



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Hoe smartphone- gebruikers mobiele weerstations werden

Hidde Leijnse



Hoe smartphonegebruikers mobiele weerstations werden

Aart Overeem^{1,2}, James Robinson⁴, Hidde Leijnse¹, Gert-Jan Steeneveld², Berthold Horn³ en Remko Uijlenhoet²



(1)



(2)



(3)



OpenSignal

(4)

Overeem, A., R Robinson, J. C., Leijnse, H., Steeneveld, G. J., P Horn, B. K., & Uijlenhoet, R. (2013). Crowdsourcing urban air temperatures from smartphone battery temperatures. *Geophysical Research Letters*, 40(15), 4081-4085, <http://dx.doi.org/10.1002/grl.50786>.



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

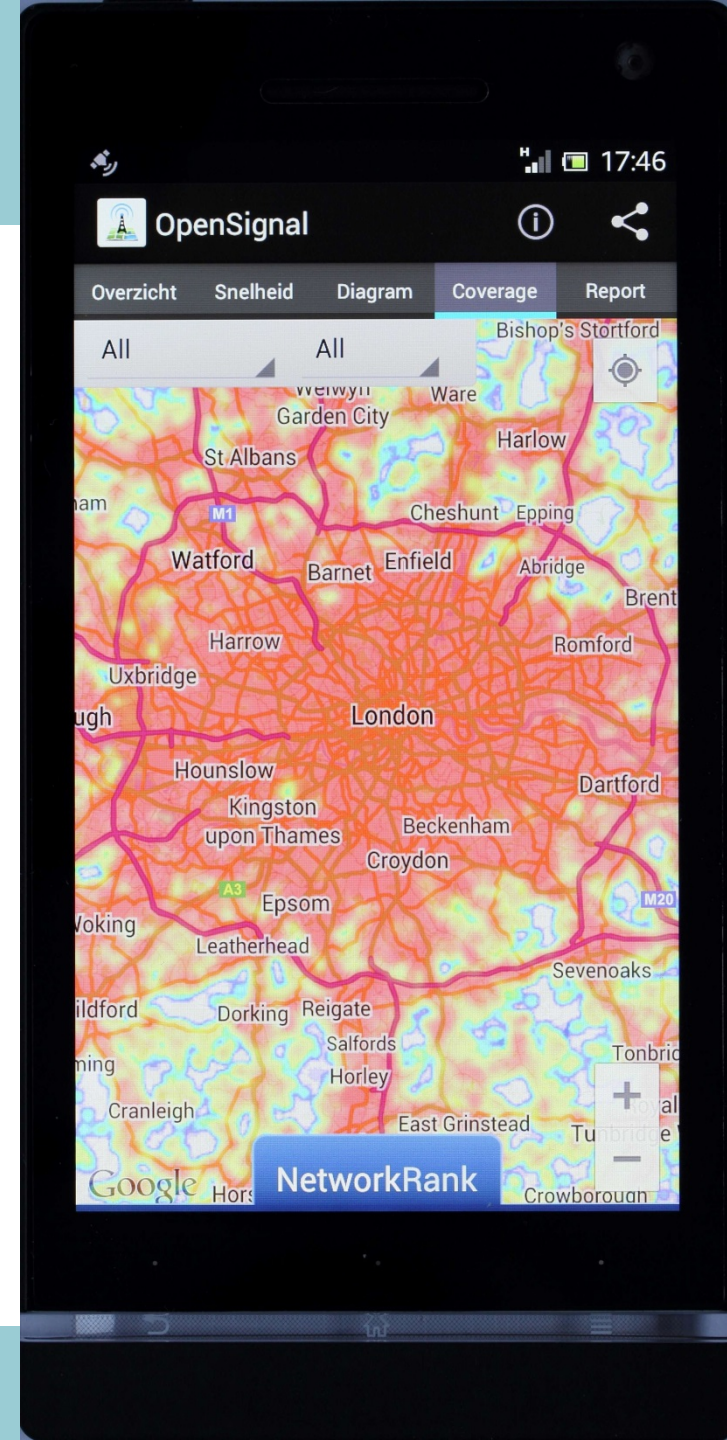
- Inleiding
- Data
- Methode
- Resultaten
- Discussie en conclusies



Inleiding

OpenSignal:

- Applicatie voor smartphones
- Brengt sterkte van netwerken in kaart
- Gratis
- Slaat ook accutemperaturen op
- Sensor accutemperatuur: schade voorkomen
- Informatie over accutemperaturen is belangrijk voor fabrikanten (hoe lang gaan accu's mee?)



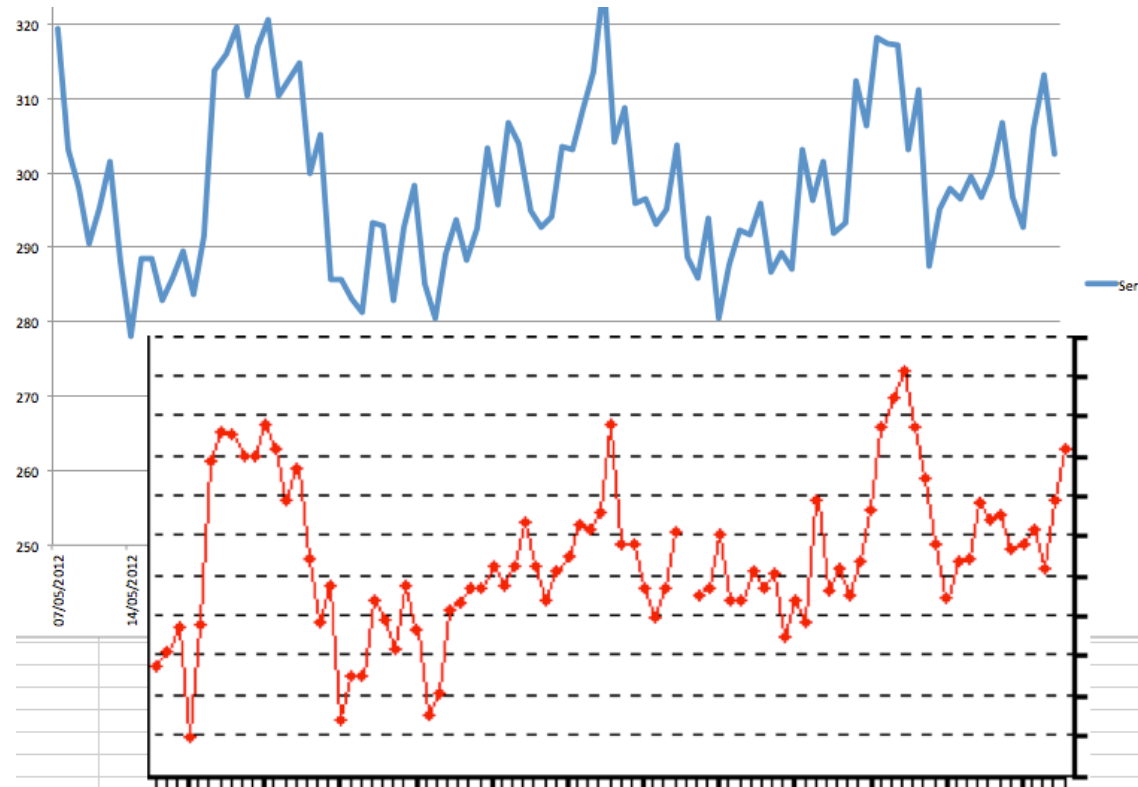


Inleiding

Eerste signaal voor Londen

12 augustus 2012,
OpenSignal meldt:

- Er lijkt een verband te zijn tussen daggemiddelde accutemperatuur en luchttemperatuur
- Accutemperaturen worden mogelijk beïnvloed door de luchttemperatuur



Daggemiddelde accutemperaturen (boven)
en luchttemperatuur op weerstation (onder)



Data

De applicatie slaat de accutemperatuur alleen op als:

- de telefoon wordt aangezet
- de telefoon wordt uitgezet
- de telefoon aan de oplader wordt gekoppeld
- de telefoon van de oplader wordt afgekoppeld



Data

De applicatie slaat de accutemperatuur alleen op als:

- de telefoon wordt aangezet (alleen als de batterij niet oplaadt)
- de telefoon wordt uitgezet
- de telefoon aan de oplader wordt gekoppeld
- de telefoon van de oplader wordt afgekoppeld



