zeespiegelcijfers gaat er dan onmiddellijk een belletje rinkelen. Vanaf 1993 komen namelijk zeespiegeldata beschikbaar gebaseerd op satellietmetingen. Opvallend is dat die satellieten een veel grotere zeespiegelstijging meten (ongeveer 3 mm/jaar) dan de langjarige meetreeksen

van getijdestations (ongeveer 1,5 mm/jaar). Die getijdestations meten al vanaf de 19^e eeuw de hoogte van de zeespiegel. Zie artikelen over beide typen metingen [hier](#) en [hier](#).

Die discrepantie tussen getijdemetingen en satellietmetingen is in de wetenschappelijke wereld een dankbare bron van onderzoek. Meestal betekent dit dat men tracht aan te tonen dat de satellietdata de juiste zijn (soms door de getijdemetingen vanaf 1993 te negeren). Een versnelling in de zeespiegelstijging zou perfect passen in de doemscenario's rondom klimaatverandering, klimaatverandering is immers 'hot'.

Vandaag ligt het finale artikel over de vermeende zeespiegelversnelling aan de Nederlandse kust voor u. Collega Jan Ruis is diep in de statistiek van de Delftse paper gedoken en vond opmerkelijke zaken:

Significante trendbreuken in het Steffebauer trendbreuk-interval

	Delfzijl			Harlingen			Den Helder			IJmuiden		
	k1	k2	p	k1	k2	p	k1	k2	p	k1	k2	p
Sep 92	1,53±0,03	3,32±0,13	<0,001	1,10±0,03	3,63±0,11	<0,001	1,63±0,03	1,90±0,12	<0,025	2,29±0,04	2,14±0,16	ns
Okt 92	1,53±0,03	3,32±0,13	<0,001	1,09±0,03	3,63±0,11	<0,001	1,63±0,03	1,90±0,12	<0,05	2,29±0,04	2,13±0,16	ns
Nov 92	1,53±0,03	3,32±0,13	<0,001	1,09±0,03	3,63±0,11	<0,001	1,63±0,03	1,90±0,12	<0,05	2,28±0,04	2,13±0,16	ns
Dec 92	1,53±0,03	3,32±0,13	<0,001	1,09±0,03	3,62±0,11	<0,001	1,62±0,03	1,90±0,12	<0,05	2,28±0,04	2,13±0,16	ns
Jan 93	1,53±0,03	3,32±0,13	<0,001	1,08±0,03	3,62±0,12	<0,001	1,62±0,03	1,89±0,12	<0,05	2,28±0,04	2,09±0,16	ns
Feb 93	1,53±0,03	3,32±0,13	<0,001	1,08±0,03	3,61±0,12	<0,001	1,62±0,03	1,89±0,12	<0,05	2,28±0,04	2,08±0,16	ns
Mrt 93	1,53±0,03	3,31±0,13	<0,001	1,08±0,03	3,60±0,12	<0,001	1,62±0,03	1,89±0,12	<0,05	2,28±0,04	2,07±0,16	ns
Apr 93	1,52±0,03	3,30±0,13	<0,001	1,08±0,03	3,59±0,12	<0,001	1,62±0,03	1,88±0,12	<0,05	2,27±0,04	2,05±0,16	ns
Mei 93	1,52±0,03	3,29±0,13	<0,001	1,07±0,03	3,58±0,12	<0,001	1,62±0,03	1,87±0,12	ns	2,27±0,04	2,03±0,16	ns
Jun 93	1,52±0,03	3,28±0,13	<0,001	1,06±0,03	3,57±0,12	<0,001	1,62±0,03	1,85±0,12	ns	2,27±0,04	2,00±0,16	ns
Jul 93	1,52±0,03	3,27±0,14	<0,001	1,06±0,03	3,56±0,12	<0,001	1,62±0,03	1,84±0,12	ns	2,26±0,04	1,98±0,16	ns
Aug 93	1,52±0,03	3,25±0,14	<0,001	1,06±0,03	3,54±0,12	<0,001	1,61±0,03	1,82±0,12	ns	2,26±0,04	1,95±0,16	ns
Sep 93	1,52±0,03	3,23±0,14	<0,001	1,06±0,03	3,53±0,12	<0,001	1,61±0,03	1,80±0,12	ns	2,26±0,04	1,92±0,16	<0,05
Okt 93	1,51±0,03	3,21±0,14	<0,001	1,06±0,03	3,51±0,12	<0,001	1,61±0,03	1,79±0,12	ns	2,25±0,04	1,88±0,16	<0,05
Nov 93	1,51±0,03	3,19±0,14	<0,001	1,05±0,03	3,49±0,12	<0,001	1,61±0,03	1,76±0,12	ns	2,25±0,04	1,85±0,16	<0,025
Dec 93	1,51±0,03	3,17±0,14	<0,001	1,05±0,03	3,47±0,12	<0,001	1,60±0,03	1,74±0,12	ns	2,24±0,04	1,81±0,16	<0,025
Jan 94	1,51±0,03	3,15±0,14	<0,001	1,05±0,03	3,46±0,12	<0,001	1,60±0,03	1,72±0,12	ns	2,24±0,04	1,78±0,16	<0,01
Feb 94	1,50±0,03	3,13±0,14	<0,001	1,04±0,03	3,44±0,12	<0,001	1,60±0,03	1,70±0,12	ns	2,24±0,04	1,74±0,16	<0,005
Mrt 94	1,50±0,03	3,11±0,14	<0,001	1,04±0,03	3,42±0,12	<0,001	1,60±0,03	1,68±0,13	ns	2,23±0,04	1,70±0,16	<0,005
Apr 94	1,50±0,03	3,09±0,14	<0,001	1,04±0,03	3,41±0,12	<0,001	1,59±0,03	1,66±0,13	ns	2,23±0,04	1,67±0,16	<0,001
Mei 94	1,50±0,03	3,08±0,14	<0,001	1,03±0,03	3,39±0,12	<0,001	1,59±0,03	1,65±0,13	ns	2,23±0,04	1,65±0,16	<0,001
Jun 94	1,50±0,03	3,06±0,14	<0,001	1,03±0,03	3,38±0,12	<0,001	1,59±0,03	1,64±0,13	ns	2,23±0,04	1,62±0,17	<0,001
Jul 94	1,50±0,03	3,05±0,14	<0,001	1,03±0,03	3,37±0,12	<0,001	1,59±0,03	1,64±0,13	ns	2,22±0,04	1,61±0,17	<0,001

