

Delft Meet Regen

Vergelijking van de regenmeters van Delft Meet Regen met
andere regenmeters

Karen Chen

Bachelor of Science aan de Technische Universiteit van Delft

Oktober 2021

| | | |
|----------------|---------------------------|----------|
| Studentnummer: | 4680227 | |
| Begeleiders: | Marie-Claire ten Veldhuis | TU Delft |
| | Remko Uijlenhoet | TU Delft |
| | Sandra de Vries | TU Delft |

Voorwoord

Dit is een verslag voor het Bachelor eind project, voor het afronden van de Bachelor of Science in Civiele Techniek aan de Technische Universiteit van Delft. In dit verslag worden de regenmeters van het Delft Meet Regen project vergeleken met andere soorten regenmeters.

Hierbij wil ik Marie-Claire ten Veldhuis en Remko Uijlenhoet bedanken voor hun begeleiding en advies tijdens dit project. Ook wil ik Sandra de Vries bedanken voor alle informatie over het Delft Meet Regen project.

Samenvatting

In het project Delft Meet Regen zijn er ongeveer 90 inwoners in Delft die een eigen handmatige regenmeter hebben gekregen en elke ochtend het aantal millimeters regen meten dat gedurende de ongeveer 24 uur daaraan voorafgaand is gevallen. De data van deze regenmeters gedurende een periode van ongeveer 6 weken zijn vergeleken met die van het automatische weerstation van het KNMI bij Rotterdam Airport, de regenmeter van het vrijwilligersnetwerk van het KNMI bij de Botanische tuin in Delft, en de automatische weerstations die verbonden zijn met het WOW-NL netwerk. De data van het automatische weerstation van het KNMI bij Rotterdam Airport zijn vergeleken met de gemiddelde waarden van de data van het Delft Meet Regen project, waarbij de verschillen te inconsistent zijn om dit aan een systematische fout te wijten. De buien in Delft verschillen van de buien in Rotterdam. De neerslagdata van de regenmeter van het vrijwilligersnetwerk van het KNMI volgen bijna dezelfde patronen als de regenmeter van het Delft Meet Regen project, met een afwijking van enkele millimeters. Er zijn vijf meetpunten waar de handmatige regenmeters van het Delft Meet Regen project zijn vergeleken met de automatische weerstations die zijn verbonden met het WOW-NL netwerk die op dezelfde locatie staan. Op een na, volgden de data van de handmatige regenmeter bijna dezelfde patronen als het automatische weerstation. Hierbij was er in de meeste gevallen een afwijking van enkele millimeters, waarbij sommige regenmeters een grotere afwijking vertoonden dan andere.

Inhoudsopgave

| | |
|--|-----|
| Voorwoord | ii |
| Samenvatting | iii |
| 1. Inleiding | 1 |
| 2. De verschillende regenmeters..... | 2 |
| 2.1 Regenmeters Delft Meet Regen..... | 2 |
| 2.2 Automatische weerstations van het KNMI..... | 2 |
| 2.3 Vrijwilligersnetwerk van het KNMI | 3 |
| 2.4 WOW-NL..... | 3 |
| 3. Plan van aanpak..... | 4 |
| 4. De data..... | 5 |
| 4.1 Handmatige regenmeters Delft Meet Regen | 5 |
| 4.2 Automatische weerstations van het KNMI..... | 5 |
| 4.3 Handmatige regenmeter vrijwilligersnetwerk van het KNMI | 5 |
| 4.4 Automatische weerstations WOW-NL..... | 5 |
| 5. Resultaten | 6 |
| 5.1 Vergelijking van de regenmeters van het Delft Meet Regen project met de automatische weerstations van het KNMI..... | 6 |
| 5.2 Vergelijking van de regenmeters van het Delft Meet Regen project met de regenmeter van het vrijwilligersnetwerk van het KNMI | 7 |
| 5.3 Vergelijking van de regenmeters van het Delft Meet Regen project met de automatische weerstations die verbonden zijn met WOW-NL | 8 |
| 5.3.1 Kinderboerderij in Delft | 8 |
| 5.3.2 Tanthof Oost..... | 9 |
| 5.3.3 Nieuwelaan..... | 10 |
| 5.3.4 Schoemakersplantage | 11 |
| 5.3.5 Pionierskwartier..... | 12 |
| 5.3.6 De verschillen tussen de regenmeters..... | 13 |
| 5.4 Vergelijking van de drie regenmeters van het Delft Meet Regen project bij Deltares | 14 |
| 6. Discussie..... | 15 |
| 7. Conclusie | 16 |
| Verwijzingen | 17 |
| Bijlage | 18 |
| Bijlage A: Neerslag radarbeelden van het KNMI | 18 |
| Bijlage B: Cumulatieve plots vanaf een datum voor 16 augustus..... | 26 |
| Bijlage C: Python script | 27 |

1. Inleiding

Neerslag is een belangrijk onderdeel van de hydrologische cyclus. Te weinig neerslag kan tot droogte leiden, maar te veel neerslag kan tot overstromingen leiden. Het is daarom belangrijk om de neerslag te monitoren en ervoor te zorgen dat de waargenomen gegevens een goed beeld geven van de werkelijke situatie. Hierbij spelen meerdere factoren een rol. De gegevens van de automatische weerstations van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) zijn bijvoorbeeld betrouwbaar en per 10 minuten beschikbaar, maar er zijn maar 34 van zulke weerstations op het vasteland. Als er ergens plaatselijk extreem weer plaatsvindt, dan kan er niet gezien worden waar de meeste neerslag precies valt in dat gebied. Het KNMI heeft daarom ook nog een vrijwilligersnetwerk met meer dan 300 regenmeters. Deze leveren echter alleen dagcijfers op. Verder zijn er ook kleine automatische weerstations die verbonden zijn met het WOW-NL (Weather Observations Website) netwerk. In Delft is er ook een project aan de gang dat als doel heeft de neerslag beter in kaart te brengen. In het project Delft Meet Regen worden er regenmetingen gedaan door ongeveer 90 inwoners in Delft, wat zorgt voor veel gegevens. Door meer metingen te doen, kan er een beter beeld worden gevormd over hoeveel neerslag er precies valt en ook waar in Delft de meeste neerslag valt. Er kunnen echter wel wat meer onnauwkeurigheden zijn bij deze methode van meten omdat dit geen professionele meetinstrumenten zijn. Er zijn dus veel data beschikbaar van verschillende soorten regenmeters en het doel is om te kijken naar de verschillen en overeenkomsten tussen de meetmethoden en de data en om de oorzaken hiervan te vinden.

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt als volgt:

Wat zijn de verschillen tussen de regenmeters van het Delft Meet Regen project en de automatische regenmeters van het KNMI, de regenmeter van het vrijwilligersnetwerk van het KNMI en de automatische regenmeters die zijn verbonden met het WOW-NL netwerk?

De deelvragen zijn:

- Wat zijn de sterke en zwakke punten van elk meetmethode?
- Hoe verschillen de gemiddelde metingen van de regenmeters van het Delft Meet Regen project van de metingen van de automatische regenmeters van het KNMI?
- Hoe verschillen de metingen van de regenmeter van het Delft Meet Regen project bij de Botanische tuin van de metingen van de dichtstbijzijnde regenmeter van het vrijwilligersnetwerk van het KNMI bij de Botanische tuin?
- Hoe verschillen de metingen van de handmatige regenmeters van het Delft Meet Regen project van de metingen van de automatische regenmeters van het WOW-NL netwerk die op dezelfde locatie staan?
- Wat zijn de verklaringen voor de verschillen?

2. De verschillende regenmeters

In dit hoofdstuk worden de verschillende regenmeters beschreven en worden hun sterke en zwakke punten besproken.

2.1 Regenmeters Delft Meet Regen

Iedereen die meedoet aan het project Delft Meet Regen heeft dezelfde handmatige regenmeter gekregen. Deze is te zien in Figuur 1. Het plaatsen van de regenmeter moest aan meerdere eisen voldoen (Waterlab, 2021):

- Het mocht niet dichtbij hoge objecten staan, zoals gebouwen en bomen, omdat deze de regenmeting kunnen belemmeren. De minimale afstand tussen de regenmeter en het hoge object moest twee keer de hoogte van het object zijn.
- De bovenkant van de regenmeter moest 40 cm boven de grond uitkomen.
- De regenmeter moest rechtop staan.
- De regenmeter moest op een plek staan waar die niet makkelijk omgeduwd kon worden.

De metingen moeten elke dag plaatsvinden tussen 8 en 10 uur 's ochtends zodat de regen voor de gehele dag wordt gemeten. Het is belangrijk dat iedereen in hetzelfde tijdvak meet zodat de resultaten met elkaar vergeleken kunnen worden. De metingen moeten doorgegeven worden via de Survey123 app. Naast de meting zelf, moeten ook de locatie, datum en een foto van de regenmeter doorgegeven worden, zodat de meting gecontroleerd kan worden als er een niet logisch resultaat blijkt te zijn.



Figuur 1. De handmatige regenmeter van het Delft Meet Regen project

Een sterk punt is dat er in dit project ongeveer 90 inwoners zijn verspreid over Delft die een regenmeter hebben gekregen en meedoen aan dit project. Dit is een groot aantal meetpunten, wat een beter beeld kan geven van de neerslag in Delft in zijn geheel, maar ook de verschillen in de neerslag binnen Delft. Hiermee kan er goed worden gezien waar er de meeste regen valt. Echter, omdat deze metingen met de hand worden gedaan, kan het zijn dat er fouten optreden, waardoor de kwaliteit van de resultaten minder wordt. Dit kan bijvoorbeeld komen doordat de regenmeter niet juist is geplaatst, de meting niet in het juiste tijdvak wordt gedaan, de regenmeter niet goed is afgelezen of doordat de gegevens niet goed zijn ingevoerd. Ook moeten de regenmeters elke dag geleegd worden. Als iemand dit vergeet, kan het zo zijn dat de meting van de daarop volgende dag een veel te hoge waarde heeft. Verder zijn de regenmeters open, dus het zou kunnen dat de waargenomen neerslag minder is dan er werkelijk is gevallen doordat er gedurende de dag een deel is verdampt.

2.2 Automatische weerstations van het KNMI

Het KNMI heeft in totaal 48 automatische weerstations verspreid over Nederland. Hiervan staan er 34 op land en 14 op zee (KNMI, sd). Deze weerstations bestaan uit meerdere meetinstrumenten die continu verschillende weersomstandigheden meten, waaronder neerslag. De regenmeters werken met een vlotter die het waterniveau in een reservoir registreert. De actuele waarnemingen zijn te zien op de website van het KNMI en deze worden elke 10 minuten ververs. Alle urengegevens van het verleden zijn ook beschikbaar op de website van het KNMI (KNMI, sd). Het dichtstbijzijnde weerstation voor Delft is die bij Rotterdam Airport en de resultaten van dit weerstation zullen worden gebruikt voor dit verslag om te vergelijken met de resultaten van de regenmeters van het project Delft Meet Regen.

De regenmeters van deze weerstations zijn van hoge kwaliteit en leveren dus nauwkeurige resultaten op. De metingen vinden automatisch plaats dus dit zorgt ervoor dat alle metingen op de juiste tijdstippen plaatsvinden, zonder menselijke meetfouten. Ook vindt er regelmatig onderhoud plaats en als er een storing is wordt dit snel opgelost.

Het nadeel is dat ze heel duur zijn en er maar weinig van kunnen worden neergezet. De resultaten zijn dus nauwkeurig, maar wel voor maar een specifieke plek. De onderlinge verschillen binnen een gebied worden daardoor niet waargenomen.

2.3 Vrijwilligersnetwerk van het KNMI

Zoals eerder genoemd, zijn er maar een beperkt aantal automatische weerstations van het KNMI. De hoeveelheid neerslag kan over kleine afstanden al veel variëren en daarom heeft het KNMI ook een netwerk van handmatige regenmeters die worden waargenomen door 322 vrijwilligers. Deze regenmeters voldoen aan de internationale eisen die opgesteld zijn door de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO) (KNMI, sd). In Delft is er in de Botanische tuin een vrijwilliger die voor het KNMI meet.

Met dit extra netwerk van regenmeters wordt er een beter beeld van de neerslag in Nederland gevormd. Deze regenmeters moeten ook aan bepaalde eisen voldoen, wat in principe een betere kwaliteit oplevert in vergelijking met de regenmeters van het Delft Meet Regen project.

Echter, het nadeel is dat ook dit netwerk maar uit een beperkt aantal meetpunten bestaat, aangezien er in Delft maar één meetpunt is.

2.4 WOW-NL

Naast de professionele automatische weerstations van het KNMI heeft het KNMI een netwerk van kleine automatische weerstations (van mindere kwaliteit) die beheerd worden door burgers. De Weather Observations Website (WOW) is van oorsprong Brits en het Nederlandse platform heet WOW-NL (WOW-NL, sd). In Figuur 2 is het automatische weerstation te zien. De regenmeter heeft een kantelbakje. Elke keer als het bakje vol zit, kantelt hij en hiermee wordt er bepaald hoeveel neerslag er valt. Op de trechter opening na is het instrument helemaal dicht. Hiermee wordt er voorkomen dat water verloren gaat door verdamping. Dit weerstation is verbonden met een unit die alle waarden die het meet weergeeft. Deze unit is verbonden met het WOW-NL netwerk via wifi en zo worden alle data bewaard. In Delft zijn er meerdere weerstations die verbonden zijn met het WOW-NL netwerk, waaronder vijf weerstations waarvan de data gebruikt kunnen worden.



Figuur 2. Het automatische weerstation dat verbonden is met het WOW-NL netwerk

Het WOW-NL netwerk heeft al meer meetpunten dan het vrijwilligersnetwerk van het KNMI. Deze regenmeters meten elke 5 minuten automatisch en voorkomen ook nog eens dat er water verloren gaat door verdamping, dus vergeleken met de regenmeters van het Delft Meet Regen project is de verwachting dat deze data iets nauwkeuriger zullen zijn.

Een zwak punt van deze regenmeters is dat deze verbonden moeten zijn met wifi om alle data door te geven en op te slaan op het WOW-NL netwerk. Als dit niet het geval is, dan zal de data alleen even te zien zijn op een schermje en daarna verloren gaan. In Delft zijn er meer dan zes van zulke regenmeters, maar sommige zijn niet verbonden met wifi en die data gaan dus verloren. De data zullen dus ook niet doorgegeven kunnen worden bij bijvoorbeeld een internetstoring. Verder zijn deze automatische weerstations veel kleiner dan de automatische weerstations van het KNMI. Het vangoppervlak is daardoor veel kleiner dan die van het KNMI waardoor deze weerstations gevoeliger zijn voor toevallige fluctuaties.

3. Plan van aanpak

In dit hoofdstuk wordt het plan van aanpak besproken.

Als eerste is de data bekeken en zo nodig zijn ze ook aangepast in Excel. Daarna zijn deze data met Python verwerkt.

Om de verschillende regenmeters te vergelijken, is er gebruik gemaakt van cumulatieve grafieken en een dubbele massa analyse. De cumulatieve grafieken laten zien hoe de hoeveelheid neerslag verschilt tussen de regenmeters en op welke dagen de verschillen optreden. Met de dubbele massa analyse worden de cumulatieve data van een meetpunt uitgezet tegen de cumulatieve data van een ander meetpunt. Hierbij is er een referentielijn waarmee vergeleken wordt. Als de lijn precies overeenkomt met de referentielijn, betekent dit dat de meetpunten dezelfde waarde hebben gemeten. Als er echter een breuk is in de helling van de lijn, dan betekent dit dat het ene meetpunt een andere waarde heeft gemeten dan het andere meetpunt. (Searcy & Hardison, 1960). Met deze analyse kan er gezien worden of de verschillen consistent zijn.

