

Stadswarmte tijdens een hittegolf vastgelegd met radiosondes in Amsterdam

GERT-JAN STEENEVELD, BERT HEUSINKVELD, OSCAR HARTOGENSIS (WUR)

Steden zijn vaak warmer dan hun omgeving. Dit kan nadelige gevolgen hebben voor de menselijke gezondheid, arbeidsproductiviteit, het energieverbruik, kritieke infrastructuur en de kwaliteit van het drinkwater. Tijdens de hittegolf van juli 2019 werden zeven beweegbare bruggen op de Amstelroute voor vijf dagen gesloten. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden werd genoodzaakt 45 km aan veendijken in westelijk Utrecht te besproeien om uitdroging en scheuren te voorkomen. Ook werd de jaarlijkse open dag van Ajax wegens de hitte afgelast. Zorgcentra Amsta en Cordaan stelden het hitteplan in werking waardoor moest worden afgezien van wandelingen, en er werd extra op de vochtinname van cliënten en medewerkers gelet.

Tijdens hitterecords zoals die van juli 2019 is het interessant om de temperatuur in de stad te kwantificeren. Dit doen we door het temperatuurveld in Amsterdam in 4D te meten. Horizontaal door middel van 24 weerstations die sinds 2014 continu meten met een tijdsresolutie van 5 minuten, en verticaal met radiosondes die gedurende een etmaal twee-uurlijks vanaf de Dam en het nabijgelegen platteland zijn opgelaten. Hiermee kunnen we bepalen tot welke hoogte het stedelijk warmte-eiland zich uitstrekt (het zogenaamde cross-overpunt). Dit artikel bespreekt waarnemingen in Amsterdam van a) de temperaturen op de dag van het landelijk hitterecord op 25 juli 2019 en b) de radiosonde-campagne op 23 en 24 juli 2019.

