

Waterhuishouding in het Berkelgebied

COCK BLOM, KEES VAN DER WERF

Met relevante en op internet beschikbare meetgegevens is een waterbalans van het Berkelgebied opgesteld. Dit is gedaan voor de jaren 2010 tot en met de zomer van 2022. Deze langjarige waterbalans laat duidelijk het effect van de drie warme en droge jaren 2018, 2019 en 2020 zien. Uit een analyse volgen waarden van de verdampingsreductie (gemiddeld voor het gehele gebied) voor verschillende periodes en een gemiddelde waarde van de bergingscoëfficiënt.

Artikel

Waterbalans

De drie belangrijkste termen in de waterbalans (Colenbrander, 1970 en NHV, 2015) zijn de neerslaghoeveelheid (N), de werkelijke verdamping (E) en de waterafvoer (Q). De hoeveelheid water in de (onder)grond kan verder nog variëren. Dit komt tot uiting in een variërend bodemvochtgehalte ΔV en een variërende grondwaterstand ΔW . Voor een (quasi) stationaire situatie geldt:

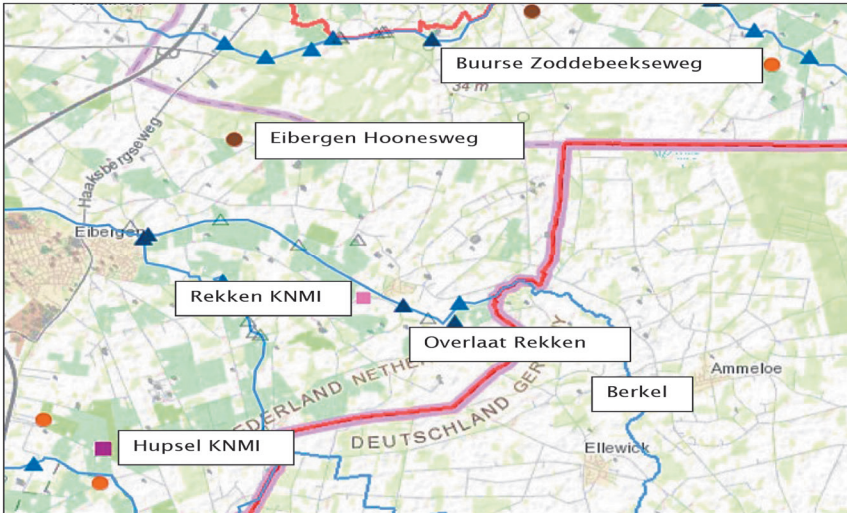
$$N - E - Q + \Delta V + \mu * \Delta W = 0 \quad (1)$$

Hierbij is: μ de bergingscoëfficiënt en $E = g * E_0$ de werkelijke verdamping. Met E_0 de referentieverdamping en g de (gemiddelde) reductiefactor. Al deze grootheden worden in dit artikel uitgedrukt in de eenheid: liter water per m² oppervlak, afgekort met [mm]. Door langjarig de cumulatieve hoeveelheden van de verschillende factoren van de waterbalans weer te geven worden de trends daarin zichtbaar. Bij het opstellen van deze waterbalans houden we geen rekening met kwel of wegzijging van het freatische grondwater naar een dieper watervoerend pakket. De aanname is dat de topografische en freatische waterscheiding redelijk samenvallen.

