

32/446 (76) 2^e ex.

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

De indirecte effecten van atmosferische depositie op de vitaliteit van Nederlandse bossen

3. Simulatie van de waterbalans van acht Douglasopstanden

A. Reurslag
G. Zuidema
W. de Vries

Rapport 76

STARING CENTRUM, Wageningen, 1990



31 JULI 1990

18n 263626*

In het kader van het onderzoek "De directe effecten van atmosferische depositie op de vitaliteit van Nederlandse bossen" verschijnen:

1. Beschrijving van de onderzoeksopzet. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 2010.
2. Depositie, bodemeigenschappen en bodemvochtsamenstelling van acht Douglasopstanden. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 2050.
3. Simulatie van de waterbalans van acht Douglasopstanden. Wageningen, Staring Centrum, Rapport nr. 76.
4. Vitaliteit, naaldsamenstelling, groei en beworteling van acht Douglasopstanden. Wageningen, "De Dorschkamp".
5. Relatie tussen bodem- en bodemvochtsamenstelling en vitaliteitskenmerken van acht Douglasopstanden, Wageningen, "De Dorschkamp".

De indirecte effecten van atmosferische depositie op de vitaliteit van Nederlandse bossen

REFERAAT

Reurslag, A., G. Zuidema en W. de Vries, 1990. De indirecte effecten van atmosferische depositie op Nederlandse bossen. 3. Simulatie van de waterbalans van acht Douglasopstanden. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 76. 100 blz., 4 afb., 16 tab., 5 aanh., 42 ref.

De waterbalans van acht Douglasopstanden is gesimuleerd voor een gemiddeld-, een relatief droog- en een relatief nat-hydrologisch jaar met behulp van het model SWATREER. In het gemiddelde en relatief droge jaar blijkt het transpiratietekort duidelijk gerelateerd aan de grondwatertrap (Gt) te weten: een ernstig tekort bij Gt VII* (Speuld, Amerongen, Kootwijk en Garderen), een matig tekort bij Gt VII (Zelhem I en II) en geen tekort bij Gt VI (Lage Vuursche en Ruurlo). In het relatief natte jaar vallen de transpiratie-verschillen tussen de opstanden weg.

Trefwoorden: simulatiemodel, waterbalans, transpiratie, Douglas, Staringreeks.

©1990

STARING CENTRUM Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied
Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel.: 08370-19100; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Staring Centrum.

Project nr. 7075

INHOUD	Blz.
WOORD VOORAF	9
SAMENVATTING	11
1 INLEIDING	13
1.1 Aanleiding en doel van het onderzoek	13
1.2 Opzet van het onderzoek	14
1.3 Huidige kennis van de waterbalans van Douglas- opstanden	15
1.4 Indeling van het rapport	17
2 HET MODEL SWATRER	19
2.1 Modelkeuze	19
2.2 Modelconcept	21
2.2.1 Waterbalans	21
2.2.2 Vochttransport	21
2.2.3 Bovenrandvoorwaarden	25
2.2.4 Wateronttrekking	26
2.2.5 Onderrandvoorwaarden	28
3 INVOERGEGEVENS VOOR SWATRER	31
3.1 Gebiedsbeschrijving	31
3.2 Meteorologische gegevens	34
3.3 Gewasgegevens	36
3.4 Bodemfysische gegevens	37
3.5 Hydrologische gegevens	42
3.6 Startwaarden en numerieke randvoorwaarden	43
4 RESULTATEN	45
4.1 Calibratie	45
4.2 Gesimuleerde waterbalans voor een gemiddeld hydrologisch jaar	50

	Blz.	
4.3	Gesimuleerde waterbalans voor een droog jaar en een nat jaar	55
4.4	Betrouwbaarheid	58
5	CONCLUSIES	61
LITERATUUR		63
TABELLEN		
1	Enkele bodem- en bosbouwkundige kenmerken van de geselecteerde Douglasopstanden	32
2	Indeling in grondwatertrappen op grond van de gemiddelde hoogste grondwaterstand en de gemid- delde laagste grondwaterstand in cm	33
3	Neerslagtotalen voor een relatief droog jaar, een relatief nat jaar, een normaal jaar en het dertigjarige gemiddelde (1930-1960) van district Midden en Oost	35
4	Gebruikte waarden voor de gewasfactor f_1 evapo- ratiefactor f_2 en transpiratiereductiefactor f_3 als functie van de tijd	36
5	Wortelmassaverdeling in de diepte van de acht Douglasopstanden	37
6	Indeling van bouwstenen in zandgronden uit de Staringreeks naar textuur, organische-stofgehalte en mediaan van de zandfractie	39
7	Waarden voor de doorlatendheid k en het vocht- gehalte θ bij 13 waarden van de drukhoogte h voor de onderscheiden bouwstenen in zandgronden	40
8	Aanvankelijk gebruikte bodemfysische bouwstenen in de bovenste 60 cm van de acht Douglasopstanden	42
9	Toelichting van de calibratie aan de hand van gemeten en gesimuleerde vochtgehalten van opstand 7 (duinvaaggrond)	46

		Blz.
10	Transpiratietekort voor en na aanpassing van de curven voor de acht Douglasopstanden	48
11	Gesimuleerde waterbalans van de acht Douglasopstanden voor het onderzoeksjaar 1986-1987 (na calibratie)	50
12	Gesimuleerde waterbalans van de acht Douglasopstanden voor het jaar met normale neerslaghoeveelheid	51
13	Vochttekort in de acht Douglasopstanden uitgedrukt als absoluut en relatief transpiratie- en evapotranspiratietekort voor het jaar met normale neerslaghoeveelheid	53
14	Gesimuleerde waterbalans van de acht Douglasopstanden voor een relatief droog jaar	55
15	Gesimuleerde waterbalans van de acht Douglasopstanden voor een relatief nat jaar	56
16	Vochttekort in de acht Douglasopstanden als absoluut en relatief transpiratietekort voor het relatief droge, het relatief natte en het normale jaar	57

FIGUREN

1	Schematische relatie tussen de opname reductiefactor α en de drukhoogte h	27
2	Ligging van de geselecteerde Douglasopstanden	31
3	Gesimuleerde potentiële en actuele transpiratie voor verschillende opties van bodemfysische gegevens	49
4	Transpiratietekort als functie van de tijd in de acht Douglasopstanden voor een normaal hydrologisch jaar	54

Blz.

AANHANGSELS

1	Profielschets van de acht Douglasopstanden	69
2a	Gebruikte neerslaggegevens op dagbasis voor het hydrologische jaar 1986-1987 voor de acht Douglasopstanden	71
2b	Gebruikte openwaterverdamping op decade basis voor het hydrologisch jaar 1986-1987 voor de acht Douglasopstanden	77
3a	Gebruikte neerslaggegevens op dagbasis voor een droog, normaal en nat hydrologisch jaar voor district Midden en Oost	79
3b	Gebruikte openwaterverdamping op decade-basis voor een droog, normaal en nat hydrologisch jaar voor district Midden en Oost	85
4	Gebruikte grondwaterstandsverlopen (in cm-mv) voor een droog, normaal en nat hydrologisch jaar voor de Douglasopstanden 3, 5, 7 en 8.	87
5	Gemeten en gesimuleerde vochtgehalten voor en na calibratie voor de acht Douglasopstanden	97

WOORD VOORAF

Dit rapport vormt het derde deel in een serie met de resultaten van een correlatief veldonderzoek naar de indirecte effecten van atmosferische depositie op acht Douglasopstanden. Dit onderzoek maakt deel uit van het Additioneel Programma Verzuuringsonderzoek (APV) dat gefinancierd wordt door de ministeries van VROM, LNV en EZ, de Samenwerkende Electriciteit Productie Bedrijven en de Raffinaderijen. De coördinatie van het APV is in handen van het RIVM te Bilthoven. Het onderzoek is in het APV geregistreerd onder de projectnummers 12 en 18 en wordt uitgevoerd in samenwerking met het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp".

Dit rapport bevat de resultaten van een hydrologisch onderzoek naar de waterbalans van acht Douglasopstanden, die gesimuleerd zijn met behulp van het model SWATRER. De nadruk ligt daarbij op het eventuele transpiratietekort in de opstanden, wat belangrijk is bij een onderlinge vergelijking van bosvitaliteitsparameters en bodem(vocht)parameters.

Het hoofdaandeel van deze studie is verricht door mw. Ir. A. Reurslag in het kader van de afronding van haar studie aan de Landbouwniversiteit in Wageningen. Dank is verschuldigd aan Prof. Dr. N. van Breemen voor de begeleiding vanuit de LUW, Ir. J. Kros voor kritisch commentaar op het manuscript en mw. L.C. van Liere voor de tekstverwerking.

De auteurs

SAMENVATTING

De waterbalans van acht Douglasopstanden is gesimuleerd met behulp van het model SWATRER. Deze acht Douglasopstanden liggen verspreid over Midden-Nederland (Speuld, Amerongen, Kootwijk, Garderen, Lage Vuursche, Ruurlo, Zelhem I en Zelhem II) en vertegenwoordigen een relatief vitale opstand en een relatief niet-vitale opstand op vier verschillende bodemeenheden (holtpodzol, haarpodzol, veldpodzol en duinvaaggrond).

Om een zo goed mogelijk inzicht te krijgen in het mogelijke transpiratietekort is de waterbalans gesimuleerd met het model SWATERE voor een relatief droog, een relatief nat en een normaal jaar qua neerslaghoeveelheid (de hydrologische jaren 1975-1976, 1965-1966 en 1964-1965).

Het simulatiemodel SWATRER (een aangepaste versie van SWATRE) is een ééndimensionaal stromingsmodel voor de onverzadigde zone. De belangrijkste invoergegevens zijn meteorologische gegevens en gewasspecifieke, bodemfysische en hydrologische (grondwaterstands)gegevens. De meteorologische gegevens en de grondwaterstandsgegevens zijn afkomstig van respectievelijk het KNMI en DGV-TNO. De gewasgegevens zijn afkomstig uit de literatuur. Voor de bodemfysische gegevens is de Staringreeks gebruikt.

Voor calibratie van bodemfysische parameters waren gemeten vochtgehalten uit het hydrologisch jaar 1986-1987 aanwezig. Na calibratie bleek in alle opstanden (met uitzondering van de natte opstanden in Lage Vuursche en Ruurlo) de transpiratie af te nemen ofwel het transpiratietekort toe te nemen. Blijkbaar zijn de bodemfysische gegevens uit de Staringreeks te gunstig.

Uit het onderzoek kan worden geconcludeerd dat de waterbalansen van de acht Douglasopstanden wezenlijk verschillen onder normale

neerslaghoeveelheden. De opstanden Speuld, Amerongen, Kootwijk en Garderen (alle met grondwatertrap VII*) hebben zomers een ernstig transpiratietekort, de opstanden Zelhem I en Zelhem II met grondwatertrap VII hebben zomers een matig transpiratietekort terwijl de opstanden Lage Vuursche en Ruurlo met grondwatertrap VI een optimale transpiratie hebben. In een relatief droog jaar kunnen de opstanden op soortgelijke wijze gegroepeerd worden, maar in een relatief nat jaar vallen de transpiratie-verschillen tussen de opstanden weg.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding en doel van het onderzoek

Onderzoeken naar de effecten van atmosferische depositie op de vitaliteit van de vegetatie zijn onvolledig als de invloed van overige potentiële stressfactoren op de vegetatie verwaarloosd worden. Voorbeelden van potentiële stressfactoren zijn nutriëntenvoorziening, doorwortelbaarheid en vochtleverantie.

Er zijn in principe twee mogelijkheden om de effecten van de overige potentiële stressfactoren te bestuderen:

- ervoor te zorgen dat alle overige factoren in optimale hoeveelheden aanwezig zijn, zoals bij een "fertigation" experiment (optimale nutriëntenvoorziening + irrigatie);
- voor alle onderzoekslocaties vaststellen in hoeverre overige factoren de vitaliteit van de vegetatie beïnvloeden.

Voor de laatste oplossing is gekozen bij dit project "De indirecte effecten van de atmosferische depositie op de vitaliteit van de Nederlandse bossen". Indirecte effecten zijn effecten van de depositie via de bodem zoals beschadiging van haarwortels en van mycorrhiza (Kleijn et al., 1987). Het project is onderdeel van het Additioneel Programma Verzuringsonderzoek (APV) en wordt uitgevoerd door de afdeling Bodemchemie van de voormalige Stichting voor Bodemkartering (nu opgenomen in het Staring Centrum) in samenwerking met het Rijksinstituut voor onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp". Over de opzet en de resultaten van het bodemkundig onderzoek is eerder gerapporteerd (Kleijn et al., 1987, 1989).

In het kader van het bovengenoemde project is de waterbalans van de onderzoekslocaties, een achttal Douglasopstanden, gesimuleerd met behulp van het programma SWATRER. Het doel van dit onderzoek

is inzicht te krijgen in de mogelijke transpiratietekorten in een relatief droog jaar, een relatief nat jaar en een jaar met een normale neerslaghoeveelheid. De resultaten van dit onderzoek zullen worden gebruikt bij het vaststellen van de relatie tussen de indirecte effecten van de atmosferische depositie en de bosvitaliteit.

1.2 Opzet van het onderzoek

De acht Douglasopstanden liggen verspreid over Midden-Nederland (Speuld, Amerongen, Kootwijk, Garderen, Lage Vuursche, Ruurlo, Zelhem I en Zelhem II). Op ieder van de meest voorkomende bodemeenheden voor bosbouw (holtpodzol, haarpodzol, veldpodzol en duinvaaggrond) zijn twee opstanden geselecteerd. Van deze twee opstanden vertegenwoordigt één een relatief vitale opstand en één een relatief minder vitale opstand.

Voor de simulatie van de waterbalans is het één-dimensionale vochttransportmodel voor de onverzadigde zone SWATRER (Dierckx et al., 1986) gebruikt. SWATRER, een aangepaste versie van SWATRE (Belmans et al., 1983) behoort tot de eindige differentie modellen.

De invoergegevens bestaan uit meteorologische gegevens, gewasgegevens, bodemfysische gegevens en grondwaterstanden. Voor dit onderzoek zijn de belangrijkste uitvoerparameters: de potentiële en de actuele transpiratie, de potentiële en de actuele evaporatie, het vochtgehalteverloop in de wortelzone en de netto waterberging in het profiel na een jaar simuleren.

Voor de calibratie zijn de neerslaggegevens uit het jaar van het veldonderzoek (1986-1987) gebruikt. Het model is gecalibreerd aan de hand van gemeten vochtgehalten van het hydrologisch jaar 1986-1987. De vochtgehalten zijn onder elk van de acht opstanden,

gemeten op vier diepten n.l. 0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm en 45-60 cm, op vijf lokaties.

Na calibratie is de waterbalans gesimuleerd voor een relatief droog, een relatief nat en een normaal jaar qua neerslaghoeveelheid om een zo goed mogelijk inzicht te krijgen in de verschillen tussen de opstanden. Als relatief droog, relatief nat en normaal jaar zijn gekozen de hydrologische jaren 1975-1976, 1965-1966 en 1964-1965.

1.3 Huidige kennis van de waterbalans van Douglasopstanden

De waterbalans, in het bijzonder de transpiratie, van bossen is zeer moeilijk vast te stellen. In Nederland zijn derhalve slechts enkele voorbeelden van studies naar de transpiratie te noemen. In Castricum heeft Mulder (1983) de transpiratie van Douglasopstanden bepaald door de hoeveelheid percolatiewater in een lysimeter-experiment te meten. De locatie van de opstanden dicht bij zee zorgt voor specifieke omstandigheden, waardoor de gevonden waarden moeilijk te vergelijken zijn met resultaten van andere onderzoeken.

Mohren (1987) heeft de transpiratie van vier Douglas opstanden in Midden-Nederland gesimuleerd met een groeimodel voor Douglas bossen. De gesimuleerde waarden van de transpiratie van Douglas op zandgronden variëren van 150-190 mm per jaar, wat door Mohren als vrij laag beschouwd wordt. Verder vond hij dat bij een optimale vochtnalevering van de bodem ca. 600 mm neerslag per jaar voldoende is voor een optimale groei. Indien de bodem minder vocht nalevert, bleek de neerslagverdeling door het jaar heen erg belangrijk te zijn.

In het Aciformproject (Evers et al., 1987) bijv. wordt de transpiratie geschat met metingen aan Douglasbomen en gesimuleerd

met een waterbalansmodel. De transpiratie wordt geschat aan de hand van twee soorten metingen aan de bomen: metingen van de waterpotentiaal in de takken met een porometer en metingen van de huidmondjesweerstand in de naalden met de mobiele plant moisture stressdruk kamer (van Minnen, 1988). Het probleem bij deze bepalingen van de transpiratie is de enorme variatie ten gevolge van invloeden van hoogte, structuur, reliëf en leaf area index (LAI) die gerelateerd is aan de naaldbezetting (Roberts, 1983). Een ander probleem is de verwaarlozing van de transpiratie van de ondergroei. De schatting van de transpiratie middels simulatie wordt in het Aciformproject uitgevoerd met het waterbalansmodel FORHYD (Bouten, 1987). De invoergegevens, n.l. vochtgehalten, drukhoogten, neerslag en doorval worden ter plekke gemeten.

Naast deze gedetailleerde studies zijn er globale literatuurstudies naar de waterbalans van de Nederlandse bossen gedaan. De Studiecommissie voor Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap heeft hiervoor veel werk verricht. In de literatuurstudies komt naar voren dat de evapotranspiratie in Nederland ongeveer 80-88% bedraagt van de neerslag (Nonhebel, 1987; Hiege, 1985; De Visser en De Vries, 1989). Evapotranspiratie bestaat uit interceptie(-verdamping) (verdamping van het water, opgevangen door het naaldoppervlak), evaporatie (verdamping van het bodemoppervlak) en transpiratie (verdamping van het gewas).

De gemeten interceptie in de acht Douglasopstanden bedraagt 38% van de neerslag (Kleijn et al., 1989). Dit percentage komt overeen met metingen in naaldbossen met vergelijkbare hoeveelheid neerslag (Leyton et al., 1967).

De transpiratie blijkt door de jaren heen weinig variabel te zijn (Nonhebel, 1987). De gesimuleerde waarden met het model van Stewart (1987) variëren van 190 tot 237 mm per jaar voor de transpiratie van Douglas op zandgronden verspreid over Nederland. Dat komt overeen met 28% tot 34% van de totale hoeveelheid neerslag van een gemiddeld jaar. In een studie naar de gemiddelde

waterbalans van relevante bosbodem ecosystemen in Nederland geven De Visser en De Vries (1989) met het model SWATRE gesimuleerde waarden van de transpiratie van Douglas per grondwatertrap. De transpiratie varieert van 275 mm voor grondwatertrap V tot 377 mm voor grondwatertrap III.

Een belangrijke vraag voor dit onderzoek is in hoeverre de grootte van de transpiratie de vitaliteit van Douglas beïnvloedt. Van den Burg (1987) geeft een samenvatting van de literatuur over de relatie tussen het vochtleverend vermogen van de grond, en de groei van een aantal boomsoorten, waaronder Douglas. Hij toont daarbij aan dat er een positief lineair verband is tussen de boniteit en een vochtleverend vermogen van 50-100 mm tot 200 mm. Een vochtleverend vermogen van 200 mm is optimaal. (De boniteit is gedefinieerd als de gemiddelde aanwas in m^3 per hectare per jaar en het vochtleverend vermogen is gedefinieerd als de hoeveelheid vocht die de grond kan naleveren aan een gewas met een groeiseizoen van 150 dagen in een 10-procent droog jaar (Van Soesbergen et al., 1986). Deze bevindingen zijn in overeenstemming met Foerst's onderzoek (1980) naar de boniteit van Douglasopstanden in Beieren. Giles et al. (1985) geeft een lineair verband tussen de boniteit en het verschil in potentiële en actuele evapotranspiratie ($ET_p - ET_a$) van 0 mm tot 120 mm voor de vegetatieperiode.

1.4 Indeling van het rapport.

Hoofdstuk 2 behandelt de keuze van het model SWATRER alsmede het modelconcept met boven- en onderrandvoorwaarden. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de benodigde invoergegevens, te weten meteorologische gegevens, gewasgegevens en gegevens over bodem en hydrologie. Hoofdstuk 4 geeft de resultaten: de calibratie aan de hand van gemeten vochtgehalten in het hydrologische jaar 1986-1987, de geschatte transpiratie onder verschillende neer-

slaghoeveelheden en een bespreking van de betrouwbaarheid van de resultaten komen hierbij aan de orde. In hoofdstuk 5 volgen de conclusies.

2 HET MODEL SWATRER

2.1 Modelkeuze

Het onderzoeksdoel stelt een aantal specifieke eisen aan het te kiezen simulatiemodel. Allereerst moet het toe te passen zijn op zowel ondiep als diep ontwaterde profielen. Ten tweede is een detaillering van het vochtverloop in de wortelzone noodzakelijk voor de calibratie met de gemeten vochtgehalten uit het hydrologische jaar 1986-1987. Tenslotte wordt vanwege de efficiëntie prijs gesteld op gebruikersvriendelijkheid, een beperkte hoeveelheid benodigde invoergegevens en een lage benodigde rekentijd.

Den Besten (1986) geeft een overzicht van de simulatiemodellen van stroming in de onverzadigde zone. Twee belangrijke categoriën modellen worden onderscheiden: pseudo-stationaire en dynamische modellen.

