

MEDEDEELINGEN
EN
VERHANDELINGEN

46

Dr. C. Braak. Het klimaat van
Nederland
D (vervolg). Wind

Dr. C. Braak. The climate of the
Netherlands
D (continued). Wind

HET KLIMAAT VAN NEDERLAND
THE CLIMATE OF THE NETHERLANDS

INHOUD

	Bladz.
WIND	
INLEIDING	9
Waarnemingsstations, instrumenten en opstelling, herleiding tot standaardhoogte	9
Bewerking	12
GEMIDDELDE WINDSNELHEID	13
Waarnemingen op de hoofdstations Den Helder, Groningen, De Bilt, Vlissingen en Maastricht	13
Waarnemingen op de kuststations Rottumeroog, Vlieland, IJmuiden en Hoek van Holland	17
Waarnemingen te Amsterdam en Rotterdam	17
Waarnemingen op de lichtschepen	18
Waarnemingen te Schiphol en Waalhaven	18
Waarnemingen van Lopikerwaard, Prinsenmolen en Over- waard	19
Waarnemingen te Den Oever, Barendrecht en Urk	21
Waarnemingen te Gees, Eefde, Wageningen, Oudewetering en Dirksland	22
Uitkomsten	28
VERSCHILLEN IN DE VERANDERING DER WINDSNELHEID BIJ VER- SCHILLENDE WINDRICHTINGEN	32
INVLOED VAN DEN WIND OP BOOMEN	34
Overzicht	34
Richting van het windeffect. Verklaring	36
FREQUENTIES VAN WINDSNELHEDEN	38
VERBAND TUSSCHEN DE GEMIDDELDE WINDSNELHEID EN DE STERKSTE WINDSTOOTEN	42
GROOTE WINDSNELHEDEN	43
TIJDVAKKEN MET ZWAKKEN WIND	48
DAGELIJSCH GANG VAN DE WINDSNELHEID	56
Bijzondere gevallen	59
WINDRICHTING	62
Frequenties van windrichtingen	62
Resulteerende windrichting.	71

SECULAIRE VERANDERING IN DE WINDRICHTING	71
ANEMOMETER-ONDERZOEK	73
Robinson-anemometer te De Bilt	73
Andere windmeters	76

CONTENTS

	Page
WIND	
INTRODUCTION	77
Stations, instruments, reduction to standard height	77
Working out of the observations	79
AVERAGE WINDVELOCITY	80
Observations at the principal stations of Den Helder, Groningen, De Bilt, Flushing and Maastricht	80
Observations at the coaststations of Rottumeroog, Vlieland, Ymuiden and Hook of Holland	82
Observations at Amsterdam and Rotterdam	82
Observations on the lightships	83
Observations at Schiphol and Waalhaven	83
Observations at Lopikerwaard, Prinsenmolen and Overwaard .	84
Observations at Den Oever, Barendrecht and Urk	86
Observations at Gees, Eefde, Wageningen, Oudewetering and Dirksland	87
Results	91
DIFFERENCES IN THE CHANGE OF WINDVELOCITY FOR VARIOUS WINDDIRECTIONS	93
INFLUENCE OF THE WIND ON TREES	94
Summary	94
Direction of the windeffect. Explanation	95
FREQUENCIES OF WINDVELOCITIES	97
CONNECTION BETWEEN AVERAGE WINDVELOCITY AND STRONGEST WINDGUSTS	98
HIGH WINDVELOCITIES	98
PERIODS WITH LIGHT WINDS	100

	Page
DIURNAL VARIATION OF WINDVELOCITY	101
Special cases	102
WINDDIRECTION	104
Frequencies of winddirection.	104
Resultant winddirection	104
SECULAR VARIATION OF WINDDIRECTION	105
EXAMINATION OF THE ANEMOMETERS	106
Robinson-anemeter at De Bilt	106
Other anemometers	109

WIND

INLEIDING

1. Het doel dezer verhandeling is in de eerste plaats het geven van een overzicht van de windsnelheid in ons land, die, tengevolge van de nabijheid der zee, zeer belangrijke verschillen vertoont, niettegenstaande de vlakke bodemgesteldheid. Zij neemt tamelijk sterk, maar toch min of meer geleidelijk, af in de richting van de zee naar het binnenland. Daarenboven treden plaatselijke verschillen op onder den invloed van bodemverheffingen, waaronder zijn te vermelden de duinen langs de westkust, de zacht glooiende heuvels in het midden en oosten van het land en vooral het steilere heuvel-land van Zuidlimburg.

Bij het samenstellen van Meded. en Verh. 32 was het materiaal nog te gering voor het verkrijgen van een eenigermate in bijzonderheden afdalend overzicht. Sindsdien zijn op de bestaande stations de waarnemingen voortgezet en verder kan nu gebruik worden gemaakt van gegevens, die voor andere doeleinden waren verzameld, terwijl daarenboven op eenige plaatsen tijdelijk speciale windstations voor dit onderzoek zijn opgericht.

Aangezien het verkrijgen van betrouwbare gegevens van een voldoende aantal windstations tijd kost, is intusschen door mij getracht het tamelijk wijdmazige net der bestaande stations aan te vullen met waarnemingen van anderen aard, zoodat de verdeeling in het tusschengelegen gebied niet geheel op gissingen behoefde te berusten. Hiervoor zijn gebruikt de door mij verzamelde aantekeningen omtrent het eenzijdig uitgroeien en het scheefwaaien van boomen, tengevolge van de overheerschende sterke westelijke winden (zie § 18).

WAARNEMINGSSTATIONS, INSTRUMENTEN EN OPSTELLING, HERLEIDING TOT STANDAARDHOOGTE

2. Voor de in Meded. en Verh. 32 vermelde waarnemingen op de hoofdstations en de windstations van den Rijkswaterstaat langs de kust is de bewerking voortgezet tot het einde van 1939. Daaraan is toegevoegd een bewerking van waarnemingen, die op de vliegvelden van Schiphol

en Waalhaven zijn verricht. De windstations van tijdelijk karakter, waaronder een aantal, die speciaal voor ons windonderzoek zijn opgericht, waren alle toegerust met ROBINSON-anemometers, voorzien van 4 halve bollen. Onder de andere windmeters zijn ook drukanemometers van het type anemobiagraaf, DINES en STEFFENS-HEDDE. De eerstgenoemde hebben het voordeel, dat bij goede behandeling niet behoeft te worden gevreesd voor veranderingen in de correcties. De drukanomometers dienen geregeld te worden nagezien en opnieuw geijkt om te voorkomen, dat door veranderingen in het drijfvermogen van den drijver storende afwijkingen in de gevoeligheid optreden. Zij hebben het voordeel, dat ze behalve de gemiddelde windsnelheid ook de windstooten aangeven, maar geven ook bij de beste behandeling minder zekere uitkomsten dan de molentjes.

Bij de laatstgenoemde is er rekening mee gehouden, dat tengevolge van de traagheid van de molentjes een ijking in den constanten luchtstroom van den windtunnel andere uitkomsten kan geven dan een vergelijking in den onregelmatigen natuurlijke wind. Daarom zijn, voor zoover daartoe de gelegenheid bestond, de anemometers in de eerste plaats geijkt door vergelijkende waarnemingen op den toren van het Instituut. Deze laatste ijkingen zijn bij voorkeur gebruikt voor de aflezing der diagrammen.

De instelling en ijking van de drukanemometers vond plaats door vergelijking met een watermanometer, waarbij voor het verband tusschen de windsnelheid in m.p.s. en den waterdruk in mm de cijfers zijn aangenomen, die in de noot op pag. 30 van Meded. en Verh. 32 zijn vermeld. Bij de contrôle van de windmeters is er steeds naar gestreefd, het gewicht van den drijver zoo te regelen, dat de correcties over de geheele schaal kunnen worden verwaarloosd.

Te De Bilt is behalve de ROBINSON-anemometer ook een DINES-instrument in gebruik. Deze windmeters worden geregeld met elkaar vergeleken en het blijkt, dat nu en dan onverwachte afwijkingen voorkomen, maar naar weerskanten, en gemiddeld wijzen de 2 instrumenten vrijwel gelijk. Er behoeft derhalve weinig vrees te bestaan, dat elders tusschen de 2 systemen van windmeters systematische afwijkingen van beteekenis zullen optreden.

Alle waarnemingen zijn ten slotte herleid tot de standaardhoogte van 6 m boven vlak terrein zonder hindernissen. Hiervoor zijn de gegevens gebruikt van de tabel op pag. 29 van Meded. en Verh. 32. Waar het om-

liggende terrein geheel vlak is en geen of weinig obstakels biedt, kan de windmeter laag opgesteld worden, zooals bijv. te Dirksland het geval is. Met den bijkomstigen invloed der hindernissen kan dan rekening worden gehouden door den windmeter iets hooger op te stellen dan de standaard-hoogte van 6 m en er is geen reductie noodig.

Is daarentegen een windmeter in een beschutte omgeving laag opgesteld, dan zullen de waarnemingen een beperkte geldigheid hebben; men zal hoogstens door reductie de windsnelheid op verschillende hoogte op het beschutte terrein er uit kunnen afleiden, maar de waarnemingen zullen te veel het kenmerk dragen van de locale storingen om er met eenige zekerheid de windsnelheid uit af te leiden, die op ongestoorde plaatsen in de betreffende landstreek zal voorkomen. Daarvoor is het noodig, dat de windmeter zoo hoog wordt opgesteld, dat hij althans voor het grootste gedeelte aan den lokalen invloed der onmiddellijke omgeving is onttrokken. De reductiecoëfficiënt wordt daardoor weliswaar grooter, maar kan toch met meer zekerheid worden bepaald en hij kan voor alle windrichtingen als gelijk worden aangenomen.

De windmeter dient derhalve zoo hoog te worden opgesteld, dat hij voldoende boven de grilligste storingen uitsteekt. De reductie biedt dan in een vlak land als het onze geen overwegende bezwaren. Het feit, dat de gereduceerde windsnelheden een goed bij elkaar passend geheel blijken te vormen, geeft vertrouwen in de toegepaste werkwijze. Er kan nog worden opgemerkt, dat de reducties gelden voor de gemiddelde windsnelheid over den geheelen dag berekend, voor het overige heeft men rekening te houden met de verschillen in den dagelijkschen gang.

Regionale verschillen, die een gevolg zijn van den verschillenden aard van het aardoppervlak over een aanmerkelijke uitgestrektheid, zullen na de beschreven reductie blijven bestaan. Niet alleen zal het verschil tusschen land en zee een invloed op de windsnelheid uitoefenen, maar een met bosch bedekte streek zal een geringere windsnelheid bezitten dan kaal polderland, ook op plaatsen, die aan de onmiddellijke beschutting van het bosch zijn onttrokken.

Bijzondere gevallen doen zich voor bij het windstation te Den Helder en bij andere windmeters langs de Noordzeekust, die nabij zee op de duinen zijn opgesteld. Te Den Helder ligt het windstation aan het Marsdiep, dat als trekgat werkt, waardoor de windsnelheid waarschijnlijk vergroot wordt. Dit is echter een storing van zoo grooten omvang, dat het moeilijk en ook niet wenschelijk is, haar door reductie weg te werken. Bij de hoog

op den duinrand opgestelde windmeters langs de kust is een stuwings-effect te verwachten, dat vooral boven de laatste duinenrij een contractie der stroomlijnen tengevolge zal hebben, waardoor de windsnelheid zal worden verhoogd. Dit is een algemeen verschijnsel langs de geheele kust en de toegepaste reductie houdt er geen of slechts in geringe mate rekening mede.

