

KONINKLIJK
NEDERLANDSCH METEOROLOGISCH INSTITUUT
Nº. 102

MEDEDEELINGEN
EN
VERHANDELINGEN

48

Dr. C. Braak. Invloed van den
wind op regenwaarnemingen

Dr. C. Braak. Influence of the
wind on rainfall measurements

INVLOED VAN DEN WIND
OP REGENWAARNEMINGEN
INFLUENCE OF THE WIND ON
RAINFALL MEASUREMENTS

INHOUD

	Bladz.
INLEIDING	7
De waarnemingen dezer verhandeling	7
Buitenlandsche waarnemingen	8
WAARNEMINGEN	10
Instrumenten	10
Waarnemers, opstellingsterrein	15
Bepaling der windsnelheid	18
VERSCHILLEN TUSSCHEN DE REGENMETERS	20
Verschillen tusschen den standaardregenmeter en den gewonen regenmeter	20
Verschillen tusschen den standaardregenmeter en de overige regenmeters	34
Verklaring der verschillen	39
Verschillen tusschen de regenmeters op 35 of 40 cm en 1.50 m, te Borculo, Winterswijk, Dirksland, Castricum, Leiduin en De Bilt	41
Andere regenmeters	44
SAMENVATTING DER UITKOMSTEN	47
TOEPASSING DER UITKOMSTEN	49
Gecorrigeerde jaarsommen	49

CONTENTS

	Page
INTRODUCTION	52
The observations of this treatise	52
Foreign observations	53
OBSERVATIONS	54
Instruments	54
Observers, site of the stations	56
Determination of windvelocity	58
DIFFERENCES BETWEEN THE RAINGAUGES	60
Differences between the standard raingauge and the ordinary rain- gauge	60

	Page
Differences between the standard raingauge and the other raingauges.	66
Explanation of the differences	67
Differences between the raingauges at 35 or 40 cm and 1.50 m, at Borculo, Winterswijk, Dirksland, Castricum, Leiduin and De Bilt	68
Other raingauges	70
SUMMARY OF THE RESULTS	72
APPLICATION OF THE RESULTS	74
Corrected annual amounts	74

INLEIDING

DE WAARNEMINGEN DEZER VERHANDELING

1. In een winderig land als het onze heeft de wind op de waarnemingen, met regenmeters van de gewone opstelling verkregen, een invloed, die niet geheel verwaarloosd mag worden. De regenmeter brengt een storing teweeg in de luchtstrooming en verhoogt de turbulentie van de lucht, waardoor een gedeelte van den neerslag, die anders in den opvangtrechter terecht zou zijn gekomen, langer zwevende blijft en eerst voorbij den regenmeter neerslaat. Deze fout komt vooral tot uiting in het westen van het land, waar de windsnelheid het grootst is en waar door den minder sterken boomgroei niet zelden voor de opstelling van den regenmeter met een onvoldoende beschutting tegen den wind genoeg moet worden genomen.

Het onderzoek naar dezen invloed van den wind is in hoofdzaak verricht door vergelijking der waarnemingen van den gewonen regenmeter, die met zijn opvangopening op 1.50 m boven den grond is opgesteld, met een standaardregenmeter, waarvan de bovenrand van den trechter gelijk met den grond is.

De vergelijkende waarnemingen omvatten ook waarnemingen met het scherm van NIPHER en met regenmeters, die dicht bij den grond, op ongeveer 40 cm hoogte, zijn geplaatst. Het onderzoek met het scherm van NIPHER had ten doel na te gaan in hoeverre dit hulpmiddel op winderige plaatsen met goed gevolg kan worden toegepast. Met de regenmeters op 40 cm is onderzocht in hoeverre het mogelijk is de nauwkeurigheid der waarnemingen te verhoogen door het eenvoudige hulpmiddel van opstelling dicht bij den grond, waar de windsnelheid geringer is dan op 1.50 m.

Ook zijn nog vergelijkende waarnemingen verricht met een regenmeter met bijzonder goede beschutting door geboomte rondom en met een regenmeter, die tegen den wind eenigermate beschut is met een open hekwerk. Verder is het onderzoek uitgestrekt tot waarnemingen met de in Engeland gebruikte opstelling, waarbij de regenmeter met een aarden ringwal is omringd.

Eenige voorloopige resultaten van het onderzoek met den standaard grondregenmeter zijn reeds vroeger medegedeeld in een 3-tal publicaties.¹⁾

¹⁾ Invloed van den wind bij regenwaarnemingen. Hemel en Dampkring. Jaarg. 37, afl. 3, 1939, p. 112. — Einfluss des Windes bei Regenmessungen. Gerlands Beiträge zur Geophysik, Bd. 50, Heft 2/3, 1937, S. 231. — Einfluss des Windes bei Regenmessungen. Gerl. Beitr. z. Geoph., Bd. 58, Heft 1/2, 1941, S. 68.

Een kaartje der waarnemingsstations wordt hierbij gevoegd.



Fig. 1. Ligging der stations
Position of the stations

De waarnemingen zijn verricht te 8 uur lokalen tijd. Om den invloed van verschillen in de opvangtrechters en de maatglazen uit te schakelen, is voorgeschreven, dat steeds de waarnemingen van alle regenmeters met hetzelfde maatglas worden gedaan en dat de regenmeters op gezette tijden worden omgewisseld. Om te voorkomen, dat bij de aflezingen de grootere of kleinere hoeveelheid water, die aan het maatglas blijft hangen, een rol speelt, wordt het maatglas vóór de eerste aflezing nat gemaakt of is voorgeschreven, dat van de telkens cyclisch verwisselde regenmeters steeds een bepaald nummer het eerst wordt afgelezen.

Behalve met het windeffect is bij de regenwaarnemingen nog met andere foutenbronnen rekening te houden. De verliezen door verdamping zijn bij goede regenmeters te verwaarloozen. Een niet te verwaarloozen fout ontstaat, wanneer bij het begin van den regen de opvangtrechter droog is. Een deel van den regen, dat dient om den trechter te bevochtigen, vloeit dan niet naar het reservoir af. De jaarlijksche regenval wordt hierdoor eenige procenten te laag waargenomen.

*bevochtigen op
faut
0,1 à 0,3 mm
te laag*

BUITENLANDSCHE WAARNEMINGEN

2. Omtrent de opstelling van regenmeters zijn internationaal geen bepaalde voorschriften vastgesteld. Er is aanbevolen ze op zoodanige hoogte te plaatsen, dat ze niet kunnen worden beïnvloed door sneeuwdrift noch door het opspatten van op den grond vallende regendruppels, of door boomen of nabij zijnde voorwerpen. Als de meest geschikte hoogte is 1 a 1½ m boven den grond aangegeven. De nationaal voorgeschreven hoogte is uiteenlopend in de verschillende landen.

In Duitschland is 1 m aangenomen. De opvangopening is hier 200 cm². Door KOSCHMIEDER ¹⁾ zijn op de Schneekoppe vergelijkende waarnemingen verricht met een grondregenmeter, die als model is gekozen voor den regenmeter, die voor onze waarnemingen heeft gediend.

In België zijn de regenmeters op 30 of 40 cm boven den grond opgesteld en hebben zij een opening van 100 cm². In Engeland is de voorgeschreven hoogte 30 cm. Het regenmetermodel van het British Meteorological Office heeft een opvangopening van 125 of 200 mm middellijn, derhalve 123 of 314 cm² oppervlak. Om het windeffect zoo gering mogelijk te maken, is behalve de lage opstelling voor zeer open terrein voorgeschreven, dat rondom den regenmeter een aarden wal wordt gemaakt, waarvan de kruin zich op gelijke hoogte bevindt met den rand van den regenmeter. Door een speciaal ingesteld onderzoek is gebleken, dat de aangenomen hoogte geen aanleiding geeft tot inspatting in storende mate ²⁾).

De Fransche regenmeters hebben een opening van 400 cm² en zijn op een hoogte van ongeveer 1 m of 1.50 m opgesteld. BRAZIER ³⁾, die ook met een grondregenmeter heeft gewerkt, geeft aan, naar aanleiding van waarnemingen te Montsouris en Parc Saint-Maur, dat in de omstreken van Parijs het deficit in het jaargemiddelde tusschen 5 % en 9 % kan worden geschat. ⁴⁾ Hij deelt in zijn artikel ook de uitkomsten mede, die door BELGRAND bij Honfleur zijn verkregen met regenmeters met verschillende grootte der opvangopeningen, die er op wijzen, dat het windeffect afneemt als de opening grooter wordt. Voor den jaarlijkschen regenval worden de onderstaande verhoudingen gevonden.

Oppervlak in m ² .	0.01	0.04	0.16	25.00
Verhouding . . .	0.913	0.973	0.992	1.000

Uit de 4½-jarige waarnemingen te Castle House en de bijna 2-jarige te Strathfield Turgiss ⁵⁾ blijkt, dat regenmeters, die op 1 voet boven den grond zijn opgesteld, gemiddeld identieke uitkomsten geven tot op 1 %, bij opvangopeningen, wier middellijn uiteenloopt van 4 tot 24 Engelschen duim.

Tenslotte kunnen nog de waarnemingen worden genoemd, die in Engeland zijn verricht te Castle House, Calne, gedurende 4½ jaar (1863—1867) ⁶⁾ met regenmeters, die op 8 verschillende hoogten waren opgesteld en die in § 21 nog vermelding zullen vinden.

¹⁾ H. KOSCHMIEDER. Methods and results of definite rain measurements. Monthly Weather Review. Jan. 1934, p. 5.

²⁾ F. J. W. WHIPPLE. Rainfall as measured by gauges set in turf, gravel and concrete. Some comparisons at Kew Observatory. The Met. Mag. vol. 70, 1935, p. 32.

³⁾ C. E. BRAZIER. Sur la mesure correcte de la pluie. La Météorologie, 1927, p. 385.

⁴⁾ CH. F. BROOKS deelt op p. 11 van Bulletin n°. 23, Sixième Assemblée Générale à Edinbourg van de Union internationale de géodésie et de géophysique, Riga 1938, mede, op grond van verschillende onderzoekingen, dat men bij matig aan den wind blootgestelde regenmeters op een tekort van ongeveer 5 % moet rekenen.

⁵⁾ Zie H. WILD. Repertorium für Meteorologie. Bd 9 (1885) Nr. 9.

⁶⁾ Zie H. WILD. loc. cit.

Het is niet onze bedoeling een historisch overzicht te geven van de onderzoeken, die op dit gebied zijn gedaan; de hier vermelde publicaties geven slechts een zeer onvolledig beeld van de bestaande literatuur.

WAARNEMINGEN

INSTRUMENTEN

3. Gewone regenmeter

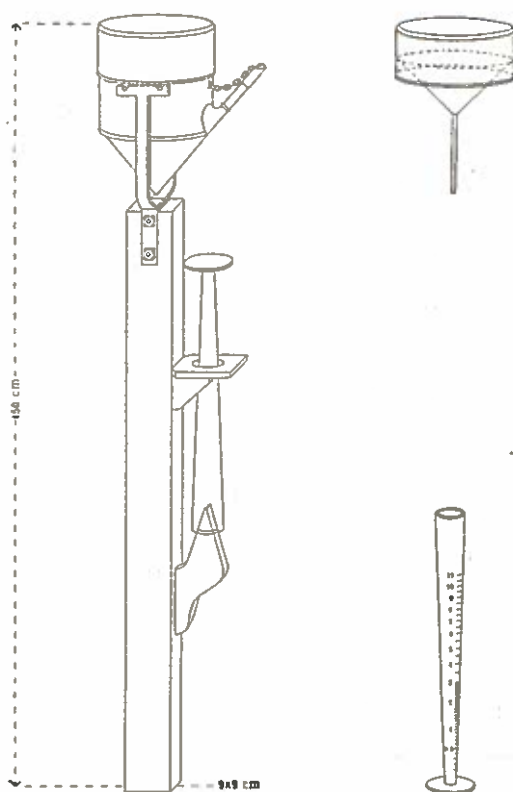


Fig. 2. Gewone regenmeter met maatglas
Normal rain gauge with measuring glass.

De regenmeters, die in het waarnemingsnet van het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut worden gebruikt, hebben een opvangtrechter, waarvan de rand zich op 1.50 m boven den grond bevindt. De opvangopening is 400 cm². De regenmeter en het bijbehorende maatglas zijn in fig. 2 weergegeven. Voor de opstelingsplaats luidt het voorschrift dat zij zoo moet worden gekozen, dat de regen van alle zijden voldoende vrijen toegang heeft, maar tevens liefst zoo, dat de regenmeter eenigszins tegen den wind beschut staat. Van boomen, huizen, muren, enz. moet de regenmeter minstens even ver verwijderd zijn als deze voorwerpen hoog zijn.

4. Standaardregenmeter

In fig. 3 is de opstelling van den gewonen en van den standaardregenmeter voorgesteld, zooals deze is op het terrein van het pompstation Bennebroek van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noordholland.

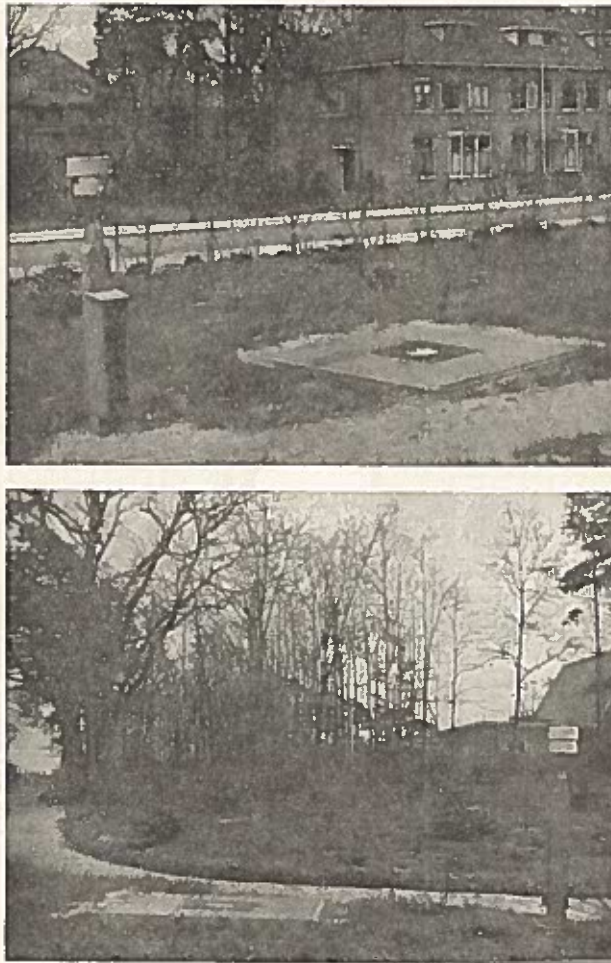


Fig. 3. Opstelling van den gewonen en den grondregenmeter te Bennebroek
Position of the ordinary and standard raingauge at Bennebroek.

De grondregenmeter is nagemaakt naar het instrument, dat door KOSCHMIEDER met goed gevolg op de Schneekoppe is gebruikt en in „Monthly Weather Review” van Januari 1934 is beschreven. In fig. 4 is een bovenaanzicht van de opstelling gegeven. De invloed van den wind kan als uitgeschakeld worden beschouwd, wanneer de opening met den grond gelijk is, maar er zijn speciale voorzorgen vereischt om te voorkomen, dat door het inspatten van druppels de neerslag te hoog wordt gevonden.

Daarom is de regenmeter over een breedte van minstens 17.5 cm met verticale borstels van ongeveer 5 cm lengte omgeven en verder naar buiten

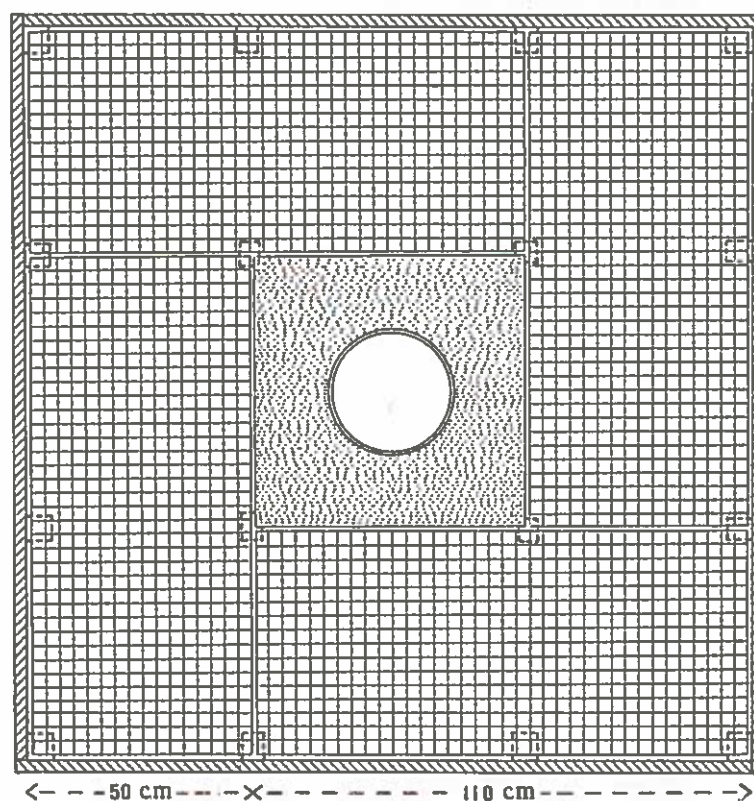


Fig. 4. Grondregenmeter
Standard rain gauge

door een honingraatconstructie van gegalvaniseerd bandijzer van 50 cm breedte. Zij bestaat uit 4 roosters van 110 bij 50 cm; het bandijzer is 2 cm breed en 2 mm dik, de afstand der verticaal geplaatste banden is 3 cm. De borstels zijn op een vierkant stuk hout gemonteerd met een koperen rand aan de binnen- en buitenzijde. De plank met borstels wordt bij de waarneming weggenomen.

Een regenmeter van dit model is gedurende enkele jaren opgesteld geweest op het hoofdstation te Vlissingen en te Dirksland en dergelijke instrumenten zijn nog in functie te Bennebroek, Castricum, Leiduin, De Voorst en De Bilt.

5. Andere regenmeters

Te Dirksland, Castricum, Leiduin, De Bilt en Kornwerderzand zijn ook gewone regenmeters opgesteld op een geringe hoogte boven den grond, namelijk te Dirksland op 35 en overigens op 40 cm.

Te Castricum staat daarenboven een regenmeter met een scherm van NIPHER. Dit laatste heeft ten doel een ongestoord verloop van de stroomlijnen der luchtbeweging boven den regenmeter te waarborgen. De vergelijkingen met den grondregenmeter zullen kunnen uitmaken in hoeverre het scherm aan het gestelde doel beantwoordt. Als model is het scherm gekozen, dat is afgebeeld in fig. 3 op blz. 12 van het in noot ⁴⁾ van p. 9. vermelde Bulletin N°. 23, overgenomen uit Zeitschrift für Meteorologie, 14: 253, Wien 1879. In fig. 5 is er een afbeelding van gegeven. De 12 cm breede horizontale bovenrand is gemaakt van stevig metaalgaas met mazen van 0.6 cm. De stippellijn van het aansluitende conische gedeelte stelt ditzelfde metaalgaas voor, dat om inspatting te verhinderen over den zinken mantel is aangebracht, met een tusschenruimte van 1 cm. Om den regenmeter te kunnen aftappen, is boven in den onderste zinken kegelmantel een opening gemaakt, die met een deurtje kan worden gesloten.

Te Leiduin worden nabij de opstellingsplaats der andere regenmeters ook nog waarnemingen verricht met een normaal opgestellten regenmeter, die van alle zijden geheel door geboomte is beschut.

Teneinde na te gaan hoe groot het windeffect is in het oosten van ons land, waar de windsterkte betrekkelijk gering is en de wind in verband met den invloed van het land wat de turbulentie betreft wellicht merkbaar andere eigenschappen heeft, zijn te Borculo en Winterswijk regenmeters op 0.40 m hoogte geplaatst, naast de gewone

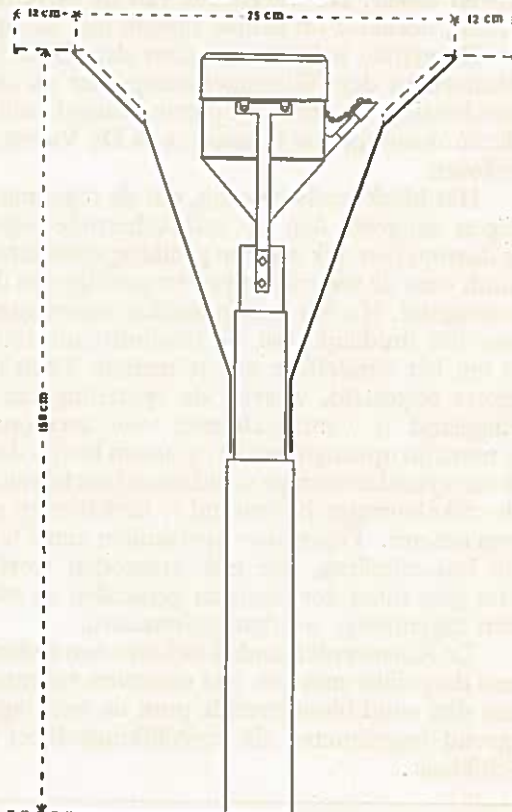


Fig. 5. Regenmeter met scherm van Nipher
Rain gauge with Nipher screen

regenmeters op 1.50 m. Borculo is gekozen, omdat de waarnemer daar beschikt over een gunstig gelegen tuin, die door omringend geboomte goed tegen den wind beschut ligt, terwijl daarentegen te Winterswijk het waarnemingsterrein tamelijk open ligt voor den wind; eenige beschutting wordt hier gegeven aan den oostkant door het woonhuis en andere huizen, met open ruimten er tusschen, maar overigens is de naaste omgeving vlak en vrijwel boomloos.

Verder zijn de waarnemingen te vermelden, die zijn verricht te De Voorst aan den oostrand van den Noordoostpolder. Hier is naast een onbeschermden regenmeter met 1.50 m opvanghoogte een tweede instrument geplaatst, dat omgeven is door een houten hek met 4 zijden van 2 m. De zijden bestaan uit 2 planken, met een breedte van ongeveer 15 cm, op eenigen afstand boven elkaar. De bovenkant van de bovenste plank is 1.50 m boven den grond, derhalve op gelijke hoogte met de opvangopening der regenmeters.

Dergelijke hekken zijn door den Dienst der Zuiderzeewerken op vele plaatsen in den Wieringermeerpolder en den Noordoostpolder als windbeschutting om den regenmeter aangebracht. Om de doeltreffendheid van dezen maatregel na te gaan, is te De Voorst een winderige opstellingsplaats gekozen.

Het bleek reeds spoedig, dat de regenmeter met het hek merkbaar meer regen aangeeft dan de onbeschermden regenmeter. Ter nadere controle is daarom hier ook nog een grondregenmeter opgesteld, afkomstig van Dirksland, waar de waarnemingen tengevolge van de inundatie niet konden worden voortgezet. Na een paar maanden waarnemingen met den grondregenmeter was het duidelijk, dat de beschuttende invloed van het hek onvoldoende is om het windeffect weg te nemen. Toen is te De Voorst nog een regenmeter opgesteld, waarbij de opstelling ten voorbeeld is genomen, die in Engeland is voorgeschreven voor zeer open terreinen.¹⁾ De regenmeter is met zijn opvangopening op 40 cm boven den grond geplaatst. Daar omheen is een cilindervormige wand aangebracht van 40 cm hoogte en 3 m middellijn; de cirkelvormige bovenrand is derhalve op gelijke hoogte met dien van den regenmeter. Tegen den opstaanden rand wordt aarde aangebracht, zoodat de buitenhelling, die met graszoden wordt afgedekt, 1 op 4 bedraagt. Het gras moet kort worden gehouden en zoo noodig moet de put rondom den regenmeter worden gedraineerd.