Bij pseudo-stationaire modellen wordt de in werkelijkheid niet-stationaire stroming in de onverzadigde zone gesimuleerd door een opeenvolging van stationaire stromingstoestanden: de vochtverdeling is constant gedurende een tijdstap (hier maximaal 10 dagen). Aan het einde van iedere tijdstap wordt de nieuwe vochtverdeling berekend op grond van de gemiddelde waarden van neerslag, de potentiële verdamping en de flux aan de onderzijde van het beschouwde profiel. Pseudo-stationaire modellen verdelen een bodemprofiel in een wortelzone en een ondergrond (Koopmans, 1986). In de wortelzone wordt slechts rekening gehouden met de verandering in berging ten gevolge van de vochtonttrekking door de wortels. De ondergrond wordt aan de onderzijde begrensd door de laagst mogelijke stand van het grondwater. Alleen in de ondergrond wordt zowel de verandering in berging als het vochttransport gesimuleerd. De vereenvoudigingen in de tijd en in de diepte beperken de benodigde invoergegevens en eveneens de

benodigde rekentijd. Voorbeelden van pseudo-stationaire modellen zijn: MUST (de Laat, 1980), DEMGEM (van Vuuren, 1983) en WATBAL (Berghuijs-van Dijk, 1985).

Pseudo-stationaire modellen voldoen niet aan de eerste twee eisen die voor dit onderzoek zijn gesteld. De indeling in slechts twee compartimenten (de wortelzone en de ondergrond) maakt pseudo-stationaire modellen ongeschikt voor diepe grondwaterstanden en daarnaast wordt geen detaillering van het vochtverloop in de wortelzone gegeven. Derhalve is gekozen voor een dynamisch (eindig differentie) model.

Eindige differentie-modellen worden gekenmerkt door een grote verfijning zowel in de diepte als in de tijd. Het bodemprofiel wordt verdeeld in compartimenten van maximaal 15 cm dikte. De waterbalans wordt voor ieder compartiment berekend uit de verandering in berging en het vochttransport. De actuele transpiratie en de actuele evaporatie zijn gekoppeld aan de neerslag, de potentiële transpiratie resp. evaporatie en de drukhoogte. De tijdstap is maximaal 1 dag. Voorbeelden van eindige differentie-modellen zijn SWATRER (Dierckx et al., 1986), SWATRE (Belmans et al., 1983), SOMOF (Gilding, 1983) en ONZAT (Van Drecht, 1983).

Van de eindige differentie modellen staat SWATRE bekend om het goede modelconcept. Het model is ontwikkeld voor landbouwgewassen, maar enkele toepassingen onder bos zijn bekend (Van Grinsven et al., 1987). Uiteindelijk is gekozen voor SWATRER (Dierckx et al., 1986), een door de Universiteit van Leuven aangepaste versie van SWATRE (Belmans et al., 1983) wat meer een aanpassing is van het origineel ontwikkelde SWATR (Feddes et al., 1978), omdat deze versie veel gebruikersvriendelijker is door de aangepaste invoer en uitvoer en de goede handleiding. Het modelconcept van SWATRER verschilt weinig van dat van SWATRE. Op het punt van oppervlakkige afstroming, actuele evaporatie en wortelonttrekking zijn enkele aanpassingen gedaan (Dierckx et al., 1986).

2.2 Modelconcept

2.2.1 Waterbalans

De waterbalans van de bodem is de centrale vergelijking die met behulp van het eendimensionale model SWATRER wordt gesimuleerd. De waterbalans luidt als volgt:

$$W = (P + U) - (R + I_a + T_a + E_a + D) \quad (1)$$

met W	: Verschil in vochtgehalte	(mm)
P	: Neerslag	(mm)
U	: Capillaire aanvoer	(mm)
R	: Oppervlakkige afvoer	(mm)
I_a	: Actuele Interceptie	(mm)
T_a	: Actuele Transpiratie	(mm)
E_a	: Actuele Evaporatie	(mm)
D	: Afvoer door Drainage	(mm)

De neerslag P en interceptie I_a worden in SWATRER rechtstreeks ingevoerd. De overige termen worden berekend uit de bodemfysische eigenschappen van het profiel, de gewaseigenschappen en de meteorologische gegevens. Hiervoor moet allereerst het vochttransport bekend zijn. Daarnaast moet aan boven- en onderrandvoorwaarden worden voldaan.

2.2.2 Vochttransport

Vochttransport in de onverzadigde zone wordt beschreven door een combinatie van de stromingsvergelijking, Wet van Darcy, (vergl. 2) met de continuïteitsvergelijking, Wet van behoud van massa, (vergl. 3), tot de Richards-vergelijking (vergl. 4).

$$q = k \frac{\delta h}{\delta z} + 1 \quad (2)$$

$$\frac{d\theta}{\delta t} = \frac{\delta q}{\delta z} \quad (3)$$

$$\frac{\delta \theta}{\delta t} = \frac{\delta}{\delta z} k(h) \frac{\delta h}{\delta z} + 1 \quad (4)$$

met	q = flux	(mm.d ⁻¹)
	k = doorlatendheidsfactor	(mm.d ⁻¹)
	h = drukhoogte	(mm)
	z = diepte	(mm)
	θ = vochtgehalte	(m ³ .m ⁻³)
	t = tijd	(d)

Deze vergelijking is geldig voor homogeen isotroop poreuze media.

Als aan de vergelijking van Richards het effect van de vochtonttrekking door wortels wordt toegevoegd, is het stromingsproces volledig beschreven:

$$\frac{\delta \theta}{\delta t} = \frac{\delta}{\delta z} k(h) \frac{\delta h}{\delta z} + 1 - S(h, z) \quad (5)$$

met S = vochtonttrekking (m³ m⁻³ d⁻¹)

In vergelijking 5 zijn θ en h onderling afhankelijke variabelen. Door de differentiële vochtcapaciteit C(h) = δθ/δh te introduceren, blijft slechts h over als afhankelijke variabele.

$$\frac{\delta \theta}{\delta t} = \frac{1}{C(h)} \cdot \frac{\delta}{\delta z} k(h) \frac{\delta h}{\delta z} + 1 - \frac{S(h, z)}{C(h)} \quad (6)$$

met C(h): differentiële vochtcapaciteit (Pa⁻¹)

Deze vergelijking is een niet-lineaire, partiële differentiaalvergelijking van de 2^e orde. De vergelijking is niet lineair,

omdat $k(h)$ en $C(h)$ in de niet-stationaire stroming geen constanten, maar afhankelijke variabelen van h of θ zijn. De waarde van de differentiële vochtcapaciteit C wordt slechts benaderd, omdat geen rekening wordt gehouden met hysteresis. Hysteresis is het verschijnsel, dat het vochtgehalte bij een bepaalde drukhoogte groter is tijdens het uitdrogen dan tijdens het nat worden van een profiel.

De vergelijking kan worden opgelost met analytische, analoge of numerieke modellen. Analytische modellen geven de exacte oplossing van de differentiaalvergelijking. Deze modellen zijn slechts toepasbaar in zeer eenvoudige situaties. Analoge modellen zijn bijv. elektrische modellen, waarbij de stroming van water wordt gesimuleerd door elektrische stroom. Deze modellen werden veelvuldig gebruikt tot de intrede van computers. Numerieke modellen geven een benadering van de partiële differentiaalvergelijking (δ) met differentievergelijkingen (Δ): afstanden worden in stukjes, de tijd in stappen gedeeld, ook wel discretisatie in ruimte en tijd genoemd. Met computers is deze methode goed uitvoerbaar. Ook in SWATREER wordt deze methode toegepast.

Voor de berekening is het bodemprofiel ingedeeld in homogene compartimenten van maximaal 15 cm. In het centrum van ieder compartiment bevindt zich een knooppunt dat dienst doet als representatief punt voor de berekeningen. De drukhoogten op de knooppunten worden gesimuleerd door het impliciet oplossen van differentievergelijking 7 met een expliciete lineairisatie. Dit houdt in dat de niet-lineaire $k(h)$ en $C(h)$ in de vergelijking vervangen worden door een lineaire schatting van k en C . In dit model zijn dat de waarden voor k en C aan het einde van de vorige tijdstap. Deze waarden worden echter door het model aangepast, als dat voor het convergeren nodig is.

Impliciet oplossen wil zeggen dat $h_{t,i}$ wordt berekend uit $h_{t,i+1}$ en $h_{t,i-1}$ (met t als tijd- en i als plaatsaanduiding).

$$\frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{1}{C_i^t} \cdot \frac{1}{\Delta z} \left\{ K_{i+1/2}^t \left[\left(\frac{\Delta h}{\Delta z} \right)_{i+1/2}^{t+1} + 1 \right] - K_{i-1/2}^t \left[\left(\frac{\Delta h}{\Delta z} \right)_{i-1/2}^{t+1} + 1 \right] \right\} - \frac{S_i^t}{C_i^t} \quad (7)$$

$$\text{met} \quad \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{h_i^{t+1} - h_i^t}{\Delta t},$$

$$\left(\frac{\Delta h}{\Delta z} \right)_{i-1/2}^{t+1} = \frac{h_{i-1}^{t+1} - h_i^{t+1}}{\Delta z}$$

$$\text{en} \quad \left(\frac{\Delta h}{\Delta z} \right)_{i+1/2}^{t+1} = \frac{h_i^{t+1} - h_{i+1}^{t+1}}{\Delta z}$$

Voor alle n compartimenten, behalve de bovenste en de onderste, wordt deze vergelijking opgesteld. (Voor het berekenen van de waterbalans van de bovenste en onderste compartimenten zijn de boven- en onderrandvoorwaarden noodzakelijk.)

Impliciet oplossen is alleen mogelijk, als alle n vergelijkingen van één tijdstap tegelijkertijd worden opgelost bijv. met de matrix inversie (Gauss eliminatie).

Uit $h_{t,i}/\Delta z$ wordt de wateraanvoer of de waterafvoer naar de boven- en onderliggende compartimenten berekend. De capillaire stroming U en de drainage D uit de waterbalans zijn de netto wateraanvoer respectievelijk waterafvoer voor het gehele profiel.

2.2.3 Bovenrandvoorwaarden

Aan de bovenzijde van het systeem zijn van belang de hoeveelheid neerslag, de interceptie(-verdamping), de potentiële en actuele evapotranspiratie en de oppervlakkige afvoer. Irrigatie speelt in dit onderzoek geen rol. De hoeveelheid neerslag, interceptie en potentiële evapotranspiratie worden ingevoerd.

De potentiële evapotranspiratie (vergl. 8) dat wil zeggen de som van de potentiële evaporatie (verdamping van het bodem-oppervlak) (vergl. 9), de potentiële transpiratie (verdamping door de bomen) (vergl. 10) en de actuele interceptie (verdamping van achtergebleven neerslag in de kroon) is berekend volgens (van Grinsven et al., 1987):

$$ET_p = E_p + T_p + I_a = f_1 \cdot E_o + (1-f_3) \cdot I_a \quad (8)$$

$$E_p = f_2 \cdot f_1 \cdot E_o \quad (9)$$

$$T_p = (1-f_2) \cdot f_1 \cdot E_o - f_3 \cdot I_a \quad (10)$$

met ET_p	= potentiële Evapotranspiratie	(mm)
E_p	= potentiële Evaporatie	(mm)
T_p	= potentiële Transpiratie	(mm)
I_a	= actuele Interceptie	(mm)
E_o	= Penman open-water verdamping	(mm)
f_1	= gewasfactor	(-)
f_2	= evaporatiefactor	(-)
f_3	= reductiefactor van transpiratie als gevolg van een nat bladoppervlak	(-)

In vergelijking (8) is het empirische gewasfactormodel dat veelal voor cultuurgewassen wordt gebruikt, uitgebreid met het effect van de interceptie. De interceptie beïnvloedt de evapotranspiratie op twee manieren. Ten eerste verdampt er vocht rechtstreeks

van het naaldoppervlak, en ten tweede wordt de transpiratie gereduceerd als gevolg van de grotere huidmondjesweerstand zolang er zich een waterlaagje op de bladeren bevindt.

De actuele evaporatie E_a wordt in SWATRER berekend uit de potentiële evaporatie (vergl. 9), de evaporatie uit de voorafgaande dagen en de drukhoogte met behulp van het model van Ritchie (1972). Op de actuele waarde van de transpiratie (vochtonttrekking) wordt nader ingegaan in subparagraaf 2.2.4.

De laatste onbekende van de waterbalans aan de bovenzijde van het systeem is de oppervlakkige afvoer R. Dit is gebaseerd op vertaalfuncties met landgebruik, bedekkingsgraad, bodemfysische groep en neerslag van de voorafgaande dagen (Soil Conservation Service (1972)). In deze studie speelt oppervlakkige afvoer overigens niet of nauwelijks een rol.

2.2.4 Wateronttrekking

Als de potentiële waarden van de transpiratie beschreven zijn, kunnen de actuele waarden bepaald worden volgens:

$$T_a = \int_0^L S(h, z) dz \quad (11)$$

met: L = Dikte van de wortelzone (mm)
 T_a = Actuele transpiratie (mm.d⁻¹)
 S(h, z) = vochtonttrekking als functie van de
 drukhoogte (h) en de diepte (z) (d⁻¹)

De vochtonttrekking S als functie van de drukhoogte h wordt berekend volgens:

$$S(h) = \alpha(h) \cdot S_p \quad (12)$$

met: $\alpha(h)$ = opname reductiefactor als functie
van de drukhoogte

S_p = potentiële wateronttrekking door (d^{-1})
wortels

De potentiële wateronttrekking S_p wordt bepaald door de potentiële transpiratie.

De opname reductiefactor α als functie van drukhoogte h is gegeven in fig. 1. Alleen tussen de drukhoogte $h_1 = -25$ cm en $h_2 = -500$ cm vindt optimale vochtonttrekking plaats. In de overige situaties wordt de vochtonttrekking belemmerd door vochttekort ($h < h_1$), dan wel door zuurstoftekort ($h > h_2$). Beneden $h_0 = -10$ cm en boven $h_3 = -1600$ cm (het verwelkingspunt) vindt in het geheel geen wateropname meer plaats. De diepte z speelt eveneens een rol, omdat gebleken is dat vochtonttrekking voornamelijk nabij het grondoppervlak plaatsvindt en pas in tweede instantie dieper in de wortelzone.

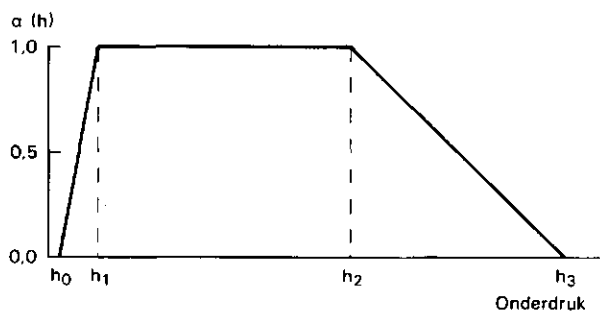


Fig. 1 Schematische relatie tussen de opname reductiefactor α en de drukhoogte h . Voor de waarden van h_0 t/m h_3 wordt verwezen naar de tekst (naar Dierkx et al., 1986).

In SWATRER bestaat de mogelijkheid om de waarde van S_p te verdelen met de diepte volgens een lineair afnemende functie (Hoogland et al., 1980), waardoor de vochtonttrekking met name bovenin de wortelzone optreedt. Bovendien is het mogelijk om de potentiële wateropname per laag expliciet op te geven. Dit kan bijvoorbeeld worden gerelateerd aan de wortelmassaverdeling met de diepte.

2.2.5 Onderrandvoorwaarden

Voor het simuleren van de drukhoogte aan de onderzijde van het systeem zijn in dit onderzoek twee mogelijkheden gebruikt:

- dagelijkse invoer van grondwaterstanden
- vrije drainage

Als de grondwaterstand bekend is, kan de drukhoogte eenvoudig worden berekend uit:

$$h_n = \frac{-Z_n}{2} \quad (12)$$

met: Z = plaatshoogte (mm)

h_n = drukhoogte van het compartiment (mm)

De Vrije Drainage-optie wordt gebruikt als de grondwaterstand ver beneden het bereik van de wortels is. De naar beneden gerichte flux wordt dan gelijk aan de doorlatendheidsfactor k van het onderste compartiment.

$$q_{n+1} = -k_n \quad (13)$$

met: q_{n+1} = flux uit het onderste compartiment (mm.d^{-1})
 $-k_n$ = doorlatendheidsfactor van het
 onderste compartiment (mm.d^{-1})

3 INVOERGEGEVENS VOOR SWATRER

In dit hoofdstuk zullen de voor SWATRER benodigde gegevens behandeld worden. Achtereenvolgens komen aan de orde gebiedsbeschrijving (3.1), meteorologische gegevens (3.2), gewasgegevens (3.3), bodemfysische gegevens (3.4), Hydrologische gegevens (3.5) en startwaarden en Numerieke randvoorwaarden (3.6).

3.1 Gebiedsbeschrijving

De Douglasopstanden liggen verspreid over Midden-Nederland: Speuld, Amerongen, Garderen, Kootwijk, Lage Vuursche, Ruurlo, Zelhem I en Zelhem II (zie fig. 2). Voor de preciese ligging wordt verwezen naar de bijlage van Kleijn et al. (1987).

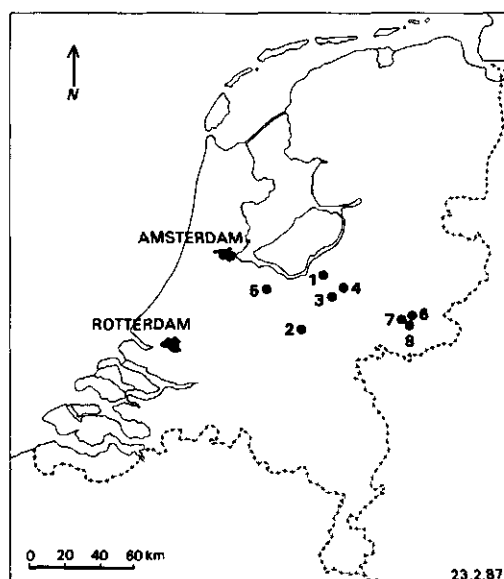


Fig. 2 Ligging van de geselecteerde Douglasopstanden (uit Kleijn et al., 1987).

De geselecteerde bodemeenheden zijn holtpodzol, haarpodzol, veldpodzol en duinvaaggrond, omdat een groot percentage van het Nederlandse bosareaal hierop voorkomt (tabel 1).

Tabel 1 Enkele bodem- en bosbouwkundige kenmerken van de geselecteerde Douglasopstanden.

Nr.	Boswachterij	Bodem-eenheid	Moeder-materiaal	Gt	Kiem-jaar	Bomen ha ⁻¹	Gem. vit. a)
1	Speuld	holtpodzolgrond	gestuwd preglaciaal	VII*	1949	398	1,05
2	Amerongen	holtpodzolgrond	gestuwd preglaciaal	VII*	1942	939	1,43
3	Kootwijk	haarpodzolgrond	jong dekzand	VII*	1937	549	1,13
4	Garderen	haarpodzolgrond	jong dekzand + stuifzand	VII*	1950	520	1,24
5	Lage Vuursche	veldpodzolgrond	dekzand	VI	1947	543	1,09
6	Ruurlo	veldpodzolgrond	jong dekzand	VI	1947	406	2,07
7	Zelhem I	duinvaaggrond	jong dekzand + stuifzand	VI- VII	1943	248	1,16
8	Zelhem II	duinvaaggrond	jong dekzand + stuifzand	VI- VII	1951	246	1,22

a) Resultaten vitaliteitsbeoordeling voorjaar 1987. Bij deze beoordeling zijn alle bomen in de opstanden in een schadeklasse ingedeeld. De gegeven waarde is het rekenkundige gemiddelde hiervan (uit Kleijn et al., 1987).

Ter aanvulling van de bodemeenheid en het moedermateriaal is in aanhangsel 1 van elke opstand een representatief profiel beschreven. Met uitzondering van de holtpodzolgronden in Speuld en Amerongen zijn de bovengronden van de opstanden vergraven.

De profielbeschrijving is de grondslag voor de indeling in compartimenten voor de berekeningen.

De grondwatertrapindeling is ontleend aan de bodemkaart, schaal 1 : 50 000, uitgezonderd opstand 5 die ingedeeld is op grond van eigen waarnemingen. De indeling is gebaseerd op de gemiddelde hoogste grondwaterstand GHG en de gemiddelde laagste grondwaterstand GLG (zie tabel 2).

Tabel 2 Indeling in grondwatertrappen op grond van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) in cm-mv. (Van der Sluijs, 1987).

Grondwatertrap	GHG	GLG
I	-	≤ 50
II	-	50- 80
III	≤ 40	80-120
IV	≥ 40	80-120
V	≤ 40	≥ 120
VI	40-80	≥ 120
VII	≥ 80	≥ 120
VII*	≥ 140	≥ 140

Op grond van de grondwatertrappen zijn drie groepen opstanden te onderscheiden, opstand 1 t/m 4 met grondwatertrap VII*, opstand 5 en 6 met grondwatertrap VI en opstand 7 en 8 met grondwatertrap VII.

