

Burgerparticipatie in Klimaatadaptatie

Deelrapport 2A: Meten van microklimaat

Conceptrapport ten behoeve van consortiummeeting 16 april 2020

Ten behoeve van jaar 1 zijn de volgende rapporten geschreven:

Fysieke analyses	Sociale analyses
Rapport 1A Living Labs en Climatecafe	Rapport 1B Living Lab vergelijkingskader
Rapport 2A Meten van microklimaat	Rapport 2B Belevingsonderzoek extreem

Consortium

HZ University of Applied Sciences
Hogeschool Rotterdam
Hogeschool Van Hall Larenstein
Hanzehogeschool

Gemeente Vlissingen
Gemeente Middelburg
Gemeente Rotterdam
Gemeente Leeuwarden
Gemeente Groningen
Wetterskip Fryslân
Waterschap Noorderzijlvest



Achtergrond en doel

Achtergrond

Het project Burgerparticipatie in Klimaatadaptatie onderzoekt hoe er in de praktijk een samenwerking tussen bewoners, gemeenten en waterschappen kan ontstaan ten behoeve van het vergroten van klimaat robuustheid op microniveau. Klimaatadaptatie is niet puur een kwestie van meten en maatregelen nemen. Klimaatadaptatie vraagt evenzeer om een aanpassing van gedrag¹. Om deze gedragsverandering te stimuleren is de beschikbaarheid van (betrouwbare) data en bewustzijn van het probleem essentieel. Metingen aan microklimaat worden in dit project daarom zoveel mogelijk uitgevoerd in samenwerking met lokale partijen zoals bewoners, scholen en ondernemers. Het doel hiervan is hiermee de adaptieve capaciteit van wijken te ondersteunenⁱ. Deze aanpak betreft een vorm van 'participatieve monitoring'. Participatieve monitoring kan bijdragen aan klimaatadaptatie door bewoners meer handelingsperspectief te bieden door 1) probleemgebieden en risico's zichtbaar te maken (vb. hitte-eilanden) en 2) door kennis van bewoners te vergroten (bv. het vinden van koele en schaduwrijke plekken).

Dit rapport beschrijft de tussenresultaten (jaar 1) van participatieve metingen aan microklimaat die in het project burgerparticipatie in klimaatadaptatie zijn uitgevoerd. Er is in jaar 1 gewerkt aan het opzetten van meetplannen en de installatie- en ontwikkeling van verschillende meetinstrumenten en eerste metingen zijn uitgevoerd.

Doelstelling

De volgende onderzoeksvraag staat in dit rapport centraal: *Hoe kunnen bewoners door middel van participatieve monitoring een bijdrage leveren aan het eigen klimaatbewustzijn en wetenschappelijk onderzoek?* Het doel is dan ook tweeledig. Ten eerste, beschrijven van meetinstrumenten en inzicht geven in de verzamelde data (meteorologische weerparameters) die van belang zijn voor neerslag, droogte en hitte. Ten tweede, evalueren hoe samen met lokale partijen metingen kunnen worden verricht zodat de bewustzijn van de betekenis van extreem weer toeneemt en mensen gemotiveerd worden hier iets mee te doen in de wijk (eigenaarschap en adaptieve capaciteit bevorderen).

Leeswijzer

De indeling van dit rapport is als volgt. Allereerst wordt er ingegaan op het meten van microklimaat. Vervolgens gaan we in de methoden in op de verschillende meetinstrumenten die in dit project worden toegepast, en bespreken we de voorlopige meetresultaten. We sluiten af met enkele conclusie en een vooruitblik naar jaar 2.

Microklimaat: meetgegevens op microniveau

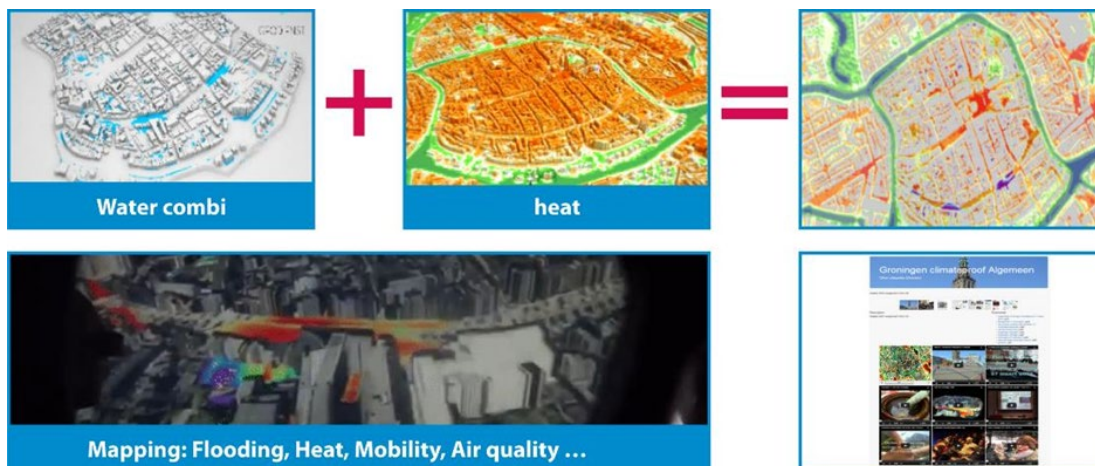
Metten van microklimaat

Om de effecten van klimaatverandering op het lokale niveau in kaart te brengen voeren alle Nederlandse gemeenten periodiek een stresstest uit. Deze stresstest dient om de (te verwachten) lokale

ⁱ In Rapport 2B Belevingsonderzoek wordt specifiek ingegaan op de adaptieve capaciteit van bewoners.