Aangezien het dichtstbijzijnde automatische weerstation van het KNMI bij Rotterdam Airport is, zijn deze data vergeleken met de gemiddelde waarden van alle meetpunten van het Delft Meet Regen project. Hiermee wordt er gekeken of de neerslag die gemeten wordt door het automatische weerstation bij Rotterdam Airport ook representatief is voor de neerslag in Delft.

Voor het vrijwilligersnetwerk van het KNMI is er een vrijwilliger in de Botanische tuin van Delft die elke dag de regenmeter daar afleest. Deze vrijwilliger heeft ook een regenmeter van het project Delft Meet Regen. De data van deze twee regenmeters zijn met elkaar vergeleken om te kijken hoe groot de foutmarge is tussen een regenmeter die aan bepaalde eisen moet voldoen en een regenmeter die minder streng wordt gecontroleerd.

Er zijn vijf weerstations die verbonden zijn met het WOW-NL netwerk verspreid over Delft waarvan de data gebruikt kan worden. De eigenaars van deze weerstations hebben allemaal ook een handmatige regenmeter van het Delft Meet Regen project. De data van elk automatische weerstation zijn daarom vergeleken met de data van de handmatige regenmeter van dezelfde eigenaar. Hiermee werd er gekeken hoe groot de foutmarge is tussen een automatische weerstation en een handmatige regenmeter die min of meer op dezelfde locatie staat. Dit zijn de locaties waar de handmatige regenmeters en de automatische weerstations staan die met elkaar vergeleken zijn:

- De kinderboerderij in Delft
- Tanthof Oost
- Nieuwelaan
- Schoemakersplantage
- Pionierskwartier

Als laatste zijn er bij Deltares drie dezelfde regenmeters van het Delft Meet Regen project die naast elkaar staan. Deze zijn met elkaar vergeleken om te kijken hoe groot de foutmarge van zo'n regenmeter ongeveer is. Het instrument zelf kan een foutmarge hebben doordat die bijvoorbeeld niet recht staat, maar er kan ook een foutmarge ontstaan doordat de regenmeter niet goed is afgelezen.

4. De data

In dit hoofdstuk wordt er besproken hoe de data er uitzien en hoe deze zijn verwerkt.

4.1 Handmatige regenmeters Delft Meet Regen

Alle data van de regenmeters van het Delft Meet Regen project staan in een Excel bestand. Hierin staan onder andere het meetpunt, de coördinaten, de datum, de hoeveelheid neerslag in millimeters en eventuele opmerkingen.

Zoals eerder is genoemd, worden alle metingen handmatig via een app doorgegeven. Een probleem dat hierbij komt kijken is dat de manier waarop de vrijwilligers de metingen invoeren kan verschillen. De meest voorkomende inconsistentieproblemen waren dat sommige vrijwilligers “mm” achter het getal hadden getypt en dat een deel komma’s had gebruikt terwijl een ander deel punten had gebruikt. Ook is het meerdere keren voorgekomen dat vrijwilligers een korte beschrijving erbij hadden gezet.

Mensen kunnen ook typfouten maken. Zo is het meerdere keren voorgekomen dat er de letter “O” in plaats van het cijfer “0” was getypt. Een ander opmerkelijk geval was dat iemand 0,78 had ingevuld. Vergeleken met alle andere metingen was dit heel specifiek. Bij elke meting moet er een foto worden gemaakt zodat de meting gecontroleerd kan worden bij opmerkelijke waarden. Na een controle met behulp van de foto bleek dat de meting 7,8 mm had moeten zijn. Al deze problemen waren op te lossen door door de data heen te gaan en aan te passen waar nodig.

Verder waren er nog een paar problemen voor de individuele analyses. Voor sommige meetpunten waren er een paar data waarvan de metingen van een paar dagen bleken te zijn, doordat de regenmeter tussendoor niet was geleegd. Dit is aangegeven bij de opmerkingen door de vrijwilligers. Deze metingen zijn verspreid over meerdere dagen waar nodig. Ook misten sommige meetpunten een paar dagen. Deze dagen zijn toegevoegd met een waarde van 0 mm. Hierbij is er ook bij het automatische weerstation op dezelfde locatie gekeken of er daar ook 0 mm was waargenomen.

4.2 Automatische weerstations van het KNMI

De data van de automatische weerstations van het KNMI staan in een tekstdocument en deze zijn beschikbaar via de website van het KNMI. Deze weerstations doen meerdere soorten metingen, maar alleen de neerslaggegevens zijn voor dit project relevant. De neerslaggegevens staan in 0,1 mm per uur en deze zijn omgezet naar mm per dag. De meeste metingen van het Delft Meet Regen project zijn gedaan rond 8 uur ‘s ochtends. De data van het KNMI zijn daarom ook gesommeerd van 8 uur ‘s ochtends tot 8 uur ‘s ochtends de volgende dag, zodat ze vergeleken kunnen worden met de data van het Delft Meet Regen project.

4.3 Handmatige regenmeter vrijwilligersnetwerk van het KNMI

De data van het vrijwilligersnetwerk van het KNMI heeft dezelfde structuur als de automatische weerstations en zijn ook beschikbaar via de website van het KNMI. Deze data staan ook in een tekstdocument waarbij de neerslag data in 0,1 mm per dag staan, dus deze data hoefde alleen omgezet te worden naar mm per dag. Deze metingen zijn ‘s ochtends rond dezelfde tijd als de regenmeters van het Delft Meet Regen project gedaan.

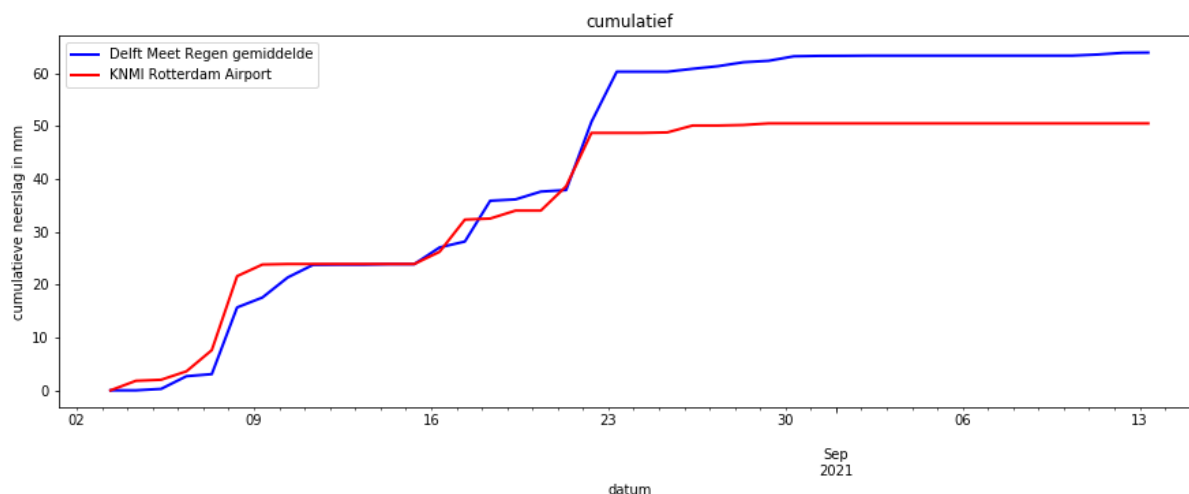
4.4 Automatische weerstations WOW-NL

Op de website van WOW-NL kan voor elk weerstation de data worden gedownload. De data staan in een Excel bestand. Het opmerkelijke is dat de metingen van elke 5 minuten in mm/uur staan. Om de data om te zetten naar mm/dag, zijn alle metingen eerst gedeeld door 12 waardoor ze in mm/5 minuten staan. Deze zijn bij elkaar opgeteld om mm/uur te krijgen en uiteindelijk mm/dag. Niet alle handmatige regenmeters zijn op hetzelfde tijdstip afgelezen, dus de data van de automatische weerstations zijn geplot voor het tijdstip dat overeenkomt met de handmatige regenmeter die op dezelfde locatie staat.

5. Resultaten

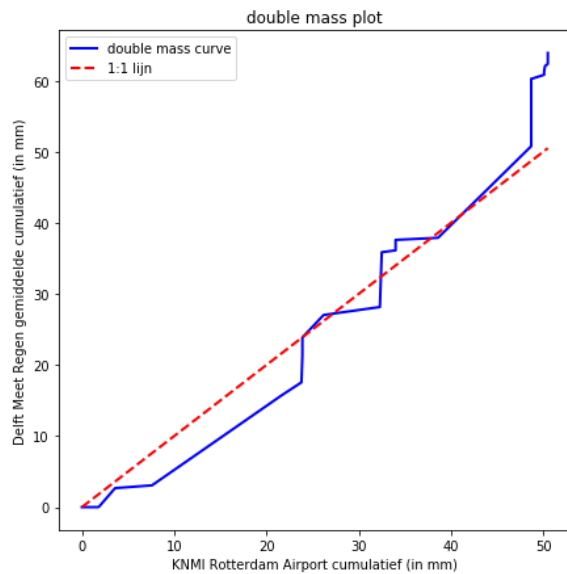
5.1 Vergelijking van de regenmeters van het Delft Meet Regen project met de automatische weerstations van het KNMI

In Figuur 3 is de cumulatieve grafiek te zien, met de gemiddelde waarden van het Delft Meet Regen project in het blauw en de waarden van het KNMI in het rood. De data is geplot van 3 augustus 2021 tot en met 13 september 2021. Het is opvallend dat er rond 7 en 8 augustus meer regen is gevallen in Rotterdam dan in Delft en dat Delft rond 10 en 11 augustus deze achterstand weer inhaalt. Verder lijkt het erop dat er rond 21, 22 en 23 augustus meer regen is gevallen in Delft. In Bijlage A zijn van deze dagen de gecorrigeerde radarbeelden van het neerslag radararchief van het KNMI te zien (KNMI, sd). In deze afbeeldingen zijn Delft en Rotterdam Airport aangegeven met twee rode stippen, waarbij Delft de meest noordelijke stip is. In Figuur 20 is het radarbeeld van 7 augustus te zien. Hierin is te zien dat Delft in een wit gebied ligt en Rotterdam Airport in een blauw gebied, wat betekent dat er in Delft geen regen is gemeten en bij Rotterdam Airport wel. In Figuur 22 is er ook te zien dat er op 9 augustus meer regen bij Rotterdam Airport is gevallen dan in Delft. In Figuur 23 is te zien dat op 10 augustus er juist meer regen in Delft is gevallen dan bij Rotterdam Airport. In Figuur 26 is te zien dat op 22 augustus er ook meer regen is gevallen in Delft. Deze radarbeelden komen dus overeen met de verschillen in de cumulatieve grafiek. Bij de radarbeelden van 8, 11, 21 en 22 augustus zijn er echter geen duidelijke verschillen tussen Delft en Rotterdam Airport te zien. Het lijkt erop dat het eind augustus meer heeft geregend in Delft, maar de periode waarvoor de grafieken zijn geplot is te kort om de conclusie te kunnen trekken dat het in Delft over het algemeen meer regent dan in Rotterdam.



Figuur 3. Grafiek van de gemiddelde waarden van de regenmeters van het Delft Meet Regen project en de waarden van het weerstation van het KNMI bij Rotterdam Airport cumulatief uitgezet tegen de tijd

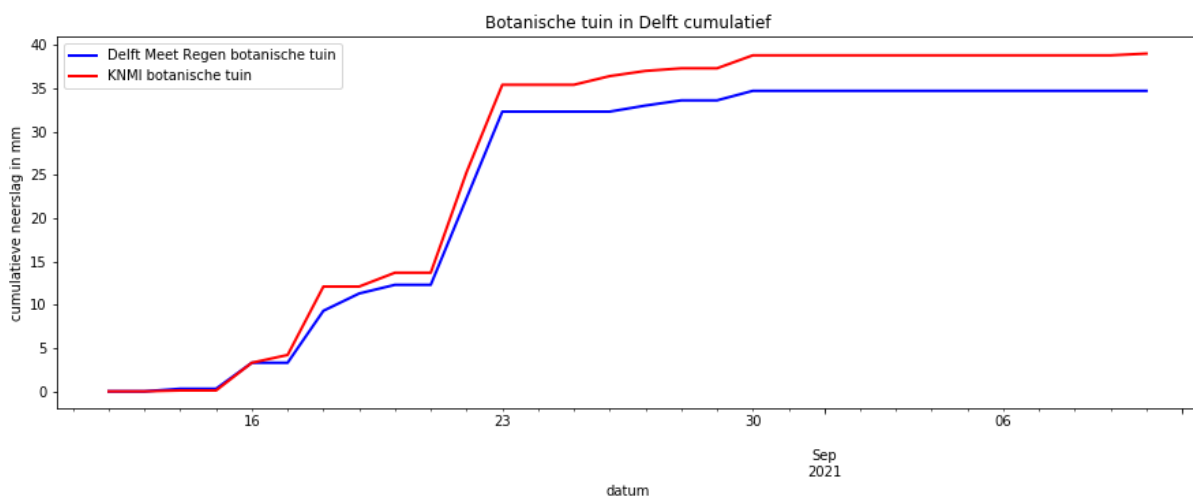
In Figuur 4 is de dubbele massa analyse te zien, waarbij de gemiddelde waarden van Delft Meet Regen cumulatief zijn uitgezet tegen de waarden van het automatische weerstation van het KNMI bij Rotterdam Airport. Als de waarden precies overeen zouden komen, zou de blauwe lijn precies de rode stippellijn moeten volgen. Dit is echter niet het geval. De veranderingen in de helling van de blauwe lijn zijn te onregelmatig om de oorzaak aan een systematische fout te wijten, zoals verdamping. De buien boven Rotterdam en Delft zijn waarschijnlijk verschillend waardoor de neerslagpatronen niet overeen komen.



Figuur 4. Dubbele massa analyse van de gemiddelde waarden van de regenmeters van Delft Meet Regen en het automatische weerstation van het KNMI bij Rotterdam Airport

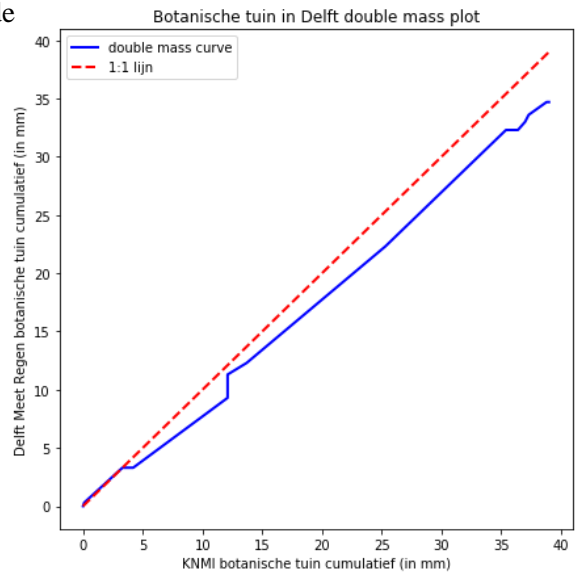
5.2 Vergelijking van de regenmeters van het Delft Meet Regen project met de regenmeter van het vrijwilligersnetwerk van het KNMI

In Figuur 5 is de cumulatieve grafiek van de twee regenmeters van de Botanische tuin in Delft te zien, met de regenmeter van het Delft Meet Regen project in het blauw en de regenmeter van het van het vrijwilligersnetwerk van het KNMI in het rood. De data is geplote van 12 augustus 2021 tot en met 10 september 2021. De grafieken lijken ongeveer dezelfde patronen te volgen, behalve rond 17, 18 en 19 augustus. Voor het Delft Meet Regen project is de meting van de 17^e te laat gedaan en op de 18^e is er niet gemeten. Omdat het op de 17^e voor 8:00 uur niet veel heeft geregend, is in de dataset de meting verschoven naar de 18^e. Het kan ook zo zijn dat een deel van de regen die op de 19^e is gemeten, bij de 18^e hoort. Omdat het KNMI wel op de juiste tijdstippen heeft gemeten zijn deze verschillen waarschijnlijk ontstaan.



