

Commentaar op de homogenisatie van dagelijkse temperaturen van de KNMI hoofdstations

FRANS DIJKSTRA

Het KNMI heeft in 2016 de dagelijkse temperatuurreeksen van de vijf hoofdstations gehomogeniseerd, om een realistische vergelijking mogelijk te maken van gemiddelde en extreme temperaturen vanaf het begin van de 20ste eeuw tot heden. Als gevolg van deze homogenisatie worden er vóór 1950 veel minder hete dagen geteld dan voorheen. Dit heeft bij journalisten en deelnemers aan internetfora sceptische reacties opgeroepen. Bij een analyse van de effecten van de homogenisatie voor de vijf hoofdstations valt het op dat in de reeksen van De Bilt veel meer hete dagen zijn verdwenen dan bij de andere stations. Dit roept de vraag op of er voor De Bilt misschien sprake is van overcorrectie. Aangezien vooral de gegevens van De Bilt worden gebruikt voor publieksvoorlichting over klimaatverandering (met name voor extremen), zou dat tot een ongewenste vertekening in die voorlichting kunnen leiden. De homogenisatieprocedure voor De Bilt wijkt af van die voor de andere stations. Een vergelijking van de effecten van de homogenisatie voor alle vijf stations kan inzicht geven in de validiteit van de voor De Bilt gevolgde procedure. Vergelijking van het aantal tropische dagen op de vijf stations voor en na 1950 leidt tot het vermoeden dat na de homogenisatie van station De Bilt vóór 1951 ongeveer 45 tropische dagen te weinig worden geteld.

De methode van homogeniseren

De homogenisatiemethodiek wordt beschreven door Brandsma (2016a; 2016b). Voor vier stations is de locatie verplaatst van een stedelijke omgeving naar een open locatie op een vliegveld, en in het geval van Vlissingen later weer terug naar de stad. Door parallelle metingen voor en na de verplaatsingen te vergelijken zijn de oude metingen gecorrigeerd met behulp van de percentiel-matching methode die ook elders op de wereld is toegepast. Dit lijkt een valide procedure als de kans op extreme waarden in de overlappende perioden voor en na de verplaatsing ongeveer even groot is.

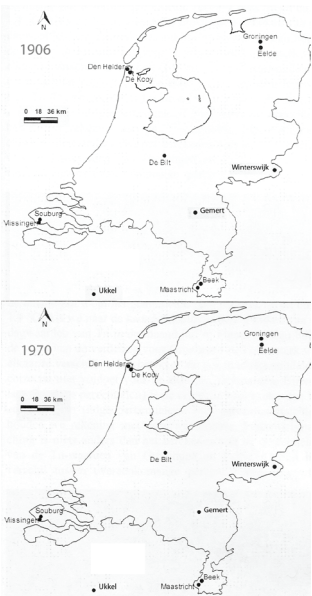
Voor De Bilt is de situatie gecompliceerder. Daar werd tot 1950 de temperatuur gemeten in een pagodehut, die van onder open is, terwijl in 1951 de nieuwe Stephensonhut wegens bouwwerkzaamheden verplaatst moest worden naar een andere locatie op het terrein van het KNMI. Bij een open pagodehut kan tijdens bepaalde omstandigheden (weinig wind, hoge zonnestand, sterke reflectie van de zonnestralen door de omliggende bodem) onder de pagode een bel van warme lucht ontstaan die leidt tot te hoge temperatuurmetingen. Parallele metingen van voldoende lengte waren niet beschikbaar. Daarom zijn de metingen voor De Bilt door Brandsma gehomogeniseerd door ze te vergelijken met de gegevens van het station Eelde voor de perioden 1946-1949 en 1952-1955. Dat waren perioden met sterk verschillende extreme temperaturen. Eelde ligt ongeveer 145 km ten noordoosten van De Bilt. Bovendien is de ligging van De Bilt ten opzichte van de zee tussen 1932 (afsluiting van de Zuiderzee) en 1968 (droogvallen Zuidelijk Flevoland) stapsgewijs veranderd (Figuur 1). Door het ontbreken van de dagelijkse uitwisseling door zeestromen heeft het IJsselmeer geleidelijk een variabelere temperatuur gekregen dan de Zuiderzee. Dat zal voornamelijk invloed hebben gehad bij noordelijke windrichtingen. Bij Eelde heeft zich een dergelijke verandering niet voorgedaan. Het gebruik van Eelde als referentie voor De Bilt zou dus tot onjuiste conclusies kunnen leiden, met name in de periode vóór 1932.

