

NN31545.0947

januari 1977

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

BIBLIOTHEEK DE HAAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

LANDBOUWKUNDIGE GEVOLGEN VAN DE WATERINLAAT
IN HET GEBIED VAN DE ASTENSE AA

P. E. Rijtema en
P. W. Velthuijsen (technisch medewerker
van het Waterschap de AA)

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.



1792651

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
2. BASISGEGEVENS	2
2.1. Beschikbare veldgegevens	2
2.2. Beschikbare bodemfysische gegevens	5
2.3. Schematisering bodemkundige gegevens volgens fysische eigenschappen	6
3. DE WATERBALANS PER BODEMKUNDIGE EENHEID	9
3.1. Meteorologische basisgegevens	11
3.2. Afvoer	13
3.3. Verandering in de vochtinhoud van het profiel	15
4. BEREKENING LANDBOUWKUNDIGE GEVOLGEN VAN EEN NIET OPTIMALE WATERHUISHOUDING	18
4.1. Berekening van de werkelijke verdamping	18
4.2. Verdamping en droge stof produktie	19
4.2.1. Verdamping en produktiewaarde grasland	20
4.2.2. Verdamping en produktiewaarde bouwland	21
4.3. Waarde van het infiltratie-effect	21
5. DE RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK	22
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	30
LITERATUUR	32

1. INLEIDING

In een gemeenschappelijke brief van de Gedeputeerde Staten van Limburg en Noord-Brabant aan de Minister van Waterstaat werd in mei 1956 het plan 'Panheel' opgezet ten behoeve van de watervoorziening in beide provincies. Om tot een juiste belangenafweging te komen zouden enkele proefgebieden worden ingericht om de resultaten van de wateraanvoer te bestuderen.

In juni 1971 werd besloten tot het inrichten van twee proefgebieden in de ruilverkaveling 'de Astense Aa', beide ongeveer 1500 ha groot. Er werd gekozen voor het stroomgebied van de Oude Aa in het noorden en het stroomgebied van de Vordeldonkse broekloop en Diepenloop in het zuiden. Het noordelijk gebied ligt tussen de spoorlijn Helmond-Venlo en de E 3, het zuidelijk gebied tussen de E 3 en de Eeuwelse loop.

Voor de bepaling van de landbouwkundige gevolgen van de wateraanvoer in de proefgebieden werd gebruik gemaakt van een modificatie van een reeds eerder gepubliceerde berekeningstechniek (Rijtema, 1971), waarbij de in het gebied aanwezige bodemkundige profielen wat hun fysische eigenschappen betreft werden ingepast in een reeks standaardgronden (Rijtema, 1969). Het gewijzigde berekeningssysteem werd eerder door Rijtema en Bon (1974) toegepast in het waterwingebied van de gemeente Enschede in de omgeving van Losser.

Door de Stichting voor Bodemkartering werd voor de proefgebieden een gedetailleerde bodemkaart vervaardigd, waarbij tevens gegevens betreffende de gemiddelde voorjaarswaterstand en de gemiddeld laagste grondwaterstanden werden geleverd.

Voor de indeling van het bodemgebruik werd uitgegaan van een door de Cultuurtechnische Dienst vervaardigde cultuurkaart.

Voor de bepaling van het effect van de waterinlaat op de grondwaterstanden werd gebruik gemaakt van de gegevens van Moen en Bon (1973) en van Bon (1974). Bij de gevolgde berekeningen is er van uit-

gegaan, dat de voorjaarswaterstanden niet zijn beïnvloed door de waterinlaat, maar dat de zomerwaterstanden wel werden beïnvloed.

Uit het onderzoek van Bon (1974) blijkt, dat in het zuidelijk proefgebied geen effect van de waterinlaat op de grondwaterstanden kon worden aangetoond. Het is niet geheel duidelijk of dit wordt veroorzaakt door de vrij hoog in het profiel voorkomende leem- en veenlagen. In de onderzoeksperiode werd de waterhuishouding van dit gebied nogal gewijzigd tengevolge van de uitvoering van de ruilverkavelingswerkzaamheden. Om deze reden is dit proefgebied in deze nota verder buiten beschouwing gelaten.

Het producerend vermogen van de gronden werd voor een reeks droogtefrequenties berekend op basis van de berekende werkelijke verdamping. Hierbij werd gebruik gemaakt van uit ander onderzoek gevonden relaties tussen verdamping en produktie. Het potentiële produktieniveau kan alleen worden bereikt, indien de waterhuishouding optimaal is en er geen reducties in verdamping optreden bij de verschillende droogtefrequenties. De berekeningen werden uitgevoerd voor zowel de situatie zonder als met waterinlaat. Tevens is voor het proefgebied bij de situatie met waterinlaat aangegeven welke opbrengstdepressies blijven bestaan in verband met de beoordeling van de toepassingsmogelijkheden van beregening in het proefgebied.

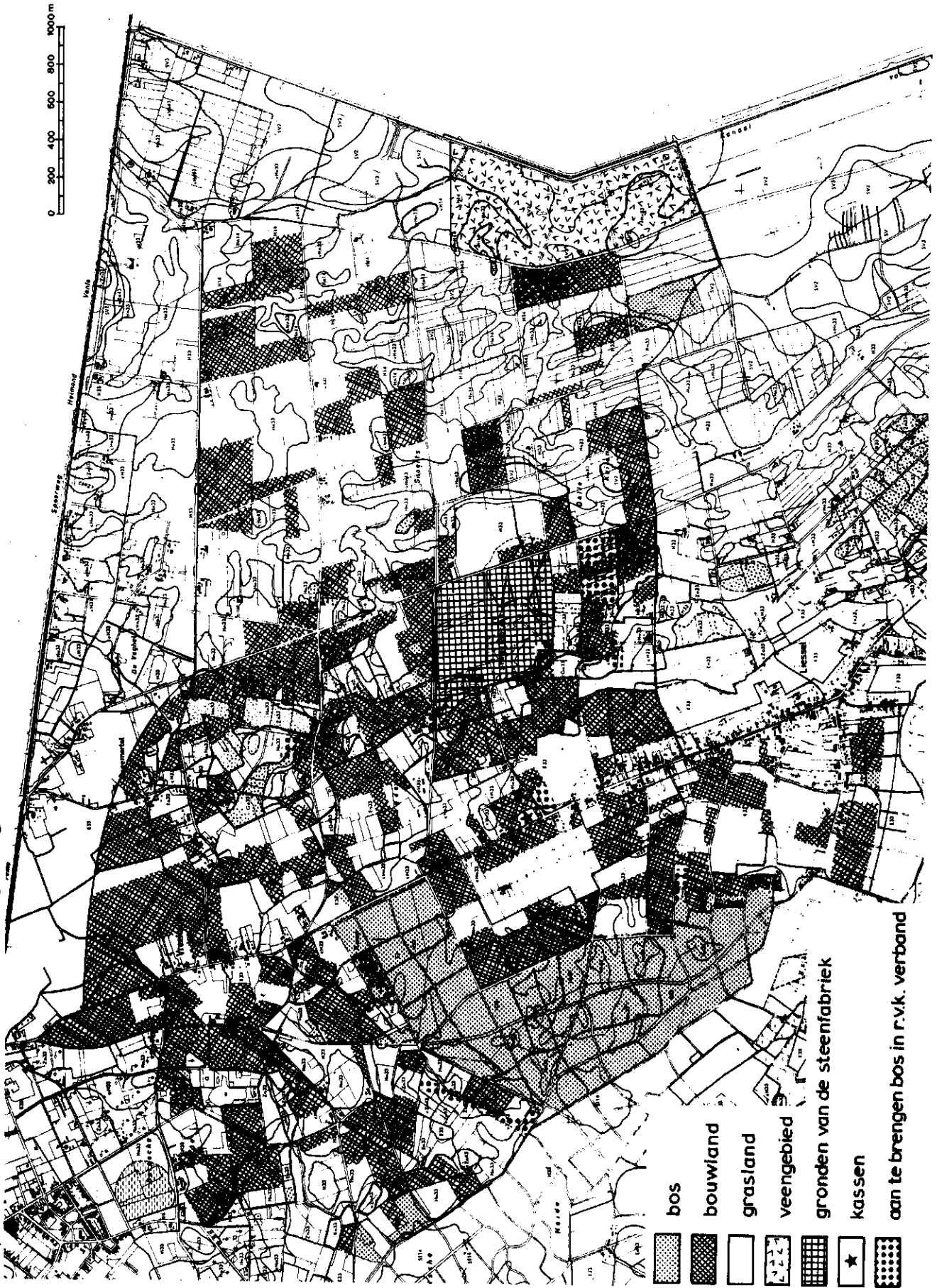
Met behulp van de gevolgde benaderingen zijn produktieverschillenkaarten samengesteld, waarmee het landbouwkundig effect van de waterinlaat is aangegeven.

2. BASISGEGEVENS

2.1. Beschikbare veldgegevens

Bij alle berekeningen werd uitgegaan van de door de Stichting voor Bodemkartering verzamelde bodemkundige gegevens. Tevens werd gebruik gemaakt van de door de Stichting vervaardigde grondwatertrappenkaarten waarop de gemiddelde voorjaarswaterstand en de gemiddeld laagste grondwaterstanden zijn gegeven. Op deze gegevens werd een in het volgend hoofdstuk te bespreken schematische

Fig. 1. Cultuurkaart noordelijke proefgebied



ring toegepast in verband met de uit te voeren berekeningen.

Voor de bepaling van de invloed van de waterinlaat op de zomergrondwaterstanden werd gebruik gemaakt van de door Bon (1974) geanalyseerde verhogingen in het gebied.

Voor de beschrijving van de cultuurtoestand in het onderzoeksgebied werd gebruik gemaakt van de door de Cultuurtechnische Dienst vervaardigde cultuurkaart (fig. 1).