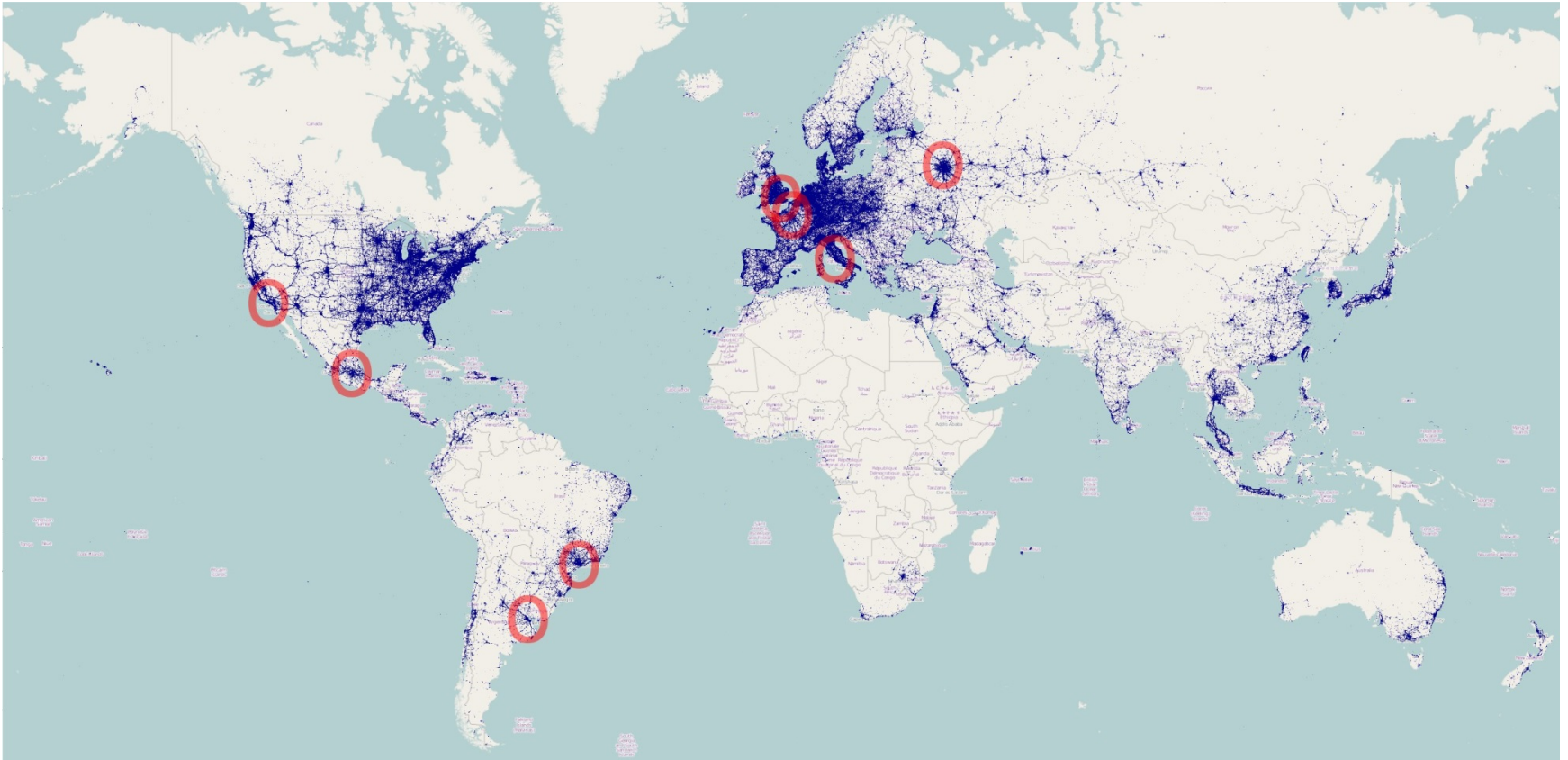
Data

De applicatie slaat de accutemperatuur alleen op als:

- de telefoon wordt aangezet (alleen als de batterij niet oplaadt)
 - de telefoon wordt uitgezet
 - de telefoon aan de oplader wordt gekoppeld
 - de telefoon van de oplader wordt afgekoppeld
-
- Tenminste 400 metingen voor 80% van de dagen, gemiddeld 844 per stad
 - 1,3 miljoen metingen voor 8 steden
 - Twee perioden in 2012: 7 mei - 31 aug en 1 sep - 22 nov
 - Referentie: 1 WMO-station op luchthaven (5 - 27 km van stadscentrum)



Data

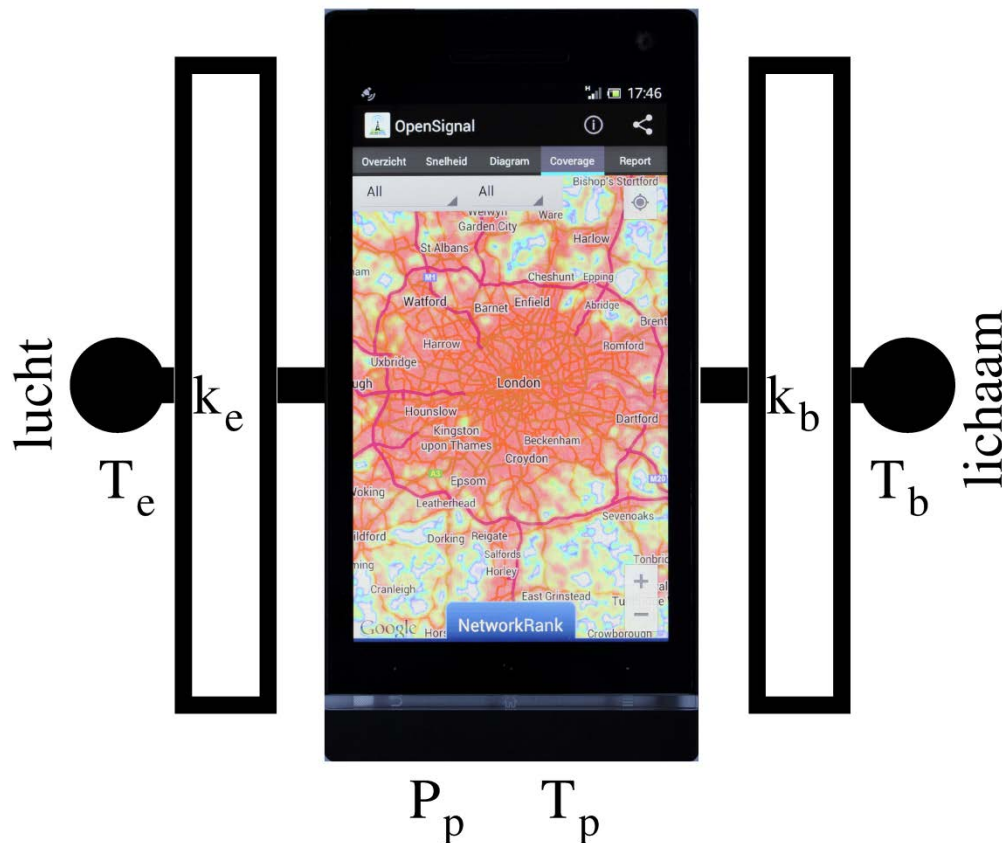


Alle accutemperatuurmetingen over een heel jaar, gebruikt: Los Angeles, Mexico Stad, Buenos Aires, Sao Paulo, Rome, Moskou, Parijs, Londen



Methode (warmtetransportmodel)

Smartphone



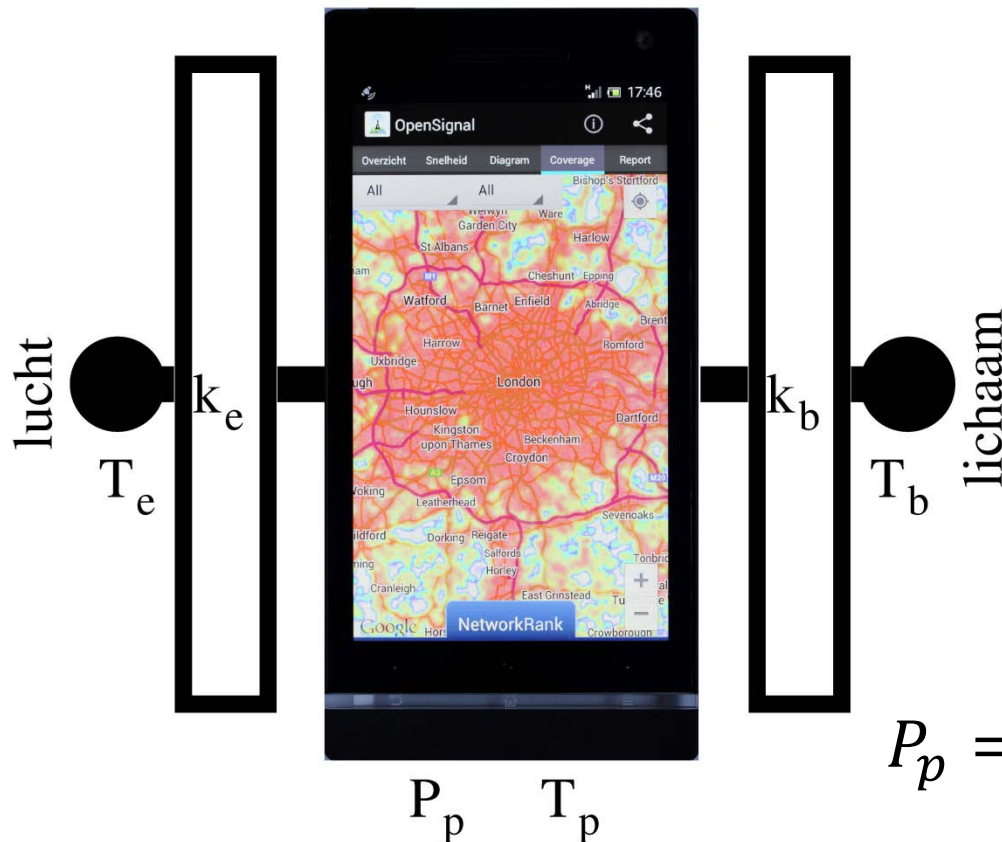
Principles:

- Warmte gegenereerd door smartphone in balans met warmtestroom naar lichaam en omgeving



Methode (warmtetransportmodel)

Smartphone



Principles:

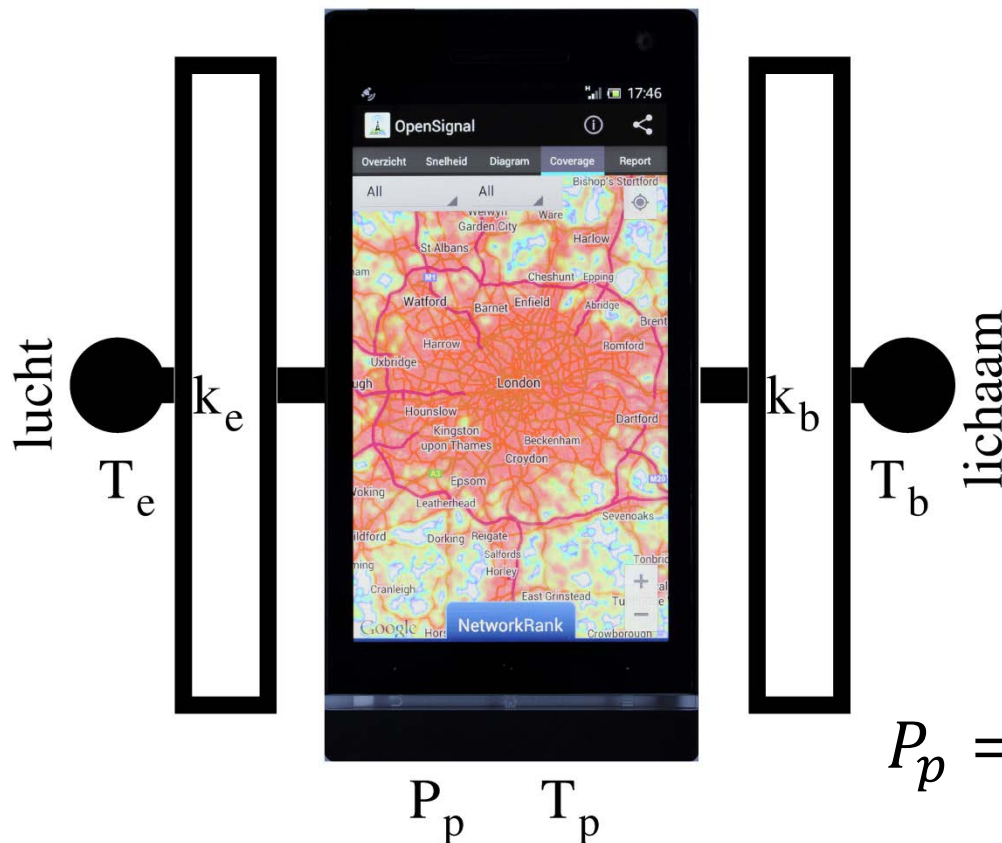
- Warmte gegenereerd door smartphone in balans met warmtestroom naar lichaam en omgeving

$$P_p = P_e + P_b$$



Methode (warmtetransportmodel)

Smartphone



Principles:

- Warmte gegenereerd door smartphone in balans met warmtestroom naar lichaam en omgeving
- Geleiding tussen twee systemen recht evenredig met temperatuurverschil tussen deze systemen
- Convection, straling en externe warmtebronnen verwaarloosd

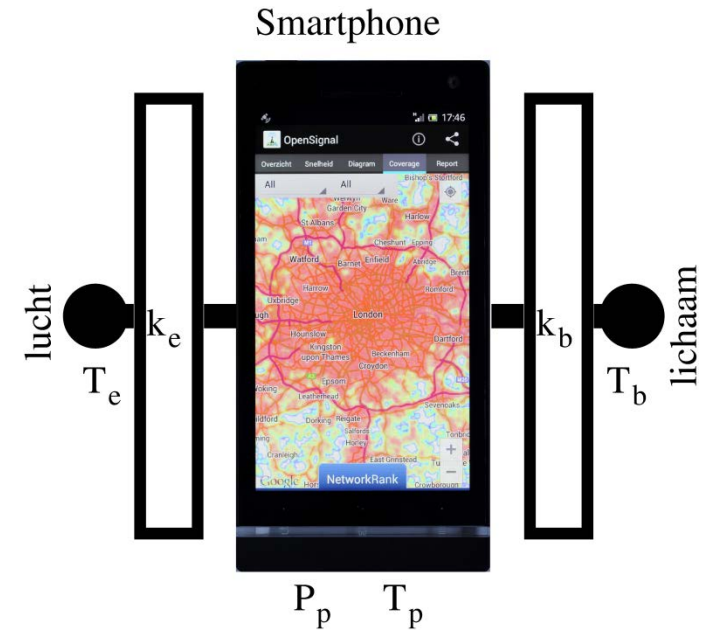
$$P_p = P_e + P_b$$
$$P_e = k_e(T_p - T_e)$$
$$P_b = k_b(T_p - T_b)$$



Methode (warmtetransportmodel)

$$P_p = k_b(T_p - T_b) + k_e(T_p - T_e)$$

$$T_e = \left(1 + \frac{k_b}{k_e}\right) T_p - \left(\frac{k_b}{k_e} T_b + \frac{P_p}{k_e}\right)$$





Methode (warmtetransportmodel)

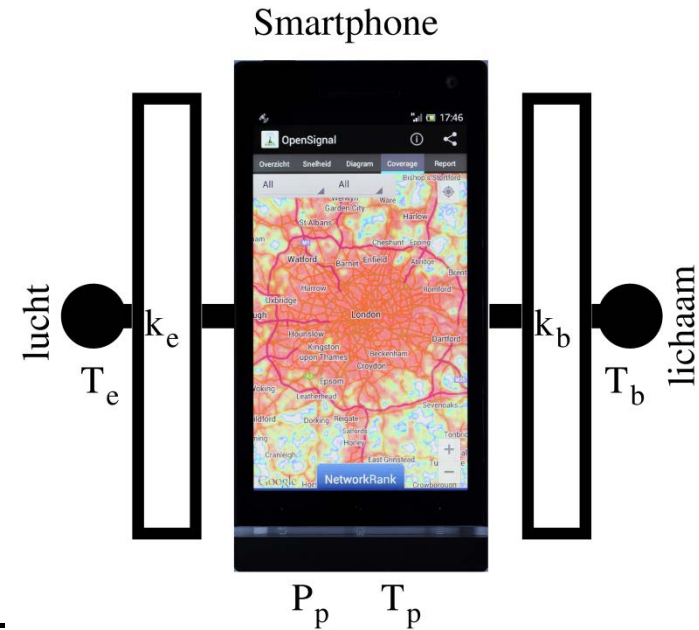
$$P_p = k_b(T_p - T_b) + k_e(T_p - T_e)$$

$$T_e = \left(1 + \frac{k_b}{k_e}\right) T_p - \left(\frac{k_b}{k_e} T_b + \frac{P_p}{k_e}\right)$$

Er is dus een lineair verband tussen luchttemperatuur en batterijtemperatuur:

$$T_e = mT_p + c$$

$$m = 1 + \frac{k_b}{k_e} \quad c = -\frac{k_b}{k_e} T_b - \frac{P_p}{k_e}$$

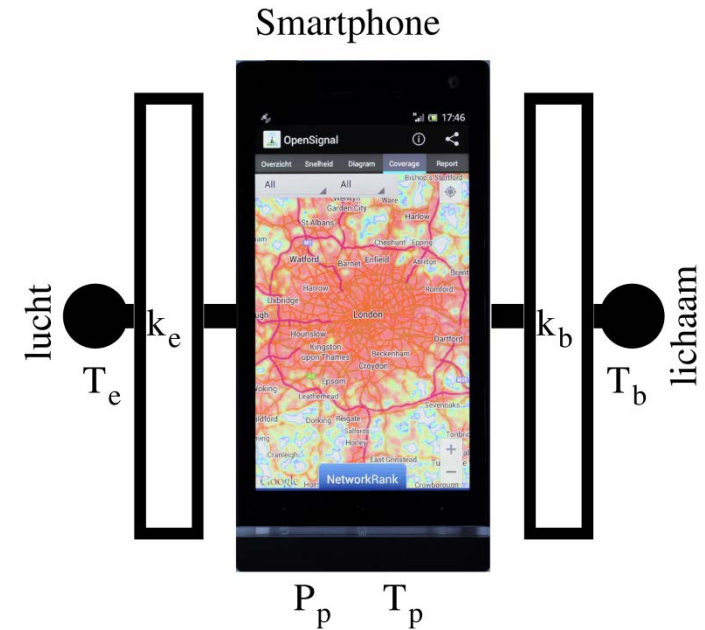




Methode (warmtetransportmodel)