Verdere bijzonderheden over de windmeters worden in het volgende

hoofdstuk vermeld. Een kaartje, waarop de ligging der windstations is aangegeven, is hier opgenomen.

BEWERKING

3. Behalve voor de waarnemingen der hoofdstations, de kuststations van den Rijks-waterstaat en die der lichtschepen, zijn de waarnemingsreeksen betrekkelijk kort. Daarenboven zijn er vrij veel hiaten in de gebruikte gegevens, die voor het grootste gedeelte ontstaan zijn, doordat alle dagen, waarop vermoed kon worden, dat de windmeter niet goed gewerkt had, in de be-

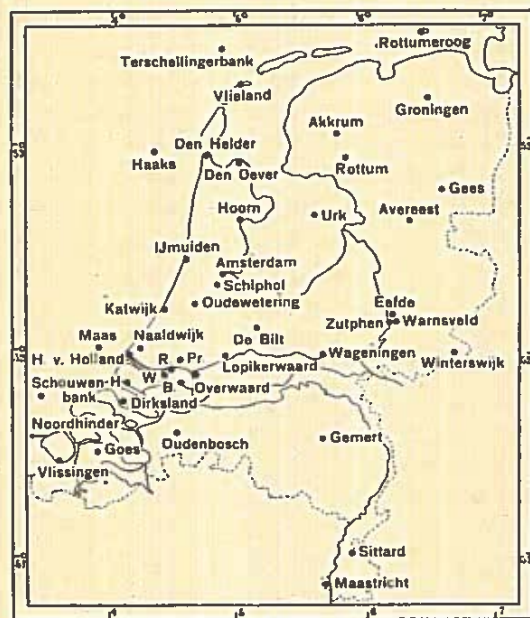


Fig. 1

Ligging der stations Position of the stations

R = Rotterdam Pr. = Prinsmolen W = Waalhaven
B = Barendrecht H = Hellevoetsluis

werking zijn geschrapt. De aangewezen weg was dientengevolge de maandgemiddelden, zoowel die uit volledige als uit onvolledige waarnemingen, te vergelijken met de voor dezelfde dagen berekende gemiddelden van het hiervoor meest geschikte hoofdstation en met behulp der zoo verkregen quotiënten de uitkomsten tot vergelijkbare reeksen te herleiden.

GEMIDDELDE WINDSNELHEID

WAARNEMINGEN OP DE HOOFDSTATIONS DEN HELDER, GRONINGEN, DE BILT, VLISSINGEN EN MAASTRICHT

4. Aan de waarnemingsreeksen, die in Meded. en Verh. 32 zijn vermeld en die tot 1927 loopen, zijn de waarnemingen tot het einde van 1939 toegevoegd. In de waarnemingen van 1928—1939 zijn geen hiaten van beteekenis voorgekomen. In het eerste gedeelte van tabel 1 zijn de gemiddelde windsnelheden opgenomen zonder reductie.

Gedurende het tijdvak, waarvan de waarnemingen zijn gebruikt, staat te Den Helder de windmeter op een vrijstaanden toren onmiddellijk achter den zeedijk op een vlak terrein, dat enkele meters beneden den dijk ligt. Te Groningen is de windmeter opgesteld op een torentje, dat op het gebouw van het Natuurkundig Laboratorium is geplaatst. Te De Bilt staat de windmeter op den hoogen vrijstaanden observatietoren op het Instituutsgebouw, dat door hoog geboomte is omringd. Sedert November 1929 staat het meteorologische station te Vlissingen op opgehoogd, vrijwel onbebouwd terrein, ten zuiden van de nieuwe sluizen; het oude station stond ongeveer op dezelfde plaats, maar lager achter den dijk. De windmeter staat nu op den vrij lagen observatietoren. Te Maastricht is een observatietoren opgericht op het gebouw van de Gemeentelijke Hoogere Burgerschool.

De ligging van de meteorologische hoofdstations ten opzichte van de omgeving vindt men in teekening gebracht in fig. 2a—c.

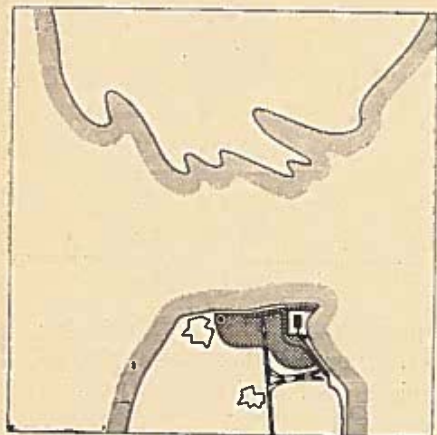


Fig. 2a Den Helder

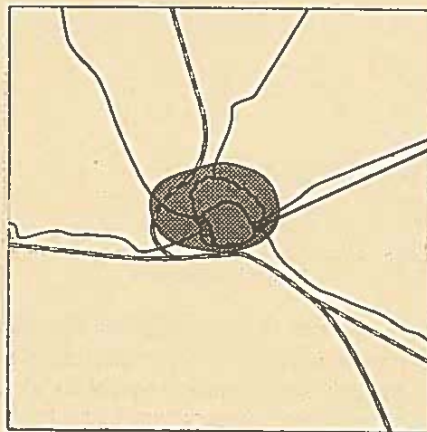


Fig. 2b Groningen

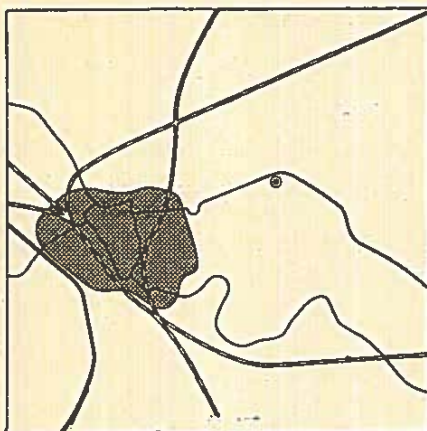


Fig. 2c De Bilt (bij Utrecht)

reeksen afzonderlijk opgenomen, omdat de opstelling van October tot November 1929 is veranderd.

De waarnemingstijdvakken en de hoogten der anemometers boven den grond worden hieronder vermeld. De effectieve hoogten zijn de hoogten boven het in Meded. en Verh. 32 op pag. 28 vermelde basisvlak. Voor de reductie is de tabel gebruikt, die aldaar op pag. 29 is opgenomen.

De overgang van October tot November 1929 te Vlissingen is gecontroleerd door vergelijkende waarnemingen gedurende 2½ maand. Voor Vlissingen zijn in tabel I twee ongereduceerde

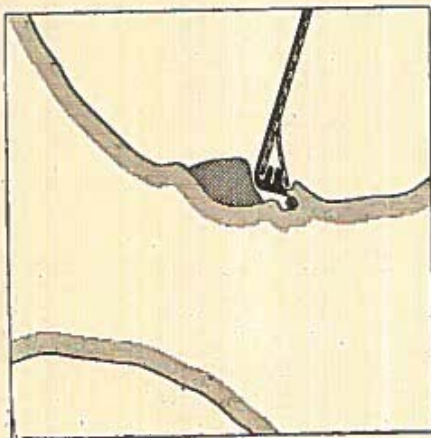


Fig. 2d Vlissingen

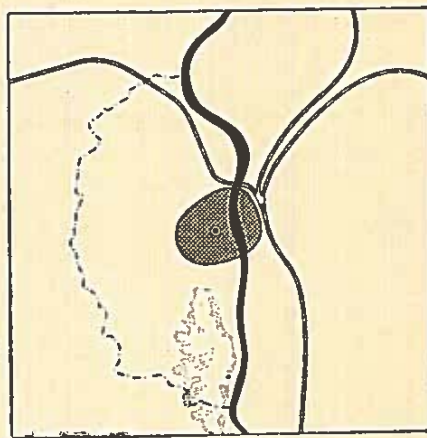


Fig. 2e Maastricht

In het tweede gedeelte der tabel zijn gereduceerde gemiddelden opgenomen, waarbij een reductie is toegepast tot de periode 1902—1930¹⁾ en tot een hoogte van 6 m boven vlak terrein zonder hindernissen. Voor de

¹⁾ Reductie tot de standaardperiode 1901—1930 was niet mogelijk, omdat voor De Bilt 1901 ontbreekt en de beschikbare gegevens der andere stations eerst later beginnen.

	Den Helder	Groningen	De Bilt	Vissingen	Maastricht
Waarnemings- tijdvak . . .	Juni 1922— 1939	Mrt. 1906— 1939	1899—1900 1902—1939	1915—Oct. '29 Nov. 1929—'39	1905—Juni '16 Sept. 1926—'39
Hoogte boven den grond in m	14	31	37 tot 1916, 37.5 van 1917 af	13 tot Oct. '29, 13.4 van Nov. 1929 af	32
Effectieve hoogte in m	6	11	20	6 tot Oct. '29, 13.4 van Nov. 1929 af	12

laatste reductie zijn de effectieve hoogten gebruikt, die hierboven zijn aangegeven. Bij de reductie tot het tijdvak 1902—1930 is van de maandgemiddelden uitgegaan en is ter aanvulling der onvolledige reeksen in hoofdzaak van De Bilt gebruik gemaakt. Voor zoover waarnemingen der overige stations beschikbaar waren, is behalve van De Bilt gebruik gemaakt van de 2 naastbij zijnde stations, waarbij aan De Bilt het dubbele gewicht is toegekend.

TABEL 1

Gemiddelde windsnelheid in meters per seconde

Mean windvelocity in metres per second

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
Ongereduceerd <i>Unreduced</i>													
Den Helder	7.3	7.1	6.2	6.7	6.1	6.1	6.2	5.9	6.3	7.3	6.9	7.1	6.6
Groningen	5.7	5.4	5.1	5.0	4.5	4.4	4.3	4.1	4.2	4.8	5.1	5.4	4.8
De Bilt	5.7	5.5	5.3	5.2	4.5	4.3	4.2	4.1	4.1	4.7	5.1	5.4	4.8
Vlissingen	6.8	6.0	5.5	5.4	5.0	5.1	5.3	5.7	5.5	5.9	6.0	6.6	5.7
"	7.1	6.5	5.7	5.9	5.1	5.3	6.0	5.3	5.6	7.0	6.8	6.8	6.1
Maastricht	3.6	3.5	3.2	3.3	2.8	2.9	2.8	2.7	2.5	2.8	3.2	3.4	3.0
Gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein en het tijdvak 1902—1930 <i>Reduced to 6 m above level ground and the period 1902—1930</i>													
Den Helder	7.5	7.0	6.7	6.8	6.2	6.2	6.0	6.2	6.2	6.8	7.0	7.5	6.7
Groningen	5.4	5.1	4.9	4.7	4.2	4.2	3.9	4.0	4.0	4.4	4.8	5.1	4.6
De Bilt	4.8	4.6	4.5	4.3	3.8	3.6	3.5	3.5	3.5	3.8	4.3	4.7	4.1
Vlissingen	6.6	6.1	5.7	5.5	5.0	5.1	5.3	5.6	5.4	5.9	5.9	6.5	5.7
Maastricht	3.3	3.2	3.0	3.0	2.6	2.6	2.5	2.5	2.3	2.5	2.9	3.2	2.8

TABEL I (Vervolg)

(Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
Gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein, 1926—1939 <i>Reduced to 6 m above level ground, 1926—1939</i>													
Rottumeroog	7.3	7.4	6.4	6.7	6.3	6.3	6.2	5.8	6.2	7.6	7.4	7.6	6.7
Vlieland	7.7	7.4	6.6	7.0	6.4	6.4	6.5	6.2	6.5	7.8	7.7	7.8	7.0
IJmuiden	7.3	6.9	6.1	6.5	6.0	6.1	6.2	5.9	6.2	7.4	7.0	6.9	6.5
Hoek van Holland .	6.9	6.4	5.8	6.1	5.6	5.6	5.9	5.6	5.7	6.9	6.7	6.6	6.1
Gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein, Amsterdam 1902—1930, Rotterdam 1927—1941 <i>Reduced to 6 m above level ground, Amsterdam 1902—1930, Rotterdam 1927—1941</i>													
Amsterdam	5.5	5.5	5.4	5.3	4.8	4.9	4.7	4.8	4.3	4.7	4.9	5.5	5.0
Rotterdam	5.3	5.1	4.6	5.1	4.5	4.6	4.6	4.2	4.0	5.0	5.0	5.0	4.8

Windmeters

5. Te Groningen, De Bilt en Vlissingen zijn ROBINSON-molentjes, te Den Helder en Maastricht DINES-anemometers in gebruik.

