

15 FEB. 1960

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Verslagen V-59  
(R III-240-1960)

Een onderzoek naar de nachtelijke  
minimumtemperaturen op 10 cm hoog-  
te boven verschillende bodemopper-  
vlakken te De Bilt (1958).

551.524.36 :

551.525.2

door

M. Scharringa



Kon. Ned. Meteor. Inst.  
De Bilt

## 1. Inleiding.

Het is een oude ervaring dat in stralingsnachten de temperaturen boven grasland, onder dezelfde overige atmosferische en plaatselijke omstandigheden, lager zijn dan boven onbegroeide grond. De Duitsers spreken in dit verband van "Grasfrost". Als verklaring wordt dikwijls aangevoerd dat het uitstralend oppervlak van een grasmat zoveel groter is dan dat van onbegroeide grond waardoor meer warmte per tijdseenheid en per horizontale oppervlakte-eenheid in de ruimte verloren gaat.

Deze verklaring kan men o.a. nog vinden in "Das Frostproblem im Obstbau" van E. Kemmer en F. Schulz, een uitgaaf van het Instituut für Obstbau der Technischen Universität, Berlin-Charlottenburg (1955).

De verklaring, die Geiger (Das Klima der bodennahen Luftschicht 3e druk 1950 pp. 387, 388) geeft, is een geheel andere. Hij wijt het verschijnsel ten dele aan de grotere verdamping uit een grasmat, terwijl hij voorts wijst op de sterk warmteïsolerende eigenschappen van het laagje plantenafval dat in een oudere grasmat het bodemoppervlak bedekt.

Ten aanzien van deze verklaringen valt het volgende op te merken.

a. De netto-uitstraling van een gesloten gewas - waartoe een grasmat kan worden gerekend - is bij dezelfde temperatuur gelijk aan die van het oppervlak waarop het gewas groeit.

Voor het bewijs kan worden verwezen naar het verslag van een op 9 december 1958 gehouden intern colloquium. Hieruit volgt, dat de door Kemmer en Schulz aangegeven verklaring niet juist is.

b. De verdamping uit een grasmat is een stralingsnacht als regel negatief doordat dauwvorming optreedt, waarbij condensatiewarmte vrijkomt. Niet al het water dat zich op de grasplanten bevindt is van dauw afkomstig. Het verschijnsel waarbij de grasblaadjes water uitpersen - guttatie - treedt reeds in de avond dikwijls op als de dag zonnig is geweest en de afkoeling snel verloopt. De wateraanvoer van de wortels naar het blad vindt namelijk onder druk plaats en er stelt zich een evenwicht in tussen wateraanvoer en verdamping. Neemt de verdamping snel af, terwijl de wateraanvoer nog groot is, dan wordt het teveel aan water uitgeperst.

Men kan zich het snel afnemen van de verdamping gemakkelijk indenken, omdat zich reeds vroeg in een heldere avond een grondinversie vormt, als gevolg waarvan het turbulente waterdamptransport uiterst gering wordt. Uit metingen te Klazienaveen en te Schoonebeek (zie V-33 R III-221-1958) bleek dat deze inversie in de onderste 10 cm reeds ongeveer een uur voor zonsondergang kan ontstaan. Dit

was op een tijdstip waarop het nog verre van windstil was. Onder andere omstandigheden, bijvoorbeeld als er enige beschutting tegen wind is, zal het verschijnsel nog vroeger kunnen optreden.

Een en ander maakt het moeilijk om de lagere nachtelijke temperaturen boven een grasbestand, te verklaren uit het onttrekken van verdampingswarmte.

c. De andere oorzaak die Geiger aangeeft is in oudere en vooral in slecht verzorgde graslanden waarschijnlijk belangrijk. Toch is de sterke afkoeling boven graslanden waarin deze laag ontbreekt en zelfs boven graangewassen ook te constateren.

Om deze redenen schijnt het meer met de werkelijkheid in overeenstemming te zijn, als men de grote afkoeling boven gras in de eerste plaats toeschrijft aan de sterk warmte-isolerende eigenschappen van de tussen de grasplanten opgesloten luchtlaag, waarin de luchtbeweging en dus ook de uitwisseling van warme en koude lucht, sterk wordt belemmerd. Het volumepercentage lucht in een dichte graslaag kan op 98 à 99 % worden geschat. Voor de berekening hiervan wordt verwezen naar het verslag van het op 9 december 1958 gehouden colloquium.

