

## RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE GRONINGEN

## HET WATERVERBRUIK VAN GRASLAND

DOOR

Dr. K. ZIJLSTRA

(Ingezonden 25 Januari 1938)

Voor de beoordeeling van het plantenleven is de kennis van de hoeveelheid water, welke de verschillende plantensoorten verbruiken, ongetwijfeld van groot belang. Men heeft dat reeds lang ingezien en dan ook vele pogingen aangewend, om het waterverbruik van allerlei planten te bepalen, en zoo is het ook gebleken, dat de verschillende plantensoorten in de eischen, welke zij aan de watervoorziening stellen, zoowel als in haar vermogen, het opgenomen water vast te houden, sterk uiteenloopen.

Niet alleen voor de plant zelf is dit verschijnsel van veel belang; het heeft evenzeer groote beteekenis voor hare omgeving. Dat laat zich gemakkelijk inzien, wanneer wij slechts denken aan die landbouwkundige vraagstukken, die direct met het in den grond aanwezige water in betrekking staan en waarbij de vraag rijst naar gegevens over de waterdampafgifte door bepaalde gewassen. Een van de voorbeelden hiervan is de vraag, hoe groot de waterdampafgifte van een begroeiden, vergeleken met die van een onbegroeiden grond is, onder overigens gelijke omstandigheden. Een dergelijke vraag doet zich voor, wanneer het bijv. van belang is, te zorgen, de waterdampafgifte zoo gering mogelijk te doen zijn, ten einde daardoor de opstijging van water uit den ondergrond zooveel mogelijk te beperken (bijv. indien in den ondergrond zout aanwezig is, zooals op sommige terreinen van de nieuwe Zuiderzeepolders). Verdient het in zulk een geval de voorkeur, den grond te doen begroeien met een of ander gewas, of is het beter, den grond kaal te houden?

Aan den anderen kant is het soms noodzakelijk, te weten, welke planten het meeste water afgeven door transpiratie, en dus het meeste bijdragen tot de wateronttrekking aan den grond; of men staat voor de vraag, hoeveel de grondwaterstand in een bepaalden termijn door de verdamping kan worden verlaagd.

Niet zelden treft men de meening aan, dat de planten den grond tegen al te groote uitdroging beschutten, doordat ze als het ware een scherm vormen. Dit is echter, zooals S. H. MILLER (1) terecht opmerkt, slechts een secundair gezichtspunt.

Men kan in het algemeen wel aannemen, dat de kruiden en boomen een belangrijke taak vervullen, doordat zij het vochtgehalte van de atmosfeer egaliseeren en den regenval reguleeren, maar hoever de opvatting, dat het plantendek een tegen uitdrogen beschuttende laag vormt, van de werkelijkheid afstaat, zal uit de hier volgende onderzoekingen blijken.

Wij hebben ons de vraag gesteld, of het mogelijk zou zijn, iets naders te weten te komen over de waterafgifte door een grasmat in het algemeen, en door verschillende grassoorten in het bijzonder, en wel onder omstandigheden, die niet al te zeer van de natuurlijke afwijken. M. a. w. wij wilden trachten te bepalen hoe groot het bedrag der *transpiratie* van verschillende grassoorten onder normale omstandigheden is.

Onder *transpiratie* willen wij verstaan de verdamping van water uit de plant, welke verdamping in meerder of minder opzicht beïnvloed is door de structuur en de levensverrichtingen van de plant. Verdamping van water uit den grond, of uit een vrije wateroppervlakte zullen wij *evaporatie* noemen. De evaporatie en transpiratie zijn beide in hooge mate afhankelijk van dezelfde factoren: zonnestraling, temperatuur, vochtgehalte der lucht en wind, maar ze zijn er niet in gelijke mate van afhankelijk. Immers de plant oefent zelf invloed uit op de afgifte van waterdamp.

Het spreekt vanzelf, dat een onderzoek over de grootte der transpiratie slechts uitkomsten kan geven, die voor de daarbij heerschende omstandigheden geldigheid bezitten; men kan de resultaten niet onmiddellijk overdragen op andere omstandigheden. Toch moet men zulk een onderzoek ook niet te laag aanslaan, vooral ook omdat de uitkomsten vergeleken kunnen worden met die van onderzoekingen van anderen, onder niet al te afwijkende omstandigheden verricht. De verkregen gegevens verschaffen in elk geval wel eenig inzicht in de orde van grootte der waterhoeveelheden, welke hierbij in het spel zijn. En vooral hebben de resultaten beteekenis, indien men zich als doel voor oogen stelt, de verhouding der transpiratie van de plant tot de evaporatie uit den onbegroeiden grond en uit een wateroppervlakte onder gelijke omstandigheden te leeren kennen.

Men kan natuurlijk niet verwachten, dat er een vaste verhouding tusschen die transpiratie en evaporatie bestaat. Integendeel, die verhouding is afhankelijk van velerlei factoren, o. a. van de reeds genoemde, waaraan wij nog in de eerste plaats toe kunnen voegen: de aard der plant en de grondsoort. De evaporatie uit een donker gekleurden grond zal bijv. bij zonnig weer grooter zijn, dan uit een licht gekleurden. Maar men kan zich in het algemeen afvragen, of in den regel de transpiratie van de plant of van een plantendek grooter of kleiner is, dan de evaporatie uit een onbegroeiden grond of uit een wateroppervlakte.

Wij willen nu eerst eens nagaan, welke gegevens er in de literatuur te vinden zijn. Veel zijn het er niet, die aanspraak kunnen maken op voldoende betrouwbaarheid, of die een antwoord op onze vraag kunnen geven. Weliswaar zijn er vrij talrijke cijfers gepubliceerd over de transpiratie van allerlei planten, doch gewoonlijk berusten deze op het onderzoek met enkele planten onder onnatuurlijke omstandigheden of met afgesneden plantendeelen. Maar hoe groot het waterverbruik der planten onder normale omstandigheden is, en ook, hoe groot het maximale verbruik is, daarover treft men slechts zelden betrouwbare, uit nauwgezette proeven afgeleide, gegevens aan.

Toch ontbreken bruikbare opgaven over de transpiratie van landbouwgewassen onder nagenoeg natuurlijke omstandigheden niet geheel en al. De meeste vindt men in de oudere literatuur. Zoo vindt men bijv. cijfers, die vertrouwen verdienen, in het *Verlag der Staatscommissie van 5 Mei 1893 tot het instellen van een onderzoek omtrent bevoeiingen* (2), dat in 1897 is verschenen en waarin verdampingswaarnemingen worden vermeld, welke door het Hoogheemraadschap Rijnland zijn gedaan te Oude Wetering (Zuid-Holland). Men heeft daar de transpiratie van de grasmat bepaald en vergeleken met de evaporatie uit den onbegroeiden grond en uit een wateroppervlak. Deze waarnemingen, welke loopen over een reeks van 20 jaren, van 1876 tot 1895, kunnen als volgt in de onderstaande tabel worden samengevat. De getallen stellen daarin de gemiddelden van 20 jaren voor en de verdamping is uitgedrukt in mm. Door de tusschen haakjes geplaatste getallen wordt de gemiddelde verdamping per dag weergegeven.