Meetgegevens

Alle gebruikte meetgegevens zijn op openbare internetsites te vinden. Op afbeelding 1 zijn de locaties van de KNMI-stations in Rekken en Hupsel aangegeven (Waterschap Rijn en IJssel, 2022). Van de KNMI-website (KNMI, 2022) kan de dagelijkse neerslaghoeveelheid (N) in Rekken en Hupsel gedownload worden. In Hupsel is tevens de dagelijkse referentieverdamping (E_0) gegeven. Vlak na de Duitse grens, waar de Berkel Nederland binnenkomt staat het meetstation Overlaat Rekken. Hier wordt het debiet van de Berkel in [m³/s] gemeten. Het dag- en maandgemiddelde debiet als functie van de tijd is te vinden op (Waterschap Rijn en IJssel, 2022). De Berkel ontspringt uit een kleine bron bij Billerbeck en wordt verder gevoed met regenwater. Het Duitse deel van het stroomgebied van de Berkel tot Overlaat Rekken beslaat 380 km² (Waterschap Rijn en IJssel, 2021). Met dit oppervlak en de debietwaarden kan de waterafvoer (Q) berekend

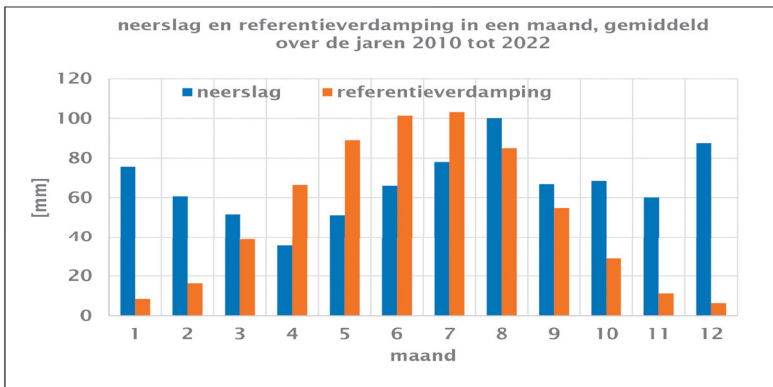
worden. Het oppervlak van het Duitse deel van het stroomgebied van de Ramsbeek en de Slinge, die stroomafwaarts van Rekken in de Berkel uitkomen is niet meegenomen. Verder zijn in afbeelding 1 de locaties aan de Hoonesweg in Eibergen en aan de Zoddebeekseweg in Buurse aangegeven waar een grondwatermeetstation is. De grondwaterstanden als functie van de tijd zijn ook op de website van het waterschap beschikbaar (Waterschap Rijn en IJssel, 2022). Andere stations in de omgeving van Rekken geven maar in een beperkt tijdsinterval gegevens van de grondwaterstand.



Afbeelding 1 Locaties KNMI stations Hupsel en Rekken, grondwatermeetstation in Eibergen en Buurse en de waterdebietmeetlocatie in de Berkel bij Overlaat Rekken

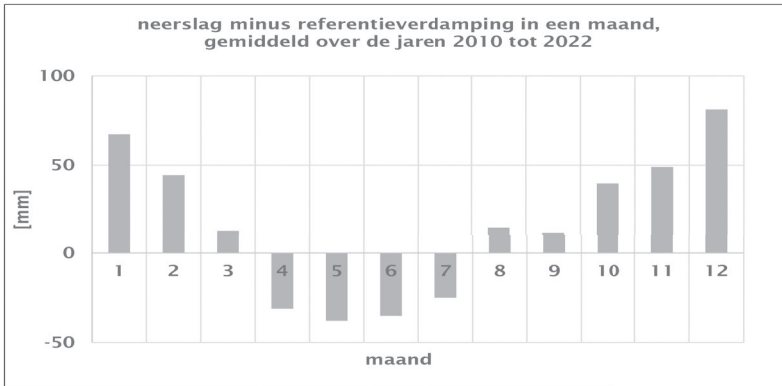
Neerslag en referentieverdamping

In afbeelding 2 is het maandgemiddelde van de neerslaghoeveelheid in Rekken en de referentieverdamping in Hupsel over de laatste twaalf jaar gegeven. In april is er de minste neerslag en in augustus het meest. In de maanden juni en juli is de referentieverdamping maximaal.



