

Real-time sproeiadvies voor waterbesparing in de stad met citizen science-metingen

Esther Brakkee, Stijn Brouwer, Stefanie Salmon en Martin Korevaar (KWR)

Droogte in de stad en waterbesparing door gedragsverandering vormen in de watersector steeds belangrijker thema's. In de zomer van 2021 is in Eindhoven een pilot opgezet om real-time sproeiadvies voor stadstuinen beschikbaar te maken. Dit gebeurde op basis van een netwerk van metingen van de vochtigheid van tuinbodems door burgers zelf. De pilot heeft belangrijke lessen opgeleverd voor het inpassen van citizen science-metingen in wateronderzoek. Daarnaast laat het onderzoek zien dat de combinatie van een monitoringsnetwerk en een sproeiadvies veel kan bijdragen aan waterbesparing door burgers en beter begrip van droogte in de stad.

In droge zomers als die van 2018 en 2019 zien stedelijke waterbeheerders en drinkwaterbedrijven zich geconfronteerd met een grote watervraag, hittestress en droogteschade aan onder andere infrastructuur. Klimaatvoorspellingen [1] maken inmiddels duidelijk dat droge en hete periodes in Nederland in de toekomst waarschijnlijk steeds normaler gaan worden. Daarmee worden ook droogte en watergebruik in stedelijk gebied steeds belangrijker thema's [2], [3], [4].

Tuinen en ander stedelijk groen spelen een cruciale rol als waterbuffer in de stad en bieden verkoeling op hete dagen [2], [4]. Ze vormen echter ook een belangrijke watervrager. Het sproeien van tuinen gebeurt in de meeste gevallen met drinkwater [5], [6]. Dit draagt in droge periodes bij aan hoge pieken in het drinkwatergebruik, terwijl op dat moment de waterbeschikbaarheid toch al onder druk staat [6], [7]. Er is dan ook toenemende aandacht voor waterbesparing in stadstuinen.

Behalve visuele waarneming heeft de gemiddelde tuinbezitter weinig concrete informatie om de waterbehoefte van zijn of haar tuin in te schatten. De waterbehoefte van de planten in de tuin hangt immers af van de bodemvochtomstandigheden, de weersvoorspelling én de inrichting van de tuin. Ook wetenschappelijk gezien is er nog relatief weinig kennis over watergebruik en hydrologie van groen in de stad [2], [3], [4]. Steden vormen een complexe structuur waarin vocht- en hittestromen op lokale schaal enorm kunnen variëren. Daarbij zijn metingen en betrouwbare schattingen van droogtecondities en watervraag (verdamping) in de stad nog zeer schaars [2], [3], [4].

Citizen science en nieuwe technologie bieden kansen

Het betrekken van burgers via een citizen science-aanpak zou een bijdrage kunnen leveren aan het oplossen van deze kennislacune. Er zijn verschillende recente voorbeelden waarin burgers metingen doen aan het milieu. Een bekend voorbeeld is het 'Luftdaten'-project, dat inmiddels meer dan 14.000 actieve sensors heeft voor milieu- en weermetingen van burgers in met name Europa [8]. In Nederland is onder andere het collectief MeetjeStad actief, waarin burgers de luchtkwaliteit in verschillende steden meten [9]. Ook in de Nederlandse watersector is ervaring opgedaan met de toepassing van citizen science voor het verzamelen van metingen van onder andere oppervlaktewater- en drinkwaterkwaliteit [10]. Bijkomend voordeel is dat burgers meer betrokken raken bij het probleem als ze actief kunnen bijdragen aan monitoring.