Te Kornwerderzand is behalve een onbeschermden regenmeter op 40 cm een dergelijke met een wal omgeven regenmeter opgesteld om op dit sterk aan den wind blootgestelde punt de werking te onderzoeken. Een standaard (grond-)regenmeter als vergelijkingsobject was voor dit station niet beschikbaar.

¹⁾ The Observer's Handbook. Meteorological Office London, 1934, p. 89. Een overzicht van de experimenten, die met dit model windscherm zijn verricht, wordt door F. HUDLESTON gegeven in zijn artikel „A summary of seven years experiments with rain-gauge shields in exposed positions, 1926—1932, at Hutton John, Penrith.” British Rainfall 1933, p. 274.

Bij alle waarnemingen met den grondregenmeter zijn dagen met sneeuwval van beteekenis buiten beschouwing gelaten en ook dagen, waarop een storende invloed van driftsneeuw kon worden vermoed.

Het is enkele malen voorgekomen, dat niet van alle regenmeters met verschillende opstelling de waarnemingen op een bepaalden dag beschikbaar waren of dat de rangschikking naar de windsnelheid bezwaren opleverde. Dientengevolge hebben in enkele gevallen de getallen van de volgende tabellen niet volledig op dezelfde waarnemingen betrekking en behoeven de neerslagsommen der verschillende tabellen niet steeds met elkaar te kloppen.

WAARNEMERS, OPSTELLINGSTERREIN

6. *Bennebroek.* De regenmeters zijn opgesteld op het terrein van het pompstation van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noordholland, onder normale omstandigheden, d.w.z. bij voldoende vrije maar beschutte ligging. De waarnemingen worden verricht door den machinist van het pompstation.

Vlissingen. De regenmeters waren opgesteld op het waarnemings-terrein van het meteorologische hoofdstation en de waarnemingen zijn verricht door den observator C. DE RUYTER. Het terrein en de naaste omgeving zijn onbegroeid en grenzen aan de haven. De weinig dichte bebouwing der stad begint eerst op minstens 100 m afstand, aan de westzijde.

Dirksland. De waarnemingen worden hier verricht door den Heer M. ZON, machinist van het poldergemaal. Het waarnemingsstation is voor het bedoelde onderzoek zeer gunstig gelegen. De omgeving is vlak en boomloos. De eenige obstakels worden gevormd door de lage woning van den waarnemer en een afgeknotten windmolen op iets geringeren (30 m) afstand. In het bijzonder hebben de westelijke regenwinden geheel vrijen toegang.

Castricum. De regenwaarnemingen maken deel uit van een uitgebreid meteorologisch onderzoek, dat op het lysimeterterrein in het provinciaal duinterrein onder Castricum op initiatief van en in overleg met het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noordholland wordt ingesteld. Foto's van het waarnemingsterrein en van den grondregenmeter worden hierbij gevoegd. (fig. 6 en 7). Het terrein is een ruime vlakke duinpan, omringd door een iets hoger golvend landschap met lage duinen en schaarsche begroeiing. Door het P.W.N. zijn een tweetal waarnemers aangesteld, die door het Meteorologisch Instituut zijn onderricht en den meteorologischen dienst tot hun speciale dagtaak hebben. De waarnemingen staan onder leiding van Dr. L. J. L. DEY, wetenschappelijk medewerker bij het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut.



Fig. 6. Waarnemingsterrein te Castricum
Observation ground at Castricum

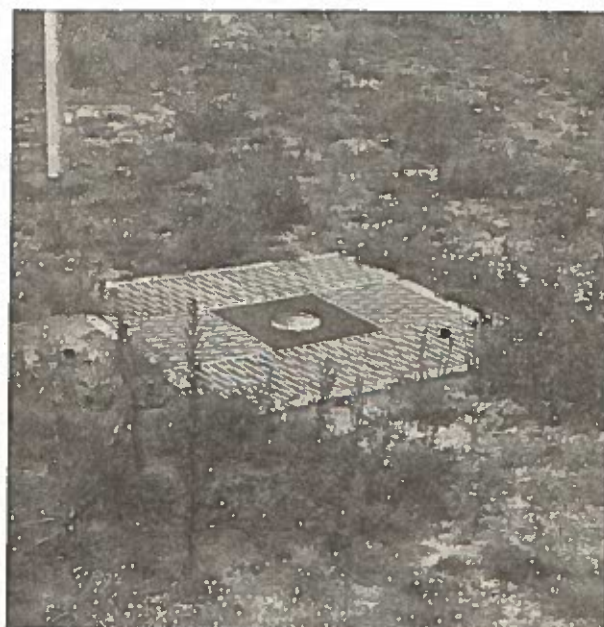


Fig. 7. Grondregenmeter te Castricum
Standard raingauge at Castricum

Leiduin. Bij het pompstation Leiduin der Amsterdamsche Waterleidingen zijn sedert geruimen tijd waarnemingen met een gewonen regenmeter verricht op het terrein, gelegen tusschen de filterreservoirs en de Leidsche trekvaart. De waarnemingsplaats is tamelijk open en onbegroeid, met uitzondering van een rij jonge boomen aan de noordzijde. Ten oosten grenst het terrein aan de waterbassins, ten westen aan de overzijde van de vaart geven de vrij hooge gebouwen van het pompstation eenige beschutting. Op het terrein zelf staan enkele kleine lage gebouwtjes met plat dak. Een grondregenmeter en een regenmeter op 40 cm hoogte zijn vlak bij den gewonen regenmeter opgesteld. Op ongeveer 150 m ten WZW bevindt zich 70 à 80 m ten zuiden van het machinegebouw nog een gewone regenmeter, die vrijwel geheel is omgeven door een boschje van jonge boomen; daarenboven sluit zich daar aan de zuid- en westzijde nog een rij van hooge boomen aan, zoodat de regenmeter zeer afdoende tegen den wind beschut staat. De afstand tot het omringende geboomte is weinig grooter dan de hoogte der naastbij staande boomen bedraagt. Het is de bedoeling om met deze ideale beschutting, waarvan men wel mag aannemen, dat het storende windeffect gering is, na te gaan of de voorgeschreven minimum afstand (minstens de hoogte van de beschuttende voorwerpen) voldoende is. Het zou namelijk kunnen zijn, dat bij sterken wind een merkbaar deel van den regen door de beschuttende voorwerpen werd opgevangen.

De Bilt. De instrumenten zijn opgesteld op het ruime waarnemingsveld van het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut, dat door het omringende, grootendeels hoog opgaande, geboomte in vrij sterke mate tegen den wind beschut ligt. De grondregenmeter en de regenmeters op 0.40 m en 1.50 m zijn in elkaars nabijheid geplaatst. De waarnemingen zijn opgedragen aan een der observatoren, op Zon- en feestdagen worden zij verricht door den dienstdoenden observator.

De Voorst. De oorspronkelijk in een terreininzinking staande regenmeter is voor het onderzoek naar een meer aan den wind blootgesteld punt verplaatst. Het poldergemaal en een kleiner gebouw zijn de eenige windbrekers in de omgeving. Overigens is alles kaal terrein, ten westen ligt de open nog slechts gedeeltelijk in cultuur gebrachte polder. Het waarnemingsveld ligt hooger dan de omgeving, op het niveau van den polderdijk. De waarnemingen worden verricht door den Heer H. H. J. A. WEMMERSLAGER, machinist van het poldergemaal.

Borculo. De waarnemingen worden verricht door den heer G. TH. BOUHUYS, regenwaarnemer van het Instituut.

Te *Winterswijk* worden de waarnemingen op het meteorologische termijnstation verricht door den Heer J. H. LANGENDIJK.

Kornwerderzand. De waarnemingen worden verricht op het winderige haventerrein aan den afsluitdijk, op een grasvlakte ten oosten van de

sluizen, die aan de noordzijde eenigszins beschut is door een dijkje en aan den westkant eenigermate door de fortten aan de overzijde van de sluizen en een gebouwtje. De aflezingen worden gedaan door den sluishavenmeester F. J. OOSTDIJK, waarnemer van het meteorologische termijnstation.

BEPALING DER WINDSNELHEID

7. De neerslagmetingen zijn gerangschikt naar de windsnelheid. Hiervoor werd de windsnelheid gekozen op de hoogte van de opening van den gewonen regenmeter, op 1.50 m boven den grond. Op deze hoogte zijn geen windsnelheidsmetingen verricht, zoodat de beschikbare gegevens tot 1.50 m moesten worden herleid.

Dit gaf te *Bennebroek* aanleiding tot een omslachtige reductie, die op geen groote nauwkeurigheid aanspraak kan maken. Hier is namelijk op het terrein der regenwaarnemingen geen windmeter aanwezig, zoodat gebruik moest worden gemaakt van het windstation IJmuiden, waar de windmeter op de eerste duinenreeks staat, op 8½ m boven het duin en 25 m boven zee. Waarnemingen te De Bilt hebben geleerd ¹⁾, dat op het observatieterrein van het Instituut door de beschutting de windsnelheid wordt verminderd tot beneden de helft van die op het vrije veld. Te *Bennebroek* is de waarnemingsplaats iets minder beschut gelegen en waarschijnlijk is men dicht bij de waarheid, wanneer men daar een reductie van de snelheid tot de helft aanneemt. De verdere reductie heeft daarin bestaan, dat men de waarnemingen van IJmuiden eerst terugbrengt tot 1.50 m en dan corrigeert voor de vermindering van de windsnelheid over de 7 km van de kust tot *Bennebroek* ²⁾. De totale reductie komt neer op een vermenigvuldiging van de tot 6 m boven vlak terrein gereduceerde waarnemingen te IJmuiden met den factor 0.35. Aangezien de neerslag te 8 uur 's morgens wordt afgetapt, zijn de dagsommen gerangschikt naar de gemiddelde windsnelheid van 8—8 uur. Dit is ook het geval voor *Vlissingen*, *Dirksland* en *Leiduin*, echter niet voor *Castricum* en *De Bilt*, waar zelfregistreerende regenmeters aanwezig zijn.

Voor de overige stations was de reductie eenvoudiger.

Te *Vlissingen* staat de regenmeter op 25 m afstand van het meteorologische station, waarop zich de windmeter bevindt op een hoogte van 13.4 m boven den *begane* grond. Voor de reductie is aangenomen, dat de invloed der huizen wordt gecompenseerd door dien van de haven, waarin het water ongeveer 5 m beneden het waarnemingsterrein staat. De opstelling van den gewonen regenmeter komt dan overeen met die op vlak terrein zonder hindernissen. Voor de reductie van 13.4 m op 1.5 m is vermenigvuldigd met een factor, die voor 0 tot 20 m.p.s. varieert van 0.71 tot 0.75.

¹⁾ Zie Mededeelingen en Verhandelingen 39, p. 29.

²⁾ Zie de windkaartjes in Mededeelingen en Verhandelingen 46. De reductie voor de hoogte is behandeld in Meded. en Verh. 32 en 46.

Te *Dirksland* is de windmeter naast den regenmeter opgesteld op 7 m boven den grond. Voor de reductie van 7 op 1.50 m (hoogte van den regenmeter) is de factor 0.78 aangenomen.

Te *Castricum* staat de windmeter op 9 m boven den grond in het NW van het waarnemingsterrein. De paal van den windmeter is links op den voorgrond van fig. 6 te zien. Voor de reductie tot regenmeterhoogte, van 9 tot 1.50 m, is de waargenomen windsnelheid vermenigvuldigd met 0.76. De regenwaarnemingen zijn gerangschikt naar de gemiddelde windsnelheid gedurende de uren, waarop het in het afgeloopen etmaal heeft geregend.

Te *Leiduin* is de windmeter geplaatst op het in de nabijheid der regenmeters staande 3 m hooge peilhuisje op 8 m boven den 0.75 m opgehoogden grond rondom dit gebouwtje, zoodat de hoogte boven het regenmeterterrein 8.75 m bedraagt. Voor de reductie der windwaarnemingen tot regenmeterhoogte wordt de factor 0.76 gebruikt.

Te *De Bilt* is gebruik gemaakt van de vergelijkende waarnemingen, die op den toren op 37.5 m hoogte en op het waarnemingsterrein op 1.50 m zijn verricht. De reductiefactoren blijken afhankelijk van de windrichting te zijn tengevolge van de ongelijke beschutting, en in den winter is het verschil tusschen boven en beneden kleiner dan in den zomer. Als factoren, waarmede de windsnelheid op den toren moet worden vermenigvuldigd om die op 1.50 m hoogte te verkrijgen, zijn aangenomen: ¹⁾

	Dec.—Maart	April	Mei	Juni—Sept.	Oct.	Nov.
Factor:	0.33	0.31	0.27	0.25	0.27	0.31

De regen is hier evenals voor *Castricum* gerangschikt naar de gemiddelde windsnelheid tijdens de uren, waarin het heeft geregend.

De windmeter te *IJmuiden* is een luchtdrukanemobiagraaf van *DINES*, die geregeld minstens éénmaal per jaar wordt geijkt door middel van een watermanometer. De overige windmeters zijn *ROBINSON*-molentjes met 4 halve bollen, die op den waarnemingstoren te *De Bilt* met den anemometer van het Instituut zijn vergeleken.

8. Bij het onderzoek naar het verband tusschen de grootte van het windeffect en de windsnelheid zou het ongetwijfeld een groot voordeel zijn geweest, indien had kunnen worden beschikt over waarnemingen van regenval en windsnelheid over veel kortere tijdvakken dan mij ter beschikking stonden. En het verdient zeker aanbeveling om bij een voortgezet onderzoek de mogelijkheid te scheppen om het genoemde verband meer in detail na te gaan. Bij den huidige stand van zaken is bij de waarnemingen der

¹⁾ Voor de andere stations is de jaarlijksche gang in de reductie verwaarloosd. Voor *Bennebroek*, omdat geen gegevens ter beschikking stonden en de geheele reductie niet meer dan een ruwe schatting was, voor de overige, omdat het bedrag der reductie klein genoeg was om de seizoenverschillen buiten beschouwing te laten.

stations, waar geen zelfregistreerende regenmeters zijn opgesteld, de windsnelheid gemiddeld over een geheel etmaal, waaronder vele uren, waarop het niet heeft geregend, zoodat het gemiddelde slechts een ruwe benadering geeft van de windsnelheid, waarbij de regen is gevallen. Hoewel in mindere mate, geldt dit bezwaar ook nog voor de stations met pluviografen, omdat in de aftappingen zware en lichte regens zijn begrepen, die onregelmatig zijn verdeeld over de periode, waarover de windsnelheid wordt gemiddeld.

Afgezien van een sterke afvlakking der uitkomsten en de noodzakelijkheid om over een veel grooter waarnemingsmateriaal te beschikken dan bij kortere intervallen noodig zou zijn, mag echter worden verwacht, dat geen belangrijke systematische afwijkingen in de einduitkomsten optreden, omdat het blijkt dat het windeffect bij benadering een lineaire functie is van de windsnelheid. Daarbij wordt ondersteld, dat er geen uitgesproken verband bestaat tusschen regenval en windsnelheid, zoodat de verdeling van den regen over het tijdvak, waarover de windsnelheid wordt gemiddeld, als een toevallige mag worden beschouwd. Dit is niet geheel juist, want tijdens regenbuien is over het algemeen de windsnelheid wel iets hoger dan normaal. Dientengevolge zullen de lijnen in fig. 8, 9, 10 en 11 wel iets te steil verlopen, omdat het windeffect tegen te lage windsnelheden is uitgezet.

Het feit, dat, behalve voor De Bilt, bij de reductie van de windsnelheid tot 1.50 m hoogte voor het geheele jaar dezelfde factoren zijn gebruikt, kan eenigen invloed hebben gehad op de rangschikking der uitkomsten. Door het loof der boomen zou in werkelijkheid in den zomer een sterkere reductie vereischt zijn dan in den winter. De verschillen in den waargenomen regenval zullen derhalve in den zomer gerangschikt worden onder een te groote windsnelheid en het windeffect zal iets te klein worden gevonden, in den winter iets te groot.

VERSCHILLEN TUSSCHEN DE REGENMETERS

VERSCHILLEN TUSSCHEN DEN STANDAARDREGENMETER EN DEN GEWONEN REGENMETER

Maandsommen

9. De maandsommen van de waarnemingen met den grondregenmeter (I) en den gewonen regenmeter op 1.50 m (II) zijn in tabel 1 opgenomen, met de verschillen I—II. Daarenboven zijn voor iedere maand de verschillen I—II vermeld, berekend voor het geheele waarnemingsmateriaal en uitgedrukt in percenten van den totalen regenval, die met den gewonen regenmeter (II) is afgetapt.

TABEL I

Maandsommen van den neerslag in millimeters

Monthly amounts of precipitation in millimetres

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>Bennebroek</i>												
1935												
I	—	—	—	—	—	—	19.8 ^b	91.6	111.8 ^b	113.8 ^b	75.4	120.4
II	—	—	—	—	—	—	19.9	89.5	108.4	109.0	72.0	114.1
I—II	—	—	—	—	—	—	0.0 ^b	2.1	3.4 ^b	4.8 ^b	3.4	6.3
1936												
I	109.2 ^b	54.0	14.5 ^b	53.1	19.2 ^b	45.6 ^b	147.6	48.1	126.9 ^b	93.3	101.6 ^b	59.3 ^b
II	102.5	51.1	14.3	50.9 ^b	18.8 ^b	45.5	143.7	47.4	127.5	89.7	97.2	56.5
I—II	6.7 ^b	2.9	0.2 ^b	2.1 ^b	0.4	0.1 ^b	3.9	0.7	0.5 ^b	3.6	4.4 ^b	2.8 ^b
1937												
I	103.2	104.1 ^b	56.2 ^b	78.5 ^b	61.7 ^b	62.7 ^b	33.0	65.2	149.5 ^b	29.6 ^b	71.9	56.8 ^b
II	98.2	99.7	53.6	76.1	60.4	61.8	31.9	64.4	147.7	28.5	69.5	53.5
I—II	5.0	4.4 ^b	2.6 ^b	2.4 ^b	1.3 ^b	0.9 ^b	1.1	0.8	1.8 ^b	1.1 ^b	2.4	3.3 ^b
1938												
I	101.5 ^b	36.4	24.8 ^b	27.7 ^b	39.7 ^b	19.2 ^b	60.1	77.9 ^b	72.3	130.4	75.7	83.0
II	95.7	33.4	23.5	25.2	38.9	18.7	59.2	76.2	71.0	125.3	72.5	79.8
I—II	5.8 ^b	3.0	1.3 ^b	2.5 ^b	0.8 ^b	0.5 ^b	0.9	1.7 ^b	1.3	5.1	3.2	3.2
1939												
I	121.8	34.0	70.8 ^b	56.1	27.3 ^b	26.4	105.2 ^b	37.1 ^b	115.7 ^b	149.6 ^b	136.8	44.9 ^b
II	117.0	31.9	66.2	54.1	26.2	25.8	102.9	36.7	113.7	146.2	131.7	43.0
I—II	4.8	2.1	4.6 ^b	2.0	1.1 ^b	0.6	2.3 ^b	0.4 ^b	2.0 ^b	3.4 ^b	5.1	1.9 ^b
1940												
I	—	—	58.9	75.1	27.2 ^b	59.2	121.3	62.6 ^b	92.3	35.4	151.6 ^b	109.2
II	—	—	55.4	72.3	26.9	57.9	118.4	60.0	88.9	34.1	145.3	102.2
I—II	—	—	3.5	2.8	0.3 ^b	1.3	2.9	2.6 ^b	3.4	1.3	6.3 ^b	7.0
1941												
I	10.9 ^b	46.4	85.7 ^b	26.2	44.1	15.9	25.5	131.8 ^b	17.8 ^b	198.4 ^b	45.0 ^b	74.8
II	10.5	43.8	82.6	25.0	42.8	16.0	25.1	128.5	16.9	191.5	43.6	69.1
I—II	0.4 ^b	2.6	3.1 ^b	1.2	1.3	0.1	0.4	3.3 ^b	0.9 ^b	6.9 ^b	1.4 ^b	5.7
1942												
I	20.4 ^b	—	17.4 ^b	22.1	59.7	67.0 ^b	157.6	68.5	117.8 ^b	119.9	82.9	84.5 ^b
II	19.6	—	16.5	20.5	58.6	65.5	151.3	67.5	115.6	113.6	78.1	78.0
I—II	0.8 ^b	—	0.9 ^b	1.6	1.1	1.5 ^b	6.3	1.0	2.2 ^b	6.3	4.8	6.5 ^b
1943												
I	102.1 ^b	47.7 ^b	11.1 ^b	26.1 ^b	48.2	76.2 ^b	9.1 ^b	114.5	51.9 ^b	25.8	127.3 ^b	44.2 ^b
II	95.0	44.3	10.7	23.5	45.9	72.0	8.7	109.8	49.9	25.6	119.6	38.8
I—II	7.1 ^b	3.4 ^b	0.4 ^b	2.6 ^b	2.3	4.2 ^b	0.4 ^b	4.7	2.0 ^b	0.2	7.7 ^b	5.4 ^b
Som												
I	569.3 ^b	322.7	339.7 ^b	338.9	327.3 ^b	372.4 ^b	679.3	697.5	856.3 ^b	896.4	868.4	677.3 ^b
II	538.5	304.2	322.8	324.1 ^b	318.5 ^b	363.2	661.1	680.0	839.6	863.5	829.5	635.0
I—II	30.8 ^b	18.5	16.9 ^b	14.7 ^b	8.8	9.2 ^b	18.2	17.5	16.7 ^b	32.9	38.9	42.3 ^b
In % van II	5.7	6.1	5.2	4.6	2.8	2.5	2.8	2.6	2.0	3.8	4.7	6.7

TABEL I (Vervolg) (Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>Vlissingen</i>												
1939												
I	—	—	21.0	57.7	41.4	42.8	104.4	34.1	73.1	165.2	121.8	36.9
II	—	—	18.0	53.2	38.8	40.3	100.0	32.4	68.3	151.3	115.7	34.3
I—II	—	—	3.0	4.5	2.6	2.5	4.4	1.7	4.8	13.9	6.1	2.6
1940												
I	—	—	59.0	52.1	4.1	32.7	84.0	38.2	76.3	53.3	178.7	75.6
II	—	—	55.5	48.2	4.1	30.7	78.5	35.5	71.2	50.7	168.9	72.0
I—II	—	—	3.5	3.9	0.0	2.0	5.5	2.7	5.1	2.6	9.8	3.6
1941												
I	20.9	24.3	109.2	27.3	—	—	—	—	—	—	—	—
II	19.8	23.3	105.3	26.0	—	—	—	—	—	—	—	—
I—II	1.1	1.0	3.9	1.3	—	—	—	—	—	—	—	—
Som												
I	20.9	24.3	189.2	137.1	45.5	75.5	188.4	72.3	149.4	218.5	300.5	112.5
II	19.8	23.3	178.8	127.4	42.9	71.0	178.5	67.9	139.5	202.0	284.6	106.3
I—II	1.1	1.0	10.4	9.7	2.6	4.5	9.9	4.4	9.9	16.5	15.9	6.2
In % van II	5.6	4.3	5.8	7.6	6.1	6.3	5.5	6.5	7.1	8.2	5.6	5.8
<i>Dirksland</i>												
1940												
I	—	—	—	—	38.7	58.9	75.8	47.3	94.2	50.4	152.8	75.7
II	—	—	—	—	35.5	52.3	69.1	39.9	82.4	44.1	134.1	59.7
I—II	—	—	—	—	3.2	6.6	6.7	7.4	11.8	6.3	18.7	16.0
1941												
I	—	—	86.4	23.9	39.4	38.0	39.4	141.9	17.3	121.8	36.5	51.7
II	—	—	74.5	18.4	32.1	33.5	34.0	118.8	12.8	97.1	31.9	38.5
I—II	—	—	11.9	5.5	7.3	4.5	5.4	23.1	4.5	24.7	4.6	13.2
1942												
I	18.5	—	39.4	20.1	47.7	35.7	207.8	45.6	47.4	86.7	84.4	73.6
II	16.1	—	33.9	14.8	39.9	32.8	187.5	39.1	41.6	72.3	75.4	60.3
I—II	2.4	—	5.5	5.3	7.8	2.9	20.3	6.5	5.8	14.4	9.0	13.3
1943												
I	51.2	38.0	15.1	35.0	58.4	99.3	25.4	83.6	48.8	25.8	125.1	47.4
II	43.5	28.3	11.7	26.7	49.8	82.9	20.0	66.7	39.6	22.0	103.8	37.1
I—II	7.7	9.7	3.4	8.3	8.6	16.4	5.4	16.9	9.2	3.8	21.3	10.3
Som												
I	69.7	38.0	140.9	79.0	184.2	231.9	348.4	318.4	207.7	284.7	398.8	248.4
II	59.6	28.3	120.1	59.9	157.3	201.5	310.6	264.5	176.4	235.5	345.2	195.6
I—II	10.1	9.7	20.8	19.1	26.9	30.4	37.8	53.9	31.3	49.2	53.6	52.8
In % van II	16.9	34.3	17.3	31.9	17.1	15.1	12.2	20.4	17.8	20.9	15.5	26.9

