

Pagodemetingen in De Bilt

THEO BRANDSMA (KNMI)

Het KNMI heeft in 2016 gehomogeniseerde temperatuurreeksen voor de vijf hoofdstations in gebruik genomen. Deze reeksen zijn op dagbasis gecorrigeerd voor de belangrijkste inhomogeniteiten. Voor De Bilt betrof de correctie een temperatuursprong rond 1950. Deze was het gevolg van een combinatie van een verplaatsing van een beschutte naar een open locatie en een overgang van de pagode naar de Stevenson thermometerhut. Dit artikel geeft meer duidelijkheid over de bijdrage van de overgang pagode/Stevenson in de correctie. We gebruiken daarvoor zowel vergelijkende metingen tussen pagode en Stevenson in de periode 1947-1950 als recente vergelijkende metingen tussen een zo goed mogelijk nagebouwde pagode en een Stevenson op het testveld van het KNMI. De resultaten voor de historische en de huidige metingen laten zien dat vooral de maximumtemperatuur in het zomerhalfjaar in de pagode hoger is dan in de Stevenson.

Achtergrond

In 2016 heeft het KNMI de temperatuurreeksen van de vijf hoofdstations (De Helder, De Bilt, Groningen, Vlissingen en Maastricht) op dagbasis gecorrigeerd voor de belangrijkste inhomogeniteiten (Brandsma, 2016). De gehomogeniseerde reeksen van de vijf hoofdstations geven een consistent beeld van klimaatverandering in ruimte en tijd. Bij De Bilt was sprake van inhomogeniteit rond 1950 als gevolg van een combinatie van een verplaatsing van de metingen van een beschutte naar een open locatie en de overgang van de pagode naar de Stevenson thermometerhut. Vanwege het ontbreken van geschikte parallelmetingen ter plaatse is voor de correctie van De Bilt station Eelde gebruikt als parallelreeks. Een deel van de correctie kan verklaard worden met historische en recente parallelmetingen tussen de pagode en de Stevenson.



Figuur 1. Pagodehut en Stevensonhut op de oudste locatie met op de achtergrond het oude KNMI (het klooster). Foto genomen in noordelijke richting.

Het is interessant om de bijdrage van de verandering in type hut te kwantificeren voor een beter begrip van de temperatuurcorrectie.

De oude vergelijkende metingen tussen pagode en Stevenson hut vonden plaats in de periode 1947-1950 (Figuur 1). Dit was vlak voor de verplaatsing van het meetveld en de overgang pagode naar de Stevenson hut. Brandsma (2011) heeft deze metingen al kort besproken. De recente vergelijkende metingen (Figuur 2) vinden plaats sinds september 2016. Hiervoor is een reconstructie gemaakt van de oude pagode (zie Kader). De huidige metingen maken het mogelijk om in meer detail naar de effecten van windsnelheid en straling/bewolking te kijken. In dit artikel vergelijken we de eerste twee jaar van de moderne metingen met de historische metingen in de periode 1947-1950. We beperken ons daarbij tot de temperatuurverschillen tussen de pagode en de Stevenson. De weersafhankelijkheid van de verschillen is onderwerp van een vervolgstudie.

Verplaatsingen en thermometerhutten op het KNMI terrein in De Bilt (1901-heden)

De operationele temperatuurwaarnemingen in De Bilt zijn sinds 1901 op vier verschillende locaties op het KNMI-terrein verricht. Deze locaties zijn ingetekend als locaties A t/m D in een plattegrond van het KNMI terrein van 1960 (Figuur 3). De plattegrond geeft ook de hoogte van begroeiing en gebouwen op dat moment. Sinds het begin van de waarnemingen in De Bilt is de temperatuur gemeten in drie verschillende thermometerhutten:

1. Pagode (t/m 15 september 1950)
2. Stevenson (16 september 1950 - 25 juni 1993)
3. KNMI schotelhut (26 juni 1993 - heden).



Figuur 2. Opstelling met gereconstrueerde pagode op het KNMI-testveld. Foto genomen in noordelijke richting. In dit artikel vergelijken we temperatuurmetingen (op 2.2 m boven maaiveld) in de Stevensonhut en in de pagode.