Gegevens omtrent de windmeters vindt men in de vroegere reeds meermalen genoemde publicatie. Van De Bilt, dat in vele gevallen als vergelijkingsstation heeft gediend en waar de meeste ROBINSON-anemometers door vergelijking met den anemometer op den toren zijn geijkt, mogen hier de volgende bijzonderheden worden vermeld.

De ROBINSON-windmeter is oorspronkelijk geijkt met een RECKNAGEL-ZSCHAU-anemometer, waarvan de constanten aan de Deutsche Seewarte zijn bepaald. De windsnelheid wordt berekend met de formule

$$v = c_0 + c \frac{25n - 2\pi l}{3600}$$

waarin n het aantal contacten per uur voorstelt, l den afstand van de middelpunten der schalen tot de omwentelingsas (0,177 m)¹⁾ en de constanten c_0 en c respectievelijk 0,43 en 2,73 zijn. De middellijn van de bollen bedraagt 8 cm.

¹⁾ De ijking dateert van 1903 en 1904. Latere vergelijkingen met een handanemometer van FUESS gaven geen aanleiding om de constanten te wijzigen. Bij het tegenwoordig gebruikte molentje is de afstand van de middelpunten der schalen iets kleiner, namelijk 0,1725 m. De aansluiting van de formule met een in 1939 uitgevoerde ijking in den wind-tunnel is echter bevredigend en nog iets beter wanneer de oude waarde voor l wordt gebruikt dan met de nieuwe.

De windmeter is in 1939 door Ir. A. HAVINGA te Delft in een windtunnel geijkt. Tot 13 m.p.s. komen de uitkomsten goed overeen met de formule, daarboven beginnen de afwijkingen 2 % te overschrijden, in dien zin, dat de formule grotere snelheden geeft dan windtunnelijking (zie ook § 29).

WAARNEMINGEN OP DE KUSTSTATIONS ROTTUMEROOG, VLIELAND, IJMUIDEN EN HOEK VAN HOLLAND

6. Op de eerstgenoemde 3 stations zijn anemobiografen van NEGRETTI en ZAMBRA in gebruik, te Hoek van Holland wordt gebruik gemaakt van een drukplaat. De hoogte boven zee van de windmeters bedraagt respectievelijk 12,5, 13, 25 en 21 m, de aangenomen effectieve hoogten 9, 9, 12,5 en 11 m. Vóór 1931 was de hoogte boven zee te Rottumeroog 20 m, de effectieve hoogte 17 m, te Vlieland waren vóór 28 Mei 1931 de overeenkomstige hoogten 11 en 9 m, te IJmuiden vóór 26 November 1937 26 en 12,5 m.

De uitkomsten worden geregeld bewerkt en aan den Rijkswaterstaat toegezonden. Men vindt ze afgedrukt in het door den Algemeenen Dienst van den Rijkswaterstaat uitgegeven „Jaarboek der Waterhoogten”. Deze in BEAUFORT-schaal uitgedrukte cijfers zijn voor de jaren 1926—1939 gemiddeld en daarna omgezet in meters per secunde. Doordat de BEAUFORT-cijfers niet in lineair verband staan met de snelheden in m.p.s., maakt men bij de omzetting der gemiddelden een fout, die voor Den Helder is bepaald en een correctie van + 0,38 m.p.s. meebrengt. Alle gemiddelden zijn daarom met 0,38 vermeerderd. Men vindt dan de getallen van tabel 1, die tot standaardhoogte gereduceerde snelheden voorstellen.

WAARNEMINGEN TE AMSTERDAM EN ROTTERDAM

7. Van de windwaarnemingen, die op de Filiaalinstellingen te Amsterdam en Rotterdam zijn verricht, zijn alleen die gebruikt, welke zijn verkregen met de ROBINSON-molentjes van het model van den tegenwoordigen anemometer te De Bilt. Deze nieuwe reeks begint te Amsterdam in December 1935, te Rotterdam in Mei 1924. Omdat vóór Maart 1927 te Rotterdam de diagrammen op een andere wijze zijn uitgetrokken dan de latere, in verband met de invoering van nieuwe equivalenten in m.p.s. van de BEAUFORT-schaal, zijn van Rotterdam alleen de gegevens van Maart 1927 af gebruikt.

Te *Amsterdam* is de windmeter opgesteld op een hoog gebouw aan den zuid-oever van het Y. Ten N. is derhalve vrij breed water en ten W. en ten Z. is de naaste omgeving tamelijk vrij van obstakels. De windmeter staat op 30 m boven den beganen grond. Het basisvlak is aangenomen op 5 m hoogte, er is derhalve een reductie toegepast van 25 op 6 m.

Er is gebruik gemaakt van de beschikbare 12 tweeuurlijksche aflezingen per dag en er is een correctie aangebracht voor het verschil, dat er blijkt te bestaan tusschen de gebruikte aflezingen der diagrammen en de uitkomsten, die men verkrijgt, wanneer de windsnelheid wordt berekend uit het aantal contacten door de toepassing van de windformule, die te De Bilt wordt gebruikt. Wegens den korten duur der waarnemingsreeks is het wenschelijk geoordeeld de reeks door middel van de waarnemingen van De Bilt te reduceeren tot het tijdvak 1902—1930.

Te *Rotterdam* staat de windmeter op 29 m boven den beganen grond op het hoge Poortgebouw op den zuidelijken Maas-oever. Ten Z. is een kanaal en ten W. staan vrij lage gebouwen. Overigens ligt het windstation midden in de stad. Er is een reductie toegepast van 14 op 6 m.

Ook hier zijn de 2-uurlijksche aflezingen der anemogrammen gebruikt en is een correctie toegepast voor het verschil van de aflezingen en de snelheden, die men verkrijgt bij de toepassing van de windformule van De Bilt.

De uitkomsten staan in het onderste gedeelte van tabel 1.

WAARNEMINGEN OP DE LICHTSCHEPEN

8. Wat de waarnemingen op de Nederlandsche lichtschepen betreft, moge worden verwezen naar Meded. en Verh. 32 (pag. 31 en 32) en naar de opmerkingen in § 25 met tabel 17 en in § 26 en 27.

WAARNEMINGEN TE SCHIPHOL EN WAALHAVEN

9. De windwaarnemingen, die geruimen tijd op de vliegvelden te Schiphol en Waalhaven zijn verricht, zijn sedert 1937 aan het Instituut toegezonden. Het aflezen der diagrammen is met November 1938 begonnen, omdat van dien tijd af betere gegevens beschikbaar zijn omtrent de nauwkeurigheid der instrumenten dan te voren. De gebruikte instrumenten zijn anemobiografen, die, evenals de windmeters van § 6, minstens éénmaal per jaar worden nagezien en geijkt met een watermanometer.

Te *Schiphol* was de windmeter op het stationsgebouw opgesteld op 16 m boven den grond en stak ongeveer 3 m boven het bovenste gedeelte van het gebouw uit. Met de belemmeringen, die de luchtbeweging van de naburige gebouwen ondervindt, is rekening gehouden door het aannemen van een effectieve hoogte van 10 m en derhalve een reductie van 10 op 6 m.

Te *Waalhaven* stond de windmeter op ongeveer 12 m boven den grond aan den rand van een 3 m lager gelegen plat dak. Er is een reductie toegepast van 8 op 6 m.

In tabel 2 is voor iedere maand de verhouding opgenomen tusschen de tot 6 m hoogte gereduceerde windsnelheden van het betreffende station en De Bilt. Bij de berekening der gemiddelden zijn aan de maandcijfers gewichten toegekend evenredig met het aantal waarnemingsdagen.

WAARNEMINGEN VAN LOPIKERWAARD, PRINSENMOLEN EN OVERWAARD

10. Op een 3-tal plaatsen zijn door Ir. A. HAVINGA, werkzaam aan het Laboratorium voor Aero- en Hydrodynamica te Delft, gedurende een beperkten tijd windwaarnemingen verricht, die ten doel hadden de capaciteit van windmolens te onderzoeken. Deze zijn in overleg met het Meteorologisch Instituut geregeld met de waarnemingen van De Bilt vergeleken. Ook wat de ijking en opstelling van de instrumenten betreft, vond een nauwe samenwerking plaats. De uitkomsten zijn door Ir. HAVINGA welwillend ter beschikking van het Instituut gesteld.

In tabel 2 zijn de uitkomsten opgenomen, namelijk de verhoudingen van de gereduceerde gemiddelde snelheid tot die van De Bilt.

Lopikerwaard

Dit is slechts een korte reeks van 1½ dag, verkregen bij westelijken tot noordwestelijken wind en lichtbewolkte lucht. De windmeter stond 6,40 m boven het open veld op een paal, die zich 50 m ten N. van den molen bevond. De molen staat op een kale vlakte, op ongeveer gelijke afstanden van Schoonhoven, Polsbroek en Cabauw. De effectieve hoogte kan op 6 m worden gesteld, zoodat de waarnemingen geen reductie behoeven. Het waarnemingsstation ligt iets dichtër bij de Noordzee dan De Bilt, men zou derhalve een iets grootere windsnelheid verwachten. Echter is voor zulk een korte reeks niet te verwachten, dat de vergelijking tusschen stations, die 25 km uiteen liggen, nauwkeurige uitkomsten geeft.

Prinsenmolen

De waarnemingen zijn verricht nabij den Prinsenmolen van het hoogheemraadschap Schieland, ten ZO. van Hillegersberg, met een kleinen windmeter FUESS No. 7011, die door het Instituut ter beschikking is gesteld. De windmeter is geijkt zoowel door Ir. HAVINGA in den windtunnel als te De Bilt op den observatietoren door vergelijking met den windmeter van het Instituut. De twee ijkingen komen onderling goed overeen, eerst boven 10 m.p.s. geeft de ijking in den natuurlijke wind merkbaar grootere snelheden en gaan de afwijkingen 3 % te boven.