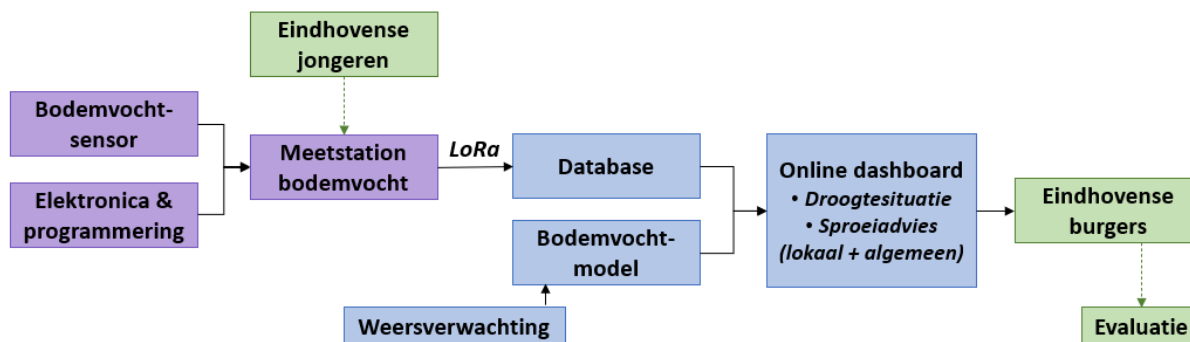
Ook voor vochtmonitoring zijn er mogelijkheden. Recente ontwikkelingen in goedkope doe-het-zelf-sensoren en de toepassing van *Internet of Things* (IoT) maken het mogelijk om zelf betaalbare meetstations te bouwen waarmee burgers het bodemvocht in hun tuin kunnen meten. Deze meetgegevens van individuele tuinen kunnen vervolgens draadloos worden verstuurd, real-time worden verwerkt en online weergegeven. Hiermee kan direct inzicht worden verkregen in de lokale droogtesituatie. Deze toepassing is in de Nederlandse context nieuw, maar heeft in Vlaanderen al zijn succes bewezen. Onder de naam Curieuze Neuzen hebben daar vanaf 2021 ruim 5000 burgers bodemvochtmetingen gedaan in hun tuin en zo bijgedragen aan wetenschappelijk onderzoek [11]. Ze gebruikten hiervoor een kant-en-klaar meetstation.

Voortbouwend op deze eerdere ervaringen hebben KWR-onderzoekers onderzocht hoe in een Nederlandse stad een netwerk voor vochtmonitoring en sproeiadvies kan worden opgezet, met behulp van recente techniek en citizen science. Daarbij is ook onderzocht in hoeverre zo'n sproeiadvies burgers daadwerkelijk aanzet hun sproeigedrag aan te passen, en dus of zo'n initiatief kan bijdragen aan stedelijke waterbesparing.

Opzet van het monitoringsnetwerk en sproeiadvies

In de zomer van 2021 is de pilot van het monitorings- en sproeiadviesnetwerk opgezet in Eindhoven (afbeelding 1). Samen met jongeren van twee Eindhovense techniekclubs zijn bodemvochtmeetstations in elkaar gezet en door de jongeren in de tuin geplaatst. De stations sturen via de Internet of Things-techniek LoRa de bodemvochtmetingen door naar een centrale database. Deze worden vervolgens in combinatie met KNMI-weersvoorspellingen als input gebruikt voor een bodemvochtmodel, om een eenvoudig sproeiadvies te genereren. Op een openbaar beschikbare website konden burgers op ieder moment de droogtesituatie en het sproeiadvies bekijken.

Om een beeld te krijgen van de waardering en effectiviteit van de sproeiadviezen, is voorafgaand aan de zomer van 2021 aan 5000 Eindhovenaren uit het klantbestand van Brabant Water een oproep gedaan om mee te doen aan onderzoek door in de zomer sproeiadviezen voor hun tuin te ontvangen. Ruim 300 (6,4%) van hen gaven aan interesse te hebben in deze adviezen en waren bereid om ook registratie- en evaluatievragenlijsten in te vullen (waarschijnlijk ligt de interesse voor het ontvangen van sproeiadviezen zonder vragenlijsten in te vullen nog hoger). Deze groep Eindhovenaren ontving gedurende de zomer iedere twee à drie weken een update van de droogtesituatie en het sproeiadvies in hun mailbox. Aan het einde van de zomer is bij hen geëvalueerd hoe zij het sproeiadvies waardeerden en wat voor effect het heeft gehad op hun watergebruik. De klanten die zich hebben aangemeld waren relatief vaak hoogopgeleid, gemiddeld 55 jaar oud (de oproep richtte zich met name op tuinbezitters) en waren al iets bovengemiddeld betrokken bij duurzaamheid in relatie tot kraanwater (65% had het 'Bewust en Betrokken'-watergebruiksperspectief zoals beschreven in [12]). Er is in deze groep een grote variatie in het sproeigedrag: ongeveer de helft gaf aan in droge periodes twee keer per week of vaker te sproeien, de helft één keer of minder, of zelfs zelden.