Analyse van de effecten van de homogenisatie

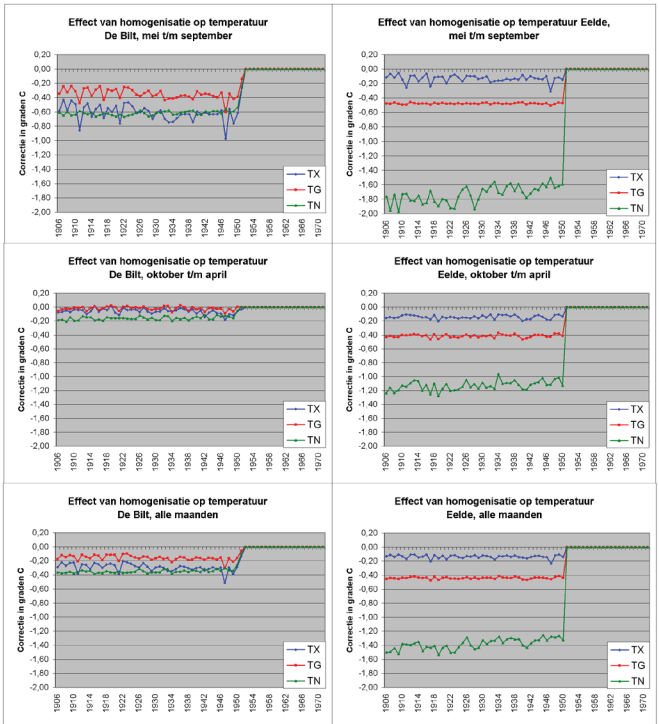
De gehomogeniseerde daggegevens zijn op 5 januari 2017 van de KNMI-website gedownload. Van alle stations had ik ook niet-gehomogeniseerde bestanden bewaard die op

14 september 2015 waren gedownload, dit is na de standaardisatie van de temperatuurreeksen (Brandsma, 2014). De verschillen tussen de gehomogeniseerde en de niet gehomogeniseerde daggegevens voor de hoogste etmaaltemperatuur (TX), laagste etmaaltemperatuur (TN) en gemiddelde etmaaltemperatuur (TG) zijn berekend met behulp van Excel. Door middel van draaitabelen zijn de jaargemiddelden van de verschillen berekend en zijn de hoogste jaartemperaturen voor de wel en niet gehomogeniseerde reeksen bepaald.

Brandsma (2016a; 2016b) bespreekt de gevolgen van de homogenisatie voor het aantal opgetreden hittegolven. Naar mijn mening is het aantal tropische dagen ($TX \geq 30^\circ C$) een betere maat voor de zomerwarmte, omdat hittegolven tamelijk zeldzaam zijn. Er zijn vele jaren zonder officiële hittegolf, zowel voor als na 1951. Hierdoor is een trendanalyse van het aantal hittegolven problematisch. In de meeste jaren komen wel één of meer tropische dagen voor, waarin voor alle hoofdstations een onduidelijke trend te zien is. Ook het aantal tropische dagen per jaar is met behulp van Excel berekend (draaitabel). De trend in het aantal tropische dagen is zichtbaar gemaakt met een loess smoothing (Cleveland en Devlin, 1979) waarbij het aantal punten dat meegenomen werd in de lokaal gewogen regressie op 20 gesteld is. Dit is zo gekozen om kortdurende fluctuaties af te vlakken, maar golfbewegingen op een schaal van decennia wel zichtbaar te houden. Ter vergelijking zijn



Figuur 1. Locatie van de 5 hoofdstations ten opzichte van Zuiderzee/IJsselmeer en Lauwerszee in 1906 respectievelijk 1970. Bewerkt naar Brandsma (2016a). Toegevoegd zijn de in het artikel genoemde stations Gemert, Winterswijk en Ussel (België).