De windmeter was 24 meter boven den grond opgesteld op een smalle strook grond tusschen de Bergsche plassen en het polderdijkje. De omgeving is niet geheel vrij van obstakels. Wel aan de NW.- en W.zijde, waar de plassen liggen, maar aan den ONO.kant kan de Prinsenmolen eenige beschutting geven. Ten ZO. ligt het dijkje, dat eenige stuwing kan veroorzaken, aan dien kant is het terrein minder open en staan enkele huizen. Er is een reductie aangenomen van 20 op 6 m.

Opvallend is de kleine verhouding voor Januari 1937, die een gevolg is van de abnormale luchtdrukverdeling. De waarnemingen dezer maand zijn slechts met het halve gewicht in rekening gebracht, overigens is aan de maandelijksche quotiënten een gewicht toegekend, evenredig aan het aantal waarnemingsdagen.

Overwaard

De waarnemingen zijn verricht in het waterschap De Overwaard bij Kinderdijk. De windmeter was op 20 m boven den grond opgesteld op een vrije open vlakte, die in den zomer met riet is begroeid en in den winter kaal is. Op vrij grooten afstand staat een enkele boom en nog verder bevinden zich verspreid staande molens, op 200 à 300 m afstand ten NW. eenig griendbosch. Als het riet is uitgegroeid, kan de effectieve hoogte op 17 m, zonder riet op 18 à 19 m worden geschat. Voor Mei-November 1938 is een reductie van 17 op 6 m en voor de overige waarnemingen een van $18\frac{1}{2}$ op 6 m toegepast.

De waarnemingen van Maart-Mei 1937 zijn nog verricht met FUESS 7011 (zie Prinsenmolen). Daarna is een licht molentje, RICHARD 2054, gebruikt met halve bollen van aluminium, met het doel de traagheid zeer gering te maken, zoodat het verschil in aanwijzing in den windtunnel en in den natuurlijke wind zoo klein mogelijk wordt. Nadat het instrument

reeds eenigen tijd in gebruik was geweest, vond Ir. HAVINGA, dat in verband met den geringen afstand van de bollen van dezen kleinen windmeter tot de rechthoekige doos, die het overbrengingsmechanisme bevat, de geregistreerde windsnelheid afhankelijk was van de windrichting. De ijking in den windtunnel was bij een vasten stand van de doos verricht. Later is door speciaal uitgevoerde ijkingen in den windtunnel de correctie bij verschillende standen bepaald. Deze bedraagt + 5 à 6 %. Door Ir. HAVINGA zijn voor Maart tot October 1938 de correcties berekend, op grond van de frequentie der voorgekomen windrichtingen. Voor November en December 1937 en Februari en November 1938 is door mij een correctie van + 5.5 % aangebracht. Van December 1938 af is de RICHARD-windmeter gebruikt met een cilindrische doos, zoodat geen correcties noodig waren. De windmeter is ook te De Bilt in den natuurlijken wind geijkt.

WAARNEMINGEN TE DEN OEVER, BARENDRECHT EN URK

II. Enkele reeksen van waarnemingen ten behoeve van andere diensten verricht, waarbij het Instituut zijn medewerking verleende, worden hieronder besproken.

Den Oever

Te Den Oever, aan de oostpunt van het vroegere eiland Wieringen, is in 1929 door den Dienst der Zuiderzeewerken een windmeter van het systeem STEFFENS-HEDDE opgesteld. Het instrument is in Juni 1929 geijkt. De diagrammen van 1930 zijn te De Bilt afgelezen. Slechts de waarnemingen van Januari-April zijn hier gebruikt, omdat in de latere maanden de windmeter merkbaar te laag is gaan aanwijzen. De windmeter stond ongeveer 17 m boven den grond en 7 m boven den nok van het gebouw, waarop het was geplaatst. De effectieve hoogte is aangenomen op 13 m; er is derhalve een reductie toegepast van 13 op 6 m. De Wieringermeerpolder was in 1930 reeds droog.

De uitkomsten (tabel 2) zijn vergeleken met Den Helder, waarvan de waarnemingen zonder reductie zijn gebruikt.

Barendrecht

Door den Dienst van den Rijkswaterstaat zijn van Mei 1936 af gedurende eenigen tijd windwaarnemingen verricht op een der hooge torens van de hefbrug over de Oude Maas bij Barendrecht. De windmeter was

van hetzelfde model als te Den Oever is gebruikt, hij stond 3 m boven het open ijzerwerk van den toren, op ongeveer 50 m boven den grond. Er is op de waarnemingen een reductie van 50 op 6 m toegepast.

Op 6 Mei 1936 is het instrument geijkt en ingesteld. Alleen de waarnemingen der eerste 2 maanden zijn gebruikt, omdat de windmeter na Juni te hoog is gaan aanwijzen. Zij zijn met Vlissingen vergeleken. De uitkomst is niet heel zeker, wegens het groote hoogteverschil, waarvoor hier gereduceerd moest worden.

Urk

De STEFFENS-HEDDE-winddrukmeter van Barendrecht is later door den Dienst der Zuiderzeewerken te Urk opgesteld op het eerste gedeelte van den zuidelijken dijk van den toekomstigen Noordoostpolder. Urk was toen nog een eiland en kan als zoodanig worden beschouwd gedurende het tijdvak, waarvan de waarnemingen zijn gebruikt. De windmeter staat 8 m boven de kruin van den dijk op een klein gebouwtje, waarvan de voet op gelijke hoogte is met den dijk en daar aan de binnen (noord-) zijde direct tegen aansluit. De dijkkruin is 4.65 m boven N.A.P. Het windstation ligt ten ZO. van het dorp op zoodanigen afstand, dat weinig invloed ervan is te verwachten.

In tabel 2 zijn geen verhoudingen van dit windstation opgenomen, omdat de uitkomsten te onzeker zijn.

WAARNEMINGEN TE GEES, EEFDE, WAGENINGEN, OUDEWETERING EN DIRKSLAND

12. De in deze § vermelde waarnemingen zijn verricht speciaal voor het in deze verhandeling gestelde doel. In vele gevallen is het aantal waarnemingsdagen onvolledig. Dit komt, doordat alleen de dagen zijn gebruikt, waarop over het geheele etmaal betrouwbare waarnemingen beschikbaar waren, om den storenden invloed van den dagelijkschen gang uit te sluiten. Het kwam nogal eens voor, dat gedurende eenige uren de opteekening onzeker was.

Gees

Dank zij de medewerking van het Staatsboschbeheer kon in het begin van April 1937 een windmeter van het Instituut in werking worden gesteld op een brandtoren in de staatsbosschen bij Gees in Drenthe. Bij het uit-

zoeken van de waarnemingsplaats verleende Ir. J. L. W. BLOKHUIS, houtvester in de houtvesterij „Emmen” zijn zeer gewaardeerde hulp. De waarnemingen zijn verricht onder toezicht van den boschwachter A. L. VAN DIXHOORN te Zweeloo. De windmeter is een kleine „Kontakt-Anemometer” FUESS 23733; de brandtoren is van open hoekijzer. Het bovenste platform van den toren is 12 m boven den grond. Op 1 m daarboven is een balustrade. Tusschen balustrade en platform is wijdmazig gaas. De windmeter staat 2 m boven de balustrade. De omgeving bestaat uit jong bosch, dat in 1937 ongeveer 6 m hoog was. De windmeter staat dus op 15 m boven den grond en ongeveer 9 m boven de boomtoppen. Als effectieve hoogte is 9 m aangenomen, omdat het bosch tamelijk uitgestrekt is. Een reductie is toegepast van 9 op 6 m.

Voor de uitwerking der diagrammen is de bij het instrument geleverde ijking gebruikt. De windmeter is na het beëindigen der waarnemingen, in den toestand waarin hij was aangekomen, te De Bilt in den natuurlijke wind op den toren van het Instituut vergeleken. Deze vergelijking gaf grootere snelheden dan de ijking, die door den leverancier was verstrekt. Toen het instrument was gesmeerd en nagezien en een paar der halve bollen, die eenigermate waren losgewerkt, beter waren bevestigd, waren de aanwijzingen lager dan die der genoemde ijking. In verband met de onzekerheid, welke der beide vergelijkingen op de waarnemingen van Gees van toepassing was, is de tusschenliggende bij het instrument geleverde ijking zonder wijziging toegepast.

In tabel 2 zijn de verhoudingen opgenomen van de gereduceerde gemiddelde snelheden te Gees ten opzichte van de overeenkomstige gereduceerde gemiddelden van het vergelijkingsstation Groningen. De gemiddelden voor het jaar en de geheele reeks zijn berekend door aan de maandcijfers gewichten toe te kennen, evenredig met het aantal waarnemingsdagen.

De gemiddelde verhouding voor de afzonderlijke jaren is respectievelijk 1.02, 0.96, 0.97, 0.94 en 0.89 ten opzichte van Groningen en ten opzichte van De Bilt 1.17, 1.10, 1.10, 1.12 en 1.10. Zij vertoonen, vooral die ten opzichte van het voornaamste vergelijkingsstation Groningen, een zekere tendens om af te nemen. Een inspectie van het station in October 1941 leerde, dat het omringende bosch 2 tot 3 m hooger was geworden. Hierdoor zou de reductiefactor in den loop van tijd ongeveer $3\frac{1}{2}\%$ kleiner zijn geworden. Neemt men dit in aanmerking, dat valt een groot gedeelte van de afneming der verhouding weg. Er is rekening mee gehouden door

alle verhoudingen met 2 % te vermeerderen, welke verbetering in tabel 2 in de gemiddelden der geheele reeks is aangebracht.

Eefde.

Door den Dienst der Twenthekanalen van den Rijkswaterstaat is een ROBINSON-windmeter RICHARD 7689 van groot model (afstand tusschen de middelpunten der halve bollen 536 mm) opgesteld op den nok van het dak van het maalgebouw van het sluiscomplex te Eefde (nabij Zutphen). Deze windmeter is in 1937 tijdelijk ter beschikking van het Instituut gesteld. De waarnemingen worden verricht door het sluispersoneel. In de registrering der waarnemingen is eenige wijziging aangebracht, maar de opstelling van den molen is dezelfde gebleven. In December 1938 is op de draaiingsas een kogellager aangebracht.

De hoogte van den windmeter boven het wegdek is 12.6 m, boven het water van het kanaal is de hoogte natuurlijk grooter, maar boven het omliggende terrein geringer, wanneer men rekening houdt met de hindernissen. Ook is de stuwung tegen het maalgebouw in aanmerking te nemen. Voor de reductie is een effectieve hoogte van 12 m aangenomen.

In Mei 1937 is de windmeter op den toren te De Bilt met den windmeter van het Instituut geijkt.

De uitkomsten zijn op dezelfde wijze als die van Gees in tabel 2 verzameld. De gemiddelde verhoudingen voor de afzonderlijke jaren loopen slechts weinig uiteen.