	Hoek van Holland			Vlissingen			Maassluis			Cuxhaven		
	k1	k2	P	k1	k2	p	k1	k2	p	k1	k2	p
Sep 92	2,28±0,04	2,65±0,13	<0,01	2,07±0,04	3,12±0,14	<0,001	1,94±0,04	2,27±0,13	<0,025	1,69±0,04	2,78±0,15	<0,001
Okt 92	2,27±0,04	2,63±0,13	<0,01	2,07±0,04	3,11±0,15	<0,001	1,94±0,04	2,27±0,13	<0,025	1,69±0,04	2,76±0,15	<0,001
Nov 92	2,27±0,04	2,62±0,13	<0,025	2,07±0,04	3,10±0,15	<0,001	1,94±0,04	2,27±0,13	<0,025	1,68±0,04	2,74±0,15	<0,001
Dec 92	2,27±0,04	2,61±0,13	<0,025	2,06±0,04	3,09±0,15	<0,001	1,94±0,04	2,28±0,14	<0,025	1,68±0,04	2,72±0,15	<0,001
Jan 93	2,27±0,04	2,60±0,13	<0,025	2,06±0,04	3,08±0,15	<0,001	1,94±0,04	2,29±0,14	<0,025	1,68±0,04	2,70±0,15	<0,001
Feb 93	2,27±0,04	2,59±0,13	<0,025	2,06±0,04	3,07±0,15	<0,001	1,94±0,04	2,29±0,14	<0,025	1,67±0,04	2,68±0,15	<0,001
Mrt 93	2,27±0,04	2,58±0,13	<0,05	2,06±0,04	3,05±0,15	<0,001	1,94±0,04	2,29±0,14	<0,025	1,67±0,04	2,66±0,15	<0,001
Apr 93	2,27±0,04	2,56±0,13	<0,05	2,05±0,04	3,04±0,15	<0,001	1,93±0,04	2,29±0,14	<0,025	1,67±0,04	2,63±0,15	<0,001
Mei 93	2,27±0,04	2,54±0,13	<0,05	2,05±0,04	3,02±0,15	<0,001	1,93±0,04	2,28±0,14	<0,025	1,66±0,04	2,60±0,15	<0,001
Jun 93	2,27±0,04	2,52±0,13	ns	2,05±0,04	3,00±0,15	<0,001	1,93±0,04	2,27±0,14	<0,025	1,66±0,04	2,57±0,15	<0,001
Jul 93	2,26±0,04	2,50±0,13	ns	2,05±0,04	2,98±0,15	<0,001	1,93±0,04	2,26±0,13	<0,05	1,65±0,04	2,54±0,15	<0,001
Aug 93	2,26±0,04	2,47±0,13	ns	2,04±0,04	2,96±0,15	<0,001	1,93±0,04	2,25±0,14	<0,05	1,65±0,04	2,50±0,15	<0,001
Sep 93	2,26±0,04	2,45±0,13	ns	2,04±0,04	2,93±0,15	<0,001	1,93±0,04	2,24±0,14	<0,05	1,64±0,04	2,47±0,15	<0,001
Okt 93	2,26±0,04	2,42±0,13	ns	2,03±0,04	2,90±0,15	<0,001	1,92±0,04	2,23±0,14	<0,05	1,64±0,04	2,43±0,15	<0,001
Nov 93	2,25±0,04	2,39±0,13	ns	2,03±0,04	2,87±0,15	<0,001	1,92±0,04	2,21±0,14	ns	1,64±0,04	2,39±0,15	<0,001
Dec 93	2,25±0,04	2,35±0,13	ns	2,03±0,04	2,84±0,15	<0,001	1,92±0,04	2,20±0,14	ns	1,63±0,04	2,36±0,15	<0,001
Jan 94	2,25±0,04	2,32±0,13	ns	2,02±0,04	2,81±0,15	<0,001	1,92±0,04	2,18±0,14	ns	1,63±0,04	2,33±0,15	<0,001
Feb 94	2,25±0,04	2,28±0,13	ns	2,02±0,04	2,77±0,15	<0,001	1,91±0,04	2,16±0,14	ns	1,63±0,04	2,30±0,15	<0,001
Mrt 94	2,24±0,04	2,25±0,13	ns	2,02±0,04	2,74±0,15	<0,001	1,91±0,04	2,14±0,15	ns	1,62±0,04	2,27±0,15	<0,001
Apr 94	2,24±0,04	2,22±0,13	ns	2,01±0,04	2,72±0,15	<0,001	1,91±0,04	2,13±0,15	ns	1,62±0,04	2,25±0,15	<0,001
Mei 94	2,24±0,04	2,20±0,13	ns	2,01±0,04	2,70±0,15	<0,001	1,91±0,04	2,13±0,15	ns	1,62±0,04	2,23±0,15	<0,001
Jun 94	2,24±0,04	2,28±0,13	ns	2,01±0,04	2,68±0,15	<0,001	1,91±0,04	2,14±0,15	ns	1,62±0,04	2,21±0,15	<0,001
Jul 94	2,24±0,04	2,16±0,13	ns	2,01±0,04	2,67±0,15	<0,001	1,91±0,04	2,15±0,15	ns	1,62±0,04	2,20±0,15	<0,001