TABEL I (Vervolg) (Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>Gastricum</i>												
1941												
I	—	—	—	—	—	6.5	60.0	97.3	20.0	177.1	52.3	78.2
II	—	—	—	—	—	6.1	58.5	91.4	17.9	165.6	48.4	71.5
I—II	—	—	—	—	—	0.4	1.5	5.9	2.1	11.5	3.9	6.7
1942												
I	33.4	—	14.0	24.8	50.9	48.5	179.7	52.8	119.1	136.8	93.0	87.5
II	31.0	—	13.1	22.5	50.1	46.7	170.0	51.8	114.7	128.6	86.2	81.3
I—II	2.4	—	0.9	2.3	0.8	1.8	9.7	1.0	4.4	8.2	6.8	6.2
1943												
I	77.0	49.6	16.2	27.4	36.6	91.9	17.8	99.9	42.3	30.5	127.9	54.8
II	70.8	45.1	15.8	24.1	33.0	88.0	16.3	93.9	40.0	31.3	118.6	49.2
I—II	6.2	4.5	0.4	3.3	3.6	3.9	1.5	6.0	2.3	— 0.8	9.3	5.6
1944												
I	82.3	31.7	17.9	45.8	43.0	69.3	39.7	31.4	120.1	113.9	213.4	92.3
II	72.9	27.5	16.4	43.8	41.2	65.1	38.8	30.4	112.3	109.1	198.5	86.3
I—II	9.4	4.2	1.5	2.0	1.8	4.2	0.9	1.0	7.8	4.8	14.9	6.0
Som												
I	192.7	81.3	48.1	98.0	130.5	216.2	297.2	281.4	301.5	458.3	486.6	312.8
II	174.7	72.6	45.3	90.4	124.3	205.9	283.6	267.5	284.9	434.6	451.7	288.3
I—II	18.0	8.7	2.8	7.6	6.2	10.3	13.6	13.9	16.6	23.7	34.9	24.5
In % van II	10.3	12.0	6.2	8.4	5.0	5.0	4.8	5.2	5.8	5.5	7.7	8.5
<i>Leiduin</i>												
1941												
I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	66.9
II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61.9
I—II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0
1942												
I	22.4	—	27.2	10.5	68.9	50.1	152.2	74.2	118.8	127.1	75.5	82.7
II	21.0	—	25.0	8.4	64.9	48.4	144.5	69.6	114.0	117.9	68.5	75.2
I—II	1.4	—	2.2	2.1	4.0	1.7	7.7	4.6	4.8	9.2	7.0	7.5
1943												
I	95.6	45.9	15.5	25.6	49.3	69.3	12.5	130.6	60.7	30.4	129.7	40.2
II	83.8	39.5	14.1	22.1	43.8	61.5	9.7	119.0	53.7	25.3	120.6	35.4
I—II	11.8	6.4	1.4	3.5	5.5	7.8	2.8	11.6	7.0	5.1	9.1	4.8
1944												
I	73.1	26.4	22.4	36.5	48.1	80.6	35.9	42.3	—	96.3	209.4	—
II	62.8 ^h	22.5	17.7	31.3	45.1	72.7	35.7	40.1	—	87.6	196.4	—
I—II	10.2 ^h	3.9	4.7	5.2	3.0	7.9	0.2	2.2	—	8.7	13.0	—
Som												
I	191.1	72.3	65.1	72.6	166.3	200.0	200.6	247.1	179.5	253.8	414.6	189.8
II	167.6 ^h	62.0	56.8	61.8	153.8	182.6	189.9	228.7	167.7	230.8	385.5	172.5
I—II	23.4 ^h	10.3	8.3	10.8	12.5	17.4	10.7	18.4	11.8	23.0	29.1	17.3
In % van II	14.0	16.6	14.6	17.5	8.1	9.5	5.6	8.0	7.0	10.0	7.5	10.0

TABEL I (Vervolg) (Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>De Bilt</i>												
1943												
I	—	—	—	16.3	42.0	131.1	28.4	117.1	27.8	32.3	95.1	44.9
II	—	—	—	15.9	40.3	128.6	26.2	113.9	27.5	31.5	90.7	42.6
I—II	—	—	—	0.4	1.7	2.5	2.2	3.2	0.3	0.8	4.4	2.3
1944												
I	94.3	19.6	20.4	35.6	36.3	67.5	85.6	8.4	96.4	71.5	184.4	50.6
II	88.3	16.9	19.0	33.7	34.3	63.3	83.3	8.5	92.7	68.7	178.8	48.1
I—II	6.0	2.7	1.4	1.9	2.0	4.2	2.3	— 0.1	3.7	2.8	5.6	2.5
1945												
I	5.2	77.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II	5.1	72.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I—II	0.1	5.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Som												
I	99.5	97.5	20.4	51.9	78.3	198.6	114.0	125.5	124.2	103.8	279.5	95.5
II	93.4	89.2	19.0	49.6	74.6	191.9	109.5	122.4	120.2	100.2	269.5	90.7
I—II	6.1	8.3	1.4	2.3	3.7	6.7	4.5	3.1	4.0	3.6	10.0	4.8
In % van II	6.8	9.3	7.4	4.6	5.0	3.5	4.1	2.5	3.3	3.6	3.7	5.3
<i>De Voorst</i>												
1944												
I	—	—	—	3.4	67.7	64.5	102.5	12.7	83.1	58.7	195.6	72.1
II	—	—	—	2.1	59.3	55.6	90.9	12.0	70.9	48.8	169.4	61.0
I—II	—	—	—	1.3	8.4	8.9	11.6	0.7	12.2	9.9	26.2	11.1
1945												
I	30.8	74.1	17.4	64.1	117.6	57.5	67.7	—	—	—	—	—
II	25.1	64.0	12.7	57.5	106.1	55.1	64.2	—	—	—	—	—
I—II	5.7	10.1	4.7	6.6	11.5	2.4	3.5	—	—	—	—	—
Som												
I	30.8	74.1	17.4	67.5	185.3	122.0	170.2	12.7	83.1	58.7	195.6	72.1
II	25.1	64.0	12.7	59.6	165.4	110.7	155.1	12.0	70.9	48.8	169.4	61.0
I—II	5.7	10.1	4.7	7.9	19.9	11.3	15.1	0.7	12.2	9.9	26.2	11.1
In % van II	22.7	15.8	37.0	13.3	12.1	10.2	9.7	5.8	17.2	20.3	15.5	18.2

Te Bennebroek is een bui met resp. 19.6 en 20.1 mm, van 30 September 1935, weggelaten, omdat zich een pad in den grondregenmeter bevond. Een bui met resp. 37.5 en 34.5 mm, van 16 Juli 1937, is eveneens niet meegerekend, omdat de mogelijkheid werd ondersteld, dat het water om den grondregenmeter niet snel genoeg kon wegloopen en dat daardoor eenige inspatting heeft plaats gevonden.

Verder zijn alle gevallen met sneeuwval, hagel of sneeuwdrift uitgeschaald. De verschillen tusschen I en II zijn dan gewoonlijk betrekkelijk

groot en in de meeste gevallen is te vreezen, dat sneeuw in den grond-regenmeter is gewaaid.

De overige weglatingen zijn van ondergeschikte beteekenis.

Voor Bennebroek bedraagt het gemiddelde percentage (I—II): II over het geheele jaar berekend 4.1. Bij de vroegere bewerkingen is een geringere waarde gevonden. De bewerkingen over de tijdvakken 1935—1937 en 1935—1937, waarop de eerste twee in de noot van § 1 vermelde publicaties betrekking hebben, geven een gemiddelde van respectievelijk 3.6 en 3.4 %. Dit verschil kan althans gedeeltelijk worden verklaard uit het feit, dat in die vroegere jaren de regen over het algemeen bij een kleinere windsnelheid is gevallen dan later. Dit moge blijken uit de onderstaande getallen, die voor verschillende windsnelheden de verhouding aangeven tusschen de totale hoeveelheden regen, die in de bewerking zijn opgenomen, namelijk respectievelijk de sommen van 1935—1938 en 1935—1937, gedeeld door 1935—1943. De verhoudingen nemen over het algemeen af van de lagere naar de hoogere windsnelheden.

Windsnelheid in m.p.s.	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7
(1935—1938) : (1935—1943) . . .	0.55	0.46	0.44	0.39	0.47	0.37	0.29
(1935—1937) : (1935—1943) . . .	0.39	0.27	0.20	0.23	0.22	0.23	0.18

10. Voor iedere maand zijn de in percenten uitgedrukte verschillen I—II, die in tabel I staan, vereffend met de formule $(a + 2b + c) : 4$ en in tabel 2 opgenomen.

TABEL 2

Windeffect in % van den regen op 1.50 m (vereffend)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
Bennebroek .	6.0	5.8	5.3	4.3	3.2	2.6	2.7	2.5	2.6	3.6	5.0	6.0	4.1
Vlissingen . .	5.3	5.0	5.9	6.8	6.5	6.0	6.0	6.4	7.2	7.3	6.3	5.7	6.2
Dirksland . .	23.8	25.7	25.2	24.6	20.3	14.9	15.0	17.7	19.2	18.8	19.7	21.6	20.5
Castricum . .	10.3	10.1	8.2	7.0	5.8	5.0	5.0	5.2	5.6	6.1	7.4	8.8	7.0
Leiduin . . .	13.6	15.4	15.8	14.4	10.8	8.2	7.2	7.2	8.0	8.6	8.8	10.4	10.7
De Bilt . . .	7.0	8.2	7.2	5.4	4.5	4.0	3.6	3.1	3.2	3.6	4.1	5.3	4.9

De jaarcijfers zijn de gemiddelden der 12 maandcijfers. Berekent men het percentage uit het geheele waarnemingsmateriaal, dat uit ongelijkwaardige maandsommen is verkregen, dan vindt men:

	Bennebroek	Vlissingen	Dirksland	Castricum	Leiduin	De Bilt
Percentage	4.0	6.4	18.4	6.6	9.4	4.4

De percentages vertoonen met uitzondering van Vlissingen een duidelijk uitgesproken verband met het jaargetijde en zijn in den zomer veel kleiner dan in den winter. Dit verschil kan worden toegeschreven aan de grootere afmetingen der druppels en de geringere windsnelheid in het warme jaargetijde.

Het afwijkende gedrag van Vlissingen kan worden verklaard door aan te nemen, dat in het koude jaargetijde de storende invloed van de omheining van het waarnemingsterrein (zie § 12), tengevolge van den sterkeren wind en de geringere grootte der regendruppels, grooter is dan in het warme seizoen, waardoor de percentages der verschillen vooral in den winter te laag worden gevonden. De verhouding tusschen het gemiddelde percentage van December—Februari en Juni—Augustus is als volgt.

Bennebroek	Vlissingen	Dirksland	Castricum	Leiduin	De Blit
2.28	0.87	1.49	1.92	1.76	2.03

De afwijkende uitkomsten van Vlissingen zijn hierboven reeds besproken. De verhoudingen der overige stations nemen in dezelfde volgorde af als de boschrijkmom der omgeving der waarnemingsplaatsen. ¹⁾ In dezelfde volgorde zal relatief de windsnelheid in den zomer kleiner zijn dan in den winter.

Afhankelijkheid van de windsnelheid

11. In tabel 3 zijn de verschillen I—II gerangschikt naar de windsnelheid in m.p.s. op 1.50 m boven den grond; 0—I beteekent 0.0—0.9 m.p.s., I—2 beteekent 1.0—1.9 m.p.s. enz. De tabel bevat tevens de ver-

TABEL 3

Rangschikking der verschillen I—II naar de windsnelheid op 1.50 m hoogte (I = standaardregenmeter, II = regenmeter op 1.50 m)

Classification of the difference I—II according to the windvelocity at 1.50 m of height (I = standard raingauge, II = raingauge at 1.50 m)

Windsnelheid in m.p.s.	0-I	I-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14
Bennebroek, 7 Juli 1935—1943														
Dec.—Febr.														
II in mm . . .	11.9	179.8	471.2	493.1	247.2	65.8	—	3.6	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . . .	1.4	5.9 ⁵	31.4 ⁵	29.3	15.6 ⁵	5.8 ⁵	—	0.5	—	—	—	—	—	—
I-II in % van II	11.8	3.3	6.7	5.9	6.3	8.9	—	13.9	—	—	—	—	—	—
Maart—Mei														
II in mm . . .	59.0	272.4 ⁵	391.1	184.1	55.6	20.1	6.6 ⁵	—	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . . .	2.1 ⁵	7.6	15.7	10.2	4.4	1.9 ⁵	1.1 ⁵	—	—	—	—	—	—	—
I-II in % van II	3.6	2.8	4.0	5.5	7.9	9.7	17.3	—	—	—	—	—	—	—

¹⁾ Weliswaar ligt het station te Leiduin meer beschut dan dat te Castricum, maar de betrekkelijk lage waarde der verhouding kan het gevolg zijn van een afwijking (zie § 13), die onafhankelijk van de windsnelheid is en die waarschijnlijk zoowel 's winters als 's zomers het verschil tusschen de regenmeters op 0 m en 1.50 m vergroot en daardoor de verhouding kleiner maakt.

TABEL 3 (Vervolg) (Continued)

Windsnelheid in m.p.s.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14
Bennebroek, 7 Juli 1935—1943, (vervolg)														
Juni—Aug.														
II in mm . . .	133.0	476.2	589.6	369.4	95.1	41.0	—	—	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	0.4	6.2 ^b	18.8	12.4	5.0	2.1 ^b	—	—	—	—	—	—	—	—
I-II in % van II	0.3	1.3	3.2	3.4	5.3	5.2	—	—	—	—	—	—	—	—
Sept.—Nov.														
II in mm . . .	41.2	452.6	701.0	731.4	456.6	120.2	29.6	—	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	— 0.0 ^b	7.8	19.7	29.9 ^b	23.1	6.1 ^b	1.9	—	—	—	—	—	—	—
I-II in % van II	— 0.1	1.7	2.8	4.1	5.1	5.1	6.4	—	—	—	—	—	—	—
Jaar														
II in mm . . .	245.1	1381.0 ^b	2152.9	1778.0	854.5	247.1	36.2 ^b	3.6	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	3.9	27.6	85.6 ^b	81.8 ^b	48.1 ^b	16.1	3.0 ^b	0.5	—	—	—	—	—	—
I-II in % van II	1.6	2.0	4.0	4.6	5.6	6.5	8.4	13.9	—	—	—	—	—	—
Vlissingen, 18 Maart 1939—April 1941														
Dec.—Febr.														
II in mm . . .	—	3.3	13.2	15.3	5.1	43.0	8.3	17.6	26.3	16.6	0.7	—	—	—
I-II in mm . .	—	0.5	0.0	1.2	0.6	2.5	0.1	0.9	0.9	1.4	0.2	—	—	—
Maart—Mei														
II in mm . . .	—	14.0	29.6	88.2	52.6	71.5	53.4	30.0	9.8	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	—	0.4	1.2	4.1	6.8	5.4	2.3	1.6	0.9	—	—	—	—	—
Juni—Aug.														
II in mm . . .	—	—	63.7	118.4	19.3	70.7	10.6	4.7	19.1	10.8	0.1	—	—	—
I-II in mm . .	—	—	2.7	6.7	2.1	3.8	1.0	0.7	1.1	0.6	0.1	—	—	—
Sept.—Nov.														
II in mm . . .	—	3.5	30.0	116.3	83.2	73.6	52.7	51.4	57.2	88.1	49.1	21.0	—	—
I-II in mm . .	—	0.4	1.1	7.7	7.9	6.5	3.7	5.1	4.6	2.6	1.6	1.1	—	—
Jaar														
II in mm . . .	—	20.8	136.5	338.2	160.2	258.8	125.0	103.7	112.4	115.5	49.9	21.0	—	—
I-II in mm . .	—	1.3	5.0	19.7	17.4	18.2	7.1	8.3	7.5	4.6	1.9	1.1	—	—
I-II in % van II	—	6.2	3.7	5.8	10.9	7.0	5.7	8.0	6.7	4.0	3.8	5.2	—	—
Dirksland, 1 Mei 1940—1943														
Dec.-Febr.														
II in mm . . .	—	1.6	12.3	34.9	37.2	54.8	44.2	46.8	38.0	11.1	—	2.6	—	—
I-II in mm . .	—	0.8	2.2	9.6	9.5	11.2	9.5	14.6	10.0	4.1	—	1.1	—	—
Maart—Mei														
II in mm . . .	—	3.6	19.5	97.1	69.3	36.8	43.8	26.4	5.5	9.6	2.2	—	—	2.2
I-II in mm . .	—	0.1	4.2	13.0	12.5	6.8	11.3	7.0	2.6	3.3	1.2	—	—	2.0

TABEL 3 (Vervolg) (Continued)

Windsnelheid in m.p.s.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14
Dirksland, 1 Mei 1940—1943, (vervolg)														
Juni—Aug.														
II in mm . . .	—	5.1	135.7	218.5	132.7	129.9	98.1	20.0	36.6	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	—	1.4	12.6	30.4	23.0	19.6	16.2	6.3	12.6	—	—	—	—	—
Sept.—Nov.														
II in mm . . .	—	24.4	81.5	151.3	148.6	76.0	148.5	53.8	43.0	8.7	21.3	—	—	—
I-II in mm . .	—	3.2	9.9	17.1	24.5	16.8	33.0	12.6	11.2	1.1	4.7	—	—	—
Jaar														
II in mm . . .	—	34.7	249.0	501.8	387.8	297.5	334.6	147.0	123.1	29.4	23.5	2.6	—	2.2
I-II in mm . .	—	5.5	28.9	70.1	69.5	54.4	70.0	40.5	36.4	8.5	5.9	1.1	—	2.0
I-II in % van II	—	15.9	11.6	14.0	17.9	18.3	20.9	27.6	29.6	28.9	25.1	42.3	—	90.9
Castricum, 1 Juni 1941—1944														
Dec.—Febr.														
II in mm . . .	0.5	21.9	53.3	42.2	113.5	132.7	76.2	54.2	4.3	5.3	4.0	—	—	—
I-II in mm . .	0.2	0.3	2.9	4.9	10.2	10.6	8.8	6.2	1.0	1.2	0.5	—	—	—
Maart—Mei														
II in mm . . .	0.6	57.2	28.0	57.2	28.4	29.3	16.0	18.5	3.6	4.7	—	—	—	—
I-II in mm . .	0.0	— 0.4	1.1	1.9	2.4	3.2	2.7	2.1	0.6	1.5	—	—	—	—
Juni—Aug.														
II in mm . . .	0.8	102.9	183.1	139.3	84.0	68.0	92.0	42.3	—	11.9	—	—	—	—
I-II in mm . .	0.1	0.2	5.3	7.8	5.8	4.0	8.3	4.5	—	1.5	—	—	—	—
Sept.—Nov.														
II in mm . . .	8.5	106.8	189.8	236.0	230.6	183.3	122.3	52.9	18.1	15.9	1.2	0.2	4.0	—
I-II in mm . .	— 0.7	3.1	6.2	12.7	15.9	16.0	12.1	4.8	1.4	2.7	0.0	0.0	0.6	—
Jaar														
II in mm . . .	10.4	288.8	454.2	474.7	456.5	413.3	306.5	167.9	26.0	37.8	5.2	0.2	4.0	—
I-II in mm . .	— 0.4	3.2	15.5	27.3	34.3	33.8	31.9	17.6	0.7	6.9	0.5	0.0	0.6	—
I-II in % van II	— 3.8	1.1	3.4	5.7	7.5	8.2	10.4	10.5	11.5	18.3	9.6	0.0	15.0	—
Leiduin, 20 April 1942—1944														
Dec.—Febr.														
II in mm . . .	1.6	16.3	44.4	103.4	44.2 ^b	82.1	22.1	—	3.3	1.8	—	—	—	—
I-II in mm . .	0.4	3.5	7.1	12.0	8.2 ^b	9.1	2.0	—	1.3	1.0	—	—	—	—
Maart—Mei														
II in mm . . .	—	29.2	76.1	57.2	31.2	30.1	6.6	—	3.1	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	—	3.1	7.0	5.3	4.4	4.9	1.4	—	0.4	—	—	—	—	—

TABEL 3 (Vervolg) (Continued)

Windsnelheid in m.p.s.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14
Leiduin, 20 April 1942—1944 (vervolg)														
Juni—Aug.														
II in mm . . .	19.6	103.5	214.6 ⁵	111.7	68.1	6.2	—	—	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	0.4	6.8	13.3 ⁶	13.6	5.6	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—
Sept.—Nov.														
II in mm . . .	1.1	170.5	229.8	187.5	89.1	48.5	57.5	—	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	0.4	14.0	14.2	21.2	8.1	2.2	3.8	—	—	—	—	—	—	—
Jaar														
II in mm . . .	22.3	319.5	564.9 ⁵	459.8	232.6 ⁵	166.9	86.2	—	6.4	1.8	—	—	—	—
I-II in mm . .	1.2	27.4	41.6 ⁵	52.1	26.3 ⁵	16.8	7.2	—	1.7	1.0	—	—	—	—
I-II in % van II	5.4	8.6	7.4	11.3	11.3	10.0	8.4	—	26.6	55.5	—	—	—	—
De Bilt, 10 April 1943—Februari 1945														
Dec.—Febr.														
II in mm . . .	23.0	87.3	109.1	45.5	8.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	0.4	4.8	8.9	3.6	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Maart—Mei														
II in mm . . .	9.9	64.4	52.8	16.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	— 0.1	3.6	3.1	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Juni—Aug.														
II in mm . . .	159.0	252.9	11.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	1.1	12.4	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sept.—Nov.														
II in mm . . .	55.8	246.5	144.4	37.2	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	0.0	9.6	5.8	1.7	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Jaar														
II in mm . . .	247.7	651.1	318.2	98.8	14.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I-II in mm . .	1.4	30.4	18.6	6.1	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I-II in % van II	0.6	4.7	5.8	6.2	13.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—

schillen I—II, uitgedrukt in percenten van II. Voor Bennebroek, dat het grootste waarnemingsmateriaal heeft, zijn deze percenten voor de afzonderlijke jaargetijden en het jaar opgenomen, voor de andere stations alleen voor het jaar. De uitkomsten zijn ook grafisch voorgesteld in fig. 8, 9 en 10.