Wageningen

De anemometer FUESS 7011, die bij den Prinsenmolen heeft dienst gedaan (zie § 10) en in October 1937 te Delft in den windtunnel is geijkt, is in November 1937 naar Wageningen gezonden, waar hij door de goede zorgen van Prof. Dr. J. A. PRINS op het Laboratorium voor Natuur- en Weerkunde is opgesteld. De nok van het dak is 17 m hoog en de windmeter steekt daar nog 4 m boven uit. Aan den weg ten zuiden van het laboratorium staan hoge boomen, ook ten NO. Ook in andere richtingen wordt de luchtbeweging door huizen en boomen belemmerd. De toestand is iets vrijer dan te De Bilt, waar het basisvlak is aangenomen op 17 m hoogte. Voor Wageningen is 15 m aangenomen, hetgeen een effectieve hoogte van 6 m geeft, zoodat geen reductie noodig is. In Augustus 1938 is het instrument door bliksem beschadigd en is een nieuw kogellager aangebracht.

In 1941 bleek de verhouding tot De Bilt aanmerkelijk grooter te zijn

dan te voren en vooral grooter dan in het begin der waarnemingsreeks. De windmeter is daarom in Juli en Augustus 1941 te De Bilt met den anemometer op den toren vergeleken. De nieuwe ijking geeft meer dan 10 % lagere waarden dan de vroegere. Waardoor de windmeter op den duur hogere snelheden is gaan aanwijzen, is niet bekend. De nieuwe ijking is op de waarnemingen van 1941 toegepast. Waarschijnlijk is de nieuwe ijking niet van toepassing op de vroegere waarnemingen, maar de betrekkelijk groote verhoudingen, die in 1939 en 1940 voorkomen, doen vermoeden, dat zij, althans de latere, aan den hoogen kant zijn. In verband met deze onzekerheid is de geheele waarnemingsreeks van Augustus 1939 tot het einde van 1940 ongebruikt gelaten.

Na de ijking in Juli en Augustus 1941 bleek de windmeter belangrijk te lage aflezingen te geven. Daarom is hij na afloop der waarnemingen in Januari 1942 opnieuw te De Bilt met den anemometer van het Instituut vergeleken en is deze nieuwe ijking gebruikt voor de waarnemingen van Augustus-December 1941.

Men vindt dan voor de gemiddelde verhouding tot De Bilt in de afzonderlijke jaren respectievelijk 0.95, 0.90, 0.93 en 0.96.

Oudewetering

Op den ouden toren van het „Observatorium” van Rijnland, waar vroeger uitgebreide meteorologische waarnemingen zijn verricht, is in April 1939 een windmeter van groot model, RICHARD 82274, opgesteld, nadat dank zij de medewerking van Ir. P. DE GRUYTER daartoe toestemming was verleend door Dijkgraaf en Hoogheemraden van Rijnland. De waarnemingen worden verricht door den Heer P. DE JEU, waarnemer aan Rijnlands observatorium en regenwaarnemer van het Instituut.

De windmeter is op den toren te De Bilt geijkt door vergelijking met den windmeter van het Instituut, in Januari, Februari en Maart 1939. De hoogte van den massieven toren is, het schuine dak meegerekend, 14 m. De windmeter steekt nog 1.15 m boven de punt van het dak uit. Ten westen ligt een dijk, waarvan men den invloed, tezamen met de bebouwing aan de andere zijden, op 5 m kan stellen. Er is aangenomen, dat de belemmering door den toren wordt gecompenseerd door de contractie der stroomlijnen boven het dak en voor de effectieve hoogte is 10 m aangenomen.

Door verbouwing van den observatietoren zijn in April-Juli 1941 de waarnemingen onderbroken. De nieuwe toren is vierkant en boven vlak; de windmeter staat aan den westrand van het platte dak en steekt er 3 m

boven uit. Hij staat 14.75 m boven het maaiveld. De hoogte bij de oude opstelling bedroeg 15.15 m; dezelfde reductie van vroeger is toegepast; nl. van 10 op 6 m. Van December 1939—April 1940 zijn de waarnemingen niet gebruikt, omdat het registreerinstrument nu en dan dubbele contacten heeft gemaakt, waarvoor geen betrouwbare correctie bleek te kunnen worden aangebracht.

De verhoudingen tot De Bilt zijn in de afzonderlijke jaren respectievelijk 1.24, 1.31 en 1.30.

TABEL 2

Verhouding van de gereduceerde gemiddelde windsnelheid tot die der vergelijkingsstations

Ratio between the reduced mean windvelocity and that at the stations of comparison

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Gem. Mean
Schiphol : De Bilt													
1938	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.06	1.07	—
1939	1.07	1.10	1.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1940	—	—	1.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gemiddeld .	1.07	1.10	1.12	—	—	—	—	—	—	—	1.06	1.07	1.09
Waalhaven : De Bilt													
1938	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.12	—	1.10
1939	—	—	—	1.07	1.06	1.13	1.08	1.12	—	—	—	—	
Lopikerwaard : De Bilt													
1931	—	—	—	—	0.97	—	—	—	—	—	—	—	0.97
Prinsenmolen : De Bilt													
1936	—	—	—	1.08	1.16	—	—	—	—	—	—	—	1.11
1937	1.02	1.12	1.14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Overwaard : De Bilt													
1937	—	—	—	1.11	—	—	—	—	—	—	1.03	0.97	1.07
1938	—	0.96	1.06	1.00	1.10	1.11	1.10	1.09	1.05	1.09	1.14	1.07	1.07
1939	1.09	1.08	—	1.14	1.10	—	—	—	—	—	—	—	1.10
Gemiddeld .	1.09	1.06	1.06	1.08	1.10	1.11	1.10	1.09	1.05	1.09	1.09	1.05	1.09
Den Oever : Den Helder													
1930	0.95	0.79	0.77	0.85	—	—	—	—	—	—	—	—	0.84
Barendrecht : Vlissingen													
1936	—	—	—	—	0.92	0.95	—	—	—	—	—	—	0.94

TABEL 2 (Vervolg)

(Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Gen. Mean
Gees : Groningen													
1937	—	—	—	0.99	1.06	1.02	1.04	1.08	1.05	1.01	0.96	—	1.02
1938	—	—	0.94	0.97	1.03	0.92	0.97	0.95	0.99	0.95	0.92	0.94	0.96
1939	0.99	0.96	0.95	0.90	0.99	1.03	0.97	0.99	1.02	0.94	0.92	0.96	0.97
1940	0.88	0.90	0.93	0.91	0.91	0.99	0.94	0.95	0.97	0.98	0.92	0.97	0.94
1941	—	—	—	—	—	0.94	0.89	0.87	—	—	—	—	0.89
Gemiddeld . .	0.94	0.93	0.94	0.94	0.99	0.99	0.98	0.98	1.01	0.97	0.93	0.95	0.97
Gecorrigeerd .	0.96	0.95	0.96	0.96	1.01	1.01	1.00	1.00	1.03	0.99	0.95	0.97	0.99
Eefde : De Bilt													
1937	—	—	—	—	—	—	—	0.96	—	—	—	—	0.96
1938	0.98	0.96	1.06	0.98	0.98	0.97	0.97	1.01	0.98	0.90	0.97	1.10	0.98
1939	0.90	1.01	0.95	0.99	0.96	—	—	—	—	0.94	0.87	1.12	0.97
1940	0.94	0.93	1.02	0.91	—	—	0.92	1.09	—	0.90	0.92	0.98	0.95
1941	—	0.92	1.01	1.00	1.00	0.99	0.87	0.89	0.85	0.89	0.87	0.97	0.93
Gemiddeld . .	0.94	0.95	1.02	0.97	0.98	0.98	0.91	0.97	0.88	0.90	0.90	1.02	0.96
Wageningen : De Bilt													
1937	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.95	0.95
1938	0.98	0.95	0.99	0.99	0.97	0.81	0.82	0.91	0.85	0.79	0.84	0.91	0.90
1939	0.97	0.79	0.73	1.02	1.05	0.95	0.98	—	—	—	—	—	0.93
1940	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1941	0.92	0.94	1.00	0.95	0.94	0.98	—	0.94	0.99	0.92	0.92	1.04	0.96
Gemiddeld . .	0.96	0.89	0.90	0.99	0.98	0.93	0.93	0.93	0.93	0.86	0.89	0.97	0.93
Oude wetering : De Bilt													
1939	—	—	—	1.28	1.22	1.20	1.31	1.25	1.14	1.27	1.26	—	1.24
1940	—	—	—	—	1.30	1.23	1.30	—	1.40	1.34	1.24	1.41	1.31
1941	1.39	1.20	1.29	—	—	—	—	1.31	1.23	1.40	1.21	1.34	1.30
Gemiddeld . .	1.39	1.20	1.29	1.28	1.26	1.22	1.30	1.28	1.26	1.34	1.24	1.38	1.28
Dirksland : De Bilt													
1940	—	—	—	—	1.38	1.37	1.33	1.51	1.50	1.33	1.40	1.42	1.41
1941	1.38	1.35	1.20	1.37	1.45	1.35	1.29	1.42	1.27	1.51	1.15	1.33	1.34
Gemiddeld . .	1.38	1.35	1.20	1.37	1.42	1.36	1.31	1.46	1.38	1.42	1.28	1.38	1.36
Dirksland : Vlissingen													
1940	—	—	—	—	—	0.97	0.74	0.78	0.84	0.92	0.94	—	0.86
Vergelijkingsstation De Bilt Comparison station De Bilt													
Den Helder . .	1.56	1.52	1.48	1.57	1.65	1.71	1.73	1.76	1.79	1.79	1.64	1.59	1.64
Groningen . .	1.13	1.10	1.10	1.09	1.13	1.14	1.12	1.12	1.15	1.15	1.12	1.09	1.12
Vlissingen . .	1.39	1.34	1.27	1.27	1.32	1.39	1.51	1.58	1.55	1.55	1.37	1.39	1.41
Maastricht . .	0.68	0.69	0.67	0.69	0.68	0.71	0.72	0.71	0.66	0.66	0.68	0.68	0.69

Dirksland

In Mei 1940 is een ROBINSON-anemometer van groot model, RICHARD 59004, opgesteld nabij het dieselgemaal van den polder Dirksland, dat zich in den afgeknotten ouden watermolen bevindt op ongeveer 1 km afstand ten oosten van het dorp Dirksland. Het omliggende land is vlak en boomloos. Naar het westen en noorden ontbreekt alle beschutting. Aan de oost- en zuidoostzijde is eenige beschutting van den 10 m hoogen molen met lage bijgebouwen ten ZO., op een afstand van ongeveer 30 m, en het huis van den machinist ten oosten, op iets grooteren afstand. Met deze obstakels is rekening gehouden door den windmeter op 7 m boven den beganen grond te plaatsen op een dunnen ijzeren paal. Er is aangenomen, dat zijn aanwijzingen overeenkomen met een geheel onbeschutten windmeter op de normale hoogte van 6 m. De windmeter is van 10—29 April 1940 te De Bilt in den natuurlijken wind op den toren van het Instituut met den daar gebruikten ROBINSON-anemometer vergeleken.

Met bereidwillige toestemming van het polderbestuur worden de waarnemingen verricht door den Heer M. ZOON, machinist van het dieselgemaal.

Als vergelijkingsstations zijn De Bilt en Vlissingen gekozen. De waarnemingen van Vlissingen zijn slechts gebruikt tot en met November 1940, omdat de latere waarnemingen van dit station een gestoord karakter dragen.

De verhoudingsgetallen met De Bilt bedragen in 1940 en 1941 respectievelijk 1.41 en 1.34, terwijl voor Vlissingen alleen de verhouding 0.86 voor 1940 beschikbaar is.