Tabel 1. Trends met standaardfout en p-waarden van het trendverschil in het interval 1993 ± 11 maanden voor 8 stations. Rode p-waarden betekenen dat k2 kleiner is dan k1, dus dat de trend na de breuk lager is.

k1=trend met standaardfout vóór de breuk; k2= trend met standaardfout na de breuk; p=tweezijdige overschrijdingskans van de t-waarde. De t-waarde werd bepaald met:

$$t = \frac{b_1 - b_2}{\sqrt{s_{b_1}^2 + s_{b_2}^2}}, df = n_1 + n_2 - 4$$

waarin b_1 als de trend ná de breuk en b_2 de trend vóór de breuk (zodat een lagere trend ná de breuk een negatieve t-waarde oplevert (rood in Tabel 1). S_{b_1} en S_{b_2} zijn de standaardfout van trend b_1 en b_2 . De standaardfout van de trend werd bepaald met:

$$s(b_1) = \sqrt{\frac{1}{n-2} * \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

Gebruikt zijn de onbewerkte maandelijkse getijdereeksen van Steffebauer. k_1 en k_2 zijn de trends met standaardfout p voor en na de datum in de linker kolom. Voorbeeld: Delfzijl sep '92: k_1 is de trend van januari 1919 t/m september 1992, k_2 is de trend van oktober 1992 t/m december 2018; p is de overschrijdingskans voor het verschil tussen k_2 en k_1 : hier is k_2 significant hoger dan k_1 ($p < 0,001$).