	Grasland	Water	Zwarte grond
Januari . . . . .	10,1	11,1	7,4
Februari . . . . .	13,8	15,3	10,8
Maart . . . . .	27,4	29,2	23,8
April . . . . .	68,1 (2,27)	60,0 (2,00)	49,6 (1,65)
Mei . . . . .	123,8 (3,99)	92,2 (2,98)	73,4 (2,37)
Juni . . . . .	141,0 (4,70)	103,4 (3,45)	74,0 (2,46)
Juli . . . . .	139,4 (4,50)	94,7 (3,05)	67,6 (2,19)
Augustus . . . . .	114,2 (3,68)	80,1 (2,58)	56,8 (1,83)
September . . . . .	72,7 (2,42)	49,7 (1,66)	38,0 (1,27)
October . . . . .	33,4	28,5	21,7
November . . . . .	16,6	16,6	12,0
December . . . . .	8,7	11,0	7,1
Som . . . . .	769,3 mm	591,6 mm	442,2 mm
Verhouding. . .	130,0	100	74,7

De jaarlijksche transpiratie der grasmat bedroeg dus 130 % en de evaporatie uit den onbegroeiden grond slechts 74,7 % van de evaporatie uit een wateroppervlak.

Naast deze belangrijke waarnemingen te Oude-Wetering verdienen de onderzoekingen van E. RISLER (3) alle aandacht; ze zijn uitgevoerd volgens verschillende methoden, nl.:

1°. met cylinders met grond, waarin zich slechts 1 plant bevond; de inrichting was zoodanig, dat alleen de transpiratie van de plant werd bepaald, met uitsluiting van evaporatie uit den grond;

2°. met cylinders met grond en planten, zoo dat de gezamenlijke verdamping van planten en grond werd bepaald. In die gevallen, waar de grond geheel door het gewas werd bedekt, bijv. bij de proeven met lucerne, klaver en Engelsch raaigras, kon de evaporatie uit den grond gelijk 0 worden gesteld;

3°. door deelen van een plant in een glazen buis te steken, waarbij dan die deelen aan de plant bevestigd bleven, en dan de in de buis afgegeven hoeveelheid water te bepalen.

Al deze bepalingen geschieden door weging. RISLER leidde uit zijn waarnemingen de gemiddelde verdamping per dag af, welke hij in mm uitdrukt, nl.:

lucerne . . . . .	3,4—7 mm
gras . . . . .	3,1—7,3 „
maïs . . . . .	2,8—4 „
tarwe . . . . .	2,7—2,8 „
klaver . . . . .	2,9 „
rogge . . . . .	2,3 „
aardappelen . . . . .	0,7—1,4 „
sparrenbosch . . . . .	0,5—1,1 „
eikenbosch . . . . .	0,5—0,8 „

Bovendien vergeleek hij de waterafgifte van planten met de evaporatie uit onbegroeiden grond, waarbij hij de volgende waarden vond, in mm per dag:

in den zomer van 1870:	in den zomer van 1871:
grond . . . . . 2,6 mm	grond . . . . . 3,34 mm
maïs . . . . . 5,45 „	graszode . . . . . 3,96 „
haver . . . . . 4,30 „	lucerne . . . . . 3,68 „
klaver . . . . . 3,85 „	haver . . . . . 3,41 „
wikken . . . . . 2,80 „	klaver . . . . . 3,31 „

Deze onderzoekingen zijn gedaan in de nabijheid van Genève.

Een zeer betrouwbaaren indruk geven de cijfers, door S. H. MILLER (1) uit een, blijkbaar zeer zorgvuldig uitgevoerd onderzoek over lange termijnen verkregen. Deze onderzoeker paste dergelijke methoden toe, als RISLER, nl.

cylinders met grond, al of niet met 1 plant, waarbij dan in het laatste geval de evaporatie uit den grond werd belet en alleen de transpiratie der plant uit het gewichtsverlies bepaald; en verder ook met cylinders met grond en een grasmat, waarvan het gras dicht stond, zoodat de evaporatie uit den grond des te geringer is, naarmate het gras dichter staat. Bovendien werd de evaporatie uit een wateroppervlak gedurende 14 jaren bepaald. De proeven met de planten duurden 3 jaren; helaas verzuimde MILLER te vermelden, welke jaren. Deze onderzoekingen zijn te Londen gedaan, om een prijsvraag van het „Genootschap voor Kunsten en Wetenschappen”, gevestigd te Utrecht, te beantwoorden. Het Genootschap wenschte: „Une série d'observations sur les quantités d'eau qui s'évaporent de divers terrains et de diverses plantes, dans des circonstances différentes”.

Voor de periode 1862—1875 vond MILLER als gemiddelden regenval per jaar 617,25 mm en als gemiddelde evaporatie per jaar uit een wateroppervlakte 478,43 mm. De evaporatie uit een wateroppervlak was dus 77 % van het bedrag van regenval.

De evaporatie uit den grond werd gedurende 3 jaren bepaald; ze is afhankelijk van de grondsoort, doch in alle onderzochte gevallen bedroeg ze minder dan de evaporatie uit een vrije wateroppervlakte, nl. als jaargemiddelde van het tijdvak van 3 jaren bij veengrond 80 %, bij een fijnzandigen grond 83 %, bij een kleigrond 80 %, bij een donkeren, humusrijken grond 88 % en bij een beschaduwden donkeren humusrijken grond slechts 36 % van de evaporatie uit een wateroppervlak.

De bepaling van de waterdampafgifte, de transpiratie, van planten, geschiedde met „lang gras” (nl. *Festuca pratensis*, naar gelang van het seizoen in lengte varïerend van 25 tot 40 cm), „kort gras” (*Anthoxanthum odoratum*), roode klaver (*Trifolium pratense*) en witte klaver (*Trifolium repens*). Ook dit onderzoek liep over 3 jaren. De transpiratie, uitgedrukt in percentages van de evaporatie uit een wateroppervlak, bleek gemiddeld per jaar te bedragen: bij lang gras 283 %, kort gras 138 %, roode klaver 313 % en witte klaver 183 %. Dat de transpiratie van boomen heel wat geringer is, wordt ook door MILLER vermeld. Hij deed een onderzoek met een naaldboom en een loofboom, nl. *Abies rubra* en *Quercus Leucombes*, en vond, dat de transpiratie van *Abies* in het jaar 1874 80 % en in 1875 98 % van den regenval bedroeg. Per jaar bleek *Abies* meer waterdamp af te geven dan de eik, doordat bij de eerste de transpiratie het geheele jaar doorgaat, bij den eik echter gedurende de wintermaanden stilstaat. In de zomermaanden wint de eik het echter van den naaldboom.

