

Tsunami's langs de Nederlandse Noordzeekust

Henk Jan Verhagen (TU Delft), Mark Klein-Breteler (Deltares)

Aanleiding

Op 27 april 2012 heeft Der Spiegel onder de titel “Kochendes Meer vor Helgoland” [STAPMF, O., 2012] een samenvattend artikel gemaakt van het paper van NEWIG & KELLETAT [2011] over “The North Sea Tsunami of June 5, 1858”. In dit artikel wordt onder andere gemeld dat de tsunami bij Helgoland een hoogte van 20 voet bereikte en wordt gesteld dat tsunami's in de Noordzee een onderschat veiligheidsrisico vormen. Het artikel in Der Spiegel is ook door een aantal Nederlanders gelezen en is aanleiding geweest om na te gaan of tsunami's in Nederland ook een wezenlijk gevaar zijn voor onze waterkeringen. Naar aanleiding van deze vragen is er ENW-techniek besloten om een overzicht te maken van de aanwezig kennis op dit gebied en te zien of inderdaad nader onderzoek naar het risico van tsunami's nodig is. Een deel van de gebruikte bronnen in dit document is afkomstig van Marcel Bottema, Rijkswaterstaat.

Wat is een tsunami?

Over het algemeen wordt onder een tsunami verstaan een golfverschijnsel dat bestaat uit een of een paar zeer lange golven. Deze golf kan zich door de lange golflengte met grote snelheid voortplanten door het diepe water van een oceaan, verliest daarbij weinig energie in is zeer slecht waarneembaar. Bij een kust aangekomen versteilt de golf tot zee grote hoogte. Een tsunami kan verschillende oorzaken hebben, maar in dagelijks spraakgebruik wordt een tsunami meestal gerelateerd aan een aardbeving. Maar ook andere oorzaken kunnen een tsunami veroorzaken, zoals een zeer grote aardverschuiving. Een tsunami kan ook een meteorologische oorzaak (buistoot) hebben. Het probleem bij waargenomen golven is dat veelal de oorzaak niet bekend is, dus daardoor moeilijk te achterhalen is of er sprake is van een aardbevingstsunami, een golf veroorzaakt door een aardverschuiving of een “meteo-tsunami”. Dit onderscheid is wel relevant, omdat de kans op optreden van deze golven sterk van de oorzaak afhangt.

Tsunami's veroorzaakt door aardbevingen

Wereldwijd is er veel onderzoek gedaan naar tsunami's en aardbevingen. Het grootste deel van dit onderzoek is niet relevant voor de Nederlandse kust. Door BIJL [1993] is een model gemaakt voor doordringing van een tsunami in de Noordzee. Hij concludeert dat door normale tektonische bewegingen in de Noordzee geen aardbevingen kunnen optreden die een tsunami veroorzaken. Vervolgens heeft hij onderzocht met een model hoe een tsunami van buiten de Noordzee in de Noordzee zou kunnen doordringen. Hij vindt dat tsunamigolven de Noordzee niet kunnen binnendringen via Het Kanaal, maar wel vanuit het noorden en noord-westen. Hij komt tot de conclusie dat een zware aardbeving bij IJsland die daar een tsunami met de juiste looprichting genereert, bij Terschelling een maximale verhoging van 1,4 m. geeft. Dit onderzoek is onlangs bevestigd door CHACÓN-BARRANTES *ET AL.* [2013]

Overigens zijn er wel kleine aardbevingen in het Noordzeegebied waargenomen (bijv. in 1931, zie KERRIDGE [2005]), maar deze aardbevingen worden niet veroorzaakt door het verschuiven van tektonische platen ten opzichte van elkaar. Dit soort aardbevingen veroorzaken daardoor geen tsunamis.

DEFRA in het verenigd Koninkrijk heeft onderzoek laten doen naar het tsunami-*risico* voor de Britse kust [KERRIDGE 2005]. Dit onderzoek laat zien dat aardbevingen in de Atlantische Oceaan niet doordringen door Het Kanaal.

Tsunami's kunnen verschillende oorzaken hebben. Om de kans op een tsunami te kunnen kwantificeren is het nodig om iedere oorzaak voor een tsunami afzonderlijk te beschouwen. Een cumulatieve kansbeschouwing over het optreden van tsunami's zonder de achterliggende oorzaak mee te nemen kan niet tot een vertrouwenwekkend resultaat leiden.

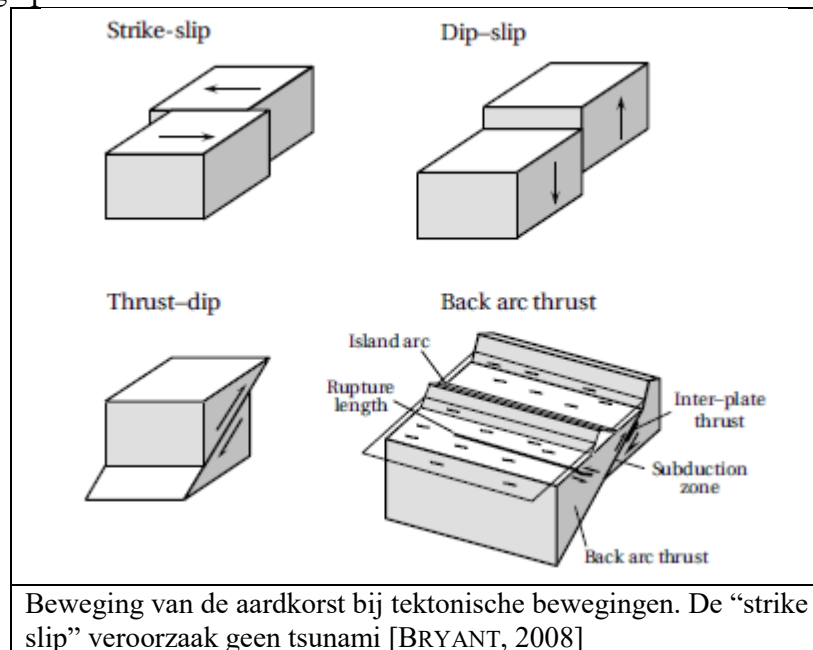
De mogelijke mechanismen die een tsunami kunnen veroorzaken zijn [BRYANT, 2008]:

- Aardbevingstsunami's
- Afschuivingstsunami's
- Vulkanische tsunami's
- Meteo-tsunami's
- Tsunami's door meteorieteninslag

In het navolgende zullen alle vijf de typen besproken worden.

Aardbevingstsunami's

De meest vernietigende tsunami's zijn veroorzaakt door aardbevingen, maar lang niet alle aardbevingen veroorzaken een tsunami. Een tsunami wordt alleen gegenereerd als er door de aardbeving een plotselinge, vrij grote verticale beweging van de zeebodem optreedt. Dit is met name het geval op plaatsen waar continentale platen onder elkaar schuiven, en er een verticale beweging optreedt.



Bovendien moet de aardbeving ook nog een behoorlijke magnitude hebben. Voor Europa is de enige relevante breuklijn te plaats waar de Afrikaanse plaat tegen de Europese plaat aankomt. De aardbevingen die daar ontstaan kunnen tsunami's genereren. De meeste van die tsunami's worden in de Middellandse Zee gegenereerd, en komen niet in de Atlantische Oceaan. Een uitzondering hierop is het stukje net ten westen van Gibraltar. De aardbeving van Lissabon in 1755 heeft een tsunami gegenereerd. Deze tsunami is waargenomen in de Atlantische Oceaan en is ook doorgedrongen tot the Verenigd Koninkrijk. Echter, gebleken is dat tsunami's niet door Het Kanaal heen kunnen komen. Door de verwijding ten NO van de lijn Dover-Calais wordt de energie dermate gespreid dat de amplitude in de Noordzee niet meer waar te nemen is [BIJL, 1993; KERRIDGE 2005; WALLINGFORD 2006].

