

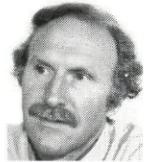
Een beschouwing van de hydrologische effecten in het Hupselse Beekgebied ten gevolge van een hypothetische klimaatverandering

Inleiding

Algemeen wordt aangenomen dat het klimaat gaat veranderen als gevolg van een versterkt broeikaseffect. Klimaatveranderingen hebben invloed op de hydrologische kringloop en dus ook op de watervoorziening. Omdat mens, dier en plant afhankelijk zijn van water is het van groot belang te onderzoeken hoe de processen van de hydrologische kringloop zullen veranderen.



IR. B. W. A. H. PARMET
Landbouwniversiteit
Wageningen
tegenwoordig RIZA Lelystad



IR. J. N. M. STRICKER
Landbouwniversiteit
Wageningen



IR. P. M. M. WARMERDAM
Landbouwniversiteit
Wageningen

Om te kunnen voorspellen wat de gevolgen zijn voor hydrologische processen moet bekend zijn welke veranderingen in het klimaat gaan optreden. Hierover bestaat nog veel onzekerheid. Uit berekeningen met klimaatmodellen blijkt dat als het CO₂-gehalte in de atmosfeer verdubbelt, de temperatuur in West-Europa toe zal nemen met gemiddeld 3 °C in de zomer en 4 °C in de winter. De neerslag zal ook toenemen, vooral in de winterperiode, met ongeveer 10%. Verder is berekend dat de potentiële verdamping in West-Europa toeneemt, in de zomer meer dan in de winter [Parmet, 1989]. Er moet worden opgemerkt dat aan deze klimaatmodellen nog veel onzekerheden kleven. Zo reproduceren ze het huidige klimaat nog niet goed en zijn bepaalde feedbacks slecht verwerkt. Voor verdere informatie wordt verwezen naar de literatuur over dit onderwerp [o.a. Dickinson, 1986, Wilson & Mitchell, 1987]. Uit het bovenstaande volgt dat het nog niet goed mogelijk is om te voorspellen wat er precies gaat gebeuren. Er kan slechts onderzocht worden welke mogelijke veranderingen in hydrologische processen kunnen optreden als voor Nederland een ander klimaat zou gelden in de toekomst. Bij de vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica van de

Samenvatting

Algemeen wordt aangenomen dat als gevolg van een versterkt broeikaseffect de gemiddelde temperatuur aan het aardoppervlak zal toenemen. Het klimaat als geheel zal gaan veranderen, wat invloed zal hebben op de processen van de hydrologische kringloop. Er zijn verschillende methoden te onderscheiden waarmee de hydrologische gevolgen van klimaatveranderingen onderzocht kunnen worden. Eén van deze methoden is toegepast op het Hupselse Beekgebied. Er is aangenomen dat het huidige klimaat van Bretagne zich op termijn zou kunnen doen gelden in Hupsel. Gegevens van het meteorologische station Rennes (Bretagne) zijn gebruikt alsof ze op het meteorologische station Assink (Hupsel) gemeten waren. Van station Rennes waren gegevens over de periode 1976-1986 beschikbaar. Deze gegevens zijn vergeleken met gegevens van station Assink over dezelfde periode. Netto straling, die wordt gemeten in Assink maar niet in Rennes, is berekend met een voor station Assink gekalibreerde formule. Potentiële verdamping is berekend met de formule van Thom & Oliver en actuele verdamping met het model SWATRE.

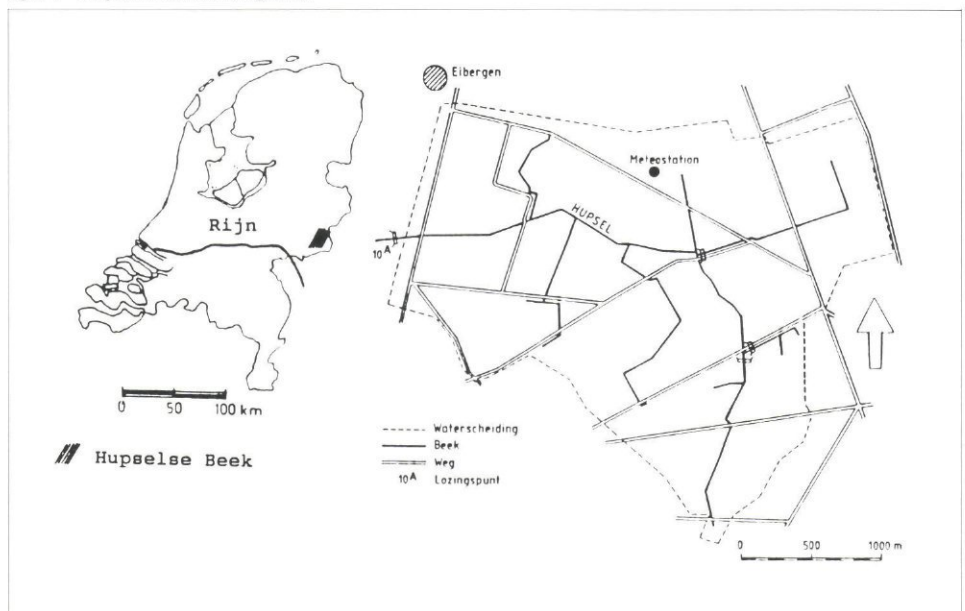
Uit analyse van de gemeten gegevens over de periode 1976-1986 is gebleken dat als het huidige klimaat van Bretagne het toekomstige klimaat van Hupsel wordt, de gemiddelde temperatuur, relatieve zonneshijnduur en windsnelheid zullen toenemen en de gemiddelde neerslag en relatieve vochtigheid zullen afnemen. Analyse van de berekende gegevens laat zien dat de gemiddelde netto straling en de gemiddelde potentiële en actuele verdamping toe zullen nemen als het klimaat van Hupsel gaat verschuiven naar het huidige klimaat van Bretagne. De frequentie en grootte van vochttekorten tijdens het groeiseizoen zullen toenemen, wat invloed zal hebben op landbouw en natuurgebieden. De gemiddelde afvoer per jaar zal aanzienlijk afnemen.