Steffebauer geeft alleen zeer summiere trenddata waarin *alle* stations een significant hogere trend vertonen na de veronderstelde gemeenschappelijke breuk *ergens* in het interval september 1992 – juli 1994:

	k_1 (mm yr ⁻¹)	k_2 (mm yr ⁻¹)
(A) Vlissingen	1.96 ± 0.06	2.9 ± 0.2
(B) Maassluis	1.85 ± 0.06	2.2 ± 0.2
(C) Hoek van Holland	2.26 ± 0.06	3.1 ± 0.2
(D) IJmuiden	2.17 ± 0.05	2.2 ± 0.1
(E) Den Helder	1.55 ± 0.06	1.9 ± 0.2
(F) Harlingen	0.92 ± 0.06	3.0 ± 0.2
(G) Delfzijl	1.47 ± 0.06	3.5 ± 0.2
(H) Cuxhaven	1.59 ± 0.06	2.6 ± 0.2
Mean	1.7 ± 0.3	2.7 ± 0.4

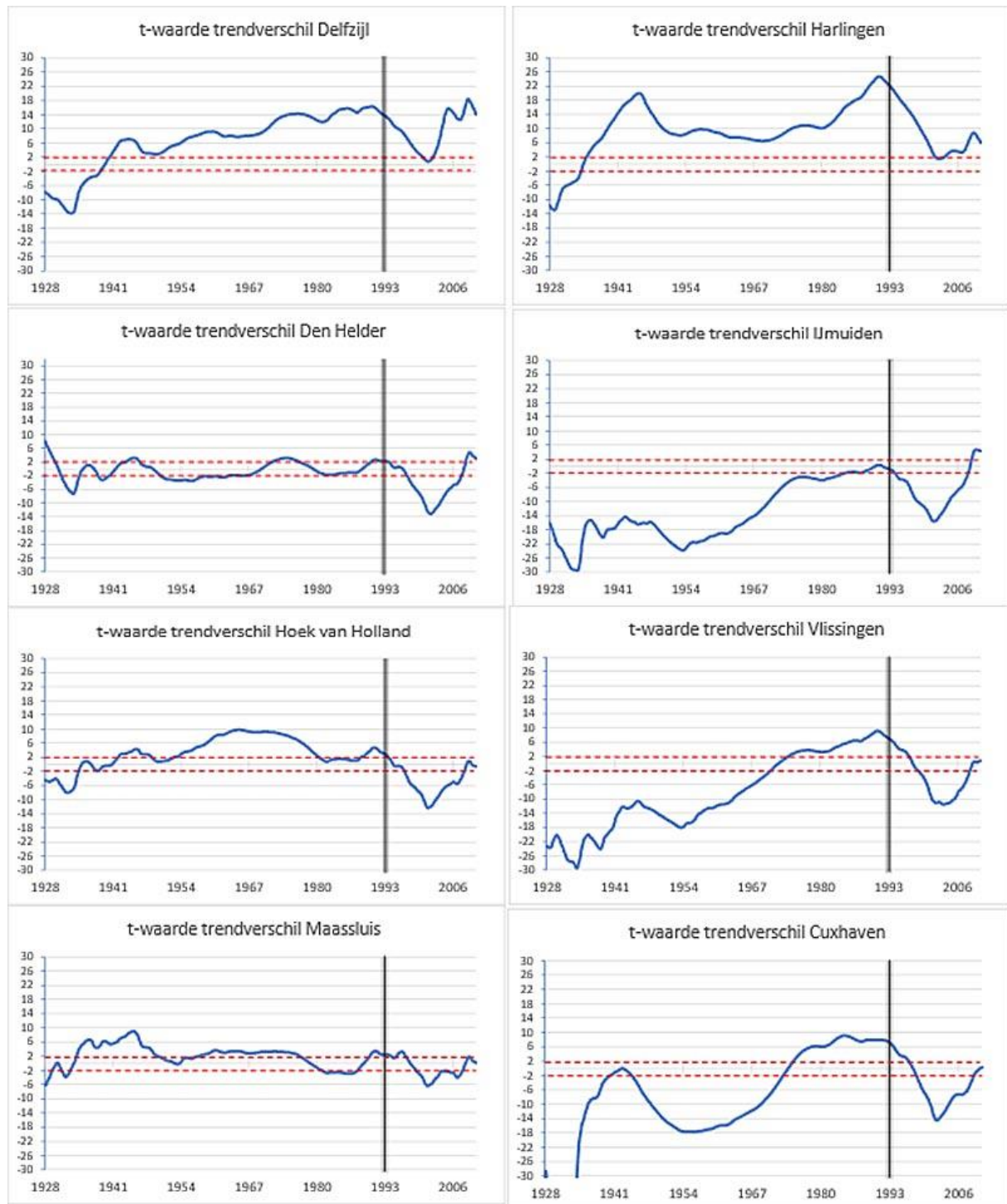
Figuur 2. Table 1 uit het TU Delft artikel toont de geschatte zeeniveau trends van de individuele stations voor (k_1) en na (k_2) het gemeenschappelijke breekpunt t^* , met hun overeenkomstige 95% betrouwbaarheidsintervallen.