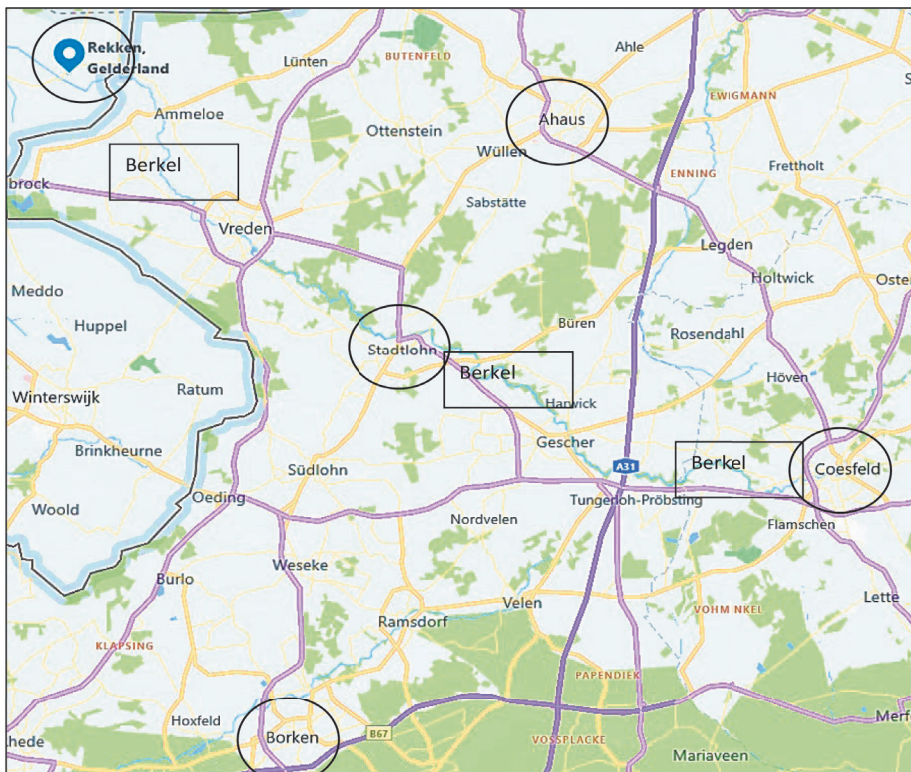
Afbeelding 2 De maandgemiddelde neerslag in Rekken en de referentieverdamping in Hupsel over de jaren 2010 tot 2022

Het verschil tussen de neerslag en referentieverdamping is te zien in afbeelding 3. In april wordt dit verschil negatief tot augustus.



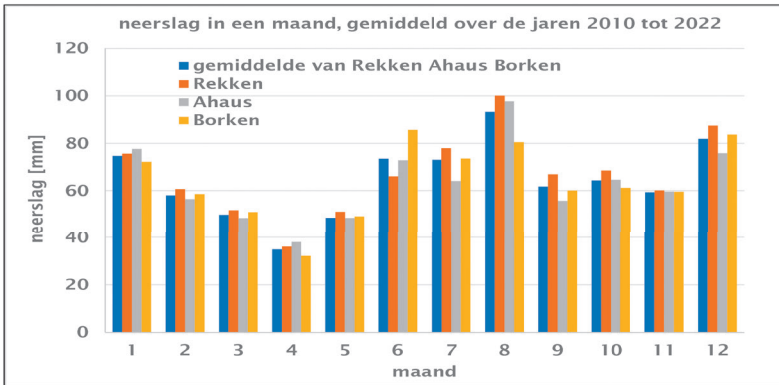
Afbeelding 3 Het maandgemiddelde verschil tussen neerslag en referentieverdamping in Hupsel over de jaren 2010 tot 2022

De maandelijkse en jaarlijkse neerslagsommen op verschillende locaties kunnen van elkaar afwijken vooral door één of enkele grote plaatselijke regenbuien. Daarom is het nodig om voor een gebied zo goed mogelijk de gemiddelde neerslag te schatten.