effecten van extreme neerslag, hitte en droogte inzichtelijk te maken zodat gemeenten passende beleidsmaatregelen kunnen opstellen om klimaatbestendigheid te vergroten². In stresstesten worden door partijen zoals gemeenten, provincies, waterschappen en veiligheidsregio's bestaande gegevens en inzichten verzameld. Waar nuttig en nodig worden (aanvullende) studies en modelberekeningen uitgevoerd die veelal uitgaan van een extreme situatie die statistisch gezien bijvoorbeeld eens in de 100 of 1000 jaar voorkomt. In modellen worden verschillende aannamen gedaan over grondgebruik, (toekomstige) klimaat- en weersomstandigheden en andere factoren. Door deze modellen en berekeningen is in grote lijnen bekend hoe regenwaterproblemen, hitte-eilanden en neerslagtekorten (als maat voor meteorologische droogte) ontstaan en hoe de ruimtelijke spreiding eruit ziet (Figuur 1). Hierover zijn meerdere publicaties geschreven^{3,4,5}. Weersvoorspellingen en blootstellingskaarten voor neerslag, hitte en droogte zijn veelal gebaseerd op een combinatie van gegevens van KNMI stations en modelberekeningen. KNMI stations staan in het buitengebied, en er is geen landelijk dekkend meetnetwerk om weersomstandigheden in het stedelijke gebied in kaart te brengen. Hierdoor is er voor inzicht in stedelijk klimaat een modelvertaling nodig.

Een beter inzicht in neerslag in stedelijk gebied is een van de gedachten achter het KNMI WoW platform waar burgers hun weerstation kunnen registreren. Stations moeten hierbij van een bepaald merk en type zijn, zodat voldaan wordt aan de kwaliteitseisen. Voor hittekaarten wordt in Nederland gebruik gemaakt van weerdata van de KNMI stations om zogenaamde PET kaarten te maken.⁶ De PET is een maat voor gevoelstemperatuur en wordt berekend uit windsnelheid, windrichting, luchtvochtigheid, stralingsintensiteit en luchttemperatuur.⁷ In hitte modellen wordt vaak gerekend met windstille situaties. Weerstations kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan verificatie en rectificatie van hitte indices met praktijkmetingen.⁸ Een veel gebruikte indicator voor droogte is het neerslagtekort. Ook het neerslagtekort wordt in Nederland berekend uit weerdata van de KNMI stations. Het neerslagtekort is vooral van toepassing op het buitengebied, maar met behulp van weerstations kan ook een poging worden gedaan om neerslagtekorten in stedelijk gebied inzichtelijk te maken, en dan met name voor het stedelijk groen.ⁱⁱ



Figuur 1: Voorbeeld stresstest klimaatextremen³

ⁱⁱ Via een gecorrigeerde Makkink verdamping voor stedelijk gebied; er kan eveneens gebruik worden gemaakt van satellietdata om bijvoorbeeld de toestand van het stedelijk groen te bepalen via de NDVI. Dit wordt verder verkend met WEnR.

Participatieve monitoring

In verschillende steden zijn afgelopen jaren onderzoeksprojecten opgezet met kennisinstellingen om metingen te verrichten (o.a. Amersfoort, Amsterdam, Den-Haag, Enschede, Groningen, Middelburg, Rotterdam, Vlissingen, Zwolle). Bij een aantal van bovengenoemde onderzoeksprojecten zijn ook bewoners betrokken. In de meeste projecten lag hierbij echter de nadruk op het verzamelen van data over weergegevens ten behoeve van de analyse van microklimaat. Weinig projecten hebben zich expliciet gericht op de dubbeldoelstelling (goede data en verhogen van bewustzijn en eigenaarschap klimaatadaptatie). Door bewoners in staat te stellen om met betrouwbare instrumenten metingen te verrichten, kan betrouwbare data over het lokale klimaat verzameld worden én kan het bewustzijn en de adaptieve capaciteit van een stad of wijk worden vergroot. Aan de ene kant kan hiermee bestaande (modelmatige) data op lokale schaal geverifieerd worden en wordt meer inzicht verkregen in de relatie tussen lokaal grondgebruik en het klimaat⁹. Aan de andere kant dragen inzichten bij aan het vergroten van zekerheid bij beleidsmakers en draagvlak onder lokale stakeholders en bewoners, en het ontdekken van nieuwe (participatieve) meetmethoden en technieken¹⁰. Hiermee kunnen de kansen en oplossingen voor klimaatadaptatie met grotere zekerheid aangepakt worden. In de volgende paragrafen wordt inzicht gegeven in hoe een participatieve monitoringsstrategie kan bijdragen aan het vergroten van klimaatbewustzijn en het verkrijgen van betrouwbare data.

Methoden

De participatieve monitoring binnen het project BPiKA neemt meerdere vormen aan waarbij gedurende het eerste jaar de focus in eerste instantie lag op de opzet en installatie van meetinstrumenten en in tweede instantie op de verzameling van data over het microklimaat in verschillende livings labs. Tabel 1 geeft een overzicht van de toegepaste meetinstrumenten.

instrument	merk, type	aantal	Gebruiksdoel	Gemeten weerparameters
weerstation	weerstation: Davis 6223 VP2 24hr fan zonnestraling sensor: Davis 6450 meteobridge: WH-WUS03-Pro+	10	Stationaire metingen Vaste Puntlocatie (niet verplaatsbaar) Buiten	neerslag, luchttemperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid/richting, zonnestraling
fietsmeter	ontwikkeld door Hanzehogeschool	9	Mobiele metingen Trajectmeting Fietsen of wandelen Buiten	luchttemperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid/richting, straling
handmeter	Kestrel 5400-cl	2	Mobiele metingen Puntlocatie (verplaatsbaar) Buiten	luchttemperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid/richting, zonnestraling
temperatuur logger	Freshliance Frestag 1, usb single use temperatuur logger	100	Stationaire metingen Puntlocatie (verplaatsbaar) Binnen	luchttemperatuur

Tabel 1: overzicht van meetinstrumenten

Weerstations

Om betrouwbare inzichten in het microklimaat te verkrijgen wordt in het project gebruik gemaakt van Davis weerstations (zie Tabel 2). Davis weerstations staan bekend als betrouwbare meetinstrumenten die onder andere worden ingezet op het KNMI platform Weer op de Kaart (WoW)¹¹. De weerstations sturen data via een radiosignaal naar een zogenaamde meteobridge die verbonden is met internet. De

Stad	Living Lab	Locatie weersstation	Wie heeft geadopteerd?
Leeuwarden	Cambuursterpad	Cambuursterpad	Bewoner
	Stiens	Gysbert Japicxstrjitte	Protestantse kerk
Middelburg	Centrum	Sint Jansstraat	Cafe Sint John
	Magistraatwijk III	Rentmeesterlaan	Basisschool Cypressenhof
Vlissingen	Vredenhof Zuid	Bilderdijklaan	Bewoner
	Centrum	Spuistraat	Bewoner (lid VVE)
Rotterdam	Oude Noorden	Bingenstraat	Bewoner
	Feijenoord	Bloemfonteinstraat	Bewoner
Groningen	Paddepoel Zuid	Bisschop Bekkerstraat	Basisschool
	Paddepoel Noord	(gepland) Plutolaan	Wijkvereniging



Tabel 2: Overzicht locaties weersstations. Foto: weerstation ...

meteobridge is daartoe geïnstalleerd bij een bewoner, school, vereniging of ondernemer in de wijk en stuurt de ontvangen data door naar een centrale database die beheerd wordt door de HZ.