	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	200	2010
hut, locatie											
Pagode, A											
Stevenson, A/B											
Stevenson, B											
Stevenson, C											
Schotel, C											
Schotel, D											
Stevenson/pagode, C											

Tabel 1. Overzicht van de combinaties van thermometerhutten en locaties voor de operationele temperatuurwaarnemingen in De Bilt (blauw) en de hier gepresenteerde parallelmetingen (rood) in de periode 1901-2020. De locaties zijn beschreven in Figuur 3.

Tabel 1 geeft een tijdlijn van de verschillende combinaties en laat daarin ook de positie van de hier gebruikte parallelmetingen zien. Locatie A was een beschutte locatie vlakbij het toenmalige – en nog bestaande – KNMI gebouw (klooster). De nieuwbouw kwam in 1953 gereed, dus na de verplaatsingen in 1950/51. De foto in Figuur 1 laat zien dat er begroeiing aanwezig was tussen locatie A en het klooster op de plek van de nieuwbouw. Locatie A bevindt zich ongeveer op de plek van de huidige hoofdingang van het KNMI.

Locatie B ligt circa 85 m ten westen van locatie A. De overgang van locatie A naar B viel samen met de overgang van pagode naar Stevenson. De overgang naar locatie B had te maken met de geplande nieuwbouw. Net als locatie A geldt locatie B als een beschutte locatie. Uiteindelijk is locatie B minder dan een jaar operationeel geweest. De verplaatsing van de beschutte locatie B naar de open locatie C (Figuur 4) was abrupt. Er zijn geen parallelmetingen gevonden die beide locaties vergelijken. Mogelijk heeft men last-minute ingezien dat de nieuwbouw de metingen op locatie B te veel zouden verstoren en is toen besloten tot verplaatsing naar locatie C.

Periode	Locatie
1. 25 maart 1947–28 februari 1949	Pagode en Stevenson op terrein A
2. 1 maart 1949–31 maart 1950	Pagode op terrein A, Stevenson op terrein B
3. 1 april 1950–31 augustus 1950	Pagode op terrein A, Stevenson op terrein B

Tabel 2. Detaillering van de in Tabel 1 getoonde parallelmetingen in periode 1947-1950 in drie aparte perioden. De pagode betreft steeds de operationele metingen en de Stevenson de parallel metingen (*natte bol thermometer in de Stevensonhut geventileerd).

De verplaatsing naar locatie D was het gevolg van de herinrichting van het landgoed Sandwijck direct ten westen van locatie C. Dit zorgde tijdelijk voor toenemende beschutting dichtbij de thermometerhut door de groei van struiken en bomen. De metingen raakten hierdoor verstoord (Brandsma, 2011). Uit vergelijkende metingen is gebleken dat de overgang van Stevenson naar KNMI-schotelhut niet heeft geleid tot inhomogeniteiten in de temperatuur (Brandsma en Van der Meulen, 2008). Dat geldt ook voor de verplaatsing van locatie C naar locatie D (Brandsma, 2011).

Beschrijving van de parallelmetingen 1947-1950

De vergelijkende temperatuurmetingen tussen pagode en Stevenson op het KNMI-terrein in De Bilt vonden plaats in de periode 25 maart 1947 – 31 augustus 1950. Tabel 2 verdeelt deze periode in drie deelperioden. De locaties A en B zijn ingetekend in de plattegrond van Figuur 3 (zoals hierboven besproken). De opstelling in Figuur 2 heeft betrekking op de situatie waarbij zowel de pagode als Stevenson zich bevonden op locatie A (periode 1).

De parallelmetingen in de periode 1947-1950 werden verricht om 7:40, 13:40 en 18:40 UTC op 2.2 m boven het