Aardbevingen in de Noord-Atlantische oceaan (o.a. bij IJsland) hebben een ander karakter. Zij ontstaan niet doordat continentale platen onder elkaar schuiven, maar vooral door vulkaanvorming en het uit elkaar drijven van platen. Deze aardbevingen geven wel spanningen in de aardkorst (vandaar de aardbevingen), maar geen snelle, grote verticale bewegingen. Zij genereren dus geen tsunami's. Ook zijn er aardbevingen in de Noordzee zelf waargenomen (bijv. ter plaatse van de Doggersbank in 1931). Afgezien van het feit dat de magnitude van deze bevingen vrij klein is, genereren zij ook nauwelijks een tsunami's, omdat de snelle verticale beweging van het zeeoppervlak ontbreekt. Deze bevingen worden veroorzaakt door het langs elkaar schuiven van slenken in de diepere aardkorst (orde een kilometer diep). Het oppervlak volgt deze beweging wel, maar in vertraagde vorm. Hierdoor

kunnen er geen tsunami's ontstaan. De beving van 1931 (6.1 op de Schaal van Richter) heeft in Engeland aanzienlijke schade toegebracht, maar slechts een zeer geringe tsunami. In historische tijden (1580) is er een aardbeving in Het Kanaal geweest. In de publicatie van WILLEMS ET AL. [2004] wordt aangegeven dat deze aardbeving tot een tsunami geleid heeft, maar de oorspronkelijke bron vermeldt in een latere publicatie [MUSSON 2007] dat *“Contrary to some reports (e.g. Varley 1996) the earthquake did not cause a tsunami, although the earthquake shaking was enough to disturb the water in Kentish harbours”*.

Olie- en gasbevingen

Dit is ook het geval met de antropogene aardbevingen (bijv. door olie- en gaswinning). Ook deze bevingen hebben een kleine magnitude, maar meer relevant is dat zij veroorzaakt worden door inzakkingen in de diepere ondergrond. De verticale verplaatsingen die daardoor optreden zijn vaak heel klein (per tijdseenheid). Op langer termijn kan de verticale verplaatsing wel groot zijn, maar een langzame verticale verplaatsing kan geen tsunami genereren. De bodemdalingen in Groningen van orde een meter zijn opgetreden in een periode van enkele tientallen jaren. Zij zouden alleen een tsunami hebben kunnen veroorzaken als deze daling plaats zou hebben gevonden in een periode van orde minuten. Dit is echter fysisch onmogelijk.

Samengevat

Samengevat kan dus worden geconcludeerd dat voor de Nederlandse Noordzeekust het risico op aardbevingstsunami's op fysische gronden ver buiten het te beschouwen kansgebied ligt.

Vulkanische tsunami's

Zeer zware vulkaanuitbarstingen kunnen leiden tot tsunami's. Een bekend voorbeeld hiervan is de tsunami die het gevolg was van de uitbarsting van de Krakatau in 1883. Met name vulkanen met Plinische erupties die nabij of in zee gelegen zijn kunnen tsunami's opwekken. BRYANT [2008] geeft een overzicht van waargenomen vulkaanuitbarstingen met een tsunami als gevolg. Alle vulkanen in zijn overzicht zijn vulkanen die op de rand van een tektonische plaat liggen. In het brongebied voor potentiële Noordzee tsunami's liggen de IJslandse vulkanen. Recent is de uitbarsting onder de Eyjafjallajökull een voorbeeld van zo'n uitbarsting. Omdat deze vulkaan geheel op land ligt, heeft hij geen tsunami gegeven. Ook de recente uitbarstingen van de Pinatubo en van Mount Helens behoren tot dit type, maar eveneens zonder een tsunami omdat ze niet in zee liggen. Andere vulkanen op IJsland die Plinische erupties kunnen geven zijn de Hekla en de Katla. Maar ook deze vulkanen liggen niet in zee.

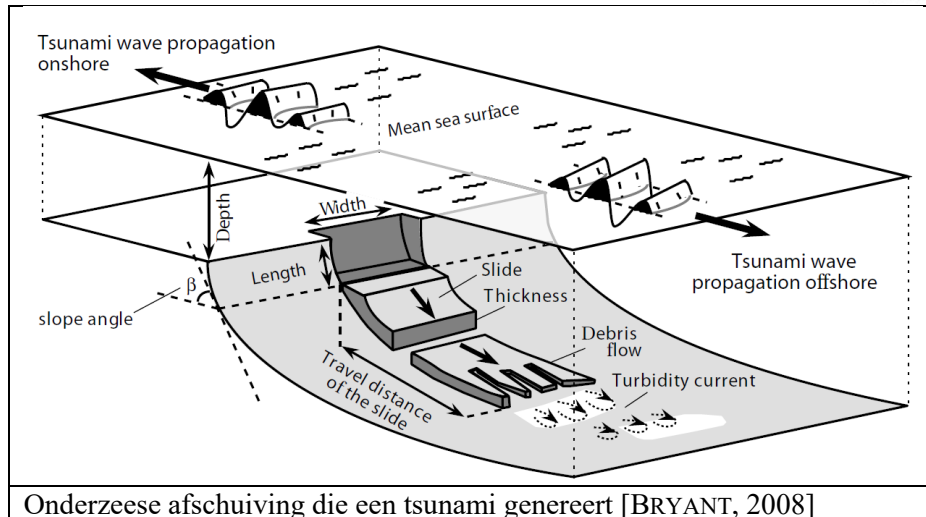
Even ten zuiden van IJsland zijn phreatomagmatische uitbarstingen. Dit zijn vulkanen die wel in zee liggen. Een recente uitbarsting creëerde in 1963 het eiland Surtsey. Dit soort vulkanen produceren wel veel materiaal, maar niet in één grote uitbarsting. Het gevolg is dus dat hierbij geen tsunami gegenereerd wordt.

Samengevat

Geconcludeerd kan worden dat tsunami's in de Noordzee gegenereerd door vulkaanuitbarstingen alleen voor kunnen komen als er een Plinische eruptie is van een onderzeese vulkaan ten zuiden van IJsland. Voor zover bekend heeft dit zich nog nooit in de geologische geschiedenis voorgedaan. De kans hierop is dus vermoedelijk kleiner dan het voor overstromingen te beschouwen kansgebied.

Afschuivingstsunami's

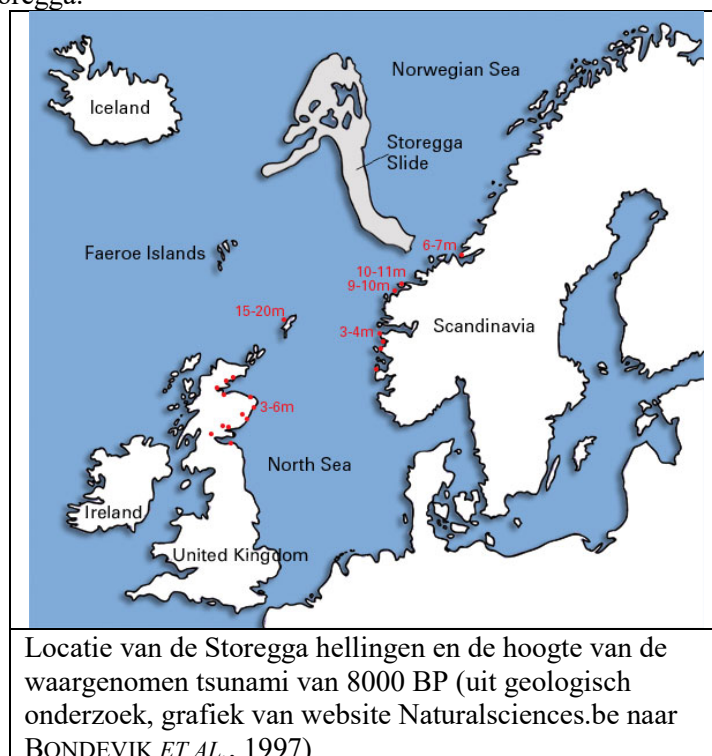
Grote, onderzeese afschuivingen kunnen tsunami's opwekken.



Om voldoende omvang te hebben kunnen tsunami genererende afschuivingen alleen langs de randen van het continentale plat plaats vinden. De hoogte van de afschuiving (door Bryant in bovenstaande figuur “Length” genoemd) moet aanzienlijk zijn, en de hoek β moet 45° of steiler zijn.