De locaties van weerstations zijn gekozen op basis van twee criteria, namelijk 1) geschiktheid om weerdata te verzamelen en 2) interesse van een lokale bewoner/partij om het weerstation te 'adopteren'. Op deze manier worden bewoners en stakeholders rechtstreeks betrokken bij het project en kan via de bewoner contact met andere bewoners worden gezocht. Met weerstations kan op buurtniveau de volgende set parameters worden gemonitord: luchttemperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en windrichting, zonnestraling, en neerslag. Hiermee kunnen lokaal neerslagreeksen, hitte indices (PET) en droogte (neerslagtekort) gemonitord worden. Dit dient een meervoudig doel:

- Datakwaliteit: de weerstations zijn semi-professionele instrumenten, en kunnen gebruikt worden om weerdata uit de fietsmeter (traverse metingen) en handmeter (locatie metingen) te vergelijken om zo de betrouwbaarheid van de diverse metingen inzichtelijk te maken en correcties uit te voeren;
- Duiding modellen en kaarten: het gebruik van weerstations stelt onderzoekers in staat lokale weerdata te verzamelen zodat vergelijkingen gemaakt kunnen worden met modelberekeningen die ten grondslag liggen aan neerslag- en hittekaarten (bijvoorbeeld de klimaateffectatlas).
- Participatiestrategie: monitoring van weerdata kan gebruikt worden om in geval van weersextremen gericht vragen te stellen aan bewoners middels interviews of enquêtes, om zo meer inzicht te krijgen in de beleving en het handelen tijdens deze extremen.

Momenteel wordt er gewerkt aan de ontsluiting van de weerdata vanuit de centrale database naar een website. Deze website wordt vrij toegankelijk gemaakt zodat geïnteresseerden zoals bewoners, scholen en ondernemers uit de living labs weergegevens en berekende indices kunnen inzien. Voor de

berekening van hitte worden de hogescholen ondersteund door Wageningen Environmental Research (WEnR).ⁱⁱⁱ Hierbij worden weerdata als volgt verwerkt:

- Uurgegevens: Postprocessing minutengegevens van weerstations, waarbij alle gegevens op uurbasis worden verwerkt;
- Realtime: om de 5 wordt minuten een gemiddelde wegschrijven voor alle gemeten weerparameters en de database wordt met behulp van het script aangevuld met berekende grootheden tbv berekening thermisch comfort.

De uurgegevens voor neerslag en hitte kunnen worden vergeleken met de uurgegevens van KNMI stations in het buitengebied. Specifiek voor hitte kunnen indices in stedelijk gebied en buitengebied van elkaar worden afgetrokken, waardoor we een maat hebben van het werkelijk gemeten hitte eiland effect op basis van gevoelstemperatuur.

Mobiele metingen

Naast stationaire metingen (weersstations) worden mobiele metingen verricht om inzicht te krijgen in de ruimtelijke spreiding van stedelijk klimaat. Deze mobiele metingen geven inzicht in de ruimtelijke variatie van met name hitte indices, zodat inzicht wordt verkregen in plekken waar het gemiddeld warmer of koeler is op warme dagen.

Handmeter (Kestrel)

Kestrel meters worden vaak toegepast in wetenschappelijk onderzoek om hitte te meten en de effecten van maatregelen te beoordelen¹². De Kestrel handmeter (Figuur 2) die wordt gebruikt binnen dit project is de Kestrel 5400-cl. Dit meetinstrument wordt veelal gebruikt om binnen- en buitenshuis hittestress te meten. De sensoren in deze handmeter registreren windsnelheid, windstroming, luchttemperatuur, straling (zwarte bol), luchtvochtigheid en luchtdruk. De handmeter rekent hiermee automatisch de TWL en WBGT hittestress indices uit (zichtbaar op display). Om de data te kunnen vergelijken met de PET waarden uit de weerstations is door WEnR een script ontwikkeld waarmee achteraf vastgelegde weerdata kunnen worden omgerekend naar PET gevoelstemperatuur.

In deze eerste fase van het project zijn deze meters door onderzoekers en studneten gebruikt voor een vergelijkend onderzoek tussen verschillende methodieken (datakwaliteit). In de tweede fase van het project kan deze sensor worden ingezet voor metingen met bewoners. Dit kan bijvoorbeeld door de toepassing van zogenaamde 'Thermal Walks' een onderzoeksmethode waar met bewoners de beleving van hitte in kaart kan worden gebracht¹³.