Het aantal bomen per ha varieert van 246 (opstand 8) tot 939 (opstand 2). Zoals reeds vermeld is, is er per bodemeenheid een relatief vitale en een relatief niet-vitale opstand geselecteerd. De vitaliteit is beoordeeld aan de hand van het UN-ECE-classificatiesysteem (SBB, 1984). Deze classificatie berust op de naald-

bezetting en de naaldverkleuring. De schaal loopt van 1 tot 3: van vitaal tot niet-vitaal.

3.2 Meteorologische gegevens

Meteorologische gegevens hebben betrekking op de neerslag P en de open-waterverdamping E_0 die op dagbasis nodig zijn. Bij het verzamelen van deze gegevens is onderscheid gemaakt in gegevens voor calibratie (het hydrologische jaar 1986-1987) en simulatie (een relatief droog, nat en normaal jaar). Het hydrologisch jaar 1986-1987 is gekozen voor calibratie, omdat van dit jaar gemeten vochtgehalten aanwezig zijn. Wat betreft neerslaghoeveelheid is dit een normaal jaar. De neerslaggegevens op dagbasis zijn betrokken van de dichtsbijzijnde KNMI-weerstations namelijk, Putten (opstand 1), Amerongen (opstand 2), Kootwijk Radio (opstand 3 en 4), Hilversum (opstand 5), Borculo (opstand 6) en Doetichem (opstand 7 en 8) (zie aanhangsel 2a). Deze stations liggen, met uitzondering van Amerongen en Hilversum, in het bos. De open-waterverdamping E_0 wordt alleen op decadebasis verstrekt, zodat de dagwaarden via interpolatie moeten worden verkregen. Bovendien wordt de openwaterverdamping alleen door de hoofdstations geleverd. Daartoe is gebruik gemaakt van station Soesterberg voor opstand 1 t/m 5 en van station Deelen voor opstand 6 t/m 8 (aanhangsel 2b).

Om een zo goed mogelijk inzicht te verkrijgen in de verschillen in transpiratietekort tussen de opstanden, is na calibratie de simulatie uitgevoerd voor een relatief droog jaar, een relatief nat jaar en een jaar met normale neerslaghoeveelheden. Hiertoe zijn respectievelijk gekozen de hydrologische jaren 1975-1976, 1965-1966, en 1964-1965 (het hydrologisch jaar vangt aan op 1 april).

Voor de simulatie zijn de meteorologische gegevens gestandaardiseerd om effecten van de bodemkundige verschillen tussen de opstanden te isoleren. Op basis van de districtsindeling van het KNMI is onderscheid gemaakt in het district Midden waar de opstanden 1-5 in gelegen zijn en district Oost waar de opstanden 6-8 in liggen. De daggegevens van het hoofdstation de Bilt zijn als basis gebruikt voor district Midden. Vervolgens zijn deze neerslaggegevens ten behoeve van district Oost met een factor 0,94 vermenigvuldigd. Deze waarde is gebaseerd op het gemiddelde langjarige verschil in neerslag tussen beide districten. De dagwaarden per district zijn gegeven in aanhangsel 3a.

In tabel 3 zijn de neerslagtotalen voor de diverse hydrologische jaren en van het dertigjarig gemiddelde per district weergegeven.

Tabel 3 Neerslagtotalen (in mm.jr⁻¹) voor een relatief droog jaar, een relatief nat jaar, een normaal jaar en het dertigjarige gemiddelde (1930-1960) van district Midden en Oost.

District	Droog	Normaal	Nat	Gemiddeld
Midden	641	784	1185	791
Oost	603	693	1123	750

Voor de open water verdamping (E_0) van de betreffende jaren waren voor deze districten alleen gegevens van het station in Winterswijk beschikbaar (aanhangsel 3b).

Wat de temperatuur betreft werd het droge jaar gekenmerkt door een warme zomer, het natte jaar was vrij koud en normale jaar had een normaal temperatuurregime.

3.3 Gewasgegevens

Tot de gewasgegevens behoren de gewasfactor (f_1) voor de potentiële evapotranspiratie, de evaporatiefactor (f_2) voor de potentiële bodem-evaporatie, de reductiefactor (f_3) voor de transpiratie, de interceptie (I_a) en de vochtonttrekking S door de wortels. De factoren f_1 t/m f_3 zijn verkregen uit literatuur (De Visser en De Vries, 1989; Van Grinsven et al., 1987; Singh en Seicz, 1979). Indien de bovengenoemde bronnen onderling verschillen, is De Visser en De Vries (1989) gevolgd, aangezien deze bron specifieke waarden voor Douglas vermeldt. De seizoensinvloed op factor f_1 en factor f_2 blijkt duidelijk uit tabel 4.

Tabel 4 Gebruikte waarden voor de gewasfactor (f_1), evaporatiefactor (f_2) en transpiratiereductiefactor (f_3) als functie van de tijd.

Periode	f_1	f_2	f_3
april	0,5	1,0	0,33
mei	0,7	0,05	0,33
juni t/m juli	0,9	0,05	0,33
september t/m oktober	0,7	0,05	0,33
november	0,5	0,05	0,33
december t/m maart	0,5	1,0	0,33

Voor de maximale interceptie I_a is 38 procent van de neerslag aangenomen. Het percentage is gebaseerd op het gemiddelde van alle opstanden in de periode 1987-1988 (Kleijn et al., 1989). Het percentage komt overeen met waarden uit de literatuur (Leyton et al., 1967; Hiege, 1985). Voor de maximale interceptie-capaciteit is 2 mm per dag aangenomen. Indien op één dag meer neerslag valt, valt het overschot door.

De vochtonttrekking S per laag is gegeven in overeenstemming met de wortelmassaverdeling (tabel 5).

Tabel 5 Wortelmassaverdeling met de diepte (in procenten) van de acht Douglasopstanden.

Diepte (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8
0- 15	23	23	23	23	20	30	30	36
15- 30	23	23	23	23	15	25	15	20
30- 45	23	23	23	23	15	30	25	20
45- 60	23	23	23	23	15	8	25	20
60- 75	8	8	4	4	15	7		4
75- 90			4	4	10			
90-105					10			

De wortelmassaverdeling en de dikte van de wortelzone zijn in iedere opstand bepaald in een profielkuil en enkele boringen. Aangenomen is, dat de maximale dikte van de wortelzone al bereikt was (de opstanden zijn ca. 45 jaar oud). Opstand 5 is geheel vergraven, waardoor de beworteling zeer diep is. In de overige opstanden wordt de wortelzone veelal begrensd door de B-horizont.

3.4 Bodemfysische gegevens

Voor het berekenen van het vochttransport is het noodzakelijk de waterretentiekarakteristiek $h(\theta)$ en de doorlatendheidskarakteristiek $k(h)$ te kennen. Hiertoe is gebruik gemaakt van de zogenaamde Staringreeks (Wösten et al., 1987). Hierin zijn de waterretentie- en de doorlatendheidskarakteristiek van bodemfysische eenheden (bouwstenen) gegeven. Een bouwsteen is samengesteld uit bodemhorizonten, die eenzelfde bereik van percentage leem, percentage organische stof en mediaan van de zandfractie (M50)

hebben. Bovendien is er een onderscheid gemaakt naar bouwstenen voor de bovengrond (effectieve wortelzone) en bouwstenen voor de ondergrond, respectievelijk aangeduid met een B en een O. De karakteristieken van de Staringreeks zijn bepaald aan representatieve profielen per bouwsteen. Het percentage leem, percentage organische stof, mediaan van de zandfractie en de dichtheid van de representatieve profielen is eveneens vermeld. De dichtheid is ook beschreven, omdat binnen een textuurklasse de dichtheid sterk kan variëren door de verschillen in geologische afzettingen. Deze variatie is van belang voor de karakteristieken. Hoe meer de opstandsprofielen overeenkomen met deze profielen, hoe beter geschikt de bouwstenen zijn.

Het voordeel van het gebruik van vertaalfuncties is dat bodemkenmerken zoals textuur en organische-stofgehalte relatief snel en eenvoudig te bepalen (schatten) zijn, in tegenstelling tot de $k(h)$ en de $h(\theta)$ relatie.

In tabel 6 zijn de belangrijkste bouwstenen van zandboven- en zandondergronden gegeven.

Tabel 6 Indeling van bouwstenen in zandgronden uit de Staring-reeks naar textuur (in % van de minerale delen), organische-stofgehalte (in % van de grond) en mediaan van de zandfractie (M50) (naar Wösten et al., 1987).

Bouwsteen		Leem (%)	Org.stof (%)	M50 (µm)
BOVENGRONDEN				
Zand:				
B1	leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	0-10	0-15	105-210
B2	zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	10-18	0-15	105-210
B3	sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	18-33	0-15	105-210
B4	zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	33-50	0-15	105-210
ONDERGRONDEN				
Zand:				
O1	leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	0-10	0-3	105-210
O2	zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	10-18	0-3	105-210
O3	sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	18-33	0-3	105-210
O4	zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	33-50	0-3	105-210
O5	grof zand		0-3	210-2000
O6	keileem	0-50	0-3	50-2000

In tabel 7 zijn voor deze bouwstenen de waarde van de doorlatendheid K en het vochtgehalte θ gegeven als functie van de drukhoogte h .

Tabel 7 Waarden voor de doorlatendheid k ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$) en het vochtgehalte θ ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) bij 13 waarden van de drukhoogte h (cm) voor de onderscheiden bouwstenen in zandgronden (uit Wösten et al., 1987).

Bouwsteen		B1		B2		B3		B4	
h	pF	k	θ	k	θ	k	θ	k	θ
1	0,0	33,34	0,371	32,21	0,432	17,81	0,449	54,80	0,417
10	1,0	12,47	0,364	4,56	0,401	3,88	0,428	20,52	0,398
20	1,3	5,62	0,357	2,42	0,392	1,97	0,416	9,94	0,382
31	1,5	3,34	0,347	1,38	0,381	1,14	0,406	6,49	0,370
50	1,7	0,99	0,280	0,77	0,351	0,67	0,391	3,49	0,347
100	2,0	8,7E-2	0,201	1,4E-1	0,276	2,3E-1	0,342	5,3E-1	0,288
250	2,4	6,5E-3	0,130	8,4E-3	0,203	2,7E-2	0,249	4,3E-2	0,187
500	2,7	9,5E-4	0,098	1,9E-3	0,155	2,8E-3	0,193	4,0E-3	0,128
1000	3,0	1,4E-4	0,074	6,3E-4	0,118	6,5E-4	0,152	6,3E-4	0,096
2500	3,4	8,8E-6	0,054	1,7E-4	0,087	1,6E-4	0,115	1,8E-4	0,070
5000	3,7	1,4E-6	0,043	6,2E-5	0,067	5,8E-5	0,093	8,6E-5	0,057
10000	4,0	2,2E-7	0,034	2,7E-5	0,053	2,4E-5	0,076	4,2E-5	0,047
16000	4,2	7,7E-8	0,030	1,2E-5	0,045	1,2E-5	0,067	2,7E-5	0,041

Bouwsteen		O1		O2		O3		O4	
h	pF	k	θ	k	θ	k	θ	k	θ
1	0,0	99,67	0,354	63,88	0,381	44,58	0,347	53,08	0,358
10	1,0	24,03	0,316	15,13	0,354	6,82	0,321	11,51	0,340
20	1,3	10,10	0,303	8,40	0,340	3,64	0,308	7,04	0,329
31	1,5	5,10	0,286	5,52	0,327	2,06	0,295	4,74	0,314
50	1,7	1,26	0,242	2,68	0,304	1,01	0,272	2,51	0,292
100	2,0	7,5E-2	0,121	2,9E-1	0,197	2,3E-1	0,194	6,7E-1	0,232
250	2,4	8,7E-4	0,056	2,6E-3	0,099	3,0E-2	0,111	3,5E-2	0,142
500	2,7	1,1E-4	0,037	3,0E-4	0,073	1,7E-3	0,075	5,8E-3	0,092
1000	3,0	2,4E-5	0,027	3,8E-5	0,057	3,2E-4	0,055	1,4E-3	0,062
2500	3,4	4,7E-6	0,020	5,6E-6	0,046	5,0E-5	0,041	2,0E-4	0,044
5000	3,7	1,0E-6	0,016	1,4E-6	0,039	1,1E-5	0,032	5,5E-5	0,034
10000	4,0	2,6E-7	0,013	3,1E-7	0,033	3,0E-6	0,026	1,2E-5	0,028
16000	4,2	6,3E-8	0,011	8,2E-8	0,029	7,9E-7	0,023	3,2E-6	0,025

Vervolg tabel 7.

Bouwsteen		O5		O6	
h	pF	k	θ	k	θ
1	0,0	223,20	0,332	5,48	0,412
10	1,0	43,59	0,303	0,44	0,387
20	1,3	6,65	0,254	0,13	0,375
31	1,5	1,12	0,191	0,08	0,364
50	1,7	0,10	0,114	0,05	0,355
100	2,0	3,0E-3	0,076	2,2E-2	0,337
250	2,4	1,6E-4	0,046	6,9E-3	0,303
500	2,7	3,3E-5	0,035	3,0E-3	0,276
1000	3,0	7,2E-6	0,027	1,5E-3	0,253
2500	3,4	1,0E-6	0,020	4,3E-4	0,222
5000	3,7	2,0E-7	0,016	1,9E-4	0,198
10000	4,0	5,2E-8	0,012	8,4E-5	0,175
16000	4,2	1,3E-8	0,010	5,4E-5	0,164

Voor de keuze van de bouwstenen voor de opstanden is veld- en laboratoriumwerk verricht. Van de bovenste 60 cm is per 15 cm een monster geanalyseerd op percentage leem, percentage organische stof en mediaan van de zandfractie door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek. Resultaten hiervan zijn gegeven in Kleijn et al. (1989) (zie ook aanhangsel 1). In de diepere lagen is van deze bodemeigenschappen een schatting in het veld gemaakt.

De dichtheid van alle lagen is bepaald aan ringmonsters. Met deze gegevens zijn de bouwstenen voor de onderscheiden compartimenten gekozen. Een deel van de opstanden paste niet eenduidig in één van de bouwstenen voor de boven- of de ondergrond. De opstanden 1, 2 en 4 liggen op stuwwalcomplexen, waardoor de textuur van deze gronden sterk varieert. Bovendien heeft opstand 4 een niet gesloten stuifzanddek van 60 cm. De textuur van opstand 8 valt op de grens van twee bouwstenen. Voor bovengenoemde opstanden is nagegaan, welke bouwsteen de beste benadering van de gemeten vochtgehalten gaf. De opstanden 5, 6 en 7 waren eenvoudig in te delen. Een overzicht van de aanvankelijk gebruikte bouwstenen in de bovenste 60 cm (4 lagen van 15 cm) is gegeven in tabel 8.

Tabel 8 Aanvankelijk gebruikte bodemfysische bouwstenen voor de bovenste 60 cm in de acht Douglasopstanden.

Laag nr.	Diepte (cm)	Opstand							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	0-15	B2	B2	B1	B2	B1	B2	B2	B1
2	15-30	B2	B2	B1	B2	B1	B2	B2	B1
3	30-45	B2	O2	B1	B2	B1	B2	B2	B1
4	45-60	O2	O1	B1	O2	B1	O1	B2	B1

De uiteindelijk gebruikte $K(h)$ en $\theta(h)$ relaties zijn aangepast door calibratie op de gemeten vochtgehalten (zie par. 4.1).

3.5 Hydrologische gegevens

De grondwatertrap van de opstanden (zie tabel 1, par 3.1) geeft een eerste indruk van het grondwaterstandverloop. De isohypsenkaart voor het voor- en najaar (Grootjans, 1984) bevestigt dat de grondwaterstand in opstand 3 diep en in opstand 1, 2 en 4 zeer diep is.

In opstand 1, 2 en 4 is de vrije drainage-optie of een constante grondwaterstand op de diepte volgens de isohypsenkaart toegepast.

Voor opstand 3 zijn grondwaterstandsmetingen van DGV-TNO beschikbaar, waaruit blijkt dat het grondwater zich gedurende het gehele jaar op ca. 4 meter diepte bevindt.

Voor opstand 5 en 6, zijn wel invloeden van het grondwater te verwachten. Hier zijn echter geen gemeten grondwaterstanden beschikbaar. Voor deze opstanden is voor de betreffende hydrologische jaren gebruik gemaakt van het grondwaterstandverloop van

een meetpunt van TNO-DGV met dezelfde grondwatertrap en dezelfde bodemeenheid (buis 41E-8L) (van der Sluijs, 1987).

Voor opstand 7 en 8 met grondwatertrap VII zijn de gegevens voor het calibratie jaar (1986-1987) betrokken van TNO-DGV. Voor het normale jaar (1964-1965) zijn dezelfde gegevens gebruikt als voor het calibratie jaar (1986-1987). Voor het droge en het natte jaar is het grondwaterstandsverloop van opstand 7 en 8 geschat door bij het grondwaterstandsverloop van het normale jaar resp. 20 cm af te trekken of 20 cm op te tellen. Binnen deze marge varieert het grondwaterstandsverloop van grondwatertrap VII (van der Sluijs, 1987).

In aanhangsel 4 zijn de relevante grondwaterstandsverlopen opgenomen.

3.6 Startwaarden en numerieke randvoorwaarden

Als startwaarde is de drukhoogte per compartiment nodig. Wanneer dit niet beschikbaar is kan de drukhoogte worden berekend uit de vochtgehalten per compartiment - of uit de grondwaterstand van de begindatum. Voor de droge opstanden 1 t/m 4, 7 en 8 is gebruik gemaakt van de eerste mogelijkheid en voor de natte opstanden 5 en 6 van de tweede mogelijkheid.

De gemeten vochtgehalten van midden april zijn gebruikt voor een eerste schatting van de te berekenen vochtgehalten. Via iteratie zijn de uiteindelijke waarden vastgesteld. De numerieke randvoorwaarden zorgen ervoor dat de simulaties binnen reële grenzen blijven. Zo is er een maximale tijdstaplengthe van 1 dag, een maximale vochtgehalte verandering van $0,02 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ en een maximale verandering van de grondwaterstand van 5 mm gedefinieerd. Tevens is de minimale drukhoogte van het bovenste compartiment gesteld op $-0,5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$. Voor de actuele evaporatie

zijn ook kritieke waarden vastgesteld. De evaporatie verloopt potentieel met een snelheidscoëfficiënt van $3,34 \text{ mm dag}^{-1}$ totdat een cumulatieve evaporatie van 6 mm bereikt is. De waarden zijn afhankelijk van de textuur en empirisch vastgesteld (Black et al., 1969).

4 RESULTATEN

Achtereenvolgens worden behandeld de calibratie op grond van de gemeten vochtgehalten uit het hydrologisch jaar 1986-1987 (4.1), de gesimuleerde waterbalans voor het jaar met normale neerslaghoeveelheid (4.2), het transpiratietekort voor het relatief droge en het relatief natte jaar (4.3) en tenslotte een beschouwing over de betrouwbaarheid van de resultaten (4.4).

4.1 Calibratie

De calibratie is gedaan aan de hand van de gemeten vochtgehalten in het profiel. Gedurende het hydrologisch jaar 1986-1987 is in iedere opstand in 4 bemonsteringsronden (A t/m D, respectievelijk juni, september, december en april/ mei) het vochtgehalte van de bovengrond bij vijf bomen bepaald. Deze vijf bomen per opstand zijn via loting aangewezen (Kleijn et al., 1987). Rond elke boom is in de bovenste 60 cm, per laag van 15 cm dikte, een monster voor de vochtgehalte bepaling genomen, zodat er in totaal 20 monsters per bemonsteringsronde per opstand beschikbaar zijn.

Als voorbeeld voor de calibratie wordt opstand 7 nader toegelicht. In tabel 9 zijn de gemeten en de gesimuleerde vochtgehalten van opstand 7 voor de bemonsteringsronden A t/m D (juni, september, december en april/mei) en voor de lagen 1 t/m 4 (0-15, 15-30, 30-45, 45-60 cm) vermeld.

De eerste rij gesimuleerde vochtgehalten geeft de waarden die zijn berekend met de bijbehorende bouwstenen uit de Staringreeks in overeenstemming met de profielbeschrijvingen en de analyses (zie tabel 8).

Tabel 9 Toelichting van de calibratie aan de hand van gemeten en gesimuleerde vochtgehalten (%) van opstand 7 (duinvaaggrond).

Laag	1	2	3	4	1	2	3	4
Ronde:	A = 25/5/1986				B = 8/9/1986			
Gemeten	13,7	15,3	14,9	13,5	9,2	8,3	6,8	6,8
Standaard afw.	2,1	4,8	2,8	4,6	1,9	1,7	1,3	7,2
Gesimuleerd*:								
- 1 ^e	17,0	23,6	26,5	21,1	8,8	9,2	9,9	7,1
- 2 ^e	6,0	15,7	18,6	21,3	4,6	2,6	2,7	6,9
- 3 ^e	6,1	15,7	18,6	21,3	2,9	3,5	3,0	7,0
- 4 ^e	10,3	14,9	17,5	19,8	2,5	3,4	5,3	7,5
- 5 ^e	10,8	14,6	16,6	19,1	6,7	6,0	5,4	7,9
Ronde:	C = 1/12/1986				D = 6/4/1987			
Gemeten	10,2	11,5	12,2	11,9	12,8	14,0	16,3	14,4
Standaard afw.	1,7	1,3	1,3	2,8	7,5	2,5	3,6	1,8
Gesimuleerd*:								
- 1 ^e	24,7	25,2	25,3	15,9	-	-	-	-
- 2 ^e	15,5	16,2	16,6	16,8	-	-	-	-
- 3 ^e	15,5	16,2	16,6	16,8	-	-	-	-
- 4 ^e	15,2	15,8	16,1	16,2	14,2	15,6	16,9	18,2
- 5 ^e	15,1	15,7	16,1	16,3	13,7	14,6	15,6	16,5

Gesimuleerd*:

1^e = bouwstenen via Staringreeks conform tabel 8

2^e = vervanging van bovengronden (B) door ondergrond (O)

(B1 wordt O1, etc.)