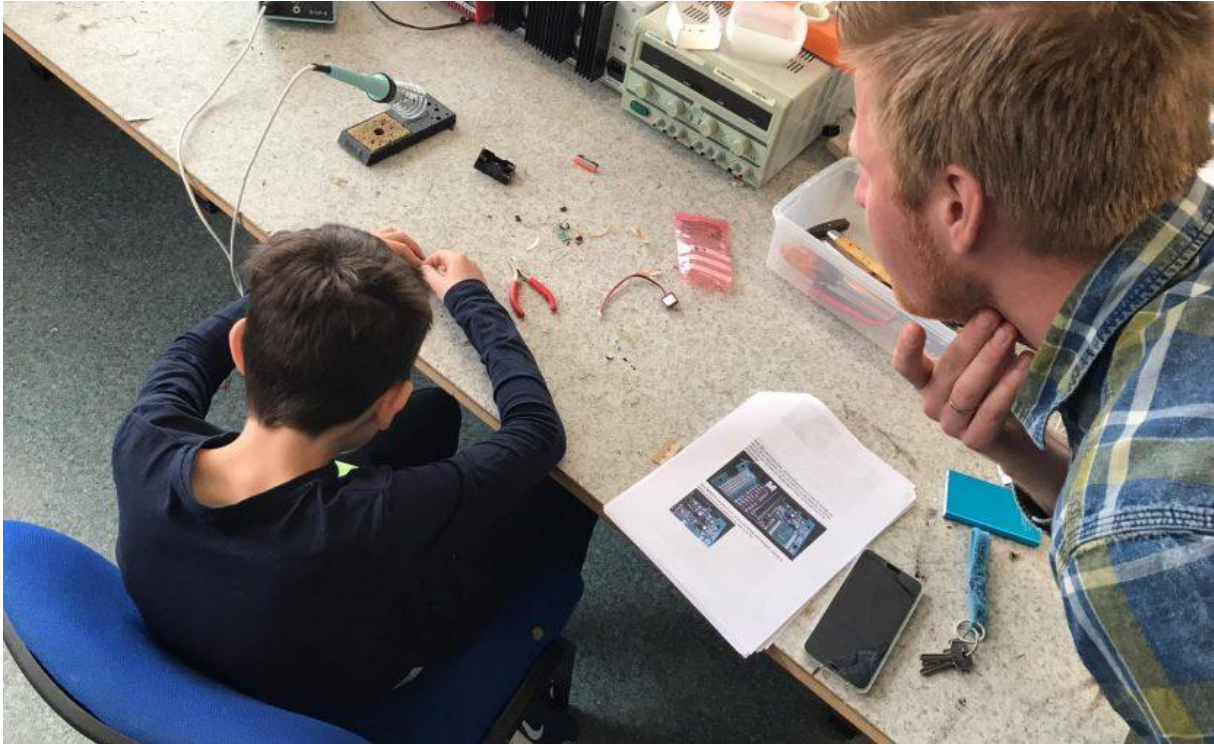
Afbeelding 1. Opzet van het vochtmonitorings- en sproeiadviesnetwerk