Landbouwniversiteit Wageningen is een onderzoek uitgevoerd naar de hydrologische gevolgen van een warmer klimaat voor het stroomgebied van de Hupselse Beek. Het Hupselse Beekstroomgebied beslaat een oppervlakte van 650 hectare en is gelegen in het oosten van Nederland in de buurt van Eibergen (zie afb. 1). Het stroomgebied is sinds 1976 uitgebreid hydrologisch, meteorologisch en bodemfysisch bemeaten door Rijkswaterstaat RIZA o.a. in samenwerking met de

vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica.

Dit artikel is gebaseerd op het boven genoemde onderzoek naar de hydrologische gevolgen van hypothetische klimaatveranderingen voor het Hupselse Beekgebied. In het volgende worden eerst de mogelijke methoden van onderzoek beschreven. Vervolgens wordt de gekozen methode uitgewerkt en worden de resultaten gepresenteerd en besproken.

Afb. 1 - Hupselse Beek stroomgebied.



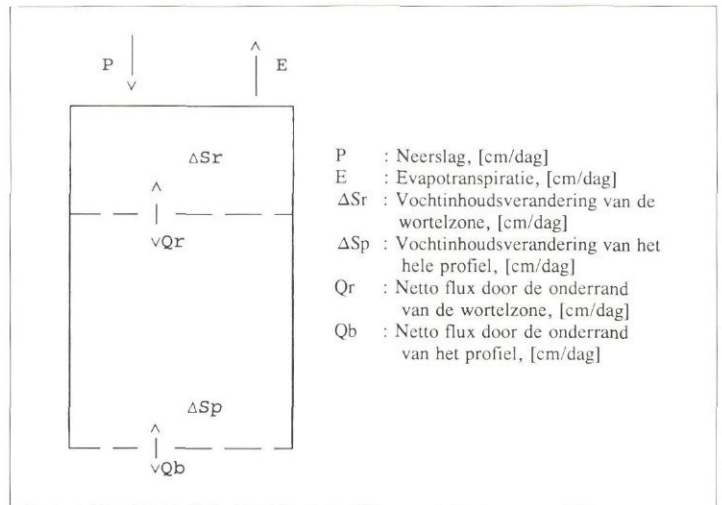
Methoden van onderzoek

Er zijn drie methoden te onderscheiden waarmee de hydrologische gevolgen van klimaatveranderingen onderzocht kunnen worden [Parmet, 1990]. In de eerste plaats kan naar het verleden gekeken worden, waarin warme en koude perioden elkaar hebben afgewisseld. Wanneer gegevens van hydrologische processen gedurende een warmere periode bekend zijn, kan daaruit afgeleid worden wat mogelijke veranderingen in de toekomst kunnen zijn. Deze methode is uiteraard niet toepasbaar in het Hupselse Beekgebied omdat de benodigde gegevens slechts over een relatief korte periode bekend zijn.

Een tweede methode is het gebruik van klimaatscenario's als input voor hydrologische modellen. Deze methode wordt door veel onderzoekers toegepast. De scenario's kunnen artificieel zijn of berekend met klimaatmodellen. Artificiële scenario's worden opgesteld zonder het klimaatsysteem als geheel in beschouwing te nemen. Een eenvoudig voorbeeld is een scenario waarin wordt aangenomen dat de temperatuur met 2 °C en de neerslag met 10% toeneemt. Aan de hand van dit soort scenario's kan geanalyseerd worden wat de gevoeligheid van het Hupselse Beekgebied is voor bepaalde klimaatveranderingen. Het nadeel van deze scenario's is dat niet zeker is of ze de fysische realiteit goed weergeven en interne consistentie vertonen voor de klimatologische grootheden. In plaats van artificiële scenario's kunnen scenario's berekend met klimaatmodellen gebruikt worden. De nadelen van deze scenario's zijn dat de huidige modellen enerzijds nog veel onzekerheden bevatten en anderzijds op een zeer grove ruimtelijke schaal rekenen waardoor de resultaten moeilijk op regionale schaal toegepast kunnen worden.

De derde methode die onderscheiden wordt, is het gebruik van bestaande meteorologische of klimatologische gegevens van een ander gebied. Hierbij wordt verondersteld dat op termijn het gekozen klimaat zich zou kunnen doen gelden in het te bestuderen gebied. Het resultaat van deze methode is niet anders dan wanneer scenario's gebruikt worden maar heeft als voordeel dat gegevens van een bestaand klimaat intern consistent en realistisch zijn. Deze methode is gebruikt om de hydrologische gevolgen van een warmer klimaat voor het Hupselse Beekgebied te bestuderen. Het is van belang dat gegevens gebruikt worden die afkomstig zijn van een gebied waarvan het klimaat door dezelfde factoren beïnvloed wordt en dezelfde kenmerken heeft als

Afb. 2 - Waterbalans zoals berekend door SWATRE.



- P : Neerslag, [cm/dag]
- E : Evapotranspiratie, [cm/dag]
- ΔS_r : Vochtinhoudsverandering van de wortelzone, [cm/dag]
- ΔS_p : Vochtinhoudsverandering van het hele profiel, [cm/dag]
- Q_r : Netto flux door de onderrand van de wortelzone, [cm/dag]
- Q_b : Netto flux door de onderrand van het profiel, [cm/dag]

het klimaat in Nederland. In de Sahara is het zonder twijfel warmer dan in Nederland, maar het klimaat aldaar wordt door hele andere factoren beïnvloed.