Vele trendwaarden en standaardfouten in figuur 2 wijken echter af van die in onze tabel 1, met als enige uitzonderingen k_1 van Hoek van Holland en k_2 van Vlissingen, Den Helder en Cuxhaven. De andere trendwaarden liggen ver buiten het interval in tabel 1. Dat wekt verbazing. Wellicht zijn de verschillen geheel of deels te wijten aan wat in de legenda van figuur 2 staat: *geschatte trends* (“*estimated SLR*”). Hieruit wordt niet duidelijk wat er precies is gedaan. De kleine verschillen in de standaardfout hebben weinig effect maar de verschillen in de trend zijn significant.

De claim van de TU Delft auteurs is dus dat *alle* stations een trendbreuk vertonen in het interval september 1992-juli 1994 met een significant hogere trend na de trendbreuk. Volgens tabel 1 geldt dat echter niet voor IJmuiden. Den Helder vertoont alleen een significant hogere trend in de eerste 8 maanden van het 23-maandsinterval, Hoek van Holland alleen in de eerste 9 maanden en Maassluis in de eerste 14 maanden. Met uitzondering van IJmuiden zijn de trends na de breuk *ergens* in het interval van 11 maanden rond augustus 1993 dus significant hoger in alle stations.

De hamvraag is dan: hoe zeldzaam zijn deze trendbreuken? De TU Delft auteurs hebben de maandelijkse getijreeksen namelijk sterk gecorrigeerd. Mogelijk tonen deze gestripte reeksen op veel

meer datums significante trendbreuken. Om deze vraag te beantwoorden is tabel 1 uitgebreid naar 1928 t/m 2009 en de berekende t-waarden van de trendverschillen grafisch uitgezet (figuur 2):



Figuur 3. De t-waarden van de trendverschillen van het geëxtraheerde maandelijkse zeeniveausignaal in acht stations in de periode 1928 t/m 2009. De TU Delft auteurs claimen dat er na het gemarkeerde verticale interval rond augustus 1993 alle stations een hogere trend hebben dan ervoor.

De grafieken in figuur 3 geven een overzicht van de significantie en het teken van de trendverschillen voor en na een bepaalde datum (maand-jaar). Een t-waarde $> +1,96$ betekent dat de trend na deze datum significant hoger is dan ervoor, een t-waarde $< -1,96$ betekent dat de trend na deze datum significant lager is dan ervoor. De significantiegrenzen zijn aangegeven met de rode streepjeslijnen. Waar het om gaat is dat de TU Delft auteurs beweren dat er na het 23-maands interval (gecentreerd rond augustus 1993) alle stations een robuust hogere trend vertonen dan voor dit interval.

Bij de meeste stations in figuur 3 zijn de t-waarden over de gehele periode significant hoog dan wel laag. Dit betekent dat er op zeer vele datums sprake zou zijn van significante trendbreuken, iets wat niet alleen opmerkelijk maar ook hoogst onwaarschijnlijk is. Ook is er in figuur 3 geen robuust hogere trend na 1993: in alle stations daalt de t-waarde daarna sterk; in Den Helder, IJmuiden, Hoek van Holland, Vlissingen, Maassluis en Cuxhaven wordt de t-waarde kort na 1993 zelfs negatief wat op een *vertraging* duidt.