Figuur 2. Effect van homogenisatie op de temperatuurreeksen van De Bilt en Eelde voor de zomermaanden, wintermaanden en het gehele jaar. De verticale as geeft de gemiddelde correctie per jaar van de dagelijkse maximum temperatuur (TX), dagelijkse gemiddelde temperatuur (TG) en dagelijkse minimum temperatuur (TN)

ook gegevens van Centraal Engeland, Ussel, Winterswijk en Gemert geraadpleegd (Metoffice, 2017; De Boosere, 2017; Brandsma, 2017), maar die worden hier verder niet besproken.

Gemiddelde effect

De homogenisatie heeft vrij grote effecten voor de stations die vanuit een stad naar een vliegveld zijn verplaatst. Vooral TN wordt door de homogenisatie naar beneden gecorrigeerd (tot een correctie van $-1.5^\circ C$ voor Eelde). TX wordt in Eelde en De Kooy niet sterk beïnvloed (een gemiddeld verschil van $-0.2^\circ C$ tot $+0.1^\circ C$). Het effect op TG ligt tussen de effecten op TX en TN. Voor Maastricht zijn de correcties voor TX, TG en TN vrij uniform ($-0.9^\circ C$ tot $-1.1^\circ C$). De verschillen tussen de jaren zijn bovendien niet groot. Deze correcties lijken goed verklaarbaar uit verschillen in locatie en hoogte. Opgemerkt dient te worden dat het grote verschil in de variabiliteit van de extremen in de twee referentieperiodes 1946-1949 (een extreem warme zomer, een warme zomer en een extreem strenge winter) en 1952-1955 (een koude winter, en verder

	Voor homogenisatie			Na homogenisatie		
	1906-1950	1951-2016	% voor 1951	1906-1950	1951-2016	% voor 1951
De Bilt	152	201	43.1%	72	201	26.4%
Maastricht	323	300	51.8%	196	300	39.5%
Eelde	140	190	42.4%	104	190	35.4%
De Kooy	21	39	35.0%	23	40	36.5%
Vlissingen	43	69	38.4%	40	66	37.7%
Alle stations	679	799	45.9%	435	797	35.3%
Alle stations excl. De Bilt	527	598	46.8%	363	596	37.9%
Central England				16	30	34.8%
Ussel				145	213	40.5%

Tabel 1. Aantal getelde tropische dagen voor de 5 hoofdstations, voor en na de homogenisatie.

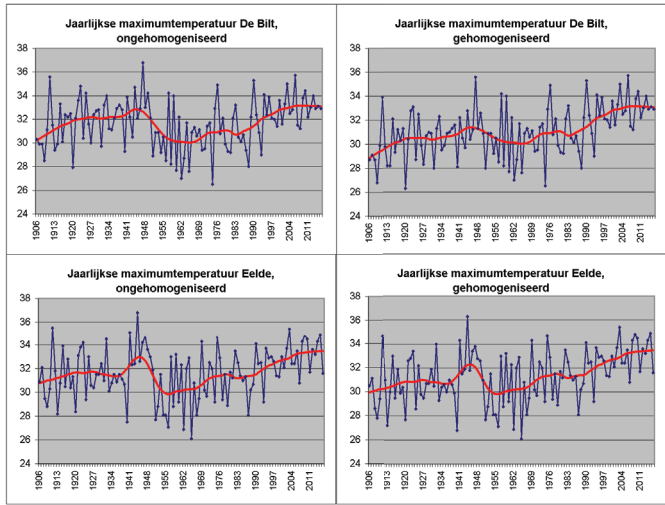
koele zomers en zachte winters) tot een onnauwkeurigheid kan leiden in de homogeniteitscorrectie, waarvan de grootte moeilijk in te schatten is.

