

Dr. J. J. SCHUURMAN en Ir. J. T. VENEKAMP  
*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)*

Ir. R. J. DE GLOPPER  
*Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad*

## **Het producerend vermogen van verschillende zavel-op-zandprofielen bij vier grondwaterstanden**

### **Inleiding**

In Nederland komen klei- en zavelgronden voor, waarvan de produktiviteit onderling sterk verschilt, doordat er een grote variatie is in de dikte van de klei- of zavelaag. Meestal rust deze laag op een ondergrond van zand of soms van veen, waarin de wortels moeilijk doordringen. Verschillende onderzoekers hebben zich bezig gehouden met de vraag hoe dik een kleilaag minimaal moet zijn om door de jaren heen een goede opbrengst te kunnen leveren, zonder grote schommelingen als gevolg van verschillen in de weersomstandigheden. (*Veldman*, 1948; *Peerlkamp*, 1948; *van den Berg en van den Bosch*, 1955; *Schuurman*, 1955). Veelal bleek een dikte van de kleilaag van 75 à 80 cm voldoende te zijn. Hoewel de conclusies goed bij elkaar aansluiten, is in het algemeen het bezwaar, dat ze gebaseerd zijn op theoretische beschouwingen of op gegevens van kortdurend onderzoek, waarin de schommelingen ten gevolge van de weersomstandigheden in verschillende jaren niet tot uiting kwamen. Het hierna te bespreken onderzoek had tot doel het producerend vermogen van een aantal profielen te vergelijken, waarbij tevens een indruk zou worden verkregen van de jaarlijkse variaties. Daarnaast was het de bedoeling twee methoden van onderzoek met elkaar te vergelijken.\*)

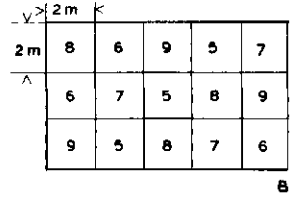
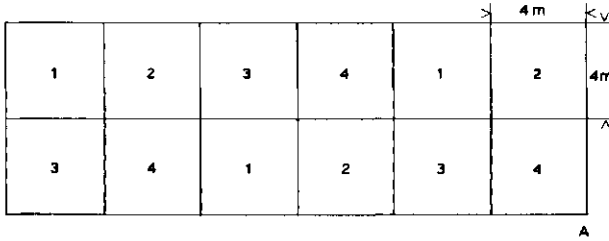
### **Materialen en methoden**

#### *Proefopzet*

Het onderzoek werd in de jaren 1956 t/m 1967 uitgevoerd op drie plaatsen, namelijk op proefveldjes in de Noordoostpolder en de Westpolder en in een buizenproef in Groningen.

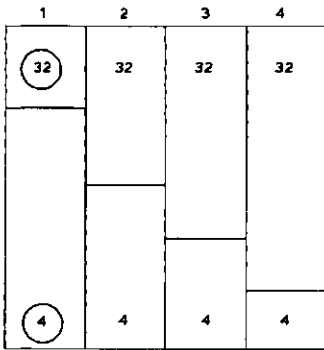
Het proefveld in de Noordoostpolder bestond uit 12 veldjes van 4 bij 4 meter. Er werden vier zaveldikten van 30, 60, 80 en 100 cm aangebracht, ieder in drievoud (fig. 1). Daaronder lag middelfijn zand met een U-cijfer van omstreeks 90. Het droge volumegewicht van dit zand was ongeveer 1,55 - 1,60 kg/dm<sup>3</sup>, dat van de zavel circa 1,25. Deze zavel bevatte per 100 gram droge grond 9,3 gram CaCO<sub>3</sub>, 2,7 gram humus en 20,6 gram lutum. P-citr bedroeg 29 en K-HCl 24. De grondwaterstanden lagen in het voorjaar tussen 125 en 160 cm-mv en daal-

\*) Voor belangstellenden zijn op aanvraag uitvoerige gegevens beschikbaar, o.a. van de eigenschappen van de grondsoorten.



A. PLATTEGROND VAN HET PROEFVELD IN DE NOORDOOSTPOLDER

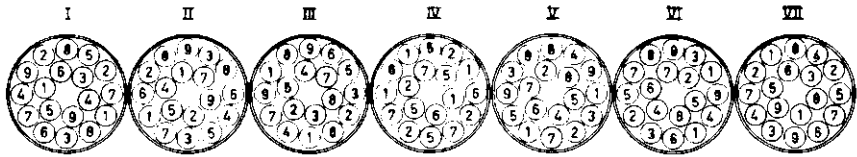
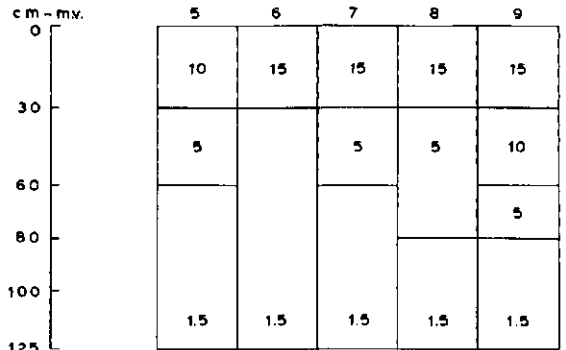
B. IN DE WESTPOLDER



4 AFSLIBBAAR PERCEEL

A. OPBOUW VAN DE PROFIELEN UIT DE NOORDOOSTPOLDER

B. UIT DE WESTPOLDER



grwst 60 cm dalend

> 125

110

60

> 125

60 dalend

110

PLATTEGROND VAN DE BUIZENPROEF TE GRONINGEN (DE CIJFERS IN DE KLEINE CIRKELS GEVEN DE NUMMERS VAN DE PROFIELEN)

Figuur 1. Plattegronden van de proeven.

den in de loop van de zomer tot minstens 170 of soms meer dan 200 cm-mv. Van de proef in de Westpolder waren de veldjes door betonnen wanden van elkaar gescheiden teneinde onderlinge beïnvloeding van de wortelstelsels te vermijden. De gebruikte grondsoorten waren van andere herkomst en zwaarte. Bovendien werden er in de ondergrond variaties in slibgehalte aangebracht. De proef bestond verder uit vijf profielen in drievoud (fig. 1).