- Parameters k_b , k_e en P_p zijn niet bekend
- Deze parameters variëren per meting
- Het idee is dat de *gemiddelden* redelijk constant zijn per stad:

$$\langle T_e \rangle = \langle m T_p \rangle + \langle c \rangle$$





Methode (warmtetransportmodel)

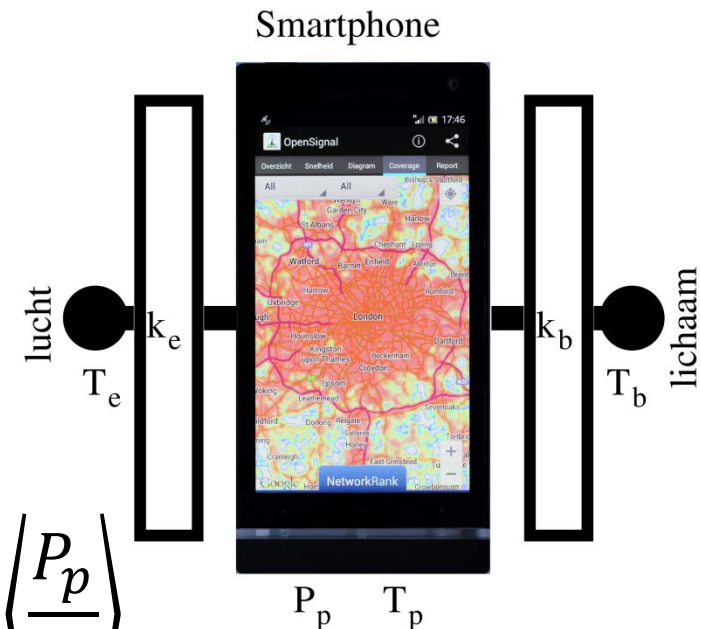
- Parameters k_b , k_e en P_p zijn niet bekend
- Deze parameters variëren per meting
- Het idee is dat de *gemiddelden* redelijk constant zijn per stad:

$$\langle T_e \rangle = \langle m T_p \rangle + \langle c \rangle$$

Aanname: m en T_p zijn ongecorreleerd:

$$\langle T_e \rangle = \langle m \rangle \langle T_p \rangle + \langle c \rangle$$

$$\langle m \rangle = 1 + \left\langle \frac{k_b}{k_e} \right\rangle \quad \langle c \rangle = - \left\langle \frac{k_b}{k_e} \right\rangle T_b - \left\langle \frac{P_p}{k_e} \right\rangle$$





Methode (warmtetransportmodel)

Calibratie:

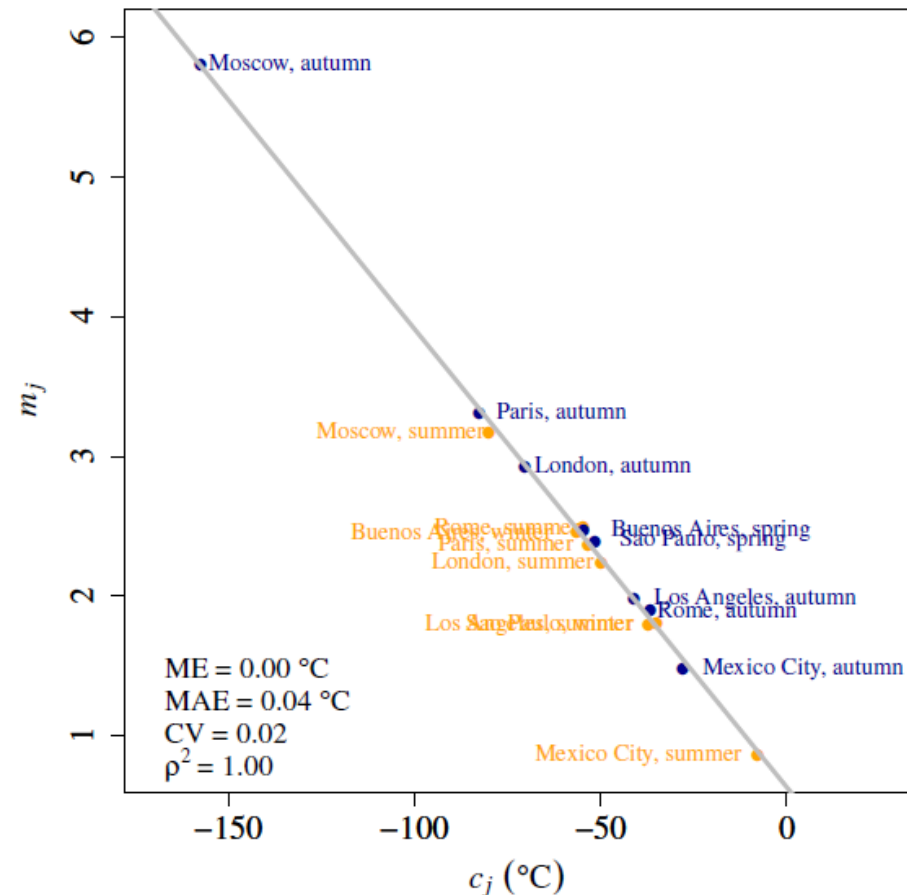
- Schatten van richtingscoëfficiënt (m) en asafsnede (C) van het lineaire verband
- Apart voor elke stad en seizoen



Methode (warmtetransportmodel)

Calibratie:

- Schatten van richtingscoëfficiënt (m) en asafsnede (C) van het lineaire verband
- Apart voor elke stad en seizoen
- Het blijkt dat er een zeer sterke correlatie tussen m en C bestaat
- Deze sterke correlatie laat zien dat er in feite maar één parameter nodig is!

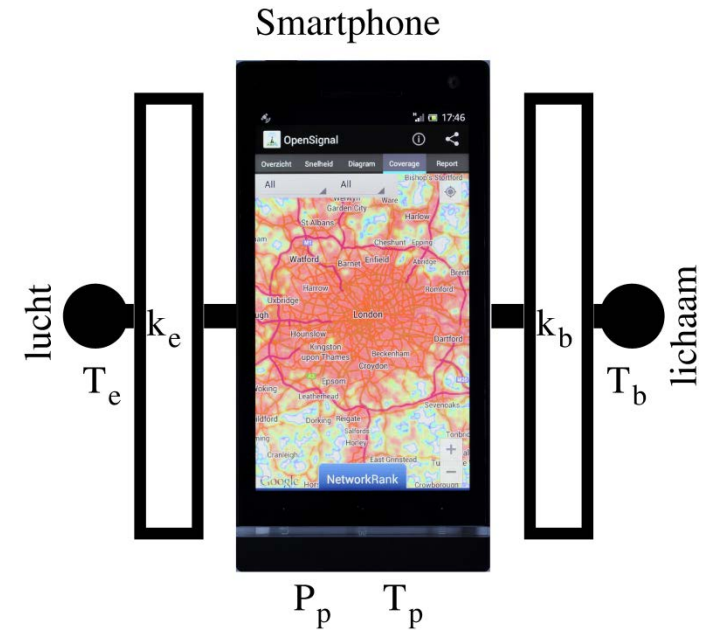




Methode (warmtetransportmodel)

Aanname: de warmte die de batterij genereert is verwaarloosbaar, dus $P_p \rightarrow 0$:

$$\langle m \rangle_j = 1 + \left\langle \frac{k_b}{k_e} \right\rangle_j \quad \langle c \rangle_j = - \left\langle \frac{k_b}{k_e} \right\rangle_j T_b$$





Methode (warmtetransportmodel)

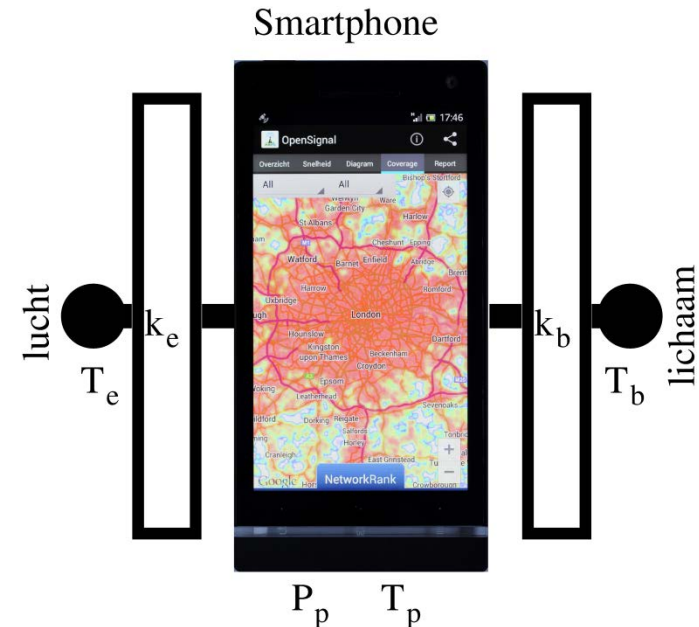
Aanname: de warmte die de batterij genereert is verwaarloosbaar, dus $P_p \rightarrow 0$:

$$\langle m \rangle_j = 1 + \left\langle \frac{k_b}{k_e} \right\rangle_j \quad \langle c \rangle_j = - \left\langle \frac{k_b}{k_e} \right\rangle_j T_b$$

Dit klopt met de observatie dat m en c perfect met elkaar zijn gecorreleerd!