Figuur 5. Grafiek van de waarden van de regenmeters bij de Botanische tuin in Delft cumulatief uitgezet tegen de tijd

In Figuur 6 is de dubbele massa analyse te zien van de Botanische tuin in Delft, waarbij de waarden van Delft Meet Regen cumulatief zijn uitgezet tegen de waarden van het vrijwilligersnetwerk van het KNMI. In het begin komt de blauwe lijn overeen met de rode stippellijn, maar bij iets voor 5 mm loopt de blauwe lijn heel even horizontaal, wat betekent dat het wel heeft geregend voor het KNMI, maar niet voor het Delft Meet Regen project. Ook op het eind is er een klein horizontaal stukje. Op 26 augustus heeft het KNMI 1 mm gemeten en het Delft Meet Regen project 0 mm. Bij de opmerking stond er dat de beker onderin wel nat was, dus het kan zijn dat het voor een deel is verdampt. Verder lijkt de blauwe lijn een constante afwijking te hebben, wat mogelijk door verdamping zou kunnen komen.

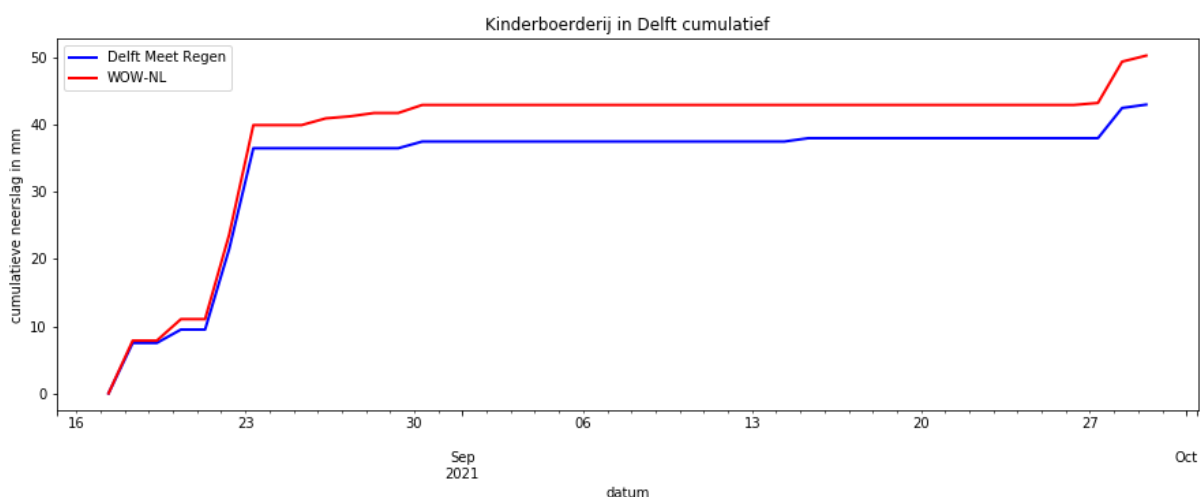


Figuur 6. Dubbele massa analyse van de regenmeters bij de Botanische tuin in Delft

5.3 Vergelijking van de regenmeters van het Delft Meet Regen project met de automatische weerstations die verbonden zijn met WOW-NL

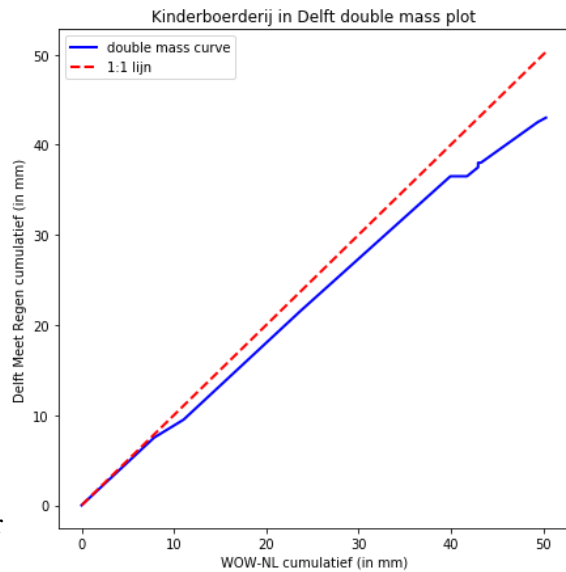
5.3.1 Kinderboerderij in Delft

In Figuur 7 is de cumulatieve grafiek van de twee regenmeters te zien, met de handmatige regenmeter in het blauw en het automatische weerstation in het rood. De data is geplote van 17 augustus 2021 tot en met 29 september 2021. De twee lijnen volgen ongeveer dezelfde patronen, waarbij de metingen van de handmatige regenmeter iets lager zijn dan die van het automatische weerstation. Dit is bijvoorbeeld het geval op de dagen 20 en 23 augustus. Verder is er op de dagen 26, 27 en 28 augustus regen gemeten tussen 0,3 en 1 mm door het automatische weerstation. Voor de handmatige regenmeter is het 0 mm voor deze drie dagen. Dit is de oorzaak van het kleine horizontale gedeelte in Figuur 8.



Figuur 7. Grafiek van de waarden van de regenmeters bij de kinderboerderij in Delft cumulatief uitgezet tegen de tijd

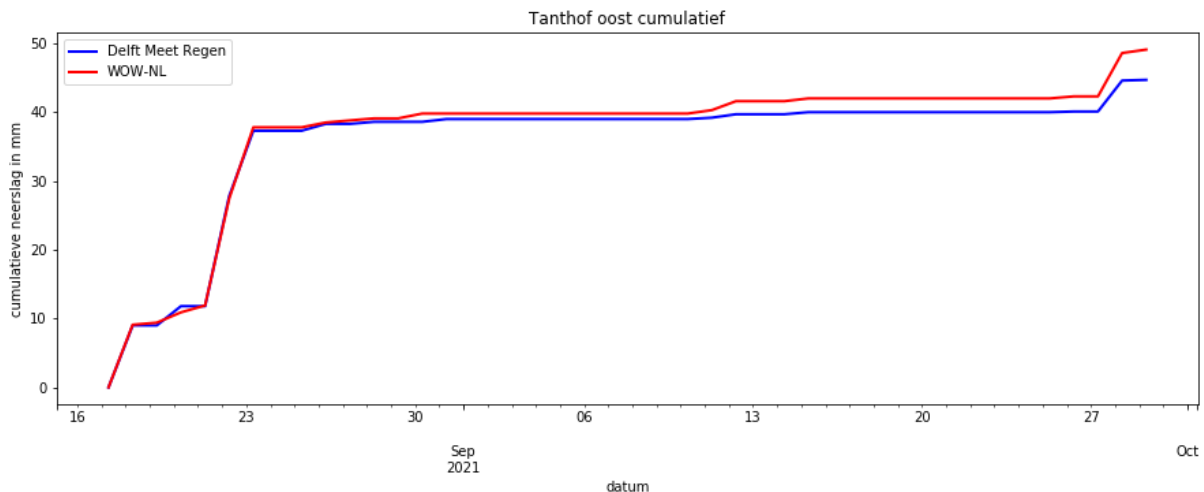
In Figuur 8 is de dubbele massa analyse te zien van de kinderboerderij in Delft, waarbij de waarden van de handmatige regenmeter van Delft Meet Regen cumulatief zijn uitgezet tegen de waarden van het automatische weerstation dat verbonden is met WOW-NL. Helemaal in het begin lijkt de blauwe lijn bijna precies overeen te komen met de rode stippellijn. Daarna meet het Delft Meet Regen project net iets minder en loopt de grafiek verder met een constante afwijking, totdat er op het eind door het Delft Meet Regen project niks wordt gemeten (het korte horizontale gedeelte), waarna die verder gaat met een nog grotere afwijking. De constante afwijking kan door verdamping komen, maar de grotere afwijking waarschijnlijk niet. In Figuur 8 is namelijk te zien dat het gedeelte waarover de grote afwijking plaatsvindt maar voor een hoeveelheid neerslag van minder dan 10 mm is terwijl de kleinere afwijking plaatsvindt over een hoeveelheid neerslag van meer dan 20 mm.



Figuur 8. Dubbele massa analyse van de regenmeters bij de kinderboerderij in Delft

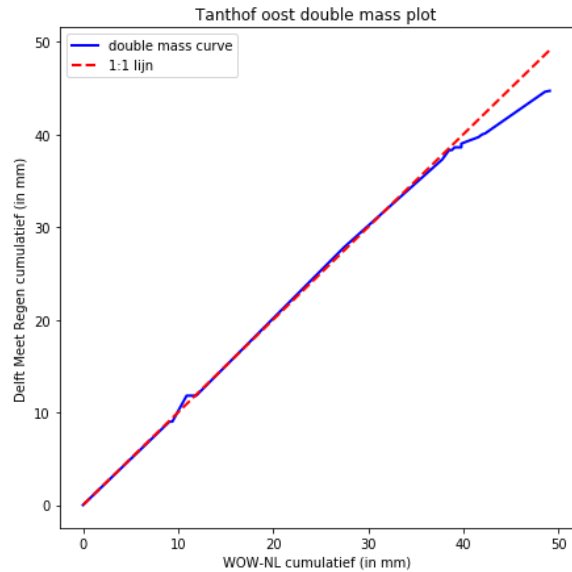
5.3.2 Tanthof Oost

In Figuur 9 is de cumulatieve grafiek van de twee regenmeters te zien, met de handmatige regenmeter in het blauw en het automatische weerstation in het rood. De data is geplot van 17 augustus 2021 tot en met 29 september 2021. Het is opvallend dat de grote afwijking van Figuur 10 al begint rond 12 september en het dus niet alleen ligt aan de verschillen die eind oktober optreden bij meerdere meetpunten.



Figuur 9. Grafiek van de waarden van de regenmeters bij Tanthof Oost cumulatief uitgezet tegen de tijd

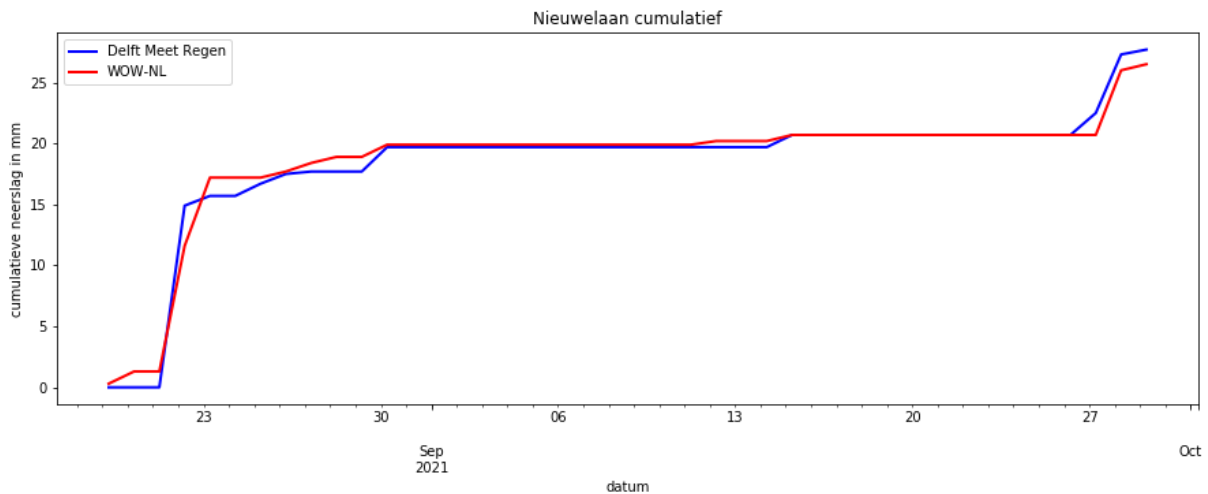
In Figuur 10 is de dubbele massa analyse te zien van Tanthof Oost, waarbij de waarden van de handmatige regenmeter van Delft Meet Regen cumulatief zijn uitgezet tegen de waarden van het automatische weerstation dat verbonden is met WOW-NL. De blauwe lijn komt bijna precies overeen met de rode stippellijn, op een hobbel in het begin en een afwijking op het eind na. De afwijking op het eind is terug te zien op meerdere dubbele massa plots. Uit deze analyse blijkt dat de handmatige regenmeters net zo goed kunnen zijn als de automatische weerstations.



Figuur 10. Dubbele massa analyse van de regenmeters bij Tanthof Oost

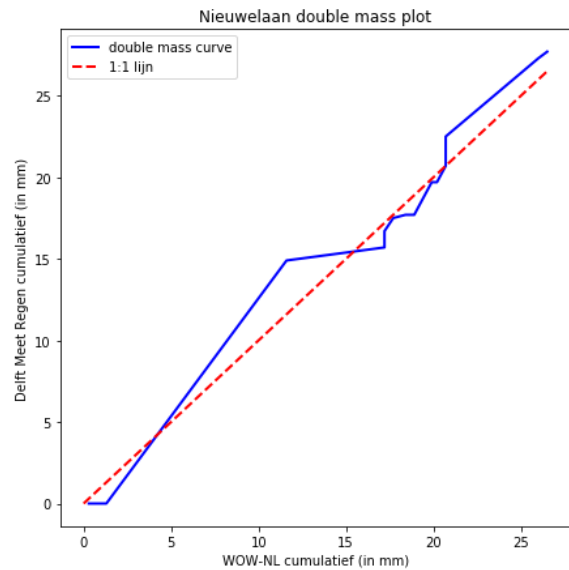
5.3.3 Nieuwelaan

In Figuur 11 is de cumulatieve grafiek van de twee regenmeters te zien, met de handmatige regenmeter in het blauw en het automatische weerstation in het rood. De data is geplot van 19 augustus 2021 tot 29 september 2021. Deze grafieken lijken niet helemaal dezelfde patronen te volgen. De grootste onregelmatigheden zijn te zien aan het begin van de tijdsperiode, eind augustus.



Figuur 11. Grafiek van de waarden van de regenmeters bij Nieuwelaan cumulatief uitgezet tegen de tijd

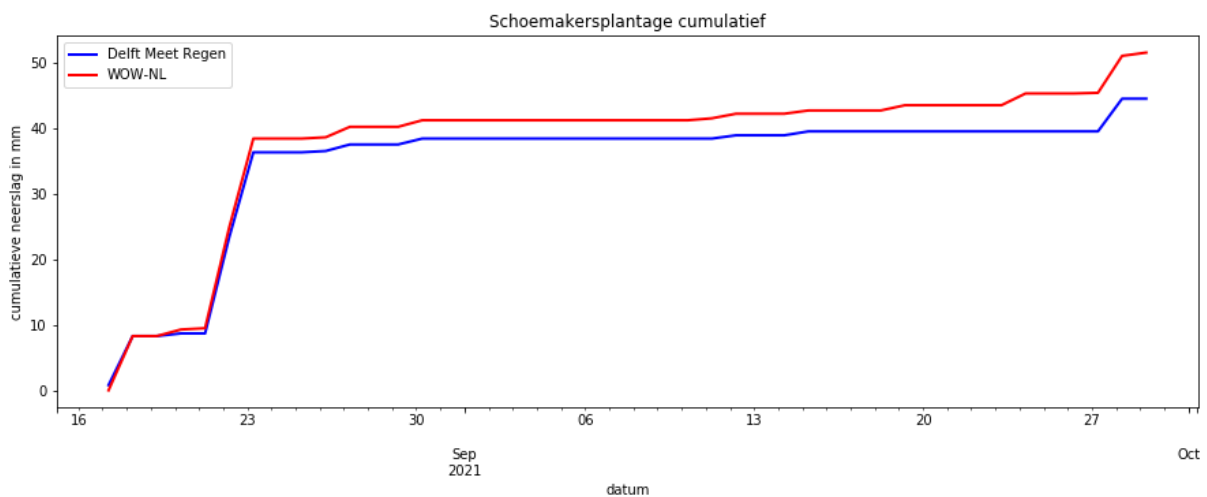
In Figuur 12 is de dubbele massa analyse te zien van Nieuwelaan, waarbij de waarden van de handmatige regenmeter van Delft Meet Regen zijn uitgezet tegen de waarden van het automatische weerstation dat verbonden is met WOW-NL. Het opmerkelijke is dat de blauwe lijn hier een paar keer boven de rode stippellijn komt, terwijl bij de meeste dubbele massa analyses de blauwe lijn grotendeels onder de rode stippellijn blijft. De veranderingen in de helling van de blauwe lijn zijn te onregelmatig om dit aan een systematische fout te kunnen koppelen.