Storegga

In de omgeving van de Noordzee is er één locatie waar dit voor kan komen en dat is bij de “Storegga hellingen” (65° N, 5° W). Op deze locatie hebben een aantal afschuivingen plaatsgevonden in geologische tijden. Deze afschuivingen hebben geleid tot tsunami’s. Op meerdere plaatsen in Noorwegen en in het Verenigd Koninkrijk zijn afzettingen gevonden die terug te voeren waren op afschuivingen bij Storegga.



De oudste teruggevonden afschuiving in dit gebied is van 30000 jaar geleden, in totaal zijn er 5 afschuivingen uit geologische afzettingen teruggevonden. Heel grof geschat kan men op grond van deze data stellen dat zo’n tsunami bij de Nederlandse Noordzeekust een hoogte van ca. 1 to 2 m gehad zal hebben. Heel erg globaal betekent dit dus een maximale tsunamihogte van 2 m met een terugkeertijd van $3 \cdot 10^{-5}$ per jaar. Zie ook de weblink NOC.AC.UK

In het Verenigd Koninkrijk is een onderzoek opgestart door de National Environment Research Council naar tsunamirisico door afschuivingen in het Storegga gebied. De hypothese hierbij is dat vermoedt wordt dat door het vrijkomen van gas/methaanhydraten onder invloed van het broeikas-effect (en op langere termijn opveren van de aardkorst na ijssmelt Groenland) de stabiliteit van onderzeese helling sterk nadelig beïnvloed wordt.

La Palma

Bij het Canarische eiland La Palma kan theoretisch een heel grote afschuiving ontstaan. In de pers heeft dit geleid tot nogal wat speculaties over tsunami's. Onderzoek van o.a. VAN NIEUWKOOP [2011] heeft geleid tot de constatering dat dit nogal overdreven is. Er is een groot effect op de Afrikaanse kust, een klein effect op de Amerikaanse kust, en geen effect op de Europese kusten.

Conclusie

Uit geologisch onderzoek volgt dat uitsluitend een afschuiving bij Storegga een tsunami voor de Nederlandse kust kan veroorzaken. Orde van grootte van zo'n tsunami is twee meter, met een kans in de orde 10^{-5} . Gezien de onnauwkeurigheid in deze schatting (de kans kan zonder meer een factor 10 hoger zijn en de amplitude een factor 2 groter) is dit een reële kansbijdrage. Omdat de kans op zo'n afschuiving niet gerelateerd is aan het weer, is de kans op samenvallen van een maatgevende storm met zo'n tsunami te verwaarlozen klein.

Tsunami's door meteorietinslag

Een meteorietinslag in zee van enige omvang zal zeker een tsunami veroorzaken. De kans op een inslag van een meteoriet van 10 of groter is wereldwijd 0,00249% (WILLEMS *ET AL.*, 2004). Uit een vervolgberekening blijkt dat hiermee de kans op een tsunami in New York $2 \cdot 10^{-5}$ is. Dit is gebaseerd op het feit dat het gebied van een mogelijke inslag met effect op New York vrij groot is ($0.64 \cdot 10^8$ km²). Het gebied waarin een meteorietinslag effect heeft op de Nederlandse kust is veel kleiner, orde 10^5 km², dus een factor 1000 kleiner. Hieruit kan globaal geconcludeerd worden dat een de kans op een tsunami door meteorietinslag voor de Noordzeekust ook een orde 1000 kleiner is, dus, $2 \cdot 10^{-8}$. Hiermee valt de kans op tsunami's door meteorietinslag dus ook buiten het relevante kansgebied.

Conclusie

Tsunami's door meteorieteninslag hoeven niet te worden meegenomen in het waterkeringsrisico.

Meteo-tsunami's

Buistoten (Engels *Gust bump*, Duits *See-bär*) kunnen ook leiden tot plotselinge waterstandsverhogingen die zich verder als een tsunami gedragen. Buistoten komen op de Noordzee regelmatig voor.

Er worden regelmatig meteo-tsunami's waargenomen. Over het algemeen is de amplitude van deze verschijnselen extreem groot, maar wel duidelijk waarneembaar. In Januari 2012 is er een koufront langs de Nederlandse kust getrokken met een zeer geconcentreerde buienlijn. Deze buienlijn heeft lokaal grote waterstandsverhogingen gegeven. Bij IJmuiden is een verhoging van meer dan een meter gemeten. In dit geval is de tsunami niet langs de kust gelopen, maar is vrijwel overal gelijktijdig opgetreden. Allen de stations in Lauwersoog en Eemshaven geven een latere piek te zien. Dit is vermoedelijk de looptijd vanaf de rand van de Noordzee door de Waddenzee heen (zie ook bijlage 2)¹.

Door de DELTACOMMISSIE is in 1961 al aandacht gevraagd voor dit verschijnsel. De commissie zegt hierover: "*Buistoten zijn een tweede soort extra-bewegingen van de zeespiegel. Het zijn eenmalig optredende verheffingen van zeer geprononceerd karakter, in het Duits „See-Bar" genoemd, hier verder aangeduid als buistoten. Dergelijke buistoten komen bijna elk jaar één of meermalen voor,*

¹ Het getijstation IJmuiden ligt binnen de havendammen. Hier zou wellicht ook resonantie hebben kunnen optreden. Het is daarom nodig om door middel van nader onderzoek eventuele havenresonanties uit te sluiten. Anderzijds moeten de effecten van deze havenresonantie natuurlijk wel weer in de randvoorwaarden voor de waterkeringen toegevoegd worden.

meestal als gevolg van het passeren van een front of een zware plaatselijke bui. Het opmerkelijke is, dat het verloop van dergelijke buistoten, in tegenstelling tot de bui-oscillaties, steeds goed is te volgen. Zo in dit geval (i.e. de storm van 13 december 1956) van Den Helder tot Vlissingen en op de zeearmen tot Bath, Dordrecht en Streefkerk. Het maximum is in dit geval 56 cm te Katwijk. Dergelijke buistoten komen ook in de zomer voor, vooral als gevolg van het losbarsten van onweer of wanneer de luchtbeweging een hoosachtig karakter aanneemt. Zij komen overigens normaal bij stormvloed voor. Het karakter gaat dan vaak schuil onder de onrustige registratie, soms onder enige bui-oscillaties.”

Op grond van (de overig zeer beperkte waarnemingen) adviseert de Deltacommissie om voor buistoten een toeslag op de waterstand te zetten van 0,5 m aan de kust (en die kan landinwaarts gereduceerd worden). Daarnaast wordt geadviseerd om dijken met een grote waakhogte niet de volledige buistoottoeslag in rekening te brengen. De werkelijke toeslag is dus minder, en hangt af van de te verwachten golfoploop (bij veel golfoploop minder toeslag). [DELTA COMMISSIE, 1961, deel 4, p III5-5.3]. De achtergrond hiervan is dezelfde als waarom de Deltacommissie een minimum waakhogte van 0,5 m aanbeveelt. De onzekerheid in waterstanden (dus ook in die van de buistoot is vrij groot, dus een veiligheidstoeslag is aan te bevelen. Echter, als er een grote marge is t.b.v. de golfoploop, dan hoeft deze veiligheidstoeslag minder te zijn. De commissie zegt hierover: “Een dergelijke reductie is redelijk te achten omdat de extra-bedreiging, die uit de buistoot voortvloeit, al voor een gedeelte wordt opgevangen door het in rekening brengen van de golfoploop”.

Verder kan de buistoottoeslag minder worden naarmate de locatie verder van de kust af ligt. Een goede overschrijdingslijn van buistootamplitudes is dus in 1961 niet ontwikkeld.