Soortgelijke onderzoekingen zijn in 1870 in Beieren verricht door A. VOGEL (4), die als verdamping gedurende 108 vegetatiedagen van

1 vierkanten voet met graan begroeid land op „Thonboden” 20,4 l en op „Kalkboden” 22,4 l vond; m. a. w. 1 vierkante voet Thonboden, met graan begroeid, had dagelijks 188 g water noodig en 1 vierkante voet Kalkboden 207 g. Dit komt overeen met een totale waterafgifte door graan in 108 vegetatiedagen van 227 mm op Thonboden en 249 mm op Kalkboden. (In deze 108 dagen bedroeg de regenval 361 mm).

In het volgende zullen wij zien, dat deze bedragen van dezelfde orde zijn als de door ons bij graszoden gevondene.

Ook VOGEL komt tot de conclusie, dat boomen minder waterdamp afgeven. Door proeven met kleine boomen en omrekening op een bosch vindt hij, dat 1 morgen (volgens VOGEL 1 morgen = 40 000 vierkante voet, dus ongeveer 36 are) beukenwoud in 5 maanden 27 000 l water verdampt tegen 1 morgen sparrenwoud (Fichte = *Picea excelsa* Lk) slechts 18 000 l. Geringe bedragen, in vergelijking met de waterdampafgifte door granen, welke volgens zijn berekening in 108 dagen per morgen van 800 000 tot 900 000 l belooft.

De voornaamste uitkomsten van het onderzoek van VOGEL zijn: de evaporatie uit kleigrond staat tot die uit kalkgrond als 100 : 115; de evaporatie uit onbegroeiden grond staat tot de waterdampafgifte van bezaaiden grond op kleigrond als 100 : 111 en op kalkgrond als 100 : 116. De plantensoort heeft invloed op de hoeveelheid der waterafgifte; de vier granen haver, tarwe, rogge en gerst verschillen in dit opzicht weinig van elkander; haver heeft het meeste water noodig.

In 1878 heeft VOGEL (4) zijn onderzoek nog eens gecontroleerd door middel van vochtigheidsbepalingen van de lucht boven verschillende terreinen met behulp van een hygrometer. Hieruit leidt hij de intensiteit van de transpiratie en evaporatie af, waarbij hij tot de conclusie komt, dat de verdamping op bezaaiden grond grooter is dan op onbezaaiden en dat de aard der begroeiing van grooten invloed is op de hoeveelheid van het verdampte water. De grootste waterafgifte constateerde hij bij grasland.

Na deze oudere publicaties treft men in de literatuur slechts weinig van beteekenis over dit onderwerp meer aan. Alleen wil ik hier nog de aandacht vestigen op een mededeeling van W. FRECKMANN (5) in zijn in 1932 verschenen boek over de weiden. Hierin bespreekt de schrijver zijn onderzoek over het waterverbruik van grasland in gemengd gebruik. Het onderzochte land bestond uit *Phalaris arundinacea* (Rietgras), *Arrhenatherum elatius* (Fransch raaigras), *Dactylis glomerata* (Kropaar), *Alopecurus pratensis* (Vossestaart), *Phleum pratense* (Timothee), *Festuca pratensis* (Beemdlangbloem), *Lolium perenne* (Engelsch raaigras) en *Poa pratensis* (Veldbeemdgras). Hiervan worden de volgende verdampingscijfers vermeld, uitgedrukt in mm per dag, gedurende de vegetatieperiode: April 2,20, Mei 6,14, Juni 3,98,

Juli 5,35, Augustus 2,46 en September 1,01 mm. Het gras was gemaaid op 10 Juni; daaraan moet dan ook waarschijnlijk de geringe verdamping in Juni worden toegeschreven.

FRECKMANN voegt hieraan nog de opmerking toe, dat de verdamping op beweid land gelijkmatiger is; na een vermeerdering van de waterdampafgifte in het begin van den groei blijft de waterbehoefte ongeveer gelijk tot Augustus, de maand, waarin de groei al minder begint te worden.

In het boek van FRECKMANN worden ook nog de bevindingen van GERHARDT (zonder nadere aanduiding) aangehaald over het *gemiddelde dagelijksche waterverbruik* gedurende den vegetatietijd, nl.

van hooiland . . . . .	5 mm
„ weiland . . . . .	3,5—4 „
„ tarwe . . . . .	3 „
„ rogge . . . . .	2 „
„ aardappelen . . . . .	1 „

Dit zijn natuurlijk gemiddelde waarden. Naar gelang van de heerschende omstandigheden kunnen de verdampingscijfers nu eens naar boven, dan weer naar beneden afwijken. Dat het waterverbruik van grasland bovenaan staat, blijkt uit alles echter wel duidelijk en wordt in den laatsten tijd nog eens weer door FRECKMANN (6) bevestigd in een artikel in de *Deutsche Landwirtschaftliche Presse*, waarin hij zegt: „Von allen Kulturarten haben sie” (d. i. de graslanden) „bekanntlich den grössten Wasserbedarf, der nach den darüber vorliegenden Erfahrungen zum Hervorbringen befriedigender Erträge in den Monaten Mai bis August einschliesslich i. M. 4,5 bis 5 mm je Tag = 45 — 50 m<sup>3</sup> oder insgesamt rund 5 — 6000 m<sup>3</sup> Wasser je ha beträgt”.

### Eigen onderzoek

In Juni 1934 verzamelden wij graszoden uit een in de nabijheid van het Paterswoldsche meer gelegen grassoortenproefveld, dat in het voorjaar van 1932 was aangelegd en dus twee jaren oud was. De perceelen van dat proefveld bestonden uit zuivere grassoorten, niet vermengd met andere, waardoor wij dus in de gelegenheid waren, graszoden te verkrijgen, die elk slechts een grassoort bevatten. Het proefveld was reeds geruimen tijd geleden gemaaid, maar door de langdurige droogte was er bijna geen etgroen. Alles was kaal en dor. Wij zochten de zuiverste plekken van de perceelen uit, waar de zode het dichtst was en geen onkruid bevatte. Hier staken wij tien zoden van 50 cm lengte, 25 cm breedte en 20 cm dikte, elk bestaande uit een der volgende grassoorten: *Agrostis alba* L (Fiorin), *Alopecures pratensis* L (Vossestaart), *Avena flavescens* L (Goudhaver), *Festuca pratensis* Huds (Beemdlangbloem), *Festuca*

rubra L (Rood Zwenkgras), *Holcus lanatus* L (Meelraai), *Lolium perenne* L (Engelsch raaigras), *Phleum pratense* L (Timothee) en *Poa pratensis* L (Veldbeemdgras). Van *Poa pratensis* namen wij twee zoden, de eene 25 cm dik, met de bedoeling, van de laatste de bovenlaag, ter dikte van 5 cm weg te snijden, om zodoende een onbegroeiden grond te verkrijgen.

De samenstelling van den grond was als volgt: de bovenlaag van 0 tot 15 cm bevatte 12% zand, 53% klei, 35% humus, 1,32% CaO aan klei en humus; de pH was 5,3; de laag van 15 tot 40 cm bevatte 10% zand, 72% klei, 18,1% humus, 0,86% CaO aan klei en humus; de pH was 5,0.