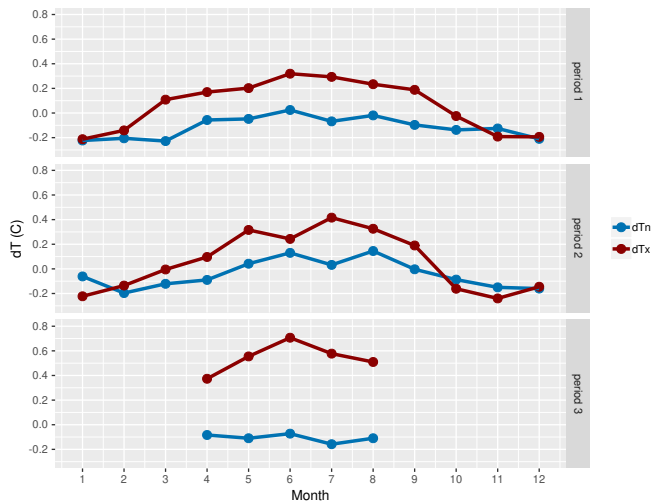
Figuur 3. Plattegrond van het KNMI-terrein in De Bilt in 1960. Locatie A was de operationele locatie t/m 15 september 1950, locatie B van 16 september 1950 t/m 26 augustus 1951, locatie C van 27 augustus 1951 – 25 september 2008 en locatie D van 26 september 2008 tot heden. De (inmiddels weer afgebroken) nieuwbouw kwam gereed in 1953. Locatie A bevindt zich op de plaats van de huidige hoofdingang van het KNMI. De huidige vergelijkende metingen vinden plaats circa 60 m ten noorden van locatie C (diamant).

maaiveld. Zowel de gewone thermometer als de minimum/maximum thermometer werd afgelezen, waarbij de laatste betrekking heeft op het voorgaande interval. Hier gebruiken we de aflezings van de minimum/maximum thermometer om de dagminimum (T_n) en dagmaximum (T_x) temperatuur op dag t uit te rekenen. T_n en T_x hebben betrekking op het interval tussen 18:40 uur van dag $t-1$ en 18:40 uur van dag t .

Bij de metingen in het tijdvak 1 april 1950 – 31 augustus 1950 (periode 3) staat vermeld dat de natte bol geventileerd is. Uit tekeningen uit die tijd blijkt dat een ventilator via een slangetje verbonden was met de natte-bolthermometer. Het kan zijn dat de hut hierdoor iets beter geventileerd is dan de hut zonder natte-bolventilatie. Parallelmetingen in de periode 1989-1995 wijzen uit dat de temperatuurverschillen tussen een geventileerde en niet-geventileerde Stevenson hut verwaarloosbaar zijn (Brandsma en Van der Meulen, 2008). De metingen bevinden zich in het KNMI archief en zijn al eerder gedigitaliseerd voor het onderzoek naar de homogeniteit van de temperatuurmetingen in De Bilt (Brandsma, 2011).



Figuur 4. Locatie C (midden boven). Foto genomen in zuidelijke richting.



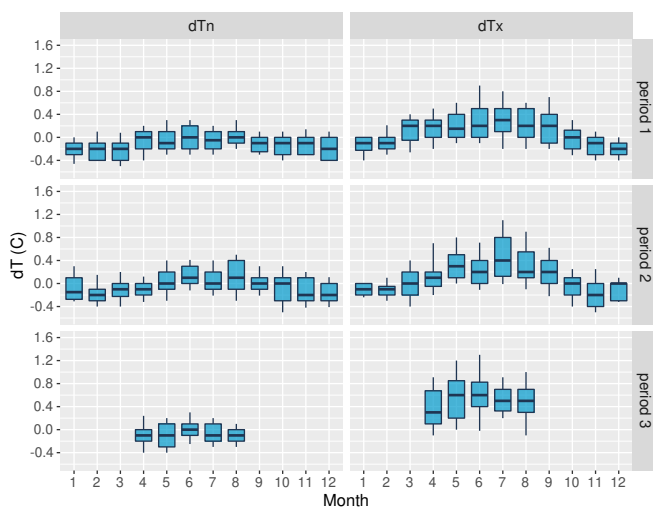
Figuur 5. Maandgemiddelde temperatuurverschillen (pagode – Stevenson) voor Tn, Tx in de periode 1947-1950. Voor de periode zie Tabel 2.

Beschrijving van de parallelmetingen 2016-2018

De metingen van de nagebouwde pagode vergelijken we met metingen in een kunststof Stevenson hut die nog op het KNMI aanwezig was. In de periode 1947-1950 was sprake van een houten Stevenson hut. De eerdergenoemde studie van Brandsma en Van der Meulen (2008) wijst echter uit dat ook de temperatuurverschillen tussen de houten en kunststof Stevenson hut verwaarloosbaar zijn.