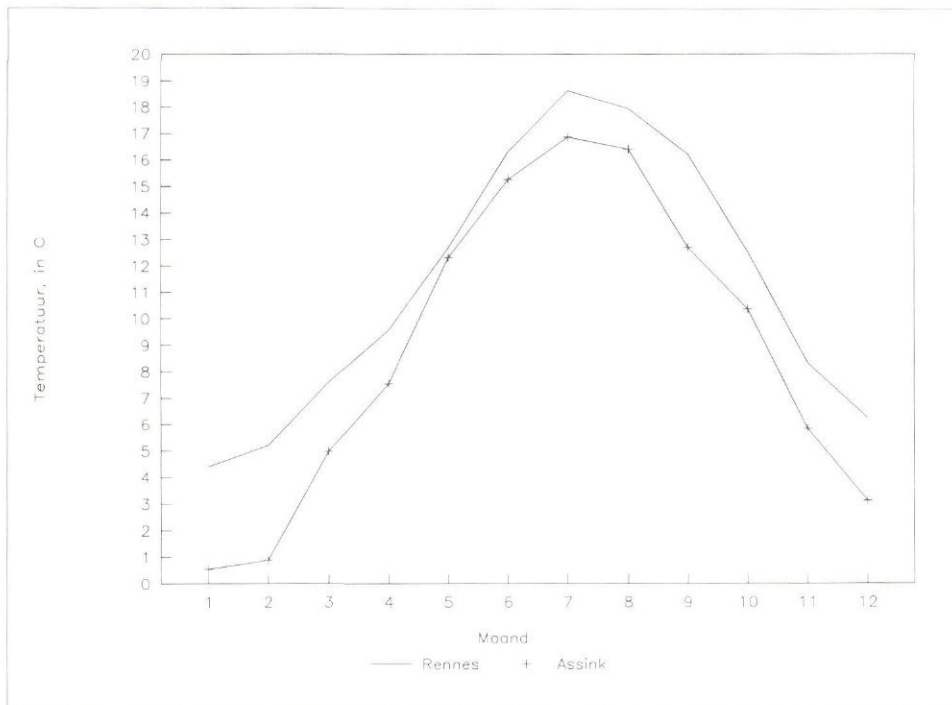
Beschikbare gegevens en opzet van het onderzoek

Om de hydrologische gevolgen van een warmer klimaat voor het Hupselse Beekgebied te bestuderen is gebruik gemaakt van gegevens van het meteorologisch station Rennes gelegen in Bretagne (Noord-West Frankrijk). Het klimaat in dit deel van Frankrijk is te classificeren als een zeeklimaat. Het wordt, net als het klimaat in Nederland, gekenmerkt door zachte winters en relatief koele zomers. Gedurende het hele jaar overheersen winden vanuit zee. De neerslag is gelijkmatig over het jaar verdeeld en de verdamping is maximaal in de zomer en minimaal in de winter. Door deze overeenkomsten lijkt het aannemelijk dat het toekomstige klimaat in Nederland kan gaan lijken op het huidige klimaat in Bretagne [Parmet, 1989, 1990].

Van Rennes zijn daggegevens beschikbaar betreffende temperatuur, neerslag, relatieve vochtigheid, windsnelheid en zonneshijnduur. Deze gegevens waren over een periode van 11 jaar beschikbaar, van 1976-1986. De gegevens zijn gebruikt alsof ze op het meteorologisch station Assink in het Hupselse Beekgebied gemeten zijn. Van het Hupselse Beekgebied zelf zijn naast bovengenoemde gegevens ook daggegevens van globale en netto straling, grondwaterstand, bodemwarmte flux (alle gemeten op meteorologisch station Assink) en afvoer bekend. Verder wordt op station Assink eens in de twee weken het bodemvochtgehalte gemeten. In eerste instantie zijn de gegevens van station Rennes vergeleken met gegevens die in dezelfde periode op station Assink gemeten zijn. Vervolgens is de

verdamping berekend met de gegevens van Assink en van Rennes. De potentiële verdamping is berekend met de formule van Thom en Oliver [Thom en Oliver, 1977]. Deze methode levert goede resultaten gedurende het hele jaar [Stricker, 1981]. Voor het berekenen van de potentiële verdamping ontbreken aan de gegevens van Rennes de netto straling en de bodemwarmte flux. De netto straling is berekend met de formule van Brunt [Van der Molen, 1984], welke vooraf is gekalibreerd voor het Hupselse Beekgebied aan de hand van de op station Assink gemeten globale en netto straling. De bodemwarmte flux is berekend met een regressieformule die het verband beschrijft tussen de bodemwarmte flux enerzijds en de temperatuur en netto straling anderzijds [Wentholt, 1989].

De actuele verdamping is bepaald met het model SWATRE, een één-dimensionaal model dat onder andere de dagelijkse vochtinhouding van een begroeide kolom grond berekend (afb. 2) [Belmans *et al.*, 1983]. Het model beschrijft de stroming in de onverzadigde zone met de Richards vergelijking. Om de vochtinhouding van een kolom te kunnen berekenen heeft SWATRE informatie nodig over de bodemfysische kenmerken en de boven- en onderrand van de kolom. De bodemfysische kenmerken (van het station Assink) kunnen ingevoerd worden met de Van Genuchten Mualem relaties [Van Genuchten, 1980]. De bovenrandvoorwaarde bestaat uit daggegevens van neerslag en potentiële verdamping. Voor de onderrandvoorwaarde zijn er verschillende mogelijkheden. Na onderzoek is gebleken dat een empirische relatie tussen gemeten afvoer en gemeten grondwaterstand (van station Assink) als onderrandvoorwaarde redelijk voldoet [Parmet, 1990].



Afb. 3 - Gemiddelde temperatuur per maand, in [°C].