Hardware: bodemvochtmeetstations door en voor burgers

Het te ontwikkelen meetstation moest met eenvoudige middelen te bouwen zijn en werken met weinig tussenkomst van de gebruiker. Een meetstation bestaat uit een bodemvochtsensor en de bijbehorende elektronica voor aansturing en communicatie. Een aantal verschillende doe-het-zelf-bodemvochtsensoren is getest in het KWR-lab. Voor de sensor met de beste evaluatie is in het lab een kalibratiecurve opgesteld, om de ruwe sensorwaarden te vertalen naar een bodemvochtgehalte (% volume). In de laboratoriumtests gaf deze sensor een goed beeld van het bodemvochtgehalte, hoewel de betrouwbaarheid nog niet uitgebreid is onderzocht.

Om de metingen van de bodemvochtsensor uit te kunnen lezen is deze verbonden met een microcontrollerboard, ontwikkeld door MeetjeStad. Dit board bevat LoRa-hardware om de data over lange afstand, energie-efficiënt en draadloos te kunnen versturen. De benodigde computercode is ontwikkeld op basis van de MeetjeStad-firmware met de veel gebruikte ontwikkelomgeving van Arduino.

In dit onderzoek is ervoor gekozen om deelnemers de meetstations zelf in elkaar te laten zetten. In samenwerking met twee Eindhovense jeugd-techniekclubs zijn enkele workshops georganiseerd, waarin jongeren zelf de stations in elkaar hebben gesoldeerd en geprogrammeerd. Het betrekken van jongeren bij citizen science-onderzoek was voor de Nederlandse watersector een nieuwe ervaring. De jongeren hebben vervolgens op basis van een instructie de sensoren zelf in hun tuin geplaatst, waarna deze verbinding maakten met de centrale server. Uiteindelijk hebben tijdens de zomer zes sensoren doorlopend data doorgegeven. Bij een van de deelnemers is ook een professionele referentiesensor geplaatst als controle op de metingen.



Afbeelding 2. Bouwen van meetstations met jongeren

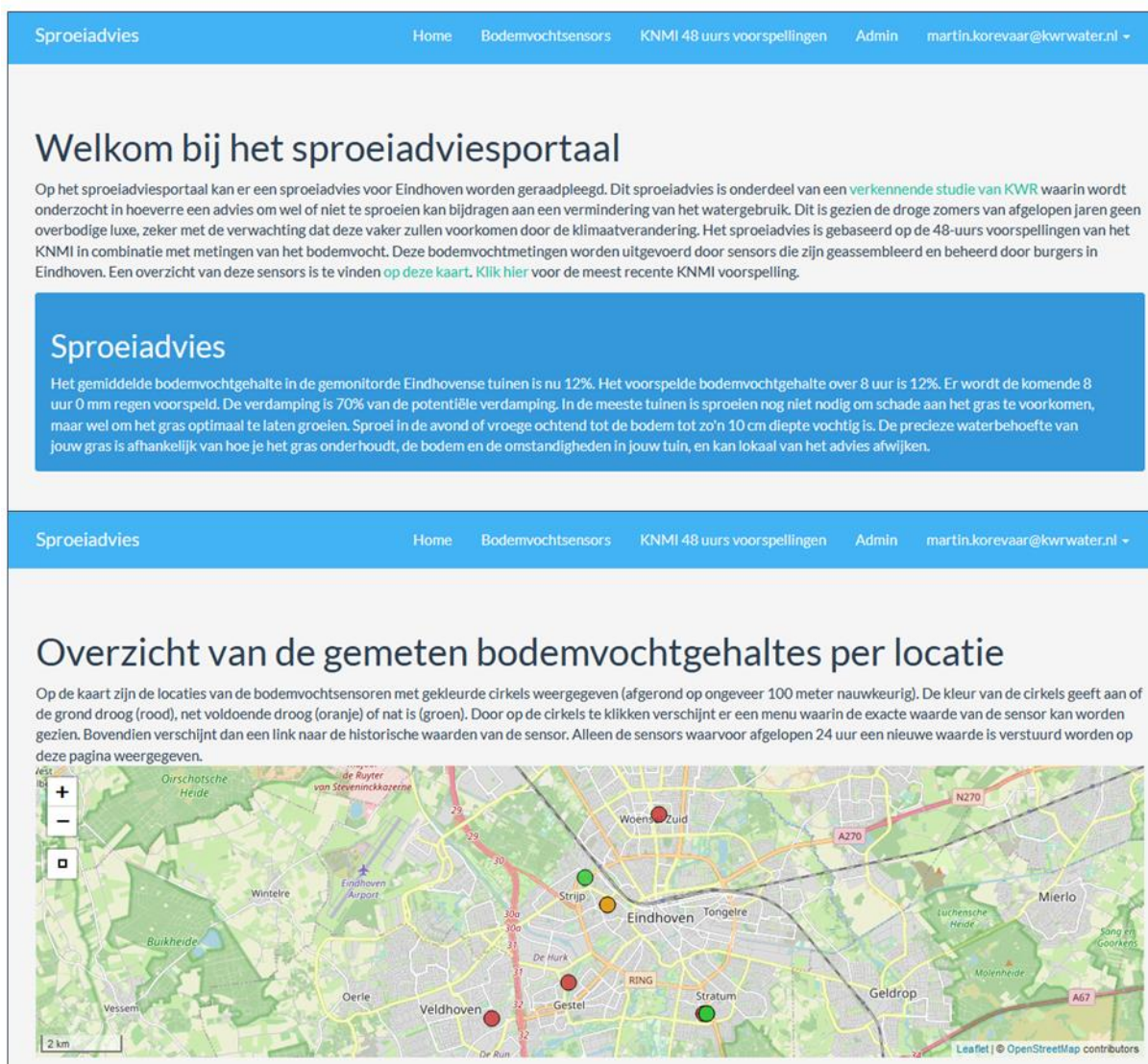
Software: modellering en sproeiadviesportaal