3^e = homogene wortelverdeling met ondergrond bouwstenen

4^e = andere ondergrond bouwstenen

5^e = aangepaste bouwstenen via calibratie

Deze simulatie geeft voor alle bemonsteringsronden en lagen een overschatting behalve voor ronde B laag 1. Deze lagen behoren tot de bovengrond (wortelzone), maar hebben een relatief laag organischestofgehalte. Vervanging van de bouwstenen voor de bovengrond door de corresponderende bouwstenen voor de ondergrond geeft in het algemeen een aanzienlijke verbetering (zie tweede rij). Nu vallen in ronde B de gesimuleerde vochtgehalten echter veel lager uit dan de gemeten vochtgehalten. Bovendien worden de vochtgehalten van laag 1 tijdens de rondes A, B en D onderschat. Vervanging van de waargenomen discontinue wortelverdeling heeft weinig invloed op de resultaten (zie derde rij). Ook andere curven uit de Staringreeks of curven uit de reeks van Beuving (1984) geven weinig verbetering (zie vierde rij).

De oorzaak van het verschil in gemeten en gesimuleerde waarden is hoogst waarschijnlijk het vergraven van de grond tot 120 cm diepte bij de aanleg van het bos in 1945. Hierdoor vallen de waarnemingen van de dichtheid, het organisch-stofpercentage en de textuur weliswaar binnen de grenzen van een bouwsteen, maar wijken af van de waarden van de representatieve profielen van de Staringreeks. De vorm van de waterretentie en doorlatendheidscurve wordt in sterke mate bepaald door de poriëngrootteverdeling. Daarbij is het bekend dat simulatiemodellen erg gevoelig zijn voor de doorlatendheidscurve en de waterretentiecurve (Hooghart, 1985, De Visser en De Vries, 1989).

Om tot beter passende doorlatendheids- en waterretentie-curven te komen zijn de volgende aanpassingen gedaan. Voor de waterretentiecurve is aangenomen dat de gesimuleerde h -waarden correct zijn, maar dat de gesimuleerde θ -waarden onjuist zijn. Allereerst is de $h(\theta)$ -relatie volgens de Staringreeks in een grafiek uitgezet. Vervolgens zijn aan deze grafiek de gemeten θ waarden toegevoegd bij de gesimuleerde h -waarden op de dag en de diepte van de metingen van de vochtgehalten. Hierdoor wordt inzicht verkregen hoe de curve verschoven dient te worden. In delen van de curve waar de gemeten θ -waarden ontbreken is zo veel mogelijk de Staringreeks gehandhaafd. Dezelfde procedure is gevolgd voor de doorlatendheidscurven. Het

effect op de gesimuleerde waarden is te zien in de vijfde rij van tabel 9. De onderschatting in ronde B is nu gering.

In aanhangsel 5 zijn van de overige opstanden de gemeten vochtgehalten en de gesimuleerde vochtgehalten voor en na calibratie vermeld. Vooral de opstanden met een vergraven bovengrond moesten worden aangepast.

In fig. 3 zijn simulaties van de potentiële transpiratie T_p en de actuele transpiratie T_a voor verschillende opties van de bodemfysische gegevens afgebeeld voor opstand 7. Hieruit blijkt dat vervanging van bouwstenen van de bovengrond door bouwstenen van de ondergrond slechts geringe invloed heeft op de actuele transpiratie terwijl aanpassing van de curven een veel grotere invloed op de actuele transpiratie heeft.

In tabel 10 is een overzicht gegeven van de actuele transpiratie voor en na aanpassing van de waterretentie- en doorlatendheidscurve van alle opstanden.

Tabel 10 Transpiratietekort (in mm) voor en na aanpassing van de curven voor de acht Douglasopstanden.

Calibratie	1	2	3	4	5	6	7	8
Voor	131	125	116	93	0	0	12	60
Na	156	153	191	155	0	0	127	131

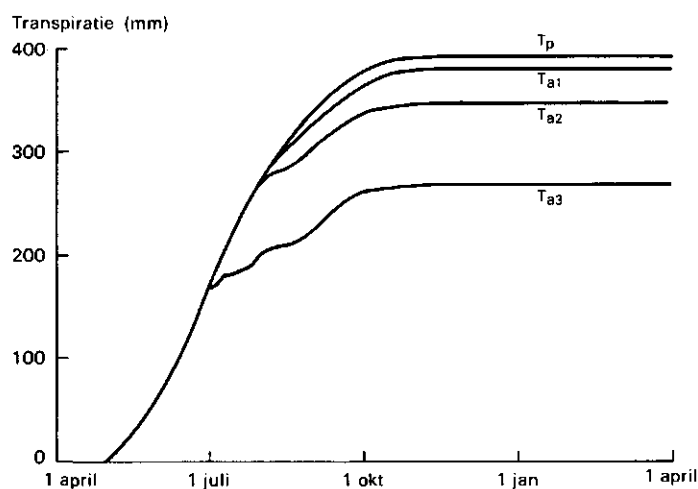


Fig. 3 Gesimuleerde potentiële (T_p) en actuele transpiratie (T_a) voor verschillende opties van bodemfysische gegevens. (1 = Staringreeks, 2 = ondergrond bouwstenen, 3 = gecalibreerde curven)

Hieruit blijkt dat de simulaties na calibratie in opstand 1 t/m 4, 7 en 8 een groter transpiratietekort te zien geven dan met gebruik van de bouwstenen uit de Staringreeks. Van Holst et al. (1988) concluderen eveneens dat gebruik van gebiedseigen bodemfysische relaties tot een groter vochttekort leidt dan gebruik van de Staringreeks.

In tabel 11 is de waterbalans van alle opstanden gegeven na calibratie.

Tabel 11 Gesimuleerde waterbalans (in mm jr⁻¹) van de acht Douglasopstanden voor het onderzoeksjaar 1986-1987 (na calibratie).

Waterbalansterm	1	2	3	4	5	6	7	8
Neerslag P	850	750	802	802	806	703	757	757
Interceptie I _a	321	281	295	295	295	261	282	282
Doorval (P-I _a)	529	469	507	507	511	442	475	475
Evaporatie E _a	61	66	53	63	55	75	14	38
Oppervlakkige afvoer R	0	0	0	0	0	0	0,5	0
Infiltratie (P-I _a -E _a -R)	468	403	454	444	456	367	461	437
Transpiratie T _a	225	229	196	232	385	392	284	290
Afvoer (D-U)	244	118	258	212	73	0	190	129
Berging W	-1	56	0	0	-2	-25	-13	18

Hieruit blijkt dat er grote verschillen tussen de opstanden zijn in transpiratie en afvoer. Op de verschillende waterbalanstermen zal nader worden ingegaan in de volgende sub-paragrafen voor de gesimuleerde waterbalans in een gemiddeld jaar (4.2), een nat jaar en een droog jaar (4.3).

4.2 Gesimuleerde waterbalans voor een gemiddeld hydrologisch jaar

In tabel 12 is een totaaloverzicht gegeven van de gesimuleerde waterbalans van alle opstanden voor een gemiddeld hydrologisch jaar met een normale neerslaghoeveelheid. Alle termen uit de waterbalans zijn hierin terug te vinden.

Tabel 12 Gesimuleerde waterbalans (in mm jr⁻¹) van de acht Douglasopstanden voor het jaar met normale neerslaghoeveelheid.

Waterbalansterm	1	2	3	4	5	6	7	8
Neerslag P	846	846	846	846	846	796	796	796
Interceptie I _a	301	301	301	301	301	288	288	288
Doorval (P-I _a)	545	545	545	545	545	508	508	508
Evaporatie E _a	75	80	62	74	55	80	22	52
Oppervlakkige afvoer R	0	0	0	0	0	0	1	0
Infiltratie (P-I _a -E _a -R)	470	465	483	471	490	428	485	456
Transpiratie T _a	278	295	260	294	409	411	351	330
Afvoer (D-U)	193	171	223	178	117	0	147	107
Berging W	-1	-1	0	1	-2	17	-13	19

De neerslaggegevens P zijn afkomstig van het weerstation De Bilt voor opstand 1 t/m 5 en voor opstand 6 t/m 8 zijn de gegevens van De Bilt met een factor 0,94 vermenigvuldigd, omdat in het Oosten van het land de neerslag gemiddeld 94% is van de hoeveelheid neerslag in het Midden van het land (zie par. 3.2).

De gesimuleerde interceptie I_a is in alle opstanden bijna maximaal (36% bij een maximum van 38%). De doorval is het verschil tussen de neerslag en de interceptie.

Voor de evaporatie worden de verschillen tussen de gesimuleerde evaporatiewaarden bepaald door de verschillen in bodemfysische karakteristieken van het bovenste bodemcompartiment van iedere opstand. Overige factoren, zoals de bedekkingsgraad, die de evaporatie bepalen, zijn niet gedifferentieerd naar opstand, omdat hiervoor de gegevens ontbraken. Opvallend is de lage evaporatie in opstand 7.

De oppervlakkige afvoer R , berekend volgens de vertaalfuncties van de Soil Conservation Service (1972) voor dichte bosopstanden met een gunstige hydrologische bodemgroep, is nihil. Slechts in opstand 7 wordt enige oppervlakkige afvoer berekend, wat wellicht te maken heeft met de geringe evaporatie in opstand 7.

De infiltratie is het verschil tussen de doorval en de som van de actuele evaporatie en de oppervlakkige afvoer. De infiltratie ligt voor alle opstanden in dezelfde orde van grootte. Voor opstand 6 is de infiltratie iets geringer, 428 mm ten opzichte van een gemiddelde van 469 mm.

De afvoer is het verschil tussen de drainage (D) en de capillaire opstijging (U). De afvoer is duidelijk groter in de opstanden met grondwatertrap VII*.

De gesimuleerde berging is een indicator voor de betrouwbaarheid van de invoer. Naar verwachting zal na een jaar simuleren de berging nihil zijn, tenzij de grondwaterstand tussen de eerste en de laatste dag van simuleren verschillen. Dit vormt dan ook de verklaring voor de verschillen bij opstand 6, 7 en 8. De grondwaterstanden verschillen hier respectievelijk +20 cm, -10 cm en +6 cm. De berging in de overige opstanden is te verwaarlozen.

De gesimuleerde waarden van de actuele transpiratie zijn globaal in 4 groepen te verdelen:

- opstand 3 met een transpiratie van ca. 260 mm.
- opstand 1, 2 en 4 met een transpiratie van ca. 290 mm.
- opstand 7 en 8 met een transpiratie van ca. 340 mm.
- opstand 5 en 6 met een transpiratie van ca. 400 mm

Er bestaat verwarring over het gebruik van eenheden om het vochttekort in uit te drukken (van den Burg, 1987). Naast elkaar worden gebruikt het verschil of het quotiënt van zowel de potentiële en actuele transpiratie ($T_p - T_a$ of T_a/T_p) als van de potentiële en actuele evapotranspiratie ($ET_a - ET_p$ of ET_a/ET_p). Vanuit

vitaliteitsoogpunt is de transpiratie een betere maatstaf dan de evapotranspiratie, omdat deze directer de vitaliteit van de bossen beïnvloedt.

In tabel 13 is een overzicht gegeven van de actuele en potentiële transpiratie en evaporatie en de bijbehorende quotiënten en absolute verschillen.

Tabel 13 Vochttekort in de acht Douglasopstanden uitgedrukt als absoluut (mm.jr⁻¹) of relatief transpiratietekort en evapotranspiratietekort voor het jaar met normale neerslaghoeveelheid.

Parameter		1	2	3	4	5	6	7	8
T_a	mm.jr ⁻¹	278	295	260	294	409	411	351	330
T_p	mm.jr ⁻¹	409	409	409	409	409	411	411	411
$T_p - T_a$	mm.jr ⁻¹	131	114	149	115	0	0	60	81
T_a/T_p	-	0,68	0,72	0,64	0,72	1	1	0,85	0,80
ET_a	mm.jr ⁻¹	654	676	623	670	765	779	661	670
ET_p	mm.jr ⁻¹	797	797	797	797	797	786	786	786
$ET_p - ET_a$	mm.jr ⁻¹	143	121	174	127	56	7	125	116
ET_a/ET_p	-	0,82	0,85	0,78	0,84	0,96	0,99	0,84	0,85

De verschillen in transpiratie komen goed overeen met de verschillen in grondwatertrap (vergelijk tabel 13 en tabel 1). De opstanden 5 en 6 met grondwatertrap VI transpireren bijna optimaal. Opstand 7 en 8 met grondwatertrap VII hebben een transpiratietekort van 60 tot 80 mm en de overige opstanden met grondwatertrap VII* hebben een transpiratietekort van 114 mm of meer.

Opstand 3 heeft een groter vochttekort dan de overige opstanden met grondwatertrap VII*, omdat deze opstand een geringer percen-

tage leem in de bovengrond heeft. Daarnaast heeft het profiel van opstand 3, vergeleken met het haarpodzolprofiel van opstand 4, een geringer organische-stofgehalte. Door deze twee afwijkende gehalten is het profiel van opstand 3 minder goed in staat vocht na te leveren dan de profielen van de overige opstanden met grondwatertrap VII*.

In fig. 4 zijn de transpiratietekorten in de acht opstanden uitgezet als functie van de tijd.

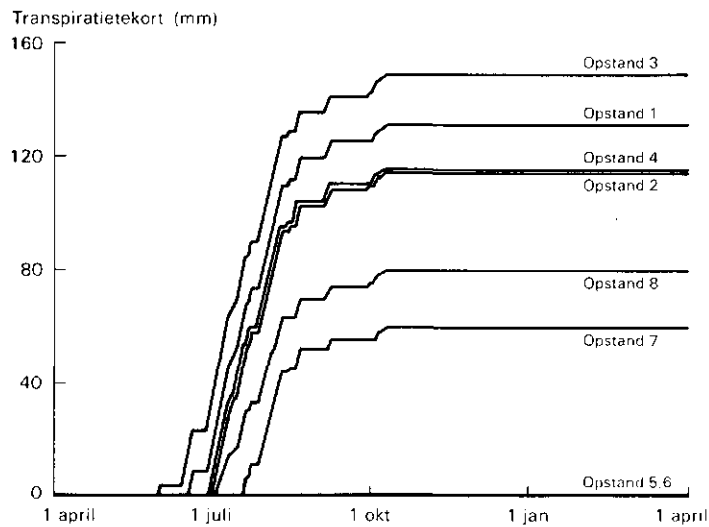


Fig. 4 Transpiratietekort als functie van de tijd in de acht Douglasopstanden voor het normale hydrologische jaar.

Op grond van de gevonden verschillen in transpiratietekorten zijn in principe boniteitsverschillen in de opstanden te verwachten (zie par. 1.3).

4.3 Gesimuleerde waterbalans voor een droog en een nat jaar

De mogelijkheid bestaat dat de verschillen in transpiratietekort tussen de opstanden in droge en/of in natte jaren versterkt of juist verzwakt worden. Daarom zijn er eveneens voor een relatief droog en een relatief nat jaar simulaties uitgevoerd. De waterbalansen van het droge en het natte jaar zijn gegeven in tabel 14 en 15.

Tabel 14 Gesimuleerde waterbalans (in mm.jr⁻¹) van de acht Douglasopstanden voor een relatief droog jaar.

Waterbalansterm	1	2	3	4	5	6	7	8
Neerslag P	609	609	609	609	609	573	573	573
Interceptie I_a	227	227	227	227	227	214	214	214
Doorval $(P-I_a)$	382	382	382	382	382	359	359	359
Evaporatie E_a	72	75	60	73	51	82	19	50
Oppervlakkige afvoer R	0	0	0	0	0	0	3	0
Infiltratie $(P-I_a-E_a-R)$	310	307	322	309	331	277	337	309
Transpiratie T_a	230	234	211	241	395	385	270	274
Afvoer $(D-U)$	+79	+74	112	72	-4	-62	89	21
Berging W	1	-1	1	-4	-60	-46	-22	14

Tabel 15 Gesimuleerde waterbalans (in mm.jr⁻¹) van de acht Douglasopstanden voor een relatief nat jaar.

Waterbalansterm	1	2	3	4	5	6	7	8
Neerslag P	1202	1202	1202	1202	1202	1132	1132	1132
Interceptie I _a	455	455	455	455	455	424	424	424
Doorval (P-I _a)	747	747	747	747	747	708	708	708
Evaporatie E _a	69	71	66	69	71	72	27	66
Oppervlakkige afvoer R	0	0	0	0	0	0	1	0
Infiltratie (P-I _a -E _a -R)	678	676	681	678	676	636	680	642
Transpiratie T _a	306	306	297	306	305	309	310	310
Afvoer (D-U)	371	363	384	372	316	296	376	312
Berging W	1	7	0	0	55	31	-6	20

Uit de tabellen blijkt dat een afname of toename in de neerslag voornamelijk invloed heeft op de interceptie en transpiratie en daarmee tevens op de waterafvoer. Wat de interceptie betreft is dit logisch omdat hiervoor uitgegaan is van een vast percentage van de neerslag. De verschillen in transpiratie worden zowel bepaald door de transpiratievraag en vochtleverantie van de bodem.

De resulterende absolute en relatieve transpiratietekorten zijn voor alle opstanden weergegeven in tabel 16.

Tabel 16 Vochttekort in de acht Douglasopstanden uitgedrukt als absoluut en relatief transpiratietekort voor het relatief droge, het relatief natte en het normale jaar.

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8
Droog:								
T_a mm. jr ⁻¹	230	234	211	241	395	385	270	274
T_p mm. jr ⁻¹	439	439	439	439	439	441	441	441
$T_p - T_a$ mm. jr ⁻¹	209	205	228	198	44	56	171	177
T_a/T_p -	0,52	0,53	0,48	0,55	0,90	0,87	0,61	0,62
Nat:								
T_a mm. jr ⁻¹	306	306	297	306	305	309	310	310
T_p mm. jr ⁻¹	306	306	306	306	306	310	310	310
$T_p - T_a$ mm. jr ⁻¹	0	0	9	0	1	1	0	0
T_a/T_p -	1	1	0,97	1	1	1	1	1
Normaal:								
T_a mm. jr ⁻¹	278	295	260	294	409	411	351	330
T_p mm. jr ⁻¹	409	409	409	409	409	411	411	411
$T_p - T_a$ mm. jr ⁻¹	131	114	149	115	0	0	60	81
T_a/T_p -	0,68	0,72	0,64	0,72	1	1	0,85	0,80

De transpiratietekorten voor het jaar met normale neerslaghoeveelheid is herhaald om een totaalbeeld te kunnen geven. Zoals te verwachten is, neemt het vochttekort toe in het relatief droge jaar. Wel zijn ruwweg dezelfde groepen van de opstanden te onderscheiden:

- opstand 3, extreem hoog transpiratietekort
- opstand 1, 2 en 4, hoog transpiratietekort
- opstand 7 en 8, matig hoog transpiratietekort
- opstand 5 en 6, laag transpiratietekort

Gezien de grootte van het vochttekort is het de vraag of het uitmaakt of een opstand tot de eerste of tweede groep behoort. Bij het relatief natte jaar vallen direct de relatief lage potentiële transpiratie en de optimale actuele transpiratie op. De optimale actuele transpiratie heeft tot gevolg dat de verschillen in transpiratie tussen de opstanden onder natte omstandigheden wegvallen. Verder valt op dat in de opstanden 5 t/m 8 (de natte opstanden) de absolute actuele transpiratie in het natte jaar niet maximaal is (in opstand 5 en 6 zelfs minimaal). Dit is het gevolg van de hoge luchtvochtigheid die remmend werkt op de potentiële evapotranspiratie.

4.4 Betrouwbaarheid

Het is moeilijk inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid van gesimuleerde transpiratietekorten, omdat de gesimuleerde waarden niet getoetst kunnen worden aan gemeten transpiratietekorten. Geschatte waarden aan de hand van metingen aan de bomen ontbreken. Bovendien ontbreken op de onderzoekslocaties permanente vochtgehaltebepalingen om de gesimuleerde vochtgehalten aan te toetsen en evenmin is de hoeveelheid percolatiewater bepaald. Daarom moet hier worden volstaan met een discussie van de mogelijke foutenbronnen, zoals Kruijer et al. (1987) aangeven. De onbetrouwbaarheid van de gesimuleerde waarden kan te wijten zijn aan het modelconcept en/of de onnauwkeurigheid van de invoergegevens.

Voor het modelconcept merkt Hooghart (1985) in een vergelijkende studie van modellen voor de onverzadigde zone op: "SWATRE is geverifieerd aan verschillende veldexperimenten met verschillende gewassen op diverse bodemprofielen hetgeen redelijke tot goede resultaten opleverde." Zwakke punten van het modelconcept zijn dat er geen rekening wordt gehouden met hysteresis, hydrofobie, heterogeniteit en laterale stroming.