Per berekeningseenheid waren de volgende gegevens beschikbaar

- dikte van het humeuze dek
- vocht karakteristiek humeuze dek
- type ondergrond
- de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en de gemiddeld laagste grondwaterstand in de oude situatie
- de gemiddelde verhoging van de laagste grondwaterstand door de waterinlaat
- de cultuurtoestand

Bij het bodemkundig onderzoek zijn in de proefgebieden 36 bodemeenheden onderscheiden. Een overzicht van de bodemkundige eenheden is gegeven in tabel 1. Tevens is in deze tabel naast de dikte van de A_1 laag, de diepte van de effectieve wortelzone weergegeven. Voorts is op basis van de beschikbare vocht karakteristieken de equivalente wortelzone berekend, waarbij de diepere lagen zijn omgerekend naar de vocht karakteristiek van de A_1 laag. De gegevens van de ondergrond zijn geclassificeerd volgens de standaardgronden zoals deze door Rijtema (1969) zijn gegeven.

Hierbij gelden de volgende omschrijvingen:

- standaardgrond 1 = matig grof zand
- standaardgrond 2 = matig fijn zand
- standaardgrond 3 = matig fijn-fijn zand
- standaardgrond 4 = fijn zand
- standaardgrond 20 = veen

Tabel 1. De bodemkundige classificatie in de proefgebieden en de berekening van de dikte van de effectieve wortelzone uitgedrukt in de vocht karakteristiek van de A₁ laag

Code- getal	Kaarteenheid Bodemkaart Astense Aa	Dikte A ₁	Dikte tweede laag	Werkelijke dikte v.d. effectieve wortelzone	pF- curve van de A ₁	pF-curve van de tweede laag	Omreke- nings- factor B of C in A ₁	Dikte van de effectieve wortelzone uitge- drukt in de A ₁	nr. stan- daard onder- grond	
10	ST 14	30	-	30	K1100,1	-	-	30	2	
15	H 14	20	10	30	Wp 21.1	Wp 25.1	0,6	20 + 10 x 0,6 =	26	2
16	H 33	20	15	35	" 21.1	" 26.2	0,9	20 + 15 x 0,9 =	34	3
72	H 33 + toev. g	20	15	35	" 21.1	" 26.2	0,9	20 + 15 x 0,9 =	34	1
19	cH 33	40	15	55	" 21.1	" 27.2	0,9	40 + 15 x 0,9 =	54	3
21	E 33	70	20	90	" 21.1/ 21.2	" 21.2	0,9/0,7	20+50x0,9+20x0,7=	79	3
22	E 33(d)	100	20	120	" 21.1/ 21.2	" 21.3	0,9/0,7	20+70x0,9+20x0,7=	97	3
23	Hn 14	20	15	25	" 30.1	" 35.2	1,0	20 + 15 x 1,0 =	35	2
24	Hn 33	20	20	40	" 30.1	" 30.2	0,8	20 + 20 x 0,8 =	36	3
25	Zn 33	20	10	30	" 30.1	" 22.2	0,9	20 + 10 x 0,9 =	29	3
56	Hn 33 + toev. g	20	20	40	" 36.1	" 26.2	0,9	20 + 20 x 0,9 =	38	1
26	Gn 33	20	15	35	" 30.1	" 32.2	0,7	20 + 15 x 0,7 =	30	3-4
29	cHn 43	40	20	60	" 36.1	" 23.2	1,0	40 + 20 x 1,0 =	60	3
31	cZn 33	40	10	50	" 36.1	" 22.2	0,9	40 + 10 x 0,9 =	59	3
32	cGn 33	40	15	55	" 36.1	" 32.2	0,6	40 + 15 x 0,6 =	49	3-4
33	cGn 43	40	15	55	" 36.1	" 32.2	0,6	40 + 15 x 0,6 =	49	3-4
34	En 33	50	10	60	" 36.1	" 32.2	0,6	50 + 10 x 0,6 =	56	3-4
74	Zn 33 + toev. g.	20	10	30	" 36.1	" 22.2	0,9	20 + 10 x 0,9 =	29	1
73	Gn 33 + toev. g.	20	15	35	" 36.1	" 22.2	0,9	20 + 15 x 0,9 =	34	1
75	cGn 33 + toev. g.	40	15	55	" 36.1	" 22.2	0,9	40 + 15 x 0,9 =	54	1
28	cHn 33	40	20	60	" 36.1	" 36.2	1,0	40 + 20 x 1,0 =	60	3
30	cZn 33	40	10	50	" 36.1	" 22.2	0,9	40 + 10 x 0,9 =	49	3
42	cBV ₂	20	-	20	" 36.1	" -	-	20	20	
74	cHn 33 + toev. g.	40	20	60	" 36.1	" 36.2	1,0	40 + 20 x 1,0 =	60	1
76	cZn 33 + toev. g.	40	10	50	" 36.1	" 22.2	0,9	40 + 10 x 0,9 =	49	1
35	vHn 33 + toev. b.	30	20	50	" 24.1	" 30.2	0,9	30 + 20 x 0,9 =	48	3
36	vHn 33 + toev. b.	30	20	50	" 24.1	" 30.2	0,9	30 + 20 x 0,9 =	48	3
61	SV ₂ + toev. b.	30	-	30	" 24.1	" -	-	30	20	
62	SV ₃ + toev. b.	30	-	30	" 24.1	" -	-	30	20	
40	SV ₂	15	-	15	" 33.1	" -	-	15	20	
43	SV ₃	15	-	15	" 33.1	" -	-	15	20	
46	SV	15	-	15	" 33.1	" -	-	15	20	
51	vHn 33	20	20	40	" 32.1	" 30.2	0,6	20 + 20 x 0,6 =	32	3
52	vHn 43	20	20	40	" 32.1	" 30.2	0,6	20 + 20 x 0,6 =	32	3
54	vZn 43	20	10	30	" 32.1	" 32.2	0,5	20 + 10 x 0,5 =	25	3
50	vH 14	20	15	35	" 24.1	" 26.2	0,7	20 + 15 x 0,7 =	30	2

2.2. Beschikbare bodemfysische gegevens

Door de Stichting voor Bodemkartering zijn de in tabel 2 vermelde vocht karakteristieken gegeven voor de lagen in de effectieve wortelzone. Voor de ondergrond is gebruik gemaakt van de door Rijterma

Tabel 2. Gegevens van de vocht karakteristieken behorend bij de bodemkundige eenheden van de wortelzone

Code pF-curve	pF 0,0	pF 0,4	pF 1,0	pF 1,5	pF 2,0	pF 2,3	pF 2,7	pF 3,4	pF 4,2
Kl 100.1	40,8	39,2	37,9	37,4	20,4	16,6	16,2	7,8	5,3
Wp 21.1	53,9	52,0	50,6	42,2	29,3	25,1	20,7	11,4	6,0
" 30.1	43,7	43,7	43,7	43,7	38,8	34,0	31,0	18,9	11,1
" 36.1	42,9	42,3	41,9	40,6	33,7	26,4	23,8	11,7	6,1
" 24.1	53,7	53,0	52,0	50,5	47,2	46,0	43,8	27,4	15,7
" 33.1	82,8	82,0	81,8	78,3	73,9	69,7	66,1	42,0	25,6
" 32.1	76,3	75,4	75,3	72,4	65,0	57,6	54,0	36,4	25,2
" 21.2	48,6	48,1	46,9	40,6	25,3	18,9	12,7	10,3	6,4
" 25.2	38,4	37,6	37,1	33,0	16,8	13,3	9,6	6,8	5,0
" 26.2	40,5	40,0	39,8	38,5	28,1	23,9	18,8	12,8	8,1
" 27.2	50,1	50,0	49,3	43,9	25,8	20,0	17,4	8,5	5,8
" 21.3	34,0	33,5	32,9	29,6	20,4	15,8	11,3	7,7	4,9
" 35.2	31,3	31,3	31,0	29,5	10,4	6,5	5,5	3,7	2,5
" 30.2	37,1	37,1	37,0	35,9	31,2	27,0	24,6	14,2	8,2
" 22.2	34,5	33,9	33,1	30,6	19,8	14,9	10,2	6,2	4,0
" 32.2	44,9	44,2	43,9	42,1	40,2	38,2	35,6	25,3	14,3
" 23.2	34,1	33,7	33,2	32,3	18,5	13,6	8,5	4,7	3,1
" 36.2	41,5	41,2	41,0	37,9	22,9	14,5	11,6	11,0	7,8

(1969) gegeven vocht karakteristieken en de door hem gegeven functies voor de capillaire eigenschappen van de ondergrond.

2.3. Schematisering bodemkundige gegevens volgens fysische eigenschappen

Om het gehele onderzoeksgebied voor berekening toegankelijk te maken is een vereenvoudiging van de bodemprofielen in het schema toegepast. De hoofdingeling van de bodemprofielen is gebaseerd op de standaard ondergronden, waarbij in totaal rekening is gehouden met de standaard ondergronden 1, 2, 3 en 20. Voor deze ondergronden werden de in tabel 3 gegeven gestandaardiseerde vocht karakteristieken bij de berekeningen gebruikt (Rijtema, 1969).

In verband met de kwaliteitsverschillen van de uiteenlopende humeuze dekken is voor ieder humeus dek op basis van de vocht karakteristiek en een vocht karakteristiek van een standaard humeus dek een correctiefactor op de dekdikte toegepast. Wanneer men werkt

Tabel 3. Vochtkarakteristieken van de standaardondergronden

Standaard onder- grond	pF								
	0,0	0,4	1,0	1,5	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2
1	39,5	36,7	21,5	10,7	3,2	2,4	1,8	1,5	1,2
2	36,5	35,7	33,1	27,4	9,5	6,5	5,2	3,1	1,7
3	35,0	33,4	32,5	30,5	15,5	8,0	6,1	4,3	2,3
20	86,3	85,5	83,2	81,6	76,3	70,5	64,9	35,6	26,5

op basis van de hoeveelheid beschikbaar vocht vanaf verwelkingspunt dan blijkt tussen de verschillende humeuze dekken, over het voor de plant belangrijke traject van beschikbaar vocht, een eenvoudig lineair verband te bestaan.