Opmerkingen

12. Voordat deze uitkomsten nader worden besproken, mogen enkele opmerkingen voorafgaan. Ten eerste betreffende Vlissingen. De waarnemingen van dit station geven tot 5 à 6 m.p.s. windsnelheid een wind-

effect te zien, dat vrijwel evenredig met de windsnelheid stijgt. Daarna wordt de windinvloed onverwacht klein gevonden, hij neemt zelfs bij toenemende windsnelheid af. Hiervoor is een afdoende verklaring te geven. Er bevindt zich om het waarnemingsterrein een hek van metaalgaas van ongeveer 1 m hoogte, dat een gedeelte van den regen onderschept. De regenmeter op 1.50 m hoogte reikt boven dit obstakel uit, maar blijkbaar bevindt zich bij groote windsnelheid het gaas op den weg der druppels, die zich in de richting van den grondregenmeter bewegen.

Een afwijking van het gewone windeffect, die bij zeer geringe windsnelheden kan optreden, wordt veroorzaakt door neerslagvorming tengevolge van dauw. Deze vormt zich vooral dicht bij den grond, omdat de windsnelheid er het geringst is en daardoor de uitstraling het sterkst zich laat gelden en daarenboven, doordat het vlakbij zijnde aardoppervlak een bron van vochtigheid is. In stille heldere nachten bestaat dientengevolge de kans, dat de grondregenmeter een of meer tiende mm water bevat, terwijl op 1.50 m geen of een geringere hoeveelheid water is neergeslagen.

Er is nog een derde effect te vermelden, dat storend kan optreden, namelijk de neerslag door mist. Deze komt niet alleen bij windstilte voor, maar ook bij iets grotere windsnelheden. Een goed voorbeeld hiervan geeft de maand October 1943 te zien. Het was toen op vele dagen zeer mistig, maar overigens droog weer. Te De Bilt bedroeg op een 9-tal dezer dagen, bij windsnelheden ter hoogte van den gewonen regenmeter, die varieëerden tusschen gemiddeld 0.3 en 1.1 m.p.s., de totale neerslag door mist in den regenmeter op 1.50 m en 0 m respectievelijk 1.7 en 1.4 mm. Te Bennebroek was de neerslagsom op 11 dezer dagen, bij windsnelheden van 0.3 tot 1.6 m.p.s., op 1.50 m en 0 m respectievelijk 1.1 en 0.45 mm. Te Castricum varieerde de wind op 10 dezer dagen van vrijwel windstilte tot gemiddeld 2.7 m.p.s. en waren de overeenkomstige neerslagsommen 2.6 en 1.0 mm. Er sloeg derhalve in den hooger opgestellten regenmeter de grootste hoeveelheid neer. Ook door KOSCHMIEDER is waargenomen, dat bij natten mist in den grondregenmeter minder neerslaat dan in den gewonen regenmeter (zie § 13). Te Dirksland daarentegen werd op de mistige dagen uit geen der regenmeters een meetbare hoeveelheid neerslag afgetapt, terwijl te Leiduin de regenmeter op 1.50 m minder opving dan de grondregenmeter, namelijk respectievelijk 1.2 en 1.9 mm.

Het hoogste dagcijfer van den op deze wijze gevormden neerslag bedroeg in October 1943 in den gewonen regenmeter op 1.50 m hoogte te De Bilt, Bennebroek en Castricum respectievelijk 0.4, 0.2 en 0.4 mm.

Een verklaring van het verschijnsel, dat bij zeer lichten motregen en natten mist de windstoring tengevolge heeft, dat op 1.50 m meer neerslag wordt opgevangen dan in den grondregenmeter, terwijl voor grootere druppels het omgekeerde geldt, zal men waarschijnlijk eerst kunnen geven, wanneer het storingseffect experimenteel beter onderzocht is. Vermoedelijk hangt het samen met de mate van meevoering der druppels met den gestoorde luchtstroom, afhankelijk van hun massa.

*Vergelijking der uitkomsten.
Jaargemiddelden*

13. De jaargemiddelden der verschillen tusschen den grondregenmeter en den regenmeter op 1.50 m, uitgedrukt in % van 1.50 m (tabel 3), zijn in fig. 8 in teekening gebracht. Het blijkt, dat het windeffect vrijwel evenredig met de windsnelheid toeneemt; de lijnen zijn slechts weinig gekromd. Behalve die voor Leiduin gaan zij alle vrijwel door den oorsprong¹⁾. Het feit, dat bij windstilte de verschillen tusschen de regenmeters verdwijnen, geeft een sterken steun aan de onderstelling, dat de waargenomen verschillen praktisch geheel als een windeffect mogen worden beschouwd en dat geen andere effecten storend optreden, hetgeen tevens een aanwijzing is, dat de grondregenmeter geen last heeft van inspatting.

Een afwijkend gedrag vertoont de grafiek van Leiduin. Hier gaat de kromme niet door den oorsprong. De oorzaak dezer afwijking is onbekend, het is alsof de kromme over zijn geheele verloop een eind te hoog staat.

¹⁾ De sterk afwijkende percentages, die in enkele gevallen bij de grootste windsnelheden in de tabel voorkomen en die op het geringe waarnemingsmateriaal berusten, zijn niet in de grafiek opgenomen, of er is bij het trekken der lijnen geen rekening mee gehouden. De bij geringe snelheden verkregen gegevens zijn alle opgenomen, behalve de — 3.8 voor 0-1 m.p.s. te Castricum, maar er is bijv. aan de 2 groote positieve afwijkingen bij 1-2 m.p.s. te Dirksland en Vlissingen slechts geringe waarde te hechten wegens de kleine regenhoeveelheden, waarop ze berusten.

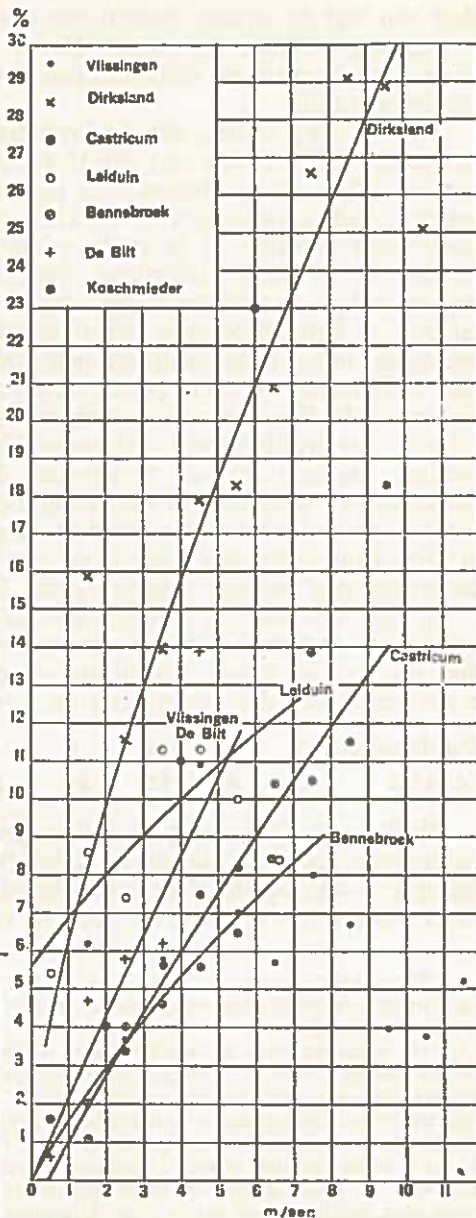


Fig. 8. Jaargemiddelden der verschillen
o m—1.50 m in % van 1.50 m.
Annual means of the differences
o m—1.50 m in % of 1.50 m.

Men zou wat de situatie betreft eer een verloop als dat van Bennebroek verwachten, wellicht iets steiler. Het is opmerkelijk, dat Leiduin ook bij de in § 10 besproken verhoudingen tusschen winter en zomer een uitzondering maakt.

Merkwaardig is het, dat de krommen voor de verschillende stations niet samenvallen, zooals zou zijn te verwachten, indien men te maken had met een effect, dat uitsluitend van de windsnelheid afhangt. In plaats van samen te vallen, vertoonen zij verschillende hellingen; Bennebroek heeft de minst steile kromme en de steilte neemt toe in de volgorde Castricum ¹⁾, Vlissingen, De Bilt en Dirksland. Men zou een dergelijk resultaat kunnen krijgen, indien de windsnelheden onjuist waren gereduceerd, in dier voege, dat bijv. te Bennebroek een veel te groote snelheid was aangenomen. Dan zou echter om overeenstemming met Dirksland te verkrijgen de windsnelheid te Bennebroek ruim 4-maal te groot zijn aangenomen, hetgeen uitgesloten is ²⁾. Wij zijn van de veronderstelling uitgegaan, dat, hoewel de reductie der windsnelheid wel zooveel aan nauwkeurigheid te wenschen overlaat, dat men aan de verschillen, die tusschen De Bilt, Vlissingen, Castricum en Bennebroek onderling bestaan, niet te veel waarde moet hechten, maar dat het onderscheid tusschen deze groep van stations eenen Dirksland anderzijds reëel is en niet aan een onzekerheid in de waarnemingen mag worden toegeschreven. In § 18 komen wij hierop terug.

In fig. 8 is ook een gedeelte der uitkomsten voorgesteld, die KOSCHMIEDER op de Schneekoppe heeft verkregen. De gewone regenmeter was daar op 1.10 m boven den grond opgesteld. De verschillen, uitgedrukt in percenten van den regenmeter op 1.10 m, zijn de volgende:

Windsnelheid	0	2	4	6	8	10	12	14	16m. p. s.
Verschil	0	4	11	23	41	67	100	160	240 %

Bij de vergelijking met de andere gegevens van fig. 8 moet worden in aanmerking genomen, dat op de Schneekoppe de hoogte boven den grond geringer is dan op de Nederlandsche stations en dat daardoor het wind-effect relatief iets te klein uitvalt. Dit verschil wordt echter weer min of

¹⁾ Waarschijnlijk moet de helling van de lijn voor Castricum iets groter zijn, omdat wellicht de windsnelheden, waartegen de regenverschillen zijn uitgezet, te groot zijn aangenomen (zie § 20).

²⁾ De schatting van de windsnelheid te Bennebroek, die van eenige jaren geleden dateert, namelijk $0.35 \times$ de windsnelheid te IJmuiden op 6 m boven vlak terrein zonder hindernissen, kan daarenboven worden getoetst door gebruik te maken van de inmiddels opgezette windwaarnemingen op het nabij gelegen station Leiduin. Het gemiddelde van de windsnelheid te Leiduin over het tijdvak April 1942—Februari 1944 bedraagt 0.591 maal de tot 6 m boven vlak terrein gereduceerde windsnelheid te IJmuiden. Met den factor 0.76 voor de reductie van de waarnemingen te Leiduin tot regenmeterhoogte (1.50 m) vindt men Leiduin (1.50 m) = 0.45 IJmuiden (gered. tot 6 m). Het verschil tusschen de 2 factoren 0.35 en 0.45, respectievelijk voor Bennebroek en Leiduin, komt zeer bevredigend overeen met het verschil in opstelling. De onmiddellijke omgeving van de regenmeters te Bennebroek is namelijk iets minder open dan te Leiduin.

meer gecompenseerd door het feit, dat de opvangopening van den regenmeter op de Sneekoppe kleiner is dan van de andere. De uitkomsten van KOSCHMIEDER passen zich dan het best aan bij die van Dirksland.

KOSCHMIEDER vermeldt, dat de bovenstaande resultaten voor gewone regens gelden. Bij motregen, die 0.2 mm per uur niet te boven gaat, geeft de regenmeter op 1.10 m meer dan die op den grond, een resultaat, dat, naar hij vermoedt, is toe te schrijven aan neerslaan van de regendruppels door den wind.

Veranderingen in den loop van den waarnemingstijd te Bennebroek en Dirksland.

14. In § 9 is er reeds op gewezen, dat te Bennebroek de verschillen tusschen den grondregenmeter en dien op 1.50 m hoogte in den beginne kleiner waren dan later. Deze toeneming van het windeffect kon in verband worden gebracht met de grootere windsnelheid in de latere jaren. Ook te Dirksland zijn de verschillen tusschen de twee regenmeters op 0 m en 1.50 m hoogte in den eersten tijd kleiner dan voor de geheele waarnemingsperiode. Het blijkt, dat in beide gevallen nog andere factoren in het spel zijn dan verschillen in de windsnelheid. Anders zou bij rangschikking der verschillen naar de windsnelheid voor de vroegere en latere waarnemingen hetzelfde verband zijn gevonden, hetgeen echter niet het geval is, zooals uit fig. 9 moge blijken. Hierin zijn zoowel de resultaten der geheele reeks tot en met 1943 als die van de kortere reeksen uitgezet, die in de eerste en derde publicatie der noot van § 1 zijn vermeld.

Voor beide stations ligt de kromme II hoger dan I, hetgeen afgezien van de onzekerheid tengevolge van het beperkte waarnemingsmateriaal doet denken aan eenige inspatting bij langer gebruik van den borstel. Inderdaad geeft de toestand van den borstel te Bennebroek steun aan deze onderstelling, die van Dirksland echter niet. De onzekerheid, die in deze verschillen tusschen I en II tot uiting komt, doet echter niets af aan de conclusie, dat bij dezelfde windsnelheid het windeffect te Dirksland veel grooter is dan te Bennebroek.

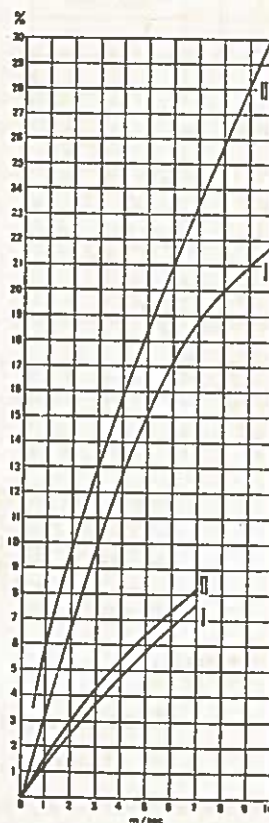


Fig. 9. Toeneming der verschillen 0 m—1.50 m.
Increase of the differences 0 m—1.50 m.
I = Dirksland, Mei 1940—April 1941.
Bennebroek, 1935—1938.
II = Dirksland, 1940—1943.
Bennebroek, 1935—1943.

Invloed der druppelgrootte

15. In fig. 10 zijn voor Bennebroek de uitkomsten gescheiden voor de jaargetijden voorgesteld. Evenals die voor het geheele jaar kunnen de krommen voor de afzonderlijke seizoenen ongedwongen door den oorsprong worden getrokken. Die van den winter en de lente vallen vrijwel samen, evenals die van den zomer en den herfst. De eerste verlopen aanmerkelijk steiler dan de laatste. Dit zal wel grootendeels het gevolg zijn van het verschil in druppelgrootte. In dezelfde richting zal echter ook de aan het eind van § 8 vermelde verwaarloozing van den jaarlijkschen gang in de reductie der windsnelheid werken. Daardoor zullen bijv. in den winter de regenverschillen tegen te lage windsnelheden worden uitgezet, waardoor de steilte in het diagram iets toeneemt.

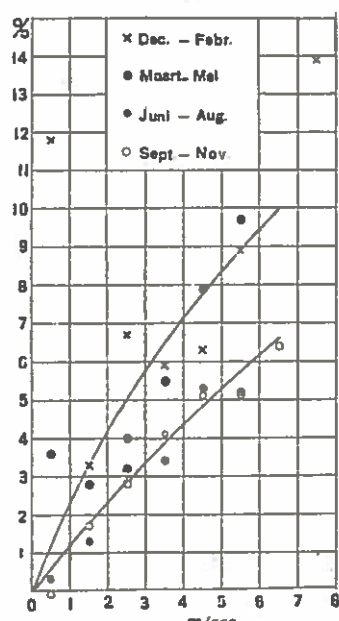


Fig. 10. Bennebroek. Verschillen 0 m—1.50 m in de afzonderlijke jaargetijden Bennebroek. Differences 0 m—1.50 m in the separate seasons.

VERSCHILLEN TUSSEN DEN STANDAARD-REGENMETER EN DE OVERIGE REGENMETERS

Regenmeters op 35 en 40 cm boven den grond

16. Tabel 4, die de verschillen bevat tusschen den grondregenmeter (I) en dien op 35 en 40 cm boven den grond (III), is op dezelfde wijze ingericht als tabel 1, met dien verstande, dat de hoeveelheden, die met den grondregenmeter zijn waargenomen en die reeds in tabel 1 staan, zijn weggelaten.

TABEL 4

Maandsommen van den neerslag in millimeters

Monthly amounts of precipitation in millimetres

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Dirksland, 35 cm., 8 Mei 1940—1943												
1940												
III	—	—	—	—	18.3	55.1	71.9	43.4	88.9	48.2	145.4	68.5
I—III	—	—	—	—	1.7	3.8	3.9	3.9	5.3	2.2	7.4	7.2

TABEL 4 (Vervolg) (Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Dirksland, 35 cm. 8 Mei 1940—1943 (vervolg)												
1941												
III	—	—	80.4	20.7	36.6	35.8	36.1	134.5	14.6	111.8	35.2	45.2
I—III	—	—	6.0	3.2	2.8	2.2	3.3	7.4	2.7	10.0	1.3	6.5
1942												
III	18.0	—	36.1	17.1	44.0	34.3	197.3	43.0	44.7	80.6	80.4	66.5
I—III	0.5	—	3.3	3.0	3.7	1.4	10.5	2.6	2.7	6.1	4.0	7.1
1943												
III	47.1	33.7	12.9	30.2	54.1	93.0	22.7	76.1	44.8	24.9	115.7	43.1
I—III	4.1	4.3	2.2	4.8	4.3	6.3	2.7	7.5	4.0	0.9	9.4	4.3
Som												
III	65.1	33.7	129.4	68.0	153.0	218.2	328.0	297.0	193.0	265.5	376.7	223.3
I—III	4.6	4.3	11.5	11.0	12.5	13.7	20.4	21.4	14.7	19.2	22.1	25.1
In % van III . .	7.1	12.8	8.9	16.2	8.2	6.3	6.2	7.2	7.6	7.2	5.9	11.3
Castricum, 40 cm												
1941												
III	—	—	—	—	—	6.0	58.0	92.3	19.0	167.6	48.8	72.2
I—III	—	—	—	—	—	0.5	2.0	5.0	1.0	9.5	3.5	6.0
1942												
III	31.0	—	13.2	21.9	49.7	47.1	172.6	52.3	115.8	128.7	86.1	81.4
I—III	2.4	—	0.8	2.8	1.2	1.4	7.1	0.5	3.3	8.1	6.9	6.1
1943												
III	71.3	45.4	15.5	24.3	34.3	88.3	17.1	96.6	41.0	31.7	121.3	50.2
I—III	5.7	4.2	0.7	3.1	2.3	3.6	0.7	3.3	1.3	1.2	6.6	4.6
1944												
III	75.4	28.7	16.8	44.2	42.0	67.0	39.6	30.9	115.0	110.3	203.7	89.0
I—III	6.9	3.0	1.1	1.6	1.0	2.3	0.1	0.5	5.1	3.6	9.7	3.3
Som												
III	177.7	74.1	45.5	90.4	126.0	208.4	287.3	272.1	290.8	438.3	459.9	292.8
I—III	15.0	7.2	2.6	7.5	4.5	7.8	9.9	9.3	10.7	20.0	26.7	20.0
In % van III . .	8.4	9.7	5.7	8.3	3.6	3.7	3.4	3.4	3.7	4.6	5.8	6.8
Leiduin, 40 cm												
1941												
III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	63.2
I—III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.7
1942												
III	21.4	—	26.0	8.9	68.1	49.1	150.0	72.3	116.4	124.3	72.7	79.8
I—III	1.0	—	1.2	1.6	0.8	1.0	2.2	1.9	2.4	2.8	2.8	2.9

TABEL 4 (Vervolg) (Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Leiduin, 40 cm (vervolg)												
1943												
III	91.5	42.7	15.7	20.6	48.1	65.6	11.4	124.5	56.5	27.5	124.9	37.6
I—III	4.1	3.2	—0.2	0.8	1.2	3.7	1.1	6.1	4.2	2.9	4.8	2.6
1944												
III	67.6 ⁵	24.3	12.2	32.6	47.1	76.8	35.8	41.2	—	89.6	203.1	—
I—III	5.4 ⁵	2.1	2.4	3.9	1.0	3.8	0.1	1.1	—	6.7	6.3	—
Som												
III	180.5 ⁶	67.0	53.9	62.1	163.3	191.5	197.2	238.0	172.9	241.4	400.7	180.6
I—III	10.5 ⁵	5.3	3.4	6.3	3.0	8.5	3.4	9.1	6.6	12.4	13.9	9.2
In % van III . .	5.8	7.9	6.3	10.1	1.8	4.4	1.7	3.8	3.8	5.1	3.5	5.1
De Bilt, 40 cm												
1943												
III	—	—	—	16.1	41.0	128.6	26.7	115.2	27.6	32.1	91.7	43.5
I—III	—	—	—	0.2	1.0	2.5	1.7	1.9	0.2	0.2	3.4	1.4
1944												
III	90.2	17.6	19.5	34.4	35.1	65.4	84.6	8.4	93.8	70.0	181.6	49.5
I—III	4.1	2.0	0.9	1.2	1.2	2.1	1.0	0.0	2.6	1.5	2.8	1.1
1945												
III	5.2	73.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I—III	0.0	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Som												
III	95.4	91.5	19.5	50.5	76.1	194.0	111.3	123.6	121.4	102.1	273.3	93.0
I—III	4.1	6.0	0.9	1.4	2.2	4.6	2.7	1.9	2.8	1.7	6.2	2.5
In % van III . .	4.3	6.6	4.6	2.8	2.9	2.4	2.4	1.5	2.3	1.7	2.3	2.7

De percentages,vereffend met de formule (a + 2b + c) : 4, zijn als volgt:

	Jan.	Feb.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
Dirksland . .	9.6	10.4	11.7	12.4	9.7	6.8	6.5	7.0	7.4	7.0	7.6	8.9	8.8
Castricum . .	8.3	8.9	7.4	6.5	4.8	3.6	3.5	3.5	3.8	4.7	5.8	7.0	5.6
Leiduin . . .	6.2	7.0	7.6	7.1	4.5	3.1	2.9	3.3	4.1	4.4	4.3	4.9	4.9
De Bilt . . .	4.6	5.6	4.6	3.3	2.8	2.5	2.2	1.9	2.0	2.0	2.2	3.1	3.1

Berekent men, evenals in § 10, het percentage voor het jaar direct uit het totale waarnemingsmateriaal dan vindt men:

	Dirksland	Castricum	Leiduin	De Bilt
Percentage	7.7	5.1	4.3	2.7

De verhouding tusschen het gemiddelde percentage van December—Februari en Juni—Augustus is:

Dirksland	Castricum	Leiduin	De Bilt
1.42	2.19	1.90	2.02

Het boomlooze Dirksland heeft, evenals bij de overeenkomstige cijfers van § 10, de kleinste verhouding.

17. Evenals in § 11 is beschreven voor den gewonen regenmeter (II), zijn ook de verschillen I—III tusschen den standaardregenmeter (I) en den regenmeter op 35 of 40 cm (III) gerangschikt naar de windsnelheid op 1.50 m hoogte. De uitkomsten staan in tabel 5 en zijn grafisch voorgesteld in fig. 11.