Vigerende rekenmethode:

De rekenmethode voorgesteld door de Deltacommissie is nog steeds vigerend (zie HR2006 en VTV2006). De VTV schrijft voor (p97) dat voor de beoordeling gebruik gemaakt moet worden van Toetspeil + Lokale Toeslagen. Deze Lokale Toeslagen omvatten o.a. buistoten. Deze toeslagen zijn verwerkt in de Hydra modellen. Het HR 2006 geeft aan dat de methode van de Leidraad Meer- en Zeedijken gebruikt moet worden (TAW 1999). In deze Leidraad staat een tabel van de toeslag voor de buistoot (B) als functie van de golfoploop en de locatie:

Golfoploop Z(m)	Waarden van ΔH (m)			
	B=0,5 m in de kustlijn	B=0,3 m in de zeegaten	B=0,15 m 15 km landinwaarts	B=0,05 20 km landinwaarts
0	0,50	0,30	0,15	0,05
0,50	0,40	0,20	0,10	
1,00	0,35	0,20	0,05	
2,00	0,30	0,15	0,05	
4,00	0,20	0,10		
6,00	0,15	0,05		
8,00	0,10	0,05		

Uit de waargenomen buistoot van januari 2013 blijkt dat buistoten een grotere waarde kunnen krijgen dan de door de Deltacommissie aangenomen halve meter.

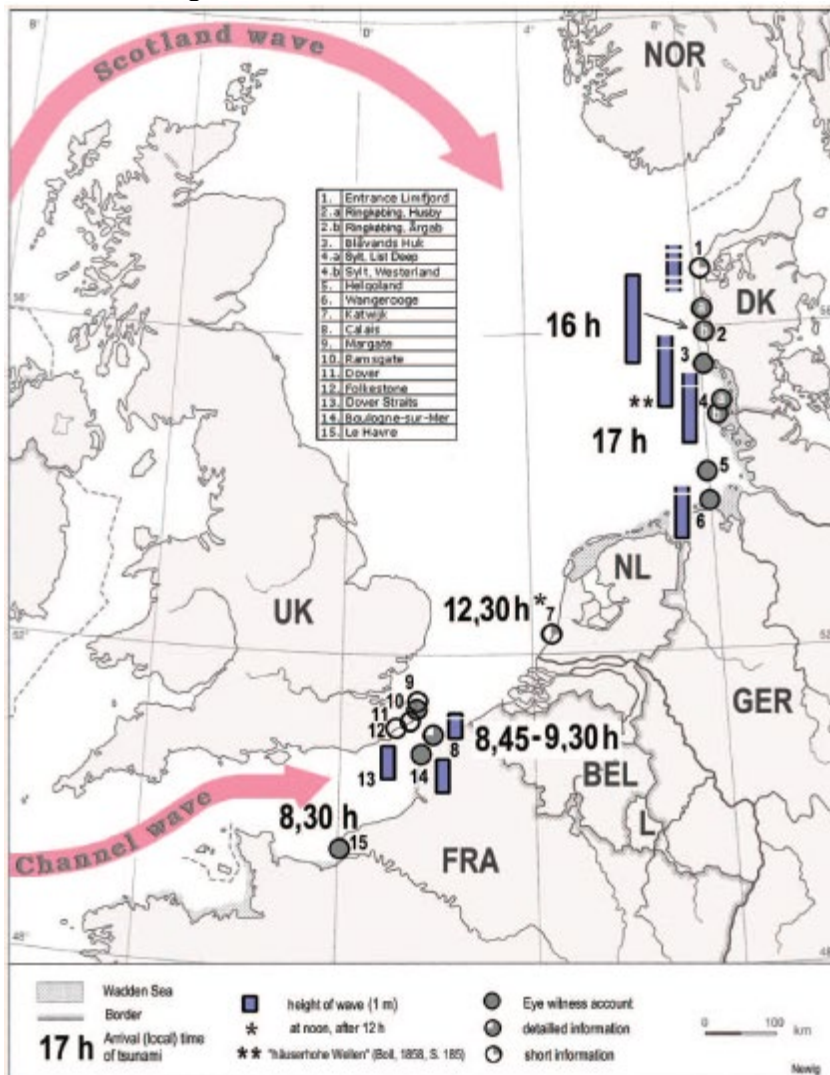
De kans op een buistoot is klein, de kans op een maatgevende storm is ook klein. Als beide verschijnselen ongecorreleerd zijn valt de kans op samenvallen buiten het kansgebied waar rekening mee gehouden moet worden en kunnen buistoten verwaarloosd worden bij het bepalen van de Lokale Toeslagen. Als ze altijd samenvallen (dus volledig gecorreleerd) moet de volledige toeslag in rekening gebracht worden. In de vigerende methode is voor dit laatste gekozen.

Conclusie

Buistoten als verschijnsel zijn een onderschat verschijnsel. Op dit moment wordt gerekend met een maximale buistoottoeslag van 0,5 m, terwijl er een buistoten waargenomen zijn die meer dan 1 m hoog waren. Echter, omdat er gerekend wordt met een samenvallen van buistoot en top van de storm zou het effect van deze onderschatting wellicht mee kunnen vallen.

De tsunami van 1858

In de zomer van 1858 is er een tsunami geweest die op meerdere locaties langs de Noordzee is waargenomen. NEWIG & KELLETAT [2011] hebben een uitgebreide analyse gemaakt van de tsunami van 1858. Deze tsunami is ook waargenomen in Nederland, in Katwijk. Zij melden dit via een secundaire bron, uit Nederlandse bron is dit o.a. bekend uit een bericht in de NRC van 6 juni 1858 (zie Bijlage 1). De waargenomen verhoging is hier ongeveer 1.25 m. Hier wordt tevens melding gemaakt van een plotselinge verandering van de windrichting. Deze opmerking wordt niet door NEWIG & KELLETAT meegenomen.



Figuur 2 uit de publicatie van NEWIG & KELLETAT [2011]

Zij komen op grond van de tijdstippen van het hoge water in de diverse locaties tot de conclusie dat de tsunami het Noordzeebekken zowel via de noordzijde als via het kanaal moet zijn binnengekomen. Op grond van het feit dat de amplitude langs de Deense en Duitse kust veel hoger is dan langs de Nederlandse kust. Echter, als het een meteo-tsunami is die door een windfront wordt gegeneerd kan het zijn dat de golfhoogte na passering van de Nederlandse kust nog toegenomen is. Impliciet gaan zij er vanuit dat het een aardbeving-tsunami is, alhoewel zij ook concluderen dat daar geen directe aanwijzingen voor zijn (er zijn op die datum geen aardbevingen waargenomen). NEWIG AND KELLETAT [2011] concluderen dat alhoewel er geen bewijs voor enige aardbeving op dat moment is, de enige bron een aardbeving ten zuiden van Het Kanaal geweest moet zijn. Zij vermoeden dat er een tweetal golven geweest zijn waarvan er één Het Kanaal inliep en daar min-of-meer doodliep op de vernauwing (vandaar dat er bij Katwijk maar een amplitude van 1,25 m waargenomen is) en dat de andere golf via Schotland de Noordzee inliep en ter hoogte van de Deense zuidkust een heel grote

golf gegeven heeft. Met name de interferentie van de zuidelijke en de noordelijke golf zou dit veroorzaakt hebben.

Deze verklaring wordt door berekeningen van Chacón et al. [20131] ontkracht. Het doodlopen van de golf door Het Kanaal wordt in dit onderzoek bevestigd, maar het bleek niet mogelijk om dit te koppelen aan interferentie met een golf uit het noorden. Qua tijd moet de bron ergens midden op de Atlantische oceaan gelegen hebben. Het is dan wel erg onwaarschijnlijk dat andere stations rond de Noordzee hier geen melding van maken. Gezien het tijdsverschil tussen de observaties ten westen van Calais en in de Noordzee (ca 8 uur) zou dit betekenen dat een tsunami in deze periode rond Schotland heen gelopen zou moeten zijn. In diep water loopt een tsunami inderdaad heel snel, maar in de ondiepe Noordzee neemt die loopsnelheid behoorlijk af. Tevens is het erg onwaarschijnlijk dat een tsunami ten noorden van Schotland bij 180 graden zou diffracteren zonder dat er een wezenlijk energieverlies optreedt. Een belangrijk probleem bij het lokaliseren van de bron in de omgeving van Portugal/Marokko is ook dat er buiten het Noordzeegebied geen meldingen gevonden zijn van een tsunami.