Voor De Bilt wijken de effecten van de homogenisatie af van die van de andere stations. Figuur 2 laat de effecten per jaar zien voor De Bilt en voor Eelde, dat als referentiestation is gebruikt voor de homogenisatie voor De Bilt. De zomermaanden (mei – september) en de wintermaanden (oktober – april) zijn afzonderlijk bestudeerd. Hieruit blijkt een groot verschil tussen de locaties. In De Bilt zijn de correcties voor de wintermaanden vrij gering, en ook de spreiding tussen de jaren is vrij klein. Voor de zomermaanden zijn de correcties groter en is ook de spreiding tussen de jaren groot. Vooral het jaar 1947 springt er uit met een correctie van $-1^\circ C$ voor TX. Ook voor de andere warme zomers uit de eerste helft van de 20ste eeuw (1911, 1921) leidt de homogenisatie tot grote correcties (-0.8 tot $-0.9^\circ C$). Voor Groningen/Eelde doen zich bij TX zulke grote verschillen tussen de jaren niet voor, en evenmin bij de andere stations (hier niet weergegeven).

Effect op de jaarlijkse maximumtemperatuur

Het belangrijkste verschil tussen De Bilt en de andere stations is dat dit het enige station is waar in de eerste helft van de 20ste eeuw in een pagodehut gemeten werd. Buishand (1989) concludeert uit de frequentieverdeling van de gemeten jaarlijkse maximumtemperaturen (TXX) in de periodes 1897-1950 en 1952-1982 dat de veranderingen in 1950 en 1951 hebben geleid tot een verlaging van TXX met $1.6^\circ C \pm 0.4^\circ C$. Visser (2007) veronderstelt een lineaire opgaande trend van 1901-1950, daarna een sprong naar beneden van ruim $3^\circ C$, gevolgd door een opgaande lineaire trend vanaf 1950. Correctie voor de temperatuursprong zou een lineair stijgende trend in de maximumtemperaturen opleveren van $5^\circ C$ per eeuw. Visser (2007) gebruikt geen gegevens van de andere stations, omdat ook daar in 1950 inhomogeniteiten optraden door stationsverplaatsingen. Ook Mureau et al. (2013) signaleren de temperatuursprong rond 1950. Zij opperen verschillende mogelijke verklaringen, waaronder de omslag naar een negatieve NAO (North Atlantic Oscillation) in de zomermaanden tussen 1950 en 1970, die zou kunnen verklaren dat er in die periode weinig zeer warme dagen voorkwamen.

Nu de inhomogeniteiten voor vier van de vijf KNMI-stations door Brandsma (2016a; 2016b) zijn opgelost, kunnen we een vergelijking van de temperatuursprong rond 1950 tussen alle stations maken. Figuur 3 laat TXX te De Bilt en Eelde zien voor de ongehomogeniseerde en de gehomogeniseerde reeksen. Het blijkt dat de temperatuursprong zich rond 1950 ook heeft voorgedaan in Groningen/Eelde en ook bij andere



Figuur 3. Effect van homogenisatie op de jaarlijkse maximumtemperatuur (TXX) te De Bilt en Eelde. De rode lijn geeft de trendlijn volgens een loess smoothing op basis van een lokaal gewogen regressie over 20 punten.

stations (hier niet weergegeven). Na homogenisatie is de temperatuursprong bij De Bilt sterk afgezwakt, maar bij Eelde veel minder. Waarschijnlijk was deze temperatuursprong dus niet alleen het gevolg van de metingen in de pagodehut, maar deels ook een reëel verschijnsel. Ook in België en Engeland is de temperatuursprong rond 1950 te zien. De correctie voor station De Bilt van de periode vóór 1951 is dus waarschijnlijk te hoog. De conclusie van het KNMI dat de zomer van 1947 niet meer de warmste van de eeuw was heeft in de pers en op blogs verbaasde en sceptische reacties opgeroepen (Rozendaal, 2016; 2017). Gezien de gegevens van de andere stations kunnen inderdaad vraagtekens gezet worden bij de declassering van 1947.