## 2. Doel van de metingen der minimumtemperaturen op 10 cm hoogte.

Het doel van de metingen was, na te gaan:

- a. hoe groot in stralingsnachten de verschillen tussen de minimumtemperaturen op of 10 cm hoogte boven een grasmat en boven onbegroeide grond kunnen zijn.
- b. <sup>of alle</sup> minimumtemperaturen, gemeten ~~daar~~ boven twee dichtbij elkaar gelegen identieke grindoppervlakken, welke deel uitmaken van twee in thermische eigenschappen verschillende bodemoppervlakken, ongeveer gelijke waarden bereiken.

De grasminimumtemperaturen, die men op de meeste stations meet, worden sterk beïnvloed door de toestand van de grasmat en de bodem. Verschillen tussen deze temperaturen als die op twee uiteenliggende stations worden gemeten, zijn daarom slechts ten dele afhankelijk van atmosferische omstandigheden.

Worden evenwel de minimumtemperaturen op twee stations boven overeenkomstige oppervlaktelagen gemeten, waarvan de thermische eigenschappen onder de meeste omstandigheden gelijk blijven, dan heeft dit het voordeel dat het verschil in de minimumtemperaturen tussen beide stations aan het verschil in atmosferische omstandigheden kan worden toegeschreven.

Een dergelijke meetopstelling zou een referentietemperatuur kunnen opleveren met behulp waarvan betrouwbare conclusies ten aanzien van het nachtvorstgevaar, op verschillende plaatsen, mogelijk zijn.

Een proef werd genomen met een bodem bestaande uit een grindlaag van 40 cm dikte

en een cirkelvormig oppervlak van  $10 \text{ m}^2$ .

Een grindlaag verandert zelfs bij regen niet van structuur en verliest het regenwater in korte tijd. De thermische eigenschappen van een grindlaag benaderen die van een matig vochtige zandgrond.

### 3. De uitvoering van het onderzoek.

De vier oppervlakken waarboven werd gemeten, waren

1. onbegroeid en door rollen vastgedrukt bouwland op het proefterrein van het K.N.M.I.
2. dezelfde grond, doch met een losgemaakte bovenlaag.
3. een grindlaag van 40 cm dikte, waarvan het oppervlak juist op het niveau van de grond is gelegen, aangelegd op 2 plaatsen.
4. het met gras begroeide deel van het proefterrein.

Op de plattegrond (blz. 12) zijn de grindoppervlakken, de percelen onbegroeide grond en het grasveld aangegeven. De nummers zijn die van de thermometerstatieven en dezelfde als in de tabel.

De temperaturen werden aanvankelijk dagelijks en later steeds na een stralingsnacht afgelezen. Begonnen werd op 17 december 1957, terwijl voor het laatst op 20 november 1958 werd afgelezen. Van 28 juni tot 2 oktober werden geen aflezingen verricht.

De betrouwbaarheid van de thermometerwaarnemingen werd gecontrôleerd door af en toe op verschillende plaatsen kwikthermometers bij de minimumthermometers in hetzelfde statief te plaatsen.

### 4. Beschouwing van de uitkomsten der metingen.

#### 4.1. De metingen boven het natuurlijke terreinoppervlak.

In tabel 1 zijn alle waarnemingen opgenomen. Deze betreffen zowel stralings- als niet-stralingsnachten. De nummers boven de kolommen verwijzen naar de thermometeropstellingen zoals die op de plattegrond zijn aangegeven. De no's 1 en 2 bevinden zich op het vastgerolde onbegroeide bouwland. De no's 3 en 4 op dezelfde grond maar dan met losgemaakte bovenlaag.

De no's 5 t/m 9 bevinden zich op dat deel van het grasveld waarvan in verband met de aard van de grasmat verwacht werd, dat de minimumtemperaturen hoger zouden zijn dan op het overige grasland waarop de no's 10 t/m 14 waren geplaatst.

De kolommen A, B, C en D in tabel 2 en 3 geven de gemiddelde minima van de

vier groepen 1 en 2, 3 en 4, 5 t/m 9 en 10 t/m 14.

Als criterium voor een stralingsnacht werd het verschil tussen het in de waarnemingshut waargenomen minimum en dat van de officiële grasminimumthermometer genomen. Als dit  $\geq 2^{\circ}$  bedroeg werd de nacht als stralingsnacht beschouwd.