Veel waarnemingen uit 1858 melden ook dat er sterke wind was, en een behoorlijke verandering in de windrichting. Zie bijvoorbeeld het korte bericht in de Nieuwe Rotterdamsche Courant van 6 Juni 1858. NEWIG EN KELLETAT hebben deze bron niet gebruikt, alleen een afgeleide bron uit Oostenrijk (zie bijlage 1). Maar ook in dat citaat wordt expliciet melding gemaakt van onweer.

Uit observaties van het regenfront van januari 2012 kan geconcludeerd worden dat dit soort fronten aanzienlijke buistoten kunnen veroorzaken. Het lijkt daarom niet onmogelijk dat een kleine, maar diepe depressie die van zuidwest naar noordoost vanuit Het Kanaal langs de Nederlandse kust naar Denemarken trekt en een onweersfront meeneemt een buistoot veroorzaakt. Als de storing nu achter de buistoot aanloopt dan kan deze buistoot daardoor nog versterkt worden en wellicht de hoogten bereiken die in 1858 langs de Deense kust zijn waargenomen. Bij een depressiebaan die richting midden Jutland loopt is het ook heel verklaarbaar dat de buistoot eerst in Blavantshuk in Denemarken waargenomen wordt, en pas later in Westerland en Wangerooge in Duitsland.

Echter, de amplitude van de tsunami in het oostelijk waddengebied is volgens de ooggetuigen 4 tot 6 m. Dit is wel erg veel voor de gevolgen van een onweersfront, te meer daar er geen meldingen zijn van extreem slecht weer op die datum.

Een afdoende verklaring voor deze tsunami is er dus niet. Echter, er moet wel rekening mee gehouden worden dat de waarnemingen van de hoogtes niet erg betrouwbaar is.

Conclusies van deze notitie

Men kan drie soorten tsunami's onderscheiden naar hun aandrijvend mechanisme:

- Tsunami's veroorzaakt door aardbevingen
- Tsunami's veroorzaakt door grootschalige afschuivingen
- Tsunami's veroorzaakt door vulkaanuitbarstingen
- Tsunami's veroorzaakt door inslag van meteorieten
- Tsunami's veroorzaakt door meteorologische verschijnselen (buistoten), de meteo-tsunami's.

Voldoend sterke aardbevingen komen in het Noordzee bekken niet voor; er is dus langs de Nederlandse kust geen risico voor dit soort tsunami's met een lokale oorsprong. Verder weg gegenereerde aardbevingstsunami's kunnen niet door het kanaal het Noordzeebekken penetreren. De waarschijnlijkheid van een door een beving of afschuiving bij IJsland gegenereerde tsunami die de Noordzee aan de noordzijde binnenkomt is ook verwaarloosbaar klein. Een tsunami gegenereerd door een afschuiving bij Storegga kan niet worden uitgesloten.

De aardbevingen veroorzaakt door de gas- en oliewinning zijn dermate klein dat zij geen tsunami's kunnen genereren.

Meteo-tsunami's treden wel langs de Nederlandse kust op. Door gebrek aan goed geanalyseerde gegevens zijn deze tot op heden niet nauwkeurig in de bestaande randvoorwaarden voor waterkeringen langs de kust opgenomen. In het verleden is door de Deltacommissie van 1961 geadviseerd om hiervoor op het ontwerppeil een toeslag van maximaal 50 cm toe te passen. Hierbij is aangenomen dat

de kans op deze buistoot bij stormvloed 1 is (dus volledig gecorreleerd). Enerzijds is de toegepaste buistoottoeslag te laag, anderzijds is de aangenomen correlatie van 1 te hoog. Het is dus niet te zeggen of de vigerende methode een overschatting of een onderschatting van de werkelijke situatie is.

Aanbevelingen

Aanbevolen wordt een goede database op te zetten van buistoten. Op deze database kan dan een statistische analyse losgelaten worden waarmee kansen berekend kunnen worden. Ook kan dan bepaald worden of er een correlatie is tussen het optreden van een buistoot en het optreden van een stormvloed. Buitstoten die niet tijdens een stormvloed optreden vormen geen gevaar voor de waterkeringen. Deze database zal een behoorlijk aantal jaren moeten omvatten om een significant aantal gebeurtenissen te bevatten. Maar gezien het feit dat er redelijk goede waterstandsobservaties zijn is dit geen onmogelijke zaak.

Daarnaast is nader onderzoek naar het effect van afschuivingstsunami's aan te bevelen. Het risico van hoge waterstanden door een afschuivingstsunami komt in de buurt van het stormvloedrisico. Op dit moment is het niet mogelijk om e.e.a. de kwantificeren. Nader onderzoek kan aangeven of dit risico inderdaad in het risicogebied valt, of daarbuiten.

Referenties

- BIJL, W. [1991] [Tsunamigolven in het Noordzeegebied](#), MSc rapport, TU Delft
- BONDEVIK, S., J. I. SVENDSEN, G. JOHNSEN, J. MANGERUD, AND P. E. KALAND, [1997] [The Storegga tsunami along the Norwegian coast, its age and runup](#), *Boreas*, 26, 29–53
- CHACÓN-BARRANTES, S., NARAYANAN, R., MAYERLE, R. [2013] [Several tsunami scenarios at the North Sea and their consequences at the German Bight](#), *Science of Tsunami Hazards*, vol 32, no 1, pp8-28
- CLEMENT, K.J., [1858] Bericht über das wunderbare Tiden-Phänomen. in: *Jahrbuch der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt, B. IX, Heft II., Wien*
- DELTACOMMISSIE [1961] [Beschouwingen over stormvloed en getijbeweging](#), Staatsuitgeverij, Den Haag
- KERRIDGE, D. [2005] [The threat posed by tsunami to the UK](#), Report for DEFRA, flood management division
- MUSSON, R.M.W. [2007] [British earthquakes](#), *Proceedings of the Geologists' Association*, Vol. 118, 305-337.
- NEWIG, J., KELLETAT, D. [2011] [The North Sea tsunami of June 5, 1858](#), *J. of Coastal Research*, vol 27, nr 5, pp 981-941, doi: 10.2112/JCOASTRES-D-10-00098.1
- STAMPF, O. [2012] [Kochendes Meer vor Helgoland](#), *Der Spiegel*, 7-4-2012, p128
- TAW [1999] [Leidraad Zee- en Meerdijken](#), Rijkswaterstaat, DWW
- VAN NIEUWKOOP, J.C.C. [2007] [Experimental and numerical modelling of tsunami waves generated by landslides](#), MSc thesis, TU Delft
- WILLEMS, M., MOSTAERT, F., DE MULDER, T., SCHRAMKOWSKI, G. [2004] [Tsunami's in de Noordzee, kan het?](#) *Vlaams Instituut voor de Zee, De grote rede*, 12, pp2-10

Weblinks:

<http://NOC.AC.UK/news/uk-tsunami-threat-be-assessed-%C2%A323-million-research-project> (12 juli 2012)

Bijlage 1: oude berichten over 1858

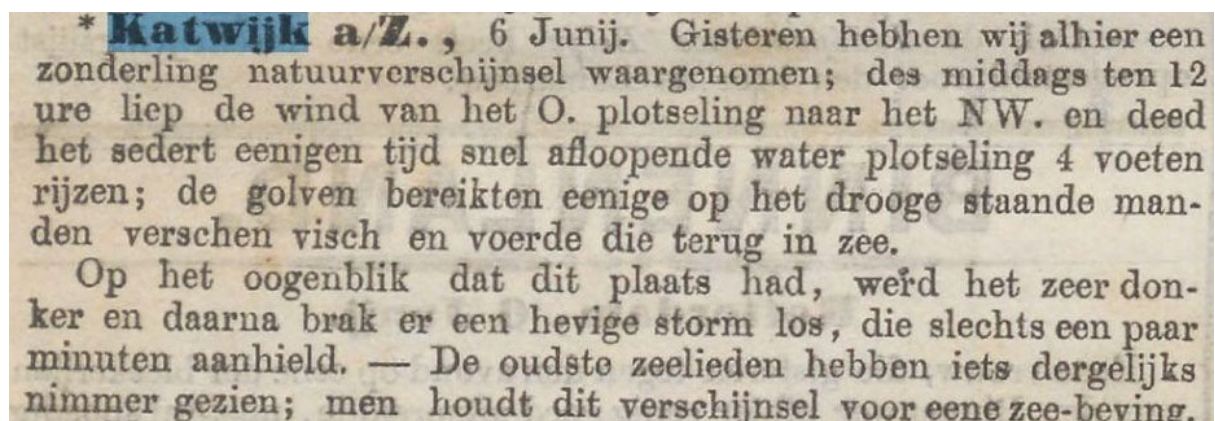
Jahrbuch der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt, IX Jahrgang, 1958, Wien, Bericht von 31 August, p 123