De lengte van de periode waarover de berekening met het model SWATRE plaatsvindt is variabel. Waterbalansen kunnen voor het hele of een gedeelte (seizoen) van het jaar berekend worden. Omdat is aangenomen dat de actuele verdamping buiten het groeiseizoen niet afwijkt van de potentiële, is het groeiseizoen, gedefinieerd van 15 april tot en met 15 september, als rekenperiode gekozen.

Tenslotte is de globale waterbalans van het stroomgebied van de Hupselse Beek berekend. Uit de cumulatieve neerslag – en de berekende verdampingsgegevens kan een globale waterbalans per jaar opgesteld worden. Een vergelijking van de waterbalans zoals die nu is (berekend met gegevens van Assink) met de waterbalans zoals die in de toekomst kan zijn (berekend met gegevens van Rennes) geeft aan wat mogelijke veranderingen van de jaarlijkse afvoer zijn.

Analyse van de gemeten gegevens

Uit de analyse van de beschikbare gegevens van de stations Rennes en Assink is gebleken dat in Rennes gemiddeld de temperatuur gedurende het hele jaar hoger is (zie afb. 3). Het temperatuursverschil is groter in de winter. De gemiddelde jaarlijkse neerslag in Rennes ligt iets lager dan in Hupsel (708 respectievelijk 735 mm). De gemiddelde neerslag in de herfst en winter ligt iets hoger (20 mm) en in het voorjaar en de zomer iets lager (48 mm).

De gemiddelde relatieve vochtigheid in Rennes is het hele jaar, behalve in mei, lager. De windsnelheid gemeten in Rennes is gemiddeld in alle maanden hoger. De gemiddelde actuele en relatieve zonnenschijnduur tenslotte is gedurende het hele jaar hoger in Rennes dan in Hupsel.

Bij de bovenstaande analyse is aangenomen dat er geen instrumentele en omgevingsverschillen zijn tussen de

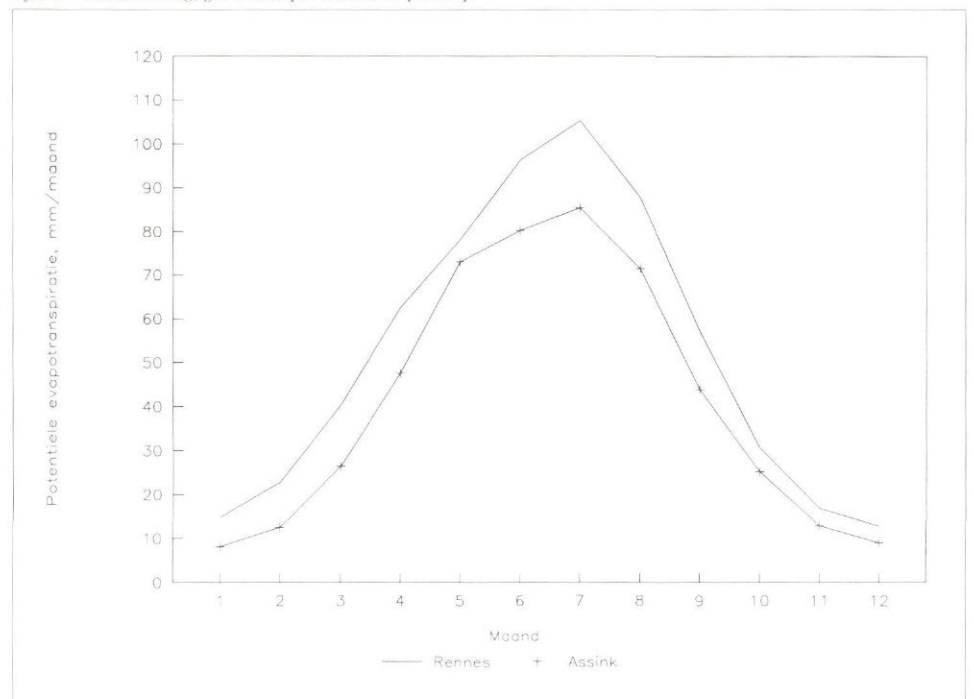
meteorologische stations Rennes en Assink en dat de gegevens op dezelfde manier en met dezelfde nauwkeurigheid verzameld zijn. Verder moet opgemerkt worden dat voor de analyse slechts 11 jaar (1976-1986) gegevens beschikbaar waren. De netto straling voor de gegevens van Rennes is berekend met de voor Hupsel gekalibreerde formule van Brunt. Als het huidige klimaat van Rennes het toekomstige klimaat van Hupsel wordt dan neemt, behalve in de maanden januari en december, gemiddeld de netto straling toe (zie afb. 4).