Het resulterende verband is dus:

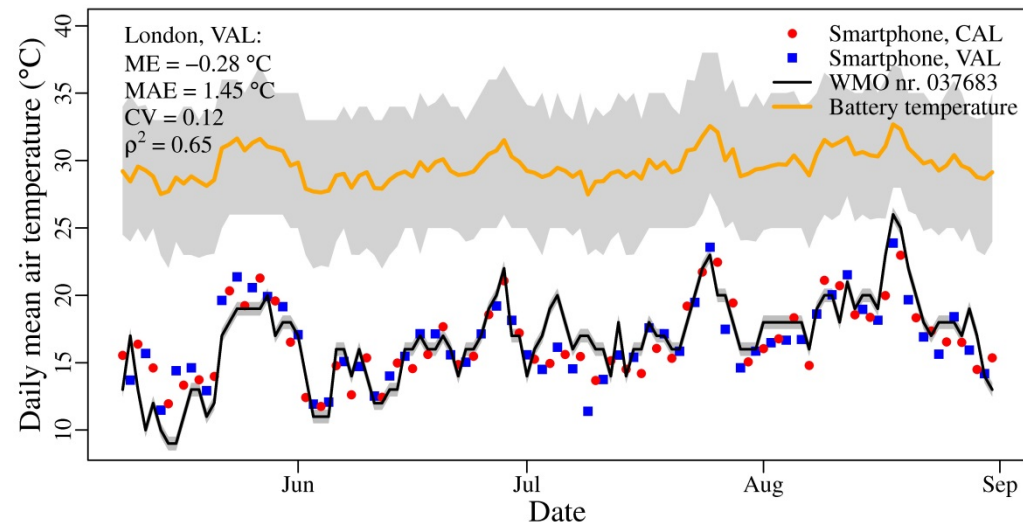
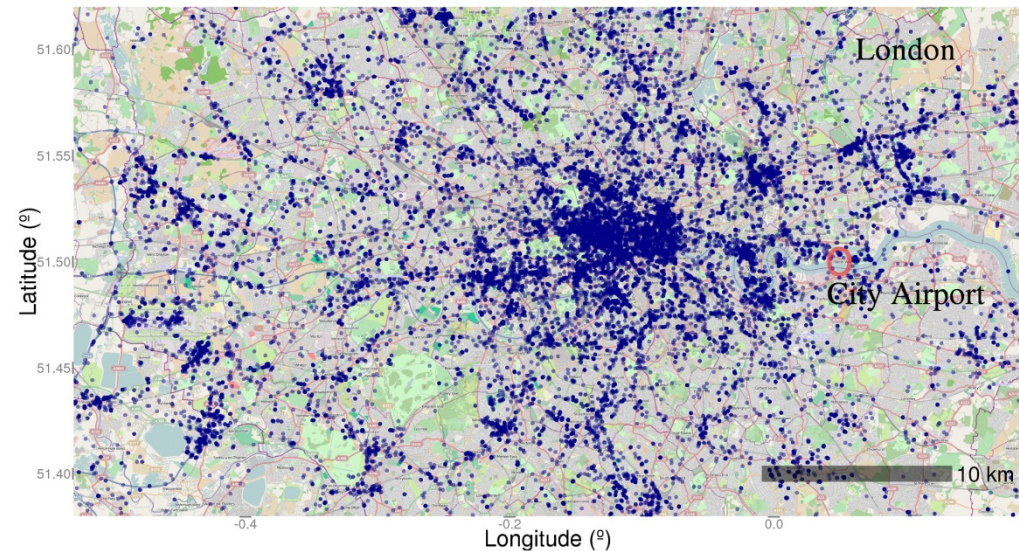
$$\langle T_e \rangle = \langle m \rangle_j (\langle T_p \rangle - T_b) + T_b$$





Resultaten

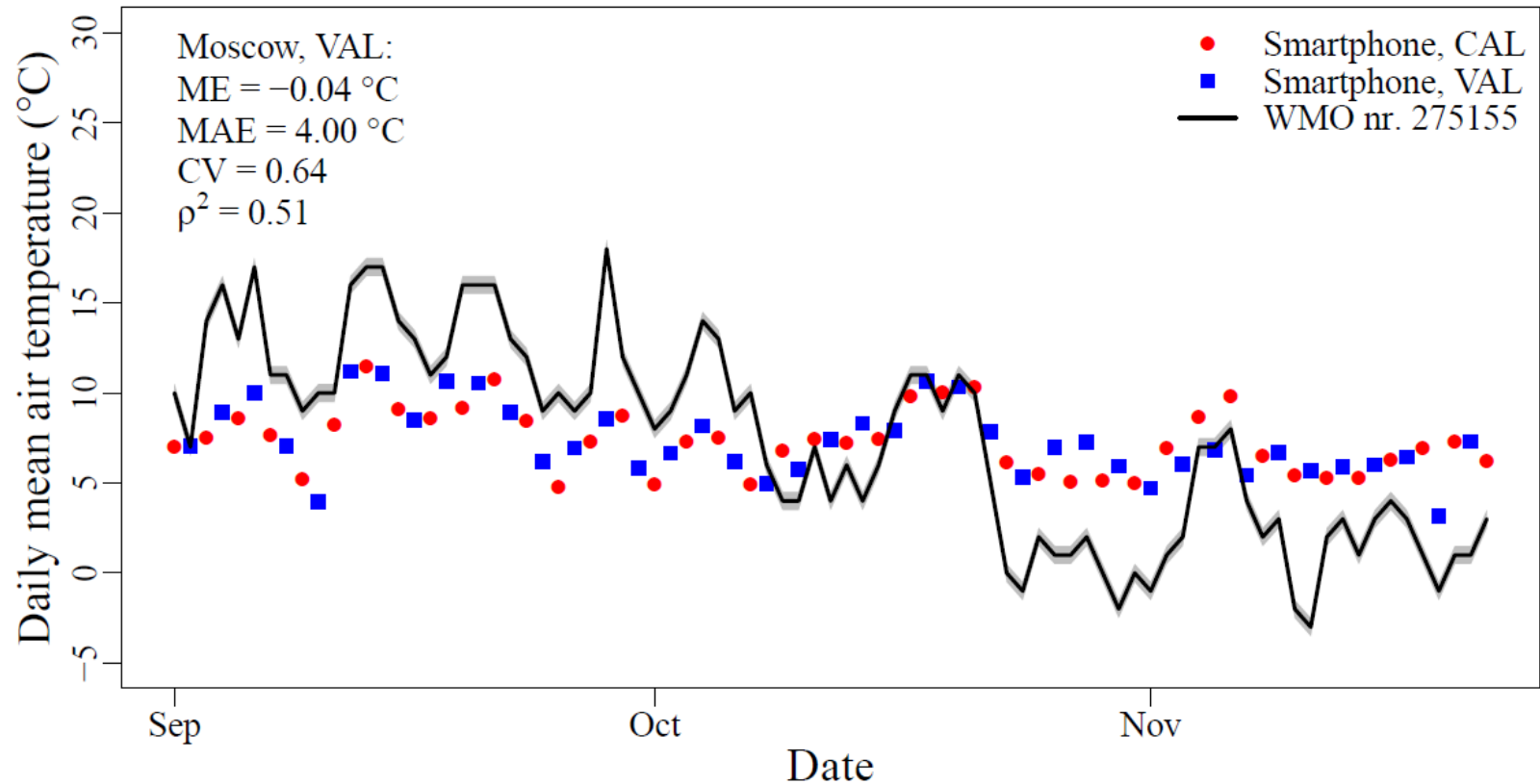
- Daggemiddelde temperatuur in Londen
- Vergelijking met thermometer op City Airport
- Calibratie om de dag
- Grote spreiding in accutemperaturen zichtbaar (grijze band: 10% - 90%)
- Onzekerheid in afgeleide luchttemperaturen is beperkt