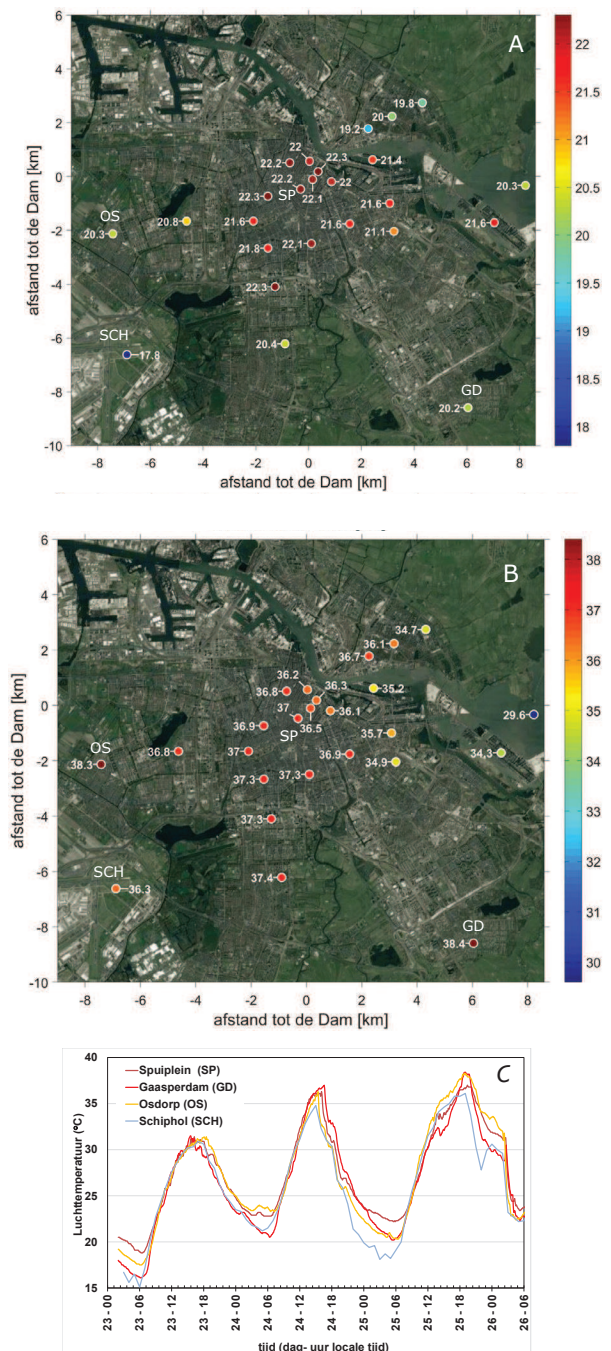
Methodiek

Wageningen Universiteit en het Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions onderhouden sinds 2014 een meetnet van 24 weerstations in Amsterdam. De weerstations hangen op 4 m hoogte aan lantaarnpalen in qua bouw en leeftijd contrasterende wijken in de stad. Deze stations meten de luchttemperatuur en -vochtigheid met een VP-3 sensor van Decagon geplaatst in een stralingsscherm. Bovenop het stralingsscherm is een aspiratieventilator geïnstalleerd die wordt aangedreven door twee zonnepanelen. Alle stations zijn tevens uitgerust met een Decagon DS-2 sonische anemometer (Ronda et al., 2018).

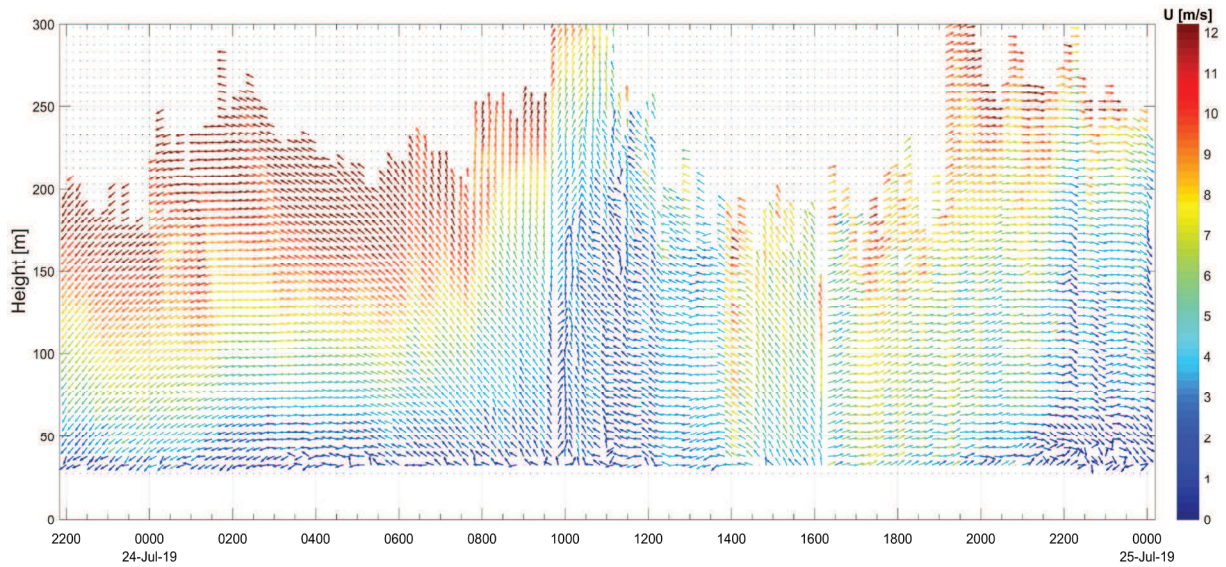
De radiosonde waarnemingen zijn uitgevoerd tussen 23 juli 2019 22:00 uur en 24 juli 2019 24:00 uur (lokale tijd). Op deze manier kan de gehele dagelijkse gang worden bepaald, en kan tweemaal het maximale stedelijk warmte-eiland effect worden vastgelegd (circa 2 uur na zonsondergang). Stedelijke waarnemingen zijn verricht op de Dam in Amsterdam, en op het platteland werd gemeten in de polders te Portengen, zo'n 22 km ten zuidoosten van de Dam. De metingen zijn uitgevoerd met een WindSond[®] radiosonde tot op een hoogte van circa 2.5 km. Dit instrument is uitgerust met een T en RH sensor en met GPS waarmee windsnelheid en -richting wordt bepaald. De profielwaarnemingen worden ondersteund door windobservaties met een Scintec SFASS SODAR opgesteld op het Marineterrein in Amsterdam.