De zoden werden in houten bakken naar het laboratorium gebracht en daar in groote bakken met water gezet, waarin ze bijna ondergedompeld waren. Den volgenden dag lieten wij het water zoo ver zakken, dat er nog slechts 2 cm in de bakken stond. Zoo bleven de zoden tien dagen lang staan; na welken tijd het gras weer aan den groei was.

Na verloop van deze tien dagen werden de zoden op maat gesneden, zoodat ze juist pasten in de daarvoor vervaardigde waterdichte zinken bakjes van 20 cm lengte, breedte en diepte. Van elke grassoort verkregen wij aldus twee zoden, en bovendien twee bakjes met onbegroeiden grond.

Wij voegden hier nog twee bakjes van dezelfde grootte, gevuld met water, aan toe,

Alle 22 bakjes werden aaneengesloten op een kultuurwagen gezet, die bij droog weer buiten stond, doch bij regen in de kas werd gereden.

Om te voorkomen, dat de buitenkant van de bakjes door de zon verwarmd zou worden, werd de geheele groep van bakjes in een passenden houten bak geplaatst, waarvan de rand niet boven de zinken bakjes uit kwam. Den 30 sten Juni 1934 zijn alle bakjes plus inhoud gewogen. De zoden en de kale grond waren toen vrijwel verzadigd met water. Het gewicht der bakjes met grond en gras bedroeg 10570 tot 11845 gram, dat der beide bakjes met water 8130 en 8140 gram. (De ledige bakjes wogen gemiddeld 1350 gram).

Na twee dagen werden alle bakjes weer gewogen en vervolgens elken dag, soms om den anderen dag, tot 1 November, met een onderbreking van 12 tot 20 Augustus, zoodat de proef dat jaar in het geheel 108 etmalen duurde.

Af en toe werden de bakjes door watertoevoeging op het oorspronkelijke gewicht teruggebracht; dit vond 6 keer plaats, nl. op 9 en 28 Juli, 13 Augustus, 3 en 25 September en 13 October.

Het gras werd afgesneden en gewogen op 11 Augustus en 6 October.

Op 1 November werd de proef gestaakt. De bakjes werden in den tuin ingegraven, waar ze den geheelen winter bleven, beschut tegen te veel regen, zoowel als tegen uitdroging.



In het volgende voorjaar hebben wij de proef met dezelfde bakjes voortgezet. In het laatst van April werden de zoden, evenals de bakjes met kalen grond, met water verzadigd en vervolgens op den kant gelegd, ten einde het overtollige water te doen wegloopen. Nadat het gras was afgeknipt, werden de zoden stevig aangedrukt.

Alle zoden kregen daarna een bemesting met natriumnitraat, berekend op 300 kg per ha.

Vervolgens had de opstelling weer op dezelfde wijze plaats als in het vorige jaar.

De ontwikkeling van het gras was zeer goed.

Weging en watertoevoeging geschiedde weer op dezelfde manier als in 1934. Water werd toegevoegd op 6 en 25 Mei, 1 en 29 Juni, 13 en 25 Juli en op 3, 10 en 19 Augustus.

Het gras werd afgesneden en gewogen op 29 Juni en 30 September.

Deze proef liep tot 30 September.

Ik zal niet al de wegingen vermelden, doch volstaan met het opgeven van de maandelijksche gewichtsverliezen, veroorzaakt door de transpiratie en de evaporatie. Deze gegevens zijn samengevoegd in de *tabellen 1* (1934) en *2* (1935), waarbij dan in aanmerking moet worden genomen, dat wij van 12 tot 20 Augustus 1934 geen waarnemingen hebben gedaan. De gewichtsverliezen zijn in deze beide tabellen voor elk bakje afzonderlijk opgegeven in grammen.

TABEL 1

1934 *Waterdampafgifte door grassen, kalen grond en water*  
Oppervlak van elk nummer = 4 dm<sup>2</sup>

Soorten	Gewichts- verlies in g van 1 Juli t/m 1 Aug.	Gewichts- verlies in g van 2 Aug. t/m 1 Sept. (van 12—20 Aug. niet gewogen)	Gewichts- verlies in g van 2 Sept. t/m 1 Oct.	Gewichts- verlies in g van 2 Oct. t/m 1 Nov.
1. <i>Agrostis alba</i> . . . . .	4621	2630	3080	960
2. " " . . . . .	4135	2375	2975	895
	8756	5005	6055	1855
3. <i>Alopecurus pratensis</i> . .	4025	2280	2655	835
4. " " . . . . .	4325	2300	2615	820
	8350	4580	5270	1655

TABEL 1 (vervolg)

Soorten	Gewichts- verlies in g van 1 Juli t/m 1 Aug.	Gewichts- verlies in g van 2 Aug. t/m 1 Sept. (van 12—20 Aug. niet gewogen)	Gewichts- verlies in g van 2 Sept. t/m 1 Oct.	Gewichts- verlies in g van 2 Oct. t/m 1 Nov.
5. <i>Avena flavescens</i> . . . . .	4160	2555	2610	825
6. " " . . . . .	4200	2310	2800	885
	8360	4865	5410	1710
7. <i>Festuca pratensis</i> . . . . .	4125	2865	2965	875
8. " " . . . . .	3765	2085	2235	735
	7890	4950	5200	1610
9. <i>Festuca rubra</i> . . . . .	2930	1865	2360	740
10. " " . . . . .	2155	2000	2320	735
	5085	3865	4680	1475
11. <i>Holcus lanatus</i> . . . . .	4005	2035	2410	780
12. " " . . . . .	3750	2625	3310	985
	7755	4660	5720	1765
13. <i>Lolium perenne</i> . . . . .	4800	2705	3025	965
14. " " . . . . .	4610	2845	3005	970
	9410	5550	6030	1935
15. <i>Phleum pratense</i> . . . . .	4505	2790	3715	995
16. " " . . . . .	4175	2515	3020	855
	8680	5305	6735	1850
17. <i>Poa pratensis</i> . . . . .	4245	2585	3045	890
18. " " . . . . .	4790	2745	3025	995
	9035	5330	6070	1885
19. Alleen grond . . . . .	2040	600	720	325
20. " " . . . . .	2190	705	745	430
	4230	1305	1465	755
21. Alleen water . . . . .	2945	1700	2130	815
22. " " . . . . .	2920	1805	2180	840
	5865	3505	4310	1655

TABEL 2

1935 *Waterdampafgifte door grassen, kalen grond en water*  
*Oppervlak van elk nummer = 4 dm<sup>2</sup>*