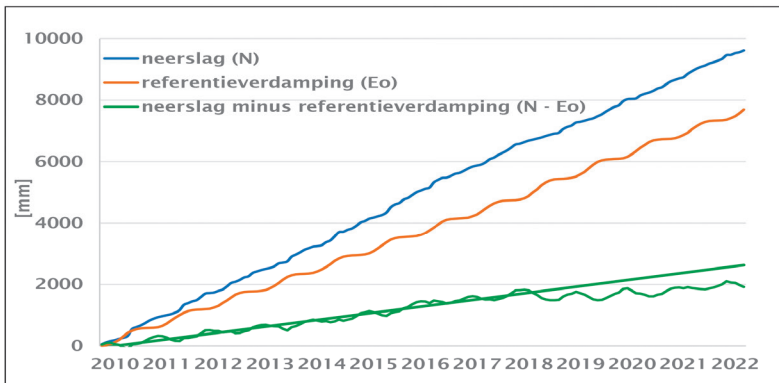
Afbeelding 4 Neerslag meetstations rond het stroomgebied van de Berkel

In afbeelding 4 zijn de Duitse meetstations aangegeven, die zo dicht mogelijk bij het stroomgebied van de Berkel liggen, waarbij tevens de neerslaghoeveelheden beschikbaar zijn (WetterKontor, 2022). Van de stations Ahaus en Borken zijn de gegevens beschikbaar vanaf 2010, Coesfeld vanaf 2015 en Stadtlohn vanaf 2020. Samen met de gegevens van het KNMI in Rekken is een gemiddelde maandelijkse neerslaghoeveelheid in het Berkelgebied berekend. De twaalfjarige maandelijks gemiddelde neerslagsom voor drie stations is gegeven in afbeelding 5. In de zomerperiode zijn er soms wat grotere verschillen door heftige lokale regenbuien.



Afbeelding 5 Neerslag in een maand, gemiddeld over 2010 tot 2022

De referentieverdamping is veel minder dan de neerslaghoeveelheid afhankelijk van de plaats. De aanname is dat de referentieverdamping van het KNMI in Hupsel representatief is voor het hele Berkelstroomgebied. In afbeelding 6 zijn de cumulatieve hoeveelheden van neerslag en referentieverdamping alsmede het verschil tussen beide gegeven.

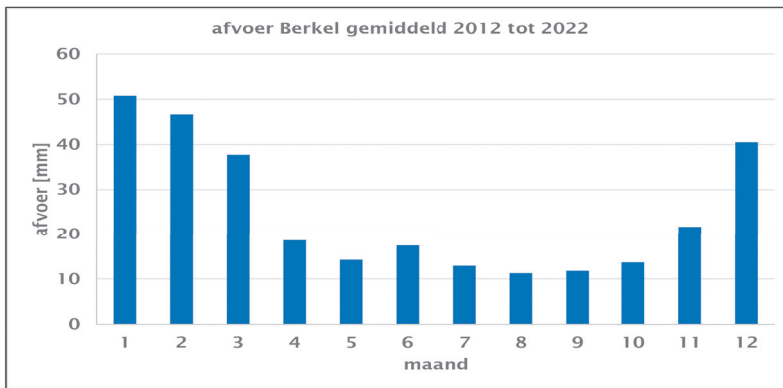


Afbeelding 6 De cumulatieve hoeveelheid neerslag in het Berkelgebied en de referentieverdamping en het verschil tussen beide grootheden

Er is in afbeelding 6 (afgezien van seizoenvariëaties) van 2010 tot en met 2017 een vrijwel lineaire toename van het verschil tussen de cumulatieve hoeveelheid neerslag en de referentieverdamping te zien. In de jaren 2018, 2019 en 2020 is er een trendbreuk te zien, dit zijn (extreem) droge en warme jaren geweest.