De waarnemingen over sommige nachten met wind en/of bewolking geven een indruk van de betrouwbaarheid van de thermometerwaarnemingen.



Month	Day	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
mei	12	5.0	4.7	4.4	5.0	4.8	4.1	3.5	3.8	4.1	4.4	5.1	4.5	3.6	3.4	3.6	3.9	4.0	5.6
	13	5.3	4.7	4.9	5.0	5.8	4.8	4.0	4.4	4.8	4.6	4.1	4.5	4.8	4.0	4.0	4.5	4.1	5.5
	14	7.8	7.5	7.3	8.0	4.1	4.4	0.6	0.5	0.4	2.3	2.3	2.6	2.5	1.9	5.5	5.9	1.4	7.4
	jun	21	5.0	4.7	4.9	4.6	5.4	0.6	0.5	0.4	0.0	0.0	0.3	1.1	0.7	0.6	1.7	1.4	2.6
		22	5.5	4.7	4.5	4.0	4.4	0.4	0.5	0.3	0.8	0.2	0.5	1.0	0.2	0.2	1.1	0.8	1.6
		23	8.0	7.4	7.5	8.4	4.1	4.0	0.9	0.9	0.7	0.5	0.3	0.8	0.8	0.0	0.0	0.2	0.5
		24	2.7	2.3	1.3	1.6	3.4	1.0	0.9	1.1	0.7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.0	0.4	0.2
		25	4.4	3.3	1.1	2.2	5.2	1.3	1.1	1.1	0.7	1.5	1.6	0.7	0.4	0.2	0.6	0.2	0.5
		26	3.2	2.8	1.5	2.6	2.7	1.9	0.6	0.6	0.7	0.3	0.2	0.1	0.1	0.4	0.0	0.2	0.5
		27	3.4	3.8	2.7	3.5	3.7	7.7	6.6	2.6	1.7	1.7	1.1	0.3	0.8	0.4	0.0	0.2	0.5
		28	4.8	7.7	6.9	5.4	3.4	13.1	12.6	12.5	12.5	13.0	4.2	12.3	12.3	12.7	12.5	12.7	12.5
		29	9.1	14.0	13.8	10.0	14.1	5.0	5.5	5.5	4.2	13.0	7.1	12.4	12.3	12.7	12.5	12.7	12.5
		30	14.4	17.3	15.7	10.0	15.5	7.5	7.5	7.5	8.2	4.2	1.2	3.4	3.3	3.3	3.6	3.4	3.3
	juli	1	6.9	5.9	5.7	6.9	7.7	1.5	1.1	1.1	1.1	1.2	0.9	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8
		2	9.8	9.4	9.0	9.7	9.2	0.4	0.0	0.2	0.2	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	0.7	0.8
		3	8.5	9.0	9.5	9.7	7.7	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8
		4	3.8	2.0	1.7	2.7	9.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7
		5	9.5	9.4	9.3	9.2	9.9	1.5	1.1	1.1	1.1	1.2	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8
		6	1.5	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		7	4.4	3.8	3.3	3.5	3.3	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
		8	1.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		9	4.9	3.8	3.3	3.5	3.3	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
		10	1.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	aug	1	5.0	4.7	4.9	5.0	4.8	4.1	3.5	3.8	4.1	4.4	5.1	4.5	3.6	3.4	3.6	3.9	4.0
		2	5.3	4.7	4.5	4.0	4.4	0.6	0.5	0.4	0.8	0.2	0.5	1.0	0.2	0.2	1.1	0.8	1.6
		3	7.8	7.5	7.3	8.0	4.1	4.4	0.6	0.5	0.4	0.0	0.0	0.3	1.1	0.7	0.6	1.7	1.4
		4	5.0	4.7	4.9	4.6	5.4	0.6	0.5	0.4	0.8	0.2	0.5	1.0	0.2	0.2	1.1	0.8	1.6
		5	5.5	4.7	4.5	4.0	4.4	0.4	0.5	0.3	0.8	0.2	0.5	1.0	0.2	0.2	1.1	0.8	1.6
		6	8.0	7.4	7.5	8.4	4.1	4.0	0.9	0.9	0.7	0.5	0.3	0.8	0.8	0.0	0.0	0.2	0.5
		7	2.7	2.3	1.3	1.6	3.4	1.0	0.9	1.1	0.7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.0	0.2	0.5
		8	3.2	2.8	1.5	2.2	2.7	1.9	0.6	0.6	0.7	0.3	0.2	0.1	0.1	0.4	0.0	0.2	0.5
9		4.8	7.7	6.9	5.4	3.4	13.1	12.6	12.5	12.5	13.0	4.2	12.3	12.3	12.7	12.5	12.7	12.5	
10		9.1	14.0	13.8	10.0	14.1	5.0	5.5	5.5	4.2	13.0	7.1	12.4	12.3	12.7	12.5	12.7	12.5	