Eerste resultaten

De minimumtemperatuur in Amsterdam in de nacht van 24 naar 25 juli varieert ruimtelijk sterk (Figuur 1a). Waar Schiphol 17.8 °C als minimum rapporteert, blijft het in vrijwel het gehele bebouwde gebied van Amsterdam boven de 20 °C (een tropische nacht). In het centrum lagen de minima rond 22 °C, in het oosten (Zeeburg, Amsterdam-Noord en de Watergraafs-



Figuur 1. Ruimtelijk patroon van a) waargenomen minimumtemperatuur in de nacht van 24-25 juli 2019, b) maximumtemperatuur op 25 juli 2019, c) tijdreeks van de waargenomen temperatuur op een aantal locaties in Amsterdam.



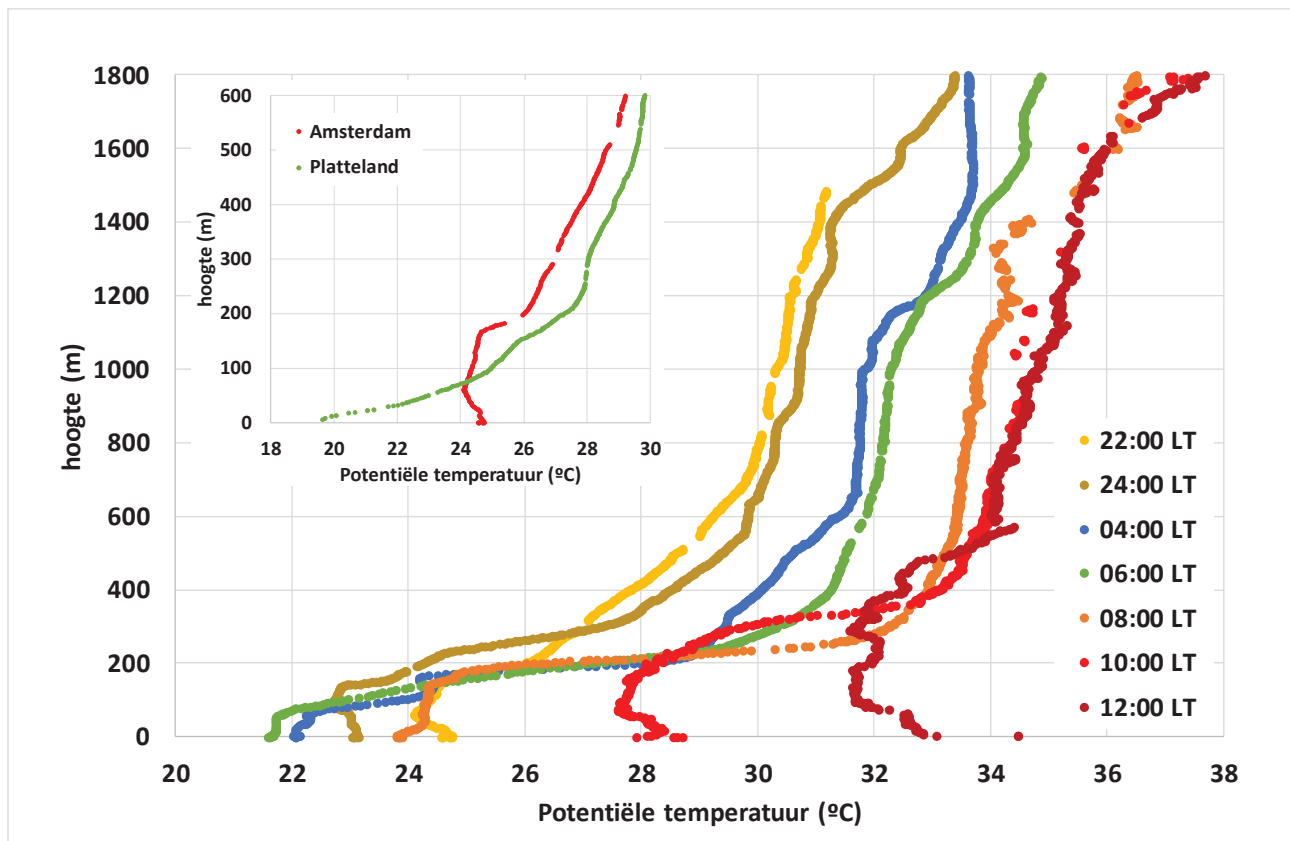
Figuur 2. Tijdreeks van waargenomen windprofielen (SODAR) boven Amsterdam (Marineterrein) tussen 23 juli 2019 22:00 u en 25 juli 2019 00:00 u lokale tijd.