Figuur 12. Dubbele massa analyse van de regenmeters bij Nieuwelaan

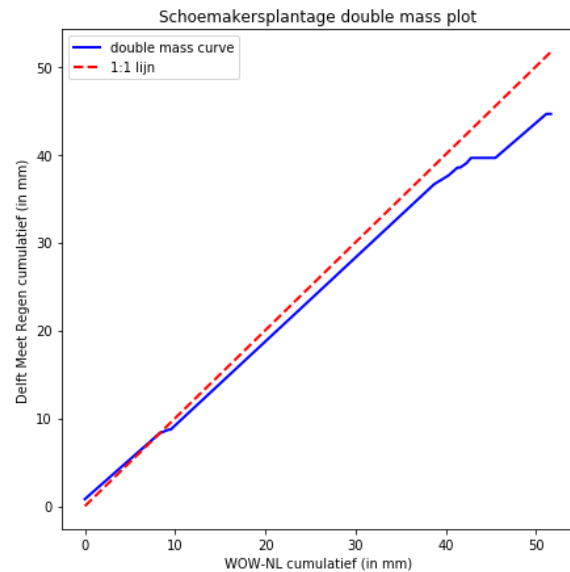
5.3.4 Schoemakersplantage

In Figuur 13 is de cumulatieve grafiek van de twee regenmeters te zien, met de handmatige regenmeter in het blauw en het automatische weerstation in het rood. De data is geplot van 17 augustus 2021 tot 29 september 2021. De twee grafieken volgen bijna dezelfde patronen. Op 19 en 24 september heeft het automatische weerstation een paar millimeter regen gemeten, terwijl er door de handmatige regenmeter 0 mm is gemeten. Op sommige dagen is er minder dan 0,5 mm regen gemeten door het automatische weerstation en 0 mm door de handmatige regenmeter, terwijl er ook dagen zijn waarop de handmatige regenmeter wel regen van minder dan 0,5 mm heeft gemeten.



Figuur 13. Grafiek van de waarden van de regenmeters bij Schoemakersplantage cumulatief uitgezet tegen de tijd

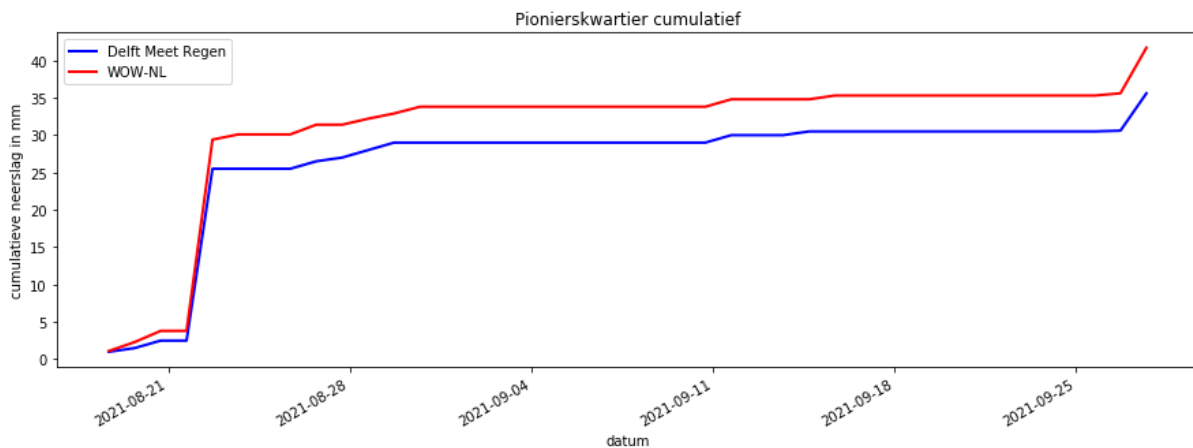
In Figuur 14 is de dubbele massa analyse te zien van Schoemakersplantage, waarbij de waarden van de handmatige regenmeter van Delft Meet Regen cumulatief zijn uitgezet tegen de waarden van het automatische weerstation dat verbonden is met WOW-NL. de blauwe lijn heeft een constante afwijking van de rode gestippelde lijn, maar deze afwijking is kleiner dan bijvoorbeeld de afwijking van de kinderboerderij. Op het eind is weer de grote afwijking te zien die ook al bij andere plots te zien was.



Figuur 14. Dubbele massa analyse van de regenmeters bij Schoemakersplantage

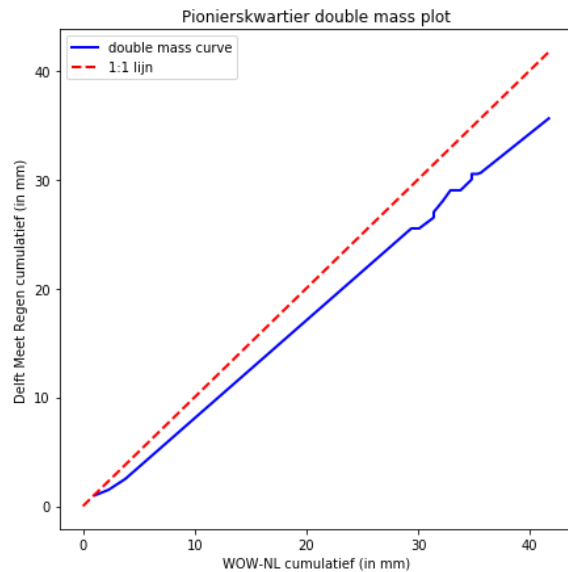
5.3.5 Pionierskwartier

In Figuur 15 is de cumulatieve grafiek van de twee regenmeters te zien, met de handmatige regenmeter in het blauw en het automatische weerstation in het rood. De data is geplott van 18 augustus 2021 tot en met 29 september 2021. De lijnen volgen ongeveer dezelfde patronen. Op 28 en 29 augustus heeft het automatische weerstation respectievelijk 0,2 en 0,3 mm minder gemeten dan de 1 mm die de handmatige regenmeter op beide dagen heeft gemeten. Op 30 augustus heeft de handmatige regenmeter echter 0 mm gemeten terwijl het automatische weerstation 0,9 mm regen heeft gemeten.



Figuur 15. Grafiek van de waarden van de regenmeters bij Pionierskwartier cumulatief uitgezet tegen de tijd

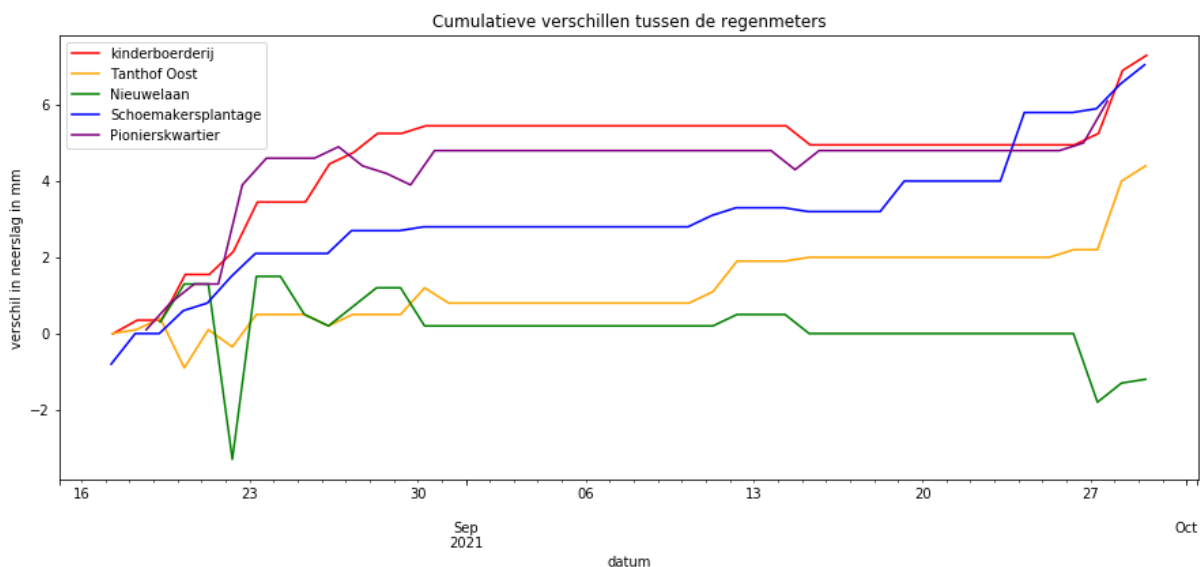
In Figuur 16 is de dubbele massa analyse te zien van Pionierskwartier, waarbij de waarden van de handmatige regenmeter van Delft Meet Regen cumulatief zijn uitgezet tegen de waarden van het automatische weerstation dat verbonden is met WOW-NL. De blauwe lijn lijkt al bijna meteen een afwijking van de rode stippellijn te hebben. Deze afwijking is groter dan bijvoorbeeld de afwijking bij Schoemakersplantage. Hierdoor is de iets grotere afwijking op het eind minder opvallend.



Figuur 16. Dubbele massa analyse van de regenmeters bij Pionierskwartier

5.3.6 De verschillen tussen de regenmeters

In Figuur 17 is de grafiek geplot van het cumulatieve verschil tussen de handmatige regenmeter en het automatische weerstation voor elke locatie. De grootste verschillen zijn te zien voor de kinderboerderij en voor Pionierskwartier. Eind augustus hebben deze ongeveer een verschil van 4 tot 6 mm bereikt en eind september een verschil van meer dan 7 mm. De locaties waar de handmatige regenmeter het minst verschilt van het automatische weerstation zijn Tanthof Oost en Nieuwelaan. Bij Tanthof Oost is het verschil eind augustus ongeveer 1 mm en eind september meer dan 4 mm. Bij Nieuwelaan blijft de grafiek rond de 0 mm waardoor lijkt alsof de verschil tussen de handmatige regenmeter en het automatische weerstation niet groot is. Dit is echter niet per se het geval. De verschillen zijn soms positief (handmatige regenmeter meet minder dan automatische weerstation) en soms negatief (handmatige regenmeter meet meer dan automatische weerstation), daardoor komt het verschil eind augustus toevallig op net iets meer dan 0 mm uit.



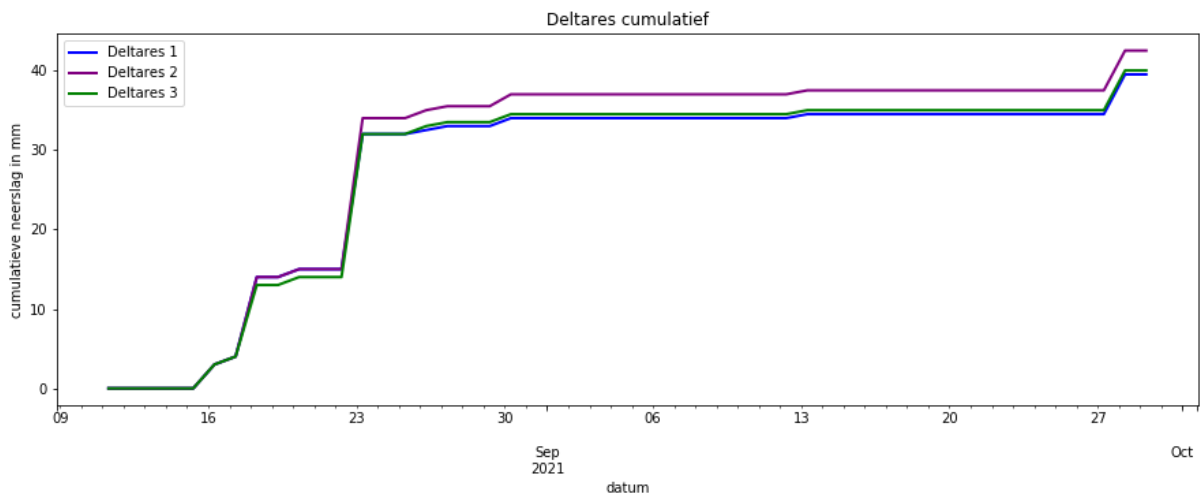
Figuur 17. Grafiek van de waarden van de verschillen tussen de handmatige regenmeter en het automatische weerstation cumulatief uitgezet tegen de tijd, voor elk meetpunt

5.4 Vergelijking van de drie regenmeters van het Delft Meet Regen project bij Deltares

In Figuur 19 is de cumulatieve grafiek van de drie handmatige regenmeters van het Delft Meet Regen project die bij Deltares staan te zien, ze zijn genummerd van 1 tot en met 3. De data is geplot van 11 augustus 2021 tot en met 29 september 2021. Alle waarden voor de weekenden zijn elke keer de cumulatieve waarden over een heel weekend. Omdat dit voor alle drie de regenmeters geldt, zorgt dit niet voor problemen voor deze vergelijking. Alle drie de regenmeters volgen dezelfde patronen, met een paar kleine verschillen in hoeveelheid met name voor de genoemde dagen. Op de 23^e is er zelfs voor elke regenmeter iets anders gemeten, namelijk 17 mm gemeten voor regenmeter 1, 19 mm voor regenmeter 2, en 18 mm voor regenmeter 3. De foutmarge is ongeveer 1 à 2 mm bij neerslag van in totaal bijna 20 mm. Het is opvallend dat er vooral verschillen te zien zijn als het veel heeft geregend. Verder is te zien dat regenmeters 1 en 3 ongeveer dezelfde hoeveelheid regen hebben opgevangen en dat regenmeter 2 net iets meer regen heeft opgevangen dan regenmeters 1 en 3. De drie regenmeters zijn van hetzelfde type en ze staan allemaal vlak naast elkaar, zoals te zien is in Figuur 18. Er kan al een foutmarge ontstaan doordat de regenmeters niet allemaal even recht staan of door een afleesfout. Verder kan de hoeveelheid regen die in een regenmeter terecht komt ook afhangen van de situatie. Het kan zo zijn dat de wind ervoor zorgt dat er net iets meer of minder regen terecht komt in een regenmeter.



Figuur 18. De drie handmatige regenmeters bij Deltares



Figuur 19. Grafiek van de waarden van de regenmeters bij Deltares cumulatief uitgezet tegen de tijd

6. Discussie

Er is veel tijd besteed aan het controleren en aanpassen van de data van de handmatige regenmeters van het Delft Meet Regen project. Zoals eerder genoemd worden alle data via een app ingevoerd en in de handleiding van het Delft Meet Regen project is aangegeven hoe dit moet. Er kunnen echter nog extra instructies toegevoegd worden zoals alleen komma's gebruiken voor de getallen en geen tekst typen in het vak voor de meting.

Bij de meeste analyses volgen de grafieken van de regenmeters van het Delft Meet Regen project bijna dezelfde patronen als de bijbehorende automatische weerstations. De regenmeter bij Nieuwelaan is de enige die er van afwijkt. De regenmeters van Nieuwelaan staan als enige van de vijf locaties op een dakterras. Als dit het geval is voor beide regenmeters dan zou het voor de vergelijking tussen deze twee niet moeten uitmaken. Het kan dus ook toeval zijn dat precies de data van regenmeters die op een dakterras staan niet dezelfde patronen volgen.