	0	1	0	2	0	22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A	B	C	D	
	(1+2) (3+4) (5t/9)(10t/m14)																								
Apr	2	+3.4	+7.1	+5.6	+3.9	-3.4	0	-3.4	-3.5	-4.8	-4.2	-4.5	-4.4	-4.3	-4.1	-4.2	-4.6	-5.3	-4.7	-5.1	-4.4	-4.4	-4.3	-4.8	-4.8
	9	-3.7	-2.1	-3.8	-3.6	-2.4	0	-2.0	-3.1	-2.4	-5.1	-3.7	-4.2	-4.6	-3.8	-4.4	-4.8	-5.5	-4.8	-4.7	-4.4	-4.4	-4.3	-4.3	-4.6
	10	+2.3	+2.1	-3.2	-3.3	-2.4	0	-3.3	-3.9	-3.4	-5.1	-4.1	-4.4	-4.6	-3.8	-4.4	-4.8	-5.5	-4.8	-4.7	-4.4	-4.4	-4.3	-4.3	-4.6
	11	-3.1	-2.8	-3.5	-3.2	-3.3	0	-3.1	-3.3	-3.4	-5.1	-4.1	-4.4	-4.6	-3.8	-4.4	-4.8	-5.5	-4.8	-4.7	-4.4	-4.4	-4.3	-4.3	-4.6
	17	1.6	4.0	0.5	3.4	4.0	0	4.1	3.2	4.1	3.4	3.9	3.4	2.2	1.2	1.1	1.1	1.7	1.3	1.6	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3
	18	-3.1	-2.8	-3.5	-3.2	-3.3	0	-3.1	-3.3	-3.4	-5.1	-4.1	-4.4	-4.6	-3.8	-4.4	-4.8	-5.5	-4.8	-4.7	-4.4	-4.4	-4.3	-4.3	-4.6
	21	3.4	4.0	0.5	3.4	4.0	0	4.1	3.2	4.1	3.4	3.9	3.4	2.2	1.2	1.1	1.1	1.7	1.3	1.6	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3
	22	-0.8	-0.5	-1.2	-1.1	-1.2	0	-1.1	-1.1	-1.0	-1.1	-1.2	-1.1	-1.2	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1
	23	-1.2	-1.0	-2.2	-2.3	-1.2	0	-1.1	-1.1	-1.0	-1.1	-1.2	-1.1	-1.2	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1
	24	5.0	5.8	0.8	4.5	4.0	0	4.1	3.2	4.1	3.4	3.9	3.4	2.2	1.2	1.1	1.1	1.7	1.3	1.6	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3
	25	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	29	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	30	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	0	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1
me1	2	-1.4	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	0	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	
	4	3.1	3.3	3.3	3.3	3.3	0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
	21	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
	22	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	27	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	0	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
	29	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	31	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Jun	4	8.6	8.8	8.8	8.8	8.8	0	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
	5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	0	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	11	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	13	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	0	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
	14	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	16	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
	17	10.8	11.0	11.0	11.0	11.0	0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
	19	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	0	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
	24	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	0	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
Qm:		2.84	3.04	1.83	1.53	2.69		2.72	1.80	2.35	0.54	1.04	0.83	0.62	0.65	0.04	-0.06	-0.75	-0.39	-0.16	2.72	2.08	0.72	-0.27	