De bovengrond met 15% afslibbare delen bevatte 0 tot 0,2% koolzure kalk. Deze grond was daardoor tamelijk slempig. P-citr varieerde van 31 tot 39, K-HCl was 8 à 10. De bovengrond met 10% afslibbare delen had een P-citr, dat lag tussen 48 en 50 en een K-HCl tussen 14 en 18. Het koolzure kalkgehalte was 3,8%. De grondwaterstanden in het voorjaar lagen op 130 tot 150 cm-mv en daalden in de zomer tot 160 à 170 cm-mv. In de proeven in de Noordoostpolder en de Westpolder waren de grondwaterstanden niet regelbaar.

In de proef in Groningen waren zowel de vier profielen uit de Noordoostpolder als de vijf uit de Westpolder aanwezig in betonnen buizen met een inwendige doorsnee van 30 cm en een hoogte van 125 cm. Deze buizen stonden in grote ingegraven betonnen bakken met een diepte van 125 cm, waarvan de bovenrand ongeveer gelijk was met het maaiveld (fig. 1). In deze bakken konden de grondwaterstanden worden beheerst. Deze waren respectievelijk: constant 60 cm (60) en 110 cm-mv (110), meer dan 125 cm-mv ( $> 125$ ) en 60 cm dalend (60 d). De bakken met een grondwaterstand van  $> 125$  cm-mv stonden in principe droog. Alleen na regenbuien stond er water in deze bakken, dat dan zo snel mogelijk werd weggepompt. Bij de grondwaterstand 60 d stond het water in het voorjaar 60 cm-mv en werd in de voorzomer verlaagd met 5 cm per week tot  $> 125$  cm-mv. Verder lag de proef grotendeels in viervoud. Omdat er in totaal niet meer dan 126 buizen konden worden geplaatst, werden profielen 3, 4, 8 en 9 met de dikste zavellagen bij de hoogste grondwaterstand uit de proef weggelaten, terwijl de profielen 6 en 7 bij deze grondwaterstand in drievoud werden gelegd (fig. 1). Er was in de Noordoostpolderserie dus een totaal van 14 profiel-grondwaterstandcombinaties en in de Westpolderserie van 18.

Het gewas op de proefvelden en in de buizenproef was per jaar steeds hetzelfde. De gewassen werden ieder jaar rijp geoogst, waarna de gewichten van stro, zaad, knollen of bieten werden bepaald. Van de suikerbieten werd ook het suikergehalte bepaald. Dit gebeurde in het laboratorium van de Coöperatieve Beetwortel Suikerfabriek bij Groningen.\*)

#### *De methoden van bewerking van de gegevens van de buizenproef*

In verband met het doel van het onderzoek zal de bewerking van de resultaten zich toespitsen op beantwoording van de volgende vragen:

- a. Hoe is de rangorde van de vier resp. vijf profielen, wanneer de resultaten over de twaalf proefjaren worden samengevat?
- b. Hoe is de rangorde van de vier grondwaterstanden over de twaalf proefjaren?
- c. Bij welke grondwaterstand geeft ieder profiel afzonderlijk de hoogste gemiddelde relatieve opbrengst?
- d. Is er verband tussen de weersomstandigheden en de relatieve opbrengsten van de profiel-grondwaterstandcombinaties in de twaalf proefjaren?
- e. Hoe is de overeenstemming tussen de resultaten van de proeven in de Noordoostpolder, de Westpolder en Groningen?

---

\*) Aan de Directie van deze fabriek wordt hierbij dank gebracht voor de verleende hulp.

Tabel 1. Relatieve opbrengsten in de jaren 1956 t/m 1967 van de profielen uit de Noord-oostpolder in de buizenproef

Profielen Zaveldikten (cm)	Grondwaterstanden in cm beneden maaiveld															Gemiddelde opbrengst in g per dm <sup>2</sup>				
	60					110					60 d					> 125				
	1	2	3	4	100	1	2	3	4	100	1	2	3	4	100	1	2	3	4	100
1956 aardappelen (knollen)	84,4	92,5	—	—	86,6	92,3	115,2	112,4	79,6	90,1	97,3	104,6	103,9	109,2	110,2	118,9	83,2	—	—	—
1957 wintertarwe (korrel)	87,3	91,4	—	—	89,1	97,7	106,6	120,6	90,4	96,9	101,2	113,2	77,6	98,1	104,5	126,5	7,3	—	—	—
1958 suikerbieten (suiker)	79,8	84,9	—	—	94,8	107,2	104,2	101,0	97,2	106,7	96,3	111,7	82,8	114,8	92,8	125,4	21,3	—	—	—
1959 erwten (korrel)	115,7	113,1	—	—	93,7	130,7	132,7	114,0	84,9	99,7	108,9	92,3	50,2	92,0	81,8	90,6	10,6	—	—	—
1960 wintertarwe (korrel)	76,3	85,3	—	—	81,8	86,9	103,5	114,0	97,9	108,3	124,7	134,8	69,6	88,5	104,8	122,2	6,2	—	—	—
1961 aardappelen (knollen)	83,0	98,4	—	—	83,8	110,3	113,0	116,0	81,2	102,2	100,4	108,7	83,5	106,3	114,6	97,8	103,7	—	—	—
1962 haver (korrel)	85,1	87,2	—	—	93,7	105,3	106,5	101,5	97,4	98,8	103,6	98,3	85,3	107,2	114,7	115,4	5,9	—	—	—
1963 vlas (stro)	86,9	89,9	—	—	86,0	102,0	107,3	105,0	97,6	105,4	113,0	106,7	79,4	100,3	108,4	112,0	7,6	—	—	—
1964 suikerbieten (suiker)	95,5	99,2	—	—	98,0	99,5	105,8	117,4	88,4	95,7	104,3	100,6	87,7	112,9	86,8	108,1	28,2	—	—	—
1965 aardappelen (knollen)	84,4	89,0	—	—	82,3	102,1	110,2	114,7	83,8	97,0	114,1	114,6	81,3	99,8	107,6	119,1	95,0	—	—	—
1966 haver (korrel)	98,1	107,7	—	—	82,6	84,0	107,9	104,4	98,4	107,7	98,4	98,4	101,7	102,5	108,2	99,8	5,2	—	—	—
1967 suikerbieten (suiker)	69,4	93,7	—	—	81,2	103,7	113,8	113,8	78,1	100,7	104,3	120,0	85,6	116,2	110,0	108,1	21,3	—	—	—

Tabel 2. Relatieve opbrengsten in de jaren 1956 t/m 1967 van de profielen uit de Westpolder in de buizenproef.