Effect op tropische dagen

Figuur 4 laat het effect zien van de homogenisatie op het aantal tropische dagen voor de stations De Bilt, Maastricht en Eelde. De stations De Kooy en Vlissingen zijn hierbij weggelaten, omdat deze dicht bij zee gelegen stations veel minder tropische dagen registreren dan de stations in het binnenland. Bij de drie binnenlandse stations daalt vanwege de homogenisatie het aantal tropische dagen vóór 1951, maar De Bilt wijkt hierin sterk af. Het jaar 1947 verliest in De Bilt 10 tropische dagen en zakt van de 1^e naar een gedeelte 7^e – 9^e plaats. De nieuwe recordhouder is 1976, op de voet gevolgd door 2006. Ook 1941 heeft na de homogenisatie in De Bilt meer tropische dagen dan 1947. Voor geen enkel ander jaar wordt vanwege de

homogenisatie het aantal tropische dagen zo sterk verminderd als voor 1947. Bij de andere stations doen zich zulke grote verschuivingen niet voor: voor Maastricht blijft 1947 het jaar met de meeste tropische dagen, in Eelde zakt 1947 van een gedeelte 1^e/2^e plaats naar een gedeelte 2^e/3^e plaats. De sterk afwijkende effecten voor De Bilt zijn dus niet verklaarbaar uit ontwikkelingen bij het referentiestation Eelde.

De cumulatieve gegevens van alle stations zijn in Tabel 1 weergegeven. Hierin wordt de periode 1906-1950 vergeleken met 1951-2016. Voor zowel Maastricht, Eelde als De Bilt markeert 1950/1951 de overgang naar de gehomogeniseerde gegevens; na dat jaar is er geen verschil meer tussen de reeksen. Voor De Kooy treedt de breuk pas op in 1972, maar het effect ervan op het aantal tropische dagen is gering (1 dag). Voor Vlissingen is de homogenisatie alleen toegepast in de periode 1946-1959, en het effect op het aantal tropische dagen is gering (3 dagen in beide perioden). De vijf stations vallen uiteen in twee groepen:

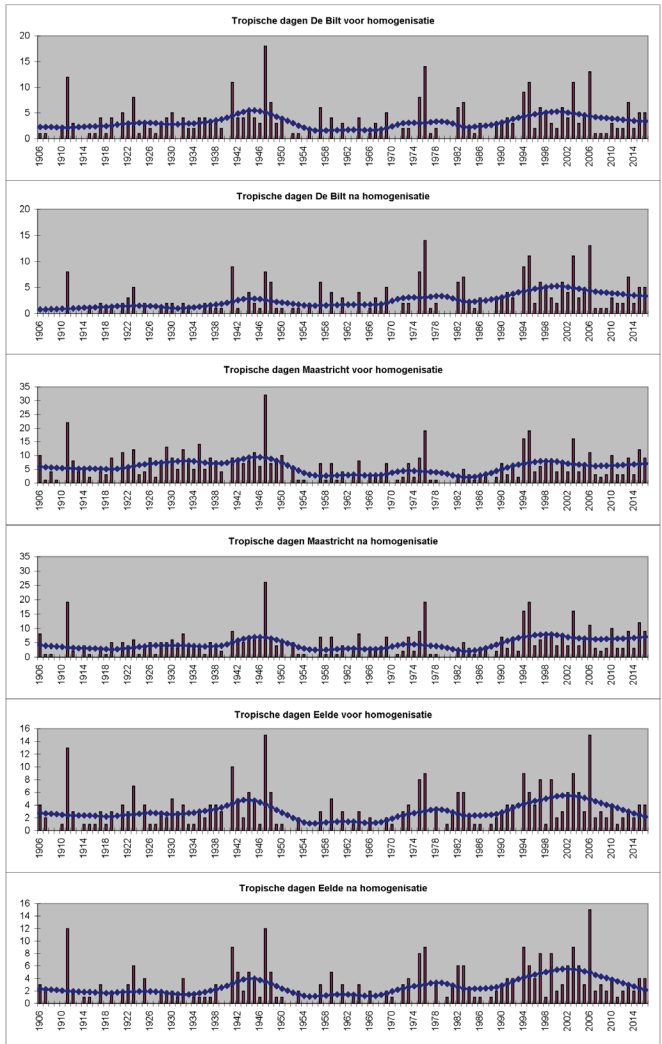
In Maastricht, Eelde, De Kooy en Vlissingen vallen zonder homogenisatie 35% tot 51.8% van de tropische dagen voor 1951. Na homogenisatie vallen 35.4% tot 39.5% van de tropische dagen voor 1951. Het percentage tropische dagen vóór 1951 convergeert voor deze stations door de homogenisatie dus naar een klein interval met een gemiddelde van 37%. In De Bilt vallen zonder homogenisatie 43.1% van de tropische dagen vóór 1951. Na homogenisatie vallen nog slechts 26.4% van de tropische dagen vóór 1951. Dit ligt ver buiten de range van de veranderingen voor de andere stations.