meer) iets koeler.

De maximumtemperatuur op 25 juli 2019 op de luchthaven Schiphol bedroeg 36.3 °C, maar de stad is duidelijk warmer. Figuur 1b toont aan dat niet de binnenstad het warmst is, maar de buitenwijken. De hoogste temperatuur werd behaald in Gaasperdam (38.4 °C) gevolgd door Osdorp (38.3 °C) en Amstelveen (37.4 °C). Dit kan worden verklaard door de relatief hoge verhouding tussen gebouwhoogte en straatbreedte in het centrum, waardoor de straten relatief lang in de schaduw liggen. Het weerstation op het natuureiland midden in het IJ haalde de 30 °C-grens niet eens, omdat de verdamping het

daar won van de voelbare warmtestroom.

Verder is in Figuur 1c (en ook 2) heel duidelijk op 24 juli de doorkomst van een thermische vore te zien die grootschalige zeewind tot ver in het binnenland bracht. Het verschil in doorkomst op Schiphol, Osdorp, vervolgens de binnenstad (Spuiplein) en als laatste Gaasperdam is goed te onderscheiden. De SODAR profielen tonen aan dat de westenwind om 16:00 uur lokale tijd binnenkomt (Figuur 2). Deze tijdelijke aanvoer van lucht van zee zorgde voor een duidelijke temperatuurdaling op de avond van 24 juli. Hierdoor was de nacht van 24-25 juli in open gebieden niet tropisch warm (T_{\min} rond



Figuur 3. Tijdreeks van waargenomen potentiële temperatuur op de Dam in Amsterdam van 23 juli 22:00 uur tot en met 24 juli 12:00 uur. Inzet: potentiële temperatuurprofiel in de stad en op het platteland op 23 juli 22:00 uur.

18 °C – zie Schiphol). In de binnenstad (onder meer station Spuiplein) was de tijdelijke doormenging door de zeewind minder effectief. In de nacht van 24-25 juli werden daarom vrijwel dezelfde minimumtemperaturen in de stad gerealiseerd als de nacht ervoor.