Profielen	Grondwaterstanden in cm beneden maaiveld															Gemiddelde opbrengst in g per dm <sup>2</sup>				
	60					110					60 d					> 125				
	6	5	7	8	9	6	5	7	8	9	6	5	6	7	8	6	5	7	8	9
1956 aardappelen (knollen)	89,3	78,7	104,1	—	—	86,3	95,2	119,0	116,6	115,5	100,4	83,4	96,3	105,4	102,4	90,2	86,3	107,8	115,2	112,2
1957 wintertarwe (korrel)	112,3	102,1	114,8	—	—	91,2	98,6	110,0	112,1	109,7	86,5	98,8	112,1	109,7	114,2	55,9	73,7	80,5	103,7	115,6
1958 suikerbieten (suiker)	103,7	95,8	82,9	—	—	90,3	92,2	108,7	110,4	112,7	81,6	94,2	101,8	115,0	116,8	70,6	86,6	100,7	125,0	111,2
1959 erwten (korrel)	142,9	147,4	140,5	—	—	63,6	115,6	130,5	125,2	171,6	63,1	86,1	79,4	107,1	133,0	22,0	51,4	59,7	65,9	97,8
1960 wintertarwe (korrel)	85,0	99,5	87,5	—	—	72,7	88,9	110,0	113,0	120,6	83,3	102,5	120,3	135,6	142,6	61,6	76,4	85,6	95,4	117,9
1961 aardappelen (knollen)	71,8	110,5	106,2	—	—	86,7	129,5	103,0	101,2	139,7	78,6	116,3	89,1	96,4	121,6	70,2	103,8	74,4	78,6	122,4
1962 haver (korrel)	97,5	87,0	79,1	—	—	94,5	95,7	113,5	113,3	123,6	68,6	89,0	88,3	115,7	118,7	71,8	92,0	104,5	114,2	132,9
1963 vlas (stro)	92,6	88,1	99,4	—	—	70,8	103,5	105,8	109,0	114,5	85,3	109,5	108,7	118,2	121,2	53,2	97,0	100,3	106,0	116,3
1964 suikerbieten (suiker)	132,7	113,3	145,6	—	—	107,7	130,7	135,8	131,7	141,5	41,9	65,6	56,7	98,0	101,2	52,0	69,2	52,3	101,7	121,9
1965 aardappelen (knollen)	111,5	104,0	110,3	—	—	85,9	98,1	100,6	105,7	104,7	88,4	99,3	99,7	99,8	101,7	77,4	102,1	100,8	101,4	108,2
1966 haver (korrel)	103,8	101,0	95,7	—	—	90,0	93,1	102,8	124,4	104,5	87,9	94,6	114,9	116,6	113,7	71,7	83,9	94,1	103,3	105,2
1967 suikerbieten (suiker)	103,0	81,5	93,6	—	—	98,3	111,1	101,7	108,4	116,5	79,5	92,3	85,5	123,2	125,2	74,7	86,9	84,2	124,6	109,8

Bij deze bewerking zal de proef in Groningen centraal worden gesteld. Van deze proef zullen in eerste instantie de resultaten, verkregen met verschillende gewassen, worden samengevat (tabellen 1 en 2). Dit werd bereikt door met relatieve opbrengsten te werken. Het proefschema is onvolledig, zodat de berekening zodanig moest worden uitgevoerd, dat met het niet orthogonaal zijn rekening werd gehouden (Corsten, 1957).

Daar het waarschijnlijk is, dat het neerslagtekort (evapotranspiratie minus neerslag) gedurende de groei van het gewas van betekenis zal zijn voor de invloed die profielen en grondwaterstanden op de relatieve opbrengst van de gewassen hebben, werd dit neerslagtekort als proefvariabele ingevoerd.

De resultaten van de uitgevoerde analyses zijn vermeld in tabel 3 en de daaruit

Tabel 3. Gemiddelde en gecorrigeerde relatieve opbrengsten van de buizen in afhankelijkheid van profielopbouw en grondwaterstand.

	Alle jaren		Natte jaren		Gem. jaren		Droge jaren	
	Gem.	Gecorrigeerde	Gem.	Gecorrigeerde	Gem.	Gecorrigeerde	Gem.	Gecorrigeerde
<b>Noordoostpolder</b>								
Grwst. - mv								
60	90,8	96,8	90,1	95,4	86,6	93,3	95,7	101,7
110	102,9	101,9	100,3	97,4	101,0	99,9	107,4	106,4
60d	101,1	100,1	99,8	98,9	104,8	103,7	98,7	97,7
> 125	100,6	99,6	104,9	104,0	100,9	99,7	96,0	95,0
Profiel								
1	86,8	87,2	89,0	89,6	85,6	86,5	85,8	85,6
2	100,2	100,6	99,3	99,8	98,8	99,6	102,6	102,4
3	106,6	106,1	105,2	104,4	109,5	108,5	105,1	105,3
4	110,6	110,1	110,4	109,6	111,0	110,0	110,4	110,7
<b>Westpolder</b>								
Grwst. - mv								
60	103,2	111,3	98,4	103,8	92,8	100,3	119,2	129,8
110	107,9	106,3	102,6	101,6	105,5	103,9	115,6	113,5
60d	99,7	98,1	100,7	99,6	105,5	103,9	93,0	90,8
> 125	90,5	88,9	97,8	96,7	93,6	92,0	80,1	78,0
Profiel								
6	83,4	82,2	89,4	89,0	77,8	77,6	83,0	80,0
5	95,9	94,7	93,0	92,7	99,4	99,2	95,3	92,3
7	100,0	98,8	102,5	102,1	98,6	98,4	98,9	95,9
8	109,6	111,9	111,6	112,3	108,0	108,2	109,3	115,2
9	118,2	120,4	108,7	109,5	124,4	124,3	121,5	127,5

Gebruikt voor vaste extra correctie op de gegevens van de Westpolder:

	Grwst.		Profiel				
	- mv		6	5	7	8	9
60	+ 10,4	- 5,2	- 5,2	-	-	-	-
110	- 3,5	+ 1,7	+ 1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
60d	- 3,5	+ 1,7	+ 1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
> 125	- 3,5	+ 1,7	+ 1,7	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 4. Gecorrigeerde relatieve opbrengsten van de Noordoostpolderprofielen in alle natte, gemiddelde en droge jaren in de buizenproef te Groningen.