ⁱⁱⁱ Wanneer de ict infrastructuur om neerslag en hitte gegevens realtime inzichtelijk te maken via een website gereed is, zal onderzocht worden of een soortgelijke aanpak kan worden uitgevoerd voor droogte



SENSORS				
SENSOR	ACCURACY (+/-)	RESOLUTION	SPECIFICATION RANGE	NOTES
Wind Speed / Air Flow	Larger of 3% of reading, least significant digit or 20 fpm	0.1 m/s 1 fpm 0.1 km/h 0.1 mph 0.1 knots 1 ft 0.1 FIP	0.0 to 40.0 m/s 118 to 7874 fpm 2.2 to 144.0 km/h 1.0 to 88.0 mph 1.0 to 77.0 knots 0 to 12 8" 0-131.2'	1 inch/25 mm diameter impeller with precision axle and low-friction Zytel® bearings. Startup speed stated as lower limit, readings may be taken down to 0.4 m/s (1.78 ft/s) and 1.0 km/h (0.62 mph). 2.4 ft after impeller startup. DR use accuracy: ±1% @ 10 ft/sec, ±2% @ 10', ±5% @ 10'. Calibration drift < 1% after 100 hours use at 16 MPH (7.7 m/s). Replacement impeller (RM-FN-0801) sold separately without tools. Patent 5,763,733. Wind speed calibration and testing should be done with handle on impeller located at the top front face of the Kestrel. Measuring wind speeds above 60 m/s / 134.2 mph can damage the impeller.
Ambient Temperature	0.9 °F 0.5 °C	0.1 °F 0.1 °C	-20.0 to 158.0 °F -29.0 to 70.0 °C	Airflow of 2.2 m/s (4.7 mph) or greater provides fastest response and reduction of insulation effect. For greatest accuracy, avoid direct sunlight on the temperature sensor and prolonged sunlight exposure to the unit in low airflow conditions. Calibration drift is negligible for the life of the product. For further details, see Display & Battery Operation Temperature Limits.
Globe Temperature	2.5 °F 1.4 °C	0.1 °F 0.1 °C	-20.0 to 140.0 °F -29.0 to 60.0 °C	Temperature inside 1/25 mm black powder coated copper globe converted to Tg equivalent for standard 8 in (150 mm) globe. Closest equivalence obtained with airflow greater than 2.2 m/s (4.7 mph).
Relative Humidity	±2%RH	0.1 %RH	10 to 90% 25°C non-condensing	To achieve stated accuracy, unit must be permitted to equilibrate to external temperature when exposed to large, rapid temperature changes and be kept out of direct sunlight. Calibration drift is typically less than ±0.25% per year.
Pressure	±1.0 mbar at 25°C, 750-1100 mbar ±0.044 inHg at 77°F, 20.67-32.48 inHg ±0.002 PSI 10.15-10.36 PSI	0.01 mbar 0.1 hPa/mbar 0.01 PSI	29" (0.775" 750-1100 mbar/20.67-32.48 inHg/10.15-15.86 PSI	Monolithic silicon piezoresistive pressure sensor with second-order temperature correction. Between 1100-1200 mbar, unit will operate with reduced accuracy. Sensor may not operate above 1200 mbar and can be damaged above 4,000 mbar or below 10 mbar. Calibration drift is negligible for the life of the product.
Compass	±5°	1° 1/6th Cardinal Scale	0 to 360°	2-axis solid state magnetoresistive sensor mounted perpendicular to unit plane. Accuracy of sensor dependent upon unit's vertical position. Self-calibration routine eliminates magnetic error from batteries or unit and must be run after every full power-down (battery removal or change). Red LED indicates direction to which the back of the unit is pointed when held in a vertical orientation. Declination/variation adjustable for true North readout.

Figuur 2: Kestrel handmeter 5400 CL

Fietssensor

De sensorbike is een sensor die ontwikkeld is door studenten van de Hanzehogeschool Groningen in een eerder RAAK project (Hittestad). Met deze sensor kunnen trajectmetingen worden uitgevoerd zodat er inzicht ontstaat in de ruimtelijke spreiding van hittie indices en het stedelijk hitte-eiland effect. De sensor (zie Tabel 3) is ontwikkeld om gemonteerd te worden op een fiets, waarna een vooraf bepaalde route kan worden afgelegd om zo over een korte periode een hittekaart te genereren. Deze low-cost sensor slaat data automatisch iedere vijf seconden op en kan daardoor snel en efficiënt data verzamelen in een groter gebied. De sensor meet de volgende variabelen: luchttemperatuur, luchtvochtigheid, infrarood temperatuur, lichtintensiteit, windsnelheid en gps locatie. Net als bij de weerstations en de Kestrel handmeter wordt door WEnR ook voor de fietsmeter een script ontwikkeld waarmee de PET gevoelstemperatuur wordt bepaald, zodat data alle drie meetinstrumenten onderling vergeleken kunnen worden.

Met de gegevens uit de fietsmeter kunnen verschillende relaties inzichtelijk worden gemaakt. Uit de combinatie van locatie, luchttemperatuur, luchtvochtigheid en lichtintensiteit kan via vervolganalyse inzicht worden gegeven in de effecten van grondgebruik en schaduwtype op de gevoelstemperatuur.¹⁴ Met deze gegevens kunnen ook geïnterpoleerde weergaven van de data gemaakt worden die naast bestaande hitemodellen gelegd kunnen worden en zodoende kunnen dienen ter verificatie van hitemodellen of als basis voor dialoog met betrokken bewoners en beleidsmakers.

Sensor	Variabelen	Output	Precisie	Afbeelding
BME280	Luchttemperatuur, luchtvochtigheid	Temperatuur in graden Celsius, luchtvochtigheid in %	± 3%	
MLX90615	Infraroodtemperatuur, luchttemperatuur	Temperatuur in graden Celsius	± 3%	
BH1750FVI	Lichtintensiteit	Lux	± 2%	
Velleman Anemometer WS1080	Windsnelheid	Windsnelheid in km/uur	±0.5 km/h	
GY-NEO6MV2	GPS	Lat/lon	Afhankelijk van satellietverbinding	

Tabel 3: de sensorbike van Hanzehogeschool Groningen

Verwerking en ontsluiten data

De data uit weerstations, handmeter en fietsmeter worden ontsloten naar een website waar ze in grafieken en ruimtelijke plaatjes worden verwerkt. Voor de weerstations gebeurt dit min of meer realtime (ongeveer per 5 of 10 minuten). Uurdata worden gebruikt om vergelijkingen te maken met weerdata uit KNMI stations in het buitengebied. Resultaten van data-analyses uit de handmeter en fietsmeter worden periodiek handmatig toegevoegd. WEnR ondersteunt hierbij door de weerdata uit de verschillende instrumenten voor hitte om te rekenen naar een PET gevoelstemperatuur. Aan het einde van jaar 1 gestart met de ontwikkeling van dit dataplatform en de algoritmen voor de weerstations zijn inmiddels gereed en worden binnenkort geïmplementeerd. In jaar 2 wordt de website gelanceerd en gebruikt in de discussie met omwonenden en voor (wetenschappelijk) onderzoek en disseminatie.