Figuur 2 geeft een overzicht van de opstelling, 60 m ten noorden van de oude locatie C (diamantje in Figuur 3) op het huidige testveld. Net als in de periode 1947-1950 vinden de metingen in de pagode en Stevenson plaats op een hoogte van 2.2 m boven het maaiveld. Naast de temperatuurmetingen in de pagode en Stevenson doen we ook metingen in een KNMI-schotelhut op 1.5 en 2.2 m boven het maaiveld. Verder is een anemometer te zien op 2.2 m boven maaiveld. De huidige vergelijkende temperatuurmetingen vinden plaats met de operationeel gebruikte PT-500 sensoren.

Met de huidige parallelmetingen gaan we na of we de temperatuurverschillen tussen de pagode en de Stevenson kunnen reproduceren en of we de weersafhankelijkheid van



Figuur 6. Boxplot van de dagelijkse temperatuur verschillen (pagode – Stevenson) voor Tn, Tx in de periode 1947-1950. De onder- en bovenkant van de box corresponderen met respectievelijk het 25 en 75 percentiel, de whiskers met het 10 en 90 percentiel en de horizontale lijn is de mediaan. Voor de periode zie Tabel 2. Door de verdeling van de dT's kunnen in incidentele gevallen de whiskers en/of mediaan samenvallen met de onder- of bovenkant van de box.

de temperatuurverschillen, afhankelijk van zowel type hut als huthoogte, in detail kunnen bestuderen. In dit artikel richten we ons alleen op het vergelijken van de historische en recente temperatuurverschillen tussen pagode en Stevenson in de periode 1947-1950. De vergelijking heeft betrekking op de eerste twee jaar metingen van 1 september 2016 – 31 augustus 2018. De Tn, Tx en de gemiddelde temperatuur Tmean zijn berekend uit de 10-minuut samples en hebben betrekking op het interval 0-0 UTC.

Metingen 1947-1950

Voor Tx laat Figuur 5 zien dat de pagode warmer is dan de Stevenson en dat dit vooral optreedt in het zomerhalfjaar. In de wintermaanden kan de Tx van de pagode zelfs iets lager zijn dan die van de Stevenson. Maandgemiddeld loopt dTx op van 0.32 °C (juni) in periode 1 tot 0.42 °C (juli) in periode 2 en 0.71 °C (juni) in periode 3. De dTn is minder uitgesproken dan de dTx.

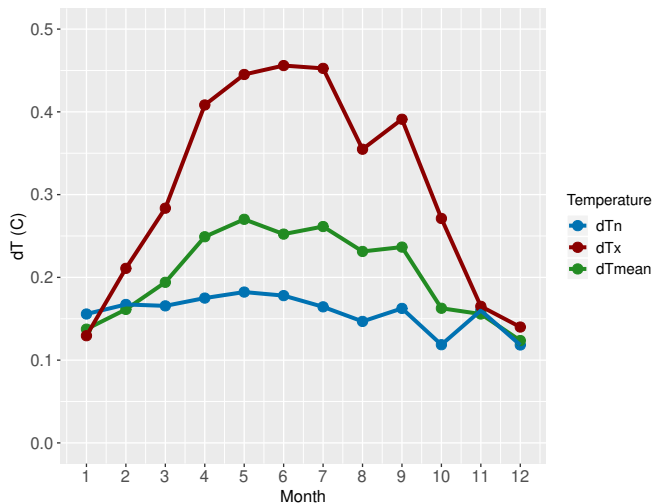
De boxplots in Figuur 6 geven een indruk van de spreiding van de dagelijkse verschillen in Tn en Tx. De dTn fluctueert rond nul terwijl voor dTx de verschillen in het zomerhalfjaar duidelijk positief zijn. De extreme dTx (90 percentiel) varieert van 0.9 °C (juni) in periode 1 tot 1.1 °C (juli) in periode 2 en 1.3 °C (juni) in periode 3. De grootste dTx bedragen 1.2 °C, 1.3 °C en 2.2 °C voor respectievelijk de perioden 1 (20 juni 1947), 2 (15 juli 1949) en 3 (7 juni 1950). Op die dagen was

Kader 1 – De KNMI pagodehutten



Gereconstrueerde (links) en oorspronkelijke (rechts) pagode.