Hysteresis wil zeggen dat de uitdrogings- en de bevochtigings-curve van de $h(\theta)$ -relatie verschillen. De Staringreeks is alleen gebaseerd op de uitdrogingscurve. Dit heeft consequenties voor de betrouwbaarheid van de differentiële vochtcapaciteit $C(h) = \delta\theta/\delta h$. Door de waarden van $C(h)$ iteratief te laten berekenen, wordt de onbetrouwbaarheid binnen de perken gehouden.

Een vrij recent onderwerp van studie is hydrofobie. Hydrofobie is het verschijnsel dat gronden, nadat ze sterk zijn uitgedroogd, moeilijk regen- en beregeningswater opnemen. Het vocht stroomt via preferente banen naar de ondergrond of vloeit oppervlakkig af in geaccidenteerde terreinen (Dekker, 1988). Zandgronden met (semi)natuurlijke vegetatie behoren tot de potentieel sterk hydrofobe gronden. De mate van hydrofobie kan op korte afstand erg variëren.

Simulatiemodellen voor de onverzadigde zone, waaronder SWATRER, houden geen rekening met ruimtelijke variabiliteit als gevolg van bovengenoemde verschijnselen. In het algemeen geven ze een gemiddeld verloop weer. Dat geldt niet alleen voor het vochttransport, maar ook voor de interceptie en de transpiratie. Een gevolg hiervan is dat mogelijk een onderschatting van de transpiratie-tekorten plaatsvindt.

Voor de invoergegevens is het bekend dat van de vele gegevens (meteorologische -, bodemfysische - en gewasgegevens), SWATRER vooral gevoelig is voor de bodemfysische gegevens en de dikte van de wortelzone (Hooghart, 1985; De Waal, 1987). Voor de bodemfysische gegevens zijn in eerste instantie de curven van de Staringreeks gebruikt. De resulterende vochtgehalten zijn gecalibreerd met de gemeten vochtgehalten van rondes A t/m D. Binnen de mogelijkheden van dit onderzoek zijn op deze manier de bodemfysische gegevens zoveel mogelijk aangepast aan de lokale omstandigheden. De dikte van de wortelzone is vastgesteld in een profielkuil op een meter afstand van een boom en in enkele Edelmanboringen.

Uiteraard wordt de onnauwkeurigheid van zowel de bodemfysische gegevens als van de wortelzone mede bepaald door de heterogeniteit van de bodem. Het doel van dit onderzoek is echter een gemiddeld beeld van de waterbalans van de acht opstanden te verschaffen.

5 CONCLUSIES

1. Na calibratie van bodemfysische parameters op gemeten vochtgehalten uit het hydrologisch jaar 1986-1987 neemt in alle opstanden (met uitzondering van de natte opstanden in Lage Vuursche en Ruurlo) de transpiratie af ofwel het transpiratietekort toe. Blijkbaar zijn de bodemfysische gegevens uit de Staringreeks, te gunstig.
2. De waterbalansen van de acht Douglasopstanden verschillen wezenlijk onder normale neerslaghoeveelheden. De opstanden Speuld, Amerongen, Kootwijk en Garderen (alle met grondwatertrap VII*) hebben in een normaal jaar zomers een ernstig transpiratietekort variërend van 115-149 mm.jr⁻¹. De opstanden Zelhem I en Zelhem II met grondwatertrap VII hebben in een normaal jaar zomers een matig transpiratietekort variërend van 60-81 mm.jr⁻¹. De opstanden Lage Vuursche en Ruurlo met grondwatertrap VI hebben een optimale transpiratie onder normale neerslaghoeveelheden. Er is in geen van de opstanden sprake van wateroverlast.
3. In een relatief droog jaar kunnen de opstanden op soortgelijke wijze gegroepeerd worden als in een jaar met normale neerslaghoeveelheden, maar in een relatief nat jaar vallen de transpiratieverschillen tussen de opstanden weg. In alle opstanden is de actuele transpiratie dan gelijk aan de potentiële transpiratie. Overigens betekent dit niet dat in alle opstanden de actuele transpiratie ook absoluut gezien maximaal is. In de opstanden Lage Vuursche, Ruurlo en Zelhem I en II is dit niet het geval. Dit hangt samen met de hoge luchtvochtigheid in het natte jaar die remmend werkt op de potentiële evapotranspiratie.

LITERATUUR

Belmans, C., J.G. Wesseling and R.A. Feddes, 1983. Simulation of a cropped soil: SWATRE. *J. Hydrology*, 63: 271-286.

Berghuijs-van Dijk, J.T. 1985. WATBAL. A simple waterbalance model for an unsaturated/saturated soil profile. Wageningen, ICW, Nota 1670.

Besten, J.J. den, 1986. Berekeningsmethoden vochtleverantie en aëratie: evaluatie en bruikbaarheid simulatiemodellen. Studiecommissie Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap. nr. 8a, Standplaats en Fysiografie.

Beuving, J., 1984. Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel-, klei- en veengronden. Wageningen, ICW, Rapport 10.

Black, T.A., W.R. Gardner and G.W. Thurfull, 1969. The prediction of evaporation, drainage and soil water storage for a bare soil. *Proc. Soil Sci. Soc. of Aurev.* 33, 5: 655-660.

Burg, J. van den, 1987. Relaties tussen het vochtleverend vermogen van de grond, het waterverbruik en de groei van een aantal boomsoorten: een literatuurstudie. Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap. nr. 7e, Bos en Water.

Bouten, W., 1987. Hydrologic system characterization for biochemical process research in forest ecosystems. *Proc. Int. Symp. on Acidification and Water Pathways*. Bolkesjø, May 1987. Vol. I: 57-68.

Dekker, L.W., 1988. Verspreiding, oorzaken, gevolgen en verbeteringsmogelijkheden voor waterafstotende gronden in Nederland. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 2046.

Dierckx, J., C. Belmans en P. Pauwels. 1986. SWATRER, a computer package for modelling the field water balance. Reference manual. Laboratory of Soil and Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, K.U. Leuven.

Drecht, G. van, 1983. Simulatie van verticaal, niet stationair transport van water en opgeloste stof in de grond. R.I.D. Mededeling 1983 - 11.

Evers, P., C.J.M. Konsten and A. Vermetten. 1987. Acidification research in Douglas fir forests in the Netherlands (Aciform-project). Symp. effects of air pollution on terrestrial and aquatic ecosystems. Grenoble, May 1987.

Feddes, R.A., P.J. Kowalik and H. Zaradny, 1978. Simulation of fieldwater use and crop yield. Simulation monographs. Wageningen, PUDOC.

Foerst, K., 1980. Standort, Wuchsleistung und Ernährungszustand älterer Bayerischer Bestände der Grünen Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco var. *menziesii*). Mitteilungen aus der Staatsfest Verwaltung Bayerns, 41 Heft 256. München.

Gilding, B.H., 1983. The soil moisture zone in a physically based hydrologic model. Adv. in Water Res., 6: 36-43.

Giles, D.G., T.A. Black, and D.L. Spittlehouse. 1985. Determination of growing season soil water deficits on a forested slope using water balance analysis. Canadian Journal of Forest Research 15: 107 - 114.

Grinsven, J.J.M. van, N. van Breemen and J. Mulder, 1987. Impacts of Acid Atmospheric Deposition on Soils in the Netherlands: I. Calculation of Hydrologic and Chemical Budgets. Soil Science Society of America Journal, volume 51, no. 6: 1629 - 1634.

Grootjans, P., 1984. De geohydrologische beschrijving van de provincie Gelderland. Oosterwolde/ Delft, Dienst grondwaterstandverkenning TNO, Arnhem, Dienst Waterbeheer Provincie Gelderland.

Hiege, W., 1985. Wasserhaushalt von Forsten und Wälder und Einfluss des Wassers auf Wachstum und Gesundheit von Forsten Wäldern: eine Literaturstudie. Studiecommissie Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap. nr 7a.

Holst, A.F. van, W.J.M. te Riele en B.J. Bles, 1988. Bodemkundig - agrohydrologisch onderzoek Midden- en Oost-Brabant. Bodemkundig - hydrologische inventarisatie en modelberekeningen van vochttekorten en relatieve opbrengsten. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 1864.

Hooghart, J.C., 1985. Vergelijking van modellen voor het onverzadigd grondwater en de verdamping. Verslag van de 4e CHO bijeenkomst in samenwerking met de Studiegroep Hupselse Beek. Den Haag, Serie: Rapporten en Nota's no. 13.

Hoogland, J., C. Belmans and R.A. Feddes, 1980. Root water uptake model depending on soil water pressure head and maximum extraction rate. Acta Hortic., 119: 123-136.

Kleijn, C.E., J.H. Oterdoom, W. de Vries en C. Hendriksen, 1987. De indirecte effecten van atmosferische depositie op de vitaliteit van Nederlandse Bossen: 1. Beschrijving van de onderzoeksopzet. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 2010.

Kleijn, C.E., G. Zuidema en W. de Vries, 1989. De indirecte effecten van atmosferische depositie op de vitaliteit van Nederlandse bossen: 2. Depositie, bodemeigenschappen en bodemvocht-samenstelling van acht Douglasopstanden. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 2050.

Koopmans, R.W.R., 1986. Numerieke oplossingen van grondwaterstroming. Landbouw Universiteit Wageningen, Cultuurtechniek, sectie Agrohydrologie.

Kruiger, B., H.A.J. van Lanen, G.A. van Soesbergen, 1987. Kwantificering van het vochttekort bij enkele akkerbouwgewassen op gronden gelegen in de Braakmanpolder (Zeeland). Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 1989.

Laat, P.J.M. de, 1980. MUST. Model for unsaturated flow above a shallow watertable, applied to a regional sub-surface flow problem. Wageningen, PUDOC, Thesis. Agric. Res. Rep. 895.

Leyton, L., E.R.C. Reynolds and F.B. Tompson, 1967. Rainfall interception in forest and moorland. In: Sopper, W.E. and H.W. Lull (editors), *Forest Hydrology*, Pergamon Press, Oxford: 163-178.

Minnen, J. van., 1988. Waterrelaties (87 - 92). In P.W. Evers (Ed.): koppeling van ecofysiologische parameters van luchtverontreinigingsinvloeden aan biometrie in de Aciforn Douglasopstanden. Wageningen, "De Dorschkamp", Rapport nr. 512.

Mohren, G.M.J., 1987. Simulation of forest growth, applied to douglas fir stands in the Netherlands. Wageningen, Ph.D. Thesis, PUDOC.

Mulder, J.P.M., 1983. A simulation of rainfall interception. Groningen, PhD. Thesis, State University.

Nonhebel, S., 1987. Waterverbruik van Nederlandse bossen: een modellenstudie. Studiecommissie Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap. nr. 7g.

Ritchie, J.T., 1972. A model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. *Water Resour. Res.* 8 (5): 1204-1213.

Roberts, J., 1983. Forest transpiration: A conservative hydrological process?. *J. Hydrol.* 66:133 -141.

SBB, 1984. De vitaliteit van het Nederlandse bos in 1983. Verslag van het landelijk vitaliteitsonderzoek. Staatsbosbeheer, Inspectie Bosbouw, afd. Bosontwikkeling, 1984-26.

Singh, B. and G. Seicz, 1979. The effect of intercepted rainfall on the water balance of a hardwood forest. *Water Resour. Res.* 15: 131 - 138.

Sluijs, P. van der, 1987. Grondwatertrap. In: *Bodemkunde van Nederland. Voorpublicatie van deel 1, Algemene Bodemkunde.* Redactie: W.P.Locher en H. de Bakker. Den Bosch, Malmberg.

Soesbergen, G.A. van, C. van Wallenburg, K.R. van Lynden en H.A.J. van Lanen, 1986. De interpretatie van bodemkundige gegevens. Systemen voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 1967.

Soil Conservation Service, 1972: *Hydrology, National Engineering Handbook, Section 4, US Department of Agriculture, Washington DC.*

Stewart, J.B. 1987. Modelling dependence of surface conductance of Thetford Forest on environmental conditions. Submitted to *Agric. For. Meteorol.*

Visser, P.H.B. de en W. de Vries. 1989. De gemiddelde waterbalans van relevante bos-bodem ecosystemen in Nederland. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 2050.

Vuuren, W.E. van, 1983. Hydrologisch onderzoek in de proefgebieden Hupsel en Sleen. Deel II. Een eerste toetsing van DEMGEN in Hupsel. Rijkswaterstaat. Dir. W & W Z.O. Nota 83.

Waal, R. de, 1987. Simulatie van vochtleverantie en aërtie in de natuurgebieden Veerstablok en Tondensche Heide. Studiecommissie Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap. nr. 8.

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving, 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Wageningen, ICW, Rapport nr. 18, STIBOKA, Rapport nr. 1932.

Aanhangsel 1

Profielschets van de acht Douglasopstanden

Locatie	Bodem- eenheid	Hori- zont	Diepte (cm)	%Leem	%Org. stof	M50	Dicht- heid	Opmer- king
Speuld	Holtpod- zolgrond	A1	0- 4	14,8-17,8	4,2-6,1	> 210	1,2-1,3	*)
		AB	4- 10	14,8-17,8	4,2-6,1	> 210	1,2-1,3	
		B2	10- 49	14,7-22,1	2,4-0,8	> 210	1,3-1,4	
		B3	49- 86	10,9-22,1	2,4-0,8	> 210	1,5	
		C11	86- 95	(> 10)	< 0,5	75		
		C12	95-100	(> 10)	< 0,5	75		
		C13	100-	(> 10)	< 0,5	75	1,4-1,5	
Amerongen	Holtpod- zolgrond	A1	0- 2					*)
		A2/AB	2- 12	12,1-15,5	4,7-5,5	> 210	1,1-1,2	
		B2	12- 30	11,8-16,5	1,8-3,2	> 210	1,2-1,3	
		B31	30- 55	12,0-14,5	0,9-2,1	> 210	1,3	
		B32	55- 75	9,3-11,2	0,5-1,0	> 210	1,4-1,5	
		C	75-100	(< 10)	< 0,5	150	1,5	
Kootwijk	Haarpod- zolgrond	Ap	0- 30	7,7-12,6	6,8-2,5	150-210	1,2-1,4	*)
		B2h	30- 60	3,9- 8,7	0,5-2,0	150-210	1,4-1,6	
		B3	60-100		0,5		1,6	
		C	> 100		< 0,5		1,7	
Garderen	Haarpod- zolgrond	Ap	0- 25	8,1-15,1	3,0-6,7	150-210	0,8-1,4	*)
		A1b	25- 27					
		A2b	27- 36	8,2-15,1	3,0-4,9	150-210		
		B21b	36- 43	7,0-12,9	1,6-5,6	150-210	1,2-1,4	
		B22b	43- 52	5,5-17,2	0,6-4,8	150-210	1,0-1,2	
		B31b	52- 72			150-210	1,3	
		B32b	-100		0,5	150-210	1,5	
		C	> 100		< 0,5	150-210	1,6	

- *) Opmerking: - Speuld : Wortelzone t/m B2 ;
 - Amerongen : Wortelzone t/m B2
 - Kootwijk : Wortelzone t/m B2h, vergraven tot 30 cm;
 - Garderen : Wortelzone t/m B22b, vergraven tot 60 cm

Locatie	Bodem- eenheid	Hori- zont	Diepte (cm)	%Leem	%Org. stof	M50	Dicht- heid	Opmer- king
Lage	Veldpod- zolgrond	1	0- 15	4,3- 7,9	3,2-5,6	150-210	1,3	*)
Vuursche		2	15- 30	5,0- 6,7	2,3-4,6	150-210	1,3	
		3	30- 45	5,2-10,2	2,4-4,3	150-210	1,1	
		4	45- 60	5,6- 6,1	2,6-3,7	150-210	1,3	
		5	60- 75			150-210	1,0-1,1	
		6	75- 90		4	150-210	1,2-1,4	
Ruurlo	Veldpod- zolgrond	A1	0- 6					*)
		Ob	6- 7	11,0-14,0	6,3-8,1	105-150	1,3-1,4	
		A2b	7- 14					
		ABb	14- 24	13,0-16,6	6,2-7,8	105-150	0,8-1,0	
		B2b	24- 31			105-150	1,0	
		B3b	31- 43	12,3-14,9	3,1-6,3	105-150	1,2-1,3	
		C1b	43- 70	7,7-10,7	0,9-3,5	105-150	1,6-1,7	
		C2b	70-100	7,7-10,7	0,5	105-150	1,6-1,7	
Zelhem I	Duinvaag- grond	1	0- 15	10,1-14,5	1,9-3,3	105-150	1,2	*)
		2	15- 30	13,0-15,1	1,1-1,9	105-150	1,3	
		3	30- 45	14,2-19,2	1,0-1,7	105-150	1,4	
		4	45- 60	14,2-19,1	0,5-1,1	105-150	1,3	
		5	60- 75	1,7- 1,8				
		6	75- 90	1,8				
Zelhem II	Duinvaag- grond	Ap	0- 8	5,4-11,0	0,6-3,3	150-210	1,6	*)
		C1b	8- 40	5,4-11,0	0,6-3,3	150-210	1,6	
		A2b	40- 44	7,9-11,6	0,1-1,2	150-210		
		Bb	44- 75	8,3-14,7	0,3-1,5	150-210	1,3	
		C1b	75- 90	< 10	< 0,5	150-210	1,4	
		C2b	90-120	< 10	< 0,5	150-210	1,5-1,6	

- *) Opmerkingen: - Lage Vuursche : Wortelzone t/m 120 cm, vergraven tot 100 cm
- Ruurlo : Wortelzone t/m B3, vergraven tot 30 cm
- Zelhem I : Wortelzone t/m 40 cm, vergraven tot 120 cm
- Zelhem II : Wortelzone t/m Bb, vergraven tot 120 cm

Aanhangsel 2a.

Gebruikte neerslaggegevens op dagbasis (in mm) voor het hydrologische jaar 1986-1987 voor de acht Douglasopstanden

Opstand 1

Dag	Maand													
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei
1	5,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,8	0,0	4,3	0,3	14,9	0,0	20,8	0,0	1,3
2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	1,1	4,0	0,0	9,9	0,0	2,1
3	0,5	3,2	12,2	0,0	10,7	7,3	0,0	0,8	0,0	0,4	0,5	0,0	0,0	2,6
4	0,9	0,0	3,8	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,2	0,0	0,4	0,0
5	0,4	0,2	4,5	7,8	0,0	0,0	0,0	2,2	5,2	6,6	0,6	0,0	0,0	0,0
6	0,3	16,6	17,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	2,5	0,0	3,6	0,0
7	2,3	1,4	5,6	0,1	0,0	0,0	2,3	0,2	0,2	2,0	1,8	0,0	2,8	0,0
8	0,2	0,7	0,2	0,0	0,0	0,7	0,0	6,0	0,0	2,7	4,6	0,0	5,7	0,0
9	0,1	9,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,7	3,5	0,0	1,1	0,0
10	0,0	1,6	3,1	0,0	0,0	0,0	1,3	2,0	0,1	0,2	0,0	0,0	3,1	0,0
11	0,0	0,0	5,1	0,0	6,7	0,0	1,2	6,6	1,4	0,0	2,9	0,0	11,4	12,4
12	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8	0,0	3,0	7,3
13	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,7	3,8	0,5	0,0	0,0	0,1	1,9
14	0,1	0,8	0,0	0,0	0,3	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,2	8,4
15	5,2	2,9	0,0	0,0	0,0	8,6	0,5	0,3	16,6	0,0	5,1	5,1	0,0	10,7
16	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,5	0,0	0,0	6,4	0,0	0,9
17	0,0	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	6,6	0,0	0,0	10,8	0,0	0,4
18	1,5	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	16,0	12,8	7,7	0,0	3,7	2,4	0,0	0,2
19	2,7	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	8,1	23,9	17,5	0,0	0,0	0,4	3,5	0,3
20	0,6	4,1	0,0	0,1	4,2	0,0	26,9	6,6	11,6	0,0	0,0	5,8	3,0	7,3
21	4,3	0,7	0,0	0,3	4,1	0,0	18,9	7,2	3,4	0,8	0,7	8,7	0,0	0,3
22	0,6	1,6	0,0	1,5	19,1	0,0	7,6	0,4	0,5	2,2	0,6	0,8	0,0	5,2
23	0,0	0,8	1,2	6,4	0,0	0,0	7,1	6,7	0,6	1,9	0,0	8,2	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,1	2,5	2,6	0,0	3,6	1,7	2,5	0,6	0,0	2,5	0,0	0,0
25	0,4	0,0	0,0	2,0	6,9	0,0	7,5	0,5	12,3	1,9	0,0	4,7	0,0	0,0
26	3,8	0,0	0,0	0,5	13,1	0,0	1,9	3,0	2,0	0,5	7,0	0,0	0,0	0,0
27	3,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	9,5	0,1	1,8	0,6	3,5	1,3	0,0	0,0
28	0,0	0,4	0,0	0,0	0,8	0,0	9,0	0,0	5,3	0,0	0,1	4,5	0,0	14,3
29	0,0	17,7	0,0	0,0	10,9	0,0	0,1	0,0	25,6	0,0	-	1,2	0,1	2,7
30	0,0	0,3	0,0	0,0	3,1	0,0	1,1	0,3	23,1	0,0	-	1,1	1,7	2,1
31	-	0,1	-	0,0	0,4	-	0,9	-	4,6	0,0	-	0,0	-	0,0
Totaal	37,7	63,3	53,2	22,0	97,0	29,5	123,5	88,4	154,3	52,1	38,7	94,6	39,7	80,4