Grwst., cm beneden maaiveld	Gecorrigeerde waarden			
	Alle jaren	Natte jaren	Gem. jaren	Droge jaren
Profiel 1				
60	84	85	80	87
110	89	88	86	92
60 d	87	88	90	83
> 125	87	94	86	81
Profiel 2				
60	97	95	93	104
110	103	99	100	109
60 d	101	99	103	100
> 125	100	104	100	97
Profiel 3				
60	—	—	—	—
110	108	104	108	112
60 d	106	103	112	103
> 125	106	108	108	100
Profiel 4				
60	—	—	—	—
110	112	109	110	117
60 d	110	108	114	108
> 125	110	114	110	106

Tabel 5. Gecorrigeerde relatieve opbrengsten van de Westpolderprofielen in alle natte, gemiddelde en droge jaren in de buizenproef te Groningen.

Grwst., cm beneden maaiveld	Gecorrigeerde waarden			
	Alle jaren	Natte jaren	Gem. jaren	Droge jaren
Profiel 6				
60	104	103	88	120
110	85	87	78	90
60 d	77	85	78	67
> 125	68	82	66	54
Profiel 5				
60	101	91	94	117
110	103	96	105	107
60 d	94	94	105	85
> 125	85	91	93	72
Profiel 7				
60	105	101	94	120
110	107	105	104	111
60 d	99	103	104	88
> 125	89	101	92	76
Profiel 8				
60	—	—	—	—
110	118	114	112	129
60 d	110	112	112	106
> 125	101	109	100	93
Profiel 9				
60	—	—	—	—
110	127	111	128	141
60 d	118	109	128	118
> 125	109	106	116	105

afgeleide tabellen 4 en 5. In tabel 4 staan de gecorrigeerde waarden van de gemiddelde relatieve opbrengsten van de Noordoostpolderprofielen, in alle en in de natte, gemiddelde en droge jaren, zoals deze uit de niet-orthogonale bewerking volgen. Tabel 5 geeft de overeenkomstige cijfers voor de Westpolderprofielen, waarbij een extra correctie voor interactie tussen Grondwaterstanden en Profielen in rekening diende te worden gebracht. De relatief hoge waarden van profiel 6 bij grondwaterstand 60 (ruim 10% hoger dan uit de andere waarden zou volgen) worden hierdoor veroorzaakt.

## Uitkomsten

### *De rangorde van de profielen*

De gecorrigeerde relatieve opbrengsten van de Noordoostpolderprofielen uit tabel 3 zijn in verband gebracht met de dikten van de zavelaag (tabel 6). De

Tabel 6. Verband tussen de gecorrigeerde relatieve opbrengsten en de profielopbouw.

Profielnummer	Noordoostpolderprofiel				Westpolderprofiel				
	1	2	3	4	6	5	7	8	9
Dikte zavellaag in cm	30	60	80	100					
Relatieve opbrengsten	87	101	106	110	82	95	99	112	120

relatieve opbrengst blijkt toe te nemen, naarmate de dikte van de zavellaag groter wordt. Dit gebeurt niet rechtlijnig, maar kan worden beschreven door een parabool met de vergelijking:

$$y = 69 + 0,69 x - 0,0028 x^2 \quad (30 < x < 100)$$

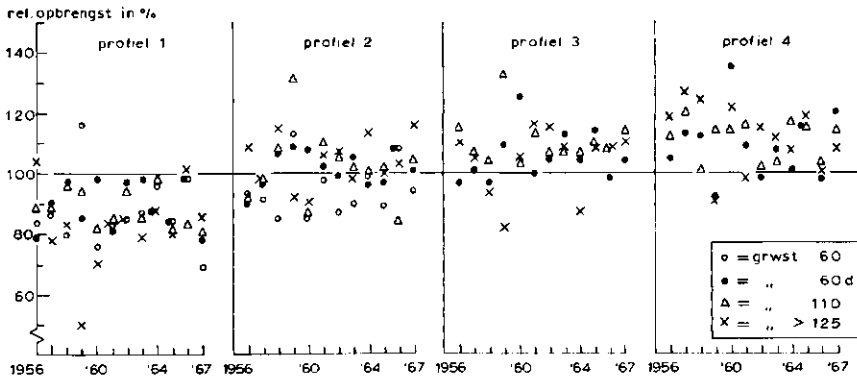
Deze formule suggereert dat de maximum opbrengst bereikt wordt bij een dikte van de zavellaag van ongeveer 120 cm. Dit is een waarde, die gelet op het type beworteling van eenjarige landbouwgewassen en de vochtvoorziening uit de grond acceptabel is. Een gemiddelde opbrengstdepressie van 5% treedt op bij een zaveldikte van 80 cm en van 10% bij een zaveldikte van 65 cm. Dit komt goed overeen met de resultaten van de in de inleiding genoemde oudere onderzoeken. De relatieve opbrengsten van de Westpolderprofielen blijken ook toe te nemen met een stijgend gemiddeld slibgehalte in het profiel, d.w.z. met de zwaarte van het profiel. Daar de ondergrond van deze profielen gecompliceerder is opgebouwd dan bij de Noordoostpolderprofielen, is een vergelijking met laatstgenoemde profielen en met de oudere onderzoeken niet mogelijk. Wel kan aan de hand van de gegevens van tabel 10 in praktijkgevallen worden nagegaan wat ongeveer de relatieve opbrengst zal zijn.

#### *De invloed van de grondwaterstanden*

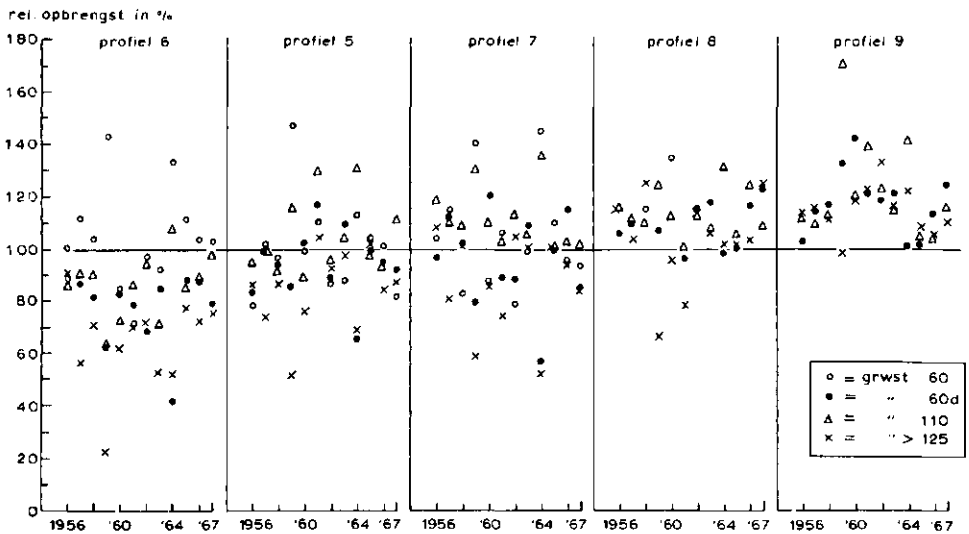
Ook hier kan men de gecorrigeerde waarden uit tabel 3 gebruiken (tabel 7). Het onderscheid tussen de effecten van de grondwaterstanden is gemiddeld over de twaalf proefjaren gering. Een waterstand van 60 cm-mv lijkt voor de Noordoostpolderprofielen minder gunstig. In de lichtere Westpolderprofielen zijn de hoogste grondwaterstanden het gunstigst. Dit is een duidelijk verschil met de Noordoostpolderprofielen.