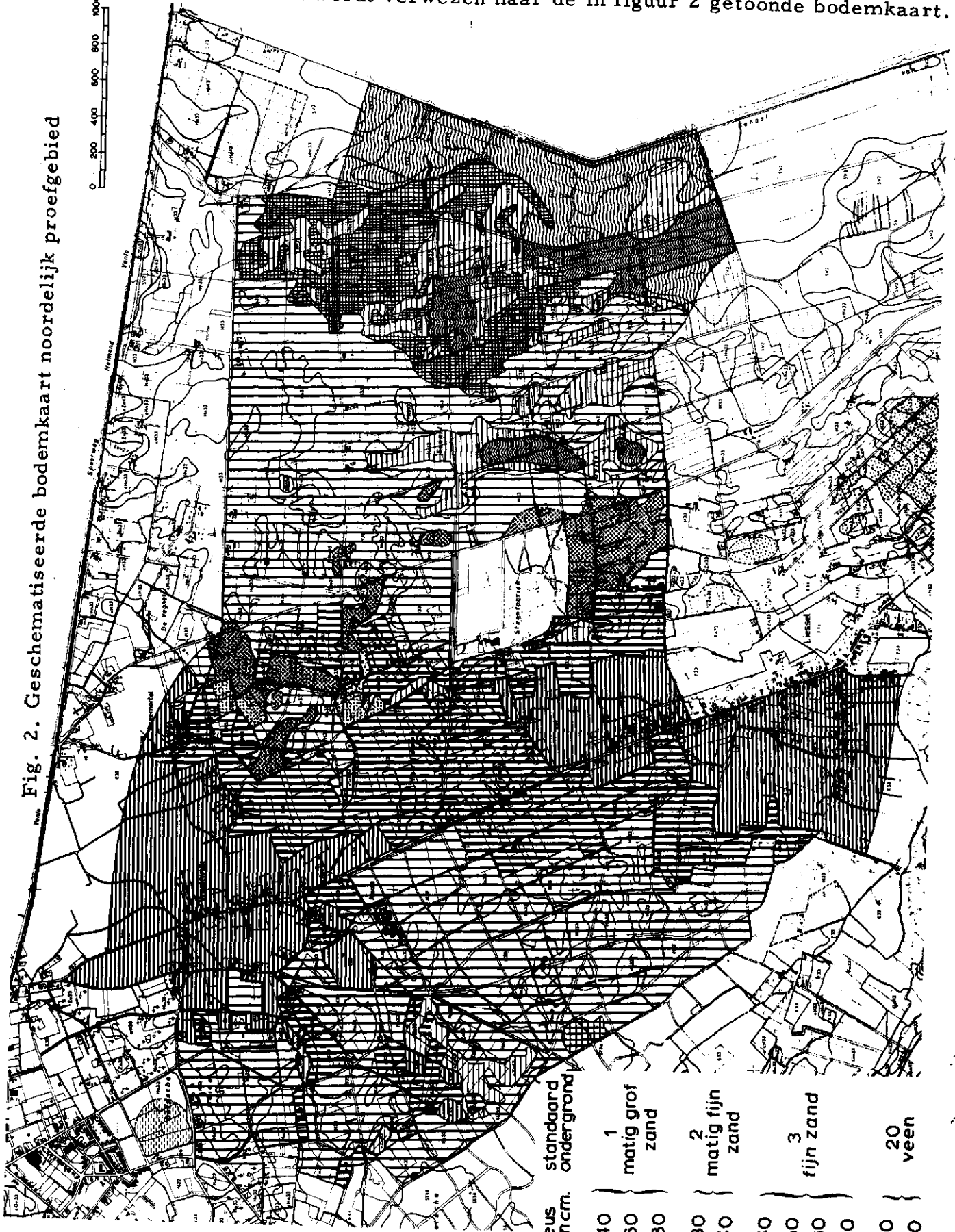
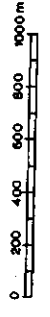
Het is daardoor mogelijk met behulp van eenvoudige verhoudingsgetallen de hoeveelheid beschikbaar vocht bij een bepaalde vochtspanning voor verschillende kwaliteiten humeus dek in elkaar om te rekenen. Met deze standaardisatie van de bodemprofielen is het mogelijk om het aantal bodemkundige eenheden van 36 te verminderen tot 14. In tabel 4 is een overzicht gegeven van de indeling van de Stiboka-eenheden in de geschematiseerde eenheden.

Tabel 4. Indeling van de Stiboka bodemeenheden in geschematiseerde standaard bodem rekeneenheden

Bodem reken- eenheid	Stiboka bodemeenheden (codegetal tabel 1)	Dikte wortel- zone	Standaard ondergrond
0140	71, 72, 73, 56	40	1
0160	76	60	1
0180	74, 75	80	1
0230	10	30	2
0240	15, 23, 50	40	2
0340	16, 24, 25, 26	40	3
0360	30, 32, 33, 35, 36, 51, 52, 54	60	3
0380	19, 28, 29, 31, 34	80	3
03100	21, 22	80	3
2030	40, 42, 43, 46	30	20
2040	61, 62	30	20

Voor een overzicht van de ruimtelijke verdeling van de geschematiseerde bodemeenheden wordt verwezen naar de in figuur 2 getoonde bodemkaart.

Fig. 2. Geschematiseerde bodemkaart noordelijk proefgebied



humeus dek in cm.	40	60	80	30	40	40	60	80	>80	≤30	>30
standaard ondergrond	1 matig grof zand			2 matig fijn zand		3 fijn zand			20 veen		

Met behulp van de gegevens van het capillair geleidingsvermogen van de standaardondergronden, werd zowel de snelheid van capillaire opstijging, alsmede de stijghoogte boven de grondwaterstand berekend. Enkele gegevens zijn vermeld in tabel 5. Uit deze gegevens blijkt, dat

Tabel 5. De capillaire stijghoogte Z in cm in afhankelijkheid van stroomsnelheid en vochtspanning in de wortelzone voor de standaardgronden

Standaard grond	Vochtspanning cm	Stijghoogte in cm bij een stroomsnelheid in cm/dag van:				
		0,2	0,15	0,1	0,06	0,02
1. matig grof zand	500	48,6	49,9	51,8	54,1	59,5
	2 500	48,6	49,9	51,8	54,2	59,8
	16 000	48,6	50,0	51,9	54,3	60,0
2. matig fijn zand	500	53,3	55,8	59,1	63,5	74,9
	2 500	53,8	56,1	59,6	64,4	77,5
	16 000	54,0	56,4	59,9	64,9	79,1
3. fijn zand	500	78,9	83,0	89,3	98,1	123,9
	2 500	80,2	84,8	91,8	102,7	137,7
	16 000	81,1	86,0	93,5	105,5	145,9
20. veen	500	39,7	44,9	53,5	67,4	114,4
	2 500	42,5	48,7	59,2	76,9	142,5
	16 000	44,3	51,0	62,7	82,6	159,6

de diepte van de voorjaarswaterstand in sterke mate bepalend is voor de invloed op de vochtleverantie. Voor de ondergronden 1, 2, 3 en 20 is weinig effect op de vochtleverantie te verwachten als de voorjaarswaterstanden meer dan respectievelijk 55, 65, 100 en 70 cm onder de onderkant van de wortelzone blijven.

3. DE WATERBALANS PER BODEMKUNDIGE EENHEID

Als basis voor alle berekeningen werd gebruik gemaakt van de

waterbalans per oppervlakte element. Deze waterbalans kan worden weergegeven met vergelijking (1)

$$\int_{t_n}^{(n+1)} N dt - \int_{t_n}^{t_{n+1}} E dt - \int_{t_n}^{t_{n+1}} \left\{ \frac{\delta}{\delta x} kD \frac{\delta h}{\delta x} + \frac{\delta}{\delta y} kD \frac{\delta h}{\delta y} + \frac{1}{c} (h - h_d) \right\} dt = \int_{t_n}^{t_{n+1}} \int_0^z \frac{\delta \theta}{\delta t} dz \cdot dt \quad (1)$$

Hierin is

N = neerslag in mm/dag

E = verdamping in mm/dag

$\frac{\delta}{\delta x} kD \frac{\delta h}{\delta x} + \frac{\delta}{\delta y} kD \frac{\delta h}{\delta y}$ = de verandering in horizontale stroomsnelheid in het bovenste pakket in mm/dag

h = stijghoogte grondwater in bovenste watervoerende pakket

h_d = idem, in tweede watervoerende pakket

$\frac{1}{c} (h - h_d)$ = de verticale afvoer naar een dieper gelegen watervoerend pakket in mm/dag

$\int_0^z \frac{\delta \theta}{\delta t} dz$ = de veranderingssnelheid van de vochtinhoud van het bodemprofiel in mm/dag

Bij de verdere beschouwingen wordt alleen uitgegaan van de onverzadigde zone, waarbij de samengestelde afvoerterm als één afvoercomponent wordt beschouwd.

Voor het uitvoeren van de berekeningen is het noodzakelijk dat de situatie van de waterbalans met name ten aanzien van de grondwaterstand en de vochtverdeling van het profiel op het begintijdstip van de berekeningen bekend is. Voor de berekening van het vochtleverend vermogen door het bodemprofiel is de grondwaterstand op het tijdstip dat het verdampingsoverschot begint op te treden van groot belang. De verdeling en de grootte van de neerslag voor het begin van het verdampingsoverschot zal bepalend zijn voor de uiteindelijke voorjaarswaterstand, waarvan bij de berekeningen zal moeten worden uitgegaan. Tevens bepaalt de hoeveelheid neerslag en de verde-

ling in de tijd op welke datum de berekeningen moeten worden begonnen. Deze begindatum zal in de meeste jaren variëren tussen begin en eind april. Aangezien het doel van de berekeningen is, het bepalen van de te verwachten landbouwkundige gevolgen op langere termijn van de waterinlaat in het gebied, zal worden uitgegaan van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden zoals deze door de Stichting voor Bodemkartering in het gebied zijn bepaald.

Tevens is voor de berekeningen aangenomen dat de verdeling van het vochtgehalte bij het begin van de periode met verdampingsoverschot goed kan worden benaderd met de evenwichtsvochtgehalteverdeling. Als begindatum voor alle berekeningen is aangehouden 15 april.

De gevolgde werkwijze betekent, dat bij de berekeningen niet in beschouwing is genomen, het samenvallen van een droge winter, dat wil zeggen een extra lage voorjaarswaterstand, met een droge zomer. Aan de andere kant is ook geen rekening gehouden met het voorkomen van een natte winter met hoge voorjaarswaterstanden gevolgd door een droge zomer.