Tot 16 september 1950 werd de temperatuur in De Bilt operationeel gemeten op 2.2 m hoogte, in een pagode. Voor het huidige onderzoek hebben we geprobeerd deze pagode op basis van beschrijvingen in de KNMI jaarboeken en beschikbare foto's zo nauwkeurig mogelijk na te bouwen. Een bouwtekening van de hut was echter niet beschikbaar, waardoor de reconstructie licht af zou kunnen wijken van het origineel. In het KNMI-jaarboek van 1905 bijvoorbeeld vinden we de volgende beschrijving van de pagode: de genoemde thermometerhut heeft een piramidevormig dak, bestaande uit vier achtereenvolgens met een tussenruimte van 10 cm gedeeltelijk over elkander grijpende delen en gedragen door acht in een vierkant van 2.50 m zijde geplaatste palen. Naar beneden is de hut open; op een afstand van 14 cm onder de thermometers, en op gelijke hoogte met den rand van het dak, bevindt zich een horizontaal scherm, uit twee 25 cm brede planken bestaande, met een tussenruimte van 15 cm, welke voor straling gesloten is door een derde 17 cm lager geplaatste, 38 cm brede plank.



Figuur 7. Maandgemiddelde temperatuurverschillen (pagode – Stevenson) voor Tn, Tx en Tmean (berekend met behulp van de 2-jarige periode september 2016 – augustus 2018).

Tx in de pagode respectievelijk 23.3, 24.9 en 32.1 °C.

Uit het seizoensverloop van dTx blijkt dat de grootte van dTx toeneemt met de temperatuur. De grootste dTx vallen echter niet per definitie op de warmste dagen. Als de warmte (vooral) het gevolg is van advectie van warme lucht (dus veel ventilatie), dan beperkt dat het verschil in Tx tussen pagode en Stevenson. Als de warmte echter het gevolg is van straling met weinig wind dan vergroot dat het temperatuurverschil.

Er zijn dus forse verschillen in dTx tussen drie perioden. Dat periode 2 en 3 grotere verschillen laten zien dan periode 1 heeft mogelijk te maken met de iets andere ligging van locatie B ten opzichte van het hoofdgebouw (klooster). Bij opstelling A staat het klooster direct ten noorden van de hutten. Vooral in het zomerhalfjaar wordt de zuidkant van dat gebouw bij zonnig weer de hele dag opgewarmd en straalt dan uit naar de twee hutten. Op locatie B is dit effect minder groot en zorgt daarmee mogelijk voor een iets koelere Stevensonhut dan de pagode op locatie A. Dat de pagode in periode 3 in de zomer een stuk warmer is dan in periode 2 is moeilijk te verklaren. De kunstmatige ventilatie zou een effect kunnen hebben, maar volgens eerder onderzoek zou dat effect klein moeten zijn (Brandsma en Van der Meulen, 2008). Natuurlijke variabiliteit kan deels een rol spelen.

Metingen 2016-2018

Net als voor de metingen in de periode 1947-1950 zien we hier de grootste verschillen tussen pagode en Stevenson in de Tx in het zomerhalfjaar (Figuur 7). In tegenstelling tot de 1947-1950 metingen blijft dTx ook in de wintermaanden positief. Maandgemiddeld varieert dTx tussen 0.13 °C in januari en 0.46 °C in de maand juni. De variatie in dTn is klein, van 0.12 °C in oktober/december tot 0.18 °C in mei/juni. In dit geval kunnen we ook de gemiddelde dagtemperaturen (Tmean) vergelijken. De dTmean varieert van 0.12 °C in december tot 0.27 °C in mei.

De boxplots in Figuur 8 laten voor dTn weinig variatie zien. Voor dTx variëren de maximale verschillen (90 percentiel) tussen 0.3 °C (januari/december) en 0.7 °C (mei). De dTx wordt maximaal 1.0 °C (op 20 september 2016, 29 april 2017 en 12 december 2017, met Tx pagode respectievelijk 20.7, 14.2 en 5.1 °C). Net als bij dTn is voor dTmean de variatie klein vergeleken met die van dTx. Wel is er een duidelijk seizoensverloop met de grootste dTmean in het zomerhalfjaar.