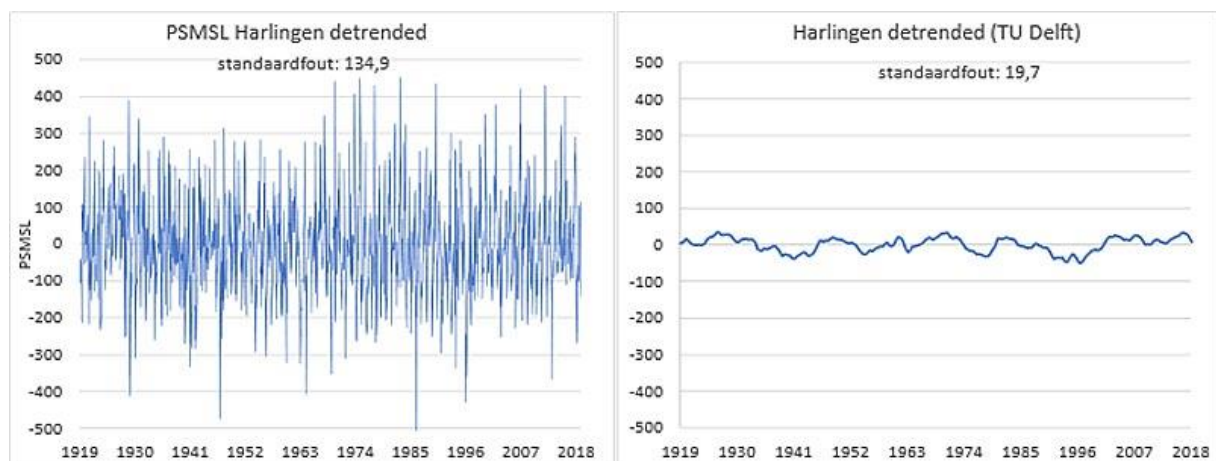
Voor Delfzijl zou er van 1940 tot 1990 sprake zijn van een versnelling want de t-waarde is positief en loopt verder op. Voor Harlingen geldt min of meer hetzelfde hoewel de piek rond 1945 afwijkt (daarover later meer). Voor IJmuiden is de t-waarde vrijwel overal negatief hetgeen zou betekenen dat er sprake is van een overall *vertraging* in het zeeniveau. Voor Vlissingen geldt min of meer hetzelfde patroon, maar van 1974 – 1996 zou er een tijdelijke versnelling zijn. Voor Den Helder schommelt de t-waarde steeds rond nul hetgeen betekent dat er geen sprake zou zijn van een langdurige versnelling of vertraging. In Hoek van Holland is er in het interval 1954 – 1980 en 1988 – 1993 een versnelling; rond 1993 is de t-waarde slechts korte tijd significant positief en is er geen sprake van een robuuste versnelling na 1993. Voor Maassluis geldt ongeveer hetzelfde als Hoek van Holland en voor Cuxhaven ongeveer hetzelfde als Vlissingen.

Conclusie: er is na 1993 geen robuuste versnelling in het zeeniveau in alle stations. In Delfzijl en Harlingen gelden wellicht lokale omstandigheden die de versnelde stijging in het zeeniveau na 1993 kunnen verklaren.

Uit figuur 3 zijn ook andere gemeenschappelijke trendbreuken af te leiden, zoals in september 2001 waarna Den Helder, IJmuiden, Hoek van Holland, Vlissingen en Cuxhaven een significante *trend-daling* tonen, terwijl de trend in Delfzijl en Harlingen dan niet significant verandert. Anders gezegd: met *cherry picking* kan men uit de reeksen van Steffebauer verschillende conclusies trekken.