Aangezien de waterinlaat pas in het voorjaar wordt gerealiseerd, is voor de berekeningen van de situatie met wateroverlast aangenomen dat de voorjaarsgrondwaterstanden gelijk zijn aan de voorjaarswaterstanden in de situatie zonder waterinlaat. Het effect van de waterinlaat komt dan tot uiting door middel van de verhoging van de diepste grondwaterstanden zoals deze door BON (1974) zijn bepaald.

3.1. Meteorologische basisgegevens

De eventuele landbouwkundige gevolgen van de waterinlaat worden mede bepaald door twee meteorologische factoren, namelijk de neerslag en de verdamping. Van deze twee factoren is de neerslag de meest variabele, zowel wat betreft de hoeveelheid neerslag als de verdeling in de tijd. Voor de berekening van de langjarige effecten is het echter mogelijk om met k-daagse neerslagsommen te werken en de neerslag regelmatig verdeeld over de desbetreffende periode in beschouwing te nemen, hoewel hierdoor een te gunstige verdeling wordt verkregen in verband met de watervoorziening van het

gewas. Met de frequentieverdeling van deze k-daagse neerslagsommen geeft de onderschrijdingskans van een bepaalde neerslagsom over het groeiseizoen een goed criterium om een bepaalde droogtegraad voor deze periode weer te geven.

Bij de uit te voeren berekeningen van de werkelijke verdamping in droge jaren is geen rekening gehouden met directe afvoer van de zomerneerslag. De bij de berekeningen gebruikte neerslagsommen zijn voor verschillende periodenlengten weergegeven in tabel 6.

Tabel 6. De k-daagse neerslagsommen in mm vanaf 15 april en de daarbij behorende onderschrijdingskansen voor verschillende periodenlengten

Periode- lengte (dagen)	Onderschrijdingskans (n x in 100 jaar)					
	90	75	50	20	10	1
15	32	28	21	13	9	4
30	74	62	50	28	21	10
46	111	99	79	46	40	24
61	157	141	117	75	69	39
76	203	182	152	111	97	52
91	250	223	185	145	125	75
107	290	264	223	176	157	99
122	332	296	255	202	182	120
138	381	348	297	237	214	147
153	419	384	328	260	237	169

De maximale verdamping die tengevolge van de meteorologische condities kan optreden bij optimale vochtvoorziening, vertoont veel minder variatie dan de neerslag. Deze maximale verdamping wordt in hoofdzaak bepaald door de hoeveelheid netto-straling gedurende het groeiseizoen, de temperatuur, het verzadigingsdeficiet van de atmosfeer en de windsnelheid. Tevens is de verdamping afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van het gewas en eventueel optredende gewasweerstanden. Onder deze omstandigheden kunnen bij een hoge potentiële verdamping tengevolge van transportweerstanden reducties optreden. Het gecombineerde effect van alle factoren zal doorgaans

niet veel meer bedragen dan 10% ten opzichte van de verdamping in het 50 jaar.

Bij de gevolgde werkwijze zal de invloed van extreme, in het algemeen kortdurende, meteorologische omstandigheden worden afgevlakt, omdat het effect over een langere periode wordt doorberekend. Op grond van deze overwegingen is de in tabel 7 gegeven verdeling van de verdampingssommen in de berekening opgenomen.

Tabel 7. De k-daagse verdampingssommen in mm vanaf 15 april en de daarbij behorende overschrijdingskansen voor verschillende periodelengte

Periode- lengte (dagen)	Overschrijdingskans (n x 100 jaar)					
	90	75	50	20	10	1
15	35	35	35	40	41	44
30	80	80	80	83	85	90
46	120	120	120	124	128	140
61	170	170	170	176	182	190
76	220	220	220	228	235	243
91	270	270	270	279	288	306
107	318	318	318	328	339	358
122	360	360	360	372	384	408
138	405	405	405	419	431	454
153	440	440	440	455	470	495

Hierbij is aangenomen, dat de gegeven overschrijdingskansen van de verdampingssommen steeds in combinatie voorkomen met de gegeven overeenkomstige onderschrijdingskansen van de neerslagsommen.

3.2. Afvoer

Gedurende het groeiseizoen treedt een daling op van de grondwaterstand, die zowel wordt veroorzaakt door de verdamping en de capillaire opstijging vanuit de ondergrond, als wel door afvoer via wegzijging en horizontale grondwaterstroming.

In het rekenschema is de capillaire stromingssnelheid aan de onder-

kant van de effectieve wortelzone en de afvoersnelheid op het niveau van de grondwaterstand gecombineerd voor de berekening van de dalingssnelheid van de grondwaterstand. In gebieden met kwel is hetzelfde rekenschema gevolgd door de kwel als negatieve afvoer te beschouwen.

De afvoer van een perceel is afhankelijk van de stijghoogten van het ondiepe grondwater, van het diepe grondwater en van de hydrologische parameters van het gebied.

Aangezien de gegevens voor de berekening van het afvoerverloop gedurende het groeiseizoen bij de verschillende droogtefrequenties niet bekend zijn, is per berekeningseenheid een gemiddelde waarde van de zomerafvoer ingevoerd.

Voor de aansluiting van de waterbalansberekeningen bij de bekende gemiddelde voorjaarswaterstand en de gemiddelde laagste waterstand is het noodzakelijk, dat deze gemiddelde zomerafvoer bekend is. Er is daarom gesteld, dat in het gemiddelde jaar, de door de Stiboka gegeven waarden van de gemiddelde voorjaarswaterstand en de gemiddelde laagste grondwaterstand optreden.

Per profieleenheid zijn bij een aantal waarden van de voorjaarsgrondwaterstand en aangenomen waarden voor de gemiddelde zomerafvoer van het gemiddelde jaar laagste zomerwaterstanden berekend. Uit de hierdoor ontstane bekende relatie tussen gemiddelde zomerafvoer, voorjaarsgrondwaterstand en gemiddeld laagste grondwaterstand, kan door interpolatie met de Stibokagegevens voor iedere profieleenheid de correcte waarde voor de gemiddelde zomerafvoer worden verkregen. Een voorbeeld voor de relatie tussen voorjaarsgrondwaterstand, afvoer en gemiddelde laagste grondwaterstand is voor de standaardondergronden 2 en 3 bij een dikte van het humeuze dek van 40 cm gegeven in tabel 8.

Tengevolge van de infiltratie van het ingelaten water, zullen de grondwaterstanden gedurende de zomerperiode minder snel dalen. Door BON (1974) werd de verhoging van de grondwaterstand tengevolge van de waterinlaat bepaald. Aangezien de waterinlaat in het voorjaar start, is bij de berekeningen voor de situatie met waterinlaat er van uitgegaan, dat de voorjaarswaterstanden niet veranderen. De door Bon gevonden verhogingen komen dan tot uiting in de

Tabel 8. Het verband tussen gemiddelde zomerafvoer, voorjaarsgrondwaterstand en gemiddeld laagste zomergrondwaterstanden voor profielen met een effectieve wortelzone van 40 cm, met de standaardondergronden 2 en 3.

Standaard- ondergrond	Gemiddeld laagste zomerwaterstand in cm -mv.							
	2				3			
Voorjaars- waterst. cm- mv	40	60	80	100	40	60	80	100
Afvoer mm/dag								
- 0,5	104	105	105	104	42	93	101	114
- 0,25	108	110	110	112	93	111	119	131
0	113	115	115	118	113	125	131	143
0,25	119	121	122	126	125	140	145	153
0,50	126	128	130	134	141	152	156	163
0,75	134	136	138	144	154	162	168	173
1,00	142	144	146	153	168	174	179	184
1,25	151	153	156	164	181	186	189	195

gemiddeld laagste waterstand. Het effect van de waterinlaat wordt dan in de berekening opgenomen als een vermindering van de gemiddelde zomerafvoer.

Een deel van de verminderde afvoer, komt afhankelijk van de diepte van de voorjaarwaterstand, via de capillaire aanvoer ter beschikking van het gewas. Een ander deel van de verminderde afvoer blijft als een hoeveelheid geborgen water in de ondergrond achter in verband met het minder diep wegzakken van de grondwaterstand.

3.3. Verandering in de vochtinhoud van het profiel

Voor de berekeningen van de vochtleverantie door het profiel bij de verschillende situaties is het noodzakelijk om het vochtonttrekkingspatroon door het gewas te schematiseren. Om deze reden is het begrip effectieve wortelzone van het gewas geïntroduceerd. Deze effectieve wortelzone is gedefinieerd als die laag van het profiel waarin 80% van de wortels aanwezig is. Tevens zijn de dikten van alle lagen

in de effectieve wortelzone en de daarbij behorende vochtkenmerken omgerekend naar een standaard vochtkenmerken voor het humeuze dek en de daarbij behorende effectieve wortelzone. Voor deze gestandaardiseerde wortelzone wordt aangenomen, dat geen verticale gradiënten in de zuigspanning aanwezig zijn, zodat de wateropnamen in deze laag alleen via radiale stroming naar de wortels plaatsvindt. Het betekent tevens dat deze laag volledig kan uitdrogen tot verwelkingspunt.

Doorgaans zal de opbouw van het bodemprofiel de bewortelingsdiepte beperken. Onder deze omstandigheden wordt de diepte van de effectieve wortelzone aangenomen tot op de diepte van de beperkende laag.

De vochtleverantie uit het profiel wordt naast de onttrekking uit de effectieve wortelzone van het gewas mede bepaald door de maximaal te realiseren onttrekkingsnelheid uit de ondergrond. Deze onttrekkingsnelheden zijn echter afhankelijk van het verloop van de zuigspanning aan de onderkant van de effectieve wortelzone en het verloop van de grondwaterstand. Het verloop van de zuigspanning aan de onderzijde van de effectieve wortelzone is echter afhankelijk van de vochtkenmerken van de wortelzone en de snelheid waarmee het verdampingsoverschot wordt opgebouwd. Hiermede is duidelijk dat de vochtleverantie uit de ondergrond van jaar tot jaar zal verschillen in afhankelijkheid van de grootte en de verdeling van het verdampingsoverschot.