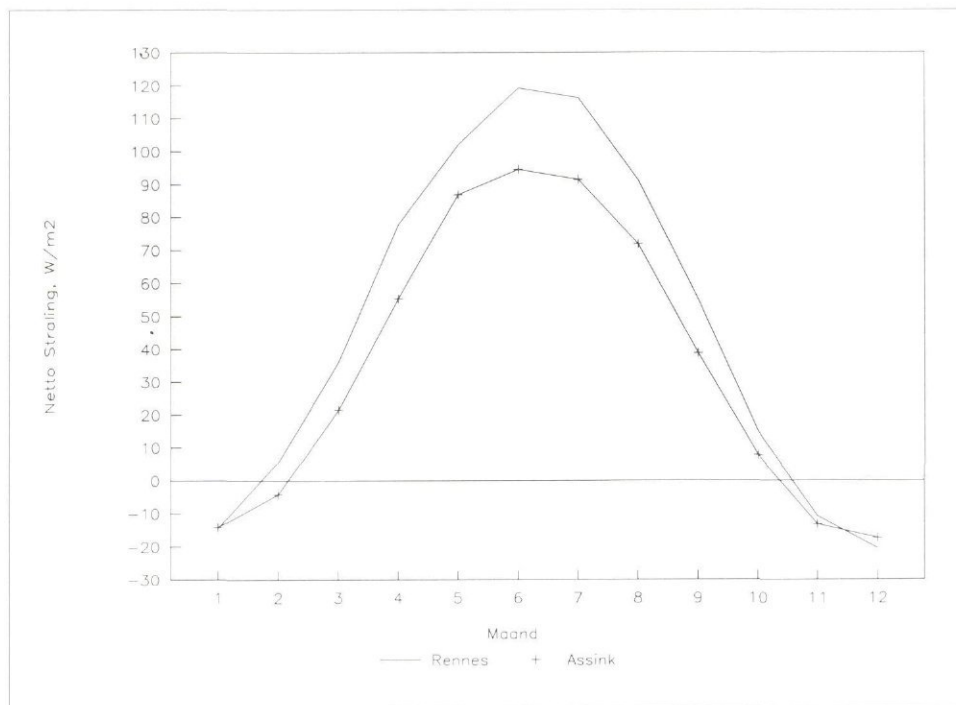
De hogere temperatuur, de hogere windsnelheid, de lagere relatieve vochtigheid en vooral de hogere netto straling resulteren in een hogere potentiële verdamping voor de gegevens van Rennes dan voor die van Hupsel (zie afb. 5). Als het toekomstig klimaat van Hupsel zou gaan lijken op het huidige klimaat in Bretagne dan neemt de gemiddelde potentiële verdamping in alle maanden toe, althans over de beschouwde periode van 11 jaar.

Berekeningen met SWATRE

De actuele verdamping is bepaald met het model SWATRE. Uit diverse studies blijkt dat SWATRE hiervoor een geschikt model is [Koopmans *et al*, 1990, Immerzeel, 1985]. Als bovenrandvoorwaarde (zie afb. 2) zijn daggegevens van neerslag en potentiële verdamping gebruikt. Aan de onderrand is een empirische relatie tussen de gemeten grondwaterstand bij meteorostation Assink

Afb. 4 - Netto straling, gemiddeld per maand in [W/m²].





Afb. 5 - Gemiddelde potentiële evapotranspiratie per maand, in [mm/maand].

en de afvoer van het Hupselse Beekgebied toegepast (zie afb. 6). De actuele verdamping van Hupsel is indirect gemeten (via de termen van de energiebalans) voor de groeiseizoenen van 1976 tot en met 1982. Deze gemeten waarden zijn gebruikt om de door SWATRE berekende actuele verdamping over de groeiseizoenen van 1976 tot en met 1982 te controleren.

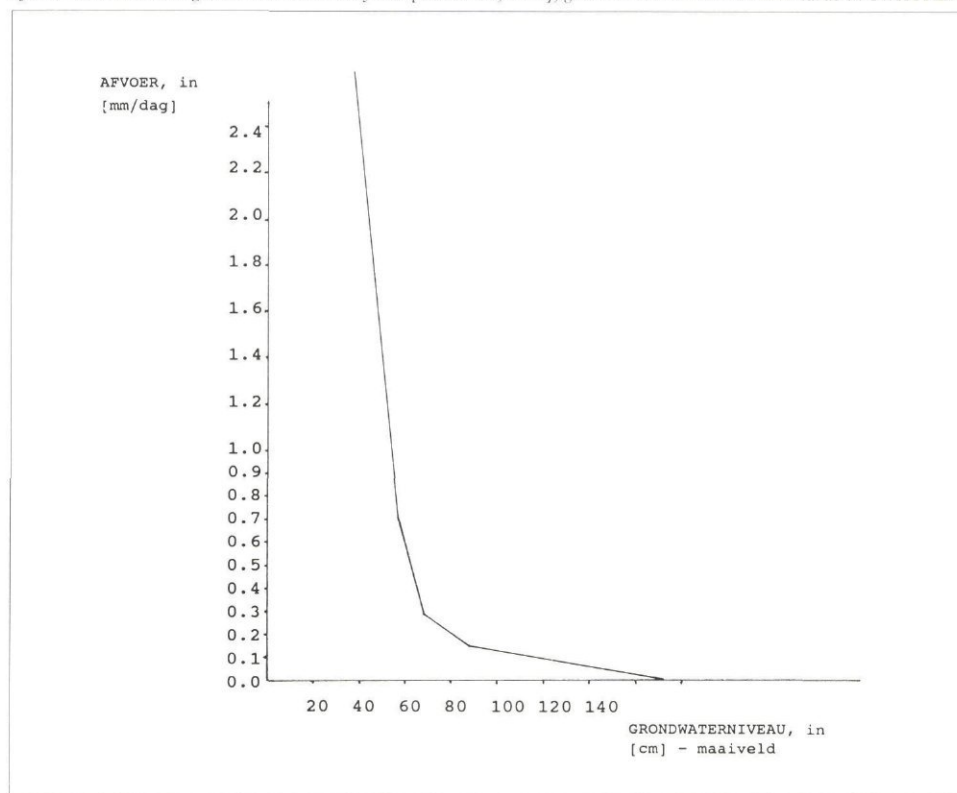
In tabel I zijn de indirect gemeten waarden en de met SWATRE berekende waarden van de actuele verdamping weergegeven. Het blijkt dat SWATRE de cumulatieve actuele verdamping goed simuleert. De verschillen tussen gemeten en berekende waarden zijn maximaal 13 mm of 4%. De kleine verschillen tussen gemeten en berekende waarden rechtvaardigen het gebruik van de grondwaterstand-afvoerrelatie die in afb. 6 weergegeven is, als onderrandvoorwaarde voor het model SWATRE. Een ander aspect dat het gebruik rechtvaardigt is het

TABEL I - Cumulatieve waarden van de potentiële verdamping (Epot) en de gemeten en met SWATRE berekende actuele verdamping (Eact) van Assink, over de periode 15/4-15/9 voor de jaren 1976-1982, in mm.