Tabel 3

	G 1	G 11	G 2	G 22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A	B	C	D	weersomstan- digheden	
okt	7	2.5	2.2	1.5	1.6	3.0	3.0	2.4	2.2	0.9	1.6	1.0	1.2	0.9	2.0	0.6	0.8	0.9	1.3	3.0	2.3	1.1	1.1	grondmist
	11	3.3	3.2	2.8	2.7	3.8	4.0	3.3	3.3	2.2	2.6	1.6	2.2	2.1	2.8	2.2	2.3	2.1	2.6	3.9	3.3	2.1	2.5	regen; la- ter mist
	13	1.5	1.3	1.1	1.2	2.1	2.4	1.8	1.6	0.8	1.2	0.8	1.0	0.6	1.1	0.7	0.7	1.2	2.2	2.2	1.7	0.9	0.9	mist
	18	2.2	2.0	1.5	1.7	2.4	2.7	2.0	2.4	0.9	1.3	1.0	0.8	0.7	1.6	0.8	1.0	0.5	1.1	2.5	2.2	0.9	1.0	enkele bui- en
	19	0.9	0.7	0.4	0.5	1.5	1.8	1.4	1.3	-0.2	0.2	-0.3	-0.2	-0.5	0.2	-0.4	-0.3	0.0	1.6	1.3	-0.2	-0.2	buien; la- ter grond- mist	
	24	4.3	4.1	4.0	4.0	4.5	4.8	4.3	4.3	3.5	3.4	3.7	3.2	3.2	3.8	3.1	3.2	3.2	4.6	4.3	3.4	3.3	3.3	mist en mot- regen
nov	27	3.4	3.3	3.2	3.1	4.0	4.0	3.7	3.7	2.5	2.8	2.7	2.4	2.1	3.0	2.7	2.6	2.4	4.0	3.7	2.5	2.7	2.7	veel bewolking
	1	2.0	1.8	1.5	1.7	2.0	2.3	2.1	1.7	1.5	2.1	1.7	1.2	1.0	1.8	1.5	1.7	1.3	2.2	1.9	1.5	1.5	1.5	grootste deel v.d.
	3	0.4	0.3	0.0	0.1	1.0	1.3	0.6	0.8	-0.9	0.2	-0.4	-0.8	-1.5	-0.1	-0.9	-1.0	-1.1	1.2	0.7	-0.7	-0.7	-0.7	nacht regen regen; la- ter helder
	15	-3.2	-3.3	-3.4	-3.4	-2.5	-2.0	-2.4	-2.5	-3.7	-3.2	-3.5	-3.9	-3.9	-3.8	-3.9	-3.9	-3.9	-3.5	-2.2	-2.4	-3.6	-3.8	grondmist
	16	-4.1	-4.3	-4.5	-4.4	-3.5	-3.0	-3.6	-3.5	-4.9	-4.2	-4.4	-4.8	-5.3	+5.0	-5.0	-5.0	-5.1	-4.6	-3.3	-3.6	-4.7	-4.9	grondmist
	19	-0.4	-0.7	-1.4	-0.8	-0.5	-0.5	-0.7	-0.8	-0.9	-0.5	-0.9	-1.0	-1.5	-0.9	-1.4	-1.3	-1.3	-0.9	-0.6	-0.7	-1.0	-1.2	nevelig en onbewolkt
	20	-4.9	-5.0	-5.2	-5.5	-4.1	-3.6	-4.3	-4.4	-5.4	-4.7	-5.1	-5.6	-5.9	-5.5	-5.6	-5.7	-5.7	-5.3	-3.9	-4.4	-5.3	-5.6	nevelig en onbewolkt

In een dergelijke nacht zullen de minimumtemperaturen boven verschillende oppervlakken immers weinig mogen verschillen.

De onderstaande waarnemingen geven daarvan een indruk.

nacht	hoogste min.	laagste min.	A	B	C	D
14/15 apr.	2,2	1,1	1,8	2,0	1,3	1,3
19/20 apr.	7,9	7,3	7,7	7,7	7,4	7,4
11/12 jun.	9,9	8,7	9,7	9,6	9,1	8,9
1/2 okt.	10,2	9,4	10,1	10,0	9,6	9,7
2/3 okt.	8,2	7,7	8,1	8,1	7,9	7,9
3/4 okt.	12,8	11,9	12,6	12,6	12,1	12,1

De verschillen zijn gering en wijzen op een redelijke betrouwbaarheid van de thermometers.

Ter vergelijking volgen nog waarnemingen over enkele stralingsnachten.

17/18 apr.	1,1	-4,8	0,9	0,1	-1,3	-3,2
4/5 mei	2,0	-3,4	1,9	1,0	-1,2	-2,9
12/13 jun.	1,5	-2,8	1,4	0,6	-1,1	-2,3

De waarnemingen over niet-stralingsnachten zijn verder weinig interessant en daarom werden in tabel 2 de waarnemingen van stralingsnachten afzonderlijk opgenomen.