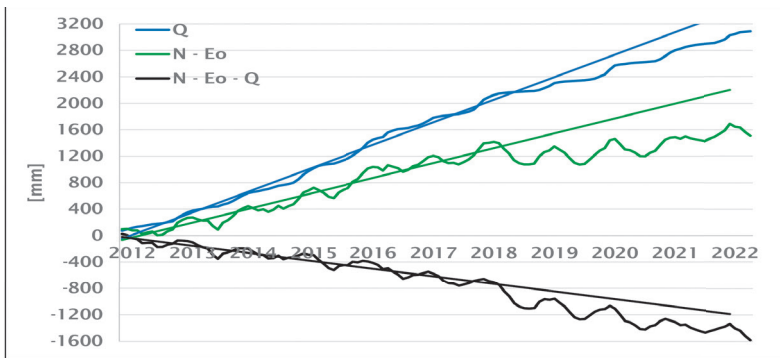
Afvoer

Het gemiddelde waterdebiet in de Berkel bij de Overlaat Rekken (vlak na de Duitse grens) is vanaf 2012 op de site van het waterschap Rijn en IJssel gegeven (Waterschap Rijn en IJssel, 2022). De eenheid van de gegeven debieten is $[m^3/s]$. In enkele jaren ontbreken er gedurende korte tijd meetwaarden in de datareeks. Ontbrekende waarden zijn door interpolatie toegevoegd om zo afwijkingen in maandtotalen niet te veel laten afwijken. Met het oppervlak van het stroomgebied van de Berkel in Duitsland (380 km^2 , Waterschap Rijn en IJssel, 2021) en de debietgegevens, is de afvoer berekend en gesommeerd over een maand. De gemiddelde maandaafvoer over de jaren 2012 tot 2022 is gegeven in afbeelding 7.



Afbeelding 7 Afvoer in de Berkel bij Overlaat Rekken gemiddeld over 2012 tot 2022

In afbeelding 8 is de cumulatieve hoeveelheid afvoer (Q) gegeven. Ook hier is een vermindering van het lineaire gedrag te zien vanaf begin 2018. Verder in afbeelding 8 zijn de cumulatieve hoeveelheden neerslag minus referentieverdamping ($N - E_o$) als in afbeelding 6, hier vanaf 2012) samen met neerslag minus referentieverdamping minus afvoer ($N - E_o - Q$) gegeven. De conclusie uit deze grafiek zou kunnen zijn dat er een cumulatief watertekort is ontstaan. En dat het tekort nog verder toegenomen is na begin 2018. Zeker tot 2018 is dat niet aannemelijk. Afgezien van seizoenvariëaties is ook de grondwaterstand in deze periode constant gebleven (zie verder bij hoofdstuk grondwaterstand). Dus waarschijnlijk treedt dit tekort op omdat de werkelijke verdamping lager is dan de referentieverdamping.

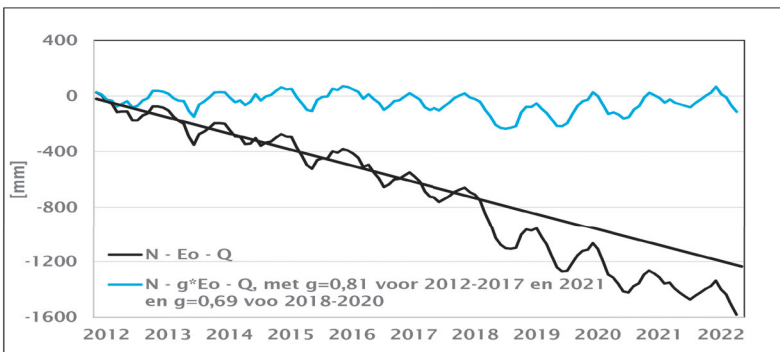


Afbeelding 8 Cumulatieve hoeveelheden afvoer (Q), neerslag minus referentieverdamping ($N - E_0$) (als in afbeelding 6) en verminderd met de afvoer ($N - E_0 - Q$), met lineaire fits van 2012 tot 2018