Tabel 7. Verband tussen de gecorrigeerde relatieve opbrengsten en de grondwaterstanden.

Noordoostpolderprofielen		Westpolderprofielen	
Grondwaterstand	Rel. opbrengsten	Grondwaterstand	Rel. opbrengsten
60 cm-mv	97	60 cm-mv	111
110 cm-mv	102	110 cm-mv	106
60 d cm-mv	100	60 d cm-mv	98
> 125 cm-mv	100	> 125 cm-mv	89



*Figuur 2. Relatieve opbrengsten van de Noordoostpolder-profielen.*

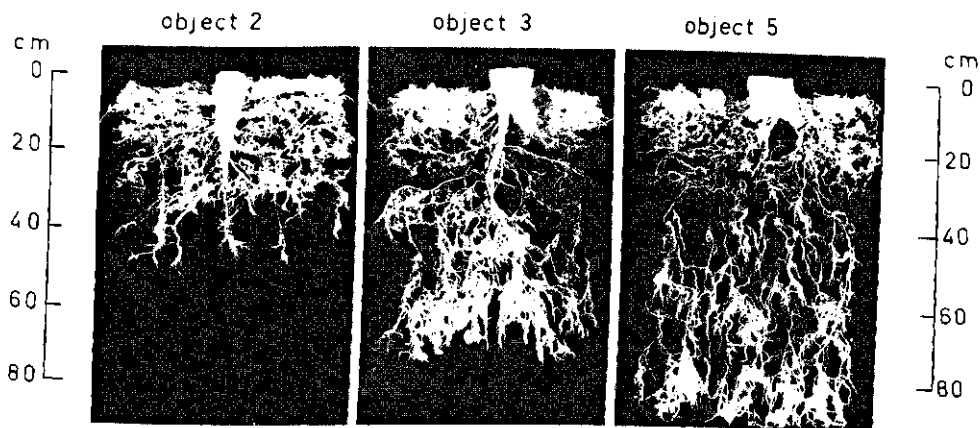


*Figuur 3. Relatieve opbrengsten van de Westpolder-profielen.*

*De waarde van de grondwaterstand voor ieder profiel afzonderlijk*

Uit variantieanalyses volgt dat men de resultaten bij de profiel-grondwaterstandcombinaties op kan vatten als de som van profiel- en grondwaterstand-effecten. Hier komt voor de Westpolderprofielen nog een duidelijke interactie-component bij. Profiel 6 gedraagt zich bij een grondwaterstand van 60 cm-mv ongeveer 10% gunstiger dan men uit hoofde van het profieffect en het grondwaterstandseffect zou mogen verwachten. Het ligt voor de hand dat dit een kwestie is van vochtvoorziening. Bij andere grondwaterstanden gedraagt profiel 6 met slechts 30 cm zavel zich in extra mate ongunstig. Dit ongunstige gedrag zal verband houden met het feit, dat profiel 6 het enige is van de Westpolderprofielen,





*Figuur 4. Wortelontwikkeling van 3 Westpolderprofielen (Westpolder 11-7-'67).*

waarin de wortelontwikkeling feitelijk tot de bovenste 30 cm beperkt blijft (fig. 4).

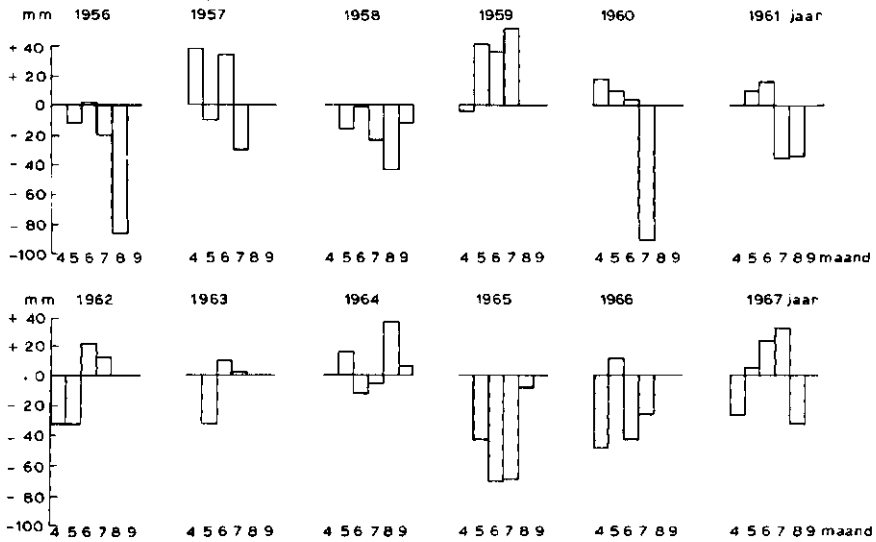
Tabel 4 laat zien, dat de grondwaterstand van 60 cm-mv bij de Noordoostpolderprofielen over het algemeen ongunstig is. Deze grondwaterstand is duidelijk te hoog. Voor het overige is de grondwaterstand van 110 cm-mv gemiddeld voor alle proefjaren en alle profielen de beste, maar de verschillen met 60 d en > 125 cm-mv zijn gering.

Uit tabel 5 blijkt, dat bij profiel 6 een grondwaterstand van 60 cm-mv de hoogste relatieve opbrengsten heeft gegeven. Bij de andere profielen is, gemiddeld over alle proefjaren, de grondwaterstand 60 d of > 125 cm-mv duidelijk te laag. Bij de profielen 5 en 7 werd bij 110 cm-mv een iets hogere relatieve opbrengst gevonden dan bij 60 cm-mv.