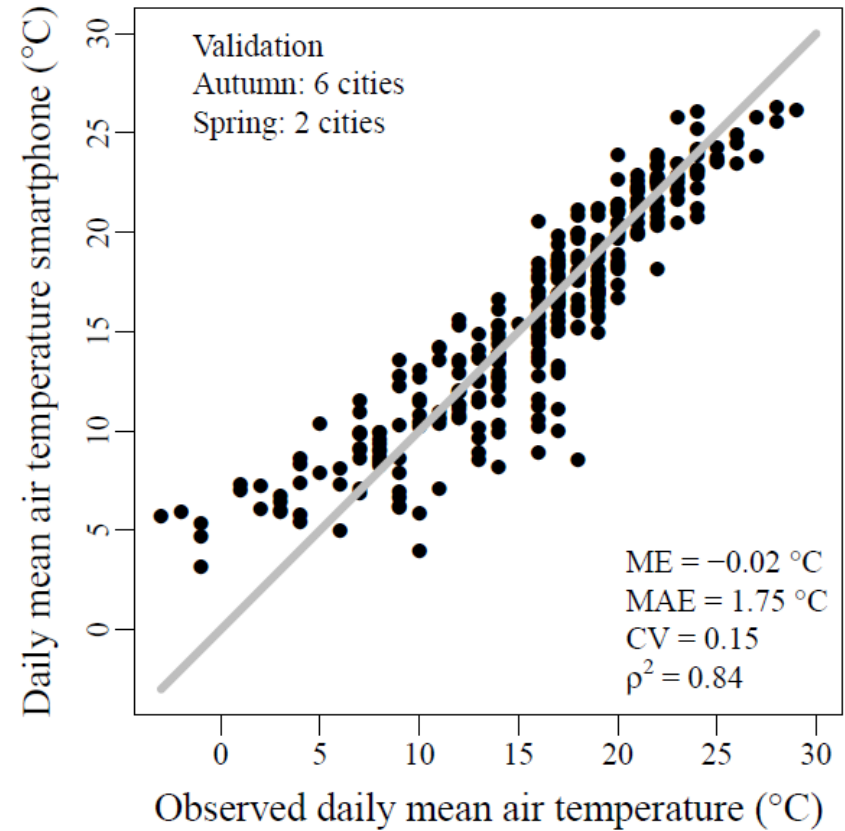
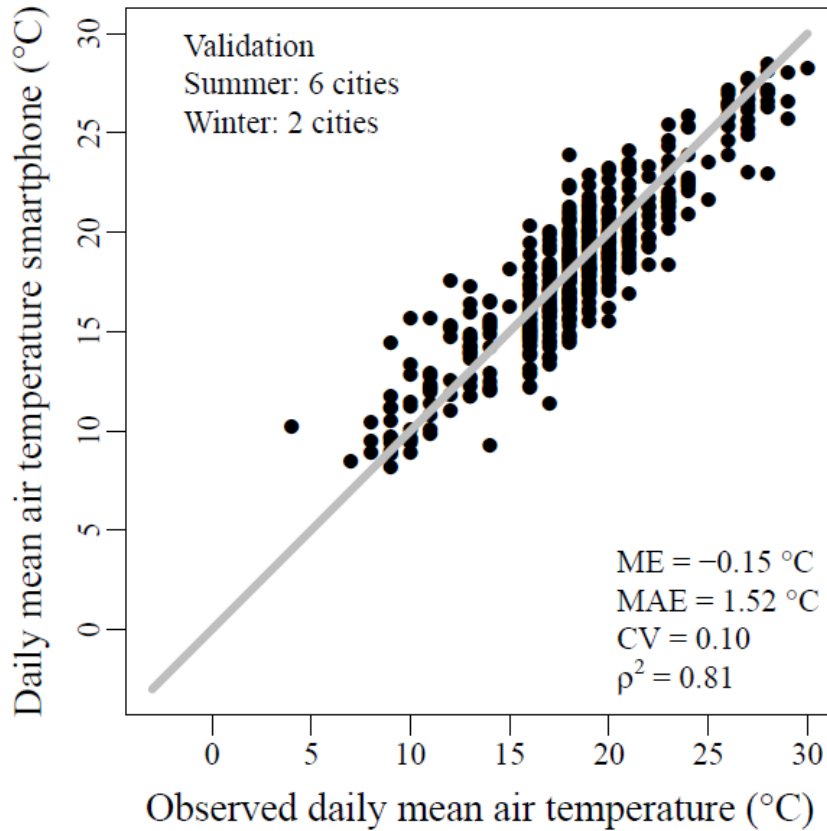
Resultaten

Daggemiddelde temperatuur in Moskou





Resultaten



Spreadingsdiagrammen: 8 steden en 2 seizoenen



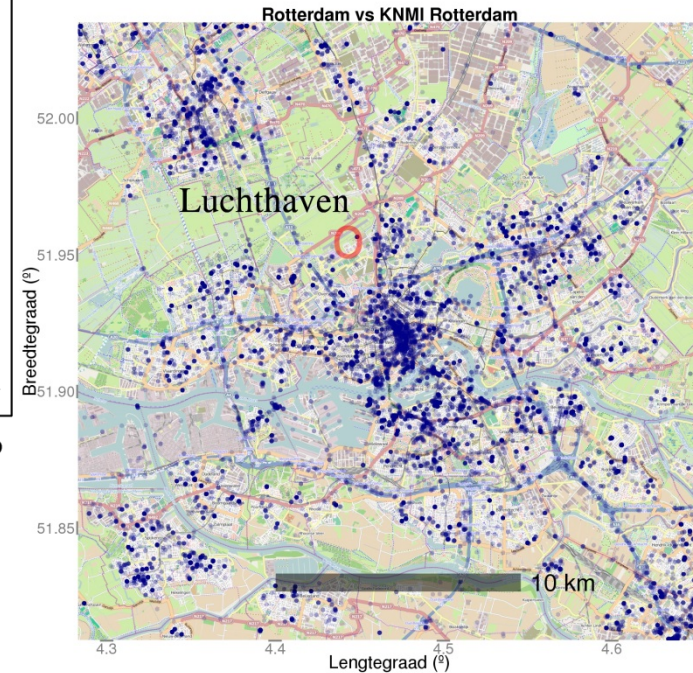
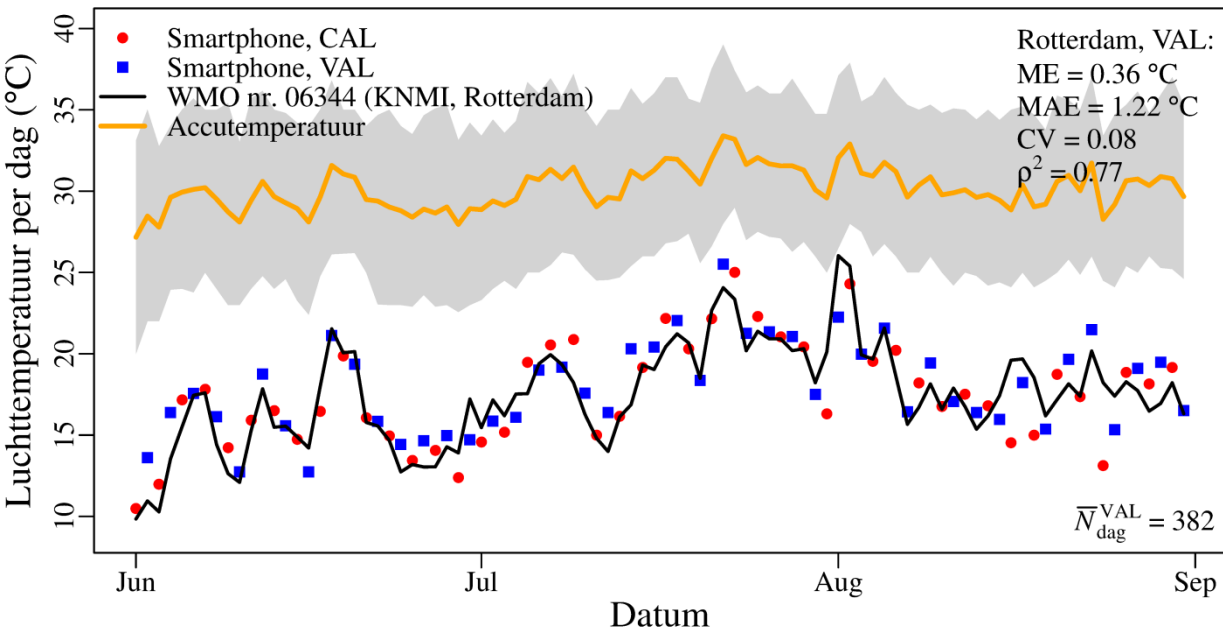
Discussie

- Methode werkt vaak d.m.v. middeling over veel accutemperatuurmetingen
- Deel van metingen binnenshuis
- Smartphones vaak niet in broekzak
- Constante waarde van m_j per stad en seizoen (realiteit: elke meting heeft eigen optimale waarde)
- De waarde van m_j hangt ook van de stad af: kleding en hoe de smartphone wordt gedragen zal vaak verschillen
- Representativiteit WMO-station en accutemperatuurmetingen
- Locatie smartphone: 40% binnen 300 meter nauwkeurig
- 's Nachts is aantal accutemperatuurmetingen laag (ook bij koud weer overdag?)
- Data OpenSignal: niet realtime