De metingen van sommige handmatige regenmeters hebben een groter verschil met de metingen van de bijbehorende automatische weerstations dan andere handmatige regenmeters. Dit zou kunnen komen doordat sommige regenmeters op een groot open veld staan, waar weinig schaduw is en op een zonnige dag kan er dan veel water verdampen. Sommige regenmeters staan dichtbij bijvoorbeeld bebouwing die voor schaduw kan zorgen, waardoor de hoeveelheid water dat verdampt minder is. De regenmeters van de kinderboerderij in Delft staan bijvoorbeeld op een groot open veld, waar weinig schaduw is. Dit kan het grote verschil tussen de grafieken van de handmatige regenmeter en het automatische weerstation verklaren. Van de andere regenmeters is het niet bekend op wat voor plek deze precies staan.

Op de website van het KNMI zijn de dagelijkse data van de referentie-gewasverdamping beschikbaar. Deze zijn berekend met de methode van Makkink. Hiermee berekent het KNMI de verdamping voor een stuk gras van 10 cm hoog dat goed onderhouden is (KNMI, sd). De verdamping van water uit een regenmeter zal daar waarschijnlijk iets van afwijken, maar zal wel van dezelfde orde van grootte zijn. De referentie-gewasverdamping voor Rotterdam in augustus bevond zich elke dag tussen de 0,7 en 3,8 mm (KNMI, sd). Het is dus mogelijk dat de verschillen in neerslag tussen de handmatige regenmeters en de automatische weerstations door onder andere verdamping komen.

Het kan zijn dat de data voor de automatische weerstations die verbonden zijn met het WOW-NL netwerk niet altijd helemaal correct zijn. In Bijlage B zijn de grafieken te zien van de vergelijkingen tussen de handmatige regenmeters en de automatische weerstations voor een tijdsperiode die beginnen bij een eerdere datum dan de plots in hoofdstuk 5. Het opvallende is dat alle automatische weerstations op 16 augustus 0 mm hebben gemeten, terwijl door de handmatige regenmeters op die dag wel regen is gemeten. Het kan zijn dat er een storing was met het WOW-NL netwerk op die dag. Hierdoor lijkt het alsof de handmatige regenmeters meer regen hebben gemeten, terwijl dit niet het geval is als de 16^e niet meegerekend wordt. Voor de grafieken in Hoofdstuk 5 is er daarom ook voor gekozen om deze grafieken vanaf 17 augustus te plotten. Het kan ook voorkomen dat het kantelmechanisme in het automatische weerstation wordt geblokkeerd door bijvoorbeeld een verstopping in de sensor, waardoor er een foutieve nulmeting wordt doorgegeven (De Vos e.a., 2020). Echter, dit kan uitgesloten worden in dit geval, omdat er een foutieve nulmeting bij drie weerstations op dezelfde dag is gevonden en dit niet op andere dagen is gebeurd.

Het is opvallend bij de vergelijking van de regenmeters van het Delft Meet Regen project met de automatische weerstations die verbonden zijn met WOW-NL dat er bij de meeste dubbele massa analyses aan het eind een grote afwijking is. Aan het eind waren ook de dagen dat het weer meer begon te regenen in Delft. Dit zou kunnen betekenen dat of de automatische weerstations te veel hebben gemeten, of de handmatige regenmeters te weinig hebben gemeten. In de dagen erna heeft het veel geregend, maar hiervan waren er geen data beschikbaar. Om de afwijking goed te kunnen verklaren is een verdere analyse nodig van de regen in deze dagen. Het is mogelijk dat het

automatische weerstation onterecht regen registreert doordat het kantelbakje kantelt tijdens bijvoorbeeld het verschuiven van het weerstation of als er sneeuw of hagel is opgevangen door de sensor en dit opeens dooit (De Vos e.a., 2020). In dit geval is het echter onwaarschijnlijk dat meerdere weerstations op hetzelfde tijdstip zijn verplaatst en ook heeft het niet gesneeuwd of gehageld.

De tijdsperiode waarvoor de analyses zijn gedaan is redelijk kort. Voor de meeste analyses was het een tijdsperiode van iets meer dan een maand, waarbij er vooral regen is gevallen in het begin en aan het eind van de tijdsperiode. Voor een betere analyse kan beter een langere tijdsperiode genomen worden.

7. Conclusie

De neerslag die wordt gemeten door het automatische weerstation bij Rotterdam Airport komt niet helemaal overeen met de gemiddelde neerslag die wordt gemeten door de regenmeters van het Delft Meet Regen project. Dit komt doordat de buien boven Delft anders kunnen zijn dan Rotterdam, omdat buien heel plaatselijk kunnen zijn. Om een beter beeld te krijgen van hoe de neerslag is voor een specifieke plek, is het dus nuttig om een dichter netwerk te hebben van regenmeters.

Het KNMI probeert al een dichter netwerk te creëren met een vrijwilligersnetwerk. In Delft is er bij de Botanische tuin zo'n regenmeter die aan bepaalde eisen moet voldoen. De regenmeter van het Delft Meet Regen project wordt niet gecontroleerd op bepaalde eisen en deze regenmeter heeft soms ook enkele millimeters minder neerslag gemeten. Verder volgden de lijnen van de cumulatieve grafiek van deze regenmeters wel dezelfde patronen. Dus ook al voldoet de regenmeter van het Delft Meet Regen project aan minder strenge eisen, het geeft wel ongeveer dezelfde beeld weer van de neerslag.

De neerslag die wordt gemeten door de handmatige regenmeters volgen bij de meeste meetpunten dezelfde patronen als de neerslag die wordt gemeten door de automatische weerstations. Bij de meeste zijn er wel verschillen van enkele millimeters, wat mogelijk door verdamping kan komen.

De foutmarge tussen de drie regenmeters van het Delft Meet Regen project bij Deltares is ongeveer 1 à 2 millimeter bij neerslag van in totaal bijna 20 mm. De handmatige regenmeters kunnen dus zelf ook een foutmarge hebben.

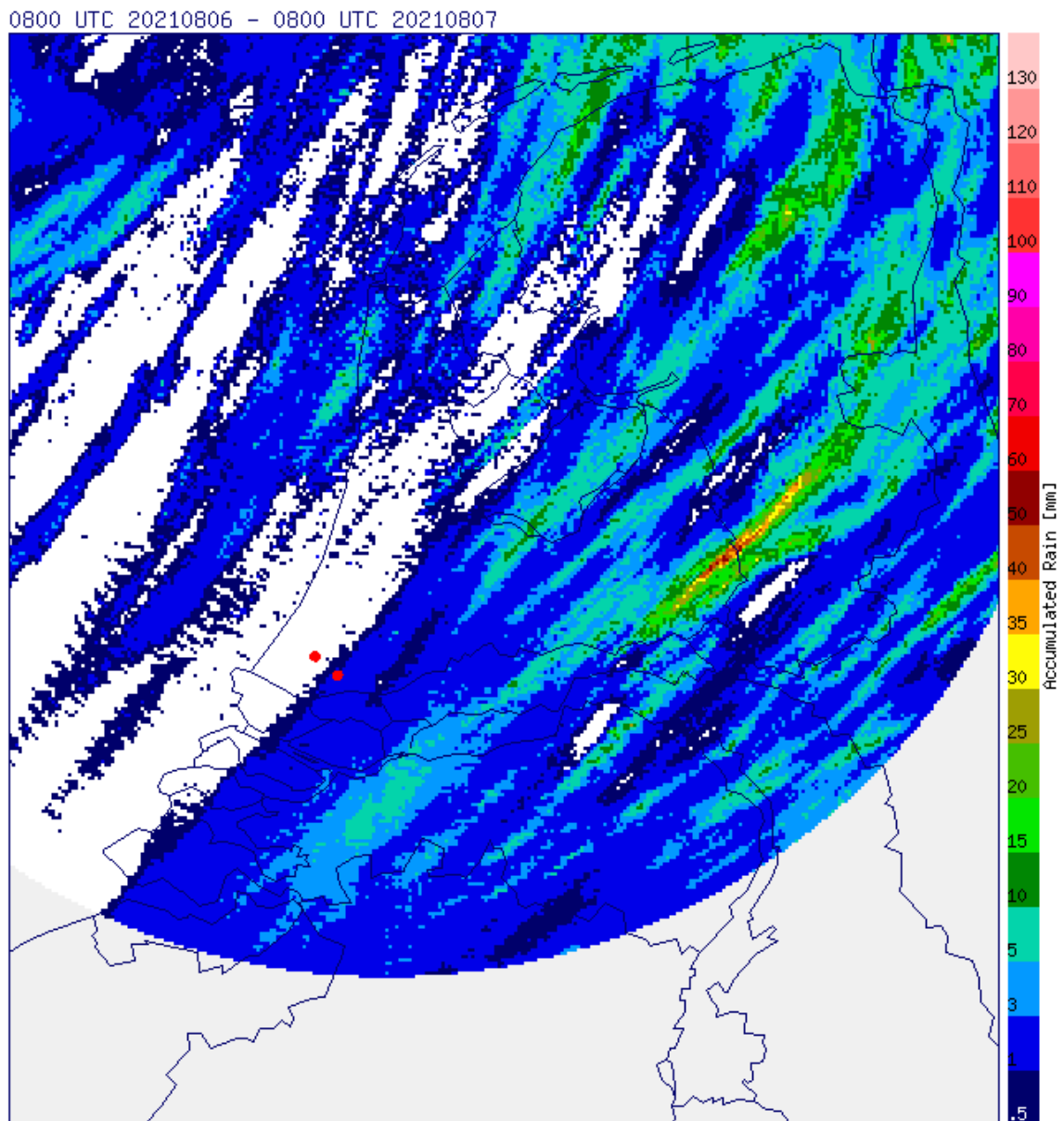
Het verzamelen van data door vrijwilligers wordt ook wel citizen science genoemd en dit is een relatief makkelijke en goedkope manier om veel data te verzamelen. Er kunnen makkelijk fouten optreden, maar toch kan het nog steeds een goed beeld weergeven als er genoeg data is verzameld. De handmatige regenmeters van het Delft Meet Regen project zijn elke keer vergeleken met de automatische weerstations die verbonden zijn met het WOW-NL netwerk, maar deze automatische weerstations behoren ook tot citizen science en ook bij deze regenmeters kunnen er fouten optreden. Deze zijn dus niet altijd een betrouwbare referentie om mee te vergelijken. Een mogelijk vervolgonderzoek is bijvoorbeeld het vergelijken van een handmatige regenmeter die op dezelfde plek staat als een automatische weerstation van het KNMI.

Verwijzingen

- De Vos, L., Leijnse, H., Overeem, A., & Uijlenhoet, R. (2020). Amateurweerstations voor operationele hoge resolutie regenkaarten. *Stromingen: vakblad voor hydrologen*, 26(1), 73–80. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/528785>
- KNMI. (sd). *Automatische weerstations*. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/automatische-weerstations>
- KNMI. (sd). *Dagwaarden neerslagstations*. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/monv/reeksen>
- KNMI. (sd). *Neerslag radararchief*. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/radar>
- KNMI. (sd). *Overzicht van de neerslag en verdamping in Nederland*. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/monv>
- KNMI. (sd). *Uurgegevens van het weer in Nederland*. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens>
- KNMI. (sd). *Verdamping in Nederland*. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/verdamping-in-nederland>
- KNMI. (sd). *Vrijwillige neerslagwaarnemers*. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/vrijwillige-neerslagmeters>
- Searcy, J. K., & Hardison, C. H. (1960). *Double-Mass Curves. Manual of Hydrology: Part 1. General Surface-Water*. Washington: United States Government Printing Office. Opgehaald van <https://pubs.usgs.gov/wsp/1541b/report.pdf>
- Waterlab. (2021). *Handleiding Delft meet regen*. Opgehaald van <https://www.tudelft.nl/scd/waterlab/doe-mee-aan-onderzoek/project-7-delft-meet-regen/>
- WOW-NL. (sd). *Over WOW-NL*. Opgehaald van <https://wow.knmi.nl/over-wow-nl>