Om de bodemvochtdata te verwerken tot een sproeiadvies is een webservice opgezet. De webservice haalt elke paar uur de meest recente bodemvochtmetingen en KNMI-weersvoorspellingen op. Deze worden vervolgens gebruikt als input voor een bodemvochtmodel. Het bodemvochtmodel bestaat uit een eenvoudig waterbalansmodel dat de vochtvoorraad in de wortelzone bijhoudt [13]. Omdat de methode nog niet getest is en om verschillende locaties met elkaar te kunnen vergelijken, gaat het model uit van een eenvoudige standaard situatie: kortgemaaid gras op een lemige zandbodem. Dit ‘standaardgazon’ dient als indicator voor de algemene droogtesituatie van stadstuinen in Eindhoven. Op basis van het huidige gemeten bodemvochtgehalte en de voorspelde neerslag en verdamping maakt het model een voorspelling van de verwachte droogtestress van het gras in de komende twee dagen. Wanneer de droogtestress boven een bepaalde grenswaarde uitkomt wordt het advies ‘sproeien’ gegeven.

De daadwerkelijke noodzaak om te sproeien hangt ook af van de wensen van de tuineigenaar. Wanneer een tuinbezitter het niet erg vindt als het gras af en toe iets minder groen is, is sproeien veel minder snel nodig dan wanneer hij of zij een biljartlaken nastreeft. Daarom is gekozen om in het sproeiadvies drie niveaus te hanteren: *niet sproeien*, *sproeien om schade te voorkomen* en *sproeien voor optimale groei*. De bijbehorende grenswaarden voor de verdampingsreductie zijn geschat op basis van literatuur.

De bodemvochtmetingen en sproeiadviezen zijn gedurende de zomer gevisualiseerd op een open online portaal (afbeelding 3). Het portaal liet een algemeen sproeiadvies zien, gebaseerd op het gemiddelde van de metingen. Ook waren per locatie (op 100 m nauwkeurig) de bodemvochtmetingen en lokale sproeiadviezen te zien. Naast dit dashboard zijn gedurende de zomer twee- à driewekelijks e-mails uitgestuurd naar de bovengenoemde Eindhovenaren die zich hadden opgegeven voor de

sproeiadviezen. Hierin werden de actuele droogtesituatie en het sproeiadvies gepresenteerd, samen met een algemene tip vanuit Brabant Water aan water in de tuin te besparen.