Eerste resultaten Nederland

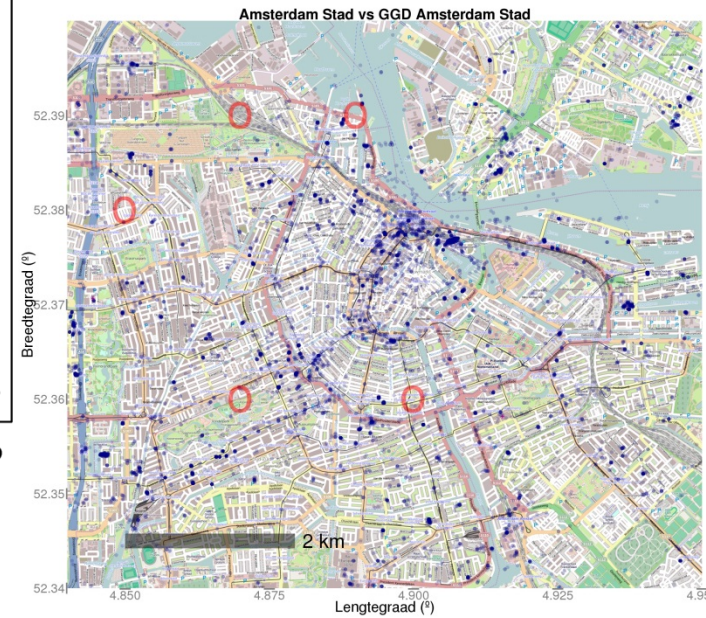
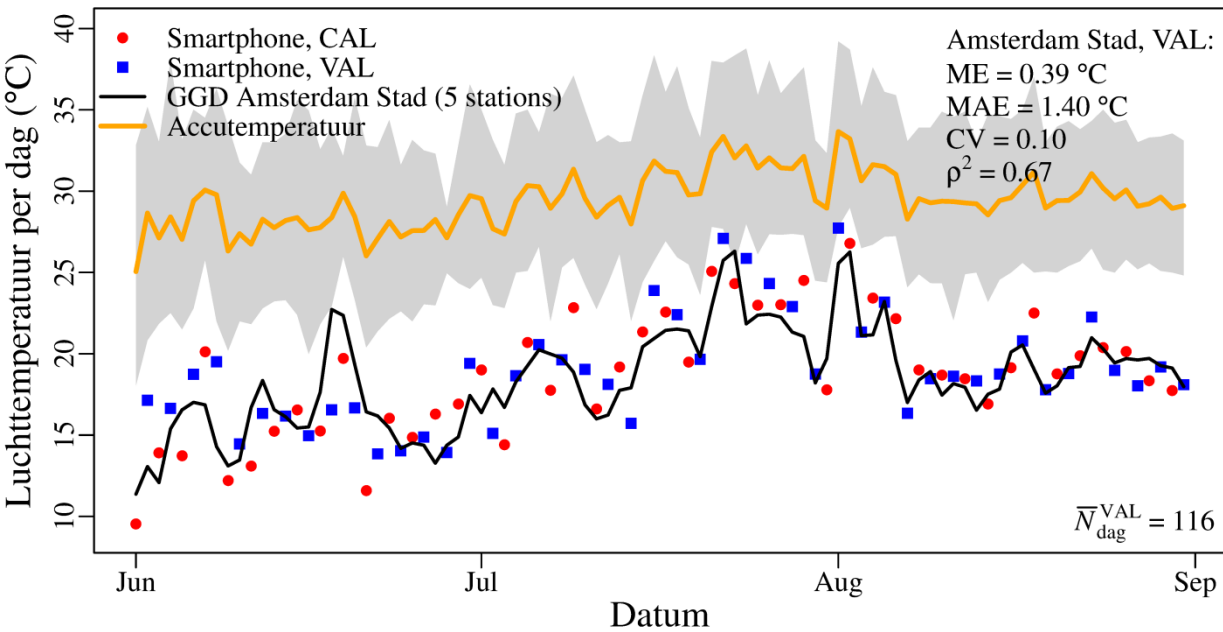
Rotterdam





Eerste resultaten Nederland

Amsterdam

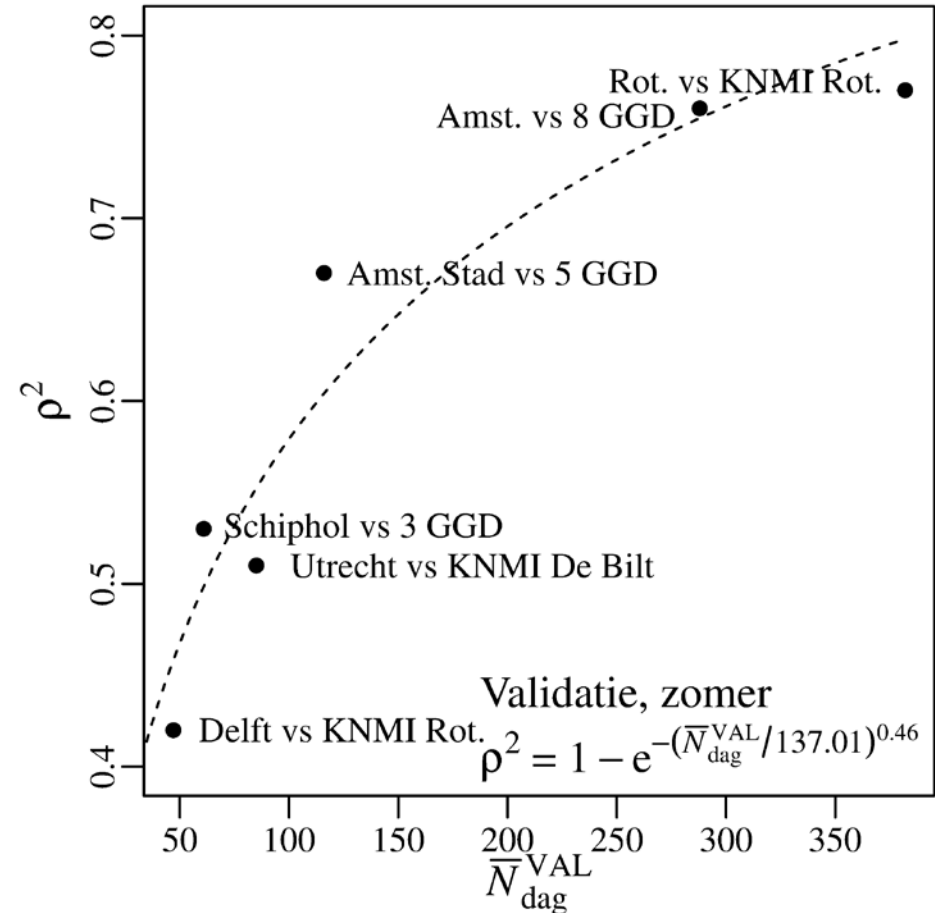




Eerste resultaten Nederland

*Afhankelijkheid van de fouten
van het aantal waarnemingen:*

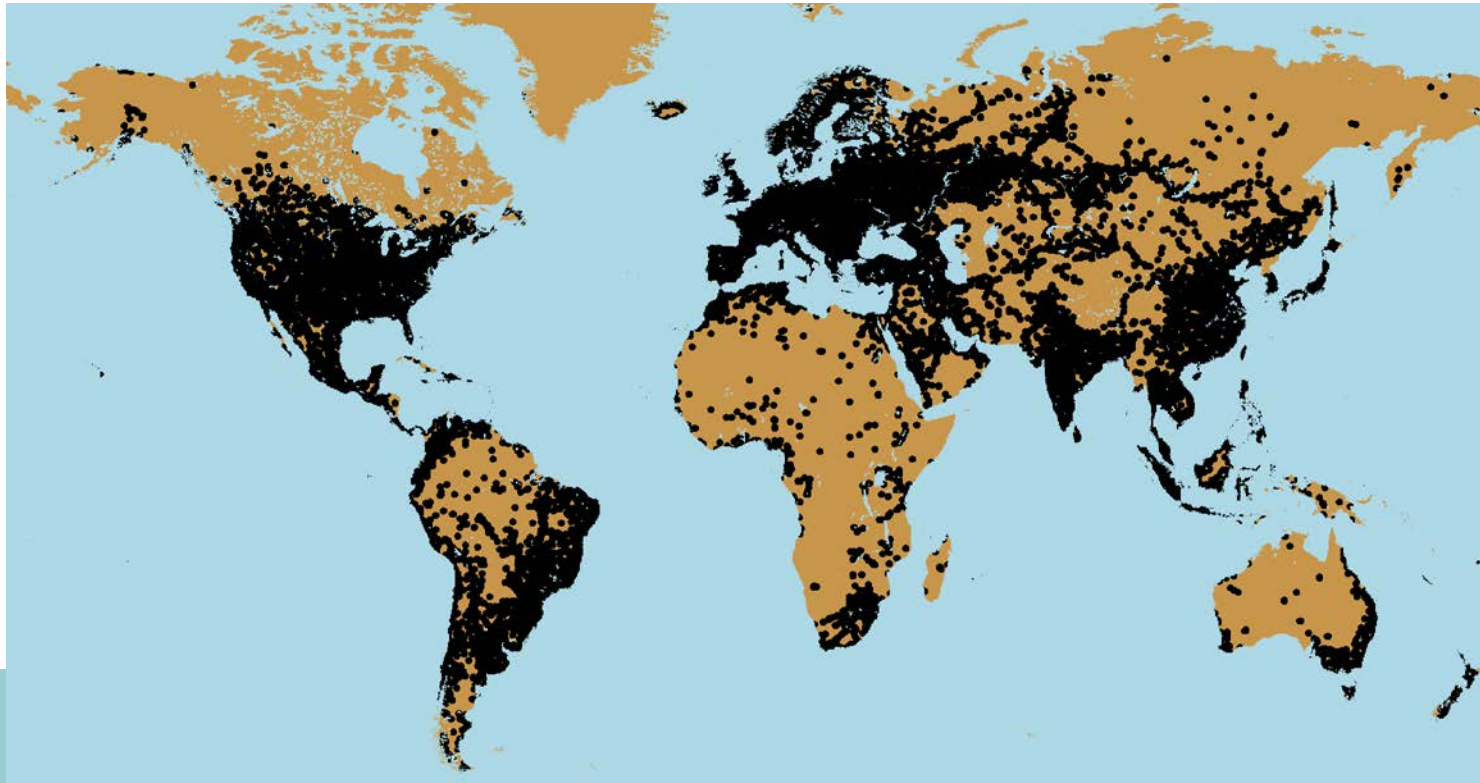
- Duidelijk verband
- Is ook wat we verwachten o.b.v. centrale limietstelling:
- Afname van de spreiding bij toename van aantal waarnemingen