Vergelijkbaar met de historische metingen laat het sei-

zoensverloop van dTx zien dat de grootte van dTx toeneemt met de temperatuur. Ook hier geldt dat de grootste dTx niet per definitie op de warmste dagen hoeft te vallen. In tegenstelling tot de vroegere metingen kunnen we hier de verschillen in dagelijkse gang bestuderen (Figuur 9). Deze figuur laat zien dat de verschillen in de ochtend snel oplopen en tussen 10 en 12 UTC maximaal zijn. In namiddag nemen de verschillen langzaam weer af. Opvallend is dat de curves voor het voorjaar en de zomer dicht bij elkaar liggen.

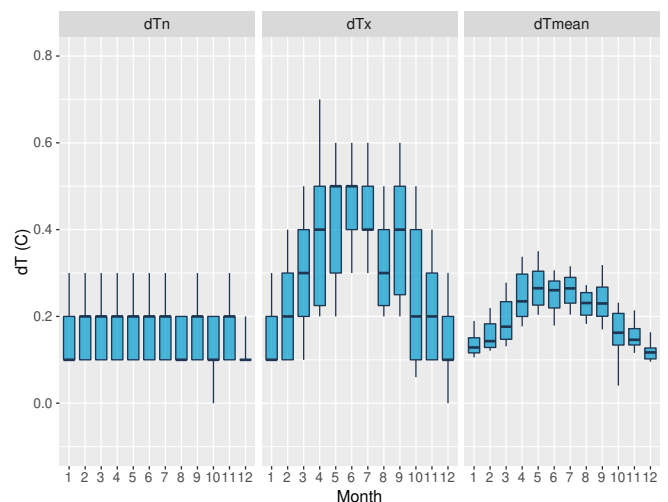
Discussie

De vergelijking van de temperaturen in de gereconstrueerde pagode en de Stevenson laat ruwweg hetzelfde beeld zien als de metingen in de periode 1947-1950. Vooral Tx in het zomerhalfjaar is hoger in de pagode dan in de Stevenson. Voor Tn zijn de verschillen klein en veel minder duidelijk dan voor Tx. Daarnaast zijn er voor de historische metingen verschillen tussen de drie perioden. Aan de ene kant speelt natuurlijke variatie daarbij een rol, aan de andere kant lijken ook kleine verplaatsingen (de Stevenson van locatie A naar B) van belang te zijn.

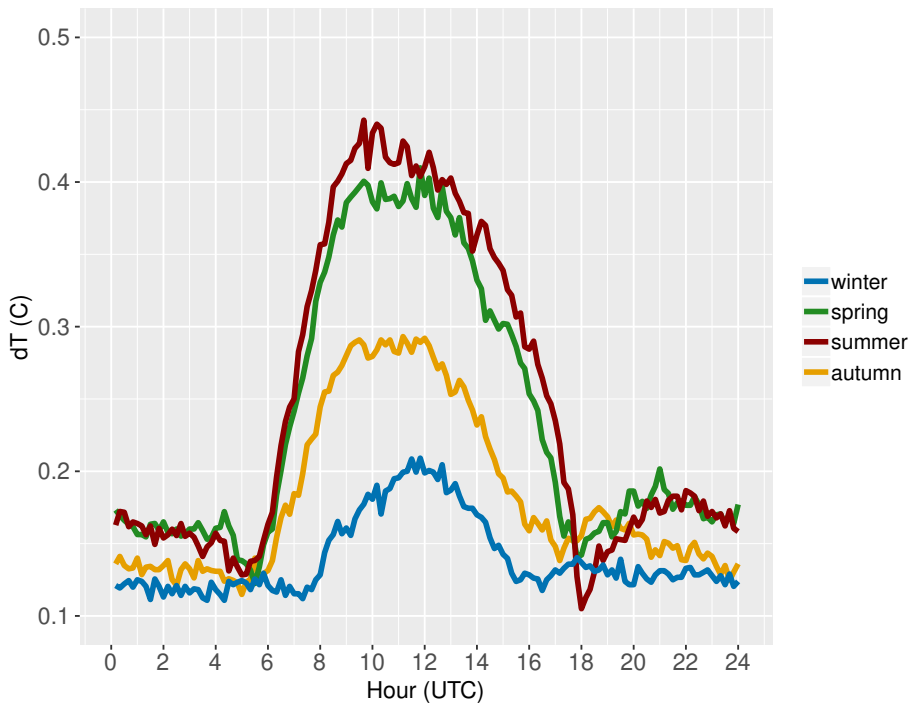
Voor de historische metingen zijn de extreme verschillen in Tx (90 percentiel) ongeveer twee keer zo groot als de maandgemiddelde verschillen. Voor de huidige metingen is dat iets kleiner. Tegelijkertijd laten de historische metingen voor de maandgemiddelde verschillen in Tn meer variatie zien dan de huidige metingen. Mogelijk speelt de grotere natuurlijke ventilatie op de locatie van de huidige metingen – die in vergelijking tot locaties A/B veel opener is – hierbij een rol. Daarnaast hebben de huidige metingen geen last van de directe invloed van gebouwen.