Werkelijke verdamping

De referentieverdamping is de theoretisch maximale verdamping van een ideale grasmat met een optimale beschikbaarheid van water, berekend met de formule van Makkink (CHO, 1988). Het KNMI berekent gedurende het hele jaar in een aantal stations de referentieverdamping op basis van de formule van Makkink. Hoe groot de werkelijke verdamping van een oppervlak of gebied is hangt af van de soort vegetatie/gewas, (soort) bomen, bebouwing e.d. De actuele verdamping kan wel dalen tot 70% (reductiefactor 0,7) of minder van de referentieverdamping (Bos-Burgering e.a., 2020). De verdamping wordt ook lager bij uitdroging van de bodem door een verminderde vochtaanvoer naar het oppervlak.

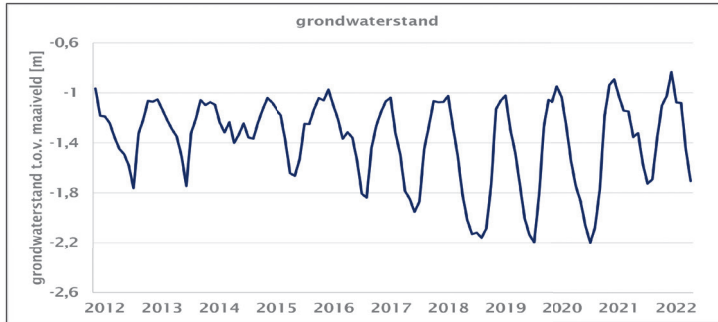
De reductiefactor is hier bepaald door de eis dat de cumulatieve hoeveelheid neerslag-verdamping-afvoer over een bepaalde periode op nul moet uitkomen. Bij een voldoende lange periode kan de verandering in de berging verwaarloosd worden. Met een reductiefactor van 0,81 wordt de cumulatieve hoeveelheid neerslag-verdamping-afvoer van januari 2012 tot januari 2018 vrijwel nul. In de drie droge jaren van januari 2018 tot januari 2021 is een reductiefactor van 0,69 nodig om in januari 2021 uit te komen op minder dan 5 mm. Met voor 2021 een reductiefactor van weer 0,81 komt de waterbalans in de hele periode van 2012 tot 2022 uit op minder dan 3 mm. In afbeelding 9 is het resultaat te zien.



Afbeelding 9 Neerslag minus verdamping minus afvoer ($N - E - Q$) met $E = E_0$ (als in afbeelding 8) en $E = g * E_0$ met $g=0,81$ voor 2012-2017 en 2021 en $g=0,69$ voor 2018-2020

Grondwaterstand

Voor de grondwaterstand zijn de meetwaarden van de stations in Eibergen en Buurse (Waterschap Rijn en IJssel, 2022) gemiddeld. Deze stations zijn de dichtstbijzijnde stations waar vanaf 2012 een vrijwel volledige reeks met dag-gemiddelde waarden beschikbaar zijn. Op enkele tijdsintervallen ontbreken meetwaarden, die zijn door middel van een lineaire interpolatie opgevuld.