Voor de berekeningen van de veranderingen in vochtinhoud van het bodemprofiel in de verschillende balansperioden is vooral de uitgangssituatie in het voorjaar van groot belang. Bij alle berekeningen is aangenomen dat de door de Stichting voor Bodemkartering afgeleide voorjaarswaterstand op 15 april voorkomt en dat de vochtverdeling in het profiel op die datum overeenstemt met het evenwichtsvochtprofiel.

Op basis van de voorafgaande overwegingen kan de vochtonttrekking in het bodemprofiel op eenvoudige wijze worden gesplitst in een verandering in vochtinhoud van de wortelzone en van de ondergrond. Het rechterlid van vergelijking (1) kan dan als volgt worden herschreven:

$$\int_0^z \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial \theta}{\partial t} dz \cdot dt = (\theta_{t_2}^* - \theta_{t_1}^*) d_1^* + \int_0^z \theta_{t_2} dz - \int_0^z \theta_{t_1} dz \quad (2)$$

Hierin is

$$\begin{aligned} (\theta_{t_2}^* - \theta_{t_1}^*) d_1^* &= \text{verandering vochtinhoud wortelzone in mm} \\ d_1^* &= \text{dikte effectieve wortelzone} \\ \int_0^z \theta_{t_2} dz &= \text{vochtinhoud ondergrond op tijdstip } t_2 \text{ in mm} \\ \int_0^z \theta_{t_1} dz &= \text{vochtinhoud ondergrond op tijdstip } t_1 \text{ in mm} \end{aligned}$$

De waarde van de functie $\int_0^z \theta_t dz$ kan nu door numerieke benadering vanaf het tijdstip $t = 0$ met een pseudo-stationaire oplossing van de onverzadigde stromingsvergelijking worden berekend voor de grenzen van de balansperioden. Een uitvoerige beschrijving van deze berekeningstechniek is reeds eerder gepubliceerd (RIJTEMA, 1971).

Bij deze berekeningstechniek is uitgegaan van de vergelijking

$$v = k(\psi) \left(\frac{\partial \psi}{\partial z^*} - 1 \right) \quad (3)$$

Hierin is:

$$\begin{aligned} v &= \text{stroomsnelheid in mm/dag} \\ k(\psi) &= \text{het capillair geleidingsvermogen in mm/dag als functie van } \psi \\ \psi &= \text{de vochtspanning in cm waterkolom} \\ z^* &= \text{de hoogte boven de grondwaterspiegel in cm} \end{aligned}$$

Integratie van deze vergelijking geeft de verdeling van de vochtspanning boven het grondwater in afhankelijkheid van de stroomsnelheid v . Met behulp van de gegeven vocht karakteristieken zijn de vochtspanningsverdelingen in het profiel omgezet in vochtgehalteverdelingen. Uit de voorwaarde, dat de zuigspanning op het grensvlak met het humeuze dek gelijk moet zijn aan die in het humeuze dek, kan voor iedere grens van een balansperiode worden uitgerekend welk dynamisch evenwicht er bestaat tussen de vochtonttrekking uit de wortelzone en het vochtverlies uit de ondergrond.

Door de daling van de grondwaterstand tengevolge van capillaire op-

stijging en afvoer, neemt de aanvoersnelheid uit de ondergrond in de loop van het groeiseizoen af. De vochtleverantie uit de ondergrond van het gewas wordt daarom in belangrijke mate bepaald door de aanvoersnelheden in het begin van het groeiseizoen, die weer afhankelijk zijn van de diepte waarop de voorjaarsgrondwaterstand zich bevindt.

4. BEREKENING LANDBOUWKUNDIGE GEVOLGEN VAN EEN NIET OPTIMALE WATERHUISHOUDING

Voor de berekening van de droogteschade werd gebruik gemaakt van de frequentie van voorkomen van jaren met potentieel verdampingsoverschot. Naast de gegeven potentiële verdamping werd met behulp van de waterbalansvergelijking ook de werkelijke verdamping berekend. Op basis van deze gegevens werd zowel voor de situatie zonder als met waterinlaat het gemiddelde opbrengstniveau berekend op basis van guldens per ha.

4.1. Berekening van de werkelijke verdamping

Voor de berekening van de werkelijke verdamping werd uitgegaan van de waterbalansvergelijking

$$\int_{t_1}^{t_2} Edt = \int_{t_1}^{t_2} Ndt - \int_{t_1}^{t_2} Adt + (\theta_{t_1}^* - \theta_{t_2}^*) d^* + \int_0^z \theta_{t_1} dz - \int_0^z \theta_{t_2} dz \quad (4)$$

Hierin is :

$$\int_{t_1}^{t_2} Edt = \text{werkelijke verdamping per balansperiode in mm}$$

$$\int_{t_1}^{t_2} Ndt = \text{neerslag gedurende balansperiode in mm}$$

$$\int_{t_1}^{t_2} Adt = \text{samengestelde afvoercomponent per balansperiode in mm}$$

$$\theta_{t_1}^* = \text{gemiddeld vochtgehalte in het humeuze dek aan het begin van de balansperiode in volumeprocent}$$

- $\theta_{t_2}^*$ = gemiddeld vochtgehalte in het humeuze dek aan het eind van de balansperiode in volumeprocent
 d^* = dikte humeuze dek in dm
 $\int_0^z \theta_{t_1}$ = vochtinhoud van de ondergrond aan het begin van de balansperiode in mm
 $\int_0^z \theta_{t_2}$ = vochtinhoud van de ondergrond aan het eind van de balansperiode in mm

Bij de berekeningen is uitgegaan van de volgende veronderstellingen:

- Het tijdstip $t = 0$ valt voor alle droogtefrequenties op 15 april.
- Op het tijdstip $t = 0$ is een evenwichtsvochtgehalteverdeling aanwezig ten opzichte van de gegeven voorjaarsgrondwaterstand.
- Op 15 april is de gegeven voorjaarsgrondwaterstand voor alle droogtefrequenties dezelfde, zodat geen rekening is gehouden met het voorkomen van droge en natte winters.
- Gedurende perioden met een verdampingoverschot wordt de neerslag in die periode ook volledig verbruikt voor de verdamping in die balansperiode.
- De effectieve bewortelingszone van het gewas beperkt zich tot de dikte van het humeuze dek.
- In het humeuze dek treden geen vochtspanningsgradiënten op.
- De vochtgehalteverdelingen in de ondergrond voor de opeenvolgende tijdstippen, kunnen op basis van een pseudo-stationaire oplossing van de onverzadigde stromingsvergelijking worden berekend.
- Zolang het rechterlid van de vergelijking niet beperkend wordt, is de verdamping maximaal en gelijk aan de potentiële verdamping.
- Er is aangenomen dat de gemiddelde wegzijging in de zomer voor alle droogtefrequenties gelijk is.

4.2. Verdamping en droge stof productie

Voor de bepaling van de landbouwkundige gevolgen van de waterinlaat is er van uit gegaan dat er voor veel gewassen een lineair ver-

band bestaat tussen de verdamping en de totale droge stof produktie, inclusief de niet geoogste delen (RIJTEMA, 1969a, RIJTEMA en ENDRÖDI, 1970). Uit deze gegevens bleek echter tevens dat dit verband sterk afhankelijk is van het verzadigingsdeficiet van de dampspanning in de lucht tijdens het groeiseizoen. Teneinde deze klimaateffecten te elimineren zijn de produktieberekeningen uitgevoerd met de relatieve verdamping, dit is de werkelijke verdamping gedeeld door de potentiële verdamping.

Bij de berekeningen is een eventuele verkorting van het groeiseizoen door een vervroegd afsterven van het gewas tengevolge van de droogtes hade niet in rekening gebracht. Het is daardoor mogelijk dat regen die eventueel na het vervroegde afstaan valt, dus ten onrechte als produktieverhogende verdamping in rekening wordt gebracht.

4.2.1. Verdamping en produktiewaarde grasland

Bij de berekening van de grasproduktie in afhankelijkheid van de vochtvoorziening is uitgegaan van de door RIJTEMA (1969a) gegeven relatie tussen verdamping en droge stof produktie.

Voor de berekening van de voederwaarde is aangenomen, dat de zetmeelwaarde 57% is van de droge stof opbrengst, terwijl aan beweidings- en bewaringsverliezen 25% in rekening is gebracht. Dit betekent, dat onder optimale omstandigheden een maximale opbrengst van van 6000 zetmeelwaarde-eenheden wordt bereikt. Uit saldoberekeningen (VAN GENEIJGEN, 1968) blijkt dan de waarde 50,5 tot 55 cent per per ZW-eenheid te bedragen. Bij de waardebepaling van de droogteschade is er van uitgegaan, dat een eventueel tekort aan ruwvoer door aankoop van vervangend ruwvoer en extra krachtvoer kan worden gecompenseerd. Bij deze aankoop is rekening gehouden met een gemiddeld prijsniveau van f 0,45 per ZW-eenheid. Op basis van dit bedrag komt de produktiewaarde onder optimale omstandigheden op f 2700 per ha. Bij de waardebepaling is geen rekening gehouden met sterke prijsstijgingen tengevolge van een algemene schaarste aan ruwvoeder onder extreem droge omstandigheden. Bij wijziging van het algemeen prijsniveau kan de invloed hiervan op de produktiewaarde op eenvoudige wijze worden doorberekend met behulp van de verhouding tussen het nieuwe prijsniveau en het aangenomen prijsniveau van f 0,45.

4.2.2. Verdamping en produktiewaarde bouwland

Voor de berekening van de produktiewaarde van het bouwland is uitgegaan van een lineair verband tussen verdamping en droge stof produktie. Om een economische waardebeoordeling van de produktie te verkrijgen is uitgegaan van de door RIJTEMA (1971) en door VAN DER WEERD (1972) gegeven relaties tussen totale droge stof produktie en de verdeling over de verschillende delen van het gewas. Bij de berekeningen is uitgegaan van een gemiddeld bouwplan van 30% granen en 70% hakvruchten en mafs. Voor granen werd gerekend met een potentiële produktiewaarde van f 2000 per ha en voor hakvruchten en mafs met een potentiële produktiewaarde van f 3800 per ha. Voor beide categorieën gewassen werden de droogteschade berekeningen afzonderlijk uitgevoerd en daarna gecombineerd tot één produktiewaardecijfer.