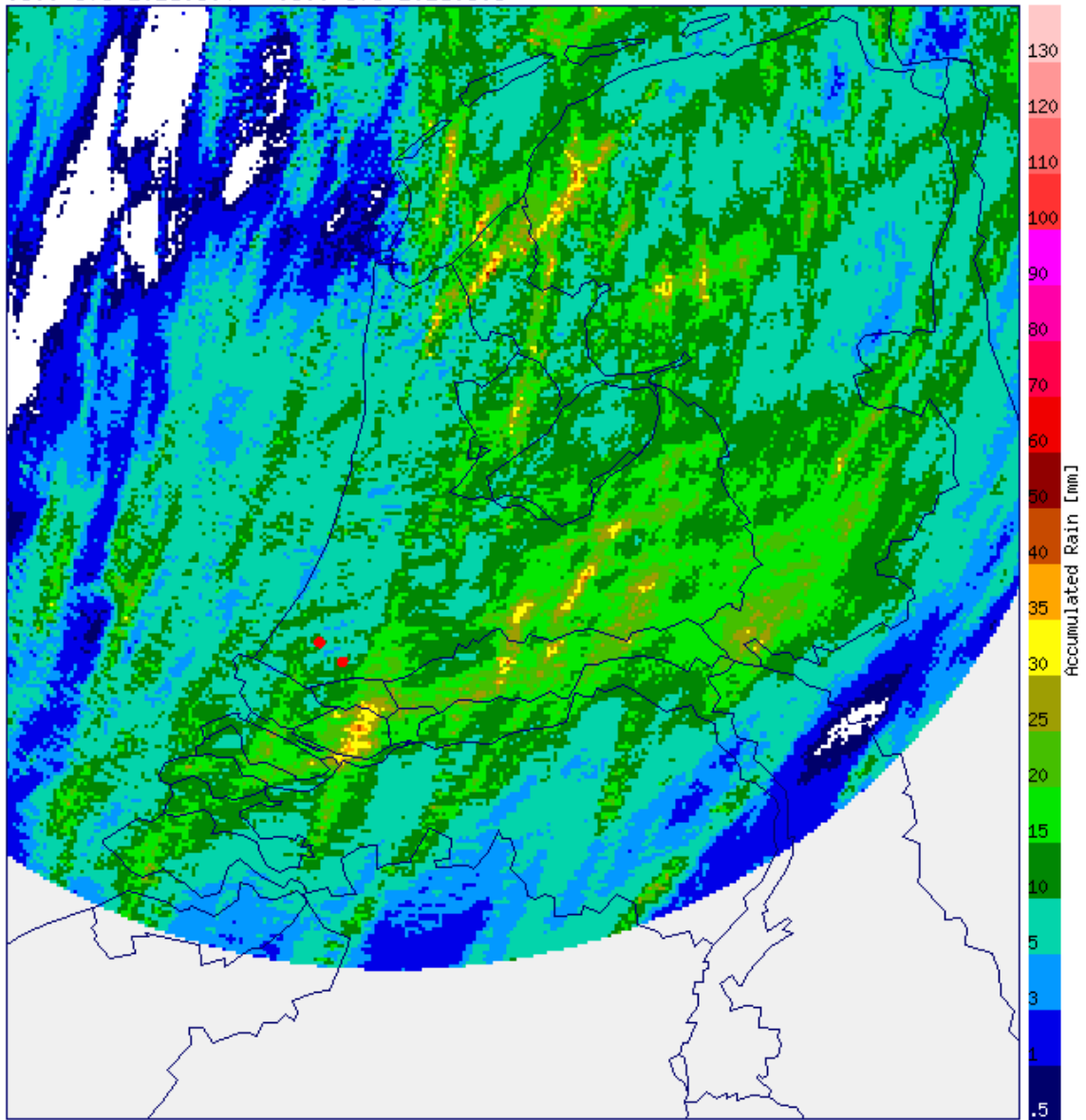
Bijlage

Bijlage A: Neerslag radarbeelden van het KNMI



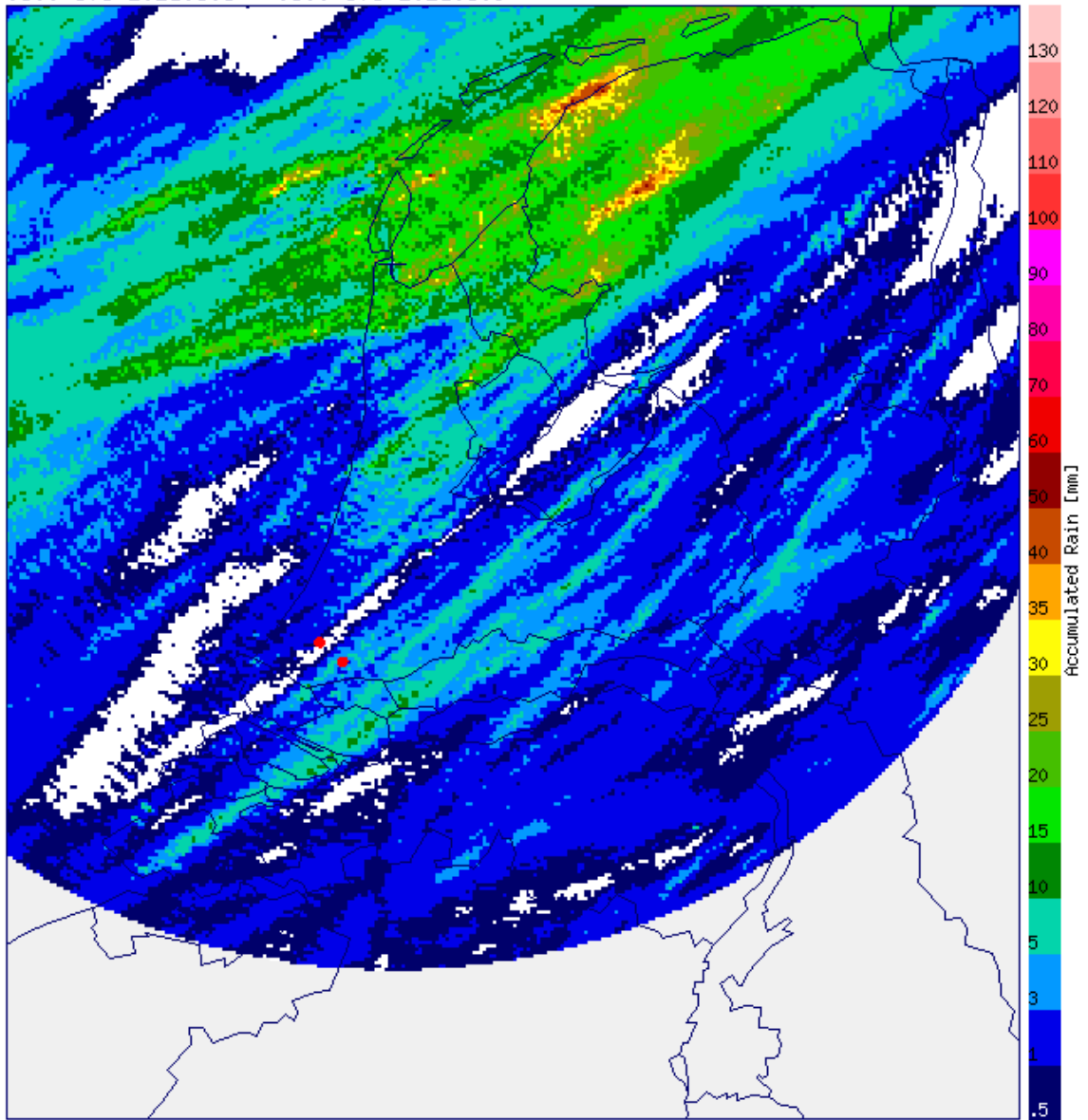
Figuur 20. Neerslag radarbeeld van 6 augustus 2021 08:00 UTC tot 7 augustus 2021 08:00 UTC (KNMI, sd)

0800 UTC 20210807 - 0800 UTC 20210808



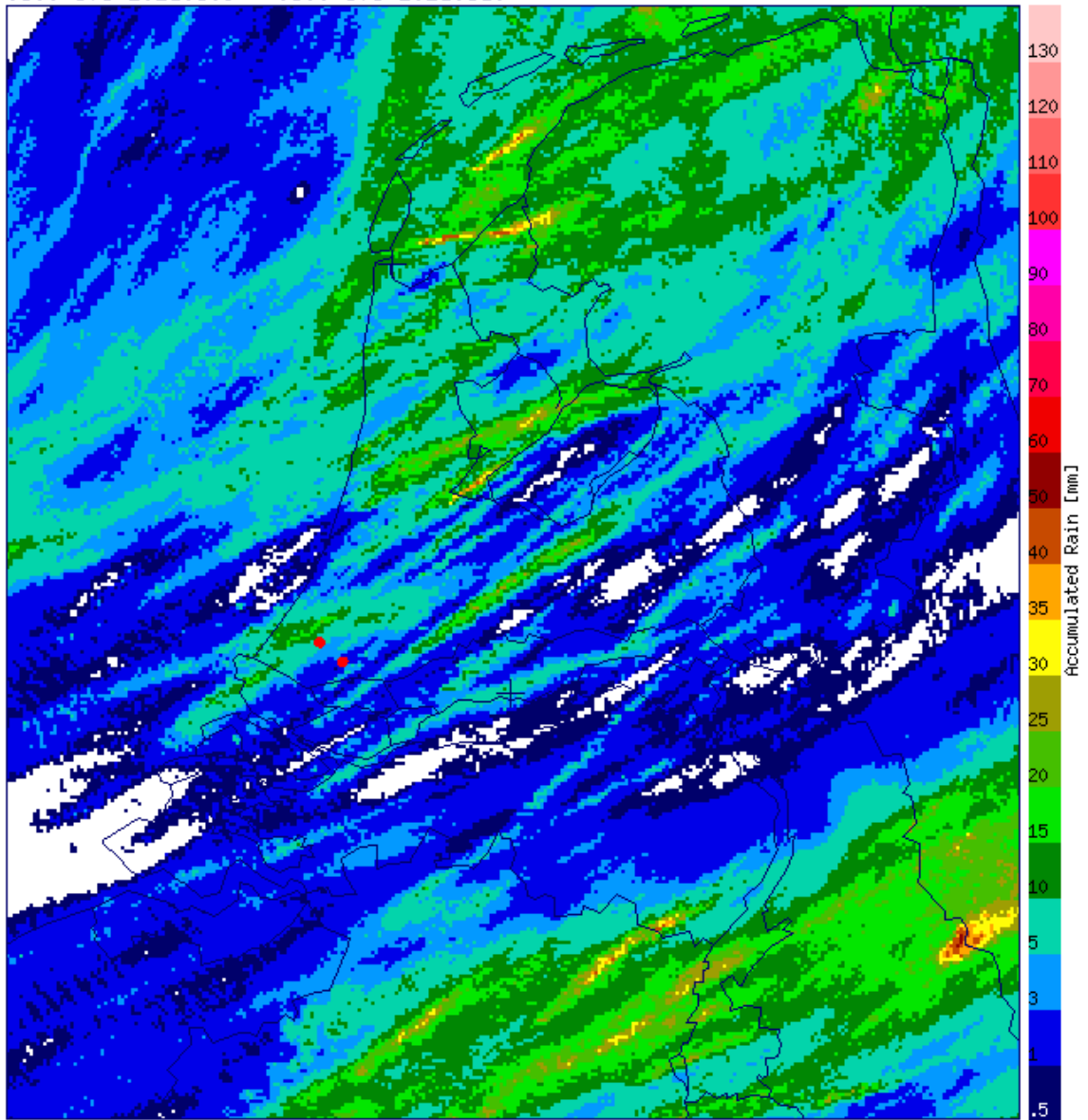
Figuur 21. Neerslag radarbeeld van 7 augustus 2021 08:00 UTC tot 8 augustus 2021 08:00 UTC (KNMI, sd)

0800 UTC 20210808 - 0800 UTC 20210809



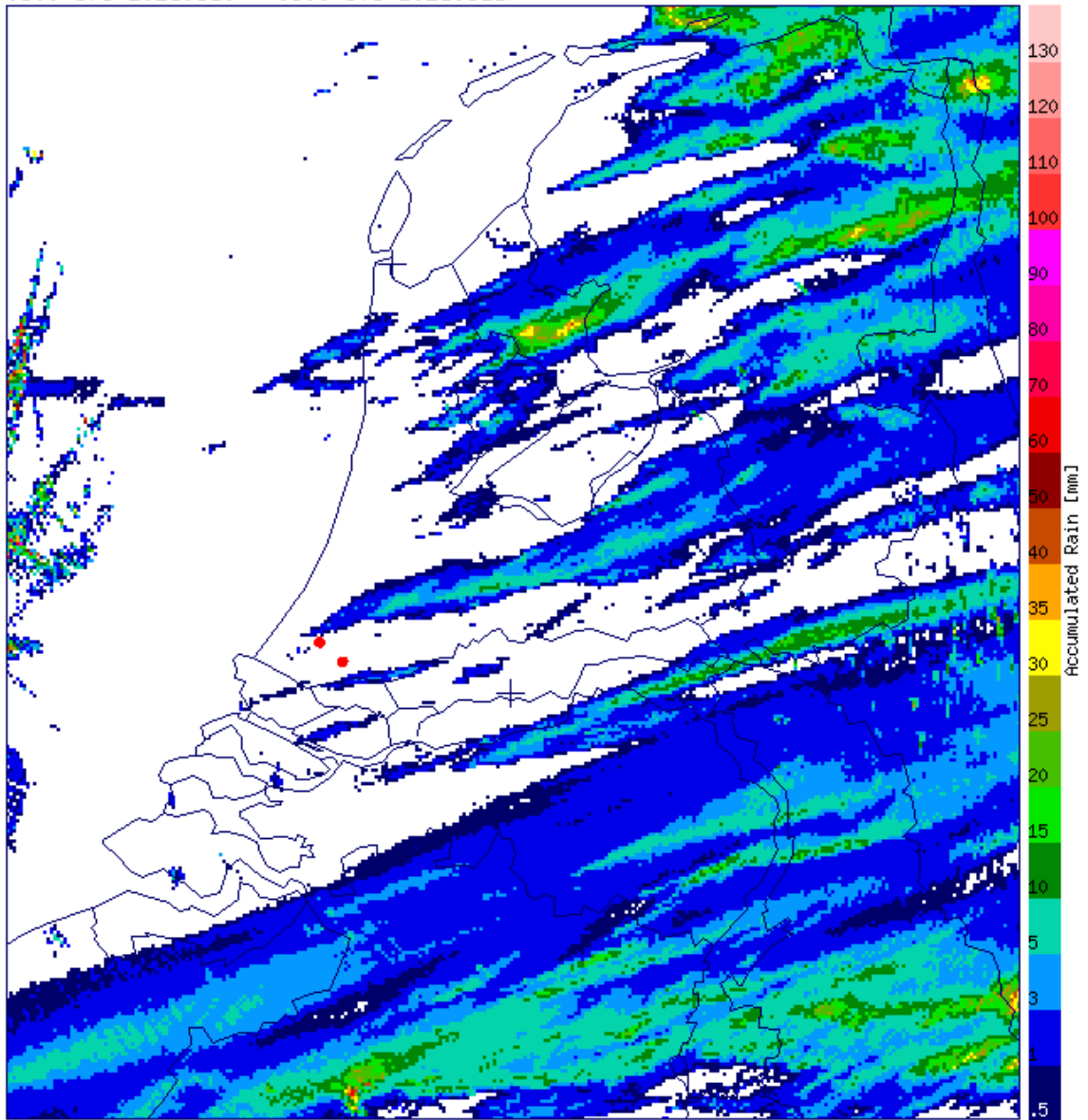
Figuur 22. Neerslag radarbeeld van 8 augustus 2021 08:00 UTC tot 9 augustus 2021 08:00 UTC (KNMI, sd)

0800 UTC 20210809 - 0800 UTC 20210810



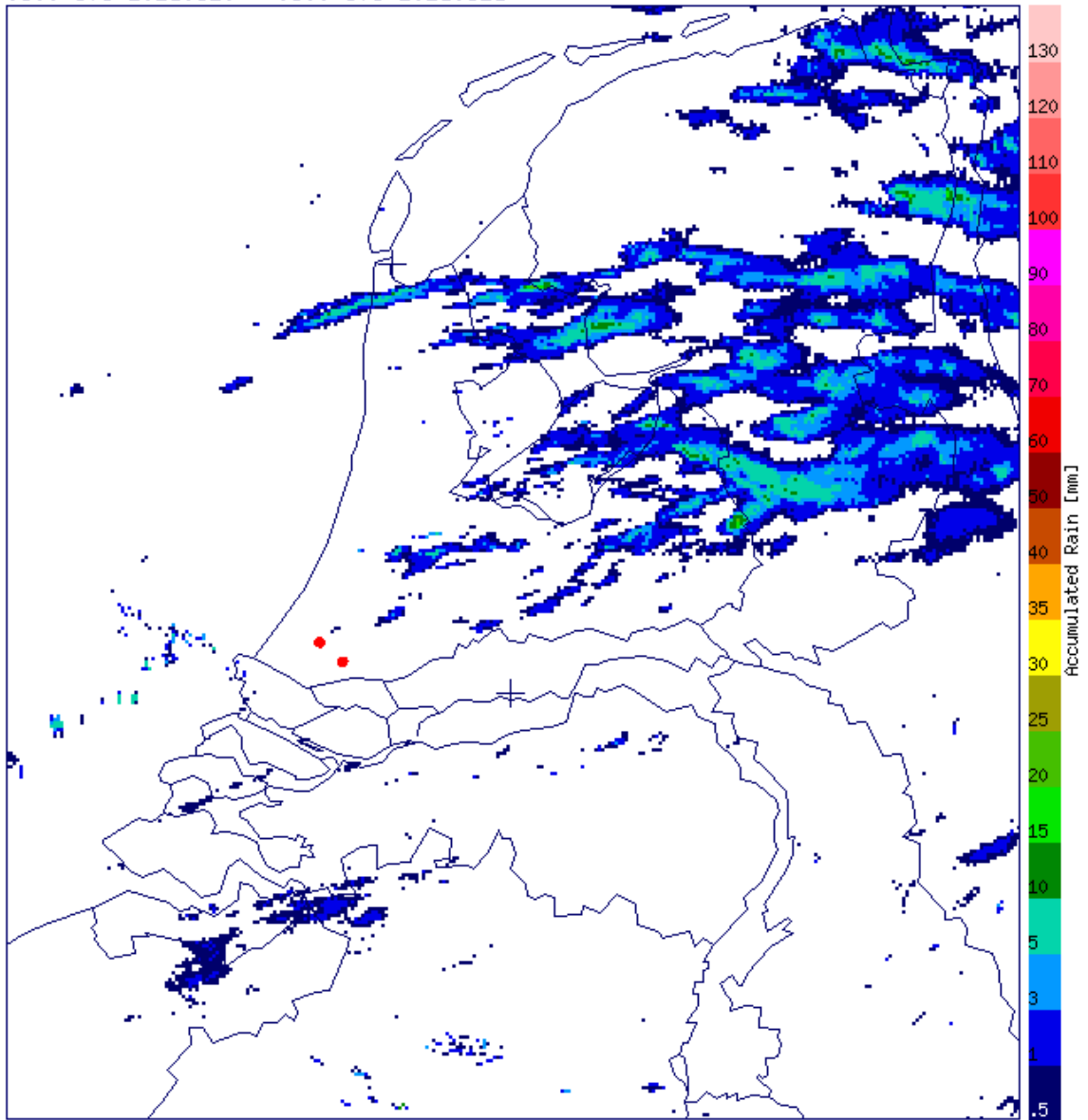
Figuur 23. Neerslag radarbeeld van 9 augustus 2021 08:00 UTC tot 10 augustus 2021 08:00 UTC (KNMI, sd)