Het aantal tropische dagen vóór 1951 daalt door de homogenisatie in De Bilt dus veel sterker dan bij de andere stations. Het klimaat van deze vijf stations zijn niet onafhankelijk van elkaar: als de zomer op één station warm is, dan is dat vrijwel zeker op de andere stations ook zo. Tabel 1 geeft ook de aantallen tropische dagen in Centraal Engeland en in Ukkel. Ook daar ligt het percentage tropische dagen voor 1951 dichtbij de range van Maastricht, Eelde, De Kooy en Vlissingen. Het feit dat er in De Bilt na de homogenisatie nog maar zo veel minder tropische dagen vóór 1951 worden geteld dan op alle naburige stations is opvallend, en behoeft verklaring.

Voor het jaar 1947 is het aantal tropische dagen ook vergeleken met de stations Winterswijk en Gemert, beschikbaar gesteld door Brandsma (2017), zie Tabel 2. Hoewel op deze stations op een afwijkende manier is gemeten, stemmen de aantallen tropische dagen hier toch overeen met die op de andere stations (minus De Bilt). Kortom, alleen de gehomogeniseerde gegevens van De Bilt wijken af van het algemene patroon.

	Niet gehomogeniseerd	Gehomogeniseerd	Tropische dagen in september, niet gehomogeniseerd	Tropische dagen in september, gehomogeniseerd
De Bilt	18	8	2	0
Maastricht	32	26	6	4
Eelde	15	12	1	1
De Kooy	1	1	0	0
Vlissingen	5	5	0	0
Gemert	32		5	
Winterswijk	23		3	

Tabel 2. Aantal tropische dagen in 1947.



Figuur 4. Het aantal tropische dagen per jaar (TX ≥ 30 °C) voor De Bilt, Maastricht en Eelde, voor en na de homogenisatie. De vloeiende lijnen geven de trend volgens een loess smoothing op basis van een lokaal gewogen regressie over 20 punten.

Discussie en conclusie

De homogenisaties van de temperatuurreeksen voor Maastricht, Eelde, De Kooy en Vlissingen lijken valide en leiden niet tot onverwachte of onverklaarbare uitkomsten. Dat wil niet zeggen dat deze perfect zijn: tussen een open vliegveld en een beschutte locatie in de stad zal niet bij alle weersomstandigheden een groot verschil zijn, waardoor correcties op een deel van de dagen te groot kunnen uitvallen. Maar ook het omgekeerde doet zich voor. Gemiddeld zullen deze fouten elkaar dus ongeveer opheffen (Klein Tank, 2017).

De homogenisatie van de temperatuurreeksen voor De Bilt leidt voor TX tot onverwachte uitkomsten die niet in lijn zijn met naburige stations, en die onvoldoende verklaard kunnen worden uit de overgang van een pagodehut naar een Stephensonhut. De sterke afname van het aantal tropische dagen in de periode 1906-1950 in De Bilt en de veel lagere classificatie van de zomer van 1947 wat betreft het aantal tropische dagen stemmen niet overeen met gehomogeniseerde gegevens van de andere stations. De temperatuursprong rond 1950 doet zich ook voor bij de andere KNMI-stations en tevens bij stations in Engeland en België. Door de homogenisatie wordt de temperatuursprong bij Eelde en Maastricht afgezwakt, maar bij De Bilt verdwijnt de temperatuursprong vrijwel geheel. Voor De Bilt lijkt er dus sprake te zijn van overcorrectie.