UITKOMSTEN

14. *Verhoudingen.* Zooals reeds is opgemerkt, zijn de gemiddelde verhoudingen voor de geheele reeks en het jaar, die in tabel 2 voorkomen, berekend door aan de afzonderlijke maandcijfers gewichten toe te kennen, evenredig met het aantal waarnemingsdagen. In het onderste deel der tabel zijn ook de verhoudingen (voor de geheele reeks) opgenomen van Den Helder, Groningen, Vlissingen en Maastricht ten opzichte van De Bilt.

Tabel 3 is uit tabel 2 ontstaan door een vereffening met behulp van de formule $(a + 2b + c) : 4$. Bij de onvolledige reeksen zijn de uiterste maandgemiddelden berekend door een maand voor het begin en na het einde te extrapolereen door middel van het verloop der verhoudingen van andere stations met overeenkomstige ligging.

Er is slechts een geringe jaarlijksche gang in de quotiënten te bespeuren, behalve in die van Den Helder en Vlissingen (tabel 2). Deze beide vlak bij zee gelegen stations onderscheiden zich hierin van alle andere. Zij

TABEL 3

Vereffende verhoudingen $(a + 2b + c) : 4$ *Smoothed ratios $(a + 2b + c) : 4$*

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Schiphol	1.08	1.10	1.12	—	—	—	—	—	—	—	1.07	1.07
Waalhaven	—	—	—	1.06	1.08	1.10	1.10	1.11	—	—	1.12	—
Lopikerwaard	—	—	—	—	0.97	—	—	—	—	—	—	—
Prinsenmolen	1.04	1.10	1.12	1.12	1.14	—	—	—	—	—	—	—
Overwaard	1.07	1.07	1.06	1.08	1.10	1.10	1.10	1.08	1.07	1.08	1.08	1.07
Den Oever	0.91	0.82	0.80	0.83	—	—	—	—	—	—	—	—
Barendrecht	—	—	—	—	0.93	0.94	—	—	—	—	—	—
Gees (gecorr.)	0.96	0.96	0.96	0.97	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	0.99	0.96	0.96
Eefde	0.96	0.96	0.99	0.98	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90	0.93	0.97
Wageningen	0.94	0.91	0.92	0.96	0.97	0.94	0.93	0.93	0.91	0.88	0.90	0.95
Oudewetering	1.34	1.27	1.26	1.28	1.26	1.25	1.28	1.28	1.28	1.30	1.30	1.35
Dirksland	1.37	1.32	1.28	1.34	1.39	1.36	1.36	1.40	1.41	1.38	1.34	1.36

hebben blijkbaar in den warmen tijd van het jaar relatief belangrijk meer wind en een kleineren jaarlijkschen gang der windsnelheid. In Meded. en Verh. 32 is ter verklaring hiervan de grootere wrijving genoemd tengevolge van het vol in blad staan der loofboomen in dien tijd van het jaar, welke invloed zich in geringere mate in de minder beboschte kuststreken doet gevoelen dan verder het land in. Aangezien een gedeelte der stations met grooten jaarlijkschen gang (vergelijkbaar met De Bilt) in boomarme streken is gelegen, is de genoemde factor blijkbaar niet alleen werkzaam. Waarschijnlijk werkt ook het remmende effect van de grootere warmteconvectie op het vasteland mede om de windsnelheid der landstations in den zomer te verminderen, terwijl dit effect op de beide aan de kust gelegen stations Den Helder en Vlissingen slechts in geringe mate tot uiting komt.

Gemiddelde snelheid

15. De cijfers van tabel 4 zijn verkregen door de vereffende verhoudingen van tabel 3 te vermenigvuldigen met de tot 6 m boven vlak terrein en het tijdvak 1902—1930 gereduceerde snelheden der vergelijkingsstations.

TABEL 4

Gemiddelde windsnelheid in m.p.s., gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein en het tijdvak 1902—1930

Mean windvelocity in m.p.s., reduced to 6 m above level ground and the period 1902—1930

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
Schiphol	5.2	5.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	4.6	5.0	—
Waalhaven	—	—	—	4.6	4.1	4.0	3.8	3.9	—	—	4.8	—	—
Lopikerwaard	—	—	—	—	3.6	—	—	—	—	—	—	—	—
Prinsenmolen	5.0	5.0	5.0	4.8	4.3	—	—	—	—	—	—	—	—
Overwaard	5.1	4.9	4.8	4.7	4.1	4.0	3.8	3.8	3.7	4.1	4.6	5.0	4.4
Den Oever	6.8	5.7	5.3	5.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Barendrecht	—	—	—	—	4.6	4.8	—	—	—	—	—	—	—
Gees	5.2	4.9	4.7	4.6	4.2	4.2	3.9	4.0	4.0	4.3	4.6	4.9	4.5
Eefde	4.6	4.4	4.4	4.2	3.7	3.5	3.3	3.3	3.2	3.4	4.0	4.6	3.9
Wageningen	4.5	4.2	4.1	4.2	3.6	3.4	3.2	3.3	3.2	3.3	3.8	4.5	3.8
Oudewetering	6.4	5.8	5.7	5.5	4.7	4.6	4.5	4.5	4.4	4.9	5.6	6.3	5.2
Dirksland	6.6	6.0	5.8	5.8	5.2	5.0	4.8	4.9	4.9	5.2	5.7	6.4	5.5

Het feit, dat voor de meeste windstations met korte waarnemingsperiode De Bilt als vergelijkingsstation is gebruikt, maakt het wenschelijk om de reeks van De Bilt op haar homogeniteit te onderzoeken. Het is namelijk mogelijk, dat door het hooger worden van het geboomte op het Instituutsterrein de wind in den loop der jaren daar de gevolgen van is gaan ondervinden, zoodat voor den reductiefactor in den beginne een iets grootere waarde zou gelden dan tegenwoordig. Het station, dat het minst aan verandering is onderhevig geweest, is waarschijnlijk Groningen, hoewel ook hier een geringe vermindering van den reductiefactor tengevolge van de uitbreiding der stad niet uitgesloten moet worden geacht.

Van de beschikbare waarnemingen van De Bilt en Groningen zijn 5-jaargemiddelden van de (ongereducerde) windsnelheid berekend. Voor de verhouding De Bilt : Groningen worden de volgende waarden gevonden.

1906— 1910	1911— 1915	1916— 1920	1921— 1925	1926— 1930	1931— 1935	1936— 1940	Ge- middeld
De Bilt : Groningen							
0.98	1.01	0.99	0.97	1.01	1.02	0.99	0.994

Van een voortgaande verandering is in deze getallen geen aanwijzing te vinden.

Windkaartjes

16. In fig. 3, 4 en 5 zijn de tot 6 m boven vlak terrein gereduceerde gemiddelde windsnelheden voorgesteld voor December—Februari ¹⁾, Juni—Augustus ¹⁾ en het jaar. De lijnen zijn getrokken voor het geval, dat de Wieringermeerpolder reeds droog, maar de Noordoostpolder nog water was. Het verloop over en rondom het IJsselmeer is geschat in verband met de gegevens omtrent het windeffect op boomen (zie fig. 6). Er is geen rekening gehouden met locale verheffingen van het terrein. Over het algemeen zijn die van geringe beteekenis. De voornaamste uitzondering vormt het heuvelland van Zuidlimburg. Op de hogere deelen waait het daar zeker harder dan door de waarnemingen van het in het beschutte Maas-dal gelegen Maastricht wordt aangegeven.

De over het uiterste zuidoosten van het land geteekende lijnen hebben daarom weinig waarde en zijn om die reden gestippeld.

De hoogtereductie van Amsterdam is wegens het groote hoogteverschil, waarvoor zij is toegepast, eenigszins onzeker. De uitkomsten van dit windstation bepalen voor een groot deel het verloop der lijnen over Noordholland, dat bevredigend het betrekkelijk winderig karakter van deze provincie

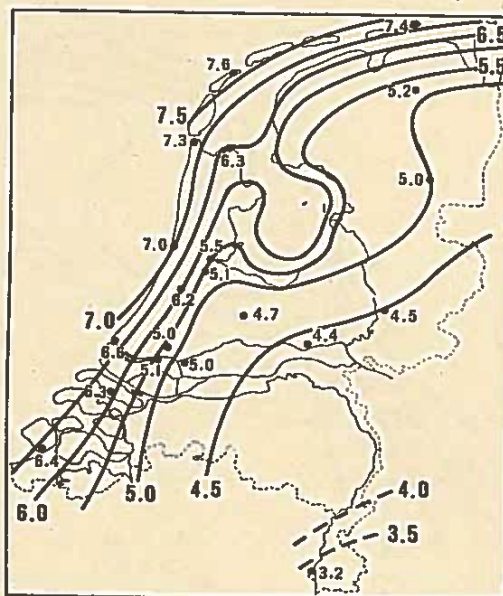


Fig. 3

Gemiddelde windsnelheid in m.p.s. December—Februari
Mean windvelocity in m.p.s. December—February

¹⁾ Prinsendam en Den Oever Januari—Februari, Barendrecht Juni.

ten noorden van het Noordzeekanaal aangeeft, waardoor een aanwijzing wordt verkregen, dat de Amsterdamsche cijfers betrouwbaar kunnen worden geacht.

VERSCHILLEN IN DE VERANDERING DER WINDSNELHEID BIJ VERSCHILLENDE WINDRICHTINGEN

17. In Meded. en Verh. 32 zijn de plaatselijke verschillen vermeld, die zich voordoen bij westen- en oostenwind. Voor de afneming van de

windsnelheid met toenemenden afstand tot de kust is toen een grooter bedrag gevonden bij westenwind dan bij oostenwind. Aangezien het materiaal toen zeer schaarsch en gedeeltelijk gebrekkig was (Beaufort-schattingen), is het onderzoek herhaald met de nu beschikbare meer volledige gegevens. Alle anemometerstations zijn er in betrokken en de bewerking omvat het tijdvak van November 1938—Mei 1941. De scheiding is uitgevoerd niet alleen voor oosten- en westenwind, maar ook voor noorden- en zuidenwind. Als dagen met noordenwind zijn die beschouwd, waarop de 24-uurwaar-

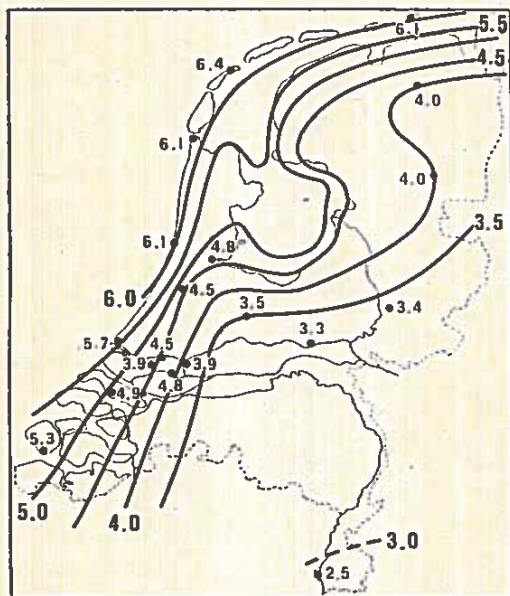


Fig. 4

Gemiddelde windsnelheid in m.p.s. Juni—Augustus
Mean windvelocity in m.p.s. June—August

nemingen van Den Helder, Groningen, De Bilt en Vlissingen op hoogstens enkele uitzonderingen na windrichtingen tusschen NW. en NO. hebben opgeleverd, voor oostenwind zijn als grenzen NO. en ZO. genomen, enz. Omdat voor vele stations de waarnemingen vaak onvolledig zijn, is niet met de absolute waarden van de windsnelheid gewerkt, maar met ver-

houdingen; alle snelheden zijn gedeeld door het gemiddelde van de snelheden van Den Helder, Groningen, De Bilt en Vlissingen. De gemiddelde verhoudingen, die zoo zijn verkregen, zijn ten slotte gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein. Het aantal der gebruikte dagen bedraagt op de stations met volledige waarnemingsreeksen voor noord 62, oost 55, zuid 93 en voor west 52.