#### *De invloed van de weersomstandigheden op de relatieve opbrengsten*

De weersomstandigheden verschilden sterk in de verschillende jaren. Hoewel de afzonderlijke gewassen uiteenlopend zullen kunnen reageren op verschillen in weersomstandigheden, bleek uit een analyse van de gegevens dat dergelijke verschillen in deze proef geen belangrijke invloed op de uitkomsten hadden. Zo bleek het buiten beschouwing laten van het extreem droge jaar 1959 met erwten de uitkomsten nauwelijks te beïnvloeden. Hetzelfde geldt voor het extreem natte jaar 1965 met aardappelen.

Tijdens de proef zijn temperatuur- en neerslaggegevens verzameld. Bij de bewerking bleek evenwel, dat het voor een indeling van de jaren het doelmatigst was gebruik te maken van neerslagoverschotten en -tekorten, omdat het waarschijnlijk is, dat deze gedurende de groei van het gewas van betekenis zijn voor de invloed van profielen en grondwaterstanden op de relatieve opbrengst van de gewassen. Deze gegevens werden ontleend aan De Gloppe (1970) en zijn weergegeven in figuur 5. Hoewel deze waarnemingen betrekking hebben op het



Figuur 5. Neerslagoverschotten en -tekorten ten opzichte van het 30-jarig gemiddelde.

Lauwerszeegebied, valt niet te verwachten dat de indeling van de jaren anders uit zou vallen, als de gegevens van Groningen zouden zijn gebruikt. Voor de verdamping werd gebruik gemaakt van de gegevens van het KNMI-station te Groningen, omdat er voor de Lauwerszee geen waarnemingen beschikbaar waren. De jaren 1956, 1958, 1965 en 1966 zijn als nat te beschouwen. De jaren 1957, 1959, 1964 en 1967 kunnen als droog worden gekarakteriseerd, terwijl tenslotte 1960, 1961, 1962 en 1963 als gemiddelde jaren naar voren komen. De karakterisering geldt strikt voor de werkelijke groeiperiode voor ieder gewas. Deze indeling in natte, gemiddelde en droge jaren is bij de bewerking gebruikt (tabellen 3, 4 en 5).

(a) *Profielen.* Bij de Noordoostpolderprofielen is de reactie van de relatieve opbrengst op de profielen bij verschillen in „neerslagtekort” vrijwel gelijk. Deze gegevens zijn weergegeven in tabel 8 (afgeronde waarden uit tabel 3).

Bij de Westpolderprofielen is de reactie op profielen in droge jaren aanmerkelijk sterker dan in natte.

Het ligt voor de hand te veronderstellen, dat de waarde van de verschillende

Tabel 8. Verband tussen de relatieve opbrengsten en de neerslagtekorten bij de verschillende projecten.

Profielnummer	Noordoostpolderprofiel				Westpolderprofiel				
	1	2	3	4	6	5	7	8	9
Natte jaren	90	100	104	110	89	93	102	112	110
Gemiddelde jaren	86	100	108	110	78	99	98	108	124
Droge jaren	86	102	105	111	80	92	96	115	128

Tabel 9. Invloed van een hoger slibgehalte in verschillende bodemlagen op de relatieve opbrengsten; profielnummer met opbouw in % slib.

cm-mv	Noordoostpolderprofielen			
	1	2	3	4
0- 30	32	32	32	32
30- 60	4	32	32	32
60- 80	4	4	32	32
80-100	4	4	4	32
100-125	4	4	4	4
alle jaren	87* + 14**	101 + 5	106 + 4	110
natte jaren	90 + 10	100 + 4	104 + 6	110
gem. jaren	86 + 14	100 + 8	108 + 2	110
droge jaren	86 + 16	102 + 3	105 + 6	111

cm-mv	Westpolderprofielen					
	5	7	6	7	8	9
0- 30	10	15	15	15	15	15
30- 60	5	5	1,5	5	5	10
60- 80	1,5	1,5	1,5	1,5	5	5
80-125	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
alle jaren	95 + 4	99	82 + 17	99 + 13	112 + 8	120
natte jaren	93 + 9	102	89 + 13	102 + 10	112 — 2	110
gem. jaren	99 — 1	98	78 + 20	98 + 10	108 + 16	124
droge jaren	92 + 4	96	80 + 16	96 + 19	115 + 13	128

\* Relatieve opbrengst.

\*\* Verhoging, resp. verlaging, relatieve opbrengst door verzwaring van het profiel.

lagen voor de planten verschillend is. M.a.w. het maakt voor de plant een duidelijk verschil of een bepaalde laag uit zavel of uit zand bestaat. De verzamelde gegevens verschaffen een mogelijkheid daarover enig kwantitatief inzicht te krijgen (tabel 9).

Het blijkt, dat de vervanging van zand- door zavelagen bij de Noordoostpolderprofielen gerekend over alle jaren minder effect had, naarmate deze dieper lagen. Bij de Westpolderprofielen maakte het slechts weinig uit of de bovengrond van 0-30 bestond uit zavel met een gehalte aan afslibbare delen van 15 of van 10%. Daarentegen was een toename van het slibgehalte in de ondergrond wel van betekenis voor de opbrengst, maar ook hier nam de waarde van verzwaring van een laag af, naarmate deze dieper lag.

(b) *Grondwaterstanden*. Bij de Noordoostpolderprofielen blijken de reacties van de relatieve opbrengsten op de grondwaterstanden er significant van af te hangen of de groeiseizoenen nat, gemiddeld of droog zijn, zoals voor de hand ligt (tabel 10).

Voor de Westpolderprofielen is in de droge jaren zeer duidelijk een grondwaterstand van 60 cm-mv vereist; zoals te begrijpen valt is dit hoger dan voor de

Tabel 10. Verband tussen de relatieve opbrengsten en de neerslagtekorten bij verschillende grondwaterstanden.

Grwst., cm-mv	Noordoostpolderprofielen			Westpolderprofielen		
	natte jaren	gem. jaren	droge jaren	natte jaren	gem. jaren	droge jaren
60	95	93	102	104	100	130
110	99	100	106	102	104	113
60 d	99	104	98	100	104	91
> 125	104	100	95	97	92	78

zwaardere Noordoostpolderprofielen. In tegenstelling tot laatstgenoemden vragen de profielen uit de Westpolder in natte jaren geen grondwaterstand beneden 125 cm-mv, maar vermoedelijk een, die een paar dm hoger is.