Soorten	Gewichts- verlies in g van 28 Apr. t/m 29 Mei	Gewichts- verlies in g van 30 Mei t/m 28 Juni	Gewichts- verlies in g van 1 Juli t/m 31 Juli	Gewichts- verlies in g van 1 Aug. t/m 30 Aug.	Gewichts- verlies in g van 1 Sept. t/m 30 Sept.
1. <i>Agrostis alba</i> . . .	5084	6571	3777	5536	2998
2. " " . . .	4177	5253	3266	4728	2616
	9261	11824	7043	10264	5614
3. <i>Alopecurus pratensis</i>	2756	5276	4502	4110	2187
4. " " . . .	3460	4935	4067	4178	1979
	6216	10211	8569	8288	4166
5. <i>Avena flavescens</i> . .	3787	6488	4575	3592	2032
6. " " . . .	4464	6520	4376	2934	2210
	8251	13008	8951	5526	4242
7. <i>Festuca pratensis</i> . .	3487	4816	3610	3872	2166
8. " " . . .	2733	4272	2074	3051	1770
	6220	9088	5684	6923	3936
9. <i>Festuca rubra</i> . . .	2648	2573	3046	3450	1848
10. " " . . .	2678	2427	3007	3221	1678
	5326	5000	6053	6671	3526
11. <i>Holcus lanatus</i> . . .	2733	4050	2511	3719	2257
12. " " . . .	3349	4132	3035	3620	2225
	6082	8182	5546	7339	4482
13. <i>Lolium perenne</i> . . .	3420	4293	3260	2719	1770
14. " " . . .	2658	3646	3377	2385	1397
	6078	7939	6637	5104	3167
15. <i>Phleum pratense</i> . . .	3035	6508	3416	4138	2394
16. " " . . .	1995	5685	2984	4315	2320
	5030	12193	6400	8453	4714
17. <i>Poa pratensis</i> . . .	3413	4304	3424	3675	1597
18. " " . . .	3845	4750	3735	3798	1552
	7258	9054	7159	7473	3149
19. Alleen grond . . .	2938	1900	2242	2005	1187
20. " " . . .	2780	1816	2167	1965	1040
	5718	3716	4409	3970	2227
21. Alleen water . . .	3012	2204	3504	3043	1390
22. " " . . .	2770	1935	3332	2918	1318
	5782	4139	6836	5961	2708

In tabel 3 geef ik de maandelijksche waterafgifte nog eens, maar hier in mm uitgedrukt. Voor het overzicht is dit gemakkelijker en tevens wordt het hierdoor mogelijk, onze gegevens te vergelijken met die van andere onderzoekers en met den regenval.

TABEL 3

*Waterdampafgifte per maand, in mm*

Soorten	1934				1935				
	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.
1 en 2. <i>Agrostis alba.</i> .	109,4	62,3 (87,8)	75,7	23,2	115,8	147,8	88,0	128,3	70,2
3 „ 4. <i>Alopecurus prat.</i>	104,3	57,3 (80,7)	65,8	20,7	77,6	127,6	107,1	103,7	52,1
5 „ 6. <i>Avena flavescens</i>	104,4	60,7 (85,5)	67,6	21,4	103,2	162,2	112,0	69,1	53,0
7 „ 8. <i>Festuca pratens.</i>	98,6	61,8 (87,1)	65,0	20,1	77,7	113,7	71,0	86,5	49,2
9 „ 10. „ <i>rubra.</i> .	63,6	48,3 (68,1)	58,6	18,4	66,6	62,5	75,7	83,3	44,1
11 „ 12. <i>Holcus lanatus.</i>	96,9	58,2 (82,0)	71,4	22,1	76,0	102,3	69,3	91,7	56,0
13 „ 14. <i>Lolium perenne.</i>	117,7	69,4 (97,8)	75,3	24,2	76,0	99,2	83,0	63,8	39,6
15 „ 16. <i>Phleum pratens.</i>	108,5	66,3 (93,4)	84,2	23,1	62,8	152,4	80,0	105,7	58,8
17 „ 18. <i>Poa pratensis.</i> .	112,9	66,7 (94,0)	75,8	23,6	90,7	113,2	89,5	93,4	39,4
Gemiddelde der graszoden (= grasmat)	101,8	61,3 (86,4)	71,1	21,9	82,9	120,1	86,2	91,7	51,4
of per dag . . . . .	3,29	2,04 (2,88)	2,37	0,73	2,67	4,14	2,78	3,06	1,71
Kale grond. . . . .	52,9	16,3 (23,0)	18,3	9,4	71,5	46,4	55,1	49,6	27,8
Wateropperplak. . . . .	73,3	43,8 (61,7)	53,9	20,7	72,3	51,7	85,4	74,5	33,8

Aangezien in Augustus 1934 de waarnemingen gedurende 9 dagen onderbroken zijn geweest, heb ik de voor de overige dagen van die maand gevonden waarden gecorrigeerd, waarbij ik het gemiddelde dagelijksche gewichtsverlies als basis heb genomen. De gecorrigeerde bedragen zijn tusschen haakjes geplaatst; het zijn natuurlijk slechts benaderde waarden.

In deze tabel is ook de gemiddelde waterafgifte der graszoden per maand en per dag opgenomen. Deze waarden kunnen bij benadering beschouwd worden als de transpiratie van een gewone grasmat.

De opvallend geringe transpiratie der grasmat in Juli zal stellig het gevolg zijn van het feit, dat het gras op 29 Juni was afgesneden.

Wij willen nu ook nog nagaan, hoeveel elk der grassoorten per etmaal aan waterdamp afgeeft en die bedragen vergelijken met de evaporatie uit den kalen grond en uit een vrij wateroppervlak.

Deze bedragen zijn opgenomen in *tabel 4*, zoowel in grammen als in mm. Tevens vindt men er de totale hooiopbrengst van elke graszode van 4 dm<sup>2</sup>.

TABEL 4

Zode van 4 dm <sup>2</sup>	1934			1935		
	Gemiddelde waterdampafgifte per etmaal		Totale hooiopbrengst in g	Gemiddelde waterdampafgifte per etmaal		Totale hooiopbrengst in g
	in g	in mm		in g	in mm	
<i>Agrostis alba</i> . . . . .	100,3	2,51	15,51	142,9	3,57	37,80
<i>Alopecurus pratensis</i> . . . . .	91,9	2,30	10,75	121,6	3,04	28,02
<i>Avena flavescens</i> . . . . .	94,2	2,35	12,15	129,7	3,24	29,27
<i>Festuca pratensis</i> . . . . .	91,0	2,28	11,45	103,4	2,58	25,33
„ <i>rubra</i> . . . . .	69,9	1,75	15,19	83,0	2,08	24,90
<i>Holcus lanatus</i> . . . . .	92,1	2,30	15,08	102,7	2,56	35,69
<i>Lolium perenne</i> . . . . .	106,1	2,65	15,27	93,9	2,35	21,22
<i>Phleum pratense</i> . . . . .	104,5	2,61	15,05	119,4	2,98	29,10
<i>Poa pratensis</i> . . . . .	103,3	2,58	16,49	110,7	2,76	27,15
Gemiddeld per 4 dm <sup>2</sup> . . . . .	94,8	2,37	14,1	111,9	2,79	28,7
4 dm <sup>2</sup> kale grond . . . . .	35,9	0,90	—	65,1	1,63	—
4 „ wateroppervlak . . . . .	71,0	1,78	—	82,6	2,06	—

Uit deze tabel blijkt, dat de hier onderzochte grassoorten onderling nogal verschillen wat het waterverbruik betreft. In 1935 gaven ze in het algemeen meer water af dan in het voorafgaande jaar, hetgeen ook in verband staat met een beteren groei. In beide jaren was de transpiratie van *Festuca rubra* (Rood zwenkgras) het geringst, terwijl in 1934 *Lolium perenne* (Engelsch raaigras), doch in 1935 *Agrostis alba* (Fiorin) in dit opzicht bovenaan stonden.