De gemiddelde verhoudingen van de afzonderlijke stations (na reductie) ten opzichte van het gemiddelde der genoemde 4 hoofdstations vindt men in tabel 5.

TABEL 5

Windsnelheid. Gemiddelde gereduceerde verhoudingen*Windvelocity. Mean reduced ratios*

	Noord N	Oost E	Zuid S	West W
Den Helder	1.45	1.33	1.26	1.28
Vlieland	1.19	1.37	1.22	1.23
Rottumeroog	1.16	1.29	1.04	1.30
Groningen	0.79	0.92	0.81	0.87
IJmuiden	1.14	1.25	1.05	1.26
Oudewetering	0.96	1.05	0.93	1.03
Urk	1.18	1.48	1.24	1.26
Gees	0.82	0.84	0.71	0.86
De Bilt	0.77	0.72	0.80	0.73
Wageningen	0.76	0.75	0.70	0.75
Eefde	0.70	0.81	0.66	0.82
Dirksland	1.10	0.95	1.05	1.11
Vlissingen	1.01	1.05	1.16	1.12
Maastricht	0.58	0.45	0.47	0.59

Indien de voorloopige uitkomsten van Meded. en Verh. 32 juist waren, namelijk dat de oostenwinden minder snel van oost naar west toenemen dan de westenwinden, zouden voor de stations in het westen van het land de verhoudingen onder „west” en voor het oosten die onder „oost” betrekkelijk groot moeten zijn. Dit is echter niet het geval. In het algemeen is bij alle windrichtingen de windsnelheid op de dichterbij zee gelegen plaatsen grooter dan elders, en de gevonden verschillen in de verhoudingen laten zich beter verklaren door zuiver plaatselijke invloeden in de onmiddellijke omgeving dan uit een invloed van de windrichting op de regionale verschillen in de windsnelheid in verband met den afstand tot de zee.

Een sprekend voorbeeld is Eefde. De verhoudingen voor N en S zijn

kleiner dan voor E en W, uit welke richtingen winden waaien in de lengterichting van het kanaal, waarboven de windmeter is opgesteld. Te Dirksland hebben de noorden- en westenwinden de grootste verhoudingsgetallen;

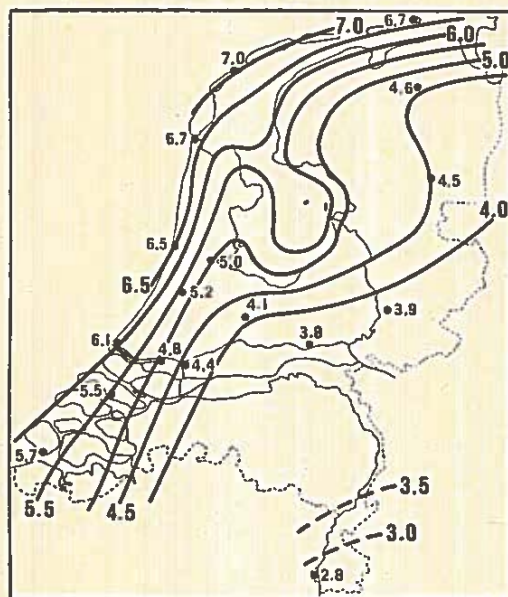


Fig. 5
Gemiddelde windsnelheid in m.p.s. Jaar
Mean windvelocity in m.p.s. Year

in deze richtingen is het land geheel kaal en boomloos, terwijl in de E.-richting, die de kleinste verhouding heeft, de meeste obstakels voorkomen. De kleine verhouding voor oostenwinden te Maastricht is waarschijnlijk te verklaren uit de belemmering, die het heuvelland in die richting op den wind uitoefent. Te IJmuiden staat de windmeter dicht bij het Noordzeekanaal, dat voor de oosten- en westenwinden een gemakkelijken doortocht biedt, hetgeen kan verklaren waarom dezewinden relatief sterker zijn dan die uit het N. en Z., welke over de duinstrook komen. Indien ook

de andere verschillen in hoofdzaak zijn te verklaren uit de eigenaardigheden der omgeving der windmeters, hetgeen waarschijnlijk lijkt, zal men moeten aannemen, dat de wrijving boven het land bij westenwind de windsnelheid ongeveer op dezelfde wijze zal doen afnemen, als zij toeneemt bij oostenwind onder den invloed van de zuiging, die ontstaat, doordat boven zee gekomen de lucht een snellere beweging aanneemt.

INVLOED VAN DEN WIND OP BOOMEN

OVERZICHT

18. In § 1 der inleiding is reeds melding gemaakt van het hulpmiddel om de windsterkte eener streek te beoordeelen naar het windeffect, dat de

boomen vertoonen. Een beknopt overzicht dezer waarnemingen is opgenomen in het tijdschrift *Hemel en Dampkring* ¹⁾. Het daar gepubliceerde kaartje is hier overgenomen. Het geeft de verdeeling aan van het gemiddeld aantal dagen per jaar, waarop op 6 m hoogte boven vlak terrein de windsnelheid volgens uurlijksche waarnemingen op een of meer dier uren 14 m.p.s. en meer bereikt.

De verdeeling der gemiddelde windsnelheid (zie § 16) sluit zich tamelijk nauwkeurig aan bij het algemeen verloop van de lijnen van fig. 6.

In een smalle kuststrook, die zich in het noorden van Noordholland verbreedt en daar tot over het Noordhollandsch kanaal reikt, vertoonen de alleenstaande, armzalige boomen, die zich nog weten staande te houden, en die, welke den westzoom der boschjes vormen, in hun geheelen bouw de sporen van den zwaren strijd tegen den wind. Behalve de beschutte duinpannen behoort de geheele duinstreek tot dit gebied. Het reikt iets verder naar binnen dan de lijn 50 in fig. 6. Achter de duinen sluit een beschutte streek aan, waar van het windeffect weinig is te merken, en daarop volgt op nieuw een gebied, dat niet ver voorbij de lijn 30 reikt, waar allerwege het scheefgroeien weer aan den dag treedt. In afnemende mate ziet men dit effect optreden, wanneer men nog verder het land inkomt. Tot aan de lijn 10 der figuur is het duidelijk waar te nemen en komt het algemeen voor, verder naar binnen is het op gunstig gelegen punten matig ontwikkeld, maar meestal slechts zwak, en binnen de lijn 2 is het van geen beteekenis en voornamelijk nog

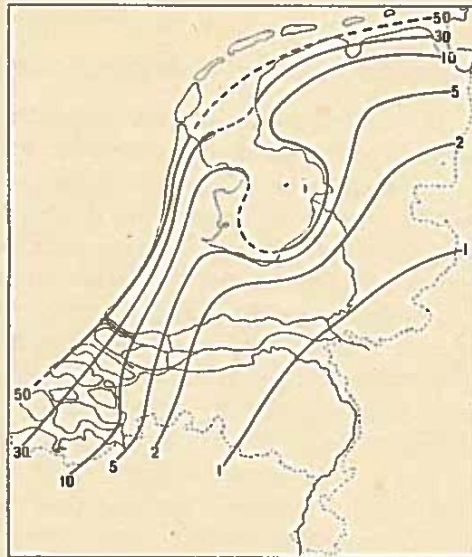


Fig. 6

Aantal dagen per jaar met windsnelheid ≥ 14 m.p.s.
Number of days per annum with windvelocity ≥ 14 m.p.s.

¹⁾ Dr. C. BRAAK. Plaatselijke verschillen in het voorkomen van stormachtige winden in ons land. H. en D. Aug./Sept. 1931, p. 293.

te onderscheiden aan boomen, die gevoelig zijn voor den wind. Opmerkelijk is het betrekkelijk geringe windeffect te Urk en Schokland, hoewel de eilanden door een uitgestrekt wateroppervlak zijn omgeven. De ligging op het kaartje, tusschen de lijnen 10 en 30, geeft den toestand goed weer.

RICHTING VAN HET WINDEFFECT. VERKLARING

19. In een tweetal recente publicaties is een verschijnsel ter sprake gekomen, dat ook bij ons onderzoek in de Nederlandsche kuststreken is waargenomen, namelijk de afwijkingen, die optreden tusschen de richting van den overheerschenden wind en die, waarin de boomen zijn scheefgegroeid. CONRAD ¹⁾ heeft aan de noordkust van Normandië en aan de zuidkust van Engeland waargenomen, dat de richting, die uit het windeffect op boomen kan worden afgeleid, ruim 50° meer landwaarts is dan de resulteerende richting van den ongestoorden wind op minstens 50 m hoogte, die ongeveer evenwijdig aan de kust is. CONRAD verklaart dit uit een windafwijking in de onderste luchtlagen tengevolge van stuwing van den wind door de wrijving. LAMB ²⁾ merkt op, dat het verschijnsel zich ook op de oostkust van Engeland voordoet, waar de boomen naar het westen zijn omgebogen, en schrijft het toe aan den invloed der sterkste winden. Deze komen hier van de zeezijde; tegen heftige winden van de landzijde geeft het land beschutting.

Wat de waarnemingen hier te lande betreft, kan worden vermeld, dat aan de westzijde van het Heilooër bosch oude eiken sterke vergroeiing vertoonen, die op een windeffect uit west ten noordwest tot westnoordwest wijst. In het NO. van Friesland, nl. tusschen Oostmahorn en Dokkum, te Hantum en Ferwerd, is de richting uit het noordwesten, tusschen Stiens en Leeuwarden uit het westen en verder naar het zuiden, van Wolvega tot Zwolle, komt het effect, voorzoover het waarneembaar is, meer uit het WZW.

Op Walcheren, tusschen Domburg en Westkapelle, vertoont de beplanting bij de boerenhoeven aan haar bovenkant zeer mooien stroomlijn-vorm, die een windeffect uit het westen aangeeft.

Vergelijkt men deze richtingen met de waarnemingen der windstations, dan blijkt een zekere neiging van het windeffect om meer loodrecht op de kust

¹⁾ V. CONRAD. Luftstau an Küsten und Klimazeugen. Met. Z., Febr. 1939, p. 75.

²⁾ H. H. LAMB. Bemerkungen zum Aufsatz von V. CONRAD: Luftstau Met. Z. Aug. 1939, p. 312.

te staan dan men op grond der resulterende windrichtingen zou verwachten.

Volgens ASHMORE ¹⁾ is het windeffect op boomen een gevolg zoowel van het zoutgehalte der lucht als van den winddruk, maar vooral van het zout. Dit schijnt schadelijk te werken, doordat de sterke zoutoplossing water aan de plant onttrekt. Indien deze opvatting juist is, zou zij een verklaring kunnen geven van het betrekkelijke geringe windeffect op Urk en Schokland tengevolge van het geringere zoutgehalte van de vroegere Zuiderzee, maar dan zou de windstatistiek, die op het windeffect is gebaseerd, ten oosten van de Zuiderzee een deel van haar waarde verliezen.