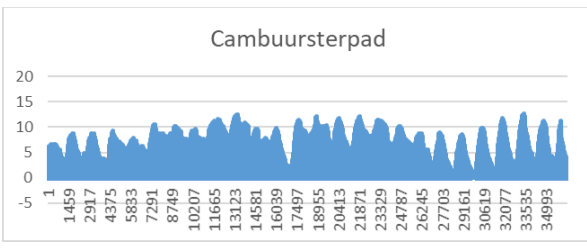
Voorlopige meetresultaten

Weerstations

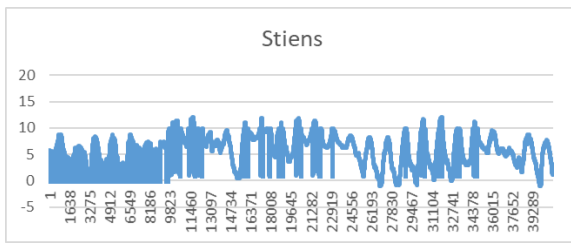
De 10 weerstations zijn in mei en juni 2019 geleverd aan de vier hogescholen. De doorlooptijd vanaf 'bestelling' tot 'operationeel' varieerde tussen stations van 1 tot 12 maanden. Dit komt doordat de verschillende stappen in dit proces soms onvoorzien veel tijd hebben gekost. De stappen bestonden ruwweg uit: 1) levering van alle onderdelen, 2) het vinden van geschikte plekken in combinatie met 3) het vinden van een geïnteresseerde bewoner, ondernemer of school, 4) een startgesprek met deze partijen, 5) het installeren van stations (vaak door de gemeente met hoogwerker) en de meteobridge (door de hogeschool), 6) het checken van de betrouwbaarheid van dataverbindingen en optimaliseren van ontvangst en 7) het oplossen van eventuele problemen in één van voorgaande stappen.

Inmiddels zijn 9 weerstations opgehangen en 8 stations zijn volledig operationeel. Het weerstation in Paddepoel Zuid zijn problemen met transmissie van data tussen weerstation en meteobridge. Het weerstation in het Paddepoel Noord is nog niet geïnstalleerd. Inmiddels is wel een bewoner gevonden die het weerstation adopteert. Vanwege de overheidsmaatregelen in het kader van het Corona virus kunnen bij beide weerstations nu geen opvolgacties worden ondernomen.

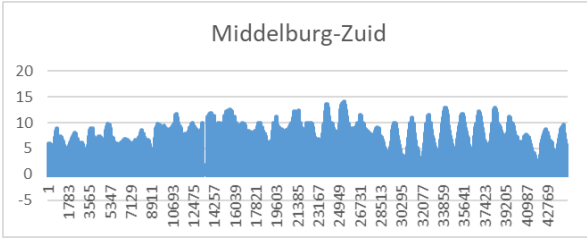
De scripts van WEnR voor PET gevoelstemperatuur zijn begin april 2020 opgeleverd en worden momenteel geïmplementeerd. Vooralsnog kunnen alleen de ruwe (gemeten) data worden getoond. Figuur 3 toont de luchttemperatuur van de 8 operationele stations gedurende de maand maart 2020. Deze data zullen in het vervolg van het project worden ontsloten via een online platform, zoals in voorgaande paragraaf toegelicht.



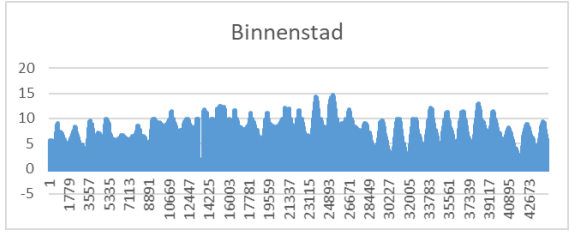
Leeuwarden



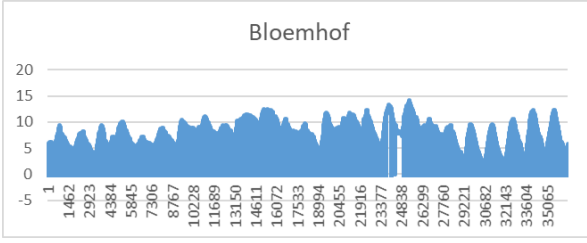
Leeuwarden



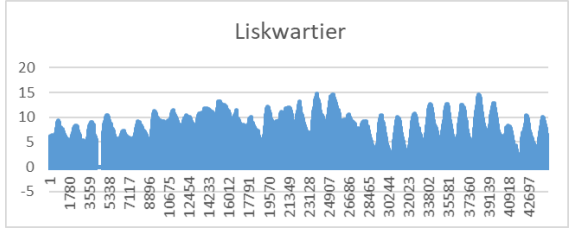
Middelburg



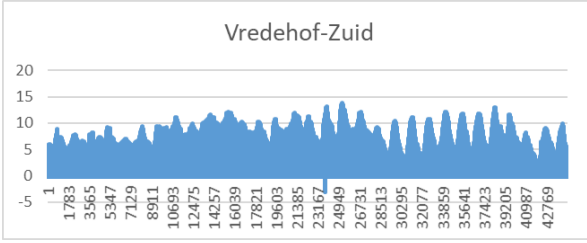
Middelburg



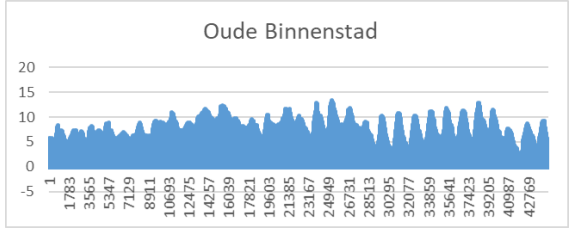
Rotterdam



Rotterdam



Vlissingen



Vlissingen

Figuur 3: luchtemperatuur van 8 weerstations in maart 2020

Fietsmeter

De fietssensor is gedurende het eerste jaar toegepast en getest in Groningen en Middelburg. Het doel van deze metingen was in beide gevallen om meer inzicht te krijgen in de werking en de betrouwbaarheid van de sensor, zodat in jaar 2 samen met bewoners (betrouwbare) data kunnen worden verzameld en besproken.