De gemiddelde waterafgifte door 4 dm<sup>2</sup> grasmat bedroeg het eerste jaar volgens deze tabel per etmaal 94,8 gram, hetgeen overeenkomt met een schijf water van 2,37 mm dikte. In het tweede proefjaar vonden wij hiervoor 111,9 gram, of 2,79 mm.

De evaporatie uit den kalen grond is veel geringer dan de transpiratie der grasmat, zelfs nog minder dan de waterafgifte door de het minste water verbruikende grassoort *Festuca rubra*.

De evaporatie uit het vrije wateroppervlak staat tusschen deze beide uitersten in.

Indien wij het bedrag der evaporatie uit het vrije wateroppervlak gelijk stellen aan 100, dan vinden wij dus de volgende verhouding:

in 1934 wateroppervlak : kale grond : grasmat = 100 : 51 : 133;  
 „ 1935 „ : „ : „ = 100 : 79 : 135.

Deze uitkomsten zijn zeer goed in overeenstemming met die van de waarnemingen te Oude-Wetering, beschreven in het bovengenoemde Verslag van de Staatscommissie van 5 Mei 1893. Uit de in dat Verslag vermelde verdampingscijfers volgt nl., dat de gemiddelde transpiratie der grasmat gedurende de maanden Juli tot en met October 144 % van de evaporatie uit een wateroppervlak bedroeg en gedurende het tijdvak van Mei tot en met September 141 %. Wij vonden voor die beide perioden 133 % en 135 %. Hierbij moeten wij in aanmerking nemen, dat de gegevens van Oude-Wetering loopen over een tijdvak van 20 jaren, waarin zoowel hogere als lagere waarden werden geconstateerd.

Dat de waterdampafgifte ook van dag tot dag zeer sterk kan verschillen, is zeer begrijpelijk, daar de zonneschijn, temperatuur, windkracht en vochtgehalte der lucht eveneens in aanzienlijke mate kunnen uiteenloopen. Daar dergelijke verschillen niet kunnen blijken uit de tabellen 1 en 2, waarin alleen de maandbedragen zijn opgenomen, heb ik in *tabel 5* eenige voorbeelden van dagelijksche schommelingen samengevoegd, en wel telkens twee opeenvolgende dagen met groote verschillen, zooals 19 en 20 Juli 1934 met sterke verdamping en 10 en 11 Augustus van dat jaar met geringe verdamping.

TABEL 5

*Waterdampafgifte in 1 etmaal in 1934*

Soorten	19 Juli	20 Juli	10 Augustus	11 Augustus
Agrostis alba . . . . .	367,5 g	145 g	120 g	40 g
Alopecurus pratensis . . . . .	297,5 g	120 g	95 g	37,5 g
Avena flavescens . . . . .	270 g	120 g	95 g	40 g
Festuca pratensis . . . . .	300 g	125 g	112,5 g	40 g
„ rubra . . . . .	227,5 g	93,5 g	92,5 g	35 g
Holcus lanatus . . . . .	300 g	120 g	112,5 g	40 g
Lolium perenne . . . . .	372,5 g	142,5 g	142,5 g	50 g
Phleum pratense . . . . .	347,5 g	147,5 g	157,5 g	65 g
Poa pratensis . . . . .	372,5 g	137,5 g	132,5 g	55 g
Som . . . . .	2855,0 g	1150,0 g	1060,0 g	402,5 g
Graszode gemiddeld . . . . .	317,0 g 7,9 mm	127,8 g 3,2 mm	117,8 g 2,9 mm	44,7 g 1,1 mm
Kale grond . . . . .	62,5 g 1,6 mm	30 g 0,7 mm	20 g 0,5 mm	10 g 0,2 mm
Wateroppervlakte . . . . .	227,5 g 5,7 mm	115 g 2,9 mm	72,5 g 1,8 mm	30 g 0,7 mm

*Waterdampafgifte in 1 etmaal in 1935*

Soorten	22 Juni	24 Juni	26 Juni
Agrostis alba . . . . .	115 g	574 g	366,5 g
Alopecurus pratensis . .	90 g	602,5 g	275 g
Avena flavescens . . . .	134 g	480,2 g	351,5 g
Festuca pratensis . . . .	92,5 g	350,5 g	254 g
„ rubra . . . . .	45 g	242,5 g	152 g
Holcus lanatus . . . . .	99 g	292,7 g	288 g
Lolium perenne . . . . .	88,5 g	340,2 g	226 g
Phleum pratense . . . . .	97,5 g	424,7 g	540,5 g
Poa pratensis . . . . .	81 g	442 g	237 g
Som . . . . .	842,5 g	3749,3 g	2790,5 g
Graszode gemiddeld . . .	93,6 g 2,3 mm	416,6 g 10,4 mm	310,1 g 7,7 mm
Kale grond . . . . .	34,5 g 0,9 mm	196,5 g 4,9 mm	57 g 1,4 mm
Wateroppervlakte . . . .	41,5 g 1,0 mm	171,5 g 4,3 mm	112,5 g 2,8 mm

*Waterdampafgifte in 1 etmaal in 1935*

Soorten	2 Augustus	3 Augustus	17 Augustus	19 Augustus
Agrostis alba . . . . .	36,5 g	199,5 g	27,5 g	197,5 g
Alopecurus pratensis . .	37,5 g	187 g	28 g	182,5 g
Avena flavescens . . . .	40 g	118 g	36 g	131,5 g
Festuca pratensis . . . .	27,5 g	121 g	28 g	157,2 g
„ rubra . . . . .	30 g	116,5 g	21 g	173,7 g
Holcus lanatus . . . . .	27,5 g	120 g	20,5 g	150,2 g
Lolium perenne . . . . .	28,5 g	105,5 g	23 g	111,5 g
Phleum pratense . . . . .	48,5 g	122 g	37,5 g	190,2 g
Poa pratensis . . . . .	41,5 g	128 g	29,5 g	155,2 g
Som . . . . .	317,5 g	1217,5 g	251,0 g	1449,5 g
Graszode gemiddeld . . .	35,3 g 0,9 mm	135,3 g 3,4 mm	27,9 g 0,7 mm	161,1 g 4,0 mm
Kale grond . . . . .	10 g 0,2 mm	25 g 0,6 mm	17,5 g 0,4 mm	86,5 g 2,2 mm
Wateroppervlakte . . . .	33,5 g 0,8 mm	106 g 2,6 mm	26 g 0,6 mm	86,2 g 2,2 mm