Over de in tabel 2 vermelde 30 nachten was de gemiddelde minimumtemperatuur op 10 cm hoogte boven de vastgerolde zwarte grond  $2,72^{\circ}$  en die boven losse zwarte grond  $2,08^{\circ}$ . Het verschil is niet groot, maar het was in alle gevallen positief. De omstandigheden waren niet gunstig voor het optreden van grote verschillen. De vele neerslag heeft te dikwijls de in de oppervlaktelaag aangebrachte structuurverschillen teniet gedaan. Over dezelfde nachten bedroeg de gemiddelde minimumtemperatuur boven gras  $0,72^{\circ}$  (kolom C). Dit was dus het gemiddelde van de waarnemingen boven het minst koude gedeelte van het grasveld. Boven het koudste gedeelte was het gemiddelde minimum  $-0,27^{\circ}$  (groep D). Het verschil was in alle gevallen positief.

#### 4.2. De metingen boven een grindoppervlak.

De waarnemingen boven de beide grindoppervlakken bleken nog te sterk door de omgeving te worden beïnvloed. De oostelijke grindbak lag temidden van een oude grasmat en de westelijke was aanvankelijk gelegen in een omgeving die praktisch gelijk stond met onbegroeide grond.

De gemiddelde minimumtemperatuur boven het centrum van het westelijke grindop-

pervlak (kolom G 1) gemiddeld over 30 stralingsnachten bedroeg  $2,83^{\circ}$  en die boven het centrum van het oostelijke oppervlak (kolom G 2)  $1,97^{\circ}$ . In 28 nachten was het verschil positief, in twee nachten negatief.

De invloed van de omgeving komt hierin duidelijk tot uiting. Nog duidelijker is deze invloed waar te nemen bij de aflezingen van de thermometers die halverweg het middelpunt en de omtrek van de cirkelvormige oppervlakken waren opgesteld (G 11 en G 22). De gemiddelde minimumtemperatuur over 30 stralingsnachten van G 11 bedroeg  $3,04^{\circ}$  en die van G 22,  $1,54^{\circ}$ . Het verschil was in 28 nachten positief, in één nacht negatief en in één nacht nul.

In een zevental uitgesproken stralingsnachten werden beide grindbakken rondom afgeschermd met een halve meter hoge wand van papier om het toestromen, eventueel wegvloëien, van koude lucht tegen te gaan. In deze nachten waren de verschillen dan ook veel kleiner. De gemiddelde minimumtemperatuur op de meetplaats G 1, bedroeg  $5,18^{\circ}$  en die op G 2  $4,67^{\circ}$ . Het verschil was in alle nachten positief. In tabel 2 zijn de waarnemingen over deze nachten onderstreept.

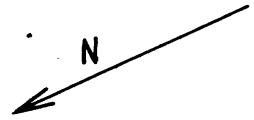
Het scheppen van volkomen gelijke omstandigheden, wat de bodem betreft, is met de gebruikte grindbakken niet geheel gelukt. De provisorische afscherming heeft echter vrij goed gewerkt.

Het gemiddelde verschil tussen de minima van G 1 en G2 bedroeg over deze zeven nachten  $0,51^{\circ}$ . Het grootste verschil was daarbij  $0,9^{\circ}$ . Over de overige nachten was het gemiddelde verschil  $1,0^{\circ}$  met als grootste waarde  $2,2^{\circ}$ . Waarschijnlijk zal het resultaat kunnen worden verbeterd door de oppervlakte van de grindlagen te vergroten en het aanbrengen van een vaste lage afscherming.

## 5. Samenvatting en conclusies.

1. In een stralingsnacht was het boven een grasoppervlak kouder dan boven dezelfde grond in onbegroeide toestand. Hierop kwamen geen uitzonderingen voor. Het verschijnsel deed zich ook voor in de nachten van oktober en november, zelfs bij mistig weer.
2. De aangelegde grindbakken met het doel om gelijke bodemomstandigheden te scheppen, bleken niet geheel aan de verwachtingen te beantwoorden. De bakken zullen groter moeten zijn, terwijl de horizontale toestroming van lucht uit de omgeving tot een hoogte van enkele decimeters moet worden belet door een luchtdichte afscherming.
3. Het aantal stralingsnachten was in de meetperiode bijzonder gering. Er werden geen extreme waarden van de verschillen gemeten.

Voormalige houtwal



zwarte grond	
vast	los
•2	•4
•1	•3