*De invloed van de weersomstandigheden op de relatieve opbrengsten van de profiel-grondwaterstand combinaties*

Uit tabel 4 blijkt, dat de relatieve opbrengsten van profiel 1 bij de grondwaterstanden van 60 en 110 cm-mv weinig gevoelig waren voor de weersomstandigheden. De relatieve opbrengsten waren in de droge jaren (d.w.z. groeiseizoenen) iets beter dan in de andere. Ook bij de grondwaterstand 60 d waren de verschillen als gevolg van het weer niet groot, maar toch waren de droge jaren hier kennelijk het minst gunstig en dat geldt voor de grondwaterstand > 125 —mv in nog sterkere mate (hetgeen natuurlijk niet voor de absolute opbrengsten behoeft op te gaan).

Bij profiel 2 waren de onderlinge verschillen misschien iets kleiner, maar verder liepen de profielen 1 en 2 opmerkelijk parallel. Bij profiel 3 en 4 ontbrak de grondwaterstand 60 cm-mv. Niettemin gingen de resultaten heel redelijk parallel met die van de profielen 1 en 2, vooral in de natte en droge jaren en dat was ook het geval bij profiel 4.

*Samenvattend* kan worden vastgesteld, dat van alle profielen uit de Noordoostpolder bij de hogere grondwaterstanden in de droge jaren hogere relatieve opbrengsten werden verkregen dan in de natte jaren. Omgekeerd was het zo, dat de relatieve opbrengsten bij de lagere grondwaterstanden in de natte jaren beter waren dan in de droge.

Bij profiel 6 uit de Westpolder (tabel 5) waren de relatieve opbrengsten bij de hoge waterstanden (60 en 110 cm-mv) in de droge jaren belangrijk beter dan in de natte. De natte jaren waren beter dan de droge bij de lagere twee grondwaterstanden. Deze reactie was duidelijker dan bij het min of meer overeenkomstige profiel 1, maar dat was te verwachten, omdat de zwaarte van de grond geringer was. De profielen 5, 7 en 8 vertoonden in wezen hetzelfde beeld. Bij profiel 9 was er in zoverre een uitzondering aanwezig, dat de relatieve opbrengsten in de natte jaren bij de grondwaterstand van meer dan 125 cm-mv niet beter waren dan in de droge en bij 60 d zelfs minder goed. De oorzaak hiervan is niet duidelijk.

Tabel 11. Relatieve opbrengsten van de proefvelden in de Noordoostpolder en de Westpolder.\*

Jaar	Gewas	Profielnummer								
		1	2	3	4	6	5	7	8	9
1956	aardappelen (knollen)	109	93	102	97	85	114	100	106	96
1957	wintertarwe (korrel)	65	119	118	98	67	94	104	112	124
1958	suikerbieten (suiker)	100	100	102	99	100	96	102	96	107
1959	erwten (korrel)	47	98	124	129	13	98	93	128	168
1960	wintertarwe (korrel)	69	107	114	110	83	79	97	99	144
1961	aardappelen (knollen)	87	105	106	102	88	96	103	105	109
1962	haver (korrel)	68	107	111	114	67	102	110	112	109
1963	vlas (stro)	48	108	118	126	64	99	101	119	116
1964	suikerbieten (suiker)	87	102	106	106	75	100	101	110	113
1965	aardappelen (knollen)	63	110	113	114	109	77	106	100	108
1966	haver (korrel)	93	107	106	94	82	96	107	109	106
1967	suikerbieten (suiker)		niet verbouwd			90	98	101	106	106
	Gemiddeld	76	105	111	108	77	96	102	108	117

\* 100 = gemiddelde opbrengst van 4, resp. 5 profielen met 3 herhalingen per jaar.

### *Vergelijking van de opbrengsten uit de veldproeven in de Noordoostpolder en de Westpolder met die van de buizenproef in Groningen*

In het voorgaande is aangetoond, dat de relatieve opbrengsten van de profielen in de twee series van de proef in Groningen afnemen, naarmate de profielen lichter worden. De vraag komt hier naar voren of in de proeven in de Noordoostpolder en Westpolder dezelfde volgorde van de relatieve opbrengsten werd gevonden en in hoeverre de verhoudingsgetallen tussen de profielen overeenkomen. De relatieve opbrengsten van deze proefvelden zijn weergegeven in tabel 11. Hieruit blijkt, dat in de Noordoostpolder de profielen 2, 3 en 4 gemiddeld over de twaalf proefjaren slechts geringe verschillen in opbrengst vertonen. Alleen profiel 1 geeft duidelijk lagere opbrengsten. Bij de profielen 5 t/m 9 in de Westpolder lopen de opbrengsten veel verder uiteen. Daar is een teruggang in de volgorde 9, 8, 7, 5 en 6.

Tabel 12. Vergelijking tussen de gemiddelde relatieve opbrengsten van de buizenproef en de veldproeven.

	Relatieve opbrengsten van alle oogstjaren								
	Profiel Noordoostpolder				Profiel Westpolder				
	1	2	3	4	6	5	7	8	9
Buizenproef									
Grwst. 110	89	103	108	112	85	103	107	118	127
> 125	87	100	105	110	68	85	89	101	109
Gem. van									
110 en > 125	88	102	106	111	76	94	98	110	118
Veldproeven	76	105	111	108	77	96	102	108	117

Als gemiddelde relatieve opbrengst van de buizenproef is het gemiddelde van de relatieve opbrengsten bij de grondwaterstanden 110 en > 125 cm-mv genomen.

Wil men deze relatieve opbrengstverschillen vergelijken met die uit de buizenproef, dan moet wel worden bedacht, dat er in de laatste proef vier grondwaterstanden aanwezig zijn, waarvan 60 cm-mv sterk afwijkt van de situatie in de veldproeven. Deze kan daarom buiten beschouwing blijven. Ook grondwaterstand 60 d wijkt nogal af, omdat de beginstand belangrijk hoger is dan in de veldproeven. De grondwaterstanden 110 en  $> 125$  cm-mv komen het best overeen met die in de veldproeven.