Opstand 2

Dag	Maand													
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	1,8	1,0	15,4	0,0	21,8	0,0	1,0
2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0	0,2	2,4	0,0	7,0	0,0	4,5
3	0,2	15,7	8,5	0,0	15,5	6,0	0,0	0,7	0,0	0,9	0,5	0,0	0,1	4,9
4	0,0	0,7	4,2	0,1	3,8	0,0	0,0	0,1	0,0	10,5	0,2	0,0	0,0	0,0
5	0,1	0,2	2,0	7,9	0,0	0,0	0,0	1,8	5,7	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0
6	1,2	9,7	13,6	0,8	0,0	1,7	0,0	0,1	0,2	3,8	0,5	0,0	2,1	0,0
7	0,1	3,3	4,3	3,1	0,0	0,1	1,5	0,0	0,9	2,3	0,1	0,0	7,3	0,0
8	0,0	3,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	3,4	0,1	1,3	6,8	0,0	4,2	0,0
9	0,0	9,5	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,2	2,6	0,0	1,7	0,0
10	0,0	0,4	2,7	0,0	0,0	0,0	1,6	1,4	0,3	0,1	0,1	0,0	2,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	1,2	1,5	1,8	0,0	5,2	0,0	11,1	18,8
12	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,7	0,0	1,5	5,2
13	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	0,5	3,4	0,0	0,0	0,0	0,6	0,7
14	2,9	1,4	0,0	0,8	0,0	1,4	0,0	0,0	2,4	0,0	0,3	0,4	0,1	10,5
15	3,8	1,1	0,0	0,0	0,0	9,9	0,2	0,3	12,4	0,0	5,6	1,4	0,0	7,3
16	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,2	0,0	0,2	7,3	0,0	1,2
17	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	13,6	0,0	1,1
18	1,2	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	4,0	11,0	4,1	0,0	3,9	1,1	0,0	5,7
19	2,1	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	11,4	16,6	7,3	0,0	0,0	2,1	1,8	0,1
20	3,3	5,0	0,0	0,5	0,0	0,0	20,2	6,4	11,2	0,0	0,0	1,0	1,5	4,5
21	2,0	0,3	0,0	0,2	2,0	0,0	24,1	5,1	5,0	0,5	1,5	7,2	0,0	1,5
22	0,0	0,7	0,0	0,0	7,2	0,0	9,4	0,6	0,2	2,4	0,6	1,1	0,0	8,6
23	0,0	1,3	5,8	10,4	0,0	0,0	6,7	2,6	0,4	1,6	0,0	9,9	0,0	0,0
24	0,1	0,0	0,0	9,7	0,2	0,0	1,1	0,5	1,4	0,5	0,0	3,0	0,0	0,0
25	1,1	0,0	0,0	9,7	11,3	0,0	8,1	0,1	10,0	1,8	0,0	1,8	0,0	0,0
26	4,2	0,0	0,0	1,0	5,0	0,0	1,0	2,9	2,6	0,5	7,8	0,1	0,0	0,0
27	0,4	0,0	0,0	0,0	1,4	0,1	6,4	0,2	1,1	0,6	5,9	1,5	0,0	0,0
28	0,0	2,0	0,0	0,4	1,8	0,0	6,5	0,0	6,3	0,7	0,0	3,2	0,0	21,0
29	0,0	2,2	0,0	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	22,8	0,1	-	1,0	0,2	1,7
30	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	1,1	0,5	20,7	0,0	-	1,0	0,6	0,8
31	-	0,1	-	0,0	0,4	-	1,8	-	0,8	0,0	-	0,0	-	0,1
Totaal	24,7	58,8	41,4	45,2	80,5	29,6	106,6	58,6	128,2	48,0	42,6	85,5	34,8	99,2

Opstand 3 en 4

Dag	Maand													
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mart.	apr.	mei
1	1,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,9	0,0	9,6	0,3	16,3	0,0	21,5	0,0	0,7
2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,6	2,9	0,0	7,2	0,0	2,9
3	1,1	6,7	14,5	0,0	1,6	12,4	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	2,1
4	1,4	0,0	3,0	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	12,7	0,1	0,0	0,1	0,2
5	0,1	0,0	3,6	11,3	0,0	0,0	0,0	2,1	6,4	7,1	0,4	0,0	0,0	0,0
6	2,4	12,1	17,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	4,3	0,0	3,0	0,0
7	0,2	0,5	4,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,0	1,5	1,7	0,0	1,5	0,0
8	0,0	1,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	1,6	2,3	0,0	2,8	0,0
9	0,0	10,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	3,2	0,0	1,9	0,0
10	0,0	1,4	1,7	1,7	0,0	1,5	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,1
11	0,0	0,2	9,3	0,0	0,1	0,0	6,0	3,0	1,4	0,0	3,0	0,0	10,4	16,9
12	0,0	0,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	2,7	15,1
13	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	7,3	0,0	0,2	3,2	0,1	0,1	0,0	0,0	5,1
14	3,0	0,7	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,8	0,0	0,0	8,5
15	6,9	3,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,1	0,4	14,3	0,0	4,4	4,3	0,0	6,4
16	0,6	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	0,0	0,0	4,8	0,0	4,6
17	0,9	0,1	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	5,6	0,0	0,0	15,6	0,0	0,6
18	3,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	5,2	15,2	10,0	0,0	2,7	1,4	0,0	1,7
19	0,4	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	5,7	24,0	13,0	0,0	0,0	0,4	2,2	0,9
20	4,2	6,5	0,0	0,0	5,0	0,0	23,0	5,4	11,5	0,0	0,0	2,9	2,7	8,2
21	2,8	0,0	0,0	0,1	2,8	0,0	20,5	10,0	4,0	0,7	0,2	10,0	0,0	1,1
22	0,0	0,2	0,0	0,2	3,3	0,0	10,0	0,1	0,1	1,1	0,5	0,9	0,0	5,9
23	0,0	0,0	0,9	1,2	0,9	0,0	10,1	3,5	0,5	2,0	0,0	11,6	0,0	0,0
24	0,5	0,0	0,0	11,4	4,4	0,0	1,5	1,6	1,3	0,5	0,0	2,6	0,0	0,0
25	0,8	0,0	0,0	3,4	7,6	0,0	9,1	0,1	8,7	1,7	0,0	1,4	0,0	0,0
26	4,3	0,0	0,0	0,8	9,2	0,0	1,2	1,7	1,9	1,4	7,5	0,0	0,0	0,0
27	0,4	0,0	0,0	0,0	3,2	0,1	7,8	0,0	2,5	0,2	4,9	1,4	0,0	0,0
28	0,0	1,8	0,0	0,2	1,1	0,0	10,0	0,1	5,2	0,0	0,1	5,3	0,0	15,2
29	0,0	4,8	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	0,2	32,5	0,0	-	0,8	0,0	2,0
30	0,0	0,1	0,0	0,0	2,8	0,0	0,7	0,0	22,7	0,0	-	0,2	0,0	3,0
31	-	0,0	-	0,0	0,8	-	1,5	-	0,7	0,0	-	0,0	-	0,0
Totaal	35,0	50,5	57,0	30,9	63,7	35,4	114,1	86,6	149,4	50,8	36,4	92,3	29,7	101,2

Opstand 5

Dag	Maand													
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei
1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	2,2	0,4	10,2	0,0	25,6	0,0	0,7
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	1,3	0,7	0,5	8,2	0,0	9,6
3	0,0	9,7	9,5	0,0	11,3	5,0	0,0	0,8	0,1	0,9	0,1	0,0	0,0	10,0
4	0,0	1,3	1,2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	0,3	0,1
5	0,0	1,1	3,4	6,4	0,0	0,0	0,0	3,5	5,1	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
6	2,7	8,3	15,8	0,6	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,9	3,4	0,0	0,0	0,0
7	0,0	1,1	7,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,1	0,0	0,7	1,3	0,0	2,5	0,0
8	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	5,6	0,0	1,3	7,8	0,0	1,8	0,0
9	0,0	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,9	0,0	1,6	0,0
10	0,0	1,2	3,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0
11	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	1,4	0,0	2,5	0,0	16,1	13,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,0	0,1	5,5
13	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3	0,0	1,4	3,6	0,0	0,0	0,0	0,2	1,9
14	7,4	1,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,6	0,2	1,0	0,0	0,7	0,0	0,0	16,8
15	3,3	2,1	0,0	0,0	0,0	11,3	0,1	0,0	16,6	0,0	3,6	1,9	0,0	10,8
16	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,9
17	2,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	11,2	0,0	0,9
18	3,3	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	11,1	12,8	3,9	0,0	1,5	0,5	1,1	6,1
19	0,6	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0	9,3	37,0	7,5	0,0	0,0	0,3	0,5	1,4
20	5,1	2,4	0,0	0,1	0,1	0,0	15,3	11,5	16,5	0,0	0,0	2,8	4,5	4,2
21	4,3	0,5	0,0	2,5	4,5	0,0	20,4	1,9	7,4	1,9	1,1	7,3	0,0	14,6
22	0,0	0,3	0,0	2,9	13,6	0,0	9,9	0,4	0,4	1,1	0,8	1,7	0,0	5,3
23	0,1	0,2	3,2	11,3	0,0	0,0	6,1	5,7	0,6	0,9	0,0	6,5	0,0	0,0
24	0,8	0,0	0,0	8,4	2,8	0,0	3,3	0,9	2,3	0,3	0,0	2,4	0,0	0,0
25	0,2	0,0	0,0	3,0	9,1	0,0	10,2	1,1	11,0	1,1	0,0	4,2	0,0	0,0
26	5,8	0,0	0,0	2,6	17,9	0,0	2,1	2,2	0,9	0,5	6,6	1,0	0,0	0,0
27	1,2	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	6,3	0,1	0,7	0,7	4,8	1,6	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	11,5	0,2	5,9	0,0	0,0	6,1	0,0	14,7
29	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	26,9	0,0	-	0,9	0,1	2,3
30	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	1,1	0,0	21,1	0,0	-	0,8	1,3	0,0
31	-	0,2	-	0,0	0,0	-	2,5	-	1,3	0,0	-	0,0	-	0,2
Totaal	40,8	41,7	43,8	37,8	91,0	37,0	112,5	94,8	142,2	36,6	37,9	89,5	34,3	119,0

Opstand 6

Dag	Maand													
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei
1	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,8	0,0	9,5	0,1	17,6	0,0	20,7	0,0	0,0
2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,9	2,2	0,0	11,0	0,0	0,2
3	0,6	2,1	12,7	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1
4	0,3	0,0	4,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	1,2	2,2	10,3	0,0	0,0	0,0	0,9	5,2	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,9	16,6	12,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	2,3	0,0	0,0	0,0
7	0,0	1,6	2,1	5,5	0,0	0,1	0,8	0,0	1,2	0,1	1,4	0,0	0,4	0,0
8	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	4,6	0,0	0,7	2,3	0,0	0,5	0,0
9	0,0	11,9	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0
10	0,0	1,2	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	1,2	0,3
11	0,0	0,0	0,6	0,0	2,9	0,0	0,2	1,7	0,0	0,0	2,3	0,0	7,3	8,2
12	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	0,5	0,0	0,3	8,3
13	1,1	3,1	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	1,3	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2
14	3,7	0,2	0,0	0,0	0,0	10,2	1,4	0,0	0,8	0,0	0,2	0,0	0,0	7,0
15	3,6	2,7	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	12,0	0,0	0,9	2,7	0,0	0,5
16	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	4,2	0,0	2,8
17	0,5	0,1	2,5	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	18,0	0,0	0,1
18	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	8,9	9,3	0,0	2,2	0,8	0,0	0,0
19	1,6	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	7,9	19,8	6,5	0,0	0,0	0,5	0,7	0,8
20	3,9	1,5	0,0	0,0	7,4	0,0	17,1	2,2	4,9	0,0	0,0	7,5	2,0	4,5
21	14,2	0,0	0,0	0,1	1,9	0,0	23,4	4,7	5,7	0,9	0,2	4,7	0,0	0,8
22	0,0	0,0	0,0	1,0	4,7	0,0	10,9	1,1	0,1	0,7	0,0	1,7	0,0	6,0
23	0,0	3,2	0,5	6,7	0,0	0,0	7,4	1,0	0,2	1,3	0,0	8,6	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	4,3	0,7	0,0	1,1	1,5	0,3	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0
25	8,4	0,0	0,0	3,4	5,1	0,0	4,5	0,0	13,4	2,4	0,0	2,5	0,0	0,0
26	3,5	0,0	0,0	0,3	1,4	0,0	0,1	1,0	2,7	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	2,7	0,6	6,5	1,9	0,0	0,0
28	0,0	3,1	0,0	0,0	1,2	0,0	10,1	0,0	3,1	0,2	0,5	2,3	0,0	17,5
29	1,1	1,7	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,1	22,4	0,0	-	0,7	0,0	2,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	2,0	0,0	19,7	0,0	-	0,0	0,3	2,7
31	-	0,5	-	0,0	0,2	-	0,4	-	3,0	0,0	-	0,0	-	0,0
Totaal	49,9	55,9	39,3	44,2	41,4	31,3	96,3	58,3	122,0	48,1	26,9	89,6	12,7	68,0

Opstand 7 en 8

Dag	Maand													
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei
1	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	6,6	0,7	17,3	0,0	19,3	0,0	0,3
2	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	1,6	0,0	10,3	0,0	0,3
3	0,9	4,3	10,8	0,0	0,0	2,9	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2
4	0,1	0,0	3,6	1,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	0,1	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	2,3	9,3	0,0	0,0	0,0	1,1	6,2	7,3	0,2	0,0	0,0	0,0
6	0,9	25,0	10,1	1,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	1,5	2,0	0,0	0,0	0,0
7	2,4	1,9	2,3	0,7	0,0	0,0	0,6	0,0	1,0	0,8	1,1	0,0	0,2	0,0
8	0,1	1,3	2,0	2,1	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,9	2,7	0,0	0,9	0,0
9	0,0	7,9	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	2,0	0,0	0,3	0,0
10	0,0	1,6	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0
11	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	2,6	1,2	0,0	0,0	3,4	0,0	9,5	4,7
12	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,7	0,3	0,0	0,7	5,4
13	1,3	1,9	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	1,9	2,2	0,1	0,0	0,0	0,1	9,2
14	3,6	0,1	0,0	0,0	0,0	3,7	0,6	0,1	1,0	0,0	0,6	0,0	0,0	7,3
15	5,6	2,5	0,0	0,0	0,0	12,7	0,1	0,0	14,1	0,0	4,9	2,8	0,0	0,8
16	1,8	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,0	0,4	3,5	0,0	1,6
17	0,0	0,4	1,9	3,6	0,0	0,0	0,0	0,4	3,7	0,0	0,0	14,2	0,0	0,5
18	1,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	4,5	7,2	6,7	0,0	3,9	0,8	0,0	0,0
19	1,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	7,3	16,1	6,3	0,1	0,0	0,5	0,6	0,6
20	4,4	4,3	0,0	0,7	4,4	0,0	20,8	5,5	15,6	0,1	0,0	4,0	2,7	4,0
21	16,0	0,0	0,0	0,3	2,2	0,0	20,0	5,4	7,5	0,0	0,4	5,7	0,0	4,5
22	0,6	0,0	0,0	1,9	7,0	0,0	15,5	2,6	0,2	1,7	0,2	2,7	0,0	9,0
23	0,6	2,2	6,4	12,0	0,0	0,0	10,3	2,3	0,2	1,8	0,0	9,3	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,8	0,9	0,7	0,4	0,0	2,1	0,0	0,0
25	8,7	0,0	0,0	6,8	5,1	0,0	8,3	0,0	17,2	1,5	0,0	3,9	0,0	0,0
26	3,0	0,0	0,0	0,7	3,4	0,0	1,0	0,7	4,1	0,8	7,3	0,0	0,0	0,0
27	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	6,4	0,2	4,9	0,5	4,8	1,2	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	7,3	0,0	3,4	0,0	0,2	2,5	0,0	20,0
29	0,5	2,5	0,0	0,0	5,0	0,0	0,1	0,0	19,2	0,0	-	0,4	0,0	1,4
30	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,7	0,1	22,0	0,0	-	0,0	0,4	3,4
31	-	0,1	-	0,0	0,4	-	1,1	-	0,9	0,0	-	0,0	-	0,9
Totaal	56,9	59,5	43,9	46,6	50,2	29,1	108,0	56,5	139,3	49,3	34,5	83,2	17,0	78,1

Aanhangsel 2b

Gebruikte openwaterverdamping (in mm) op decade basis voor het hydrologisch jaar 1986-1987 voor de acht Douglasopstanden.

Dagnr.	Opstand 1 t/m 5	Opstand 6 t/m 8
10	16	18
20	20	19
30	25	25
40	35	34
50	38	38
61	43	42
71	31	30
81	50	51
91	56	55
101	42	43
111	34	36
122	36	35
132	39	36
142	29	29
153	25	25
163	19	19
173	16	18
183	13	14
193	11	11
203	11	9
214	8	8
224	4	5
234	4	3
244	1	2
254	1	1
264	1	2
275	0	1
285	1	1
295	1	1
306	0	0
316	3	3
326	4	4
334	5	5
344	11	11
354	12	13
365	17	16
375	20	20
385	18	16
395	42	40
405	29	28
415	24	23
426	38	39

Aanhangsel 3a

Gebruikte neerslaggegevens op dagbasis (in mm) voor een droog, normaal en nat hydrologisch jaar voor district Midden en Oost.

Het droge jaar 1975-1976.

District Midden

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	1,9	13,2	0,0	0,0
2	3,9	8,6	4,9	0,0	0,0	0,0	1,4	0,1	7,8	10,3	0,0	0,0
3	0,9	0,5	6,5	0,0	0,0	0,0	0,1	1,9	0,0	0,5	0,0	0,0
4	6,0	3,1	1,7	0,5	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8	0,0	1,9	18,6	0,0	0,0
6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	6,0	0,2	3,1	0,0	0,0
7	6,1	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,6	0,0	0,0	0,0
8	3,1	0,1	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
9	4,2	0,0	0,0	0,6	0,0	0,8	1,2	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0
10	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	4,0	3,1	0,0	0,1	7,2	3,9	0,0
11	0,0	0,0	0,0	1,3	1,2	10,4	0,2	0,1	0,0	6,1	5,7	0,0
12	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	0,0	0,0	1,4	0,1	4,3	1,0
13	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	7,6	2,8	0,0	2,2	2,1	3,1	6,0
14	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0
15	3,6	0,0	22,7	0,0	4,8	0,1	0,0	4,4	0,0	2,7	0,0	0,7
16	0,6	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	0,5	23,1	0,0	0,0	0,0	0,0
17	5,0	0,0	2,3	0,8	0,0	1,2	0,0	1,2	0,3	0,2	0,0	1,5
18	1,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	1,4	0,0	1,1
19	4,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	8,0	0,0	2,3	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	2,6	0,5	0,0	0,0	0,5	0,7	4,6	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,6	0,0	20,9	0,2	0,6	0,9	0,0	0,2	0,0	0,0
22	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,7	0,0	0,0
23	0,0	0,0	32,7	0,1	0,3	0,9	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0
24	0,0	0,0	1,0	10,8	5,1	0,4	0,0	0,0	4,1	3,5	0,1	1,3
25	0,2	0,0	0,0	1,5	0,0	7,4	0,0	1,8	4,6	2,7	0,0	9,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	7,8	0,0	4,3	0,0	8,5
27	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	12,2	0,0	1,2	0,0	1,0
28	1,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0
29	5,8	0,0	4,1	0,0	0,0	0,1	0,0	1,0	0,0	0,0	5,4	1,3
30	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0
31	-	0,0	-	0,0	0,0	-	0,1	-	7,9	0,0	-	0,0
Totaal	61,4	34,3	85,5	24,8	41,6	65,0	12,7	97,2	34,2	100,3	22,5	31,4

Het droge jaar 1975-1976.