Das k. k. Handelsministerium sandte einen Abdruck aus den Hamburger Nachrichten von Herrn Dr. K. J. Clement's Bericht über „das wunderbare Tiden-Phänomen oder die drei oceanischen Erdbebenwogen in der Nordsee am 5. Juni 1858. Drei auf einander folgende Wogen die aus dem atlantischen Ocean, etwa aus WSW. kommend, unvermuthet hohe Seen brachten, unabhängig von Ebbe und Fluth, und in Havre um 8½ Uhr, Folkstone gegen 9 Uhr, Calais 9 Uhr, Catwiek aan Zee nach 12 Uhr, zu Wangeroog und Helgoland um 5 Uhr, am Nordende Nordfrieslands um 6 Uhr, Abends noch an der Westküste von Jütland. Höchst eigenthümlich ein gleichzeitiges wahres Erzittern der Erde, worüber der Hafenmeister des königlichen Hafens von Ramsgate in Kent im „Nautical“ für Juli berichtet, und das mit hochgesteigertem elektrischen Zustande und Gewitterausbruch und der Zeit der grossen oceanischen Wellenbewegung am 5. Juni zusammenfiel.

Das k. k. Handelsministerium sandte einen Abdruck aus den Hamburger Nachrichten von Herrn Dr. K. J. Clement's Bericht über „das wunderbare Tiden-Phänomen oder die drei oceanischen Erdbebenwogen in der Nordsee am 5. Juni 1858. Drei auf einander folgende Wogen die aus dem atlantischen Ocean, etwa aus WSW. kommend, unvermuthet hohe Seen brachten, unabhängig von Ebbe und Fluth, und in Havre um 8½ Uhr, Folkstone gegen 9 Uhr, Calais 9 Uhr, Catwiek aan Zee nach 12 Uhr, zu Wangeroog und Helgoland um 5 Uhr, am Nordende Nordfrieslands um 6 Uhr, Abends noch an der Westküste von Jütland. Höchst eigenthümlich ein gleichzeitiges wahres Erzittern der Erde, worüber der Hafenmeister des königlichen Hafens von Ramsgate in Kent im „Nautical“ für Juli berichtet, und das mit hochgesteigertem elektrischen Zustande und Gewitterausbruch und der Zeit der grossen oceanischen Wellenbewegung am 5. Juni zusammenfiel.

(Source: Google books, from a copy in Library of University of California)

Transcript uit de “Nieuwe Rotterdamsche Courant”, 6 juni 1858.



* **Katwijk a/Z.**, 6 Junij. Gisteren hebben wij alhier een zonderling natuurverschijnsel waargenomen; des middags ten 12 ure liep de wind van het O. plotseling naar het NW. en deed het sedert eenigen tijd snel afloopende water plotseling 4 voeten rijzen; de golven bereikten eenige op het drooge staande manden verschen visch en voerde die terug in zee.

Op het oogenblik dat dit plaats had, werd het zeer donker en daarna brak er een hevige storm los, die slechts een paar minuten aanhield. — De oudste zeelieden hebben iets dergelijks nimmer gezien; men houdt dit verschijnsel voor eene zee-beving.

Bijlage 2: De buistoot van 3 januari 2012

(<http://www.wadgids.nl/wadgidsenweb/index.php/waddenzeenieuws/536-meteo-tsunami.html>)

Het actieve koufront dat dinsdag 3 januari 2012 over Nederland trok (fig. 1 en 2), heeft een sterke schommeling in de zeewaterstand aan de Nederlandse westkust veroorzaakt. In 30 minuten tijd steeg het waterpeil bij IJmuiden (bij eb !) meer dan een meter om vervolgens weer snel te dalen, een ‘meteo-tsunami’. De snelle waterstandsverhoging en -verlaging werd ook waargenomen op peilmeetstations ten noorden van de Waddeneilanden en in de Westelijke Waddenzee.

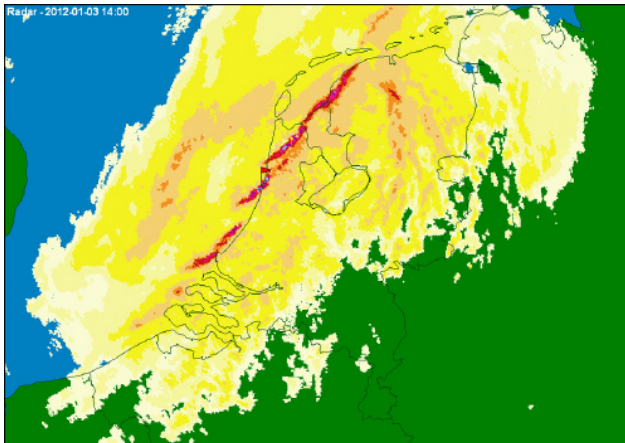


Fig. 1. Buienradar dinsdag 3 januari 15.00 uur MET.

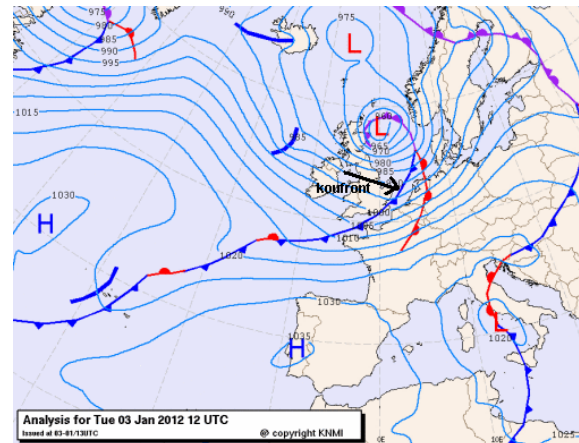


Fig. 2. Weerkaart 3 januari 2012 13.00 uur MET
Bron: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)

IJmuiden

Een ooggetuige die tijdens de koufrontpassage op het strand van IJmuiden was, vertelt op de website van meteoroloog Jan Visser: “De zee kwam korte tijd tot aan de duinvoet en de strandtenten, maar zakte vervolgens weer snel, zodat het strand even later honderden meters breed was”. Rijkswaterstaat registreerde in de buitenhaven van IJmuiden een stijging van de waterstand (bij eb) van 1.03 m in 30 minuten en vervolgens een daling van 1.05 m binnen 20 minuten, zie fig. 3.

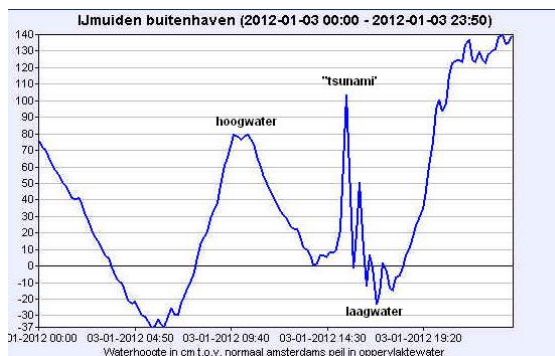


Fig. 3. De meteo-tsunami bij IJmuiden 3 januari 2012

West- en noordkust

Ook de peilmeetstations van Petten, Scheveningen en Hoek van Holland lieten een stijging van tenminste een halve meter zien, gevolgd door een daling. Op de peilmeetstations Texel Noordzee en Terschelling Noordzee werd een duidelijke piek in de waterstanden geregistreerd, fig 4 en 5. In het Huijbertgat NW van Rottumerplaat kwam het water aan het einde vloed kort voor hoogwater nog snel op, fig. 6.