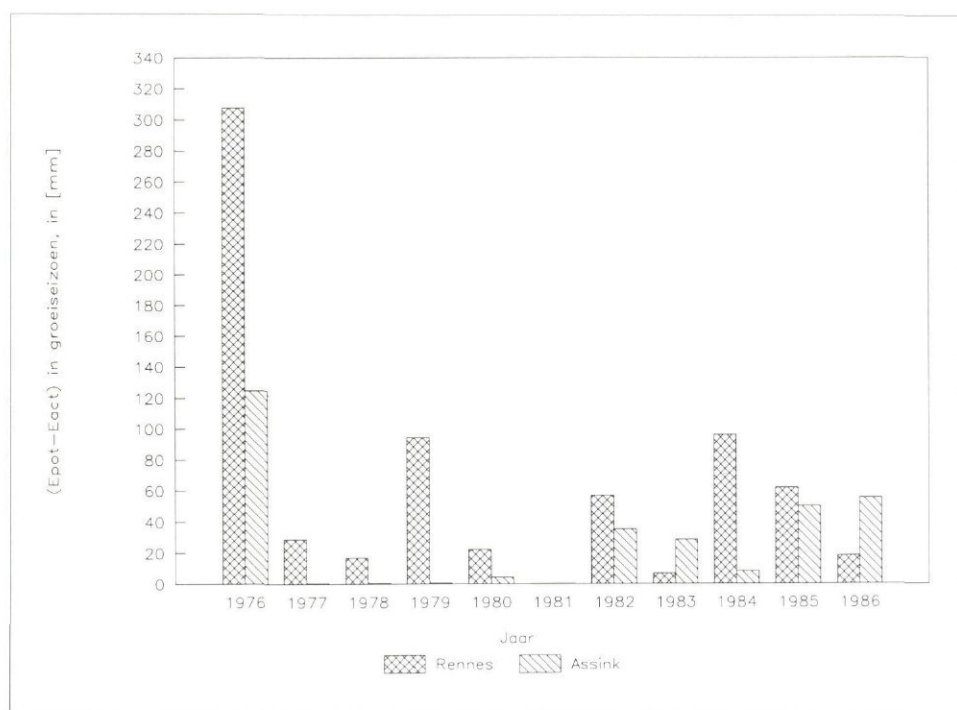
Jaar	Epot	Eact gemeten	Eact berekend
1976	486	331	343
1977	333	330	333
1978	340	348	339
1979	336	349	336
1980	370	354	366
1981	356	366	356
1982	397	373	362

feit dat in dit onderzoek primair naar verschillen in de grootte van een aantal waterbalanstermen ten gevolge van een klimaatverandering wordt gekeken. Eventuele fouten die worden gemaakt in de simulatie van de actuele verdamping met de gegevens van Assink worden ook gemaakt met de gegevens van Rennes.

Afb. 6 - Relatie tussen grondwaterstand en afvoer [Overmars, 1983], gebruikt als onderrandvoorwaarde in SWATRE.



Er mag aangenomen worden dat deze eventuele fouten gelijke invloed op de berekeningen hebben. SWATRE berekent de waterbalans van een kolom begroeide grond (in dit geval gras). Naast de verdamping worden ook de afvoer door de onderrand en de verandering van het bodemvocht in de kolom berekend. De met SWATRE berekende afvoer en verandering van het bodemvocht komen minder goed overeen met de gemeten waarden van respectievelijk de afvoer van het Hupselse Beek-stroomgebied en het bodemvochtgehalte van het meteorostation Assink. Dit komt onder andere doordat SWATRE de waterbalans voor slechts één kolom grond en niet voor het gehele Hupselse Beekgebied berekend. Er wordt aangenomen dat de berekende actuele verdamping wel representatief is voor het Hupselse Beekgebied. Berekeningen voor Hupsel met de potentiële verdampings- en neerslagcijfers van Hupsel en Rennes zijn uitgevoerd voor de groeiseizoenen van de jaren 1976 tot en met 1986. De gebruikte initiële grondwaterstand op 15 april (startwaarde) is per jaar voor beide stations gelijk gekozen aan de hand van gemeten waarden van station Assink. In tabel II zijn de berekende waarden voor de cumulatieve potentiële en actuele verdamping en het verschil tussen beide weergegeven. Het blijkt dat als het klimaat



Afb. 7 - Verschil potentiële en actuele evapotranspiratie, cumulatief over het groeiseizoen (15/4-15/9), voor de jaren 1976-1986 voor de gegevens van Assink en Rennes, in [mm].

TABEL II - Cumulatieve waarden van de actuele verdamping (Eact), potentiële verdamping (Epot) en het verschil (Epot-Eact) over de periode 15/4-15/9 van de jaren 1976-1986, berekend met gegevens van Rennes en van Assink, in [mm].

Jaar	Rennes			Assink		(Epot-Eact)
	Epot	Eact	(Epot-Eact)	Epot	Eact	
1976	610	302	308	468	343	125
1977	427	399	29	333	333	0
1978	405	388	17	340	339	1
1979	431	336	95	336	336	0
1980	386	364	22	370	366	4
1981	365	365	0	356	356	0
1982	487	430	57	397	362	35
1983	446	439	7	401	373	28
1984	493	397	96	348	340	8
1985	406	344	62	390	340	50
1986	368	349	18	362	307	55

TABEL III - Gesommeerde waarden van neerslag (P), verdamping (E) en afvoer ($Q = P - E$) over de jaren 1976-1986¹ en de gemiddelde afvoer per jaar berekend met de gegevens van Assink en Rennes, en de gemiddelde gemeten jaarafvoer van Hupsel, in [mm].