TABEL 5

Rangschikking der verschillen I—III naar de windsnelheid op 1.50 m hoogte

Classification of the differences I—III according to the windvelocity at 1.50 m height

Windsnelheid in m.p.s.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14
Dirksland, 35 cm, 8 Mei 1940—1943														
Dec.—Febr.														
Neerslag III in mm	—	2.1	14.3	39.0	45.5	56.8	48.6	55.3	43.9	13.4	—	3.2	—	—
I—III in mm . .	—	0.3	0.2	5.5	5.1	5.3	5.1	6.1	4.1	1.8	—	0.5	—	—
Maart—Mei														
Neerslag III in mm	—	3.7	20.5	85.4	72.7	42.9	50.0	29.6	6.5	11.3	2.7	—	—	2.8
I—III in mm . .	—	0.0	2.1	7.2	6.6	3.2	5.1	3.8	1.6	1.6	0.7	—	—	1.4
Juni—Aug.														
Neerslag III in mm	—	6.0	141.3	233.8	144.5	137.1	110.4	24.3	45.8	—	—	—	—	—
I—III in mm . .	—	0.5	7.0	15.1	11.2	9.0	7.3	2.0	3.4	—	—	—	—	—
Sept.—Nov.														
Neerslag III in mm	—	26.8	86.9	162.1	162.8	85.0	167.7	59.8	50.5	9.4	24.2	—	—	—
I—III in mm . .	—	0.8	4.5	6.3	10.3	7.8	13.8	6.6	3.7	0.4	1.8	—	—	—
Jaar														
Neerslag III in mm	—	38.6	263.0	520.3	425.5	321.8	376.7	169.0	146.7	34.1	26.9	3.2	—	2.8
I—III in mm . .	—	1.6	13.8	34.1	33.2	25.3	31.3	18.5	12.8	3.8	2.5	0.5	—	1.4
I—III in % van III	—	4.1	5.2	6.6	7.8	7.9	8.3	10.9	8.7	11.1	9.3	15.6	—	50.0

[illegible]

TABEL 5 (Vervolg) (Continued)

Windsnelheid in m.p.s.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14
De Bilt, 10 April 1943—Februari 1945 (vervolg)														
Maart—Mei														
Neerslag III in mm	9.7	66.2	53.8	16.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I—III in mm . .	0.1	1.8	2.1	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Juni—Aug.														
Neerslag III in mm	159.6	257.2	12.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I—III in mm . .	0.5	8.1	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sept.—Nov.														
Neerslag III in mm	56.0	250.5	146.3	37.8	6.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I—III in mm . .	—0.2	5.6	3.9	1.1	0.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Jaar														
Neerslag III in mm	248.4	663.6	324.1	100.4	15.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I—III in mm . .	0.7	17.9	12.7	4.5	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I—III in % van III	0.3	2.7	3.9	4.5	7.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—

De ervaring met de verschillen voor Leiduin tusschen den grondregenmeter en den regenmeter op 1.50 m (§ 13) en de eenigszins afwijkende ligging der waarnemingen in fig. 11 doen vermoeden, dat men goed doet Leiduin voorloopig buiten beschouwing te laten. In tegenstelling met fig. 8 blijken dan de diagramlijnen van Dirksland, Castricum en De Bilt slechts weinig uiteen te loopen. De kromme van Dirksland, die in fig. 8 veel steiler liep dan de andere, valt er in fig. 11 bijna mee samen.

VERKLARING DER VERSCHILLEN

Regenmeters op 1.50 m hoogte.

18. De verschillen in de helling der lijnen in fig. 8 laten zich niet geheel toeschrijven aan fouten in de windmeting, zelfs niet bij een zoo ingewikkelde afleiding als voor Bennebroek is toegepast. Bijv. vindt men een verschil van 9 % tusschen de regenmeters I en II te Dirksland bij een windsnelheid van 1.7 m.p.s., te Bennebroek bij 7.5 m.p.s. Om de twee krommen te doen samenvallen zou men hier moeten aannemen, dat de reductiefactor van Bennebroek ruim 4 maal te groot zou zijn uitgevallen, hetgeen wel zeer onwaarschijnlijk is. Zou men de verklaring in deze richting willen zoeken, dan zou men trouwens voor de moeilijkheid komen te staan, dat ook Castricum nog een groot verschil met Dirksland geeft, terwijl de reducties in dit geval tamelijk eenvoudig zijn en geen speling voor belangrijke afwijkingen toelaten.

Het schijnt mij toe, dat de verklaring in een geheel andere richting moet worden gezocht, namelijk in de turbulentie van den wind. Te Dirksland waait de wind betrekkelijk ongestoord over het kale vlakke land; de wrijving

langs den grond is gering en derhalve de lucht weinig turbulent. De wervels, die ontstaan als de lucht den scherpen rand van den regenmeter treft, vormen zich derhalve als een storing in een te voren betrekkelijk wervelvrije luchtmasa en hebben diengevolge een belangrijke uitwerking. Daarentegen is de lucht te Bennebroek tusschen de boomen der waarnemingsplaats geheel vol met wrijvingswervels en de vermeerdering met eenige nieuwe wervels aan den rand van den regenmeter heeft betrekkelijk veel geringere verandering in den bewegingstoestand der lucht tengevolge en de storing heeft derhalve minder effect. Voor Vlissingen, Castricum en De Bilt zal men dan moeten aannemen, dat ook daar de obstakels — te Vlissingen in den vorm van gebouwen, te De Bilt en Castricum door het geboomte — veel sterkere wervelvorming hebben veroorzaakt dan te Dirksland het geval is.

De turbulentie te Leiduin zal naar schatting grooter zijn dan te Castricum en kleiner dan te Bennebroek. Men zou derhalve een helling verwachten, die geringer is dan te Castricum en grooter dan te Bennebroek. Het gestoorde karakter der verschillen te Leiduin maakt het echter wenschelijk geen conclusies te trekken voordat de oorzaak der storing bekend is.

De verklaring der onderlinge verschillen door turbulentie vindt steun in de uitkomsten van KOSCHMIEDER, die in § 13 zijn vermeld. Evenals voor Dirksland mag worden aangenomen, dat de lucht, die de Sneekoppe omspoelt, betrekkelijk weinig turbulent is, althans weinig wervels bevat. De storing, die door den regenmeter wordt veroorzaakt, zal derhalve een betrekkelijk groote uitwerking hebben.

De in § 22 besproken waarnemingen van De Voorst laten zich door turbulentieverschillen goed verklaren en geven eveneens steun aan onze beschouwingen.

Regenmeters op 0.35 en 0.40 m hoogte

19. Fig. 11 geeft een geheel ander beeld te zien dan fig. 8. Weliswaar zijn de verschillen met den grondregenmeter voor ongeveer 0.40 m op alle stations kleiner dan voor 1.50 m en kan daarom worden verwacht, dat de lijnen dichter bijeen komen te liggen, maar de gelijkschakeling gaat veel verder, de lijnen vallen bijna samen. In den gedachtengang der vorige § beteekent dit, dat de turbulentie op ongeveer 40 cm boven den grond voor alle stations ongeveer gelijk zou zijn, in ieder geval, dat de onderlinge verschillen vergeleken met die op 1.50 m hoogte slechts geringe beteekenis hebben. Inderdaad mag worden verwacht dat nabij den grond de wervelvorming zoo sterk is, dat de verschillen in turbulentie, die de lucht op grootere hoogte in verband met haar herkomst nog bezit, min of meer worden uitgewischt.

Op grond van de beschikbare gegevens omtrent de vermindering van de windsnelheid bij nadering tot de aardoppervlakte is naar schatting de windsnelheid op 40 cm ongeveer $\frac{2}{3}$ van die op 1.50 m hoogte. Indien men het windeffect aanneemt evenredig te zijn met de windsnelheid, zou men

voor de verhouding (I—III) : (I—II) (zie § 20) derhalve eveneens $\frac{3}{4}$ moeten vinden. Voor Castricum en De Bilt is dit inderdaad bij benadering het geval; als gemiddelde van deze % twee stations vindt men 0.72. Hier zou derhalve de turbulentie op 40 cm en 1.50 m ongeveer gelijk moeten zijn. Te Dirksland zou zij beneden 1.50 m sterk moeten toenemen. Leiduin is voorloopig beter buiten beschouwing te laten.

VERSCHILLEN TUSSEN DE REGENMETERS OP 35 OF 40 CM EN 1.50 m TE BORCULO, WINTERSWIJK, DIRKSLAND, CASTRICUM, LEIDUIN EN DE BILT

20. Tabel 6 bevat voor iedere maand de in de geheele waarnemingsperiode afgetapte hoeveelheid neerslag van den regenmeter op 35 of 40 cm (III) en 1.50 m hoogte (II), en de verschillen III—II, tevens uitgedrukt in percenten van II.

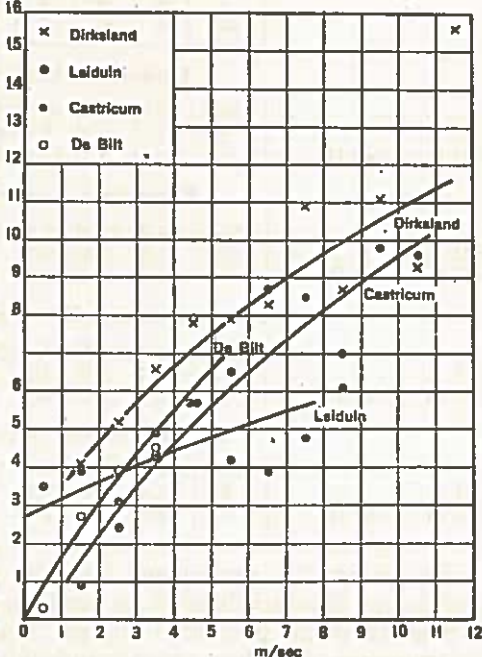


Fig. 11. Jaargemiddelden der verschillen
o m—0.40 (0.35) m.
Annual means of the differences
o m—0.40 (0.35) m.

TABEL 6

Totaalsommen van den neerslag in millimeters
Total amounts of precipitation in millimetres

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Borculo, Febr.—Dec. 1943												
II.	—	46.3	15.7	40.5	45.9	88.1	17.7	94.4	30.0	21.8	74.9	34.1
III—II	—	0.0	0.8	1.3	1.5	3.1	1.0	1.5	1.2	0.7	2.6	1.2
III—II in % van II . .	—	0.0	5.1	3.2	3.3	3.5	5.6	1.6	4.0	3.2	3.5	3.5
Winterswijk, 20 Maart—Dec. 1943												
II.	—	—	19.6	47.3	37.6	61.5	26.0	118.9	49.1	28.9	81.5	30.0
III—II	—	—	0.2	0.3	0.6	—0.2	0.3	—0.3	0.0	0.6	1.4	1.3
III—II in % van II . .	—	—	1.0	0.6	1.6	—0.3	1.2	—0.3	0.0	2.1	1.7	4.3

TABEL 6 (Vervolg) (Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Dirksland, Juni 1940—1943												
II	59.6	35.6	120.1	59.9	121.8	201.5	310.6	264.5	176.4	235.5	345.2	195.6
III—II	5.5	7.1	9.3	8.1	12.9	16.7	17.4	32.5	16.6	30.0	31.5	27.7
III—II in % van II . . .	9.2	19.9	7.7	13.5	10.6	8.3	5.6	12.3	9.4	12.7	9.1	14.1
Castricum, Juni 1941—1944												
II	174.7	72.6	57.6	90.3	124.3	205.9	283.6	267.5	284.9	434.6	451.7	288.3
III—II	3.0	1.5	2.4	0.1	1.7	2.5	3.7	4.6	5.9	3.7	8.2	4.4
III—II in % van II . . .	1.7	2.1	4.2	0.1	1.4	1.2	1.3	1.7	2.1	0.9	1.8	1.5
Leiduin, Dec. 1941—1944												
II	167.6 ⁵	62.0	56.8	58.4	153.8	182.6	189.9	228.7	167.7	230.8	385.5	172.5
III—II	12.9	5.0	3.6	3.7	9.5	8.9	7.3	9.3	5.2	10.6	15.2	8.1
III—II in % van II . . .	7.7	8.1	6.3	6.3	6.2	4.9	3.8	4.1	3.1	4.6	3.9	4.7
De Bilt, 19 Jan. 1943—Febr. 1945												
II	114.3	138.6	33.1	69.8	74.6	191.9	109.5	122.4	120.2	100.2	269.5	90.7
III—II	2.4	3.6	0.6	1.1	1.5	2.1	1.8	1.2	1.2	1.9	3.8	2.3
III—II in % van II . . .	2.1	2.6	1.8	1.6	2.0	1.1	1.6	1.0	1.0	1.9	1.4	2.5

De gemiddelde percentages voor het geheele jaar zijn hieronder opgenomen, met tusschen haakjes de getallen, die men verkrijgt indien men niet de maandelijksche percenten middelt, maar het percentage berekent uit de totaalsommen over het waarnemingstijdvak.

Gemiddelde verschillen III—II in % van II

Borculo	Winterswijk	Dirksland	Castricum	Leiduin	De Bilt
3.3 (2.9)	1.2 (0.8)	11.0 (10.1)	1.7 (1.5)	5.3 (4.8)	1.7 (1.6)

Wij voegen hier nog een overzicht aan toe van de verhoudingen tusschen de verschillen I—III en I—II te Dirksland, Castricum, Leiduin en De Bilt.

Verhouding (I—III) : (I—II)

	Jan.	Feb.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
Dirksland . .	0.46	0.44	0.55	0.58	0.48	0.45	0.54	0.40	0.47	0.39	0.41	0.48	0.47
Castricum . .	0.83	0.83	0.93	0.99	0.73	0.77	0.73	0.67	0.64	0.84	0.77	0.82	0.80
Leiduin . . .	0.45	0.51	0.41	0.58	0.24	0.49	0.32	0.49	0.56	0.54	0.48	0.53	0.47
De Bilt . . .	0.67	0.72	0.64	0.61	0.59	0.69	0.60	0.61	0.70	0.47	0.62	0.52	0.63

Het verloop dezer verhoudingen levert na de beschouwingen in de voorafgaande paragrafen geen nieuwe gezichtspunten op. De hierboven

vermelde gemiddelde verschillen verlopen vrij onregelmatig. Een verklaring voor het tamelijk grootte verschil tusschen Borculo en Winterswijk kan niet worden gegeven. Waarschijnlijk spelen onbekende microklimatologische verschillen in de onderste luchtlagen een rol. Opvallend is het kleine verschil, dat te Castricum wordt gevonden. Dit is wellicht toe te schrijven aan het feit, dat het waarnemingsterrein iets lager ligt dan het omringende duin. Op 9 m boven den grond ondervindt de windmeter nog duidelijk den beschuttenden invloed van het omringende terrein. De gemiddelde windsnelheid bedraagt volgens de waarnemingen, die in 1941—1943 zijn verricht, 4.9 m.p.s., terwijl men volgens het windkaartje op blz. 34 van Meded. en Verh. 46 voor 6 m boven vlak terrein zonder hindernissen 6.5 m.p.s. in deze streek zou verwachten. Er heeft derhalve op 9 m hoogte reeds een belangrijke afremming van den wind plaats gehad. Hoewel het vrij laag en kaal is, brengt blijkbaar het omringende duinterrein een aanmerkelijke storing boven deze duinpan teweeg. Men zou zich kunnen voorstellen, dat hier valwinden met intermitterende vlagen waaien, die de lucht zoo omroeren, dat het verschil tusschen de windsnelheid op 1.50 m en 0.40 m geringer wordt dan normaal. Door de windzwakke tusschenperioden kan de gemiddelde windsnelheid op 1.50 m lager zijn dan volgens de normale verdeling zou zijn te verwachten, terwijl die op 0.40 m ongeveer normaal zou kunnen zijn, waardoor Castricum in fig. 12 goed bij de andere stations zou passen.

Bij de toegepaste normale reductie zijn dan de voor 1.50 m afgeleide windsnelheden te hoog geweest en de verschillen I—II zijn tegen te hoge snelheden uitgezet. De kromme van Castricum in fig. 8 zou daardoor te geringe helling hebben gekregen. Inderdaad zou men in verband met de ligging dichtbij de zee een steilere helling verwachten.

Men krijgt wel den indruk, dat in het grootste deel van het land op eenigszins beschutte plaatsen verschillen van microklimatologischen aard, omtrent welker oorzaak nog weinig bekend is, verschillen tusschen de regenmeters op 0.40 m en 1.50 m van een paar procenten kunnen geven. Waar de wind vrij van zee komt en beschutting ontbreekt zooals te Dirksland, kan opstelling van den regenmeter op 0.40 m een belangrijke verbetering geven ten opzichte van de gebruikelijke opstelling op 1.50 m hoogte.

Voor al bij sneeuwval kan het verschil aanmerkelijke bedragen bereiken. In de sneeuwrijke maand Januari 1945 bedroeg de neerslag te Meddo, waarheen het station Winterswijk tijdelijk was overgebracht, volgens den regenmeter op 1.50 m 40.0 mm, volgens dien op 0.40 m 50.4 mm. Op 8 en 9 Januari werd totaal een neerslag van respectievelijk 12.8 en 18.2 mm uit de beide regenmeters afgetapt. De dikte der sneeuwlaag bedroeg op den 9den ongeveer 20 cm. Er mag worden aangenomen, dat op de genoemde dagen weinig sneeuw is verdwenen; aangezien versche sneeuw ongeveer de 10-voudige dikte heeft van de overeenkomstige hoeveelheid water, krijgt men den indruk, dat het gebruik van den regenmeter op 0.40 m bij sneeuwval een belangrijke verbetering beteekent.

21. Ter vergelijking worden hier nog de uitkomsten opgenomen van de waarnemingen, die te Castle House (zie § 2) zijn verricht. Er zijn daar 8 regenmeters opgesteld geweest, op 0, 5, 15, 30, 61, 91, 152 en 305 cm hoogte. De middellijn van de opvangopening bedroeg 200 mm (oppervlak 314 cm²). De grondregenmeter was tegen inspatting in een kuil geplaatst. De afgetapte hoeveelheden bedroegen over het geheele jaar berekend en uitgedrukt in de hoeveelheid van den grondregenmeter:

Hoogte:	0	5	15	30	61	91	152	305 cm
Hoeveelheid:	1.000	0.999	0.969	0.954	0.947	0.940	0.923	0.909

Stelt men deze getallen grafisch voor en trekt men er een glad verloopende kromme door, dan vindt men voor 40 cm de verhouding 0.952 en derhalve voor het windeffect 4.8 % van het bedrag op 0 m of 5.2 % van dat op 152 cm, terwijl voor 152 cm een effect van 8.3 % wordt gevonden, derhalve ongeveer dubbel zoo groot als te De Bilt voor 150 cm.

De verhouding van het effect (0 m—40 cm) : (0 m — 152 cm) = 0.62, ongeveer gelijk aan die te De Bilt voor 40 en 150 cm.

ANDERE REGENMETERS

22. Tabel 7 bevat de uitkomsten der volgende vergelijkingen.

1°. Tusschen den in § 5 beschreven te Castricum geplaatsten regenmeter met het scherm van NIPHER en den grondregenmeter (I).

2°. Tusschen den in § 5 en § 6 vermelden te Leiduin op zeer beschut terrein opgestellten regenmeter en den grondregenmeter (I).

3°. Tusschen den in § 5 beschreven met een hek omgeven regenmeter te De Voorst (V) en den gewonen regenmeter (II).

4°. Tusschen den standaardgrondregenmeter te De Voorst eeneren den gewonen regenmeter, den regenmeter met het hek en dien met de Engelsche opstelling (IV) anderzijds.

5°. Tusschen den regenmeter met aarden wal te Kornwerderzand (IV) eener- en den regenmeter op 0.40 m (III) en dien met het hek op 1.50 m anderzijds.

TABEL 7

Totaalsommen van den neerslag in millimeters

Total amounts of precipitation in millimetres

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Castricum, Juni 1941—1944												
Nipher.	179.2	73.4	62.3	90.9	127.0	208.3	288.2	271.7	290.7	437.8	459.8	290.8
I—Nipher	13.5	7.9	4.6	7.0	3.5	7.9	9.0	9.7	10.8	20.5	26.8	22.0
In % van Nipher . . .	7.5	10.8	7.4	7.7	2.8	3.8	3.1	3.6	3.7	4.7	5.8	7.6

TABEL 7 (Vervolg) (Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Leiduin, Dec. 1941—1943												
Beschut	108.7	40.3	39.1	27.7	111.2	115.0	159.8	193.2	173.7	146.0	192.2	170.6
I—beschut	9.3	5.6	3.6	4.2	7.0	4.4	4.9	11.6	5.8	11.5	13.0	19.2
In % van beschut . . .	8.5	13.9	9.2	15.2	6.3	3.8	3.1	6.0	3.3	7.9	6.8	11.2
De Voorst, 29 Maart 1943—Juni 1945												
II	93.4	99.9	44.7	124.2 ^a	192.5	189.1	103.7	118.5	95.3	75.6	243.5	87.1
V—II	10.0	5.3	3.6	3.0	8.7	9.8	5.6	6.1	3.9	5.3	12.6	7.5
In % van II	10.7	5.3	8.1	2.4	4.5	5.2	5.4	5.2	4.1	7.0	5.2	8.6
De Voorst, 12 Juli 1944—Juni 1945												
I	30.8	74.1	17.4	64.1	117.6	57.5	63.3	12.7	83.1	58.7	195.6	72.1
II	25.1	64.0	12.7	57.5	106.1	55.1	57.5	12.0	70.9	48.8	169.4	61.0
V	26.8	65.5	13.5	58.4	109.9	56.3	59.6	12.5	73.7	51.6	175.6	64.5
IV	29.4	70.8	16.2	62.3	114.6	60.7	62.1	12.7	81.1	56.4	187.6	70.1
I—II	5.7	10.1	4.7	6.6	11.5	2.4	5.8	0.7	12.2	9.9	26.2	11.1
I—V	4.0	8.6	3.9	5.7	7.7	1.2	3.7	0.2	9.4	7.1	20.0	7.6
I—IV	1.4	3.3	1.2	1.8	3.0	—3.2	1.2	0.0	2.0	2.3	8.0	2.0
I—II in % van II . . .	22.7	15.8	37.0	11.5	10.8	4.4	10.1	5.8	17.2	20.3	15.5	18.2
I—V in % van V . . .	14.9	13.1	28.9	9.8	7.0	2.1	6.2	1.6	12.8	13.8	11.4	11.8
I—IV in % van IV . .	4.8	4.7	7.4	2.9	2.6	—5.3	1.9	0.0	2.5	4.1	4.3	2.9
Kornwerderzand, Juli 1944—Juni 1945												
IV	41.8	52.6	14.4	16.9	69.0	36.4	29.9	44.7	114.2	70.9	151.9	65.1
III	38.4	47.4	11.9	16.1	66.0	34.0	29.4	44.2	110.1	67.7	147.4	59.4
V	39.3	50.2	13.2	15.6	65.5	33.7	28.2	44.1	111.3	69.8	148.9	61.5
IV—III	3.4	5.2	2.5	0.8	3.0	2.4	0.5	0.5	4.1	3.2	4.5	5.7
IV—V	2.5	2.4	1.2	1.3	3.5	2.7	1.7	0.6	2.9	1.1	3.0	3.6
IV—III in % van III .	8.9	11.0	21.0	5.0	4.5	7.1	1.7	1.1	3.7	4.7	3.1	9.6
IV—V in % van V . .	6.4	4.8	9.1	8.3	5.3	8.0	6.0	1.4	2.6	1.6	2.0	5.9

1°. Gaat men uit van de totale hoeveelheid neerslag, die in den waarnemingstijd is gemeten, dan vindt men, dat te *Castricum* volgens tabel 1 het verschil I—II (standaard — 1.50 m) 6.2 % van I bedraagt. Volgens tabel 7 bedraagt het verschil I — NIPHER 4.9 % van I. Het aanbrengen van het NIPHER-scherm blijkt derhalve geenszins afdoende, het verkleint de fout nog niet tot $\frac{1}{4}$ van het oorspronkelijke bedrag.

2°. Te *Leiduin* staat tegenover een totale hoeveelheid van 2240.7 mm, die met den grondregenmeter is gemeten, een 6.8 % kleiner bedrag voor den beschut opgestellten regenmeter. Voor den regenmeter op 0.40 m is het

verschil met den grondregenmeter 4.1 % van den grondregenmeter, voor dien op 1.50 m 8.6 %. De sterke beschutting brengt het deficit tot iets meer dan $\frac{1}{4}$ terug, de opstelling op 0.40 m tot minder dan $\frac{1}{4}$. Sterke beschutting blijkt derhalve, vergeleken met normaal beschutte opstelling, een gunstigen invloed te hebben; het onderdrukken van het windeffect schijnt sterker in goeden zin te werken dan de schermwerking der voorwerpen in ongunstigen.