*Waterdampafgifte in 1 etmaal in 1935*

Soorten	21 September	22 September
Agrostis alba . . . . .	20 g	149,5 g
Alopecurus pratensis . . . . .	20,5 g	112,7 g
Avena flavescens . . . . .	24,5 g	119,2 g
Festuca pratensis . . . . .	22 g	93,2 g
"    rubra . . . . .	13 g	77,8 g
Holcus lanatus . . . . .	24 g	110,2 g
Lolium perenne . . . . .	23 g	78,7 g
Phleum pratense . . . . .	28,5 g	101,7 g
Poa pratensis . . . . .	21,5 g	77,2 g
Som . . . . .	197,0 g	920,2 g
Graszode gemiddeld . . . . .	21,9 g 0,5 mm	102,2 g 2,5 mm
Kale grond . . . . .	13,5 g 0,3 mm	46,7 g 1,2 mm
Wateroppervlakte . . . . .	30,5 g 0,8 mm	51,2 g 1,3 mm

Groote verschillen vertoonen ook de dagen 2 en 3 Augustus, 17 en 19 Augustus en 21 en 22 September 1935. Van groote schommelingen binnen een periode van 5 dagen, gepaard gaande met een buitengewoon sterke verdamping, is het staatje van 22, 24 en 26 Juni 1935 in tabel 5 een voorbeeld. De transpiratie der grasmat op 24 Juni 1935 overtreft alles, wat wij in de beide proefperioden hebben waargenomen; zij bedroeg namelijk niet minder dan 10,4 mm. Daar dit bedrag een gemiddelde is, kwamen enkele der grassoorten hier natuurlijk nog boven uit. Bovenaan stond dien dag *Alopecurus pratensis* met een waterafgifte van 602,5 gram per 4 dm<sup>2</sup> zode, overeenkomende met een waterschijf van 15,5 mm dikte. Dit is het hoogste door ons waargenomen bedrag.

Wij willen nu nagaan, hoe groot de *totale waterafgifte door verdamping* gedurende onze proeven was, uitgedrukt in mm. Uit de gegevens van tabel 1 en 2 laten zich de volgende bedragen berekenen:

	In 1934 (108 etmalen)	In 1935 (154 etmalen)
Transpiratie der grasmat . . . . .	256,0 mm	431,0 mm
Evaporatie uit den kalen grond . . . . .	96,9 "	250,5 "
"    "    een wateropperplak . . . . .	191,7 "	317,8 "



Berekenen wij nu ook nog de gemiddelde waterafgifte per etmaal over de beide proefperiodes tezamen, dus over 262 etmalen, dan vinden wij voor de

grasmat . . . . .	2,62 mm	135
kale grond . . . . .	1,33 „	= verhouding 69
wateroppervlakte. . .	1,94 „	100

De grasmat gaf dus tweemaal zooveel water af als de onbegroeide grond.

Volgens het „Maandelijksch Overzicht der Weersgesteldheid in Nederland” van het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut bedroeg de regenval te Groningen gedurende onze proefnemingen in 1934 (dus gedurende bovengenoemde 108 etmalen) 235 mm en in 1935 (gedurende bovengenoemde 154 etmalen) 345 mm. Ook wij vonden dus, dat de waterdampafgifte door de grasmat in de groeiperiode meer bedraagt dan de regenval in hetzelfde tijdvak. Hetzelfde verschijnsel is waargenomen door VOGEL (l.c.) in Beieren, MILLER (l.c.) in Engeland en eveneens door RISLER (l.c.) in Zwitserland.

De in het voorgaande, uit de gegevens van tabel 1 en 2 berekende, bedragen der transpiratie van de grasmat zijn niet geheel juist. Ook mag die waterafgifte niet volkomen gelijk gesteld worden aan de hoeveelheid water, door het gras aan den grond onttrokken. Wij hebben nl. hierbij geen rekening gehouden met de gewichtsvermeerdering, die het gevolg is van den groei van het gras gedurende de proefperiode; daardoor zijn de hier berekende transpiratiebedragen iets te klein. Het verschil is echter zoo gering — nl. ongeveer 0,5 g gemiddeld per 4 dm<sup>2</sup> per etmaal, of 0,02 mm —, dat het hier zonder bezwaar mag worden verwaarloosd.

Ten slotte nog iets over de verhouding der 9 onderzochte grassoorten onderling, wat betreft de waterafgifte gedurende de beide proefperiodes te zamen (dus in 262 etmalen) en het verband met de hooiopbrengst.

Wanneer wij de grassoorten rangschikken volgens de hoeveelheid water, welke zij in die 262 etmalen in totaal hebben afgegeven, dan zien wij het volgende:

	Totale waterafgifte in 262 etmalen		Totale hooiopbrengst per 4 dm <sup>2</sup> in 262 etmalen
1. <i>Agrostis alba</i> . . . . .	821 mm	1. <i>Agrostis alba</i> . . . . .	53,31 g
2. <i>Avena flavescens</i> . . . . .	754 „	2. <i>Holcus lanatus</i> . . . . .	50,77 „
3. <i>Phleum pratense</i> . . . . .	742 „	3. <i>Phleum pratense</i> . . . . .	44,15 „
4. <i>Alopecurus pratensis</i> . . . . .	716 „	4. <i>Poa pratensis</i> . . . . .	43,64 „
5. <i>Poa pratensis</i> . . . . .	705 „	5. <i>Avena flavescens</i> . . . . .	41,42 „
6. <i>Lolium perenne</i> . . . . .	648 „	6. <i>Festuca rubra</i> . . . . .	40,09 „
7. <i>Holcus lanatus</i> . . . . .	644 „	7. <i>Alopecurus pratensis</i> . . . . .	38,77 „
8. <i>Festuca pratensis</i> . . . . .	644 „	8. <i>Festuca pratensis</i> . . . . .	36,78 „
9. „ <i>rubra</i> . . . . .	508 „	9. <i>Lolium perenne</i> . . . . .	36,49 „
Gemiddeld . . . . .	687 mm		

De regenval bedroeg in denzelfden tijd 580 mm.

Het waterverbruik was dus bij deze grassoorten sterk uiteenlopend; dat van *Agrostis alba*, het gras, dat in dit opzicht bovenaan stond, bedroeg niet minder dan 166 % van het waterverbruik van het gras met de geringste transpiratie, *Festuca rubra*.

Rangschikken wij deze soorten volgens de hooiopbrengst eveneens in afdalende reeks, dan zien wij, dat slechts *Agrostis alba*, *Phleum pratense* en *Festuca pratensis* hun plaats in de ranglijst handhaven; de rangorde is dan volgens afdalende opbrengst: 1 *Agrostis alba*, 2 *Holcus lanatus*, 3 *Phleum pratense*, 4 *Poa pratensis*, 5 *Avena flavescens*, 6 *Festuca rubra*, 7 *Alopecurus pratensis*, 8 *Festuca pratensis* en 9 *Lolium perenne*.