District Oost

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,8	12,4	0,0	0,0
2	3,7	8,1	4,6	0,0	0,0	0,0	1,3	0,1	7,3	9,7	0,0	0,0
3	0,8	0,5	6,1	0,0	0,0	0,0	0,1	1,8	0,0	0,5	0,0	0,0
4	5,6	2,9	1,6	0,5	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
5	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8	0,0	1,8	17,5	0,0	0,0
6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	5,6	0,2	2,9	0,0	0,0
7	5,7	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,6	0,0	0,0	0,0
8	2,9	0,1	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
9	3,9	0,0	0,0	0,6	0,0	0,8	1,1	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0
10	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	3,8	2,9	0,0	0,1	6,8	3,7	0,0
11	0,0	0,0	0,0	1,2	1,1	9,8	0,2	0,1	0,0	5,7	5,4	0,0
12	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	1,3	0,1	4,0	0,9
13	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	7,1	2,6	0,0	2,1	2,0	2,9	5,6
14	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0
15	3,4	0,0	21,3	0,0	4,5	0,1	0,0	4,1	0,0	2,5	0,0	0,7
16	0,6	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,5	21,7	0,0	0,0	0,0	0,0
17	4,7	0,0	2,2	0,8	0,0	1,1	0,0	1,1	0,3	0,2	0,0	1,4
18	0,9	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	1,3	0,0	1,0
19	3,8	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	7,5	0,0	2,2	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	2,4	0,5	0,0	0,0	0,5	0,7	4,3	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,6	0,0	19,6	0,2	0,6	0,8	0,0	0,2	0,0	0,0
22	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,7	0,0	0,0
23	0,0	0,0	30,7	0,1	0,3	0,8	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,9	10,2	4,8	0,4	0,0	0,0	3,9	3,3	0,1	1,2
25	0,2	0,0	0,0	1,4	0,0	7,0	0,0	1,7	4,3	2,5	0,0	8,5
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	7,3	0,0	4,0	0,0	8,0
27	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	11,5	0,0	1,1	0,0	0,9
28	0,9	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0
29	5,5	0,0	3,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0	5,1	1,2
30	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0
31	-	0,0	-	0,0	0,0	-	0,1	-	7,4	0,0	-	0,0
Totaal	57,7	32,2	80,4	23,3	39,1	61,1	11,9	91,4	32,1	94,3	21,2	29,5

Het normale jaar 1964-1965

District Midden

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	0,2	2,8	9,8	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
2	0,0	2,9	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,2	2,3	0,1	0,0
3	5,3	8,4	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,3	2,1	0,0
4	0,0	1,4	0,0	0,1	0,0	3,1	0,0	0,0	5,0	0,2	1,8	0,0
5	0,0	1,8	1,4	0,1	0,0	3,6	0,1	0,0	1,0	0,0	1,6	0,0
6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	32,1	0,1	0,0	1,1	1,6	1,2	0,0
7	0,0	1,1	13,3	0,0	1,8	0,0	16,2	0,0	0,0	7,2	0,4	0,0
8	0,0	2,4	0,3	7,2	11,3	1,5	2,7	0,3	0,4	20,2	0,4	0,4
9	0,0	0,0	0,0	1,6	2,5	0,0	5,4	0,0	4,8	9,1	0,0	0,0
10	0,0	0,3	0,0	2,5	0,1	0,0	13,5	0,0	9,3	5,7	1,6	0,0
11	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	5,1	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
12	7,4	0,0	0,0	2,6	9,7	0,0	1,2	3,7	12,8	0,1	0,8	0,0
13	1,4	1,8	0,0	0,2	2,5	0,0	0,1	11,6	15,0	3,2	5,2	0,0
14	2,4	0,1	4,4	0,0	0,0	0,3	15,9	5,9	0,1	2,6	1,7	2,1
15	0,0	0,0	0,5	0,0	0,1	0,9	18,0	2,4	3,8	9,0	1,6	7,1
16	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	6,0	3,6	4,7	1,0	5,5	0,3	9,2
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,1	1,8	0,5	3,2	0,0	0,0
18	1,1	1,6	13,5	7,1	8,0	0,8	0,0	0,0	1,7	7,9	0,0	2,5
19	0,3	0,6	7,5	0,0	42,7	4,3	0,0	0,7	0,2	5,1	0,0	0,0
20	3,1	1,3	3,5	0,0	1,5	2,1	2,5	0,0	0,2	0,0	0,0	8,6
21	0,8	0,4	3,9	14,0	0,0	1,3	5,8	0,7	0,0	0,0	0,0	5,2
22	0,1	0,0	12,0	3,4	0,0	0,0	31,3	0,9	0,0	4,1	0,1	0,0
23	10,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	5,7	0,7	0,0	0,0	0,1	12,5
24	4,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	3,9	1,8	0,0	6,4	0,0	3,8
25	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,2	0,7	0,1	2,5
26	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	5,2	0,1	0,0	0,1	0,4	0,3	6,1
27	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	5,3	0,0	0,9	1,1	0,2
28	12,5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	1,8	0,3	0,1	0,0	0,0
29	0,9	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	9,3	0,2	0,0	-	0,1
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,1	3,9	5,3	0,0	-	0,1
31	-	13,1	-	1,5	0,0	-	0,0	-	15,2	0,0	-	0,0
Totaal	50,8	47,6	87,5	45,3	84,3	66,4	131,7	58,5	96,2	95,9	21,1	60,4

Het normale jaar 1964-1965.

District Oost

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	0,2	2,6	9,2	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
2	0,0	2,7	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,2	2,2	0,1	0,0
3	5,0	7,9	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,3	2,0	0,0
4	0,0	1,3	0,0	0,1	0,0	2,9	0,0	0,0	4,7	0,2	1,7	0,0
5	0,0	1,7	1,3	0,1	0,0	3,4	0,1	0,0	0,9	0,0	1,5	0,0
6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	30,2	0,1	0,0	1,0	1,5	1,1	0,0
7	0,0	1,0	12,5	0,0	1,7	0,0	15,2	0,0	0,0	6,8	0,4	0,0
8	0,0	2,3	0,3	6,8	10,6	1,4	2,5	0,3	0,4	19,0	0,4	0,4
9	0,0	0,0	0,0	1,5	2,4	0,0	5,1	0,0	4,5	8,6	0,0	0,0
10	0,0	0,3	0,0	2,4	0,1	0,0	12,7	0,0	8,7	5,4	1,5	0,0
11	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
12	7,0	0,0	0,0	2,4	9,1	0,0	1,1	3,5	12,0	0,1	0,8	0,0
13	1,3	1,7	0,0	0,2	2,4	0,0	0,1	10,9	14,1	3,0	4,9	0,0
14	2,3	0,1	4,1	0,0	0,0	0,3	14,9	5,5	0,1	2,4	1,6	2,0
15	0,0	0,0	0,5	0,0	0,1	0,8	16,9	2,3	3,6	8,5	1,5	6,7
16	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	5,6	3,4	4,4	0,9	5,2	0,3	8,6
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,1	1,7	0,5	3,0	0,0	0,0
18	1,0	1,5	12,7	6,7	7,5	0,8	0,0	0,0	1,6	7,4	0,0	2,4
19	0,3	0,6	7,1	0,0	40,1	4,0	0,0	0,7	0,2	4,8	0,0	0,0
20	2,9	1,2	3,3	0,0	1,4	2,0	2,4	0,0	0,2	0,0	0,0	8,1
21	0,8	0,4	3,7	13,2	0,0	1,2	5,5	0,7	0,0	0,0	0,0	4,9
22	0,1	0,0	11,3	3,2	0,0	0,0	29,4	0,8	0,0	3,9	0,1	0,0
23	9,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	5,4	0,7	0,0	0,0	0,1	11,8
24	4,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	3,7	1,7	0,0	6,0	0,0	3,6
25	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,9	0,7	0,1	2,4
26	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	4,9	0,1	0,0	0,1	0,4	0,3	5,7
27	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	5,0	0,0	0,8	1,0	0,2
28	11,8	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	1,7	0,3	0,1	0,0	0,0
29	0,8	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	8,7	0,2	0,0	-	0,1
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,1	3,7	5,0	0,0	-	0,1
31	-	12,3	-	1,4	0,0	-	0,0	-	14,3	0,0	-	0,0
Totaal	47,8	44,7	82,3	42,6	79,2	62,4	123,8	55,0	90,4	90,1	19,8	56,8

Het natte jaar 1965-1966.

District Midden

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,7	6,7	5,5	11,6	0,0	0,0
2	0,0	6,6	0,0	0,0	3,1	5,1	0,1	8,8	5,4	11,4	0,4	3,6
3	0,0	10,7	0,7	0,5	12,8	31,2	0,1	1,6	2,5	6,0	0,0	5,3
4	0,1	14,3	0,0	1,4	0,0	6,9	0,1	0,1	0,6	0,1	5,6	0,0
5	0,0	3,0	0,0	1,1	0,0	0,8	0,2	0,0	18,3	0,0	2,3	0,1
6	2,8	1,3	2,0	2,4	1,0	5,2	0,3	0,1	1,1	0,0	19,6	0,1
7	1,1	8,1	0,1	3,0	0,0	0,2	0,2	0,0	5,4	0,0	2,0	0,0
8	2,2	12,4	3,4	29,9	9,6	7,5	0,1	0,2	2,8	0,0	15,5	0,0
9	0,0	21,4	0,3	0,6	0,0	2,0	0,0	0,1	28,9	0,0	3,6	2,0
10	2,7	0,0	0,1	2,5	0,0	0,1	0,0	0,3	10,2	0,0	5,0	7,4
11	1,2	0,0	0,0	9,6	0,0	0,6	0,0	0,4	0,6	0,0	4,4	1,8
12	13,0	0,0	5,7	14,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	12,3	5,9
13	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	14,8	1,0	0,1	2,5
14	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1
15	14,0	0,0	12,6	0,0	2,8	0,1	7,4	0,1	0,0	1,3	0,0	0,2
16	2,0	0,3	25,4	16,8	0,1	0,1	0,4	0,0	0,2	0,9	0,0	0,1
17	27,1	1,6	27,7	0,0	0,1	0,0	0,1	8,1	12,8	0,6	0,0	0,0
18	2,3	1,1	6,8	0,0	0,0	3,3	0,0	1,0	26,9	0,0	0,0	5,2
19	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,3	16,8	0,0	3,4	0,0
20	1,9	1,8	0,0	4,9	3,9	0,1	0,0	6,1	0,1	0,4	1,7	0,0
21	1,4	0,0	0,4	2,6	0,7	0,1	0,0	0,7	4,8	5,4	3,5	0,1
22	0,0	0,0	5,3	7,2	12,7	0,1	0,0	0,0	1,0	0,3	0,8	0,1
23	0,5	0,1	0,3	1,6	24,5	0,2	0,1	3,4	9,5	0,0	1,0	2,9
24	0,5	0,8	0,5	12,4	3,4	0,1	0,1	10,1	8,5	0,0	0,8	5,5
25	6,7	6,9	0,0	0,3	15,3	0,0	0,0	3,5	0,8	0,0	9,6	2,6
26	2,3	1,0	0,0	8,1	3,6	0,7	0,2	4,1	0,2	0,0	1,2	0,5
27	1,2	12,2	0,0	7,5	2,3	0,1	0,0	10,2	0,1	3,1	0,0	8,4
28	10,9	0,2	0,1	4,8	0,1	0,2	1,0	5,1	1,7	4,2	0,7	5,3
29	10,0	0,0	0,0	8,9	14,2	2,3	0,0	20,5	1,3	0,3	-	7,3
30	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	5,5	2,9	23,8	3,5	1,8	-	9,1
31	-	5,1	-	0,0	13,5	-	5,9	-	5,5	5,3	-	2,7
Totaal	107,8	108,9	91,7	142,8	123,8	73,0	20,1	117,3	190,3	53,7	94,0	78,8

Het natte jaar 1965-1966.

District Oost

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	0.7	6.7	5.5	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.2	0.7	6.3	5.2
2	0.1	8.8	5.4	0.0	6.2	0.0	0.0	2.9	4.8	0.1	8.3	5.1
3	0.1	1.6	2.5	0.0	10.1	0.7	0.5	12.0	29.3	0.1	1.5	2.4
4	0.1	0.1	0.6	0.1	13.4	0.0	1.3	0.0	6.5	0.1	0.1	0.6
5	0.2	0.0	18.3	0.0	2.8	0.0	1.0	0.0	0.8	0.2	0.0	17.2
6	0.3	0.1	1.1	2.6	1.2	1.9	2.3	0.9	4.9	0.3	0.1	1.0
7	0.2	0.0	5.4	1.0	7.6	0.1	2.8	0.0	0.2	0.2	0.0	5.1
8	0.1	0.2	2.8	2.1	11.7	3.2	28.1	9.0	7.1	0.1	0.2	2.6
9	0.0	0.1	28.9	0.0	20.1	0.3	0.6	0.0	1.9	0.0	0.1	27.2
10	0.0	0.3	10.2	2.5	0.0	0.1	2.4	0.0	0.1	0.0	0.3	9.6
11	0.0	0.4	0.6	1.1	0.0	0.0	9.0	0.0	0.6	0.0	0.4	0.6
12	0.0	0.0	0.5	12.2	0.0	5.4	13.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5
13	0.0	0.0	14.8	0.6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	13.9
14	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
15	7.4	0.1	0.0	13.2	0.0	11.8	0.0	2.6	0.1	7.0	0.1	0.0
16	0.4	0.0	0.2	1.9	0.3	23.9	15.8	0.1	0.1	0.4	0.0	0.2
17	0.1	8.1	12.8	25.5	1.5	26.0	0.0	0.1	0.0	0.1	7.6	12.0
18	0.0	1.0	26.9	2.2	1.0	6.4	0.0	0.0	3.1	0.0	0.9	25.3
19	0.1	2.3	16.8	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.2	15.8
20	0.0	6.1	0.1	1.8	1.7	0.0	4.6	3.7	0.1	0.0	5.7	0.1
21	0.0	0.7	4.8	1.3	0.0	0.4	2.4	0.7	0.1	0.0	0.7	4.5
22	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	5.0	6.8	11.9	0.1	0.0	0.0	0.9
23	0.1	3.4	9.5	0.5	0.1	0.3	1.5	23.0	0.2	0.1	3.2	8.9
24	0.1	10.1	8.5	0.5	0.8	0.5	11.7	3.2	0.1	0.1	9.5	8.0
25	0.0	3.5	0.8	6.3	6.5	0.0	0.3	14.4	0.0	0.0	3.3	0.8
26	0.2	4.1	0.2	2.2	0.9	0.0	7.6	3.4	0.7	0.2	3.9	0.2
27	0.0	10.2	0.1	1.1	11.5	0.0	7.1	2.2	0.1	0.0	9.6	0.1
28	1.0	5.1	1.7	10.2	0.2	0.1	4.5	0.1	0.2	0.9	4.8	1.6
29	0.0	20.5	1.3	9.4	0.0	0.0	8.4	13.3	2.2	0.0	19.3	1.2
30	2.9	23.8	3.5	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	5.2	2.7	22.4	3.3
31	5.9	0.0	5.5	0.0	4.8	0.0	0.0	12.7	0.0	5.5	0.0	5.2
Totaal	20.1	117.3	190.3	101.3	102.4	86.2	134.3	116.4	68.6	18.9	110.3	178.9

Aanhangsel 3b

Gebruikte openwaterverdamping op decade-basis
(in mm) voor een droog, normaal en nat hydrologisch
jaar voor district Midden en Oost.

Dagnr.	Droog	Normaal	Nat
10	17	24	20
20	18	24	20
30	26	25	19
40	31	40	33
50	32	40	33
61	40	41	33
71	44	43	37
81	45	44	38
91	41	44	38
101	47	41	29
111	37	41	30
122	44	41	30
132	60	33	30
142	36	33	29
153	35	33	29
163	23	23	18
173	21	23	18
183	22	23	18
193	12	8	9
203	8	8	10
214	5	8	10
224	2	3	3
234	1	3	3
244	1	2	4
254	1	1	1
264	0	2	1
275	1	2	2
285	3	2	2
295	3	2	2
306	3	3	1
316	4	5	6
326	5	5	6
334	5	5	5
344	12	13	12
354	13	13	12
365	19	13	11
Totaal	717	714	602

Aanhangsel 4

Gebruikte grondwaterstandsverlopen (in cm - mv) voor een droog, normaal en nat hydrologisch jaar voor de Douglasopstanden 3, 5, 7 en 8.

Het droge jaar 1975-1976.

Opstand 5

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	89	110	153	119	185	198	200	211	172	126	85	122
2	90	111	153	119	185	198	201	210	172	124	88	122
3	91	113	154	120	185	198	201	210	172	122	90	122
4	92	114	154	120	186	198	202	209	172	120	92	122
5	93	115	154	120	186	198	203	208	172	118	94	122
6	95	116	155	120	186	198	203	207	173	116	97	121
7	96	117	155	120	187	198	204	206	173	114	99	121
8	97	118	156	120	187	198	204	205	173	112	101	121
9	98	119	156	120	187	198	205	204	173	110	103	121
10	99	121	156	121	188	198	206	204	173	108	105	121
11	100	122	157	121	188	198	206	203	173	106	108	120
12	101	123	157	121	188	198	207	202	173	104	110	120
13	102	124	158	121	189	198	207	201	173	102	112	120
14	103	125	158	121	189	198	208	200	173	100	113	120
15	103	127	155	125	190	198	208	198	170	99	114	120
16	104	129	153	129	190	198	209	196	167	98	114	120
17	104	130	150	134	191	198	209	194	164	96	115	120
18	104	132	148	138	191	198	209	193	162	95	116	120
19	105	134	145	142	192	198	210	191	159	94	117	120
20	105	136	142	146	193	198	210	189	156	92	118	120
21	105	138	140	150	193	199	210	187	153	91	118	120
22	106	139	137	155	194	199	211	185	150	90	119	120
23	106	141	135	159	194	199	211	183	147	89	120	120
24	106	143	132	163	195	199	211	181	144	87	121	120
25	107	145	129	167	196	199	212	180	142	86	121	120
26	107	147	127	171	196	199	212	178	139	85	122	120
27	107	148	124	176	197	199	212	176	136	84	123	120
28	108	150	122	180	197	199	213	174	133	82	123	120
29	108	138	119	182	198	199	280	172	130	82	123	120
30	109	152	119	184	198	200	213	172	130	81	-	120
31	-	152	-	184	198	-	212	-	128	83	-	120

Het droge jaar 1975-1976.

Opstand 7

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	173	162	160	186	231	267	289	301	306	291	228	211
2	173	161	160	188	232	268	289	301	305	288	228	210
3	172	161	161	190	234	269	289	301	305	286	227	209
4	172	161	162	191	235	270	290	301	305	283	227	208
5	171	160	163	193	236	271	290	302	304	281	226	207
6	171	160	164	195	238	272	290	302	304	278	226	206
7	170	160	164	196	239	273	291	302	304	276	226	204
8	170	160	165	198	241	273	291	302	304	273	225	203
9	169	159	166	200	242	274	291	303	303	271	225	202
10	169	159	167	201	243	275	292	303	303	268	224	201
11	168	159	168	203	245	276	292	303	303	266	224	200
12	168	159	168	205	246	277	292	304	303	263	223	199
13	168	158	169	206	248	278	293	304	302	261	223	198
14	167	158	170	208	249	279	293	304	302	258	222	197
15	167	158	171	209	250	280	294	304	302	256	222	196
16	166	158	172	211	251	280	294	304	301	254	221	196
17	166	158	173	212	252	281	294	304	301	252	220	195
18	166	158	174	213	253	281	295	305	300	250	220	194
19	165	158	174	215	254	282	295	305	300	248	219	193
20	165	158	175	216	255	283	296	305	300	246	219	192
21	165	158	176	217	257	283	296	305	299	245	218	192
22	164	158	177	219	258	284	297	305	299	243	217	191
23	164	158	178	220	259	284	297	305	298	241	217	190
24	164	158	179	221	260	285	298	305	298	239	216	189
25	163	158	180	223	261	286	298	306	298	237	215	188
26	163	158	180	224	262	286	299	306	297	235	215	188
27	163	158	181	225	263	287	299	306	297	233	214	187
28	162	158	182	227	264	287	300	306	296	231	213	186
29	162	158	183	227	265	288	300	306	296	230	212	181
30	162	158	185	228	265	288	300	306	296	229	-	181
31	-	159	-	229	266	-	300	-	294	229	-	181

Het droge jaar 1975-1976.

Opstand 8

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	139	125	159	198	231	264	281	285	266	233	180	175
2	139	125	160	199	230	264	281	284	265	228	181	174
3	138	125	161	201	229	265	281	283	265	224	182	173
4	138	124	162	203	228	266	282	283	264	219	183	172
5	138	124	163	204	228	266	282	282	264	215	183	171
6	137	124	165	206	227	267	282	281	263	210	184	169
7	137	124	166	208	226	268	283	281	263	206	185	168
8	136	124	167	210	225	269	283	280	262	201	185	167
9	136	124	168	211	225	269	283	279	262	197	186	166
10	136	124	169	213	224	270	284	279	261	192	187	165
11	135	123	170	215	223	271	284	278	261	188	188	163
12	135	123	171	217	223	272	284	277	260	183	188	162
13	134	123	172	218	222	272	285	277	260	179	189	161
14	134	123	173	220	221	273	285	276	259	174	188	159
15	133	125	174	221	224	274	285	275	258	174	188	157
16	133	128	176	222	227	274	285	275	257	175	187	155
17	132	130	177	222	229	274	285	274	256	175	186	153
18	132	132	179	223	232	275	285	274	255	175	185	151
19	131	134	180	224	235	275	285	273	253	176	185	149
20	130	137	181	225	237	276	285	272	252	176	184	147
21	130	139	183	226	240	276	286	272	251	176	183	145
22	129	141	184	226	243	277	286	271	250	177	183	143
23	129	143	186	227	246	277	286	271	249	177	182	141
24	128	146	187	228	248	278	286	270	248	177	181	139
25	127	148	188	229	251	278	286	269	247	178	180	138
26	127	150	190	230	254	279	286	269	245	178	180	137
27	126	153	191	230	257	279	286	268	244	178	179	136
28	126	155	193	231	259	280	286	268	243	179	178	135
29	125	156	194	232	261	280	286	267	243	179	177	134
30	125	157	196	232	262	280	286	267	242	179	-	134
31	-	158	-	231	263	-	285	-	238	180	-	134

Het normale jaar 1964-1965.