3°. Uit den gewonen regenmeter op 1.50 m hoogte is te *De Voorst* in den waarnemingstijd 1467.55 mm neerslag afgetapt, 81.4 mm of 5.5 % minder dan uit den regenmeter met het beschermende hek. Aangezien de werkelijke neerslag nog grooter is (zie 4°), is het geheele bedrag van 5.5 % als gunstigen invloed van het hek te beschouwen.

4°. Het verschil tusschen den grondregenmeter en den gewonen regenmeter wordt te *De Voorst* slechts weinig kleiner gevonden dan te Dirksland, 12.6 % tegen 15.5 %, uitgedrukt in de hoeveelheid, die met den grondregenmeter is gemeten. De verhouding $12.6 : 15.5 = 0.81$ is iets kleiner dan die van de gemiddelde windsnelheid op de beide plaatsen, $5.0 : 5.5 = 0.91$ volgens fig. 5 van Meded. en Verh. 46.

De reductiefactor voor de windsnelheid van 6 m boven vlak terrein tot de hoogte van den regenmeter op 1.50 m zal te *De Voorst* en Dirksland wel ongeveer gelijk zijn, zoodat de verhouding 0.91 ook voor 1.50 m kan worden aangenomen. Bij dezelfde windsnelheid vindt men dan te *De Voorst*

een windeffect, dat $\frac{0.81}{0.91} \times 100 = 89$ % bedraagt van het effect te

Dirksland. Voor Vlissingen bedraagt volgens fig. 8 dit percentage ten opzichte van Dirksland ongeveer 50 %. De afhankelijkheid tusschen het windeffect en de windsnelheid schijnt dus te *De Voorst* weinig te verschillen van die te Dirksland, maar belangrijk af te wijken van Vlissingen. In aansluiting aan de beschouwingen van § 18 zou derhalve de turbulentie te *De Voorst* slechts weinig sterker zijn dan te Dirksland en veel minder sterk dan te Vlissingen. *De Voorst* en Dirksland liggen beide op vlak open terrein, terwijl de invloed van het land te *De Voorst* grooter is dan te Dirksland. De uitkomsten van *De Voorst* kunnen daarom als een bevestiging der verklaring van § 18 worden beschouwd.

Door het aanbrengen van het hek daalt te *De Voorst* het verschil van 12.6 % tot 9.3 %, neemt derhalve met $\frac{1}{4}$ af. De Engelsche opstelling met aarden wal geeft een belangrijke verbetering; het verschil met den grondregenmeter neemt op dit zeer winderige waarnemingsterrein af tot 2.7 %. De genoemde opstelling blijkt derhalve met den grondregenmeter slechts een verschil te geven van iets meer dan $\frac{1}{4}$ van dat tusschen grondregenmeter en gewonen regenmeter.

5°. De verschillen met den regenmeter met aarden wal zijn te *Kornwerderzand* voor den onbeschermden regenmeter op 0.40 m 5.1 % van den eerstgenoemden, voor den regenmeter op 1.50 m met houten hek 3.7 %.

Zij zijn hier betrekkelijk klein, te De Voorst wordt voor het laatstgenoemde verschil bijna het dubbele bedrag gevonden. Waarschijnlijk is het betrekkelijk kleine windeffect te Kornwerderzand een gevolg van de beschutting, al is deze oogenschijnlijk ook gering.

SAMENVATTING DER UITKOMSTEN

23. Bij de beoordeeling der verkregen uitkomsten dient in aanmerking te worden genomen, dat de opstelling te Dirksland en De Voorst ongewoon is, namelijk dat met opzet de regenmeters op een onbeschutte winderige plaats zijn opgesteld, zoodat het windeffect grooter is gevonden dan het normale voor die streken. Verder wordt vermoed, dat het verschil tusschen den grondregenmeter en dien op 1.50 m te Leiduin te groot is uitgevallen hoewel daarvoor geen bepaalde oorzaak is aan te geven. Castricum en Vlissingen kunnen gelden als representanten van regenstations met normale opstelling in het winderige boomarme kustgebied, terwijl Bennebroek en De Bilt kunnen worden beschouwd als voorbeelden van goed beschutte stations met een opstelling, zooals die elders in het geheele land kan worden aangetroffen. Voor de laatste kan de fout tengevolge van het windeffect derhalve op ongeveer 4 % worden gesteld. De uitkomsten van tabel 6 doen vermoeden, dat het effect te Borculo en Winterswijk ongeveer op hetzelfde bedrag van 4 % mag worden gesteld.

Het effect is te Vlissingen te klein gevonden. Ontleent men voor 6—7 m.p.s. en grootere windsnelheden het windeffect door extrapolatie aan de grafiek van fig. 8, dan vindt men voor het percentage voor het geheele waarnemingsmateriaal 8.5 %, terwijl Castricum, dank zij de ligging in een inzinking van het terrein, slechts 6.5 % heeft. Men zal derhalve bij eenigszins gebrekkige beschutting in het kustgebied op een fout van 6 tot 9 % moeten rekenen. Blijkens de waarnemingen van Dirksland kan de fout bij geheel vrije opstelling in de kustzone tot bijna 20 % stijgen.

24. Het onderzoek, dat in deze verhandeling is beschreven, had in de eerste plaats ten doel om de grootte der fout vast te stellen, die bij de regenwaarnemingen tengevolge van het windeffect kan optreden, om zoo noodig een correctie af te leiden, die aan de dag-, maand- en jaarcijfers is aan te brengen.

Wil men het effect zelf meer in detail onderzoeken, dan zal het aanbeveling verdienen de regenmeters meermalen per dag af te lezen en behalve windmeters op het waarnemingsterrein ook zelfregistreerende regenmeters te plaatsen, zoodat het mogelijk is de afzonderlijke buien met de gelijktijdige windsnelheden gedurende korte tijdvakken te vergelijken.

25. Zooals uit de gegevens van § 2 moge blijken, zijn de regenmeters in ons land vergeleken met die onzer naburen betrekkelijk hoog boven den grond opgesteld. Zelfs in Duitschland, waar men rekening heeft te houden

met een belangrijke dikte van het sneeuwdek, staat hij minder hoog dan bij ons te lande; in Engeland en België, waar men geen rekening met grooten sneeuwval behoeft te houden, maar wel evenals in Nederland met een windiger klimaat, zijn de instrumenten veel lager opgesteld.

Blijkens de gegevens van § 20 mag worden verwacht, dat op beschut gelegen stations het verschil tusschen den regenmeter op 1.50 m en dien op 0.40 m 1 tot 3 % van den totalen regenval zal bedragen, maar dat het bij minder gunstig opgestelde regenmeters tot boven 5 % stijgt. De vergelijkende waarnemingen met het NIPHER-scherm te Castricum bezitten geen afdoende bewijskracht, omdat ze op slechts een enkel geval betrekking hebben, maar zij geven toch een aanwijzing, dat met het eenvoudige hulpmiddel der lagere opstelling ongeveer evenveel is te bereiken als met dit beschuttingsmiddel.

Uitgedrukt in % van den grondregenmeter bedraagt het verschil met dezen laatsten voor het NIPHER-scherm en den regenmeter op 0.40 m beide 4.9 %. Een verlaging van de opvanghoogte van 1.50 m tot 0.40 m verdient ernstige overweging. Vooral zal dit het geval zijn in de windiger kuststreek, waar de verlaging tot 0.40 m ook percentsgewijze de grootste uitwerking heeft, indien men de waarnemingen van Dirksland als kenmerkend voor de stations met groot windeffect mag aannemen.

De waarnemingen met den sterk beschut opgestellten regenmeter te Leiduin, die met den grondregenmeter een verschil van 6.8 % vertoonen, geven een aanwijzing, dat verlaging der regenmeterhoogte tot 0.40 m meer effect heeft dan extra beschutting. In aanmerking nemende, dat te Leiduin het verschil van den gewonen regenmeter met den grondregenmeter grooter is, namelijk 8.6 % bedraagt, komt men tot de gevolgtrekking, dat iets te veel beschutting gunstiger is dan te weinig.

Wat andere beschuttingsmiddelen betreft, kan worden opgemerkt, dat te Kornwerderzand het houten hek een grooter gunstig effect blijkt te hebben dan vermindering der regenmeterhoogte tot 0.40 m.

Te De Voorst is de gunstige invloed van het hek geringer in de lange reeks (onder 3°) dan in de korte (onder 4°).

Het onverwachte verschil tusschen de uitkomsten van Winterswijk en Borculo, het betrekkelijk geringe windeffect, dat te Kornwerderzand wordt gevonden, alsmede misschien ook het afwijkende bedrag van Leiduin, doen vermoeden, dat onbekende microklimatologische verschillen in de luchtbeweging verschillen van 1 % en meer in den neerslag kunnen veroorzaken, ook bij regenmeters, die dicht bij elkaar zijn opgesteld. Bij een onderzoek als het onze, waarbij niet over ideaal terrein kon worden beschikt, maar genoeg moest worden genomen met het bestaande, moet derhalve met dergelijke onzekerheden rekening worden gehouden. Een zeer belangrijke verbetering blijkt de Engelsche opstelling te geven. Op zeer windiger en onbeschutte plaatsen zou opstelling van standaardregenmeters van het beschreven model aanbeveling verdienen, ware het niet, dat de aanschaffing tamelijk duur en dat dit model dientengevolge voor algemeene toepassing

weinig geschikt is. Daarbij komt, dat het instrument geregeld toezicht en onderhoud vereischt en dat het niet kan worden gebruikt voor het meten van neerslag in vasten vorm, omdat hagel en sneeuw in den regenmeter stuiven. Daarentegen is voor deze gevallen de Engelsche opstelling, waarbij de regenmeter door een ringwal is omgeven, zeer aan te bevelen. Zij geeft practisch dezelfde uitkomsten als de standaardregenmeter en is niet moeilijker te construeeren dan het tot nu toe in gebruik zijnde hek, terwijl ook bij sneeuwval de waarnemingen bruikbaar zijn.

Als eindconclusie van dit onderzoek kan worden vastgesteld, dat het sterke aanbeveling verdient *de hoogte, waarop de Nederlandsche regenmeters zijn opgesteld, te verminderen van 1.50 m tot 0.40 m*. Verder is ernstig te overwegen om *op bijzonder winderige plaatsen den regenmeter op 0.40 m nog te omgeven door een aarden wal naar Engelsch voorbeeld*.

TOEPASSING DER UITKOMSTEN

26. Op grond van de verkregen gegevens en de ligging en plaatselijke gesteldheid der waarnemingsstations zijn voor alle regenstations, die daarvoor in aanmerking komen, correcties voor het windeffect door schattingen afgeleid. Bij deze schatting kon bijna overal gebruik worden gemaakt van de persoonlijke ervaring omtrent de opstelling der regenmeters, die door den schrijver enkele jaren geleden bij zijn bezoek aan de stations was opgedaan. Deze correcties zijn, zooals te verwachten was, nabij de zee in het algemeen grooter dan in het binnenland, omdat de windsterkte daar geringer is. De bedragen zijn echter toch eenigszins onregelmatig verspreid, omdat de beschutting van station tot station groote verschillen vertoont. In het windzwakke gebied van Zuid-Limburg ligt een groote groep van stations bijeen, waar het windeffect op 3 % is geschat. De groep met de hoogste bedragen, namelijk 9 %, is in de boomarme kuststreek gelegen, die zich van Den Helder tot Kamperduin uitstrekt. In den regel is de opstelling gedurende de geheele waarnemingsreeks niet steeds dezelfde gebleven. De hoogste bedragen der gemiddelde correcties, die aan enkele langjarige reeksen moeten worden aangebracht, zijn 10 %. De gemiddelde correctie, berekend voor alle stations, is $5\frac{1}{2}$ %.

GE CorrIGEERDE JAARSOMMEN

27. De correcties zijn toegepast op de jaarsommen van den neerslag der stations, waarvan de tot het tijdvak 1891—1930 gereduceerde waarnemingen zijn opgenomen in tabel 39 van Meded. en Verh. 34a, welke gediend heeft voor de regenkaartjes der genoemde verhandeling.

De overeenkomstige jaarsommen, gecorrigeerd voor het windeffect, zijn in tabel 8 opgenomen. De stations zijn aangeduid met dezelfde nummers, die in tabel 38 van Meded. en Verh. 34a zijn gebruikt.

TABEL 8

Gemiddelde jaarlijksche neerslag in het tijdvak 1891—1930,
gecorrigeerd voor het windeffect

*Mean annual amount of precipitation in the period 1891—1930, corrected
for windeffect*

Nummer	Jaarsom	Nummer	Jaarsom	Nummer	Jaarsom	Nummer	Jaarsom	Nummer	Jaarsom	Nummer	Jaarsom
1	768	25	670	49	791	73	802	97	787	121	745
2	758	26	729	50	769	74	709	98	679	122	750
3	717	27	755	51	770	75	813	99	732	123	719
4	730	28	726	52	829	76	806	100	744	124	708
5	716	29	721	53	785	77	800	101	722	125	724
6	693	30	791	54	743	78	770	102	669	126	737
7	756	31	758	55	772	79	768	103	774	127	693
8	778	32	689	56	756	80	673	104	650	128	731
9	714	33	707	57	828	81	754	105	740	129	703
10	741	34	788	58	772	82	764	106	750	130	708
11	706	35	796	59	746	83	766	107	694	131	686
12	756	36	674	60	774	84	770	108	765	132	691
13	714	37	761	61	719	85	740	109	726	133	668
14	716	38	750	62	749	86	721	110	741	134	610
15	705	39	725	63	782	87	712	111	733	135	666
16	713	40	748	64	733	88	755	112	724	136	608
17	724	41	749	65	700	89	766	113	721	137	609
18	714	42	710	66	777	90	777	114	784	138	717
19	799	43	791	67	765	91	735	115	748	139	689
20	739	44	633	68	814	92	761	116	750	140	794
21	774	45	775	69	729	93	764	117	709	141	778
22	755	46	734	70	745	94	792	118	682	142	717
23	733	47	719	71	787	95	753	119	709	143	889
24	733	48	805	72	785	96	705	120	724		

Nieuwe regenkaart

28. De gegevens van tabel 8 zijn gebruikt voor het ontwerpen van een nieuw regenkaartje voor den gemiddelden jaarlijkschen neerslag, fig. 12 ¹⁾. Vergeleken met het jaarkaartje in Meded. en Verh. 34a, dat op grond van de ongecorrigeerde jaarcijfers is geteekend, zijn de verschillen in de verdeling over het land niet opvallend. De algemeene verhooging der regencijfers is duidelijk te herkennen.

¹⁾ In fig. 12 zijn ook de Wieringermeer- en de Noordoostpolder ingeteekend. Aangezien de gebruikte waarnemingen op den ouden toestand betrekking hebben, is het beter deze nieuwe landaanwinsten weg te denken.

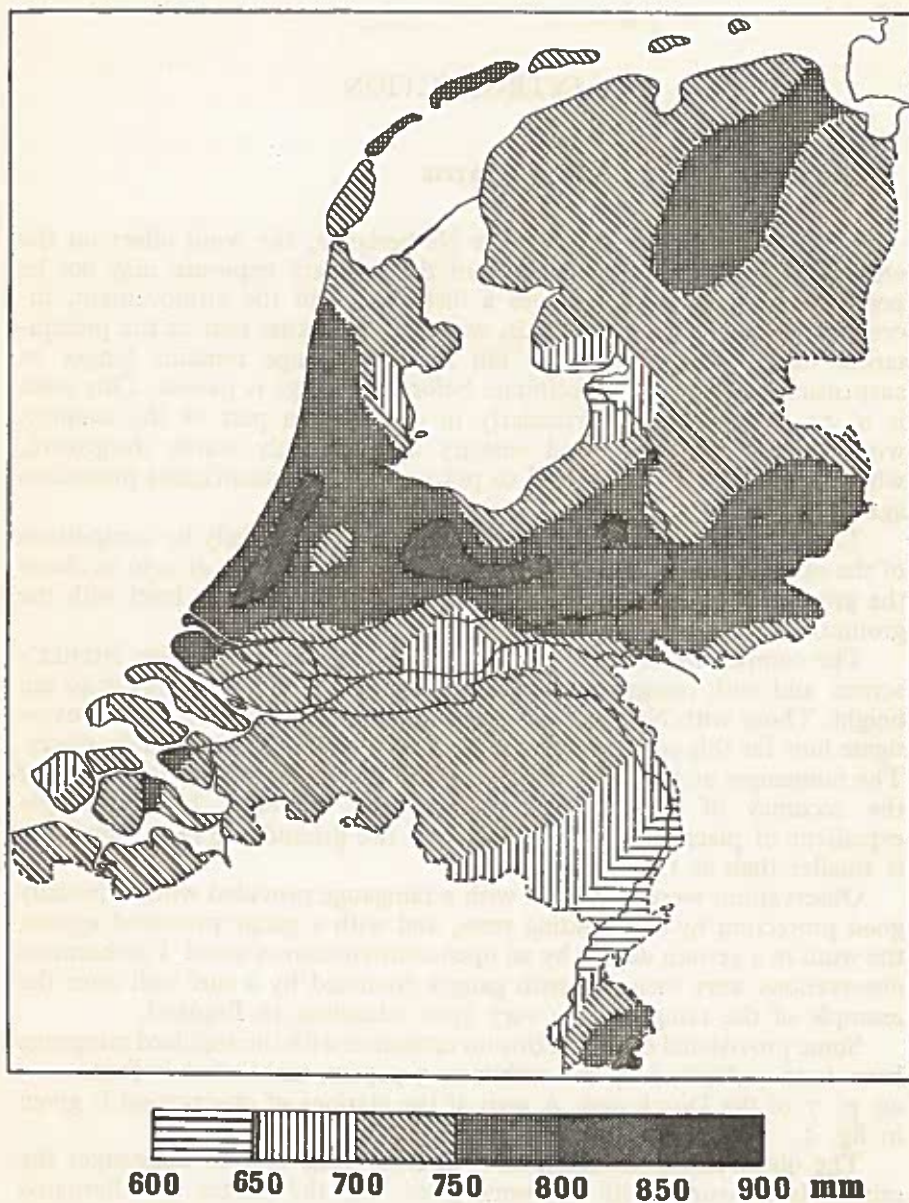


Fig. 12. Gemiddelde jaarlijksche neerslag, 1891—1930, gecorrigeerd voor het windeffect.
Average annual precipitation, 1891—1930, corrected for windeffect.

INTRODUCTION

THE OBSERVATIONS OF THIS TREATISE

1. In a windy country like the Netherlands, the wind effect on the observations made with raingauges of the ordinary exposure may not be neglected. The raingauge causes a disturbance in the airmovement, increasing the turbulence of the air, with the effect that part of the precipitation which otherwise would fall into the gauge remains longer in suspension and does not precipitate before the gauge is passed. This error is to be accounted for particularly in the western part of the country, with its relatively high wind velocity and relatively scarce treegrowth, where one is not seldom forced to put up with an insufficient protection against the wind.

The investigation into this windeffect was made chiefly by comparison of the observations of the ordinary raingauge with its rim at 1.50 m above the ground, with a standard raingauge the rim of which is level with the ground.

The comparative observations also include observations with NIPHER's screen and with raingauges placed nearer to the ground, at about 40 cm height. Those with NIPHER's screen were made with the purpose to investigate how far this screen might be used with good results at windy places. The raingauges at 40 cm were included in order to ascertain to what extent the accuracy of the observations might be increased by the simple expedient of placing the gauge nearer to the ground where windvelocity is smaller than at 1.50 m.

Observations were also made with a raingauge provided with a specially good protection by surrounding trees, and with a gauge protected against the wind to a certain degree by an open construction of wood. Furthermore observations were included with gauges encircled by a turf wall after the example of the raingauges in very open situations in England.

Some provisional results of this investigation with the standard raingauge have been published by the author in 3 papers, mentioned in footnote ¹⁾ on p. 7 of the Dutch text. A map of the stations of observation is given in fig. 1.

The observations are made at 8 h. local time. For all raingauges the rainfall is measured with the same glass, and the gauges are alternated at regular intervals, in order to eliminate differences in the measuring glasses and the areas of the collecting funnels. In order to exclude the error due to the larger or smaller amount of water adhering to the measuring

class, the glass is wetted before the first reading or it is prescribed that of the raingauges which are interchanged regularly the same one is always observed in the first place.

Still other sources of error are to be taken into account with rainfall observations, besides the windeffect. The losses by evaporation may be neglected with good raingauges. An error which is not to be neglected arises, if the inside of the funnel is dry when it is beginning to rain, as part of the rain which serves to moisten the funnel does not run off into the reservoir. By this cause the annual amount of rain is observed too low by some percentages.

FOREIGN OBSERVATIONS

2. No fixed instructions have been given internationally about the setting up of raingauges. It has been recommended to place them at such a height, that they are not affected by snowdrift, by the splashing of drops falling on the ground, or by trees and neighbouring objects. A height of 1 to 1½ m has been indicated as most suitable. The height prescribed nationally is different in the various countries.

In Germany a height of 1.00 m has been adopted, and an area of 200 cm² for the funnel. Comparisons were made by KOSCHMIEDER ¹⁾ on the Schneekoppe with a raingauge sunk into the ground, which was taken as a pattern for the standard gauge used in our observations.

In Belgium the raingauges have their rim at 30 or 40 cm above the ground, the opening of the funnel being 100 cm². In England a height of 30 cm is prescribed. The pattern of the British Meteorological Office has a rim with a diameter of 125 or 200 mm, and therefore an area of 123 or 314 cm². In order to reduce the windeffect as much as possible it has been prescribed that in very open situations a turf wall is set up round the gauge, the rim of which is in the same plane as the crest of the wall. It has been shown by a special investigation that the assumed height of 30 cm does not give rise to splashing in a disturbing degree. ²⁾

The French raingauges have an area of 400 cm² and a height of about 1 m or 1.50 m. It is stated by BRAZIER ³⁾, who also has experimented with a raingauge level with the ground, that according to observations made at Montsouris and Parc Saint-Maur, in the surroundings of Paris the deficiency

Area in m ²	0.01	0.04	0.016	25.00
Ratio	0.913	0.973	0.992	1.000

¹⁾ H. KOSCHMIEDER. Methods and results of definite rain measurements. Monthly Weather Review. Jan. 1934, p. 5.

²⁾ F. J. W. WHIPPLE. Rainfall as measured by gauges set in turf, gravel and concrete. Some comparisons at Kew Observatory. The Met. Mag. vol. 70, 1935, p. 32.

³⁾ C. E. BRAZIER. Sur la mesure correcte de la pluie. La Météorologie. 1927, p. 385.

may be estimated at 5 % to 9 %. ¹⁾ In his paper BRAZIER mentions also the results obtained by BELGRAND near Honfleur by means of raingauges with different areas, indicating that the windeffect decreases with increasing area. The above-mentioned ratios are found for the annual rainfall.

It appears from the observations during 4½ year at Castle House and the series of nearly 2 years at Strathfield Turgiss ²⁾, that raingauges fixed with their rim at 1 foot above the surface of the ground, are mainly yielding identical results to within 1 % with areas the diameters of which vary from 4 to 24 inches.

Finally the observations may be mentioned, made in England at Castle House, Calne, during 4½ years (1863—1867) ³⁾ with raingauges, set up at 8 different heights, which will be dealt with in § 21.

It is not our purpose to give an historical account of the researches made in this field. The publications mentioned here give only a very incomplete idea of the available literature.

OBSERVATIONS

INSTRUMENTS

3. Ordinary raingauge

The raingauges of the Royal Netherlands Meteorological Institute have their rim at 1.50 m above the ground and an area of 400 cm². The raingauge with measuring glass are represented on fig. 2. The instruction prescribes for the site of the rainfall station, that the rain should have free access on all sides, but preferably the gauge should be sheltered somewhat against the wind. The distance from trees, houses, walls etc. must be at least as large as the height of those objects.