Tusschen het opbrengend vermogen en het waterverbruik der soorten bestaat dus geen direct verband.

Verschillende onderzoekers op dit gebied spreken over het *relatieve waterverbruik* der planten, waarmede zij bedoelen de gewichtsverhouding tusschen het verbruikte water en de geproduceerde droge stof boven den grond, of met andere woorden, het aantal kilogrammen water, door de plant verbruikt bij het voortbrengen van 1 kg droge stof van de organen boven den grond. Zoo vermelden PITSCH en VON SEELHORST (zie FRECKMANN, Wiesen und Dauerweiden, l.c.) een relatief waterverbruik van grasland van 600 à 700; volgens anderen stijgt het boven 800. BRIGGS AND SCHANTZ vonden voor klaver 789 en voor grassen 1000, voor akkerbouwgewassen 300 à 500.

Ook PILASKI (7) heeft hierover bepalingen gedaan en de volgende waarden voor het relatieve waterverbruik gevonden: Victoria-erwt 289, gele lupine 395, boon 424, wikken 430, Janetzky-zomertarwe 440, haver 514, Rietzwenkgras (*Festuca arundinacea* Schreb) 560, Italiaansch raaigras (*Lolium multiflorum* Lmk) 581, Kropaar (*Dactylis glomerata* L) 604, Rietgras (*Phalaris arundinacea* L) 632, Vossestaart (*Alopecurus pratensis* L) 698. Hier is dus eveneens het relatieve waterverbruik het grootst bij de weidegrassen.

Wanneer wij onze eigen gegevens, vervat in de tabellen 1 en 2, als basis nemen, dan vinden wij:

waterafgifte van 4 dm <sup>2</sup> grasmat totaal in 1934 . .	10 241 g
„ „ 4 „ „ „ „ 1935 . .	17 200 „
	<hr/>
Som . .	27 481 g

Volgens tabel 4 is er per 4 dm<sup>2</sup> grasmat aan hooi geogost:

in 1934 . . . . .	14,1 g
„ 1935 . . . . .	28,7 „
	<hr/>
Som . . . . .	42,8 g

Dit hooi bevatte ongeveer 88 % droge stof; de hoeveelheid geogoste droge stof was dus

$$42,8 \times 0,88 = 37,7 \text{ g.}$$

Wij vinden dus  $27\ 481 : 37,7 = 729$  als het *relatieve waterverbruik* van de grasmat.

#### LITERATUUR

- (1) S. H. MILLER. Prize essay on evaporation. Utrecht 1878.
- (2) *Verslag der Staatscommissie van 5 Mei 1893 tot het instellen van een onderzoek omtrent bevoeiingen.* 1897.
- (3) E. RISLER. Recherches sur l'évaporation du sol et des plantes. *Archives des sciences physiques et naturelles.* 1871. Genève. Nouvelle période. Tome 42, pag. 220—263.
- (4) A. VOGEL. Versuche über die Wasserverdunstung auf besätem und unbesätem Boden. *Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Classe der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften.* Bd. X, 1870. München, pag. 320—355.
- (5) W. FRECKMANN. Wiesen und Dauerweiden. 1932.
- (6) W. FRECKMANN. Feldberegnung und Erzeugungschlacht. *Deutsche Landwirtschaftliche Presse*, 1937, N°. 5.
- (7) W. PILASKI. Ueber den Wasserverbrauch der hauptsächlichsten Kulturpflanzen (Königsberg i. Pr.). *Botanisches Archiv.* Bd. XV, 1926, pag. 325—376.

## ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchungen über die Grösse der Wasserabgabe: *a.* durch verschiedene, je aus einer einzigen Grasart zusammengesetzte, aus einem 2 Jahre alten Versuchsfelde gestochene, Rasenstücke (die Transpiration), *b.* durch einen unbewachsenen Boden und *c.* durch eine Wasseroberfläche (die Evaporation), unter gleichen, annähernd natürlichen, Umständen.

Es wurde der Wasserverlust von gleichen Oberflächen (4 dm<sup>2</sup>) in duplo durch tägliche oder zweitägliche Wägung bestimmt, und zwar im ersten Versuchsjahre während 108 Tage, im zweiten während 154 Tage.

In Anfange waren die Rasenstücke mit Wasser gesättigt. Das verdunstete Wasser wurde im ersten Versuchsjahre sechsmal, im zweiten neunmal ergänzt. Das Gras wurde in jeder Versuchsperiode zweimal abgeschnitten und gewogen.

In den Tabellen 1 und 2 sind die monatlichen Gewichtsverluste in Gramm zusammengestellt und in der Tabelle 3 in Millimeter. Weil im Monate August des ersten Versuchsjahres die Beobachtungen während 9 Tage unterbrochen worden waren und also die gefundenen Gewichtsverluste kleiner sind als die monatliche Verdunstung, habe ich die nötigen Korrekturen angebracht: die in Klammern stehenden Zahlen sind die berechneten Wasserverluste des ganzen Monats August.

Die Tabelle 4 zeigt den mittleren Wasserverlust je Tag in g und mm, und zudem den gesamten Heuertrag.

In der Tabelle 5 findet man einige Beispiele von Unterschieden des Wasserverlustes an aufeinanderfolgenden Tagen.

Die verschiedenen Grasarten unterscheiden sich im Wasserverbrauch ziemlich stark von einander. In beiden Jahren transpirierte *Festuca rubra* (Rotschwengel) am wenigsten, dagegen *Lolium perenne* (Englisches Raygras) im Jahre 1934, und *Agrostis alba* (Fiorin) im Jahre 1935 am meisten. In beiden Jahren zusammen übertrifft *Agrostis alba* alle die übrigen Arten.

Die Evaporation aus dem unbewachsenen, kahlen Boden ist viel geringer als die Transpiration des normalen Rasens (der Mittelwert der 9 untersuchten Grasarten einem normalem Rasen annähernd gleichgestellt) und sogar noch kleiner als die Transpiration von *Festuca rubra*. Die Evaporation aus einer freien Wasseroberfläche steht zwischen diesen beiden Aussersten.

Wenn wir den mittleren Wasserverlust je Tag von den beiden Versuchsjahren zusammen berechnen, so finden wir:

Grasrasen . . . . .	2,62 mm	135
unbewachsener Boden . .	1,33 „	also das Verhältnis 69
Wasseroberfläche . . . . .	1,94 „	100

Die gesamte mittlere Transpiration unserer Grasarten (d. h. die gesamte Transpiration des Rasens) betrug in den 262 Versuchstagen 687 mm; der Regenfall aber nur 580 mm.

Der „relative Wasserverbrauch“ (oder Transpirationskoeffizient) des Grasrasens, d. h. das Gewichtsverhältnis vom gesamten verbrauchten Wasser zur Trockensubstanz der Ernte, stellte sich heraus als 729.