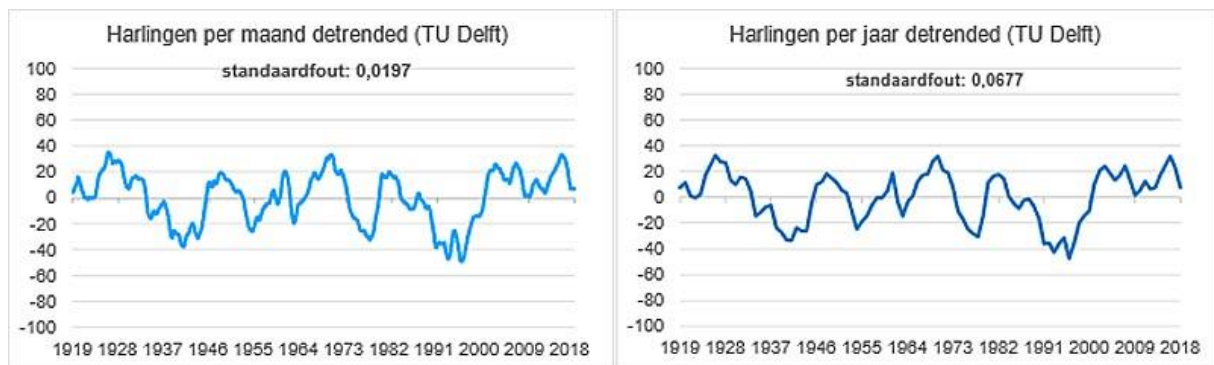
De Steffebauer reeksen nader bekeken

Hoe kan het dat op zoveel tijdstippen significante trendbreuken in de Steffebauer reeksen? We nemen station Harlingen als voorbeeld om te zien welk resultaat de Steffebauer correcties op de originele PSMSL getijreeksen hebben. De ruwe data zijn door Steffebauer zodanig bewerkt dat de standaardfout (een spreidingsmaat) ongeveer 7 maal kleiner is geworden:



Figuur 4. Links: de oorspronkelijke maandelijkse PSMSL getijreeksen van Harlingen. Rechts: resultaat van de correcties die TU Delft toepaste op de oorspronkelijke getijreeksen.

Met name de seizoenscorrecties hebben geleid tot een grote reductie van de standaardfout. Hieronder de maandelijkse reeks (links) versus de jaarlijkse reeks (figuur 5):



Figuur 5. Maandelijke (links) en jaarlijkse (rechts) zeeniveau's van Harlingen. De standaardfout van de x-as parameter in de jaarlijkse reeks is 3,4 maal groter dan in de maandelijke reeks.

Er is vrijwel geen verschil tussen de maandelijke (links) en de jaarlijkse (rechts) reeks, maar de jaarlijkse reeks is wel 12x korter en als gevolg is de standaardfout van de x-as 3,4 maal groter. De vraag dringt zich op waarom de TU Delft auteurs dan niet gelijk de jaarlijkse reeksen hebben genomen als deze vrijwel identiek zijn. Het resultaat is namelijk dat er in de seizoensgecorrigeerde maandreeksen statistische artefacten ontstaan en er op zeer veel datums significante trendverschillen optreden (figuur 3). Aangezien de t-waarde omgekeerd evenredig is met de standaardfout (die vooral door de seizoenscorrectie sterk is gereduceerd) ontstaan er immers in vele maanden significante trendverschillen die zich echter niet op die tijdstippen voordoen in de jaarreeksen zoals tabel 2 toont:

	Delfzijl			Harlingen			Den Helder			IJmuiden		
	k1	k2	p	k1	k2	p	k1	k2	p	k1	k2	p
1992	1,53±0,1	3,32±0,13	<0,001	1,08±0,1	3,62±0,4	<0,001	1,62±0,1	1,90±0,4	ns	2,28±0,14	2,11±0,5	ns
1993	1,51±0,1	3,17±0,13	<0,001	1,05±0,1	3,47±0,4	<0,001	1,60±0,1	1,74±0,4	ns	2,24±0,14	2,13±0,6	ns
1994	1,50±0,1	3,03±0,13	<0,005	1,02±0,1	3,34±0,5	<0,001	1,59±0,1	1,65±0,5	ns	2,22±0,14	2,13±0,6	ns

	Hoek van Holland			Vlissingen			Maassluis			Cuxhaven		
	k1	k2	P	k1	k2	p	k1	k2	p	k1	k2	p
1992	2,27±0,12	2,61±0,4	ns	2,06±0,12	3,08±0,5	<0,05	1,94±0,13	2,28±0,4	ns	1,68±0,15	2,73±0,5	<0,05
1993	2,25±0,11	2,35±0,4	ns	2,03±0,12	2,83±0,5	ns	1,92±0,13	2,19±0,5	ns	1,63±0,15	2,36±0,5	ns
1994	2,25±0,11	2,17±0,5	ns	2,00±0,12	2,64±0,6	ns	1,92±0,12	2,26±0,5	ns	1,61±0,14	2,17±0,6	ns

Tabel 2. Trendverschillen in de jaarreeksen (in plaats van maandreeksen zoals in Tabel 1). Alleen Delfzijl en Harlingen tonen nu significant stijgende trends vanaf 1993.

Dit resultaat falsifieert de claim van de TU Delft auteurs. De door hen gerapporteerde algemene versnelling na 1993 is het gevolg van een statistisch artefact vooral als gevolg van de filtering van seizoensvariates.