Zowel ten aanzien van veranderingen in het bouwplan als ten aanzien van een wijziging van het prijsniveau kan het effect van de waterinlaat op de produktie met verhoudingscijfers worden gecorrigeerd.

4.3. Waarde van het infiltratie-effect

Voor de bepaling van de landbouwkundige betekenis van de waterinlaat is de langjarige gemiddelde produktieverhoging tengevolge van de grondwaterstandsverhoging berekend. Tabel 9 geeft een voorbeeld van de berekening van het gemiddeld produktieniveau voor hakvruchten en mafs voor een profiel met een humeus dek van 40 cm en een voorjaarsgrondwaterstand van 60 cm -mv. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de onderschrijdingskansen 1, 10, 20 en 50%, waaruit tevens het gemiddelde produktieniveau is berekend. Het gemiddelde produktieniveau varieert van 0,945 tot 0,995.

Per 10 cm stijging van de gemiddelde zomerwaterstand neemt in dit voorbeeld het langjarig gemiddelde produktieniveau met ca. 1,0% toe, terwijl dit in de droge jaren met de onderschrijdingskansen 1%, 10% en 20% ruwweg 4,8; 3,9 en 2,3% produktiestijging per 10 cm grondwaterstandstijging is. Bij de uiteindelijke waardebeoordeling van het infiltratie-effect is uitgegaan van het langjarig gemiddelde van de produktiestijging.

Tabel 9. De onderschrijdingskansen van de produktiewaarde voor hakvruchten en mafs voor een profiel met een humeus dek van 40 cm en met standaardondergrond 2, een voorjaarsgrondwaterstand van 60 cm -m. v. en verschillende afvoercondities

Afvoer mm/dag	Gem. laagste grondwater- stand cm -mv	Onderschrijdingskans				Lang- jarig gemid- delde
		1%	10%	20%	50%	
- 0,50	105	0,848	1,000	1,000	1,000	0,995
- 0,25	110	0,798	0,998	1,000	1,000	0,989
0	115	0,754	0,954	1,000	1,000	0,982
0,25	121	0,712	0,912	0,989	1,000	0,975
0,50	128	0,682	0,879	0,955	1,000	0,967
0,75	136	0,655	0,852	0,928	1,000	0,959
1,00	144	0,634	0,828	0,906	1,000	0,951
1,25	153	0,618	0,811	0,889	1,000	0,945

De gemiddelde produktiestijging tengevolge van de verhoging van de grondwaterstand kan om twee verschillende redenen klein zijn, namelijk in de eerste plaats omdat de voorjaars- en zomergrondwaterstanden reeds zodanig laag waren, dat een verhoging van bijvoorbeeld 20 cm van de laagste zomerstanden nauwelijks enige invloed heeft op de vochtleverantie. De tweede reden kan zijn, dat de profielopbouw en de grondwaterstanden in de situatie zonder waterinlaat reeds zo goed is, dat het maximale produktieniveau reeds wordt benaderd. Teneinde een inzicht te krijgen in de werkelijke situatie zijn tevens de opbrengstreducties berekend, die bij de situatie met waterinlaat door middel van berekening kunnen worden opgeheven.

5. DE RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

Aangezien de toename in producerend vermogen van de gronden tengevolge van de waterinlaat mede wordt bepaald door de hoogte-
ligging, de profielopbouw, bodemgebruik, de voorjaars- en zomer-
grondwaterstanden en de grondwaterstandsverhoging, is het duidelijk

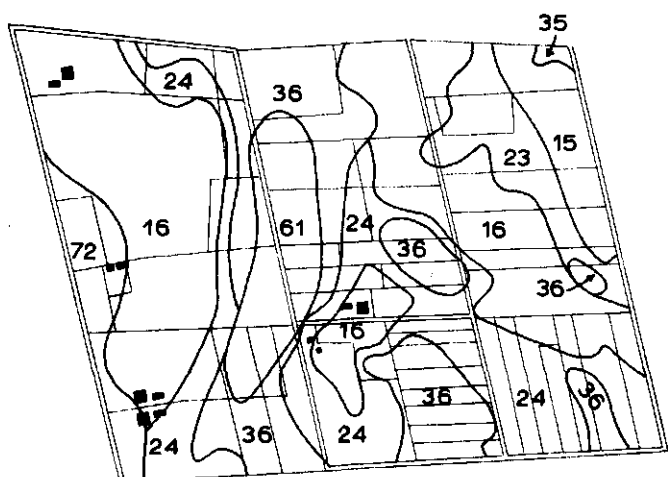
dat het resultaat binnen een perceel reeds sterk kan uiteenlopen. Als voorbeeld van de verschillende bewerkingen en berekeningen zijn voor een klein deel uit het noordelijk proefgebied de bewerkingsonderdelen in figuren weergegeven. Als basis is uitgegaan van de geschematiseerde bodemkaart (fig. 3a), de cultuurkaart (fig. 3b) en de gemiddelde voorjaarswaterstanden en gemiddeld laagste grondwaterstanden (fig. 3c). Met behulp van de gegevens van BON (1974) is een nieuwe grondwaterstandsk kaart voor de gemiddeld laagste waterstanden bepaald voor de situatie met infiltratie, waarbij de berekende verhoging van de laagste zomerstanden naast de hydrologische situatie mede afhankelijk is van de afstand tot de infiltrerende leiding (fig. 3d). Met behulp van de theoretische beschouwingen in de hoofdstukken 3 en 4 is voor de situaties zonder en met infiltratie het produktieniveau berekend en is per bodemkundige en hydrologische eenheid de invloed van de waterinlaat op de produktie weergegeven in fig. 3 e. Het is duidelijk, dat de grenzen van de verschillende verhogingsklassen niet samenvallen met de perceelsgrenzen. Voor een betere beoordeling van het infiltratie-effect is de opbrengstverhoging per perceel berekend en weergegeven in fig. 3 f. Teneinde een indruk te verkrijgen welke reducties in het produktieniveau, ondanks de infiltratie blijven bestaan, is tevens de door berekening te verkrijgen produktieverhoging berekend per bodemkundige en hydrologische eenheid (fig. 3 g) als per perceel (fig. 3h).

Uit figuur 4 blijkt dat in het oostelijk deel van het proefgebied de invloed van de infiltratie op de produktie van enige betekenis is. In het algemeen zijn de voorjaars- en zomerwaterstanden reeds te diep om bij de gerealiseerde grondwaterstandsverhogingen van maximaal 40 cm vlak bij de leidingen en tamelijk snel afnemend tot 0, grote infiltratie-effecten te verwachten.

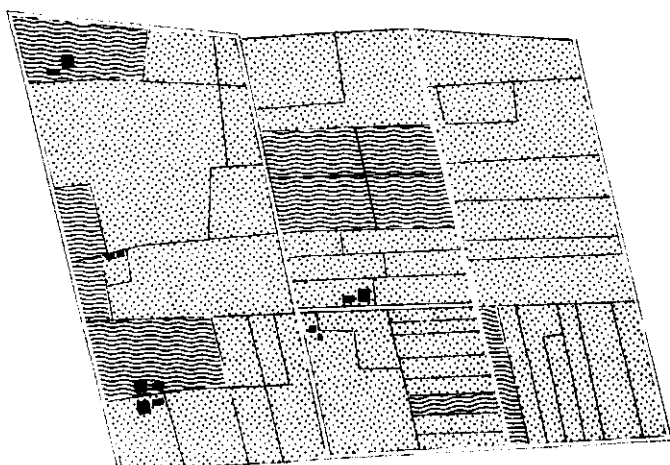
In het centrale deel van het proefgebied langs de lijn Liessel - Steenfabriek - Deurne, komen gronden voor met een dik humeus dek, met een goed vochthoudend vermogen. In de meeste jaren is op deze gronden nauwelijks enige opbrengstreductie te verwachten.

In het westelijk deel van het proefgebied komt nauwelijks enig effect van de infiltratie zowel op de grondwaterstandsverhoging als op de produktie tot uiting. In dit gebied infiltreert veel water, dat

Fig 3



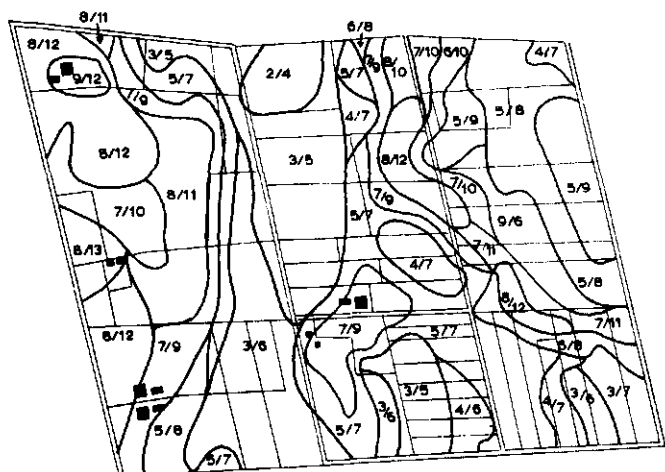
3a Bodemkaart
legenda Stiboka (tabel 1)



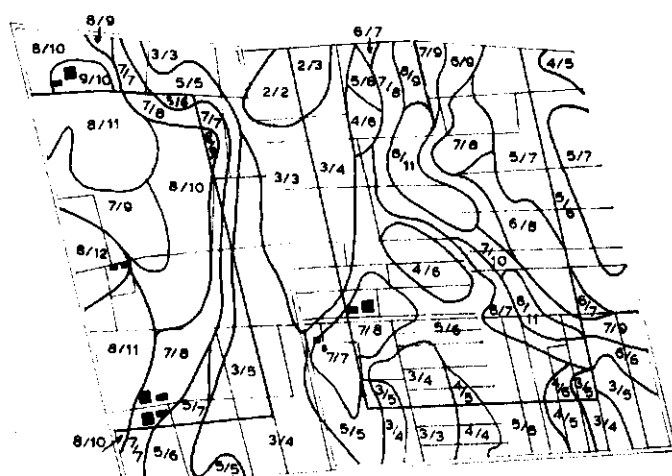
3b Cultuurtoestand
grasland bouwland

Grondwatertrappenkaart in g. t. eenheden van 20 cm

voorjaarswaterstand $8 \times 20 = 160 \text{ cm -mv}$
8/12= laagste waterstand $12 \times 20 = 240 \text{ cm -mv}$