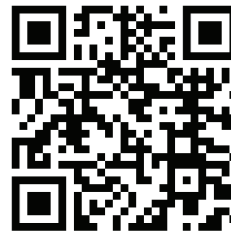
De radiosondewaarnemingen bestuderen we aan de hand van de potentiële temperatuur, omdat dit een behouden grootte is voor verticale verplaatsingen in de atmosfeer. Hierdoor kunnen we stabiliteit van de atmosfeer beter inschatten dan met de absolute temperatuur. Als we de radiosonde van 22:00 uur bekijken zien we dat de stad aan de grond een potentiële temperatuur heeft van 24.7 °C, en dat de laag tot 65 m superadiabatisch van karakter is (Figuur 3). Daarboven neemt de temperatuur toe, met een sterke inversie net onder het 200 m niveau. Gedurende de nacht koelt het oppervlak af tot 21.5 °C om 6.00 uur en de inversie wordt gedurende de nacht versterkt door advectie van warme lucht uit het zuiden. Gedurende de campagne neemt in de vrije atmosfeer de temperatuur met ruim 4 °C toe, waarvan het grootste deel in de nacht. Op de inversie ontstaat ook een sterk nachtelijk windmaximum (Figuur 2). In de vroege ochtend zien we dat ondanks de opwarming vanaf de grond de sterke inversie maar moeilijk opbreekt. Om 10.00 uur was dat nog zeker niet het geval. Het SODAR signaal toont pas een sterke doormenging rond 12.00 uur. De unieke combinatie van een hoge instraling en een sterke inversie heeft uiteraard nadelige gevolgen voor de luchtkwaliteit.

Het platteland ontwikkelt in de avond van 24 juli om 22:00 uur al snel een stralingsinversie (oppervlaktetemperatuur 19.6 °C) terwijl de potentiële temperatuur in de stad dan

nog 24.7 °C bedraagt – een stedelijk warmte-eiland van 5 °C (Figuur 3, inzet)! Ook zien we dat de temperaturen van stad en platteland elkaar op circa 76 m hoogte kruisen: het cross-over punt!

Meer informatie

Scan onderstaande QR-code voor een video.