	ΣP	ΣE	ΣQ	$Q_{\text{jaar}}^{\text{berekend}}$	$Q_{\text{jaar}}^{\text{gemeten}}$
Rennes	7719	6135	1584	144	-
Assink	8270	5214	3056	278	280

¹ De maanden januari en februari 1976 zijn niet in de berekening betrokken omdat ze voor station Assink niet beschikbaar zijn. Over de beschouwde reeks van jaren heeft dit slechts een geringe invloed op de berekende gemiddelde jaarafvoer (voor de gegevens van Rennes -3 mm of 2%).

van Rennes zich in Hupsel zou doen gelden naast de potentiële ook de actuele verdamping, cumulatief over het groeiseizoen toeneemt. Het verschil tussen potentiële en actuele verdamping geeft aan of en in welke mate er sprake is van een watertekort. Als de actuele verdamping over het groeiseizoen gelijk is aan de potentiële is er geen watertekort. Er kan aan de verdampingsbehoefte (potentiële verdamping) worden

voldaan. Treedt een verschil op dan is er niet voldoende water om aan de behoefte te voldoen, en dus een watertekort. Naarmate het verschil tussen actuele en potentiële verdamping groter is, is het watertekort ernstiger. In afb. 7 is het verschil (Epot-Eact) uitgezet voor Assink en Rennes per jaar, cumulatief per groeiseizoen. Uit de afbeelding (en tabel II) blijkt dat, als het huidige klimaat van Rennes het toekomstige klimaat van

Hupsel wordt, de frequentie van de groeiseizoenen waarin een watertekort optreedt toeneemt. Daarnaast neemt ook de grootte van de optredende tekorten toe.

Gemiddelde waterbalans op jaarbasis

De waterbalans van een stroomgebied kan beschreven worden met de volgende formule:

$$Q = P - E - \Delta S \pm \text{Kwel/Wegzijging},$$

waarin,

Q : Afvoer, in [mm]

P : Neerslag, in [mm]

E : Verdamping, in [mm]

ΔS : Verandering berging, in [mm]

P wordt bepaald als de som van de dagneerslagen gedurende het jaar en E wordt bepaald als de som van de met SWATRE berekende actuele verdamping voor de periode 15/4-15/9 en de potentiële verdamping, berekend met de formule van Thom & Oliver, voor de periodes 1/1-14/4 en 16/9-31/12. De verandering in berging per jaar is onbekend maar is over een reeks van jaren gelijk aan nul te stellen. Gezien de geologische opbouw van de ondergrond in het Hupselse Beekgebied kan de term kwel/wegzijging verwaarloosd worden. Op grond van de gemiddelde waterbalans over een reeks van jaren kan een uitspraak worden gedaan over de gemiddelde verandering van de afvoer. De neerslag en verdamping, bepaald uit de gegevens van Assink en Rennes, zijn gesommeerd over de jaren 1976 tot en met 1986. Hieruit is de gesommeerde en gemiddelde afvoer per jaar bepaald. In tabel III zijn gesommeerde waarden van de termen van de waterbalans en de gemiddelde jaarafvoer gegeven. Ook is de gemiddelde jaarafvoer van het Hupselse Beekgebied, bepaald uit gemeten jaarafvoeren, gegeven.

De gemiddelde jaarafvoer bepaald met de gegevens van Assink is 278 mm. Dit komt goed overeen met de gemiddelde jaarafvoer bepaald uit gemeten waarden. De gemiddelde jaarafvoer berekend met de gegevens van Rennes is 144 mm. Het blijkt uit deze grove benadering, waarbij gegevens over 11 jaar beschouwd zijn, dat de gemiddelde afvoer met bijna 50% afneemt als het huidige klimaat van Bretagne zich in Hupsel zal doen gelden.

Conclusies

Uit de analyse van de gegevens over de periode 1976-1986 blijkt dat als het toekomstig klimaat van Hupsel zou gaan lijken op het huidige klimaat van Rennes de gemiddelde temperatuur, windsnelheid en relatieve zonneschijnduur toenemen en

de gemiddelde relatieve vochtigheid en jaarneerslag afnemen. De gemiddelde netto straling (berekend met een voor metoestation Assink gekalibreerde formule) en de gemiddelde potentiële verdamping (berekend met de formule van Thom & Oliver) zouden toenemen. Uit de berekeningen met SWATRE blijkt dat ook de actuele verdamping zou toenemen als het huidige klimaat van Rennes in Hupsel gaat heersen. Het aantal jaren waarin tijdens het groei-seizoen een vochttekort, bepaald uit het verschil tussen potentiële en actuele verdamping, optreedt zou toenemen. Ook zou de grootte van de optredende vochttekorten toenemen. Deze toename van frequentie en grootte van vochttekorten tijdens het groeiseizoen zal nadelige gevolgen hebben voor de landbouw en natte natuurgebieden. De gemiddelde jaarafvoer, bepaald uit de som van neerslag en verdamping over een reeks van elf jaar, zou fors gaan afnemen als het klimaat van Hupsel zou gaan verschuiven naar het huidige klimaat van Rennes. Deze afname is enerzijds te verklaren uit een hogere verdamping en anderzijds uit een lagere neerslag. Scenario's afgeleid van berekeningen met klimaatmodellen gaan uit van een toename van de neerslag in Nederland [Parmet, 1989]. Wanneer met deze scenario's gerekend zou zijn, zouden de verschillen, wat betreft het vochttekort tijdens het groeiseizoen en de gemiddelde jaarafvoer, tussen de actuele en een hypothetische, toekomstige situatie waarschijnlijk kleiner zijn.