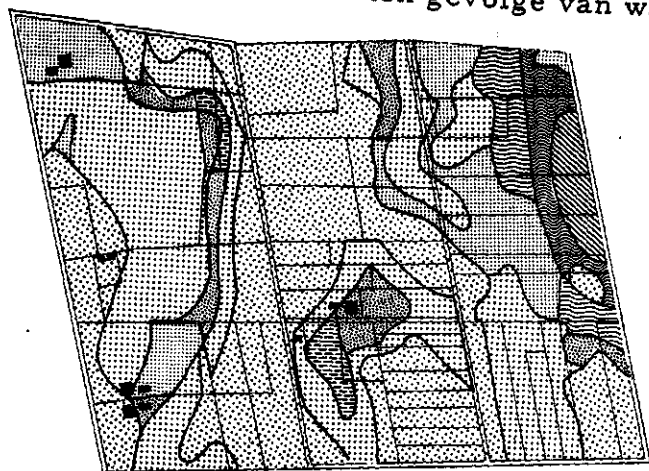
3c Zonder waterinlaat



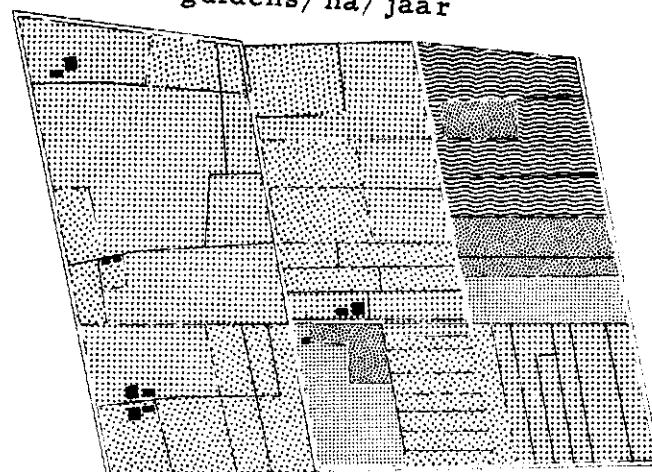
3d Met waterinlaat

Fig 3

Opbrengstverschillen ten gevolge van waterinlaat in guldens/ha/jaar



3e Per bodemkundige en hydrologische eenheid

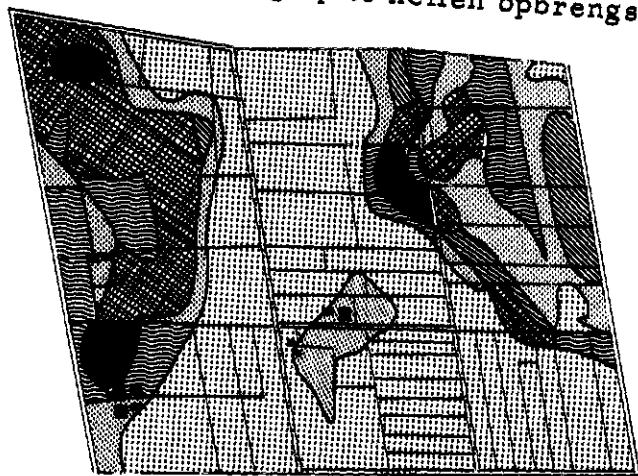


3f Per perceel

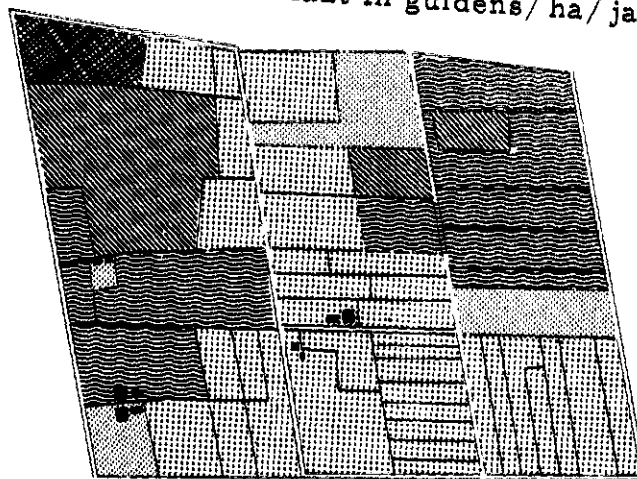
guldens/ha/jaar

	0 - 25		125 - 150
	25 - 50		150 - 175
	50 - 75		175 - 200
	75 - 100		200 - 225
	100 - 125		225 - 250

Door berekening op te heffen opbrengstreductie bij waterinlaat in guldens/ha/jaar



3g Per bodemkundige en hydrologische eenheid

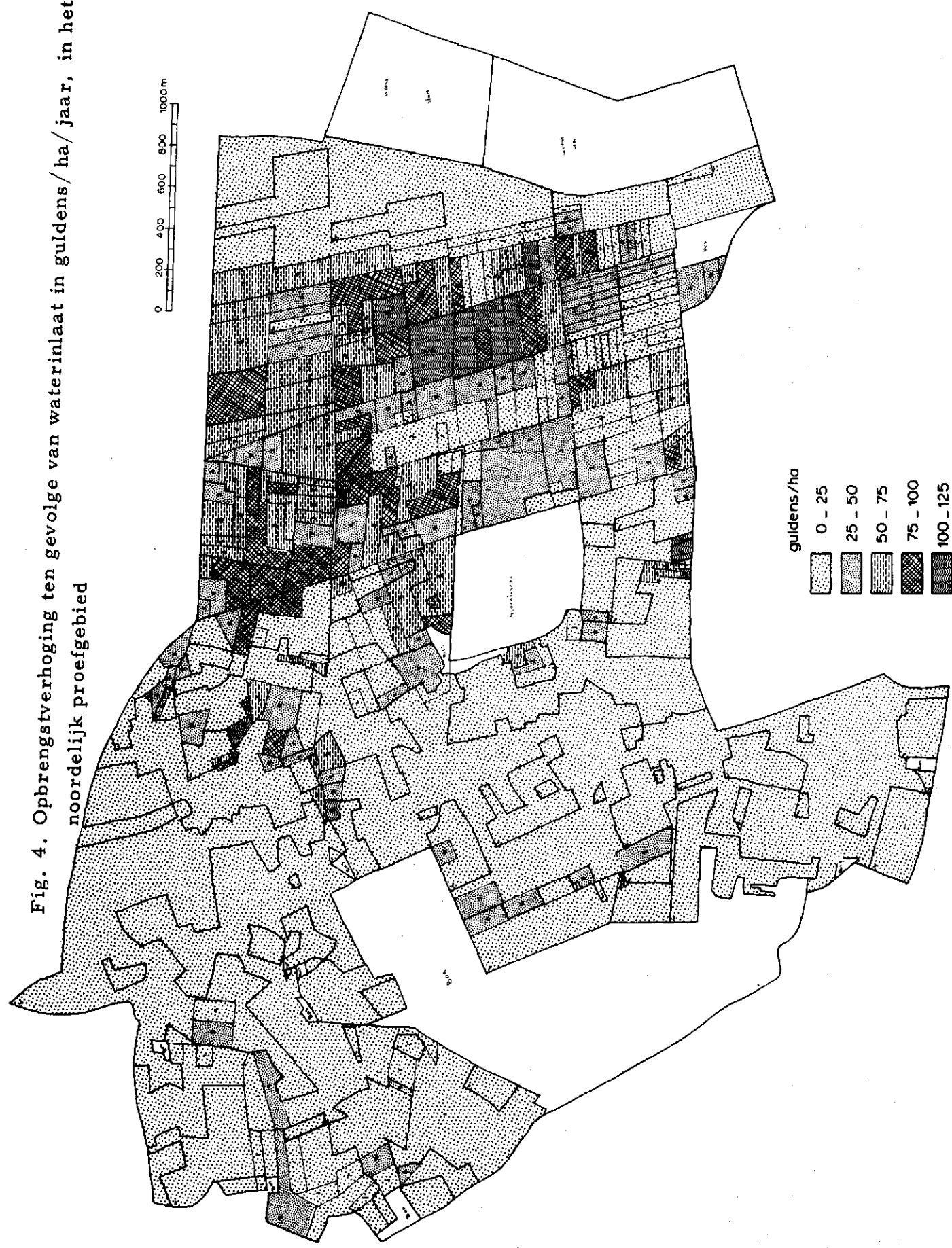


3h Per perceel

guldens/ha/jaar

	0 - 100		300 - 400
	100 - 200		400 - 500
	200 - 300		500 - 600

Fig. 4. Opbrengstverhoging ten gevolge van waterinlaat in guldens/ha/jaar, in het noordelijk proefgebied



via de ondergrond (BON, 1974) verdwijnt als voeding van het pompstation Vlierden.

In het algemeen moet voor dit proefgebied worden gesteld, dat het directe landbouwkundige langjarige gemiddelde effect van de infiltratie klein is. In het proefgebied loopt het gemiddelde infiltratie-effect voor enkele percelen maximaal op tot f 125 per ha per jaar. Men moet zich hierbij echter wel realiseren, dat in een 1%, 10% en 20% droog jaar het effect een factor 5, respectievelijk 4 en 2,5 keer groter is.

Naast het directe effect van de infiltratie op de produktie moet ook rekening worden gehouden met de mogelijke toename van de beregning in het gebied. In fig. 5 is een overzicht gegeven van de bedrijven, die tot 1975 een vergunning voor beregning uit het oppervlaktewater bij het waterschap hebben aangevraagd. Tevens zijn op deze kaart de bedrijven aangegeven, die in het kader van de ruilverkaveling een beregeningsinstallatie hebben aangevraagd. Een gedeelte van deze bedrijven zal het benodigde beregeningswater aan het oppervlaktewater onttrekken, de overigen zullen van grondwater onttrekking gebruik maken. De bedrijven, die vanuit het oppervlaktewater willen beregenen, krijgen hiervoor vergunning, onder de voorwaarden, dat alleen mag worden beregend zolang er water over de stuw stroomt. Water inlaat in het gebied, betekent in droge jaren, dat gedurende langere tijd oppervlaktewater kan worden gebruikt voor beregning.