Gebruikersgemak

De gebruikte sensoren zijn op meerdere manieren getest. Allereerst is er gedurende een jaar regelmatig gebruik gemaakt van de fietssensor door studenten van de Hanzehogeschool en RUG met als doel de bruikbaarheid en betrouwbaarheid van het meetinstrument vast te stellen. Door studenten langere tijd zelfstandig te laten meten kon inzicht worden verkregen in het gebruiksgemak en gebruikservaringen

van de sensor (zie Tabel 4). Aan de hand van deze bevindingen is de sensor verbeterd, doel van deze verbeteringen is om gedurende zomer van 2020 de sensor langere periode in te kunnen zetten in de Living Labs.

Periode	Gebruikt voor	Gebruikerservaringen	Oplossingsrichting
Februari – Maart 2019	Opdracht gezond stadsontwerp studenten Rijksuniversiteit	Sensor is moeilijk aan te zetten en uit te lezen door studenten. Sensoren geven niet voldoende informatie over omgevingsfactoren	Implementatie aan- uitknop. Toevoegen sensoren lichtintensiteit, gps logt vaker
April – juni 2019	Langdurige monitoring hitte in drie wijken	Accuduur is niet optimaal en door trillingen verliezen sommige sensoren verbinding	Ontwikkeling meer trilbestande behuizing
December 2019	Vergelijking tussen fietssensor, kestrelmeter en weerstation	Windmeter is niet robuust en valt regelmatig uit de houder, data onbruikbaar	Verbeteren behuizing fietssensor
Februari – Maart 2020	Dataverzameling en verwerking middels GIS	SD-kaart geeft soms storing en schrijft daarom soms geen data	Implementatie 5G simkaart om data real-time te verzenden.

Tabel 4: gebruikservaringen fietssensor

Betrouwbaarheid door vergelijking tussen fietssensor, handmeter en weerstations

Naast onderzoek naar gebruikersgemak is er ook gekeken naar de betrouwbaarheid van de fietssensor versus de Kestrel handmeter en Davis weerstations. Doel van deze metingen was om inzicht te verkrijgen in welke instrumenten welke uitkomsten geven en data te genereren voor het maken van scripts voor berekening van de PET gevoelstemperatuur. Deze data zijn in figuur 5 en 6 weergegeven.

Figuur 5 bevat een vergelijking tussen de fietsmeter, handmeter en weerstations. Voor interpretatie is het van belang verschillende momenten te onderscheiden:

- Moment I: de mobiele instrumenten hebben een zekere ‘opstarttijd’ voordat metingen zuiver zijn;
- Moment II: alle mobiele instrumenten (Kestrel in hand, Kestrel op statief, fietssensor) staan op ongeveer 2 meter van het weerstation op middelhoogte;
- Moment III: fietsmeter en Kestrel in hand worden 10 meter verplaatst naar de zon en Kestrel op statief verandert niet van positie;
- Moment IV: fietsmeter en Kestrel in hand worden teruggeplaatst naar de oorspronkelijke positie (zie Moment II);
- Moment V: alle drie mobiele instrumenten worden naar het einde van de straat verplaatst op circa 50 meter van het weerstation geplaatst, in de zon. Belangrijk hier is dat de Kestrel op statief en de fietssensor gedurende de hele meting bij elkaar stonden wat een vergelijking mogelijk maakt voor de mobiele sensoren.

De opstarttijd tijdens Moment I duurt ongeveer 5 minuten, maar aan Moment II is te zien dat de metingen nog steeds verder naar elkaar toe lopen. Moment I en II duren samen ongeveer 10 minuten. Op Moment II liggen metingen van de beide Kestrel instrumenten dicht bij elkaar, terwijl de fietssensor iets afwijkt. De fietssensor heeft een afwijking van ongeveer 1 °C naar boven (luchttemperatuur) (Figuur

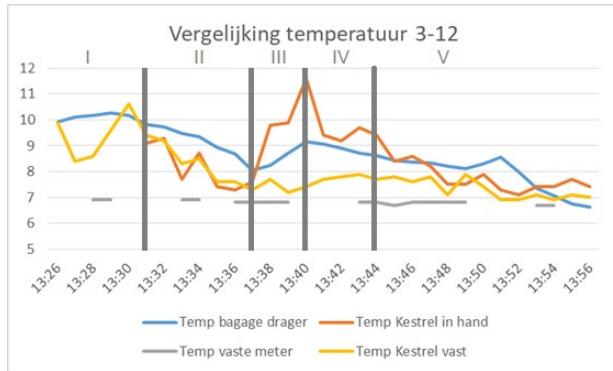
5a). Dit kan mogelijk voortkomen uit het opwarmen van het printplaatje waar de sensor zich in bevindt. De luchtvochtigheid heeft een afwijking naar beneden van ongeveer 10-15% relatieve luchtvochtigheid (Figuur 5b). Naarmate meer tijd verstrijkt komen de metingen steeds dichterbij elkaar te liggen. De Kestrel meters stellen zich sneller in dan de fietssensor. De snellere reactietijd van de Kestrel blijkt ook duidelijk uit moment III en IV waarbij de fietsmeter en Kestrel handmeter in en uit de zon worden geplaatst. Op Moment IV staan de instrumenten bij elkaar en lopen de luchttemperatuurmetingen naar elkaar toe. Op Moment V worden de mobiele instrumenten naar het einde van de straat verplaatst en nemen de onderlinge verschillen in luchttemperatuur tussen mobiele instrumenten verder af, en zijn vrijwel gelijk aan de luchttemperatuur van het weerstation. Dit suggereert dat de opstarttijd van de Kestrel ongeveer 15 minuten is (van 13:40 tot 13:56 uur), en de opstarttijd/reactietijd van de fietsmeter mogelijk wat langer. De fietsmeter blijft echter een afwijking in luchtvochtigheid houden aan het einde van Moment V (afwijking ruim 10%). Dit kan (deels) voortkomen uit de kalibratie van de sensoren en een beperking in de kwaliteit van de sensoren. De tragere reactietijd van de fietsmeter (achterstand kent in pieken en dalen) kan voortkomen uit problemen met doorstroming of opwarming vanuit de sensor.