0800 UTC 20210810 - 0800 UTC 20210811



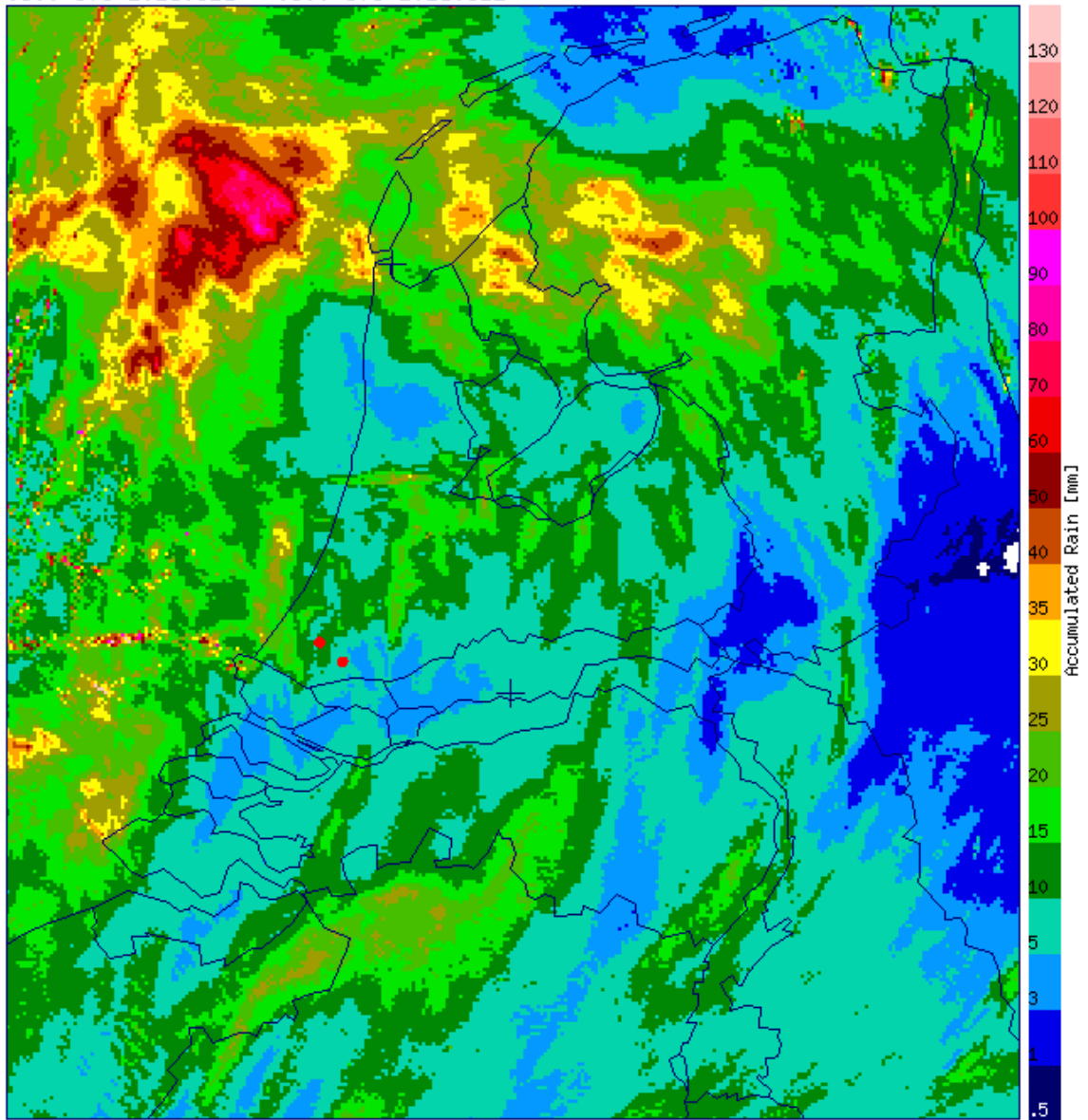
Figuur 24. Neerslag radarbeeld van 10 augustus 2021 08:00 UTC tot 11 augustus 2021 08:00 UTC (KNMI, sd)

0800 UTC 20210820 - 0800 UTC 20210821



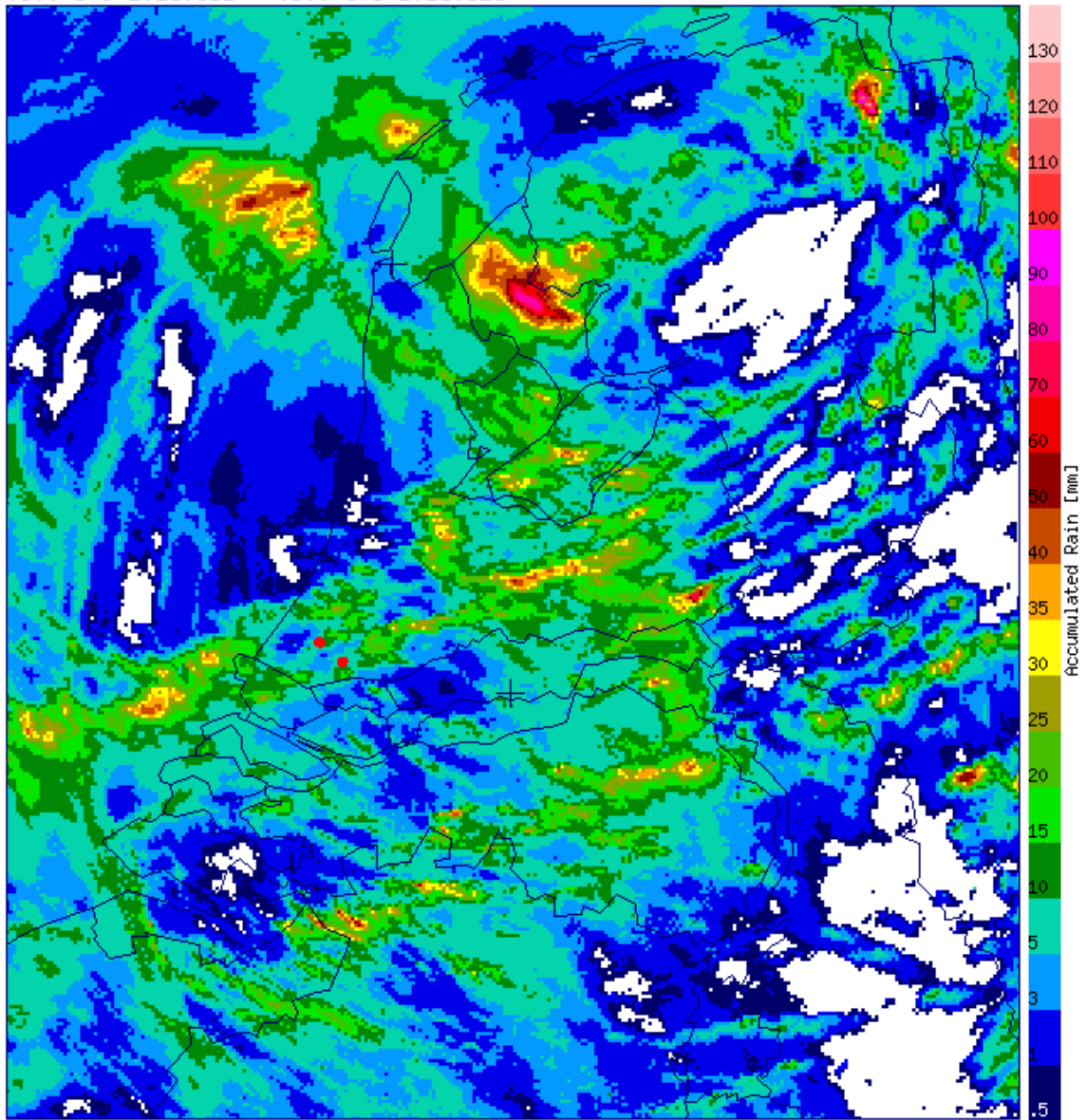
Figuur 25. Neerslag radarbeeld van 20 augustus 2021 08:00 UTC tot 21 augustus 2021 08:00 UTC (KNMI, sd)

0800 UTC 20210821 - 0800 UTC 20210822



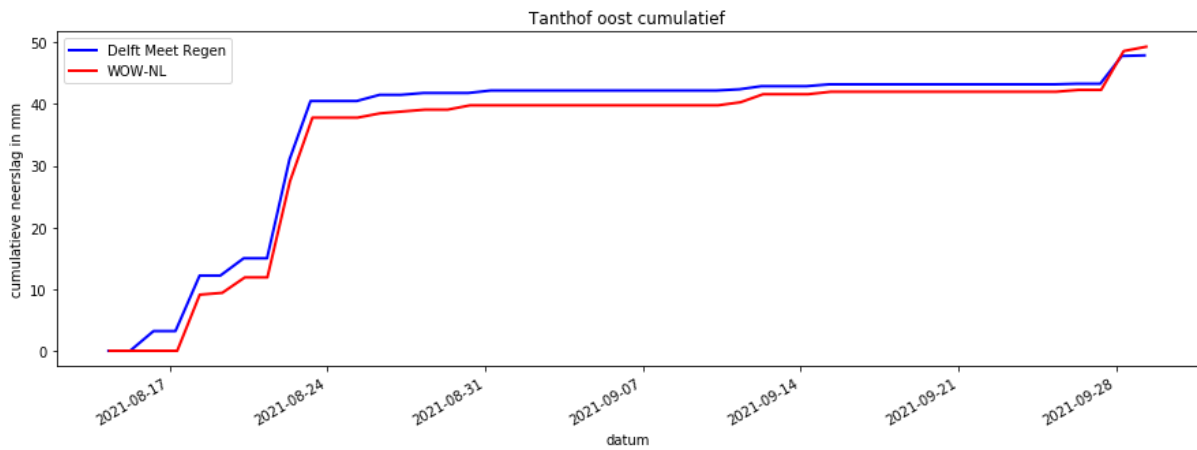
Figuur 26. Neerslag radarbeeld van 21 augustus 2021 08:00 UTC tot 22 augustus 2021 08:00 UTC (KNMI, sd)

0800 UTC 20210822 - 0800 UTC 20210823

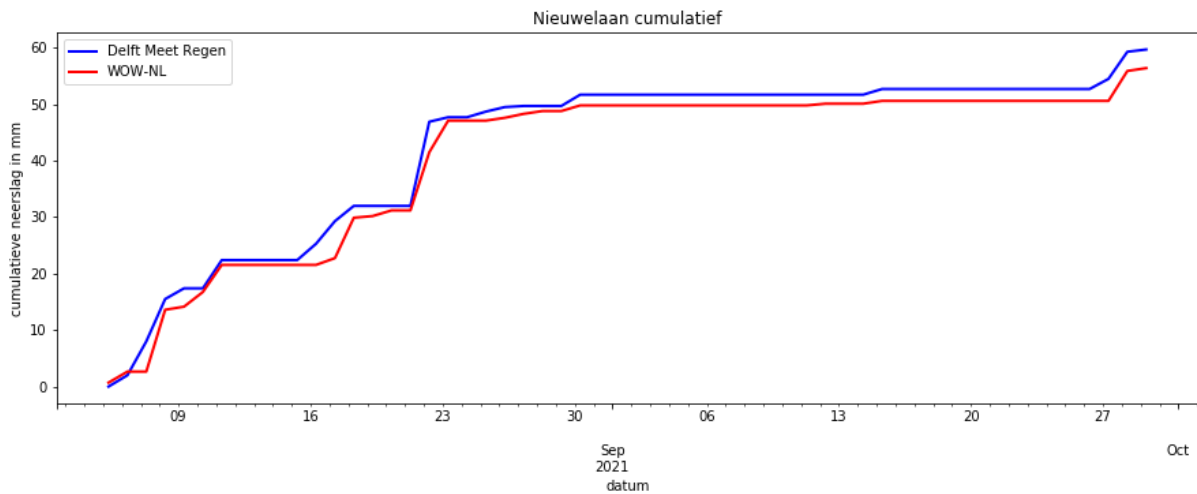


Figuur 27. Neerslag radarbeeld van 22 augustus 2021 08:00 UTC tot 23 augustus 2021 08:00 UTC (KNMI, sd)

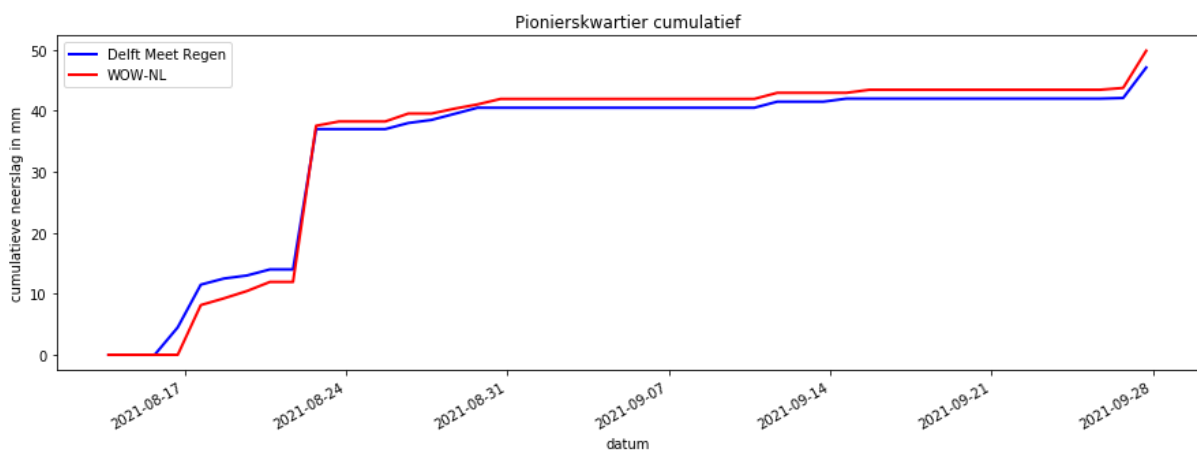
Bijlage B: Cumulatieve plots vanaf een datum voor 16 augustus.