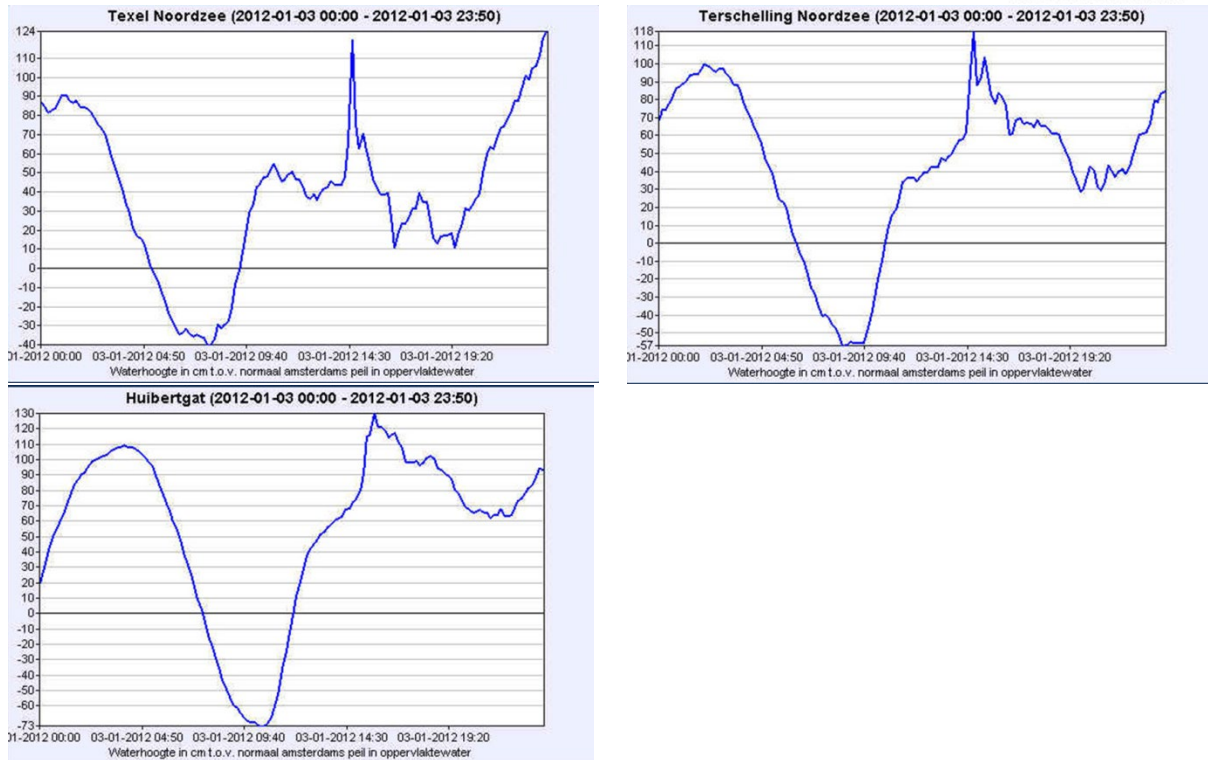
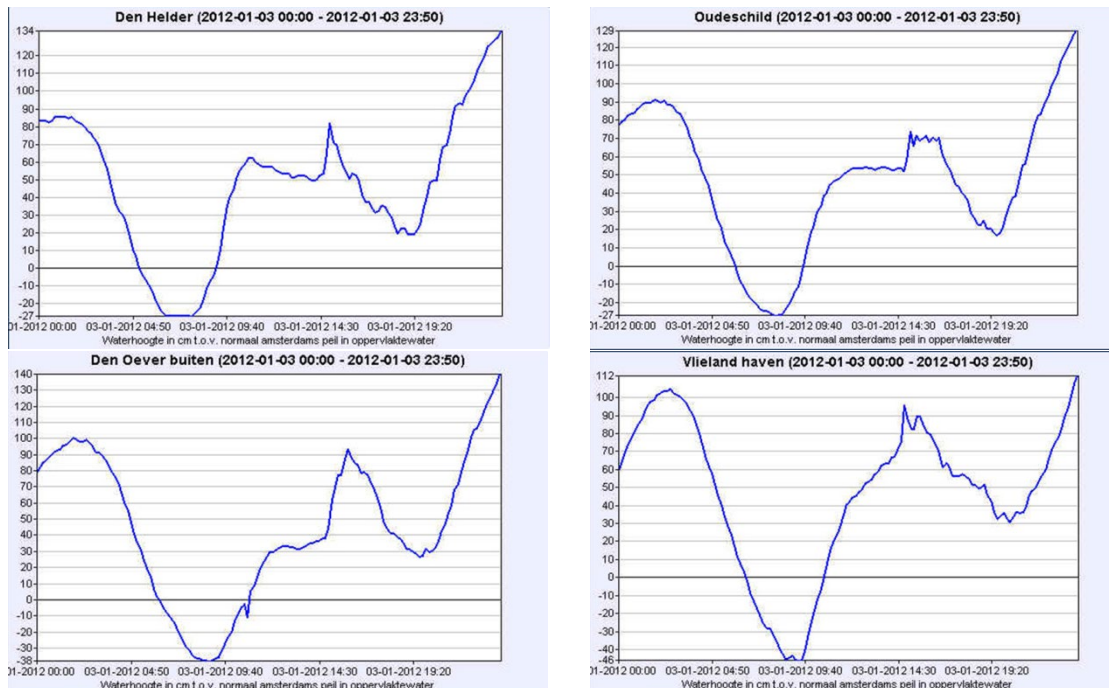


Fig. 4 t/m 6 west en noordkust

Effect in Waddenzee beperkt

De meteo-tsunami werd ook geregistreerd op de peilmeetstations Den Helder en Texel Oudeschild, fig. 7 - 8. Te Den Oever, Vlieland haven en Lauwersoog steeg het water aan het einde van de vloed sterk, fig. 9 - 11. In Harlingen en in de Eemshaven werd niets bijzonders geregistreerd, fig. 12 - 13.



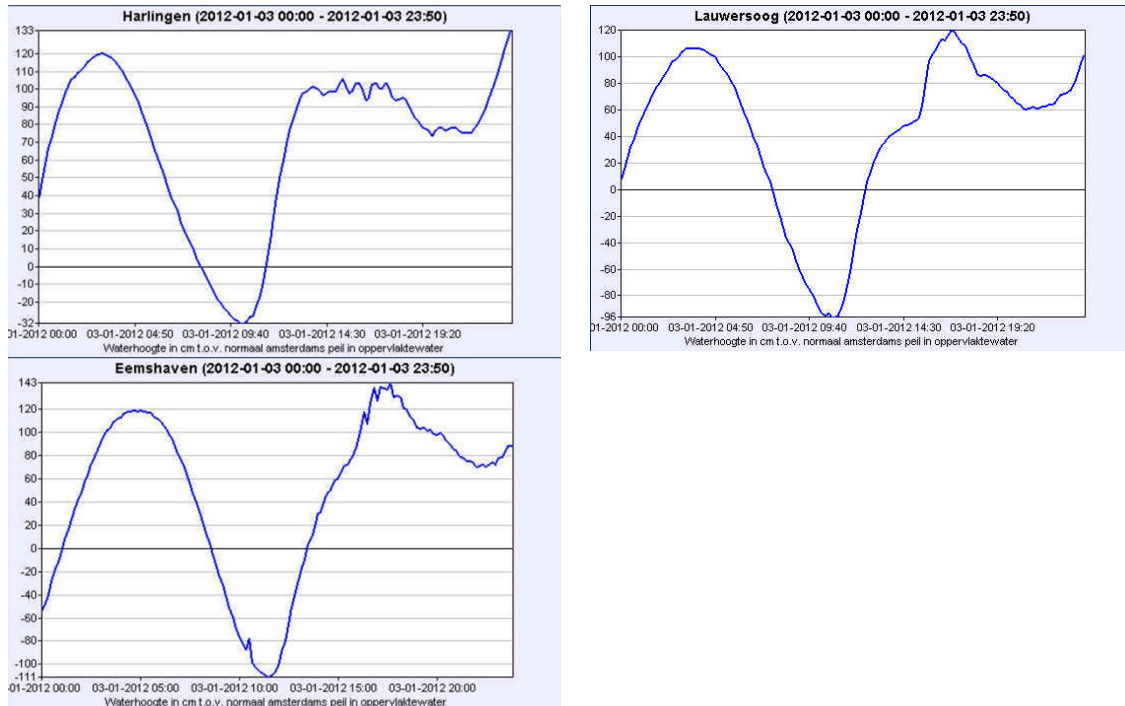


Fig 7 t/m 13 Waddenzee

Verklaring

Meteo-tsunami's hangen samen met plotselinge variaties in de luchtdruk. Om een meteo-tsunami te veroorzaken moeten de luchtdrukvariaties zich voordoen boven relatief ondiep water en recht op een haven of baai aankoersen. Bovendien moeten er toevallige effecten optreden die elkaar versterken waardoor de golven kunnen groeien (info knmi.nl)