Het ligt voor de hand de resultaten van deze twee grondwaterstanden samen te voegen en te vergelijken met die van de veldproeven. Dit is gedaan in tabel 12. Het blijkt dan, dat er bij de profielen uit de Westpolder een grote mate van overeenstemming is tussen de veldproef en de buizenproef. Bij de profielen uit de Noordoostpolder was de overeenstemming minder goed, echter voldoende om de conclusie te mogen trekken, dat buizenproeven met zorgvuldig opgebouwde profielen geschikt zijn om het producerend vermogen van verschillende profielen met elkaar te vergelijken.

### Samenvatting

Gedurende de jaren 1956-1967 werd een drietal proeven uitgevoerd, waarin het effect van verschillen in dikte en zwaarte van zavelagen op een zandondergrond op het producerend vermogen werd nagegaan. In twee proeven kon de grondwaterstand niet worden beheerst, in de derde wel. Eén proef met veldjes van  $4 \times 4$  m en vier profielen lag in de Noordoostpolder (fig. 1). Een tweede proef lag in de Westpolder. De afmetingen van deze veldjes bedroegen  $2 \times 2$  m. Het aantal profielen bedroef vijf (fig. 1). Alle profielen werden in drievoud in de proeven opgenomen. Daarnaast werden alle profielen aangebracht in een proef in Groningen in betonnen buizen  $\varnothing 30$  cm, geplaatst in betonnen bakken, waarin een viertal grondwaterstandsregimes (60, 60 dalend naar meer dan 125, 110 en meer dan 125 cm-mv) werd gehandhaafd (fig. 1). De profielen waren er in viervoud in aangebracht. Wegens ruimtegebrek moesten de zwaarste profielen (3, 4, 8 en 9) bij de ondiepste grondwaterstand achterwege blijven en werd bij enkele profielen één herhaling weggelaten.

Uit de gegevens verkregen in de buizenproef werden de relatieve opbrengsten berekend (tabel 1 en 2). De gemiddelde opbrengst per jaar werd voor de Noordoostpolderprofielen (1 t/m 4) en de Westpolderprofielen (5 t/m 9) afzonderlijk op 100% gesteld. In beide tabellen zijn tevens de gemiddelde werkelijke opbrengsten gegeven. In tabel 3 zijn de gemiddelde en gecorrigeerde relatieve opbrengsten vermeld.

Uit variantieanalyses bleek, dat de factoren profiel en grondwaterstand en in samenhang hiermee neerslagtekort gedurende de groeiperiode van invloed waren op de relatieve opbrengsten. De tabellen 4 en 5 geven de gecorrigeerde opbrengsten per profiel-grondwaterstandcombinatie. Bij de Noordoostpolderprofielen blijkt de gemiddelde relatieve opbrengst met toenemende zavel dikte toe te nemen van 87% bij 30 cm tot 110% bij 100 cm (tabel 6).

Het effect van een toenemende dikte wordt echter geringer naarmate al van een dikkere laag is uitgegaan. De gemiddelde relatieve opbrengsten van de West-

polderprofielen liepen uiteen van 82% op het profiel 6 met de dunste zavelaag tot 120% op het profiel 9 met de slibrijkste ondergrond (tabel 6). Bij de Noord-oostpolderprofielen is de aard van de reactie van de relatieve opbrengst op de profielen in natte en droge jaren gelijk (tabel 8). Bij de Westpolderprofielen is deze reactie in droge jaren aanmerkelijk sterker dan in natte. Het effect van verschillen in slibgehalte in ieder der lagen werd eveneens berekend (tabel 9).

De relatieve opbrengsten van de profielen uit de Noordoostpolder bleken in alle jaargroepen significant gevoelig te zijn voor verschillen in de grondwaterstand. Er is echter een verschil tussen natte en droge jaren. In natte jaren neemt de relatieve opbrengst toe, naarmate de grondwaterstand lager is, in droge jaren is de reactie omgekeerd (tabel 10). De profielen uit de Westpolder reageerden vooral in droge jaren sterk op deze verschillen in grondwaterstand. De hoogste grondwaterstanden bleken het gunstigst te zijn. Tevens werd nagegaan in hoeverre op ieder profiel afzonderlijk verschillen in reactie op de grondwaterstand werden verkregen. Bij het lichtste Westpolderprofiel 6 werd bij een grondwaterstand van 60 cm-mv een duidelijk afwijkend effect gevonden in die zin, dat de relatieve opbrengsten in alle jaren ca. 10% hoger waren dan bij deze profiel-grondwaterstandscombinatie mocht worden verwacht.

Tenslotte werd een vergelijking gemaakt tussen de veldproeven in de Noord-oostpolder en de Westpolder zelf en de parallellen in de buizenproef. De relatieve opbrengsten van de veldproeven zijn vermeld in tabel 11. Uit tabel 12 blijkt dat de overeenkomst tussen de uitkomsten van de veldproeven en de buizenproef (gemiddelde van de grondwaterstanden 110 en  $> 125$  cm-mv) bij de Westpolderprofielen zeer goed is en bij de Noordoostpolderprofielen vrij goed. Hieruit mag worden geconcludeerd dat uit een proef in betrekkelijk kleine buizen representatieve gegevens kunnen worden verkregen.

#### Literatuur:

*Berg, C. van den en D. van den Bosch:* Enkele gegevens over de wortelgroei van landbouwgewassen in zandige lagen.

In: Wortelgroei in gronden, bestaande uit een bovengrond van klei en een ondergrond van zand. Min. van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, Directie van de Landbouw, 1955, pp. 100-112.

*Corsten, L. C. A.:* Vectors, a tool in statistical regression theory. Diss. Landbouwhogeschool, Wageningen, 1957.

*Glopper, R. J. de:* Neerslag en verdamping in het Lauwerszeegebied. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Intern Rapp. No. 206, 1970.

*Peerlkamp, P. K.:* Enige beschouwingen over de waterhuishouding van een kleilaag op een zandige ondergrond in verband met de dikte van die laag. Rijkslandbouwproefstn. Bodemkd. Inst. TNO, Groningen, Gestencild Rapp., 1948.

*Schuurman, J. J.:* De wortelontwikkeling van wintertarwe in kleizandprofielen in betonnen buizen bij ongelijke kleilaagdikte, grondwaterstand en fijnheidsgraad van het zand.

In: Wortelgroei in gronden bestaande uit een bovengrond van klei en een ondergrond van zand. Min. van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, Directie van de Landbouw, 1955, pp. 122-135.

*Veldman, G.:* Over de landbouwkundige eisen, welke aan in te polderen gronden gesteld moeten worden. De Ingenieur, 1949, 61: 342.