Afbeelding 3. Voorbeeld van de hoofdpagina en bodemvochtmetingen op het sproeiadviesportaal

Uitkomsten en ervaringen

Opzet monitoringsnetwerk en sproeiadvies

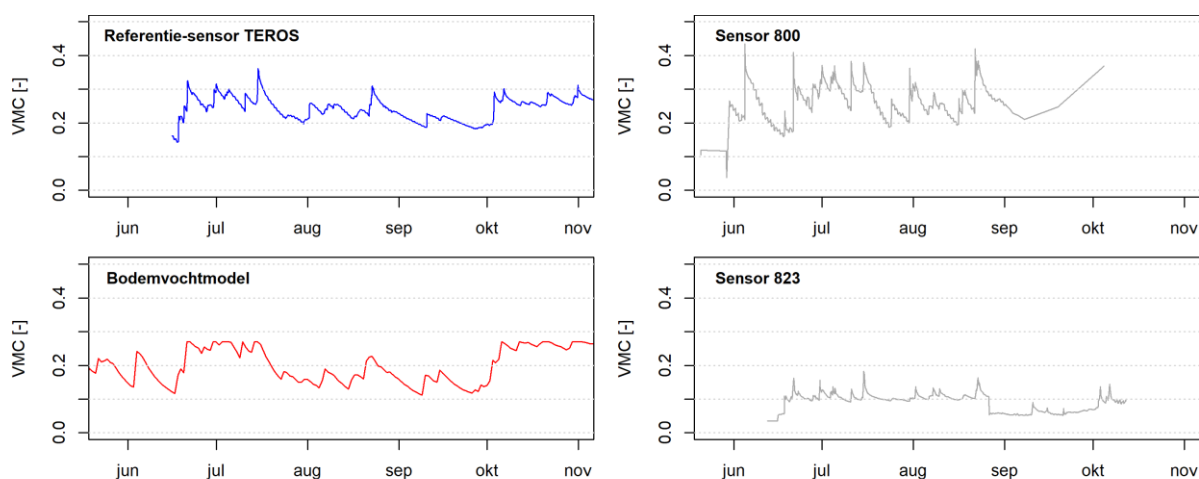
De globale opzet van het monitorings- en sproeiadviesnetwerk bleek in de test in 2021 succesvol te zijn. Over de gehele zomer hebben meerdere bodemvochtmeetstations data doorgestuurd, hebben de routines om data in te lezen en voorspellingen te maken gedraaid en zijn sproeiadviezen online gepresenteerd. Met de gebruikte, relatief goedkope materialen was het mogelijk om burgers (in dit geval jongeren) zonder voorkennis zelf een bodemvochtsensor in elkaar te laten zetten. Wanneer de sensor eenmaal geplaatst is en contact maakt kan deze maandenlang zonder tussenkomst van de gebruiker data doorsturen, en kunnen deze data automatisch verder verwerkt worden.

In deze pilot bleek dat het goed mogelijk én leuk is om samen met jongeren de sensoren te bouwen – dit draagt immers ook bij aan het bereiken van een bredere range van burgers (waaronder ouders) en het stimuleren van interesse in techniek. Wel bleek dat er aan het zelf laten maken en beheren van de

sensoren door jongeren (of andere burgers) een aantal haken en ogen zit. Het kostte deelnemers relatief veel tijd om zelf een sensor in elkaar te zetten. Daarnaast was inzet nodig om workshops te organiseren en nazorg om de sensoren werkend te krijgen en houden. Dit bleken belangrijke knelpunten, waardoor in deze studie minder sensoren geplaatst zijn dan van tevoren gepland. Ruwweg de helft van de originele deelnemers heeft een werkende sensor gemaakt en geplaatst, waarvan weer ongeveer de helft ook daadwerkelijk gedurende de hele zomer data heeft verstuurd. Er zou een betere slagingskans en daarmee een betere dekking aan meetlocaties kunnen worden bereikt door het ontwerp te vereenvoudigen of door, zoals in Vlaanderen wordt gedaan, een kant-en-klare sensor te leveren. Dit kan wel een deel van het 'eigenaarschap' van de deelnemers wegnemen. Ook kan worden gekozen om het onderzoek direct te richten op volwassenen.