Literatuur

- Belmans, C., Wesseling, J. G. en R. A. Feddes, (1983). *Simulation model of the waterbalance of a cropped soil: SWATRE*. Journal of Hydrology 63, p. 271-286.
- Dickinson, R. E. (1986). How will climate change, in Bolin, B., Doos B. R., Jager, J. en Warrick, R. A. *The greenhouse effect, Climatic change and Ecosystems*. SCOPE 29, p. 206-270.
- Genuchten, M. Th. van (1980). *A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils*, Soil Sci. Soc. Am. J. 44, p. 892-898.
- Immerzeel, C. H. van (1985). *Variatie van de verdamping binnen een bodemkundige eenheid*, Vakgroep Hydraulica en Afvoerhydrologie. Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Koopmans, R. W. R., Stricker, J. N. M. en Petrovic, P. (1990). *A comparison of six unsaturated zone models with data from the 'Hupselse Beek' catchment, in Hydrological research basins and the environment*. CHO-TNO, Verslagen en Mededelingen nr. 44, p. 41-52.
- Molen, W. H. van der (1984). *Agrohydrologie*. Diktaat vakgroep Cultuurtechniek. Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Overmars, B. (1983). *Een toepassing van SWATRE voor het metooveld Assink in het Hupselse Beekgebied*. Vakgroep Hydraulica en Afvoerhydrologie. Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Parmet, B. (1989). *Literatuurstudie naar de hydrologische gevolgen van klimaatveranderingen*.

- Vakgroep Hydraulica en Afvoerhydrologie. Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Parmet, B. (1990). *Hydrological consequences of climatic changes, calculations for the Hupselse Beek basin*. Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica. Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Stricker, J. N. M. (1981). *Methods of estimating evapotranspiration from meteorological data and their applicability in hydrology, in Evaporation in relation to hydrology*. CHO-TNO, Verslagen en Mededelingen nr. 28: p. 59-76.
- Thom, A. S. en Oliver, H. R. (1977). *On Penman's equation for estimating regional evaporation*. Quart. J. Roy. Met. Soc., 103: p. 345-357.
- Wentholt, J. (1989). *Meteorological observations in the experimental catchment 'Hupselse Beek', periode 1976-1987*. Department of Hydraulics and Catchment Hydrology. Agricultural University Wageningen.
- Wilson, C. A. en Mitchell, J. F. B. (1987). *Simulated climate and CO₂-induced climate change over Western Europe*. Climatic Change 10, p. 11-42.



Vereniging voor Waterleidingbelangen in Nederland

Algemene ledenvergadering WVN en seminar 'Bedrijfsmatig werken in de distributie'

De algemene ledenvergadering WVN wordt op 13 december 1991 gehouden. In deze vergadering zullen de jaarstukken van 1990 worden behandeld. Naar verwachting zal ook de samenvoeging van de drinkwateropleidingen (COSWA met afdeling Opleiding van de VEWIN) aan de orde komen. Na afloop worden enkele lezingen gehouden over het onderwerp 'Bedrijfsmatig werken in de distributie'. Hierbij komt een aantal vragen aan de orde. Waterleidingbedrijven zijn monopolisten. Het verwerven dan wel handhaven van een goede concurrentiepositie ten opzichte van andere waterleveranciers is niet aan de orde en leidt dus ook niet tot prikkels om kosteneffectief en tegelijkertijd kwaliteitsbewust bezig te zijn. Op welke wijze kunnen wij als waterleidingbedrijven dergelijke prikkels inbouwen? Een mogelijke weg is om zoveel mogelijk van de door ons uit te voeren werkzaamheden in een 'marktomgeving' te brengen door ze uit te besteden. Hierbij is een aantal vragen aan de orde. Hoever kunnen we hierin gaan? Wat beschouwen we als de kerntaken van een waterleidingbedrijf? Kunnen we ons dan nog bedrijven noemen of worden we exploitant van een voorziening, zoals de naamgeving van onze belangenvereniging VEWIN suggereert. Hoe gaan we om met het kwaliteits-

aspect? Aangezien deze vraagstukken vooral in de distributie spelen, als meest kapitaal- en arbeidsintensieve onderdeel van de waterleidingbedrijven, heeft programmacommissie C van de VWN het nuttig geoordeeld rond dit thema een kort seminar te organiseren. Het onderwerp 'Bedrijfsmatig werken in de distributie' zal vanuit een drietal invalshoeken, namelijk vanuit de bedrijfstak zelf, vanuit de aannemerij en vanuit de gezichtshoek van een organisatie-adviseur, worden belicht. Prikkelende stellingnamen zullen hierbij niet worden gemedend, zodat verwacht mag worden dat voldoende stof wordt aangereikt voor een levendige discussie aansluitend aan de voordrachten. In de loop van november zullen alle VWN-leden over het definitieve programma voor deze dag worden geïnformeerd.

VWN-bijeenkomsten over sterlaberkenning

Op 19 en 26 november 1991 organiseert de Programmacommissie D bijeenkomsten in Dordrecht over het onderwerp 'Sterlaberkenning'. Uitgenodigd zijn alle medewerkers van Waterleidinglaboratoria. Op het programma staan een lezing, een tweetal workshops en een excursie naar het laboratorium van het RED.



Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer

NVA-cursus 'Kwaliteitsbeheer oppervlaktewater'

Evenals in de periode 1990/1991 organiseert de NVA de cursus 'Kwaliteitsbeheer Oppervlaktewater' voor de periode 1991/1992. Alle aspecten van het oppervlaktewaterbeheer komen in deze cursus aan de orde. De cursus is bedoeld voor medewerkers van onder andere oppervlaktewaterbeheerders, milieu- en waterafdelingen van provincies en gemeenten, instituten en dergelijke. De cursus is zeker niet alleen bedoeld voor biologen en chemici; ook voor juridisch en financieel-economisch opgeleide personen is de cursus geschikt. Van de cursisten wordt verwacht dat ze een HBO-denken- en werkniveau hebben. De cursus wordt gehouden van november (week 47) 1991 tot mei 1992 gedurende ongeveer twintig lesmiddagen en wordt met een examen afgesloten. De cursus-