Dankwoord

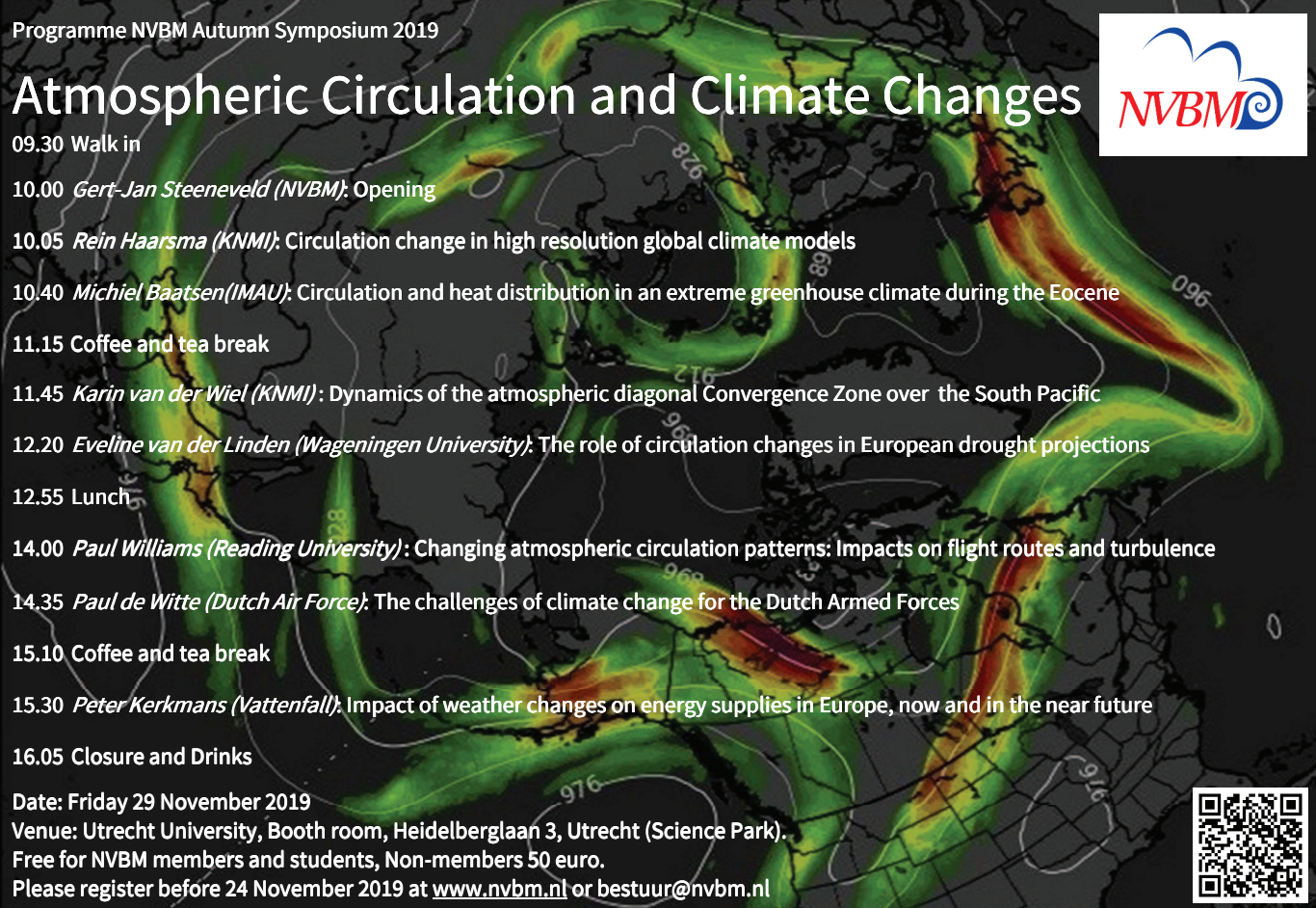

De auteurs danken Sophie van der Horst, Fidessa Wijnholds, Brian Verhoeven, Aristofanis Tsiringakis, Marieke Reijneker en het AMS Institute team voor hun inzet tijdens de meetcampagne. Dit onderzoek is onderdeel van het Amsterdam Atmospheric Monitoring Supersite en is mede mogelijk gemaakt door het Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (<https://www.ams-institute.org/>) en NWO project 864.14.007.

Referenties

Ronda, R.J., G.J. Steeneveld, B.G. Heusinkveld, J. Attema, B. Holtslag, 2018: Numerieke weersverwachtingen op buurtniveau voor Amsterdam. *Meteorologica*, 27 (2), 4-8.

Programme NVBM Autumn Symposium 2019

Atmospheric Circulation and Climate Changes



09.30 Walk in

10.00 *Gert-Jan Steeneveld (NVBM)*: Opening

10.05 *Rein Haarsma (KNMI)*: Circulation change in high resolution global climate models

10.40 *Michiel Baatsen (IMAU)*: Circulation and heat distribution in an extreme greenhouse climate during the Eocene

11.15 Coffee and tea break

11.45 *Karin van der Wiel (KNMI)*: Dynamics of the atmospheric diagonal Convergence Zone over the South Pacific

12.20 *Eveline van der Linden (Wageningen University)*: The role of circulation changes in European drought projections

12.55 Lunch

14.00 *Paul Williams (Reading University)*: Changing atmospheric circulation patterns: Impacts on flight routes and turbulence

14.35 *Paul de Witte (Dutch Air Force)*: The challenges of climate change for the Dutch Armed Forces

15.10 Coffee and tea break

15.30 *Peter Kerkmans (Vattenfall)*: Impact of weather changes on energy supplies in Europe, now and in the near future

16.05 Closure and Drinks

Date: Friday 29 November 2019
Venue: Utrecht University, Booth room, Heidelberglaan 3, Utrecht (Science Park).
Free for NVBM members and students, Non-members 50 euro.
Please register before 24 November 2019 at www.nvbm.nl or bestuur@nvbm.nl