Kwaliteit van de metingen en adviezen

De opgezette bodemvochtmonitoring geeft een eerste beeld van de bruikbaarheid van goedkope doe-het-zelf-sensoren voor het grootschaliger monitoren van droogte. De metingen uit de tuinen gaven een redelijk goed kwalitatief beeld van de bodemvochtontwikkelingen: de sensoren reageerden goed op natte en droge periodes. Ook bleef de gemiddelde meetwaarde over de verschillende tuinen in de buurt van de metingen van de referentiesensor en de simulaties door het bodemvochtmodel. De daadwerkelijke gemeten waarden van de individuele sensoren bleken echter vaak onbetrouwbaar en de sensoren in verschillende tuinen gaven vaak zeer uiteenlopende bodemvochtwaarden. Dit wordt waarschijnlijk deels veroorzaakt door afwijkingen van de sensoren zelf en door verschillen in de manier waarop de sensoren door de deelnemers zijn geplaatst – hier is immers geen controle op. Een deel van de variatie komt waarschijnlijk ook door werkelijke ruimtelijke variaties in bodemvochtcondities, die zeker in stedelijke omgeving groot zijn [3], [4]. Voor het beter begrijpen van de betrouwbaarheid van de bodemvochtmetingen en -simulaties is nader onderzoek nodig. Wel is duidelijk geworden dat voor betrouwbare droogtemonitoring en sproeiadvies een groot aantal meetlocaties vereist is.



Afbeelding 4. Voorbeeld van bodemvochtmetingen van twee zelfgebouwde sensoren (grijs, rechts) in vergelijking met de referentiesensor en het bodemvochtmodel (links)

Waardering en effectiviteit sproeiadviezen

Aan het eind van de zomer is aan alle 319 ontvangers van de sproeiadviezen een evaluatievragenlijst gestuurd, die door een derde (35%) van hen is ingevuld. In deze vragenlijst rapporteerden de deelnemers hun sproeigedrag in de zomer van 2021 en gaven ze een evaluatie van de sproeiadviezen. De meeste ontvangers hebben in 2021 weinig gesproeid, en veel minder dan in voorgaande zomers. Omdat de zomer van 2021 relatief nat was is het werkelijke effect van de sproeiadviezen op het sproeigedrag van de deelnemers moeilijk te beoordelen. Wel gaven veel van hen aan de sproeiadviezen altijd gelezen te hebben, deze nuttig en betrouwbaar te vinden en te vinden passen bij het drinkwaterbedrijf. Daarnaast blijkt uit de evaluatie dat het ontvangen van de adviezen de deelnemers gemotiveerd heeft om bewuster met water om te gaan. Het lijkt er dus op dat sproeiadviezen in principe effectief kunnen zijn om mensen te activeren water te besparen.

De meeste respondenten vonden de sproeiadviezen corresponderen met wat ze in hun eigen tuin zagen. Sommige deelnemers vonden de adviezen minder goed kloppen, mogelijk doordat hun tuin afweek van de aannames uit het sproeiadvies, bijvoorbeeld door meer schaduw of een andere begroeiing. Sommige deelnemers gaven aan ook graag sproeiadviezen te willen ontvangen voor andere situaties dan het standaard grasveld waar het advies vanuit ging. In hoeverre de gebruikte 'one size fits all'-sproeiadviesmethode van toepassing is in verschillende typen tuinen, is een interessant onderwerp voor verder onderzoek.