Het aandeel van de periode vóór 1951 in het aantal tropische dagen is na de homogenisatie in De Bilt minder dan bij de andere stations. Ook dit wijst op overcorrectie voor De Bilt op de warmste dagen. Als in De Bilt na de homogenisatie, net als bij de andere stations, ongeveer 37% van de tropische dagen vóór 1951 zouden vallen, dan zouden er van 1906-1950 ongeveer 45 extra tropische dagen hebben opgetreden. Als die 45 tropische dagen naar evenredigheid van de geschrapte tropische dagen worden toegerekend aan de jaren tussen 1906 en 1950, dan zou 1947 vijf à zes extra tropische dagen moeten bevatten. Het jaar 1947 zou dan met 13-14 tropische dagen weer hoog in de ranglijst van warme zomers komen te staan, tussen 1976 en 2006, in overeenstemming met de gehomogeniseerde data voor Maastricht en Eelde. De zomer van 1947 werd door Buisman (1984) gekarakteriseerd als de “warmste zomer sedert tenminste einde 17^e eeuw”. Dit oordeel is niet alleen gebaseerd op metingen in de pagodehut in De Bilt. Deze zomer was ook elders in Europa extreem warm.

Om meer zekerheid te krijgen is een andere methode van homogenisatie nodig. Het KNMI heeft inmiddels in 2016 de pagodehut volgens de oorspronkelijke bouwtekeningen herbouwd. Als daarmee gedurende een reeks van jaren parallelle metingen worden gedaan, dan kan dat waarschijnlijk over 10 jaar leiden tot een meer valide homogenisatie van de klimaatgegevens voor De Bilt. De gevolgen van de inpoldering van de Zuiderzee en de verplaatsing van de meetopstelling in De Bilt in 1951 zijn daarmee echter nog steeds niet verwerkt. Het is de vraag of dat ooit mogelijk zal zijn.

Mijn advies aan het KNMI zou zijn om de gehomogeniseerde gegevens voor De Bilt niet te gebruiken voor publieksvoorlichting over klimaatverandering en extreme weersituaties. Als voor De Bilt sprake is van overcorrectie kan dat ertoe leiden dat in de publieksvoorlichting klimaatverandering dramatischer wordt voorgesteld dan die in werkelijkheid is. Bij de late zomerwarmte in september 2016 is dat al gebeurd: op 14 september 2016 meldden de media op grond van KNMI-gegevens dat een tropische dag zo laat in het seizoen nog nooit was opgetreden. Dit geldt echter alleen voor de gehomogeniseerde gegevens voor De Bilt. In Maastricht, Eelde, Winterswijk en Gemert werden op 16 en 19 september 1947 ook al tropische dagen geregistreerd. Voor Eelde en Maastricht geldt dit ook na de homogenisatie, zie Tabel 2. Met de berichtgeving in september 2016 werd de uitzonderlijke (dat wel) warmtegolf ten onrechte als een historisch record aangeduid.

Literatuur

Brandsma, T., 2014: Standaardisatie van de historische temperatuurreeksen van het KNMI. *Meteorologica* 23(1), 4-7.
 Brandsma, T., 2016a: Homogenisatie van dagelijkse temperaturen van de KNMI hoofdstations. *Meteorologica* 25(2), 4-8.
 Brandsma, T., 2016b: Homogenization of daily temperature data of the five principal stations in the Netherlands (version 1.0). KNMI Technical Report TR-356.
 Brandsma, T., 2017: persoonlijke correspondentie, 12 april 2017.
 Buishand, T.A., 1989: Statistics of extremes in climatology. *Statistica Neerlandica* 43(1), 1-30.
 Buisman, J., 1984: Bar en boos, zeven eeuwen winterweer in de Lage Landen, pagina 266.
 Cleveland W.S. en S.J. Devlin, 1988: Locally weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting. *Journal of the American Statistical Association*, **83**, 596-610.
 De Boosere, F., 2017: Klimaat Ukkel, warmste dag van het jaar. <http://www.frankde-boosere.be>.
 Klein Tank, A.M.G., 2017: persoonlijke correspondentie, 24 januari 2017.
 Metoffice, 2017: http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcet/cetmaxdly1878on_urbadj4.dat.
 Mureau, R., W. van den Berg, W. Hazeleger en E. Min, 2013: Vaker hoge maxima? *Meteorologica* 22(3), 26-29.
 Rozendaal, S., 2016: Creatief met cijfers: KNMI kan geen thermometer lezen. KNMI goochelt de tropische zomer van 1947 van 1 naar 6 in de toptien. *Elsevier*, 27 oktober 2016.