Afbeelding 10 Grondwaterstand gemiddeld in Eibergen en Buurse

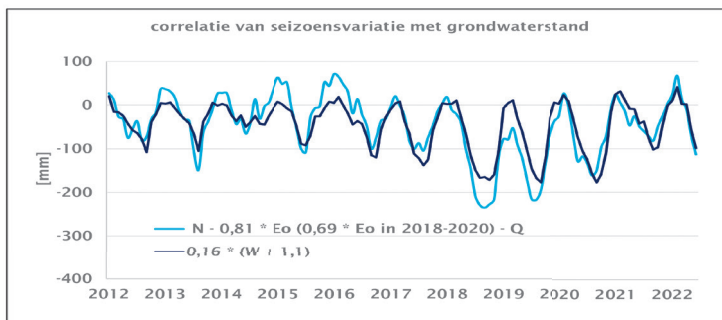
Resultaat waterbalans

In de jaren 2018, 2019 en 2020 zijn de seizoenvariëaties groter terwijl de grondwaterstand in de winter op ongeveer hetzelfde niveau (of nog wel hoger) terugkomt: de drainagelaag op ongeveer 1 m onder maaiveld. De overgebleven seizoenvariëatie in figuur 9 is gecorreleerd aan de grondwaterstand. Voor de variatie van de hoeveelheid vocht ten gevolge van de variatie van de grondwaterstand (W) wordt de volgende relatie gebruikt:

$$\mu * \Delta W = \mu * (W - C), \quad (2)$$

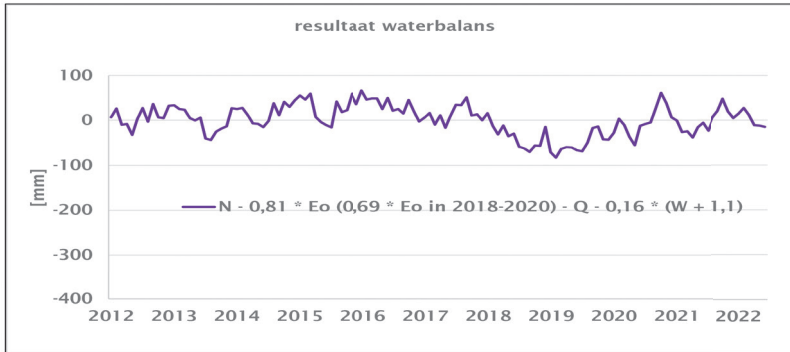
waarbij μ de bergingscoëfficiënt is.

De waarde van μ is bepaald door de voorwaarde dat het gemiddelde verschil tussen $\mu * \Delta W$ en $N - g * E_o - Q$ over de gehele periode van 2012 tot zomer 2022 minimaal is. Dit resulteert in een waarde voor de (gemiddelde) bergingscoëfficiënt van 0,16. De waarde van C is -1,1 m, de gemiddelde grondwaterstand in de wintermaanden. In afbeelding 11 is het resultaat te zien.



Afbeelding 11 Correlatie met grondwaterstand

Door de grondwaterterm mee te nemen zijn de seizoenafwijkingen in de waterbalans maximaal +/- 75 mm, met een standaarddeviatie van 30 mm. De cumulatieve waarde van de waterbalans is vrijwel nul.



Afbeelding 12 Resultaat waterbalans

De verdampingsreductiefactor is gebruikt om de waterbalans over tien jaar sluitend te krijgen. De bergingsfactor is gebruikt om de seizoenvariabiliteit te reduceren.

Discussie en conclusie

Met behulp van beschikbare gegevens van neerslag, verdamping, afvoer en waterstanden is het mogelijk om een redelijk beeld te krijgen van de waterbalans in het Berkelgebied. Dit ondanks dat deze gegevens veel minder gedetailleerd zijn dan bij bijvoorbeeld het Leerinkbeek onderzoek (Colenbrander, 1970). Afgezien van seizoenvariabiliteit is het verloop van de cumulatieve hoeveelheid van neerslag minus de referentieverdamping en afvoer tot begin 2018 lineair met de tijd (afbeelding 8). Daarom is aangenomen dat de cumulatieve waterbalans over de jaren 2012 tot begin 2018 op vrijwel nul mm moet uitkomen. De aanpassing die hiervoor nodig is, is dat de werkelijke verdamping 81% is van de referentieverdamping. Het effect van de drie droge en warme jaren 2018, 2019 en 2020 is duidelijk te zien in zowel de neerslaghoeveelheid als ook de afvoer. Voor deze jaren volgt uit de analyse een werkelijke verdamping van 69% van de referentieverdamping. Deze waarden liggen in de range van literatuurwaarden (Bos-Burging e.a., 2020).