Figuur 28. Grafiek van de waarden van de regenmeters bij Tanhof Oost cumulatief uitgezet tegen de tijd, vanaf 14 augustus



Figuur 29. Grafiek van de waarden van de regenmeters bij Nieuwelaan cumulatief uitgezet tegen de tijd, vanaf 5 augustus



Figuur 30. Grafiek van de waarden van de regenmeters bij Pionierskwartier cumulatief uitgezet tegen de tijd, vanaf 13 augustus

Bijlage C: Python script

```
%matplotlib inline
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
from pandas import read_csv
from IPython.display import display

dmr = pd.read_excel("Delft_meet_regen_Main.xlsx", index_col=6, parse_dates=[6], dayfirst=True, skipinitialspace=True)
dmr_daily_mean = dmr.Neerslag.resample('24H', base=8, label='right', closed='right', kind='timestamp').mean()
dmr_cumsum = dmr_daily_mean.loc['2021-08-03':'2021-09-13'].cumsum()

aKNMI = read_csv('uurgeg_344_2021-2030.txt', skiprows=np.arange(0, 30), skipinitialspace=True, index_col=1, parse_dates=[1])
aKNMI.loc[aKNMI.RH < 0, 'RH'] = 0 # negatieve waarden verwijderen
aKNMI.RH = aKNMI.RH * 0.1 # omzetten naar mm/uur
aKNMI_daily = aKNMI.RH.resample('24H', base=8, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
aKNMI_cumsum = aKNMI_daily.loc['2021-08-03':'2021-09-13'].cumsum()

plt.figure(figsize=(7, 7))
plt.plot(aKNMI_cumsum, dmr_cumsum, color="blue", linewidth=2)
plt.plot(np.linspace(0, max(aKNMI_cumsum), 100), np.linspace(0, max(aKNMI_cumsum), 100), linestyle="--", color="red", linewidth=2)
plt.title('double mass plot')
plt.xlabel('KNMI Rotterdam Airport cumulatief (in mm)')
plt.ylabel('Delft Meet Regen gemiddelde cumulatief (in mm)')
plt.legend(["double mass curve", "1:1 lijn"], loc='best')

plt.figure(figsize=(15, 5))
dmr_cumsum.plot(color='blue', linewidth=2)
aKNMI_cumsum.plot(color='red', linewidth=2)
plt.title('cumulatief')
plt.xlabel('datum')
plt.ylabel('cumulatieve neerslag in mm')
plt.legend(['Delft Meet Regen gemiddelde', 'KNMI Rotterdam Airport'], loc='best');
```

Figuur 31. Python script voor Figuur 3 en Figuur 4

```
dmr_botuin = pd.read_excel("dmr_botuin.xlsx", index_col=2, parse_dates=[2], dayfirst=True, skipinitialspace=True)
dmr_bt = dmr_botuin.Neerslag.sort_index()
dmr_bt_cumsum = dmr_bt.loc['2021-08-12':'2021-09-10'].cumsum()

vKNMI = read_csv('neerslaggeg_DELFT_449.txt', skiprows=np.arange(0, 22), skipinitialspace=True, index_col=1, parse_dates=[1])
vKNMI.RD = vKNMI.RD * 0.1 # omzetten naar mm/dag
vKNMI_cumsum = vKNMI.RD.loc['2021-08-12':'2021-09-10'].cumsum()

plt.figure(figsize=(7, 7))
plt.plot(vKNMI_cumsum, dmr_bt_cumsum, color="blue", linewidth=2)
plt.plot(np.linspace(0, max(vKNMI_cumsum), 100), np.linspace(0, max(vKNMI_cumsum), 100), linestyle="--", color="red", linewidth=2)
plt.title('Botanische tuin in Delft double mass plot')
plt.xlabel('KNMI botanische tuin cumulatief (in mm)')
plt.ylabel('Delft Meet Regen botanische tuin cumulatief (in mm)')
plt.legend(["double mass curve", "1:1 lijn"], loc='best')

plt.figure(figsize=(15, 5))
dmr_bt_cumsum.plot(color='blue', linewidth=2)
vKNMI_cumsum.plot(color='red', linewidth=2)
plt.title('Botanische tuin in Delft cumulatief')
plt.xlabel('datum')
plt.ylabel('cumulatieve neerslag in mm')
plt.legend(['Delft Meet Regen botanische tuin', 'KNMI botanische tuin'], loc='best');
```

Figuur 32. Python script voor Figuur 5 en Figuur 6

```
# de data van de automatische weerstations staan in mm/uur voor elke 5 minuten,
# deze functie zet deze eerst om naar mm/5min en dan naar mm/uur voor elk uur:

def hourly(dataframe):
    for i in range(len(dataframe)):
        dataframe.iloc[i] = dataframe.iloc[i] / 12
    a = dataframe.resample('H', kind='period').sum()
    return a
```

```
wow_kinderboerderij = pd.read_excel("DMR313-Sipke.xlsx", parse_dates=[0], index_col=0, skipinitialspace=True)
wow_kb_hourly = hourly(wow_kinderboerderij.neerslagintensiteit)
wow_kb_daily = wow_kb_hourly.resample('24H', base=8, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
wow_kb_cumsum = wow_kb_daily.loc['2021-08-17':'2021-09-29'].cumsum()

dmr_kinderboerderij = pd.read_excel("dmr_kinderboerderij.xlsx", index_col=2, parse_dates=[2], dayfirst=True, skipinitialspace=True)
dmr_kb1 = dmr_kinderboerderij.Neerslag.sort_index()
dmr_kb = dmr_kb1.resample('24H', base=8, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
dmr_kb_cumsum = dmr_kb.loc['2021-08-17':'2021-09-29'].cumsum()

plt.figure(figsize=(7, 7))
plt.plot(wow_kb_cumsum, dmr_kb_cumsum, color="blue", linewidth=2)
plt.plot(np.linspace(0, max(wow_kb_cumsum), 100), np.linspace(0, max(wow_kb_cumsum), 100), linestyle="--", color="red", linewidth=2)
plt.title('Kinderboerderij in Delft double mass plot')
plt.xlabel('WOW-NL cumulatief (in mm)')
plt.ylabel('Delft Meet Regen cumulatief (in mm)')
plt.legend(["double mass curve", "1:1 lijn"], loc='best')

plt.figure(figsize=(15, 5))
dmr_kb_cumsum.plot(color="blue", linewidth=2)
wow_kb_cumsum.plot(color="red", linewidth=2)
plt.title('Kinderboerderij in Delft cumulatief')
plt.xlabel('datum')
plt.ylabel('cumulatieve neerslag in mm')
plt.legend(['Delft Meet Regen', 'WOW-NL'], loc='best');
```

Figuur 33. Python script voor Figuur 7 en Figuur 8

```
wow_tanthofoost = pd.read_excel("DMR986-WLL.xlsx", parse_dates=[0], index_col=0, skipinitialspace=True)
wow_to_hourly = hourly(wow_tanthofoost.neerslagintensiteit)
wow_to_daily = wow_to_hourly.resample('24H', base=7, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
wow_to_cumsum = wow_to_daily.loc['2021-08-17':'2021-09-29'].cumsum()

dmr_tanthofoost = pd.read_excel("dmr_tanthofoost.xlsx", index_col=2, parse_dates=[2], dayfirst=True, skipinitialspace=True)
dmr_to1 = dmr_tanthofoost.Neerslag.sort_index()
dmr_to = dmr_to1.resample('24H', base=7, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
dmr_to_cumsum = dmr_to.loc['2021-08-17':'2021-09-29'].cumsum()

plt.figure(figsize=(7, 7))
plt.plot(wow_to_cumsum, dmr_to_cumsum, color="blue", linewidth=2)
plt.plot(np.linspace(0, max(wow_to_cumsum), 100), np.linspace(0, max(wow_to_cumsum), 100), linestyle="--", color="red", linewidth=2)
plt.title('Tanthof oost double mass plot')
plt.xlabel('WOW-NL cumulatief (in mm)')
plt.ylabel('Delft Meet Regen cumulatief (in mm)')
plt.legend(["double mass curve", "1:1 lijn"], loc='best')

plt.figure(figsize=(15, 5))
dmr_to_cumsum.plot(color="blue", linewidth=2)
wow_to_cumsum.plot(color="red", linewidth=2)
plt.title('Tanthof oost cumulatief')
plt.xlabel('datum')
plt.ylabel('cumulatieve neerslag in mm')
plt.legend(['Delft Meet Regen', 'WOW-NL'], loc='best');
```

Figuur 34. Python script voor Figuur 9 en Figuur 10

```
wow_nieuwelaan = pd.read_excel("DMR-NWL.xlsx", parse_dates=[0], index_col=0, skipinitialspace=True)
wow_nwl_hourly = hourly(wow_nieuwelaan.neerslagintensiteit)
wow_nwl_daily = wow_nwl_hourly.resample('24H', base=7, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
wow_nwl_cumsum = wow_nwl_daily.loc['2021-08-19':'2021-09-29'].cumsum()

dmr_nieuwelaan = pd.read_excel("dmr_nieuwelaan.xlsx", index_col=2, parse_dates=[2], dayfirst=True, skipinitialspace=True)
dmr_nwl1 = dmr_nieuwelaan.Neerslag.sort_index()
dmr_nwl = dmr_nwl1.resample('24H', base=7, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
dmr_nwl_cumsum = dmr_nwl.loc['2021-08-19':'2021-09-29'].cumsum()

plt.figure(figsize=(7, 7))
plt.plot(wow_nwl_cumsum, dmr_nwl_cumsum, color="blue", linewidth=2)
plt.plot(np.linspace(0, max(wow_nwl_cumsum), 100), np.linspace(0, max(wow_nwl_cumsum), 100), linestyle="--", color="red", linewidth=2)
plt.title('Nieuwelaan double mass plot')
plt.xlabel('WOW-NL cumulatief (in mm)')
plt.ylabel('Delft Meet Regen cumulatief (in mm)')
plt.legend(["double mass curve", "1:1 lijn"], loc='best')

plt.figure(figsize=(15, 5))
dmr_nwl_cumsum.plot(color="blue", linewidth=2)
wow_nwl_cumsum.plot(color="red", linewidth=2)
plt.title('Nieuwelaan cumulatief')
plt.xlabel('datum')
plt.ylabel('cumulatieve neerslag in mm')
plt.legend(['Delft Meet Regen', 'WOW-NL'], loc='best');
```

Figuur 35. Python script voor Figuur 11 en Figuur 12


```
wow_schoemakersplantage = pd.read_excel("DMR-Schoemakersplantage.xlsx", parse_dates=[0], index_col=0, skipinitialspace=True)
wow_smp_hourly = hourly(wow_schoemakersplantage.neerslagintensiteit)
wow_smp_daily = wow_smp_hourly.resample('24H', base=6, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
wow_smp_cumsum = wow_smp_daily.loc['2021-08-17':'2021-09-29'].cumsum()

dmr_schoemakersplantage = pd.read_excel("dmr_schoemakersplantage.xlsx", index_col=2, parse_dates=[2], dayfirst=True, skipinitialspace=True)
dmr_smp1 = dmr_schoemakersplantage.neerslag.sort_index()
dmr_smp = dmr_smp1.resample('24H', base=6, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
dmr_smp_cumsum = dmr_smp.loc['2021-08-17':'2021-09-29'].cumsum()

plt.figure(figsize=(7, 7))
plt.plot(wow_smp_cumsum, dmr_smp_cumsum, color="blue", linewidth=2)
plt.plot(np.linspace(0, max(wow_smp_cumsum), 100), np.linspace(0, max(wow_smp_cumsum), 100), linestyle="--", color="red", linewidth=2)
plt.title('Schoemakersplantage double mass plot')
plt.xlabel('WOW-NL cumulatief (in mm)')
plt.ylabel('Delft Meet Regen cumulatief (in mm)')
plt.legend(["double mass curve", "1:1 lijn"], loc='best')

plt.figure(figsize=(15, 5))
dmr_smp_cumsum.plot(color="blue", linewidth=2)
wow_smp_cumsum.plot(color="red", linewidth=2)
plt.title('Schoemakersplantage cumulatief')
plt.xlabel('datum')
plt.ylabel('cumulatieve neerslag in mm')
plt.legend(['Delft Meet Regen', 'WOW-NL'], loc='best');
```

Figuur 36. Python script voor Figuur 13 en Figuur 14

```
wow_pionierskwartier = pd.read_excel("Pionierskwartier.xlsx", parse_dates=[0], index_col=0, skipinitialspace=True)
wow_pk_hourly = hourly(wow_pionierskwartier.neerslagintensiteit)
wow_pk_daily = wow_pk_hourly.resample('24H', base=17, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
wow_pk_cumsum = wow_pk_daily.loc['2021-08-18':'2021-09-27'].cumsum()

dmr_pionierskwartier = pd.read_excel("dmr_pionierskwartier.xlsx", index_col=2, parse_dates=[2], dayfirst=True, skipinitialspace=True)
dmr_pk1 = dmr_pionierskwartier.neerslag.sort_index()
dmr_pk = dmr_pk1.resample('24H', base=17, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
dmr_pk_cumsum = dmr_pk.loc['2021-08-18':'2021-09-27'].cumsum()

plt.figure(figsize=(7, 7))
plt.plot(wow_pk_cumsum, dmr_pk_cumsum, color="blue", linewidth=2)
plt.plot(np.linspace(0, max(wow_pk_cumsum), 100), np.linspace(0, max(wow_pk_cumsum), 100), linestyle="--", color="red", linewidth=2)
plt.title('Pionierskwartier double mass plot')
plt.xlabel('WOW-NL cumulatief (in mm)')
plt.ylabel('Delft Meet Regen cumulatief (in mm)')
plt.legend(["double mass curve", "1:1 lijn"], loc='best')

plt.figure(figsize=(15, 5))
dmr_pk_cumsum.plot(color="blue", linewidth=2)
wow_pk_cumsum.plot(color="red", linewidth=2)
plt.title('Pionierskwartier cumulatief')
plt.xlabel('datum')
plt.ylabel('cumulatieve neerslag in mm')
plt.legend(['Delft Meet Regen', 'WOW-NL'], loc='best');
```

Figuur 37. Python script voor Figuur 15 en Figuur 16

```
diff_kb = wow_kb_cumsum - dmr_kb_cumsum
diff_to = wow_to_cumsum - dmr_to_cumsum
diff_nwl = wow_nwl_cumsum - dmr_nwl_cumsum
diff_smp = wow_smp_cumsum - dmr_smp_cumsum
diff_pk = wow_pk_cumsum - dmr_pk_cumsum

plt.figure(figsize=(15, 6))
diff_kb.plot(color="red")
diff_to.plot(color="orange")
diff_nwl.plot(color="green")
diff_smp.plot(color="blue")
diff_pk.plot(color="purple")
plt.title('cumulatieve verschillen tussen de regenmeters')
plt.xlabel('datum')
plt.ylabel('verschil in neerslag in mm')
plt.legend(['kinderboerderij', 'Tanhof Oost', 'Nieuwelaan', 'Schoemakersplantage', 'Pionierskwartier'], loc='best');
```

Figuur 38. Python script voor Figuur 17

```

dmr_deltares = pd.read_excel("dmr_deltares.xlsx", index_col=2, parse_dates=[2], dayfirst=True, skipinitialspace=True)
dmr_del1a = dmr_deltares.Neerslag.iloc[0:37].sort_index()
dmr_del1 = dmr_del1a.resample('24H', base=7, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
dmr_del1_cumsum = dmr_del1.loc['2021-08-11':'2021-09-29'].cumsum()

dmr_deltares = pd.read_excel("dmr_deltares.xlsx", index_col=2, parse_dates=[2], dayfirst=True, skipinitialspace=True)
dmr_del2a = dmr_deltares.Neerslag.iloc[37:73].sort_index()
dmr_del2 = dmr_del2a.resample('24H', base=7, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
dmr_del2_cumsum = dmr_del2.loc['2021-08-11':'2021-09-29'].cumsum()

dmr_deltares = pd.read_excel("dmr_deltares.xlsx", index_col=2, parse_dates=[2], dayfirst=True, skipinitialspace=True)
dmr_del3a = dmr_deltares.Neerslag.iloc[73:108].sort_index()
dmr_del3 = dmr_del3a.resample('24H', base=7, label='right', closed='right', kind='timestamp').sum()
dmr_del3_cumsum = dmr_del3.loc['2021-08-11':'2021-09-29'].cumsum()

plt.figure(figsize=(15, 5))
dmr_del1_cumsum.plot(color="blue",linewidth=2)
dmr_del2_cumsum.plot(color="red",linewidth=2)
dmr_del3_cumsum.plot(color="green",linewidth=2)
plt.title('Deltares cumulatief')
plt.xlabel('datum')
plt.ylabel('cumulatieve neerslag in mm')
plt.legend(['Deltares 1', 'Deltares 2', 'Deltares 3'], loc='best');

```

Figuur 39. Python script voor Figuur 19