Conclusies en vooruitblik – wereldwijde dekking

- 20% van het landoppervlak heeft mobiele telefoniedekking
- Honderden miljoenen Android smartphones
- Dus veel potentiële metingen + gratis verzending
- Applicatie en smartphone niet ontworpen om temperatuur te meten





Conclusies en vooruitblik

- Daggemiddelde luchttemperaturen per stad uit smartphone
- Crowdsourcing met sensoren smartphones als aanvullende bron van weerinformatie is veelbelovend
- Veel meer onderzoek nodig voor eventuele toepassing

Vervolgonderzoek:

- Focus op 1 stad met een dicht meteorologisch netwerk (duizenden accutemperatuurmetingen per dag nodig)
- Pas bestaande algoritme toe op 50 steden (2 jaar data)
- Uitfilteren van metingen binnenshuis
- Coëfficiënten als functie van seizoen en klimaat
- Dagelijkse gang, temperatuurkaarten



Een weerstation op school?

Weather Observations Website:
Wereldwijd platform voor meteo
waarnemingen uit de samenleving

Pilot met WOW-NL op het KNMI
vanaf voorjaar 2015

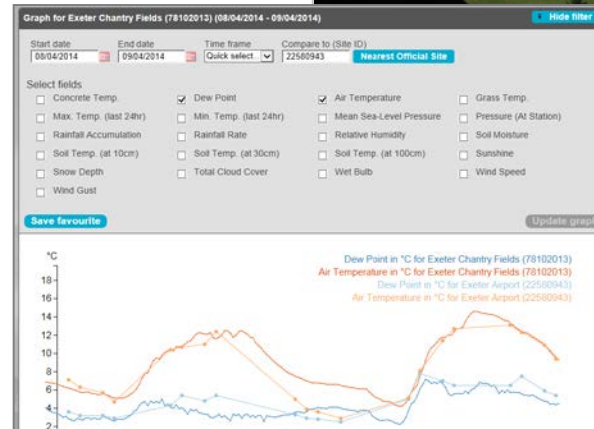
Koppeling met lesmateriaal over
meteorologie

Scholen dragen bij aan onderzoek
en KNMI dienstverlening

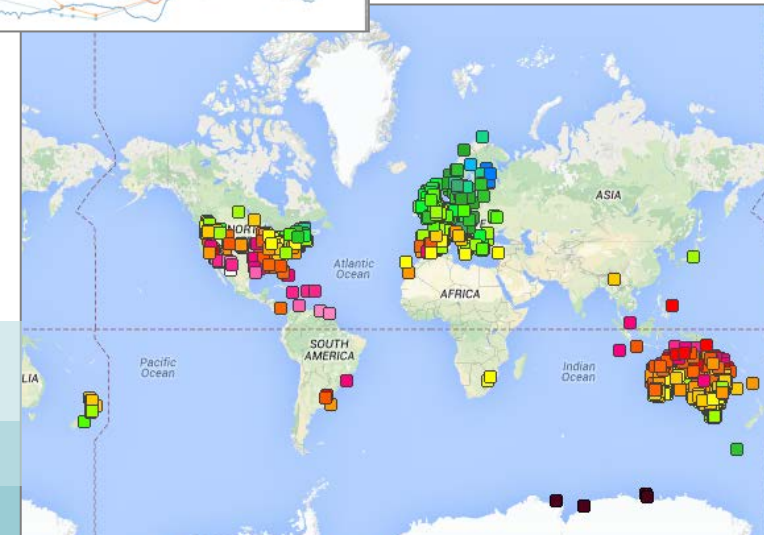
Interesse? Neem contact op via
wow@knmi.nl

Sinds lancering:

- 145 miljoen waarnemingen
- ca. 3400 geregistreerde stations
- 625,000 unieke bezoekers
- Uit 183 verschillende landen

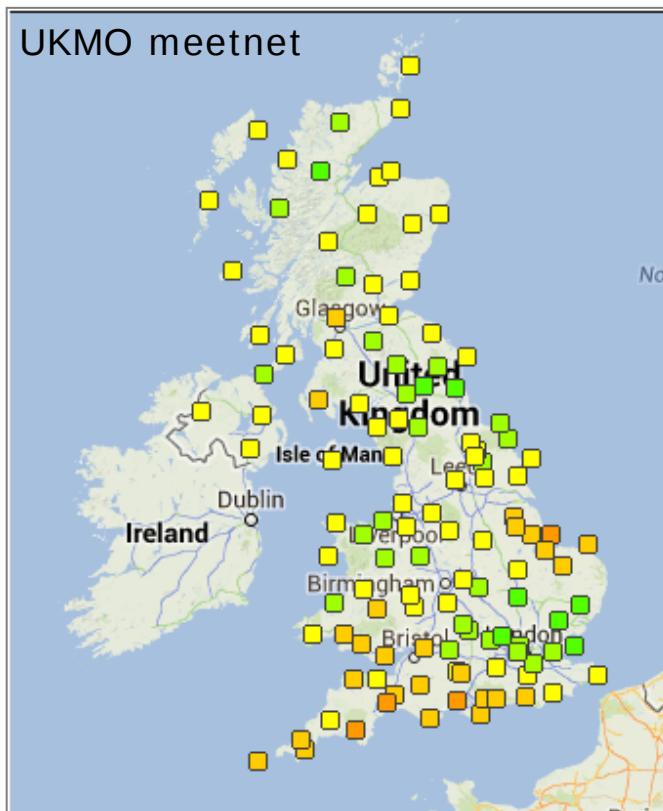


Powered by

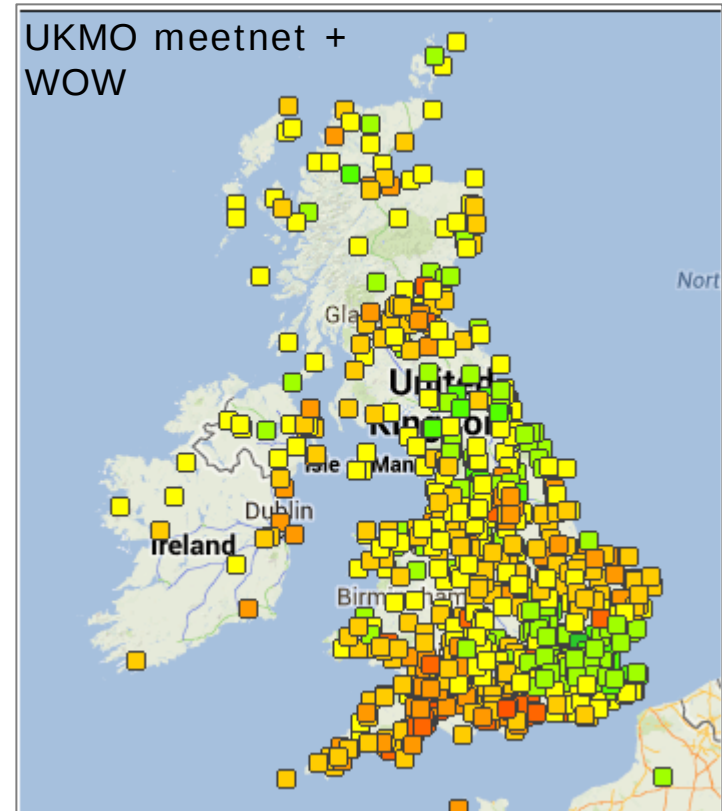




Het KNMI zoekt: number crunchers (m/v)



Onderlinge afstand: ca. 50 km
Kwaliteit: traceerbare onzekerheid (0.2K)
Beschikbaarheid: 24/7 op klimaat tijdschalen



Onderlinge afstand: ca. 5 km
Kwaliteit: ??
Beschikbaarheid: ??



Meer lesmateriaal

- www.knmi.nl/educatie
- wow.knmi.nl (vanaf maart/april 2015)
- wow.metoffice.gov.uk/education
- www.metlink.org/wow