Om een indruk te verkrijgen van de potentiële mogelijkheden voor de toepassing van de beregning in het noordelijk proefgebied is de door beregning nog op te heffen opbrengstreductie bepaald in de situatie met infiltratie. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in fig. 6, voor het langjarig gemiddelde effect. In droge jaren zal het effect evenals bij infiltratie enige malen groter zijn.

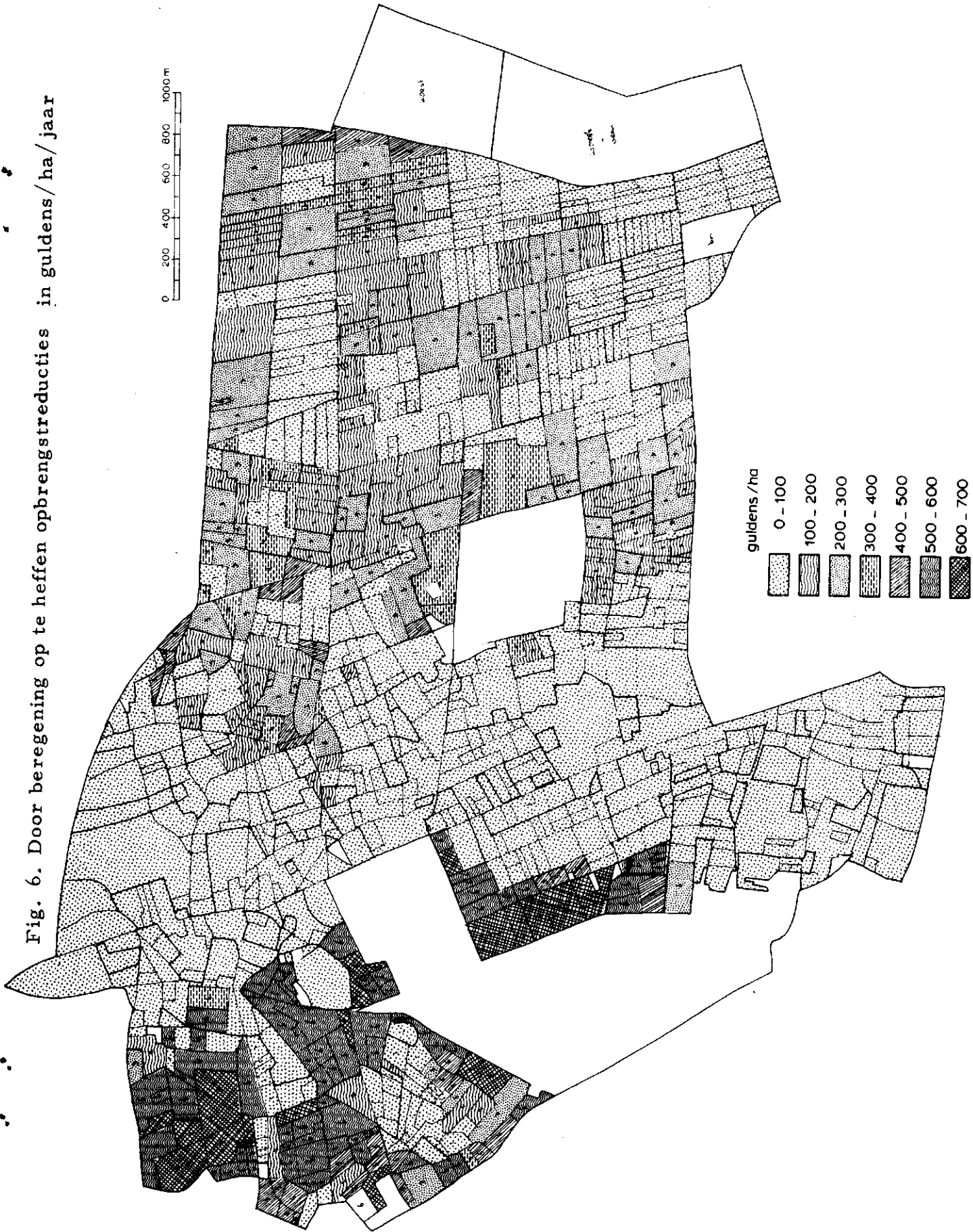
Het is opvallend dat in het westelijk deel van het proefgebied, waar infiltratie tengevolge van wegzijging naar het pompstation Vlierden, nauwelijks enig effect had, met beregning een belangrijke produktiestijging kan worden verkregen. In de middenstrook van het proefgebied zijn de beregeningseffecten gering, door de gunstige profielopbouw. In het oostelijk deel van het proefgebied zijn de te ver-

Fig. 5. Aanvragen naar beregeningsinstallatie

RUILVERKAVELING ASTENSE AA



Fig. 6. Door beregning op te heffen opbrengstreducties in guldens/ha/jaar



wachten effecten van de berekening van plaats tot plaats sterk uiteenlopend door de heterogene profielopbouw en de variaties in grondwatertrappen. In het bijzonder voor bedrijven met een grote rundveebezetting zal berekeningen in het westelijk deel en lokaal in het oostelijk deel van het proefgebied al spoedig economisch aantrekkelijk zijn.

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Voor een juiste belangenafweging ten behoeve van de waterinlaat in het plan 'Panheel' is een onderzoek verricht naar de landbouwkundige effecten.

Alleen de gegevens van het noordelijk proefgebied konden worden gebruikt, omdat in het zuidelijk proefgebied tijdens de onderzoeksperiode door uitvoering van ruilverkavelingswerkzaamheden belangrijke veranderingen in de waterhuishouding tot stand werden gebracht, waardoor een effect van de waterinlaat niet kon worden vastgesteld.

Van de berekening van het landbouwkundigeffect werd gebruik gemaakt van het model Rijtema, dat reeds eerder voor schadeberekeningen in waterwingebieden werd gebruikt.

Bij de berekeningen is gesteld, dat de voorjaarsgrondwaterstanden in de situaties zonder en met infiltratie gelijk zijn. De gegevens betreffende de verhoging van de zomergrondwaterstand door de infiltratie werden uit het onderzoek van Bon (1974) afgeleid.

Bij de berekeningen van het landbouwkundig effect van de infiltratie is voor grasland uitgegaan van een prijs van f 0,45 per ZW-eenheid. Voor de akkerbouw is gerekend met een bouwplan van 30% granen en 70% hakvruchten en mafs. Voor de granen is gerekend met een waarde van f 2000 per ha en voor hakvruchten en mafs met een waarde van f 3800 per ha. Bij de frequentieberekeningen is geen rekening gehouden met prijsstijgingen in droge jaren. Eventuele veranderingen in het prijsniveau kunnen met behulp van verhoudingscijfers op eenvoudige wijze in rekening worden gebracht.

In het proefgebied is het directe landbouwkundige effect van de infiltratie van het ingelaten water niet groot. Hiervoor zijn de volgen-

de redenen aan te geven:

- a. De verhogingen van de grondwaterstanden zijn met uitzondering van betrekkelijk smalle stroken vlak naast de infiltratieleidingen, niet groot. De grondwaterstanden blijven in het algemeen te laag om via de capillaire opstijging een belangrijke bijdrage aan de vochtvoorziening van het gewas te leveren;
- b. In het westelijk gedeelte van het proefgebied, waar volgens het onderzoek van Bon (1974) wel een grote infiltratie optreedt, dient dit water als voeding voor de drinkwaterwinning van het pompstation Vlierden. In dit gebied komt nauwelijks enige verhoging van de grondwaterstand voor;
- c. In een strook langs de lijn Liessel - Steenfabriek - Deurne komen gronden voor met een redelijk dik humeus dek van goede kwaliteit, waardoor in de meeste jaren het vochthoudend vermogen van deze gronden voldoende is. Bovendien zijn de grondwaterstanden in dit deel van het proefgebied laag;
- d. Bij de berekening van het langjarige gemiddelde effect hebben natte jaren, waarin geen vochttekorten optreden een grote invloed op de berekening. Voor de typisch droge jaren moet worden verwacht, dat het infiltratie-effect een factor 2 tot 5 keer groter is.

Tengevolge van de waterinlaat, zullen vooral in droge jaren, de mogelijkheden van beregening vanuit het oppervlaktewater toenemen. Om een oordeel te vormen van de eventueel mogelijke ontwikkeling van de beregening in het proefgebied is de te verwachten produktieverhoging met beregening voor de situatie met waterinlaat berekend. Hierbij geldt dat in droge jaren het effect belangrijk groter is.

LITERATUUR

- BON, J., 1974. Grondwaterstroming in het gebied van de Astense Aa. ICW-nota 800.
- GENEIJGEN, J. VAN, 1968. Het effect van de berekening op lichte rivierklei. Med. 157. Proefstation voor de Akker- en Weidebouw.
- MOEN, H.J. en J. BON, 1973. Bijdrage tot het geohydrologisch onderzoek met behulp van een kwel- en inzijgingsberekening in het gebied van de Astense Aa. ICW-nota 751.
- RIJTEMA, P. E., 1969. Soil moisture forecasting. ICW-nota 513.
- , 1969.a. On the relation between transpiration, soil physical properties and crop production as a basis for water supply plans. Techn. Bull. ICW 58.
- RIJTEMA, P. E. en G. ENDRÖDI, 1970. Calculation of production of potatoes. ICW. Techn. Bull. 70.
- RIJTEMA, P. E., 1971. Een berekeningsmethode voor de benadering van landbouwschade tengevolge van grondwateronttrekking. ICW-nota 578.
- RIJTEMA, P. E. en J. BON, 1974. Bepaling landbouwkundige gevolgen van grondwaterwinning met behulp van bodemkundige gegevens, toegepast op de waterwinning Losser. ICW. Regionale studies no. 7. 43 pp.
- WEERD, B. VAN DER, 1972. De te verwachten gevolgen van een inpoldering van de mosselbanken op de opbrengst van de belangrijkste landbouwgewassen in de Paulina-, Elisabeth- en Braakmanpolder. ICW-nota 678.