Kramer et al. (1954) vergeleken temperatuurmetingen in een speciaal ontworpen kleine hut (voor micro-meteorologische metingen) met de metingen in de pagode. Zijdelings refereren ze aan parallelmetingen tussen pagode en Stevenson en merken op dat zij geen temperatuurverschillen van betekenis zien. Uit hun verhaal is echter niet duidelijk hoe zij tot dit inzicht komen. Hun conclusie valt niet te rijmen met de hier besproken metingen.

De overgang van pagode naar Stevenson in 1950 en de verplaatsing van terrein A/B naar terrein C in 1951 hebben samen geleid tot een inhomogeniteit in de temperatuurreeks van De Bilt. Vooral de breuk in het jaarmaximum van Tx



Figuur 8. Boxplot van de dagelijkse temperatuurverschillen (pagode – Stevenson) voor Tn, Tx en Tmean (berekend met behulp van de 2-jarige periode september 2016 – augustus 2018). Zie verder het bijschrift van Figuur 6.



Figuur 9. Verschillen in de dagelijkse gang van temperatuur (pagode – Stevenson) in de periode september 2016 – augustus 2018 voor de vier seizoenen.

(T_{xx}) is bekend. Visser (2007) berekende zelfs een sprong van 3.7 °C in T_{xx}. Bij de homogenisatie in 2016 is voor deze inhomogeniteit op een statistische manier gecorrigeerd, waarbij Eelde als parallelstation gebruikt is (Brandsma, 2016). De grootste correcties bedroegen 1.9 °C. Dit betreft de 95 percentiel waarde voor de maand augustus. Daarboven is de correctie constant gehouden op 1.9 °C. De T_{xx} is dus met maximaal 1.9 °C gecorrigeerd, dus een stuk lager dan de door Visser gevonden breuk. Naast de breuk in T_x laat de vergelijking met Eelde in Brandsma (2016) ook een breuk in T_n zien waarbij T_n in de zomer in de oude situatie gemiddeld circa 0.8 °C hoger was dan in de nieuwe situatie. Afhankelijk van naar welke metingen we kijken, kunnen we ongeveer de helft van de correctie in T_x verklaren uit de temperatuurverschillen tussen de pagode en de Stevenson. De andere helft moet dus uit de verplaatsing naar het open terrein C komen.