4. Standard raingauge

In fig. 3 a representation is given of the site of the ordinary raingauge and of the standard gauge at Bennebroek as it is on the grounds of the pumping station of the „Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noordholland”.

The standard gauge is copied from the instrument, used successfully by KOSCHMIEDER on the Schneekoppe and described in Monthly Weather Review of January 1934. Fig. 4 gives a picture of the instrument seen from above. The rim being level with the surface of the ground, the windeffect may be considered to be eliminated, but special precautions are needed against splashing. For that reason the raingauge is surrounded over a

¹⁾ CH. F. BROOKS states on p. 11 of Bulletin n°. 23, Sixième Assemblée Générale à Edinbourg of the Union internationale de géodésie et de géophysique, Riga 1938, on the strength of various researches, that even with only moderate exposure to the wind the catch is about 5 % less than the true precipitation.

²⁾ See H. WILD. Repertorium für Meteorologie. Bd. 9 (1885) Nr. 9.

³⁾ See H. WILD. loc. cit.

breadth of at least 17.5 cm with a vertical brush of about 5 cm length, and farther outwards by a honeycomb construction of galvanized iron of 50 cm breadth. It consists of 4 grates of 110 by 50 cm, the iron strips are 2 cm broad and 2 mm thick, the distance between the vertical strips being 3 cm. The brush is fastened to a square piece of wood with a copper rim at the inner and outer side. The board with the brush is removed during the observation.

A raingauge of this pattern has for some years been in use at the principal station of Flushing and at Dirksland, and similar instruments are still functioning at Bennebroek, Castricum, Leiduin, De Voorst and De Bilt.

5. *Other raingauges*

Raingauges at a smaller height above the ground are in function at Dirksland, Castricum, Leiduin, De Bilt and Kornwerderzand, the height being 35 cm at Dirksland and 40 cm for the rest.

There is, moreover, at Castricum a raingauge with a NIPHER screen. This screen is designed to warrant an undisturbed course of the streamlines of the airmovement above the raingauge. The comparisons with the standard gauge will decide, whether the screen answers the purpose. As a model the screen was chosen, represented in fig. 3 on p. 12 of Bulletin N°. 23, mentioned in footnote 4) of p. 9, reprinted from *Zeitschrift für Meteorologie*, 14 : 253, Wien 1879. It is represented in fig. 5. The horizontal upper rim is 12 cm broad and constructed of strong metal gauze with meshes of 0.6 cm. The dotted line of the adjoining conical part represents the same metal gauze, covering the mantle of zinc with an interspace of 1 cm to prevent splashing. Through a little door in the lower zinc cone the rainfall can be measured.

At Leiduin also measurements are made near the site of the other raingauges with a gauge at normal height, thoroughly sheltered by trees on all sides.

In the eastern part of the country, where windforce is relatively low and turbulence may be different on account of the influence of the land-surface, we have investigated the windeffect with raingauges at 40 cm set up near the ordinary raingauges at Borculo and Winterswijk. Borculo has been chosen, because the observer has a favourable site in his garden, being well-sheltered by surrounding trees. At Winterswijk on the other hand the station lies rather open to the wind, the only shelter being given to the east by the house of the observer and other houses, with open spaces between them, the immediate surroundings being apart from that flat and well-nigh treeless.

Furthermore the observations may be mentioned, which are made at De Voorst, on the eastern border of the Noordoostpolder. Next to the unsheltered gauge at 1.50 m a second raingauge has been set up, surrounded by a wooden fence with 4 sides of 2 m. The sides are formed by 2 boards of about 15 cm breadth, at some distance above each other. The upper

end of the uppermost board is 1.50 m above the ground, at equal height with the rim of the raingauges.

Such railings have been put up by the service of the „Zuiderzeewerken” at several places in the Wieringermeerpolder and the Noordoostpolder as windshelter around the raingauges. A windy site was chosen at De Voorst in order to check the effectiveness of this measure.

It became soon evident that in the gauge with the fence noticeably more rain was collected than in the unsheltered one. It was then decided to add also a standard gauge for a further check. This gauge came from Dirksland, where the observations had to be stopped on account of the inundation.

A couple of months was sufficient to show that the sheltering influence of the fence was insufficient to eliminate the windeffect. Still another raingauge was then set up at De Voorst, as model being chosen the arrangement prescribed in England for very open situations.¹⁾ The raingauge is placed with its rim at 40 cm above the ground. Around it a circular palisade is erected of 40 cm height and 10 ft. in diameter. The top of the palisade forms a horizontal circle level with the rim of the gauge. Drainage must be provided to prevent water accumulating inside the palisade. Outside the palisade earth is placed, made firm and finished off with turves, the surface sloping downwards with a gradient of 1 in 4. The grass is kept short. Besides an unsheltered raingauge at 40 cm, such a gauge with turf wall is set up at Kornwerderzand, with the purpose to investigate its effect at this very windy place. A standard gauge was not available for this station.

With all observations of the standard gauge days with noticeable snowfall were left out of account, and also days on which a disturbing influence of snowdrift might be suspected.

It has occurred on some days, that not of all raingauges with different exposure the observations were available or that classification according to windvelocity was difficult. Consequently the numbers of the following tables do not always bear upon the same observations, and therefore the totals of precipitation of the various tables need not to tally with each other.

OBSERVERS, SITE OF THE STATIONS

6. *Bennebroek*. The raingauges are erected on the grounds of the pumping station of the Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-holland, under normal conditions, that is to say with a sufficiently free but

¹⁾ The Observer's Handbook. Meteorological Office London, 1934, p. 89. A summary of the experiments made with this kind of shelter has been given by F. HUBLESTON in his paper „A summary of seven years experiments with raingauge shields in exposed positions, 1926—1932, at Hutton John, Penrith. "British Rainfall 1933, p. 274.

sheltered exposure. The observations are made by the engineer of the pumping station.

Flushing. The raingauges were standing on the grounds of the principal meteorological station, the observations being made by the observer C. DE RUYTER. The ground and its immediate surroundings are bare and border on the harbour. The first scattered houses of the town are found on the westside at a distance of at least 100 metres.

Dirksland. The observations are made by Mr. M. ZOON, engineer of the pumping station of the polder. The site is very favourable, the surroundings being flat and bare of trees. The only obstacles are the low house of the observer and a truncated ancient watermill at a slightly smaller (30 m) distance. Particularly the western rain winds have free access.

Castricum. The rainfall observations form a part of an extensive meteorological investigation, initiated by the Provinciaal Waterleiding-bedrijf van Noordholland and made in collaboration with it, in the dunes near Castricum. Photo's of the site of observation and of the raingauge are given in fig. 6 and 7. The observations are made in a spacious flat dune valley, surrounded by a somewhat higher undulating landscape with low dunes and scarce treegrowth. Two observers appointed by the P.W.N. and instructed by the Institute, have the meteorological observations to their special task. The observations are under the supervision of Dr. L. J. L. DEY, scientific collaborator at the Meteorological Institute.

Leiduin. The observations are made near the pumpingstation of the waterworks of Amsterdam between the filter reservoirs and the Leyden „trekvaart". The place of observation is fairly open and without treegrowth with the exception of a row of young trees on the north side. To the east it borders on the waterbasins, to the west on the other side of the canal fairly high buildings afford some shelter. A standard raingauge and a gauge at 40 cm height are placed close by the ordinary one. Still another ordinary gauge is situated at about 150 m to the WSW at 70 or 80 m to the south of the engine building. It is almost completely surrounded by a grove of young trees, moreover, a row of high trees joins it on the south and west side, the raingauge being thus very effectually sheltered against the wind. The distance from the surrounding trees is only a little larger than the height of the nearest ones. It is intended to investigate with this ideal shelter with small windeffect, whether the prescribed minimum distance (at least equal to the height of the sheltering objects) is sufficient. It might be that with strong wind a noticeable part of the rain is caught by the shelter.

De Bilt. The instruments are erected on the spacious lawn of the Meteorological Institute, sheltered fairly well against the wind by the surrounding mostly high trees. The standard gauge and those at 0.40 and 1.50 m are close together.

De Voorst. The raingauge originally placed in a depression of the ground was purposely removed to a more windy spot. The pumping station of the polder and a smaller building are the only wind screens in the neighbourhood, the rest being open country, the bare as yet only partly cultivated polder lying to the west. The place of observation lies above the surroundings at the level of the polder dyke. The observations are made by Mr. H. H. J. A. WEMMERSLAGER, engineer of the pumping station.

Borculo. The observations are made by Mr. G. TH. BOUHUYS, rainfall observer of the Institute.

At *Winterswijk* the observations are made by Mr. J. H. LANGEDYK, observer of the secondary meteorological station.

Kornwerderzand. The observations are made at the windy harbour ground on the dyke bordering the Yssel lake, on a lawn to the east of the locks, somewhat sheltered on the north side by a little dam, on the west side by fortresses beyond the locks and a small building. Observer is the harbour master Mr. F. J. OOSTDIJK of the secondary meteorological station.

DETERMINATION OF WINDVELOCITY.

7. The rainfall observations have been classified according to wind-velocity, the velocity being chosen at the height of the rim of the ordinary raingauge, at 1.50 m above the ground. No observations of windvelocity having been made at this height, the available data had to be reduced to 1.50 m.

This led to a circumstantial reduction at *Bennebroek*, which cannot make pretensions to great accuracy. No anemometer readings being available on the spot, use had to be made of the windstation at Ymuiden, where the anemometer is erected on the first row of dunes, at $8\frac{1}{2}$ m above the ground and 25 m above the sea. It follows from observations made at De Bilt ¹⁾ that on the lawn of the Institute windvelocity is diminished by windshelter to less than half of the open country. The sheltering at Bennebroek is a little less, and one is probably close to the truth by assuming there a reduction of windvelocity to 50 %. The observations of Ymuiden were further reduced to 1.50 m and for the decrease of windvelocity over 7 km from the coast to Bennebroek ²⁾. The total reduction amounts to a multiplication of the Ymuiden observations reduced to 6 m above level ground without obstacles by the factor 0.35. Precipitation being measured at 8 a.m., the daily amounts were arranged according to the average windvelocity from 8—8 h. This was also done for Flushing, Dirksland and Leiduin, but

¹⁾ See Mededeelingen en Verhandelingen 39, p. 48.

²⁾ See the windcharts in Mededeelingen en Verhandelingen 46. The reduction for height is dealt with in Mededeelingen en Verhandelingen 32 and 46.

not for Castricum and De Bilt, where selfrecording raingauges are in function.

The reduction was more simple for the other stations.

At *Flushing* the raingauge stands at a distance of 25 m from the meteorological station, on which the anemometer is placed at a height of 13.4 m above the ground. It was assumed for the reduction that the influence of the houses is compensated by that of the harbour, the waterlevel of which is about 5 m below the observation ground. The situation of the ordinary raingauge then corresponds with that on level ground without obstacles. A factor varying for 0 to 20 m.p.s. from 0.71 to 0.75 was applied for the reduction of 13.4 to 1.5 m of height.

The anemometer of *Dirksland* is mounted at 7 m above the ground next to the raingauge. The factor of 0.78 is used for the reduction of 7 m to 1.50 m.

At *Castricum* the anemometer is erected at a height of 9 m in the NW part of the grounds. The pole of the anemometer is visible to the left in the foreground of fig. 6. For the reduction to the height of the raingauge, 9 to 1.50 m, the observed windvelocity is multiplied by 0.76. The rainfall observations are compared with the average windvelocity of the hours during which rain has fallen in the past 24 hours.

At *Leiduin* the anemometer is placed on a small building of 3 m height, 8 m above the 0.75 m earthed-up ground on which the building is standing, the height above the site of the raingauges being therefore 8.75 m. The factor of 0.76 is used for the reduction to 1.50 m.

For *De Bilt* use has been made of the comparisons between the windvelocity on the tower at 37.5 m and on the lawn with the raingauges at 1.50 m of height. It appears that the factors of reduction vary with wind-direction, in consequence of the different sheltering. In winter the difference between tower and lawn is smaller than in summer. The following factors were assumed for the reduction of the windvelocity on the tower to that at 1.50 m above the ground ¹⁾.

Dec.—March	April	May	June—Sept.	Oct.	Nov.
Factor: 0.33	0.31	0.27	0.25	0.27	0.31

As in Castricum, rainfall is compared here with the average windvelocity during the hours with rain.

The anemometer at Ymuiden is a pressure anemobiograph of DINES, which is compared regularly once a year by means of a watermanometer. The other anemometers are ROBINSON mills with 4 half bulbs, which have been compared on the observation tower at De Bilt with the anemometer of the Institute.

¹⁾ The annual variation of the reduction has been neglected for the other stations. For Bennebroek this was done because no data were available, the reduction being moreover a rough estimation. For the other stations it was done because the reduction was small enough to disregard its seasonal variations.

8. Undoubtedly it would have been of much value for the investigation of the connection between windeffect and windvelocity, if observations of rainfall and windvelocity for much shorter intervals had been available. It certainly may be recommended for further research to devise the means for a more detailed investigation of the connection just mentioned. In the present circumstances, the windvelocity at the stations without selfrecording raingauges had to be averaged over a period of 24 hours, many of which without rain, the average yielding only a rough estimation of the windvelocity with which the rain has fallen. This difficulty attaches also, though in a lesser degree, to the stations with pluviographs, heavy and light rains being contained in the collected water, distributed irregularly over the period to which the mean windvelocity applies.

We may however assume that, apart from a strong flattening of the results and the necessity of an observation material much larger than is needed for shorter intervals, no appreciable systematic deviations are to be expected in the final results, the windeffect being approximately a linear function of windvelocity. This assumption is based on the supposition that no definite connection exists between rainfall and windvelocity, the distribution of the rain over the period for which the windvelocity is averaged being therefore regarded as an accidental one. This is not entirely the case, windvelocity being generally speaking a little above normal during rain showers. Consequently the curves of fig. 8, 9, 10 and 11 would run somewhat too steeply, the windeffect having been plotted against too low windvelocities.

The fact, that with the exception of De Bilt the same factors were used throughout the year for the reduction of the windvelocity to 1.50 m of height, may have produced some influence, a somewhat larger reduction being actually required in summer than in winter on account of the foliage of the trees. Consequently the rainfall differences will be plotted against a too high windvelocity and the windeffect will be found a little too small in summer, a little too large in winter.

DIFFERENCES BETWEEN THE RAINGAUGES

DIFFERENCES BETWEEN THE STANDARD RAINGAUGE AND THE ORDINARY RAINGAUGE

Monthly totals

9. The monthly totals of the observations with the standard raingauge (I) and the ordinary raingauge at 1.50 m (II) are given in table 1, with the differences I—II. Moreover, for each month the differences I—II are added, calculated from the entire observation material and expressed in percentages of the total rainfall observed with the ordinary raingauge (II).

At Bennebroek a shower with 19.6 and 20.1 mm respectively, of September 30, 1935, has been left out of account, a toad being found in the

standard gauge. A shower with 37.5 and 34.5 mm respectively, of July 16, 1937, has likewise been discarded, the possibility being assumed that the water around the standard gauge could not run off fast enough, giving rise to some splashing.

All cases are further left out with snowfall, hail or snowdrift. The differences between I and II are then usually relatively large and in most cases it is to be feared that snow is blown into the standard gauge.

The other omissions are of subordinate importance.

For Bennebroek the mean percentage (I—II) : II, calculated for the whole year, amounts to 4.1. A smaller value was mentioned in the earlier publications. An annual mean of 3.6 and 3.4 % respectively was obtained for the periods 1935—1938 and 1935—1937, dealt with in the first two publications of the footnote in § 1. This difference may be explained at least partly by the fact, that in the earlier years the rains generally have fallen with a smaller windvelocity than later on. This is shown by the subjoined figures, representing for various windvelocities the ratios between the total amounts of rain in the different periods, viz. those of 1935—1938 and 1935—1937, divided by 1935—1943. The ratios generally decrease from the lower to the higher windvelocities.

Windvelocity in m.p.s.	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7
(1935—1938) : (1935—1943) . . .	0.55	0.46	0.44	0.39	0.47	0.37	0.29
(1935—1937) : (1935—1943) . . .	0.39	0.27	0.20	0.23	0.22	0.23	0.18

10. For each month the differences I—II expressed in percentages from table 1, are smoothed by means of the formula $(a + 2b + c) : 4$ and inserted in table 2.

The annual figures are the averages of those for the 12 months. The percentages, calculated from the total amounts, which are obtained from inequivalent monthly totals, yield the following figures.

Bennebroek	Flushing	Dirksland	Castricum	Leiduin	De Bilt
Percentage 4.0	6.4	18.4	6.6	9.4	4.4

With the exception of Flushing the percentages display a well-defined connection with the seasons, being much smaller in summer than in winter. This difference may be ascribed to the larger dimensions of the drops and the smaller windvelocity in the warm season.

The deviating behaviour of Flushing may be explained by the assumption, that in the cold season the disturbing influence of the fence around the observation grounds (see § 12) is greater than in the warm season, in consequence of the stronger wind and smaller size of the drops, by which

effect the percentages become too low particularly in winter. The ratio between the average percentage in December—February and June—August is as follows.

Bennebroek	Flushing	Dirksland	Castricum	Leiduin	De Bilt
2.28	0.87	1.49	1.92	1.76	2.03

The deviating results of Flushing have already been discussed above. The ratios of the other stations decrease in the same sequence as the tree-growth of the sites of observation¹⁾. In the same sequence windvelocity will be relatively low in summer as compared with winter.

Connection with windvelocity

11. In table 3 the differences I—II are compared with the windvelocity in m.p.s. at 1.50 m above the ground; 0—I means 0.0—0.9 m.p.s., I—2 means 1.0—1.9 m.p.s. etc. The table also contains the differences I—II, expressed in percentages of II. For Bennebroek, which has the largest observation material, these percentages are given for the separate seasons and the year, for the other stations for the year only. The results are also graphically represented in fig. 8, 9 and 10.

Remarks

12. Some remarks may be made before the discussion of these results. In the first place with regard to Flushing. The observations of this station show a windeffect, increasing approximately proportionally with windvelocity up to 5 or 6 m.p.s. With higher windspeeds the effect becomes unexpectedly small, even decreasing with increasing velocity. A good explanation may be given for this deviation. A fence of metallic gauze about 1 m high surrounds the site of the raingauges, which intercepts a part of the rain. The gauge at 1.50 m projects above this obstacle, but apparently with high windvelocity the gauze stands in the way of the drops moving towards the standard gauge.

A deviation of the windeffect, which may occur with very small wind-velocities, is caused by precipitation in consequence of dew. Dew is formed in particular close to the ground, the radiation being there most effective on account of the slight airmovement, whereas, moreover, the adjacent surface of the ground is a source of moisture. Therefore in quiet clear nights it may occur, that the standard raingauge contains one or more tenths of a mm of water, whereas no or a smaller quantity is observed at 1.50 m.

¹⁾ It should be admitted that at Leiduin the site is more sheltered than at Castricum, but the relatively low ratio may be the consequence of a deviation (see § 13) independent of windvelocity, which probably magnifies the difference between the raingauges at 0 m and 1.50 m in winter as well as in summer, and in that way causes a decrease of the ratio.

Still a third disturbing effect may be mentioned, being the precipitation by fog. It occurs not only in calm weather, but also with somewhat higher velocities. A good example is afforded by the month of October 1943. The weather was very foggy on many days, but otherwise dry. At De Bilt on 9 of these days the total precipitation from fog was 1.7 and 1.4 mm in the raingauges at 1.50 and 0 m respectively, with wind velocities at 1.50 m varying between averages of 0.3 and 1.1 m.p.s. At Bennebroek the total precipitation of 11 of these days was 1.1 and 0.45 mm at 1.50 and 0 m respectively, with wind velocities from 0.3 to 1.6 m.p.s. At Castricum the corresponding precipitation on 10 days was 2.6 and 1.0 mm, the wind varying between calm and a mean speed of 2.7 m.p.s. The largest amount of precipitation was therefore caught in the higher raingauge. KOSCHMIEDER also observed, that in wet fog the precipitation is less in the raingauge on the level of the ground than in the ordinary one (see § 13). On the other hand no measurable amount was found on foggy days in any of the raingauges at Dirksland, whereas at Leiduin the gauge at 1.50 m collected less water than the standard gauge, 1.2 and 1.9 mm respectively.

The greatest daily amount of precipitation obtained in this way in the ordinary raingauge at 1.50 m of height, was in October 1943 at De Bilt, Bennebroek and Castricum 0.4, 0.2 and 0.4 mm respectively.

An explanation of the phenomenon that with very light drizzle and wet fog the windeffect causes a larger precipitation at 1.50 m than in the standard gauge on the ground, whereas for larger drops the reverse is valid, will probably have to wait till the effect has been better investigated experimentally. Presumably it is connected with the measure the drops are carried along with the disturbed aircurrent, dependent on their mass.

Comparison of the results. Annual means

13. The annual means of the differences between the standard and the gauge at 1.50 m, expressed in % of 1.50 m (table 3), are represented in fig. 8. The windeffect apparently increases approximately proportionally to windvelocity, the lines being curved only slightly. All of them wellnigh run through the origin, with the exception of the Leiduin curve.¹⁾ The fact that in calm weather the differences between the raingauges disappear, lends strong support to the supposition, that the observed differences may practically be considered entirely as a windeffect, no other effects entering as disturbing factors. This is an indication that the standard gauge is not liable to splashing.

¹⁾ The strongly deviating percentages in some cases connected with the highest windspeeds of the table, and caused by the small number of observations, have not been represented in the diagram or have not been taken into account when the curves were drawn. The data obtained with small velocities have all been inserted, with the exception of — 3.8 for 0—1 m.p.s. at Castricum. However, only a small value should be ascribed for instance to the 2 large positive deviations for 1—2 m.p.s. at Dirksland and Flushing, the rainfall quantities on which they are based being so small.

A deviating behaviour is shown by the Leiduin curve, which does not run through the origin. The cause of this deviation is unknown. The curve gives the impression of running too high in its whole course. According to the situation one would rather expect a course similar to that of Bennebroek, perhaps a little steeper. It is noteworthy, that Leiduin makes also an exception with regard to the ratios between winter and summer, discussed in § 10.

It is a remarkable fact, that the curves of the separate stations do not coincide, as might be expected when dealing with an effect dependent on windspeed alone. Instead of coinciding, the curves show different slopes, Bennebroek possessing the curve with the smallest slope, the steepness increasing in the sequence of Castricum ¹⁾, Flushing, De Bilt and Dirksland. A similar result would be obtained, if the windvelocities had been reduced in the wrong way, so that a much too high velocity had been assumed for instance for Bennebroek. In that case, however, in order to obtain agreement with Dirksland, the windvelocity at Bennebroek should have been overestimated 4 times, which is impossible ²⁾. Our starting point has been that the reduction of windvelocity leaves so much to be desired that not too much value should be ascribed to the differences between De Bilt, Flushing, Castricum and Bennebroek. On the other hand the difference between this group of stations on the one side and Dirksland on the other should be considered as a real one, and cannot be accounted for by an uncertainty in the observations. We shall return to this subject in § 18.

Fig. 8 also contains a part of the results, acquired by KOSCHMIEDER on the Schneekoppe. The height of the ordinary raingauge was there 1.10 m above the ground. The differences, expressed in percentages of the raingauge at 1.10 m, are as follows.

Windvelocity	0	2	4	6	8	10	12	14	16 m.p.s.
Difference	0	4	11	23	41	67	100	160	240 %

When a comparison is made with the other curves of fig. 8, it should be borne in mind that on the Schneekoppe the height above the ground

¹⁾ Probably the slope of the Castricum curve should be slightly steeper, the velocities against which the rainfall differences have been plotted, being possibly taken too high (see § 20).