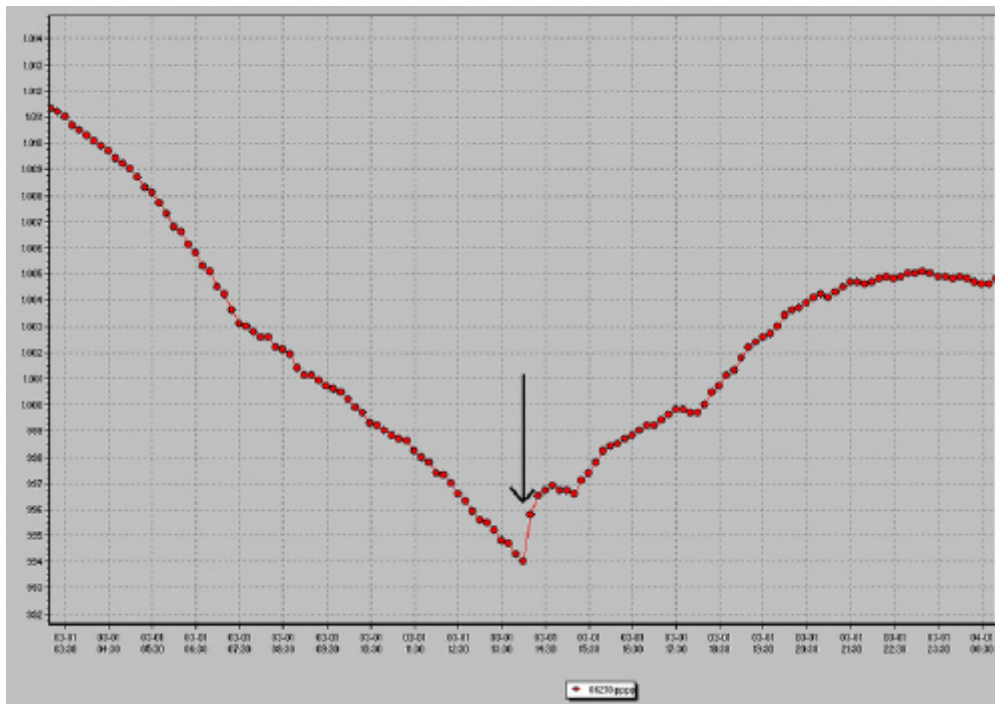


Fig. 14. Luchtdruk te Valkenburg 3 januari 2012, namiddag. In korte tijd stijgt de luchtdruk met 3 hPa.

Het koufront van 3 januari bewoog in snel tempo oostwaarts. Twee uur nadat het de westkust had bereikt passeerde het de grens met Duitsland. De binnendringende koude zware lucht zorgde voor een plotselinge luchtdrukstijging die goed te zien is op fig. 14. Door de plotselinge druktoename werd het ondiepe water voor onze westkust aan de voorzijde van de binnendringende koude en zware lucht opgestuwd. Er ontstond een brede golf waarbij de zeewaterstand in korte tijd centimeters tot meer dan een meter steeg.

Het buienfront

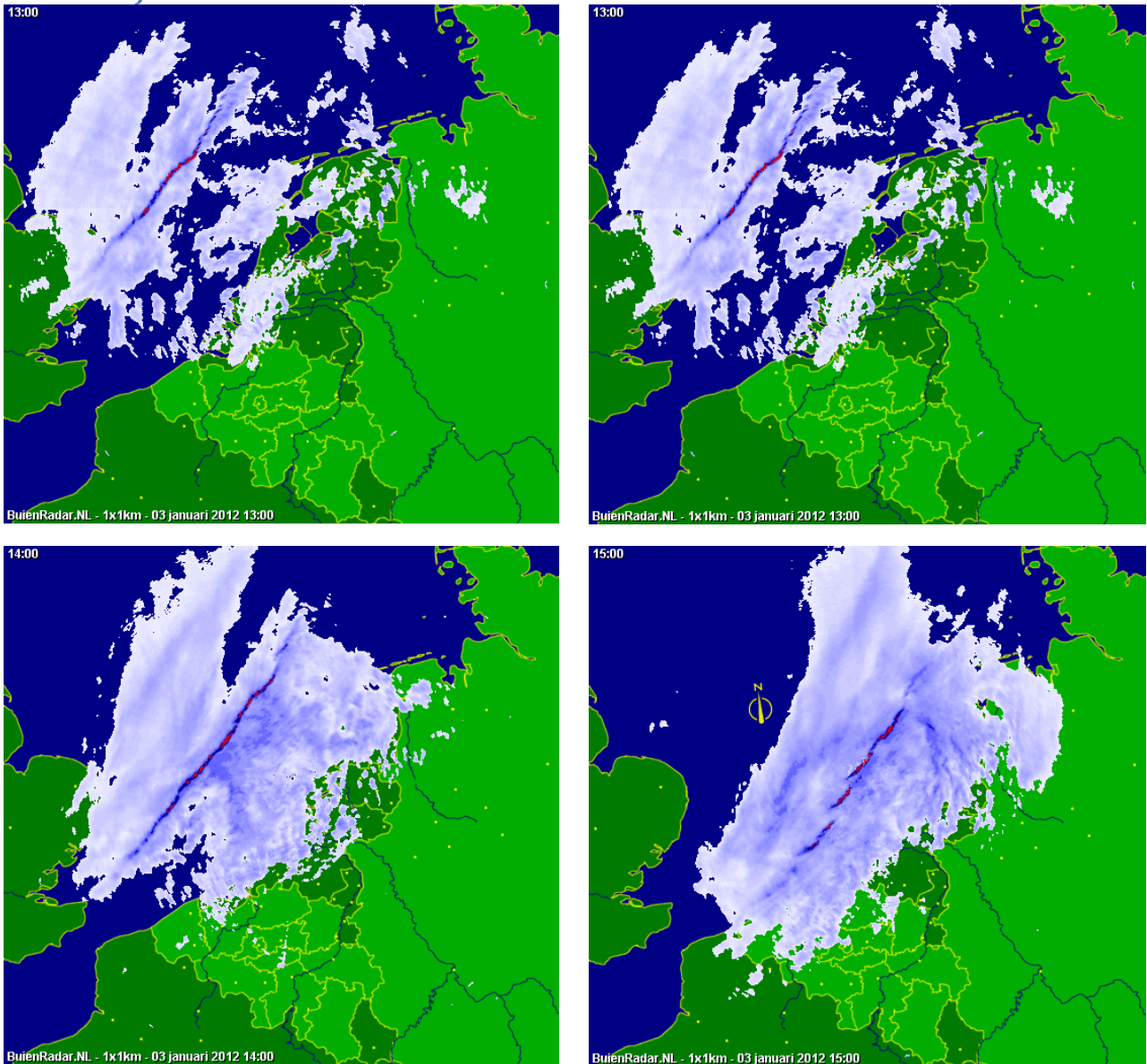


Fig 15 Buienradar opnames van 13:00 t/m 15:00