Het meest opvallende resultaat uit de evaluatie is dat het ontvangen van sproeiadviezen gewaardeerd werd, ondanks het feit dat het advies zelf door de natte zomer meestal toch het weinig spannende 'niet sproeien' inhield. Ruim drie op de vier ontvangers (77%) gaf aan ook in de toekomst graag sproeiadviezen te willen ontvangen. Slechts 6% wilde geen sproeiadviezen meer ontvangen wanneer deze opnieuw zouden worden gegeven.

Vooruitblik: real-time sproeiadvies en droogtemonitoring in de stad

Hoewel de pilot in Eindhoven nog kleinschalig is, laat deze zien dat het mogelijk is om op basis van eenvoudige middelen en citizen science een droogtemonitoringsnetwerk op te zetten voor stadstuinen, dit te combineren met weersvoorspellingen, en op basis hiervan een real-time sproeiadvies te presenteren. De evaluatie door gebruikers laat zien dat een dergelijke droogtemonitoring en sproeiadvies gewaardeerd worden. Bovendien laat het zien dat dit een effectief middel zou kunnen zijn om waterbewustzijn en -besparing te stimuleren. Het ontwerp van de meetstations en de manier waarop burgers worden betrokken zijn belangrijke aandachtspunten voor een succesvol meet- en adviesnetwerk. Het betrekken van burgers bij het in elkaar zetten van de sensoren, in dit geval jongeren, is waardevol maar beperkt de controle op de uiteindelijke metingen. De daadwerkelijke betrouwbaarheid en effectiviteit van de opzet kon in dit onderzoek nog niet volledig worden beoordeeld. De pilot in Eindhoven biedt echter een *proof of concept* voor real-time droogtemonitoring en sproeimanagement in stadstuinen. Het verder ontwikkelen van dit type netwerken zou een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan waterbewustzijn en -besparing en de kennis van droogte en watergebruik in de stad.

Referenties

1. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (2021). *KNMI Klimaatsignaal '21: Hoe het klimaat in Nederland snel verandert*. KNMI: De Bilt. p. 72.
2. Veraart, J. and Voskamp, I. (2022). *Deltafact Droogte en hitte in de stad*. STOWA.
3. Lin, B.B., et al. (2018). 'Soil management is key to maintaining soil moisture in urban gardens facing changing climatic conditions'. *Scientific Reports*, 2018. 8(1): p. 17565.
4. Jacobs, C., et al. (2015). 'Assessment of evaporative water loss from Dutch cities'. *Building and Environment*, 2015. 83: p. 27-38.
5. Milieucentraal (2021). *Je tuin als wapen tegen hitte, droogte en hoosbuien: wat vinden tuinbezitters?*
6. Vertommen, I., et al. (2018). *Weers- en seizoensinvloeden op waterverbruik*. KWR: Nieuwegein.
7. Hillebrand, B., Vonk, E. Raterman, B. (2019). *Oorzaak piekverbruik (technisch memo)*. KWR. p. 22.
8. Sensor.Community. *Sensor.Community global sensor network*. <https://sensor.community/en/>, geraadpleegd 6 april 2022
9. MeetJeStad (2022). *Meet je Stad; initiatief voor burgerwetenschap*. https://meetjestad.net/nl/Welkom_bij_Meet_je_Stad, geraadpleegd 6 april 2022
10. Brouwer, S., et al. (2019). 'De verbreding van citizen science in de watersector'. *H2O-Online*, 1 april 2019.
11. Curieuzeneuzen (2022). *CurieuzeNeuzen: Wetenschap door en voor burgers*. <https://curieuzeneuzen.be/over-curieuzeneuzen/>, geraadpleegd 6 april 2022
12. Brouwer, S., Sjerps, R. (2018). *Klantperspectieven*. KWR: Nieuwegein.
13. Ireson, A.M., Butler, A.P. (2013). 'A critical assessment of simple recharge models: application to the UK Chalk'. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2013. 17(6): p. 2083-2096.