²⁾ The estimation of the windvelocity at Bennebroek, having been made some years ago at 0.35 times that of Ymuiden after reduction to 6 m above level ground without obstacles, may moreover be checked by means of the anemometer observations started in the meantime at the neighbouring station of Leiduin. The average windvelocity at Leiduin in the period of April 1942—February 1944 is 0.591 times the windvelocity at Ymuiden reduced to 6 m above a level surface. After multiplication with the factor 0.76 for the reduction to the height of the raingauge (1.50 m) at Leiduin is obtained:

$$\text{Leiduin (1.50 m)} = 0.45 \text{ Ymuiden (reduced to 6 m).}$$

The difference between the 2 factors 0.35 and 0.45 for Bennebroek and Leiduin respectively, corresponds very satisfactorily with the difference of the site, the immediate surroundings of the raingauges at Bennebroek being a little more sheltered than at Leiduin.

is smaller than at the Dutch stations, the windefect turning out in consequence a little too small. This difference however is compensated more or less by the fact that the surface of the raingauge on the Schneekoppe is smaller. KOSCHMIEDER's results may then be considered comparable with those of Dirksland.

It is stated by KOSCHMIEDER, that the above-mentioned figures apply to ordinary rains. With drizzle, not surpassing 0.2 mm per hour, the gauge at 1.10 m yields more than the one on the ground, an effect that he presumes to be due to the precipitation of the raindrops by the wind.

Changes in the course of the observation period at Bennebroek and Dirksland

14. It was remarked in § 9, that at Bennebroek the difference between the standard gauge and the one at 1.50 m were in the beginning smaller than later on. The increase of the windefect could be connected with the higher windforce in the later years. Also at Dirksland the differences between the raingauges at 0 m and 1.50 m were smaller at first than over the whole period of observation. It appears that in both cases still other factors than differences in windvelocity come into play. Otherwise, the differences being plotted against windvelocity, the same connection would have been found for the earlier and later observations, which is actually not the case as is shown by fig. 9. In this figure are represented the results of the whole series up to 1943 included, as well as those of the shorter periods mentioned in the first and the third publication of the footnote in § 1.

The curve II lies above curve I for both stations, which apart from the uncertainty due to the restricted observation material, points to some spashing after longer use of the brush. The state of the brush at Bennebroek indeed lends support to this supposition, but not that of Dirksland. The uncertainty, however, betrayed by these differences between I and II, does not alter the conclusion that with the same windvelocity the wind-effect is much greater at Dirksland than at Bennebroek.

Influence of the size of the drops

15. The results of Bennebroek are represented in fig. 10, separately for the seasons. The curves for the separate seasons, like those of the whole year, may be drawn unconstrainedly through the origin. Those of winter and spring well-nigh coincide, and also those of summer and autumn. The first ones are notably steeper than the latter, for the greater part a consequence of the difference in the size of the drops. In the same sense, however, the neglect of the annual variation in the reduction of windvelocity, mentioned at the end of § 8, will operate. For instance, in winter the rainfall differences will be plotted against too low windvelocities, causing a greater steepness in the diagram.

DIFFERENCES BETWEEN THE STANDARD RAINGAUGE AND THE OTHER RAINGAUGES

Raingauges at 35 and 40 cm above the ground

16. Table 4, containing the differences between the standard gauge (I) and that at 35 and 40 cm above the ground (III), is made up in the same way as table 1, with the restriction that the quantities observed with the standard gauge, already inserted in table 1, have been left out.

The percentages smoothed with the formula $(a + 2b + c) : 4$, are as follows:

	Jan.	Febr.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Dirksland . .	9.6	10.4	11.7	12.4	9.7	6.8	6.5	7.0	7.4	7.0	7.6	8.9	8.8
Castricum . .	8.3	8.9	7.4	6.5	4.8	3.6	3.5	3.5	3.8	4.7	5.8	7.0	5.6
Leiduin . .	6.2	7.0	7.6	7.1	4.5	3.1	2.9	3.3	4.1	4.4	4.3	4.9	4.9
De Bilt . .	4.6	5.6	4.6	3.3	2.8	2.5	2.2	1.9	2.0	2.0	2.2	3.1	3.1

The percentages for the year, calculated as in § 10 directly from the total observation material, are:

	Dirksland	Castricum	Leiduin	De Bilt
Percentage	7.7	5.1	4.3	2.7

The ratios between the mean percentage of December—February and June—August are:

Dirksland	Castricum	Leiduin	De Bilt
1.42	2.19	1.90	2.02

Treeless Dirksland has the smallest ratio, as is also the case with the corresponding figures of § 10.

17. As is described in § 11 for the ordinary raingauge (II), also the differences I—III between the standard gauge (I) and that at 35 or 40 cm (III) were arranged according to the windvelocity at a height of 1.50 m. The results are given in table 5 and are represented graphically in fig. 11.

The experience obtained for Leiduin with the differences between the standard and the gauge at 1.50 m (§ 13) and the somewhat deviating situation of the observations in fig. 11, suggest the advisability of leaving Leiduin out of account for the present. Contrarily to fig. 8, the curves of fig. 11 for Dirksland, Castricum and De Bilt diverge only slightly. That of Dirksland, which runs much steeper than the other ones in fig. 8 nearly coincides with them in fig. 11.

EXPLANATION OF THE DIFFERENCES

Raingauges at 1.50 m

18. The differences in the slope of the curves in fig. 8 cannot be ascribed to errors in the measurement of the wind, not even with an intricate deduction as was applied for Bennebroek, as may be demonstrated as follows. A difference of 9 % is found between the raingauges I and II at Dirksland with a windspeed of 1.7 m.p.s., at Bennebroek with 7.5 m.p.s. In order to obtain a coincidence of the two curves one should be obliged to assume, that the factor of reduction of Bennebroek would be 4 times too large, an extremely improbable supposition. If one would look for an explanation in this direction, one would also meet with the difficulty, that Castricum likewise differs greatly from Dirksland, whereas in this case the reductions are fairly simple and do not leave space for important deviations.

Probably the explanation should be sought is an entirely other direction, viz. in the turbulence of the wind. At Dirksland it is blowing relatively undisturbed over the bare flat country, the friction past the ground being small and the air therefore turbulent to only a slight degree. The eddies, formed when the air strikes the sharp rim of the raingauge, are originating as a disturbance in an air mass relatively free from eddies and consequently have a considerable effect. At Bennebroek on the other hand the air between the trees of the site of observation is full of friction eddies and the addition of some new ones at the rim of the raingauge will change the condition of airmovement relatively much less, and therefore the disturbance will have a smaller effect. One has then to assume for Flushing, Castricum and De Bilt that also there the obstacles — at Flushing in the shape of buildings, at De Bilt and Castricum by trees — cause a much larger production of eddies than is the case at Dirksland.

At Leiduin the turbulence by estimate will be greater than at Castricum and smaller than at Bennebroek. Therefore, one would expect a slope smaller than at Castricum and greater than at Bennebroek. The disturbed character of the differences at Leiduin renders however a postponement of a conclusion advisable untill the cause of the disturbance is known.

The explanation of the mutual differences by turbulence is supported by the results obtained by KOSCHMIEDER, mentioned in § 13. As for Dirksland, it may be assumed for the air on the Schneekoppe that it is turbulent to a relatively small degree, containing few eddies. Consequently the disturbance caused by the raingauge will produce a relatively large effect. The observations of De Voorst, discussed in § 22, may be explained satisfactorily by means of differences in turbulence, and give also support to our view.

Raingauges at a height of 0.35 and 0.40 m

19. Fig. 11 presents an aspect entirely different from fig. 8. The differences with the standard gauge are, it is true, at all stations for 0.40

m smaller than for 1.50 m, and it is therefore to be expected that the curves come closer together. But the levelling goes much further, almost to coincidence. This means, in the line of thought of the preceding §, that at about 40 cm above the ground turbulence would be approximately the same, or at any rate that the mutual differences in comparison with those at 1.50 m of height are of little importance. Indeed, near the ground eddy formation may be expected to be so strong that differences in turbulence, which the air at greater height still possesses in connection with its origin, are obliterated.

The decrease of windvelocity when approaching the earth's surface may be estimated in connection with the available data to be such that the velocity at 40 cm is about $\frac{3}{4}$ of that at 1.50 m. The windeffect being assumed to be proportional to windvelocity, one therefore would find (see § 20) also $\frac{3}{4}$ for the ratio (I—III) : (I—II). This is indeed approximately the case for Castricum and De Bilt, the average for these two stations being 0.72. Here the turbulence therefore should be about the same at 40 cm and 1.50 m. At Dirksland it should increase strongly below 1.50 m. Leiduïn is provisionally left out of consideration.

DIFFERENCES BETWEEN THE RAINGAUGES AT 35 OR 40 CM AND 1.50 m, AT BORCULO, WINTERSWYK, DIRKSLAND, CASTRICUM, LEIDUÏN AND DE BILT

20. Table 6 contains for each month the total quantity of rain, observed during the whole period of observation of the raingauges at 35 or 40 cm (III) and 1.50 m (II), and the differences (III—II), also expressed in percentages of II.

The average percentages for the whole year are given below with between brackets the numbers obtained by calculating the percentage from the totals of the whole period of observation and not from the monthly percentages.

Mean differences III—II in % of II

Borculo	Winterswijk	Dirksland	Castricum	Leiduïn	De Bilt
3.3 (2.9)	1.2 (0.8)	11.0 (10.1)	1.7 (1.5)	5.3 (4.8)	1.7 (1.6)

A synopsis of the ratios between the differences I—III and I—II at Dirksland, Castricum, Leiduïn and De Bilt is added below.

Ratio (I—III) : (I—II)

	Jan.	Febr.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Dirksland . .	0.46	0.44	0.55	0.58	0.48	0.45	0.54	0.40	0.47	0.39	0.41	0.48	0.47
Castricum . .	0.83	0.83	0.93	0.99	0.73	0.77	0.73	0.67	0.64	0.84	0.77	0.82	0.80
Leiduïn . . .	0.45	0.51	0.41	0.58	0.24	0.49	0.32	0.49	0.56	0.54	0.48	0.53	0.47
De Bilt . . .	0.67	0.72	0.64	0.61	0.59	0.69	0.60	0.61	0.70	0.47	0.62	0.52	0.63

After the discussions in the preceding paragraphs these ratios do not bring in new aspects. The above-mentioned mean differences show a rather irregular course. An explanation of the fairly great difference between Borculo and Winterswyk cannot be given. Perhaps unknown microclimatological differences in the undermost airtayers play a part. The small difference found for Castricum is striking. Possibly it may be ascribed to the fact, that the observation ground lies a little below the surrounding dunes. At 9 m above the ground the sheltering influence of the surroundings on the anemometer is still apparent. The mean windvelocity, according to the observations made in 1941—1943, is 4.9 m.p.s., whereas on the strength of the windchart on p. 34 of *Mededeelingen en Verhandelingen* 46 one would expect for this region 6.5 m.p.s. above flat country without obstacles. So an important checking of windspeed has occurred already at a height of 9 m. Though rather low and bare, the surrounding dune landscape apparently brings about an appreciable disturbance in this dune valley. One might presume intermittent windgusts to stir the air to such an extent, that the difference between the windvelocity at 1.50 m and 0.40 m becomes subnormal. The average windvelocity at 1.50 m may then be lower than might be expected according to normal conditions in consequence of the calm intervals, whereas it might be about normal at 0.40 m. In this way the curve of Castricum would match well the other ones in fig. 12.

In that case the windvelocities deduced for 1.50 m by means of the normal reduction, are too high and the differences I—II are plotted against too high speeds. The curve of Castricum in fig. 8 would consequently acquire a too small slope. One would indeed expect a steeper curve, on account of the situation close to the sea.

The impression is made, that in the greater part of the country, at somewhat sheltered places, differences of microclimatological nature, of which little is known, may cause differences of a couple of percentages between the raingauges at 0.40 and 1.50 m. Where the wind blows directly from the sea and where there is no shelter as in Dirksland, lowering of the height of the raingauge to 0.40 m may yield an important improvement in comparison with the usual position at 1.50 m.

Particularly with snowfall the difference may attain noticeable amounts. In the snowy month of January 1945 the precipitation at Meddo, wither the station of Winterswijk was removed temporarily, amounted to 40.0 mm according to the raingauge at 1.50 m, and 50.4 mm according to that at 0.40 m. On January 8 and 9 the total precipitation measured with both raingauges was 12.8 and 18.2 mm respectively. The thickness of the snow layer was about 20 cm on the 9th, and it may be assumed that on the days in question only a small amount of snow has disappeared. So one gets the impression, fresh snow having approximately 10 times the thickness of the corresponding layer of water, that the use of the raingauge at 0.40 m means a considerable improvement with snowfall.

21. As an illustration the results may be mentioned here of the observations made at Castle House (see § 2). A number of 8 raingauges were used, placed at heights of 0, 5, 15, 30, 61, 91, 152 and 305 cm of height. The diameter of the rim was 200 mm (surface 314 cm²). The raingauge at 0 m was placed in a pit against splashing. The measured quantities, taken over the whole year, expressed in the quantity of the 0 m gauge, were as follows.

Height	0	5	15	30	61	91	152	305 cm
Quantity	1.000	0.999	0.969	0.954	0.947	0.940	0.923	0.909

When these numbers are represented graphically and a smooth curve is drawn through them, the ratio for 40 cm is found to be 4.8 % of the amount at 0 m or 5.2 % of that at 152 cm, an effect of 8.3 % being found for 152 cm, approximately the double of the value found for 150 cm at De Bilt.

The ratio of the effect (0 m — 40 cm) : (0 m — 152 cm) = 0.62, about the same as that at De Bilt for 40 and 150 cm.

OTHER RAINGAUGES

22. Table 7 contains the results of the following comparisons.

1°. Between the raingauge with NIPHER's screen at *Castricum*, described in § 5, and the standard gauge (I).

2°. Between the well-sheltered raingauge at *Leiduin*, mentioned in § 5 and § 6, and the standard gauge (I).

3°. Between the raingauge with wooden fence at *De Voorst* (V), described in § 5, and the ordinary raingauge (II).

4°. Between the standard raingauge at *de Voorst* on the one side and the ordinary raingauge with the wooden fence, and the one with the English turf wall (IV) on the other side.

5°. Between the raingauge with turf wall at *Kornwerderzand* (IV) on the one side, and the raingauge at 0.40 m (III) and that at 1.50 m with fence on the other.

1°. Considering the total amount of precipitation, measured during the period of observation, we find from table 1 that at *Castricum* the difference I—II (standard — 1.50 m) is 6.2 % of I. The difference I— NIPHER is according to table 7 4.9 % of I. It appears, therefore, that the application of the NIPHER screen is by no means sufficient. It does not even reduce the error to $\frac{1}{4}$ of the original amount.

2°. At *Leiduin* a total amount of 2240.7 mm was measured with the standard raingauge, and a 6.8 % smaller one with the sheltered gauge. For the raingauge at 0.40 m the difference with the standard is 4.1 % of the latter, for the gauge at 1.50 m 8.6 %. The strong sheltering reduces the deficit

to a little more than $\frac{1}{2}$, the lowering of the height to 0.40 m yields a reduction to less than $\frac{1}{2}$. It appears therefore that strong sheltering has a favourable effect in comparison with normal sheltering, the suppression of the wind-effect working apparently stronger in the good sense than the screening of the obstacles in the unfavourable direction.

3°. The total amount measured at *De Voorst* during the whole period of observation with the ordinary raingauge at 1.50 m of height is 1467.55 mm, which is 81.4 mm or 5.5 % less than that of the raingauge with the wooden fence. The actual precipitation being still higher (see 4°), the total amount of 5.5 % may be considered as a favourable effect of the fence.

4°. The difference between the standard raingauge and the ordinary one found at *De Voorst* is only a little smaller than at Dirksland, 12.6 % against 15.5 % when expressed in % of the quantity observed with the standard gauge. The ratio $12.6 : 15.5 = 0.81$ is a little smaller than that between the average windvelocity of both places, being $5.0 : 5.5 = 0.91$ according to fig. 5 of Meded. en Verh. 46.

The factor of reduction for the windvelocity at 6 m above level ground to the height of the raingauge at 1.50 m will be approximately the same at *De Voorst* and Dirksland, so that the ratio 0.91 may also be assumed for 1.50 m. With the same windvelocity one then finds at *De Voorst* a wind-effect

$\frac{0.81}{0.91} \times 100 = 89\%$ of that at Dirksland. For Flushing this

percentage according to fig. 8 is about 50. Therefore the relation between windeffect and windvelocity at *De Voorst* seems to differ only slightly from that at Dirksland, but appreciably from that at Flushing. Following up the discussion of § 18, the turbulence at *De Voorst* would therefore be only slightly stronger than at Dirksland and much weaker than at Flushing. *De Voorst* and Dirksland are both situated on level open ground, whereas the influence of the land is larger at *De Voorst* than at Dirksland. The results of *De Voorst* may therefore be considered as a corroboration of the explanation given in § 18.

The sheltering by the fence diminishes at *De Voorst* the difference with the standard gauge from 12.6 % to 9.3 %, a decrease of $\frac{1}{3}$. The English arrangement with turf wall yields a considerable improvement, reducing the difference with the standard raingauge at this very windy station to 2.7 %, being only a little more than $\frac{1}{5}$ of the difference between standard and ordinary raingauge.

5°. The differences with the raingauge with turf wall are at *Kornwerderzand* 5.1 % of the former for the unprotected raingauge at 0.40 m, 3.7 % for the raingauge at 1.50 m with wooden fence. They are relatively small here, the last-mentioned difference being nearly twice as large at *De Voorst*. Probably the relatively small windeffect at *Kornwerderzand* is the consequence of sheltering, though apparently this sheltering is only slight.

SUMMARY OF THE RESULTS

23. When reviewing the obtained results, one should bear in mind, that the situation at Dirksland and De Voorst is an unusual one, the rain-gauges being placed on purpose on an unsheltered windy spot, and the windeffect being for that reason larger than the normal one in those regions. It is moreover suspected that at Leiduin the difference between the standard gauge and the one at 1.50 m has turned out too large, though no special cause can be indicated. Castricum and Flushing may be considered as representatives of rainfall stations with normal situation in the windy coastregion with scanty treegrowth, whereas Bennebroek and De Bilt are instances of well-sheltered stations with a situation as may be met with elsewhere in the whole country. For the latter the error due to the wind-effect may therefore be put at about 4 %. It is suggested by the results of table 6, that at Borculo and Winterswyk an effect of about the same value of 4 % may be assumed.

At Flushing a too low effect has been observed. If the windeffect for 6—7 m.p.s. and higher velocities is adopted from the graph of fig. 8 by extrapolation, the percentage for the whole observation material is found to be 8.5 %, whereas it is only 6.5 % at Castricum in consequence of the situation in a depression of the ground. It follows from these figures that an error of 6 to 9 % should be reckoned with with a rather defective shelter in the coastregion. According to the observations at Dirksland, the error may increase to nearly 20 % with totally free exposure in the coastal region.

24. The purpose of this investigation was in the first place the determination of the error of the windeffect with rainfall observations, in order to be able to apply as far as necessary a correction to the daily, monthly, and annual rainfall data.

If one wishes to investigate this effect more in detail, it will be advisable to take readings of the raingauges several times a day and to erect on the observation ground besides anemometers also selfrecording raingauges, in order to obtain that the separate showers can be compared with the simultaneous windvelocities during short periods.

25. As may be concluded from the data of § 2, the raingauges in our country are placed relatively high above the ground, in comparison with those in neighbouring countries. Even in Germany where a considerable sheet of snow has to be allowed for, the raingauge has a smaller height than with us. The height is much lower in England and Belgium, where no large snowfall has to be accounted for but a windy climate as in the Netherlands.

As appears from the data of § 20, one may expect the difference between the raingauge at 1.50 m and that at 0.40 m to be at sheltered places 1 to 3 % of the total rainfall, increasing to above 5 %, when the situation is less

favourable. The comparisons with the NIPHER screen at Castricum do not possess sufficient conclusive force, bearing upon one case only, but still they give an indication, that about as much may be obtained by the simple device of the lower height as with this kind of shelter. Expressed in % of the standard gauge, the difference with the latter is 4.9 % both for the NIPHER screen and the raingauge at 0.40 m. A lowering of the height of the rim from 1.50 m to 0.40 m deserves earnest consideration. This is especially to be recommended for the windy coastal region, where the reduction of the height of the raingauge is also relatively most effective if the observations of Dirksland may be assumed to be representative for the stations with large windeffect.

The observations with the strongly sheltered raingauge at Leiduin, yielding a difference of 6.8 % with the standard gauge, give an indication that lowering of the height of the raingauge to 0.40 m has more effect than extra sheltering. Taking into account, that at Leiduin the differences of the ordinary raingauge with the standard is larger, viz. 8.6 %, one is guided to the conclusion that a little too much sheltering is better than too less.

With regard to the other sheltering devices it may be stated, that at Kornwerderzand the wooden fence seems to have a greater favourable effect than the lowering of the height of the raingauge to 0.40 m. At De Voorst the favourable effect of the fence is smaller in the long series of observation (under 3°) than in the short one (under 4°).

The unexpected difference between the results of Winterswyk and Borculo, the relatively small windeffect found at Kornwerderzand, and perhaps also the deviating effect at Leiduin, give rise to the conjecture that unknown microclimatological differences in the airmovement may cause differences of 1 % and more in the precipitation, measured with raingauges even when placed close to each other. No ideal observation grounds being available for our research, we had to be satisfied with the existing possibilities, and therefore incertainties as the above-mentioned ones have to be reckoned with.

An important improvement appears to be obtained with the English device of the turf wall. The use of a standard gauge of the described pattern would deserve recommendation for very windy and exposed places, if this kind of gauge were not fairly expensive and therefore not fit for general application. To which may be added, that the instrument wants regular supervision and repair and is not suitable for the measurement of precipitation in the solid state, because hail and snow are blown into the funnel. On the other hand in these cases the use of the raingauge with turf wall may be strongly recommended.

Practically speaking this device yields the same results as the standard gauge, its construction is not more difficult than that of the wooden fence, which has been in use up to the present time, and its observations are also usable with snowfall.

As final conclusion from these experiments it may be stated, that it is strongly recommended *to lower the height of the Dutch raingauges from 1.50 to 0.40 m.* Furthermore, it deserves earnest consideration *to surround at particularly windy places the raingauge at 0.40 m still with a turf wall of the English pattern.*

APPLICATION OF THE RESULTS

26. For all rainfall stations concerned corrections for the windeffect were estimated, based on the obtained results and the local conditions at the stations. Nearly for all the stations these estimations could be based on the personal experience concerning the exposure of the raingauges, gathered by the author a few years ago during his visits to the rainfall stations. As might be expected, these corrections are generally larger near the sea than in the interior, in connection with the differences of windvelocity. Still the amounts are distributed somewhat irregularly, the differences in the sheltering being large from station to station. In the calm region of South Limburg a large group of stations lies together, where the wind-effect is estimated at 3 %. The group with the highest amounts, being 9 %, is found in the bare coastal region between Den Helder and Camperduin. As a rule the situation has not remained the same during the whole series of observation. The highest amounts of the average corrections which are to be applied to a few long series of observations, are 10 %. The average correction calculated for all the stations is $5\frac{1}{2}\%$.

CORRECTED ANNUAL AMOUNTS

27. The corrections were applied to the annual rainfall amounts at the stations of which the observations reduced to the period of 1891—1930 are given in table 39 of Meded. en Verh. 34a, and which have been used for the rainfall maps of that paper.

The corresponding annual amounts, corrected for the windeffect are inserted in table 8, the stations being indicated by the same numbers used in table 38 of Meded. en Verh. 34a.

New rainfall map

28. The data of table 8 were used as a base for a new rainfall map of the mean annual amount of precipitation, fig. 12.¹⁾ In comparison with the annual map in Meded. en Verh. 34a, based on the uncorrected annual figures, the differences in the distribution over the country are not important. The general increase of the figures is clearly discernable.

¹⁾ The polder of the Wieringermeer and the Northeastpolder are also represented in fig. 12. It is better to leave these new reclamations out of consideration, as the figures on which the map is based bear upon the old conditions.