Opstand 3

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	413	416	418	424	431	438	449	456	456	449	419	420
2	412	416	419	424	431	438	449	456	456	447	419	420
3	412	416	419	425	431	439	449	456	456	446	419	420
4	412	416	419	425	431	439	449	456	455	444	419	420
5	411	416	419	425	432	440	450	456	455	443	419	420
6	411	417	419	425	432	440	450	456	455	441	419	421
7	411	417	420	425	432	441	450	456	454	440	419	421
8	411	417	420	425	432	441	450	456	454	438	419	421
9	410	417	420	425	433	442	451	456	454	437	419	421
10	410	417	420	426	433	442	451	456	453	435	419	421
11	410	417	420	426	433	443	451	456	453	434	419	421
12	410	417	421	426	434	443	452	456	453	432	419	421
13	409	417	421	426	434	444	452	456	452	431	419	421
14	409	417	421	426	434	444	452	456	452	429	419	421
15	410	417	421	426	434	444	452	456	452	428	419	421
16	410	417	421	427	434	445	453	456	452	428	419	421
17	410	417	422	427	435	445	453	456	452	427	419	420
18	411	417	422	427	435	445	453	456	452	426	419	420
19	411	417	422	427	435	445	453	456	452	426	419	420
20	412	417	422	428	435	446	454	456	452	425	420	419
21	412	418	422	428	435	446	454	457	452	424	420	419
22	413	418	423	428	436	446	454	457	452	424	420	419
23	413	418	423	428	436	446	454	457	452	423	420	419
24	414	418	423	429	436	447	455	457	452	422	420	418
25	414	418	423	429	436	447	455	457	452	422	420	418
26	415	418	423	429	436	447	455	457	452	421	420	418
27	415	418	424	430	437	448	456	457	452	420	420	417
28	416	418	424	430	437	448	456	457	452	420	420	417
29	416	418	424	430	437	448	456	457	452	419	-	417
30	416	418	424	430	437	448	456	457	452	419	-	417
31	-	418	-	430	438	-	456	-	451	419	-	417

Het normale jaar 1964-1965.

Opstand 5

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	90	100	110	120	130	141	150	141	131	121	110	101
2	90	100	110	120	131	141	150	140	131	120	110	101
3	90	100	111	121	131	141	150	140	130	120	110	100
4	91	101	111	121	131	142	149	140	130	120	109	100
5	91	101	111	121	132	142	149	140	130	119	109	100
6	91	101	112	122	132	142	149	139	129	119	109	99
7	92	102	112	122	132	143	148	139	129	119	108	99
8	92	102	112	122	133	143	148	139	129	118	108	99
9	92	102	113	123	133	143	148	138	128	118	108	98
10	93	103	113	123	133	144	147	138	128	118	107	98
11	93	103	113	123	134	144	147	138	128	117	107	98
12	93	103	114	124	134	144	147	137	127	117	107	97
13	94	104	114	124	134	145	146	137	127	117	106	97
14	94	104	114	124	135	145	146	137	127	116	106	97
15	94	104	115	125	135	145	146	136	126	116	106	96
16	95	105	115	125	135	146	145	136	126	116	105	96
17	95	105	115	125	136	146	145	136	126	115	105	96
18	95	105	116	126	136	146	145	135	125	115	105	95
19	96	106	116	126	136	147	144	135	125	115	104	95
20	96	106	116	126	137	147	144	135	125	114	104	95
21	96	106	117	127	137	147	144	134	124	114	104	94
22	97	107	117	127	137	148	143	134	124	114	103	94
23	97	107	117	127	138	148	143	134	124	113	103	94
24	97	107	118	128	138	148	143	133	123	113	103	93
25	98	108	118	128	138	149	142	133	123	113	102	93
26	98	108	118	128	139	149	142	133	123	112	102	93
27	98	108	119	129	139	149	142	132	122	112	102	92
28	99	109	119	129	139	150	142	132	122	112	101	92
29	99	109	119	129	140	150	141	132	122	111	-	92
30	99	109	120	130	140	150	141	131	121	111	-	91
31	-	110	-	130	140	-	141	-	121	111	-	91

Het normale jaar 1964-1965.

Opstand 7

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	153	142	140	166	211	247	269	281	286	271	208	192
2	153	141	140	168	212	248	269	281	285	268	208	191
3	152	141	141	170	214	249	269	281	285	266	207	190
4	152	141	142	171	215	250	270	281	285	263	207	189
5	151	140	143	173	216	251	270	282	284	261	206	188
6	151	140	144	175	218	252	270	282	284	258	206	187
7	150	140	144	176	219	253	271	282	284	256	206	186
8	150	140	145	178	221	253	271	282	284	253	205	184
9	149	139	146	180	222	254	271	283	283	251	205	183
10	149	139	147	181	223	255	272	283	283	248	204	182
11	148	139	148	183	225	256	272	283	283	246	204	181
12	148	139	148	185	226	257	272	284	283	243	203	180
13	148	138	149	186	228	258	273	284	282	241	203	179
14	147	138	150	188	229	259	273	284	282	238	202	178
15	147	138	151	189	230	260	274	284	282	236	202	177
16	146	138	152	191	231	260	274	284	281	234	201	176
17	146	138	153	192	232	261	274	284	281	232	200	176
18	146	138	154	193	233	261	275	285	280	230	200	175
19	145	138	154	195	234	262	275	285	280	228	199	174
20	145	138	155	196	235	263	276	285	280	226	199	173
21	145	138	156	197	237	263	276	285	279	225	198	172
22	144	138	157	199	238	264	277	285	279	223	197	172
23	144	138	158	200	239	264	277	285	278	221	197	171
24	144	138	159	201	240	265	278	285	278	219	196	170
25	143	138	160	203	241	266	278	286	278	217	195	169
26	143	138	160	204	242	266	279	286	277	215	195	168
27	143	138	161	205	243	267	279	286	277	213	194	168
28	142	138	162	207	244	267	280	286	276	211	193	167
29	142	138	163	207	245	268	280	286	276	210	-	166
30	142	138	165	208	245	268	280	286	276	209	-	161
31	-	139	-	209	246	-	280	-	274	209	-	161

Het normale jaar 1964-1965.

Opstand 8

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	119	105	139	178	211	244	261	265	246	213	160	157
2	119	105	140	179	210	244	261	264	245	208	161	155
3	118	105	141	181	209	245	261	263	245	204	162	154
4	118	104	142	183	208	246	262	263	244	199	163	153
5	118	104	143	184	208	246	262	262	244	195	163	152
6	117	104	145	186	207	247	262	261	243	190	164	151
7	117	104	146	188	206	248	263	261	243	186	165	149
8	116	104	147	190	205	249	263	260	242	181	165	148
9	116	104	148	191	205	249	263	259	242	177	166	147
10	116	104	149	193	204	250	264	259	241	172	167	146
11	115	103	150	195	203	251	264	258	241	168	168	145
12	115	103	151	197	203	252	264	257	240	163	168	143
13	114	103	152	198	202	252	265	257	240	159	169	142
14	114	103	153	200	201	253	265	256	239	154	168	141
15	113	105	154	201	204	254	265	255	238	154	168	139
16	113	108	156	202	207	254	265	255	237	155	167	137
17	112	110	157	202	209	254	265	254	236	155	166	135
18	112	112	159	203	212	255	265	254	235	155	165	133
19	111	114	160	204	215	255	265	253	233	156	165	131
20	110	117	161	205	217	256	265	252	232	156	164	129
21	110	119	163	206	220	256	266	252	231	156	163	127
22	109	121	164	206	223	257	266	251	230	157	163	125
23	109	123	166	207	226	257	266	251	229	157	162	123
24	108	126	167	208	228	258	266	250	228	157	161	121
25	107	128	168	209	231	258	266	249	227	158	160	119
26	107	130	170	210	234	259	266	249	225	158	160	118
27	106	133	171	210	237	259	266	248	224	158	159	117
28	106	135	173	211	239	260	266	248	223	159	158	116
29	105	136	174	212	241	260	266	247	223	159	-	115
30	105	137	176	212	242	260	266	247	222	159	-	114
31	-	138	-	211	243	-	265	-	218	160	-	114

Het natte jaar 1965-1966.

Opstand 5

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	94	79	109	91	96	106	146	150	39	80	52	14
2	91	81	107	89	97	108	146	147	38	79	53	17
3	89	83	106	88	98	109	147	144	38	79	54	21
4	86	84	104	86	99	111	147	140	37	78	55	24
5	84	86	102	84	101	112	148	137	36	77	55	27
6	81	88	101	83	102	114	148	134	35	76	56	31
7	79	90	99	81	103	115	149	130	34	75	57	34
8	76	92	98	80	104	117	149	127	33	74	57	38
9	74	94	96	78	106	118	150	124	32	73	58	41
10	71	96	94	76	107	120	150	120	32	73	59	44
11	69	97	93	75	108	121	151	117	31	72	60	48
12	66	99	91	73	110	123	151	114	30	71	60	51
13	64	101	90	72	111	125	152	110	29	70	61	55
14	61	103	88	70	112	126	152	107	28	69	57	58
15	62	104	88	72	111	127	152	103	32	68	53	58
16	63	104	89	73	111	129	153	98	35	67	49	58
17	64	105	89	75	110	130	153	94	39	65	46	58
18	65	105	90	76	110	131	153	89	42	64	42	58
19	66	106	90	78	109	132	154	85	46	63	38	58
20	67	107	90	79	108	134	154	81	50	62	34	58
21	68	107	91	81	108	135	154	76	53	61	30	58
22	69	108	91	82	107	136	155	72	57	59	26	58
23	69	108	92	84	107	137	155	67	60	58	22	58
24	70	109	92	85	106	139	155	63	64	57	19	58
25	71	110	92	87	105	140	156	59	68	56	15	58
26	72	110	93	88	105	141	156	54	71	55	11	58
27	73	111	93	90	104	143	156	50	75	53	9	58
28	74	111	94	92	104	144	157	45	78	52	10	59
29	75	138	94	207	245	145	280	41	76	52	-	59
30	77	112	92	93	103	146	157	40	82	51	-	60
31	-	110	-	94	105	-	154	-	81	52	-	60

Het natte jaar 1965-1966.

Opstand 7

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	133	122	120	146	191	227	249	261	266	251	188	172
2	133	121	120	148	192	228	249	261	265	248	188	171
3	132	121	121	150	194	229	249	261	265	246	187	170
4	132	121	122	151	195	230	250	261	265	243	187	169
5	131	120	123	153	196	231	250	262	264	241	186	168
6	131	120	124	155	198	232	250	262	264	238	186	167
7	130	120	124	156	199	233	251	262	264	236	186	166
8	130	120	125	158	201	233	251	262	264	233	185	164
9	129	119	126	160	202	234	251	263	263	231	185	163
10	129	119	127	161	203	235	252	263	263	228	184	162
11	128	119	128	163	205	236	252	263	263	226	184	161
12	128	119	128	165	206	237	252	264	263	223	183	160
13	128	118	129	166	208	238	253	264	262	221	183	159
14	127	118	130	168	209	239	253	264	262	218	182	158
15	127	118	131	169	210	240	254	264	262	216	182	157
16	126	118	132	171	211	240	254	264	261	214	181	156
17	126	118	133	172	212	241	254	264	261	212	180	156
18	126	118	134	173	213	241	255	265	260	210	180	155
19	125	118	134	175	214	242	255	265	260	208	179	154
20	125	118	135	176	215	243	256	265	260	206	179	153
21	125	118	136	177	217	243	256	265	259	205	178	152
22	124	118	137	179	218	244	257	265	259	203	177	152
23	124	118	138	180	219	244	257	265	258	201	177	151
24	124	118	139	181	220	245	258	265	258	199	176	150
25	123	118	140	183	221	246	258	266	258	197	175	149
26	123	118	140	184	222	246	259	266	257	195	175	148
27	123	118	141	185	223	247	259	266	257	193	174	148
28	122	118	142	187	224	247	260	266	256	191	173	147
29	122	118	143	187	225	248	260	266	256	190	-	146
30	122	118	145	188	225	248	260	266	256	189	-	141
31	-	119	-	189	226	-	260	-	254	189	-	141

Het natte jaar 1965-1966.

Opstand 8

Dag	Maand											
	apr.	mei	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.
1	99	85	119	158	191	224	241	245	226	193	140	137
2	99	85	120	159	190	224	241	244	225	188	141	135
3	98	85	121	161	189	225	241	243	225	184	142	134
4	98	84	122	163	188	226	242	243	224	179	143	133
5	98	84	123	164	188	226	242	242	224	175	143	132
6	97	84	125	166	187	227	242	241	223	170	144	131
7	97	84	126	168	186	228	243	241	223	166	145	129
8	96	84	127	170	185	229	243	240	222	161	145	128
9	96	84	128	171	185	229	243	239	222	157	146	127
10	96	84	129	173	184	230	244	239	221	152	147	126
11	95	83	130	175	183	231	244	238	221	148	148	125
12	95	83	131	177	183	232	244	237	220	143	148	123
13	94	83	132	178	182	232	245	237	220	139	149	122
14	94	83	133	180	181	233	245	236	219	134	148	121
15	93	85	134	181	184	234	245	235	218	134	148	119
16	93	88	136	182	187	234	245	235	217	135	147	117
17	92	90	137	182	189	234	245	234	216	135	146	115
18	92	92	139	183	192	235	245	234	215	135	145	113
19	91	94	140	184	195	235	245	233	213	136	145	111
20	90	97	141	185	197	236	245	232	212	136	144	109
21	90	99	143	186	200	236	246	232	211	136	143	107
22	89	101	144	186	203	237	246	231	210	137	143	105
23	89	103	146	187	206	237	246	231	209	137	142	103
24	88	106	147	188	208	238	246	230	208	137	141	101
25	87	108	148	189	211	238	246	229	207	138	140	99
26	87	110	150	190	214	239	246	229	205	138	140	98
27	86	113	151	190	217	239	246	228	204	138	139	97
28	86	115	153	191	219	240	246	228	203	139	138	96
29	85	116	154	192	221	240	246	227	203	139	-	95
30	85	117	156	192	222	240	246	227	202	139	-	94
31	-	118	-	191	223	-	245	-	198	140	-	94

Aanhangsel 5

Gemeten en gesimuleerde vochtgehalten voor en na calibratie voor de acht Douglasopstanden.

Opstand	Bodem- eenheid	Datum bemonstering	Laag	Gemeten	Standaard- afwijking	Gesimuleerd			
						voor	na		
1	Holtpod- zolgrond	9-6-1986	1	33,0	5,8	15,2	13,2		
			2	19,0	0,9	7,8	11,7		
			3	14,5	1,6	12,5	10,7		
			4	13,2	1,0	13,3	12,3		
		5-9-1986	1	19,4	3,1	18,0	17,0		
			2	11,7	1,4	6,1	11,5		
			3	9,4	1,8	3,1	10,7		
			4	7,9	1,9	3,0	10,0		
		8-12-1986	1	21,0	4,5	24,9	22,7		
			2	14,5	0,7	16,2	16,4		
			3	11,7	0,8	16,4	16,4		
			4	12,4	1,0	16,5	16,7		
		24-9-1987	1	14,4	5,1	18,7	17,3		
			2	11,8	1,0	12,0	13,1		
			3	9,1	1,2	13,8	14,1		
			4	9,7	2,4	14,7	14,9		
		2	Holtpod- zolgrond	11-6-1986	1	19,4	3,7	15,7	19,1
					2	15,9	2,6	11,7	12,5
					3	11,1	2,3	14,1	13,3
					4	6,7	2,7	6,8	7,3
24-9-1986	1			14,6	4,8	4,4	15,0		
	2			11,2	1,0	2,9	9,0		
	3			6,8	1,2	2,7	9,0		
	4			4,2	0,5	1,0	4,7		
10-12-1986	1			13,4	7,1	26,3	26,6		
	2			14,6	6,1	19,5	20,1		
	3			10,5	1,9	21,6	26,3		
	4			7,8	1,6	8,8	16,1		
4-5-1987	1			22,0	4,0	27,3	25,5		
	2			14,7	3,2	21,4	18,4		
	3			8,7	3,7	24,0	25,9		
	4			8,4	4,3	9,5	14,9		

Opstand	Bodem- eenheid	Datum bemonstering	Laag	Gemeten	Standaard- afwijking	Gesimuleerd			
						voor	na		
3	Haarpod- zolgrond	2-6-1986	1	24,8	5,2	4,5	10,0		
			2	21,0	4,4	13,6	10,4		
			3	9,9	2,5	9,8	8,1		
			4	5,8	1,0	12,3	5,1		
		10-9-1986	1	17,7	6,7	7,1	13,1		
			2	16,2	4,6	8,6	15,3		
			3	10,0	3,8	3,0	8,7		
			4	7,0	3,3	2,5	5,1		
		3-12-1986	1	17,7	5,1	24,6	21,0		
			2	19,8	4,0	25,1	20,6		
			3	11,2	3,5	16,5	12,1		
			4	9,1	1,4	16,5	9,3		
		21-4-1987	1	29,4	5,8	25,3	19,7		
			2	18,1	4,8	24,8	20,2		
			3	11,9	2,9	15,2	11,7		
			4	7,8	1,0	15,5	8,6		
		4	Haarpod- zolgrond	9-6-1986	1	16,2	9,3	14,5	17,7
					2	10,4	3,2	16,0	15,9
					3	11,2	4,8	18,9	13,8
					4	17,8	8,2	20,8	13,7
10-9-1986	1			14,9	4,4	6,7	15,8		
	2			12,3	3,0	7,5	13,0		
	3			10,8	4,9	5,5	13,6		
	4			10,7	6,2	4,5	13,6		
3-12-1986	1			15,5	2,6	23,6	19,7		
	2			15,5	3,5	23,8	22,8		
	3			19,9	9,5	23,2	24,4		
	4			15,2	5,5	21,4	25,9		
21-4-1987	1			18,7	3,9	23,3	19,2		
	2			13,7	4,5	24,2	20,7		
	3			16,7	7,0	24,6	22,5		
	4			19,7	5,2	25,0	23,9		

Opstand	Bodem- eenheid	Datum bemonstering	Laag	Gemeten	Standaard- afwijking	Gesimuleerd	
						voor	na
5	Veldpod- zolgrond	9-6-1986	1	19,6	2,4	15,8	13,9
			2	15,7	1,4	11,4	12,6
			3	13,3	1,3	15,7	16,4
			4	18,7	3,9	20,8	20,5
		22-9-1986	1	21,3	4,8	14,0	12,9
			2	14,0	3,5	8,9	9,7
			3	11,9	2,4	10,6	11,9
			4	15,4	5,0	12,7	13,8
		8-12-1986	1	12,6	3,5	20,1	20,3
			2	15,0	1,6	13,6	15,1
			3	10,1	4,1	15,2	15,8
			4	12,2	3,5	18,0	18,5
		4-5-1987	1	19,6	5,9	17,3	21,9
			2	14,7	4,9	13,1	18,7
			3	15,7	6,7	14,1	20,5
			4	14,3	2,3	14,9	23,4
6	Veldpod- zolgrond	26-5-1986	1	25,7	8,3	23,7	23,9
			2	23,3	3,2	27,3	27,0
			3	18,3	6,2	30,4	21,8
			4	22,7	11,4	22,4	27,8
		8-9-1986	1	17,3	6,6	4,1	14,2
			2	13,1	0,8	4,5	14,2
			3	12,5	3,1	4,8	12,2
			4	8,8	3,6	4,7	1,3
		1-12-1986	1	24,5	1,6	24,3	21,2
			2	20,1	1,7	25,0	33,8
			3	18,5	4,2	25,6	21,5
			4	13,8	5,1	10,1	13,2
		6-4-1987	1	31,5	7,4	26,7	28,3
			2	25,6	3,7	28,6	30,9
			3	20,0	6,2	31,2	23,2
			4	21,3	8,2	22,9	29,2

Opstand	Bodem- eenheid	Datum bemonstering	Laag	Gemeten	Standaard- afwijking	Gesimuleerd			
						voor	na		
7	Duinvaag- grond	25-5-1986	1	13,7	2,1	17,0	10,8		
			2	15,3	4,8	23,6	14,6		
			3	14,9	2,8	26,5	16,6		
			4	13,5	4,6	21,1	19,1		
		8-9-1986	1	9,2	1,9	8,8	6,7		
			2	8,3	1,7	9,2	6,0		
			3	6,8	1,3	9,9	5,4		
			4	6,8	7,2	7,1	7,9		
		1-12-1986	1	10,2	1,7	24,7	15,1		
			2	11,5	1,3	25,2	15,7		
			3	12,2	1,3	25,3	16,1		
			4	11,9	2,8	15,9	16,3		
		6-4-1987	1	12,8	7,5	-	13,7		
			2	14,0	2,5	-	14,6		
			3	16,3	3,6	-	15,6		
			4	14,4	1,8	-	16,5		
		8	Duinvaag- grond	26-5-1986	1	14,9	7,6	12,2	8,3
					2	8,4	3,1	10,1	7,8
					3	8,4	2,4	13,8	10,3
					4	9,0	16,0	17,6	14,1
8-9-1986	1			8,1	4,1	3,0	3,5		
	2			4,7	1,4	1,8	5,1		
	3			4,7	2,4	1,2	5,0		
	4			4,7	1,1	1,3	5,0		
1-12-1986	1			10,4	2,9	19,4	20,0		
	2			10,4	4,7	12,5	9,8		
	3			8,5	3,1	13,2	10,3		
	4			8,3	2,6	12,2	10,9		
6-4-1987	1			13,5	2,8	18,4	17,6		
	2			11,6	11,6	5,4	9,1		
	3			11,6	4,0	16,0	11,7		
	4			12,2	3,7	20,0	18,5		