De geschatte waarde van de gemiddelde bergingscoëfficiënt in het Berkelgebied is 0,16. Dit is in de range van waarden (0,09 tot 0,21) gemeld in het Leerinkbeek onderzoek (Colenbrander, 1970). In dit onderzoek is ook te zien dat de bijdrage van de ondergrondse wateraanvoer of afvoer gering is (minder dan 1%). In Statische beschrijving beheersgebied Berkel (Waterschap Rijn en IJssel, 2015) wordt een aandeel van wegzijging inclusief kwel van 1% genoemd. In deze analyse is dit effect verwaarloosd.

De variaties in de waterbalans die nog overblijven zijn het gevolg van onnauwkeurigheden en toevallige fouten in de meetgegevens. Verder zullen er faseverschillen zitten tussen neerslag, verdamping en afvoer, waar hier geen rekening mee gehouden is. Ook is geen rekening gehouden met het watergehalte (ΔV) in de grond boven het grondwaterniveau en de bergingsverandering in het op-

pervlaktewater. Cumulatief zullen deze termen langjarig geen bijdrage leveren aan de waterbalans. Mogelijk is de seizoenvariatie van deze termen al (voor een deel) meegenomen in de grondwaterterm waardoor er in de waterbalans (afbeelding 12) nauwelijks nog een seizoenvariatie te zien is. Al deze mogelijke foutenbronnen resulteren in afwijkingen in de waterbalans van maximaal +/- 75 [mm] met een standaarddeviatie van de afwijkingen van 30 [mm].

Literatuur

Bos-Burgering, L, A. Weerts, J. Pouwels, C. Jacobs, F. Jansen (2020) Deltafact Verdamping; STOWA, Amersfoort. Beschikbaar via: <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/verdamping#Verdamping>

CHO (1988) rapport 19, Van Penman naar Makkink Een nieuwe berekeningswijze voor de klimatologische verdampingsgetallen, s'Gravenhage.

Colenbrander, H. J. (1970) Waterbalansstudies in kleine stroomgebieden; in: Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied, Provincie Gelderland, pag 209-229.

KNMI (2022) KNMI - Overzicht van de neerslag en verdamping in Nederland. Beschikbaar via: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/monv>

NHV Werkgroep Verdamping (2015) Verdamping in de Hydrologie NHV-special 8 Nederlandse Hydrologische Vereniging (NHV)

Waterschap Rijn en IJssel (2015) Statische beschrijving beheersgebied Berkel Beschikbaar via: <https://docplayer.nl/68930597-Statistische-beschrijving-beheersgebied-berkel.html>

Waterschap Rijn en IJssel (2021) *Archiefweb - Waterschap Rijn en IJssel* (op de site datum terugzetten, zoekterm beheersgebied Berkel). Beschikbaar via <https://wrij.archiefweb.eu/>

Waterschap Rijn en IJssel (2022) Waterdata - Waterschap Rijn en IJssel: Kaart (wrij.nl). Beschikbaar via <https://waterdata.wrij.nl/>

Wetterkontor (2022) Rückblick für Ahaus (Münsterland) - WetterKontor. Beschikbaar via: <https://www.wetterkontor.de/wetter-rueckblick/>

Summary Water management in the Berkel area

A water balance of the Berkel area has been drawn up using relevant data available on the internet. This was done for the years 2010 up to and including the summer of 2022. This long-term water balance clearly shows the effect of the three warm and dry years 2018, 2019 and 2020. Values of the evaporation reduction (average for the entire area) for different periods and an average value of the storage coefficient follow from an analysis.

Auteurs

COCK BLOM

UHD (gepensioneerd)

Vakgroep Reologie

Technische Natuurkunde, UTwente

c.blom10.1@kpnmail.nl

KEES VAN DER WERF

Onderzoeker (gepensioneerd)

Vakgroep BioFysica

Technische Natuurkunde, UTwente

k.o.vanderwerf@gmail.com