In Figuur 5D is een vergelijking gemaakt tussen de Kestrel handmeter op statief en het weerstation, waarbij beide instrumenten in het laatste kwartier op gelijke hoogte zijn geplaatst. Hier valt op dat er een kleine afwijking in luchttemperatuur en luchtvochtigheid zichtbaar is, waarbij de Kestrel handmeter in temperatuur naar boven en in luchtvochtigheid naar beneden afwijkt. Wanneer de instrumenten echter dichterbij elkaar worden geplaatst valt op dat het verschil in luchttemperatuur minimaal wordt. Dit suggereert er zeer lokaal kleine verschillen in luchttemperatuur kunnen zijn, en dat het hoogteverschil een rol speelt.

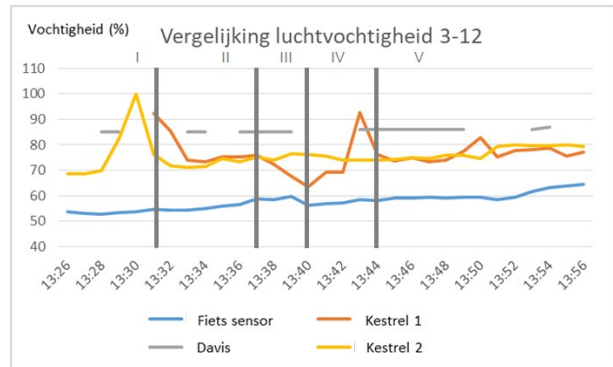
Deze uitkomsten kunnen worden gebruikt om de meetplannen voor de living labs meer vorm te geven. We trekken vooralsnog de volgende conclusies:

- De Kestrel en weerstations leveren betrouwbare data. Hoewel bij gebruik van de Kestrel een statief nauwkeuriger metingen oplevert zijn de verschillen met de handmeter klein;
- Er zal gezocht worden naar mogelijkheden om de betrouwbaarheid van de fietsmeter te vergroten. Dit zou kunnen door kalibratie of door aanpassing van de data middels scripts;
- Omdat de vergelijking tussen meetinstrumenten in de winter is uitgevoerd, wordt een nieuwe vergelijking uitgevoerd in het voorjaar/zomer van 2020.

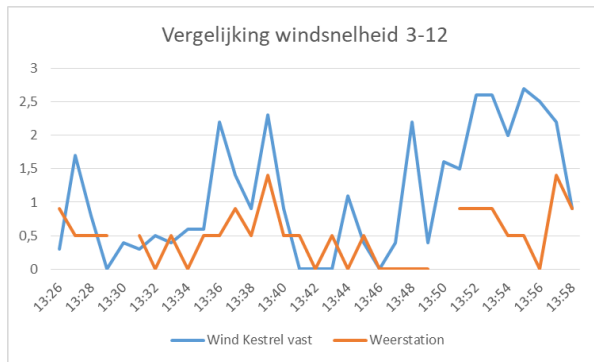
5A: vergelijking luchttemperatuur van weerstation, fietsmeter, Kestrel op statief (vast) en in hand



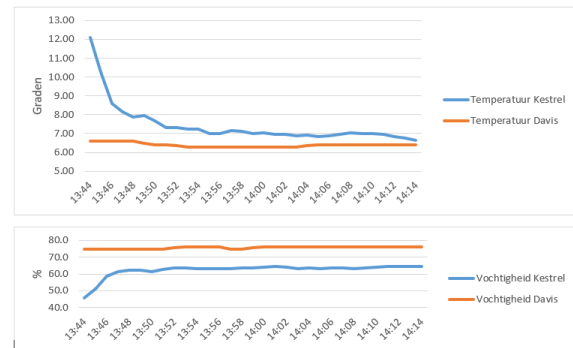
5A: vergelijking relatieve luchtvochtigheid van weerstation, fietsmeter, Kestrel op statief (vast) en in hand



5C: Vergelijking windsnelheid Kestrel op statief en weerstation



5D: vergelijking Kestrelmeter (op statief) met weerstation op gelijke hoogte

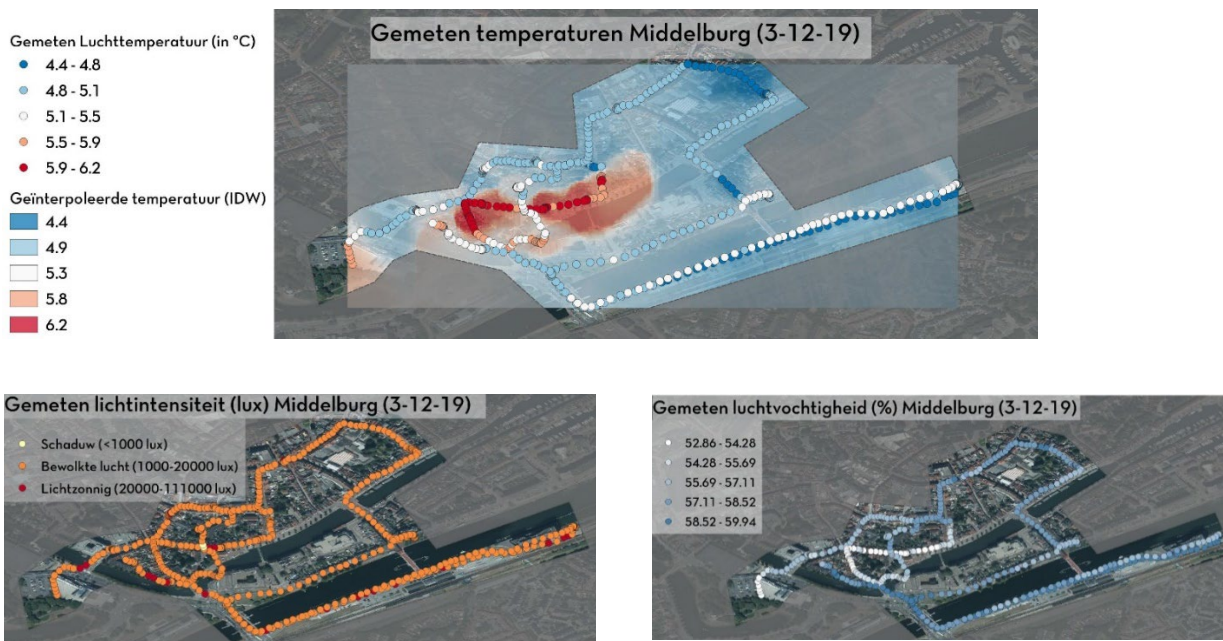


Figuur 5: verschillen tussen meetinstrumenten.