Zoals bekend zijn er bij die verplaatsing geen parallelmetingen verricht. We hebben daarom in de periode 2003-2005, op het KNMI-terrein in De Bilt, vijf verschillende locaties met elkaar vergeleken (Brandsma, 2011). Hoewel de situatie van rond 1950 niet direct vergelijkbaar is met de situatie in de periode 2003-2005 geven de resultaten wel een indruk van de orde-grootte van de verschillen. De maandgemiddelde T_x verschillen tussen de meest beschutte locatie (de oude locatie B; locatie A is in dit experiment niet meegenomen omdat deze zich bevond waar nu de hoofdingang van het huidige KNMI gebouw is) en de referentie (locatie D; vergelijkbaar met locatie C) liepen op tot 0.5 °C. Samen met het maximale maandgemiddelde verschil pagode – Stevenson komt dit qua orde grootte overeen met de correcties in Brandsma (2016). Als we ervan uitgaan dat de maximale correctie ongeveer twee keer de gemiddelde correctie bedraagt, dan is de correctie van 3.7 °C (Visser, 2007) voor T_{xx} mogelijk niet realistisch. Visser gebruikte een lineair model voor en na de breuk. De vraag is of dat de beste keuze was. Daarbij moeten we er rekening mee houden dat de onzekerheid voor de correcties behorende bij de hoge percentielwaarden een stuk groter is dan die voor

de mediaan of het gemiddelde.

De correctie voor T_n is niet te verklaren uit de parallelmetingen pagode/ Stevenson. T_n is echter zeer gevoelig voor beschutting. Dit effect is echter complex omdat een toename van beschutting in de regel zorgt voor (a) een afname van de windsnelheid, (b) een afname van de nachtelijke uitstraling. Effect (a) zorgt voor een afname van T_n door de versterkte opbouw van de stabiele grenslaag, en effect (b) voor een toename van T_n door een beperking van de uitstraling. Naarmate begroeiing/bebouwning rondom het meetpunt hoger wordt gaat effect (b) overheersen.

De parallelmetingen in de periode 2003-2005 laten zien dat effect (b) overheerst op de locaties A/B. De maandgemiddelde T_n verschillen tussen de meest beschutte locatie (de oude locatie B) en de referentie (locatie D; vergelijkbaar met locatie C) kunnen zelfs oplopen tot 1.2 °C. De orde grootte van deze verschillen is gelijk

aan die van de correctie in Brandsma (2016).

In een vervolgstudie zal verder ingegaan worden op de weersafhankelijkheid van de temperatuurverschillen tussen pagode en Stevenson. Daarnaast willen we een analyse doen van het effect van de verlaging van de meethoogte (van 2.2 m naar 1.5 m) rond 1960. In de huidige versie van de homogenisatie van de vijf hoofdstations zijn de temperatuurcorrecties alleen afhankelijk van de temperatuur zelf. Op individuele dagen kan de werkelijke correctie daarom afwijken van de toegepaste correctie. De vervolgstudie kan mogelijk bijdragen aan het verder verbeteren van de correctie op die individuele dagen.

Concluderend kunnen we stellen dat de correctie in de maximumtemperatuur in De Bilt rond 1950 voor een belangrijk deel het gevolg is van de overgang pagode-Stevenson. De correctie in T_n is vooral het gevolg van de verplaatsing van locatie A/B naar C/D. Tezamen met de vergelijkende metingen in de periode 2003-2005 laten de hier besproken parallelmetingen zien dat de correcties in de gehomogeniseerde temperatuurreeksen van De Bilt realistisch zijn. Dat is in overeenstemming de constatering in Brandsma (2016), dat na homogenisatie alle vijf hoofdstations vergelijkbare langjarige trends laten zien in T_n en T_x.

Literatuur

- Brandsma, T., Parallel air temperature measurements at the KNMI observatory in De Bilt (the Netherlands) May 2003 - June 2005. KNMI publication: WR-2011-01, pp56, 2011.
- Brandsma, T., Homogenization of daily temperature data of the five principal stations in the Netherlands (version 1.0). KNMI Technical Report: TR-356, pp43, 2016.
- Brandsma, T. en J.P. van der Meulen. Thermometer Screen Intercomparison in De Bilt (the Netherlands), Part II: Description and modeling of mean temperature differences and extremes. *Int. J. Climatology*, 28, 389-400, 2008. doi:10.1002/joc.1524.
- Kramer, C., J.J. Post en J.P.M. Woudenberg. Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van temperatuur- en vochtigheidsbepalingen in buitenlucht met behulp van kwikthermometers. *Mededelingen en Verhandelingen* 60, KNMI, 1954.
- Visser, H. Kans op extreem warme dagen in Nederland: Een analyse van historische data, modelvoorspellingen en consequenties voor de volksgezondheid. MNP Rapport 550032010/2007, 2007.