Verwerking data tot ruimtelijk beeld

De fietsmeter heeft een geïntegreerde GPS sensor in de behuizing, waardoor per 5 seconden naast weerdata ook de GPS locatie wordt opgeslagen. Wanneer de uitkomsten van de fietsmeter vervolgens op een kaart worden getoond zijn er aanvullende analyses mogelijk om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen bebouwde omgeving, temperatuur, lichtinval en luchtvochtigheid. Deze toepassing kan worden gebruikt om een ruimtelijk beeld van de PET gevoelstemperatuur te berekenen en lokale hittekaarten te maken tijdens warme dagen of hittegolven. Uitkomsten kunnen worden gebruikt om hittepatronen in verschillende weersomstandigheden te bepalen en om meer inzicht te krijgen in warme en koude locaties en de omstandigheden die daaraan bijdragen. Deze inzichten stellen beleidsmakers en bewoners in staat om beter om te gaan met verschillende type hitte-omstandigheden middels beleid en gedragsverandering.

Met metingen uitgevoerd op 3 december in Middelburg ter illustratie een kaart gegenereerd. (zie Figuur 6). In de zomer van 2020 zullen langere meetreeks worden en kaarten worden gemaakt in verschillende living labs. Deze zullen vervolgens met bewoners en professionals worden besproken om inzicht te krijgen in de begrijpbaarheid en bruikbaarheid van dergelijke kaarten, en om fysieke en gedragsmaatregelen te inventariseren die bijdragen aan het omgaan met hitte in stedelijk gebied.



Figuur 6: Ruimtelijk beelden op basis van fietsmeter data

Conclusies

De voorbereidingen en analyses gedurende het eerste jaar van het project BPiKA hebben geleid tot de ontwikkeling van meetinstrumenten die, wanneer verder ontwikkeld, een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het klimaatbewustzijn van bewoners en het verbeteren van kennis op het gebied van het microklimaat. De plaatsing en adopties van weerstations laat een breed scala aan stakeholders zien die geïnteresseerd zijn in stedelijk klimaat en bieden verschillende opties om participatieve metingen uit te voeren, bijvoorbeeld middels mobiele metingen. Twee mogelijke vormen van mobiele metingen zijn metingen met kestrel meters, high-cost sensoren die een betrouwbaar beeld genereren van het microklimaat. De inzet van deze instrumenten zou middels zogenaamde thermal-walks kunnen worden vormgegeven, een onderzoeksmethode waar onderzoekers, professionals en bewoners de dialoog over hittebeleving aan kunnen gaan en daarbij data kunnen verzamelen. Een andere vorm zou zijn door het uitlenen van fietssensoren aan bewoners, deze low-cost sensor verzameld informatie over locatie en verschillende parameters die, wanneer verwerkt, een beeld kunnen geven van het microklimaat. In de huidige vorm moet meer onderzoek gedaan worden naar de manier waarop de betrouwbaarheid van dit instrument vergroot zou kunnen worden. Dit wordt momenteel uitgevoerd als onderdeel van het opstellen van een meetplatform voor het project.

Literatuurverwijzingen

¹ Kluck et al., *De Klimaatbestendige Wijk: Onderzoek Voor de Praktijk*; Glaas et al., "Facilitating Climate Change Adaptation through Communication: Insights from the Development of a Visualization Tool."

² Ministerie van Infrastructuur en Milieu, "Deltaprogramma 2020: Doorwerken Aan de Delta: Nuchter, Alert En Voorbereid."

³ Boogaard F.C., Krol D., Kluck J., Bosscher M., Multi-Level Climate Effect Modeling, best management practices From private property to national level, Cirre 2018 (Conference of Interdisciplinary Research on Real Estate) Groningen September 2018; Boogaard, F.C., Fliervoet, J., Krol, D., Lasonder, J., Veeneman, K., Hoornstra, P. (2018), Flood and heatstress modelling for climate adaptation, results of 'Stresstest fryslan', RRAU 2018 (International conference on: Resilient & Responsible Architecture & Urbanism), Groningen April 2018

⁴ Artikel HKV +WEnR in ROm, HKV rapport prov overijssel

⁵ Rovers V., Bosch P., Albers R., 2014. Eindrapport Climate Proof Cities 2010-2014. TNO 129/2014.

⁶ De Nijs, T. et al., 2019. Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte. RIVM Briefrapport 2019-0008.

⁷ Gómez et al., "Research on Ecological Design to Enhance Comfort in Open Spaces of a City (Valencia, Spain). Utility of the Physiological Equivalent Temperature (PET)."

⁸ (Müller, Kuttler, & Barlag, 2014)

⁹ Alonso, "The Use of Citizen Science in the Characterization of the Lyon's Urban Heat and Cool Islands."

¹⁰ Renee and John, "Citizen Participation in Decision Making: Is It Worth the Effort?"; Brooks et al., "Tracking Adaptation and Measuring Development."

¹¹ <https://wow.knmi.nl/over-wow-nl>

¹² Park, Tuller, and Jo, "Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for Microclimatic Analysis in Urban Thermal Environments"; Aminipouri et al., "Modelling the Impact of Increased Street Tree Cover on Mean Radiant Temperature across Vancouver's Local Climate Zones"; Ahmadi Venhari, Tenpierik, and Taleghani, "The Role of Sky View Factor and Urban Street Greenery in Human Thermal Comfort and Heat Stress in a Desert Climate."

¹³ <https://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/contentgroep/klimaatbestendige-stad/resultaten/thermal-walk.html>

¹⁴ Alonso, "The Use of Citizen Science in the Characterization of the Lyon's Urban Heat and Cool Islands."