Wij hebben nog nagegaan of het feit, dat het windeffect een richting aangeeft, die meer loodrecht op de kust staat dan de gemiddelde windrichting, misschen daaraan is toe te schrijven, dat de sterkste winden in richting afwijken van het gemiddelde. In Meded. en Verh. 32 zijn op pag. 80—87 voor de kuststations Den Helder en Vlissingen frequenties van windrichtingen en -snelheid opgenomen. Hieruit is de richting van den windvector berekend voor 0—9.9 m.p.s. en voor 10 m.p.s. en hoger. Men vindt dan:

Resulteerende windrichting, 1923—1926

	Den Helder			
	Dec.—Febr.	Mrt.—Mei	Juni—Aug.	Sept.—Nov.
0—9.9 m.p.s.	S 29° W	S 36° W	S 85° W	S 28° W
> 9.9 m.p.s.	S 66° W	N 67° W	S 84° W	S 63° W
	Vlissingen			
	Dec.—Febr.	Mrt.—Mei	Juni—Aug.	Sept.—Nov.
0—9.9 m.p.s.	S 12° W	S 44° W	S 64° W	S 15° W
> 9.9 m.p.s.	S 21° W	S 42° W	S 44° W	S 29° W

De uitkomsten van Vlissingen geven geen steun aan de genoemde onderstelling, die van Den Helder tot op zekere hoogte wel. In aanmerking dient te worden genomen, dat de kustlijn bij Vlissingen een sterk afwijkend verloop heeft, zoodat de uitkomsten voor deze plaats weinig overzichtelijk zijn. Al is het resultaat niet overtuigend, toch krijgt men den indruk, dat men bij de verklaring van het verschijnsel het verschil in richting tusschen de gemiddelde luchtbeweging en die der sterkste winden niet buiten beschouwing mag laten.

¹⁾ Meteorol. Magazine, Nov. 1939, p. 257.

20. De statistiek van windfrequenties, die hier besproken zal worden, is een vervolg op de bewerking in Meded. en Verh. 32. Er is echter een verschil. Bij de vorige bewerking is geen reductie voor de hoogte toegepast, zoodat de uitkomsten van verschillende stations niet streng vergelijkbaar

Den Helder. Frequenties van windsnelheden, aantallen per 1000 waarnemingen. Gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein zonder hindernissen

[illegible]

[illegible]

TABEL 8

DE BILT. Frequenties van windsnelheden, aantallen per 1000 waarnemingen. Gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein zonder hindernissen

Frequencies of windvelocity, numbers per 1000 observations. Reduced to 6 m above level ground without obstacles

1903—1939	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
m.p.s.													
0 — 0.9	17	17	14	11	15	15	19	18	21	21	21	13	17
1.0 — 1.9	65	75	82	76	106	118	123	126	132	91	101	72	97
2.0 — 2.9	146	165	177	195	235	254	270	289	297	294	202	172	225
3.0 — 3.9	166	195	202	202	243	238	241	236	237	184	199	182	210
4.0 — 4.9	186	177	190	194	199	197	186	177	160	170	174	189	183
5.0 — 5.9	135	116	120	119	102	96	83	78	74	91	107	132	104
6.0 — 6.9	116	96	89	94	64	52	49	50	45	65	80	103	75
7.0 — 7.9	75	64	57	54	21	21	21	16	21	43	50	60	42
8.0 — 8.9	42	42	35	27	9	6	5	6	6	21	28	32	22
9.0 — 9.9	23	25	18	15	3	2	2	2	4	10	16	20	12
10.0 — 10.9	15	15	9	7	2	1	0.9	1	1	6	10	13	7
11.0 — 11.9	7	7	3	3	0.5	0.3	0.3	0.4	0.9	2	6	5	3
12.0 — 12.9	3	4	2	2	0.1	0.0	0.2	0.2	0.4	1	2	3	2
13.0 — 13.9	2	1	0.7	0.6	—	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	2	2	0.8
14.0 — 14.9	0.9	0.6	0.4	0.1	—	—	0.0	0.1	0.1	0.2	1	0.9	0.4
15.0 — 15.9	0.5	0.3	0.3	0.1	—	—	—	0.0	0.1	0.1	0.4	0.2	0.2
16.0 — 16.9	0.3	0.2	0.1	0.0	—	—	—	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.1
17.0 — 17.9	0.1	0.1	0.0	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.04
18.0 — 18.9	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	0.1	0.03
19.0 — 19.9	0.1	0.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.02
20.0 — 20.9	0.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	0.0	0.01
21.0 — 21.9	0.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00
22.0 — 22.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	—	0.00

gebouw; van November 1929 af is een reductie van 13 op 6 m aangebracht. Voor de overige stations zijn de reducties voor De Bilt van 20 op 6 m, voor Groningen 11 op 6 m en voor Maastricht 12 op 6 m.

Een tweede correctie is aangebracht voor de waarnemingen, die met drukanemometers van het DINES-model zijn verkregen. In Meded. en Verh. 32 is op pag. 66 reeds opmerkzaam gemaakt op het verschil, dat de frequenties, die met de DINES-instrumenten zijn verkregen, vertoonen met die van de ROBINSON-molentjes. De correcties zijn afgeleid door voor De Bilt de diagrammen van een geheel jaar af te lezen, zoowel van den DINES- als van den ROBINSON-anemometer, en de verschillen tusschen

TABEL 9

Vlissingen. Frequenties van windsnelheden, aantallen per 1000 waarnemingen. Gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein zonder hindernissen

Flushing. Frequencies of windvelocity, numbers per 1000 observations. Reduced to 6 m above level ground without obstacles

1915—1939	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
m.p.s.													
0 — 0.9	9	12	13	12	14	13	10	15	14	12	10	10	12
1.0 — 1.9	38	52	63	64	69	61	61	63	74	53	52	48	58
2.0 — 2.9	85	117	140	127	167	151	145	146	155	121	115	100	131
3.0 — 3.9	95	129	149	147	173	176	156	154	150	127	122	106	140
4.0 — 4.9	127	150	152	161	170	177	156	146	140	133	136	127	148
5.0 — 5.9	120	124	126	133	133	131	120	123	106	112	119	116	122
6.0 — 6.9	112	99	102	109	101	105	93	100	96	107	106	113	104
7.0 — 7.9	106	79	80	80	68	73	78	89	85	85	94	96	84
8.0 — 8.9	84	58	57	56	45	45	58	53	56	68	66	75	60
9.0 — 9.9	64	50	44	41	26	29	49	39	41	55	55	62	46
10.0 — 10.9	46	40	30	25	14	15	29	28	28	35	38	45	31
11.0 — 11.9	37	30	16	16	9	10	16	18	21	27	25	31	21
12.0 — 12.9	22	21	11	10	5	5	12	12	13	20	17	22	14
13.0 — 13.9	18	14	7	6	2	3	8	6	8	17	15	14	10
14.0 — 14.9	14	8	5	6	2	2	5	3	5	11	9	11	7
15.0 — 15.9	8	5	2	3	0.7	2	2	2	4	7	9	8	5
16.0 — 16.9	6	4	1	2	0.4	0.6	0.9	1	2	4	4	6	3
17.0 — 17.9	3	3	0.4	1	0.2	0.5	0.5	0.8	1	2	3	4	2
18.0 — 18.9	2	2	0.5	0.4	0.1	0.3	0.3	0.4	0.4	2	2	3	1
19.0 — 19.9	1	2	0.4	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.7	1	1	0.6
20.0 — 20.9	0.8	0.4	0.1	0.2	0.2	—	—	0.4	0.1	0.2	0.8	1	0.3
21.0 — 21.9	0.7	0.2	—	—	—	0.1	—	0.3	0.1	0.3	0.5	0.3	0.2
22.0 — 22.9	0.5	0.3	—	—	—	—	—	—	—	0.2	0.3	0.2	0.1
23.0 — 23.9	0.3	0.1	0.1	—	—	—	—	—	—	0.3	0.1	0.2	0.1
24.0 — 24.9	0.2	—	0.1	—	—	—	—	—	—	0.1	—	—	0.03
25.0 — 25.9	0.2	0.1	—	—	—	—	—	—	—	0.1	—	—	0.02
26.0 — 26.9	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.01
27.0 — 27.9	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.01

de voor deze instrumenten verkregen frequenties te bepalen. Na eenige vereffening zijn deze verschillen als correcties op de frequenties van Den Helder en Maastricht toegepast. Zij zijn het grootst voor de laagste windsnelheden, 0—0.9 m.p.s. Aangezien de windsnelheid over het algemeen te Maastricht groter en te Den Helder kleiner is dan te De Bilt, en daardoor de verdeling over de snelheidsgrenzen verschillend, zullen de voor De Bilt verkregen verschillen ROBINSON-DINES niet geheel op de twee andere

TABEL 10

Maastricht. Frequenties van windsnelheden, aantallen per 1000 waarnemingen. Gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein zonder hindernissen

Frequencies of windvelocity, numbers per 1000 observations. Reduced to 6 m above level ground without obstacles

1905—1916 1926—1939	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
m.p.s.													
0 — 0.9	28	30	35	34	40	39	40	46	51	39	37	34	38
1.0 — 1.9	167	182	204	184	228	209	215	215	246	232	208	191	207
2.0 — 2.9	205	217	240	244	264	268	267	285	294	280	242	221	253
3.0 — 3.9	202	207	198	201	211	208	223	212	204	193	205	194	205
4.0 — 4.9	164	151	132	154	138	140	130	127	110	122	135	153	138
5.0 — 5.9	124	98	95	98	74	82	77	72	58	74	96	109	88
6.0 — 6.9	59	54	49	45	33	37	34	31	24	35	39	50	40
7.0 — 7.9	29	33	27	27	7	10	9	7	6	18	23	28	18
8.0 — 8.9	14	17	11	9	3	4	4	3	4	4	7	12	8
9.0 — 9.9	4	6	6	3	1	2	0.8	1	2	2	4	5	3
10.0 — 10.9	3	4	2	0.5	0.5	0.8	0.2	0.6	0.3	1	2	2	1
11.0 — 11.9	0.9	1	0.6	0.1	0.2	0.3	—	—	0.2	0.1	1	0.9	0.5
12.0 — 12.9	0.3	0.3	0.3	—	0.0	0.1	—	—	—	0.2	0.3	0.3	0.1
13.0 — 13.9	0.1	0.1	0.0	—	0.0	—	—	—	—	0.1	0.1	0.0	0.02
14.0 — 14.9	—	—	—	—	0.0	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.01
15.0 — 15.9	—	—	0.1	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	0.01

stations toepasselijk zijn, maar deze fout kan worden beschouwd als van de tweede orde en is verwaarloosd. Deze correcties zijn aangebracht, voordat de reductie tot 6 m boven vlak terrein is toegepast.

VERBAND TUSSCHEN DE GEMIDDELDE SNELHEID EN DE STERKSTE WINDSTOOTEN

21. Tabel 11 bevat eenige gegevens omtrent het verband tusschen de gemiddelde windsnelheid en de windstooten, afgeleid uit de diagrammen der winddruk-anemografen. Zij geven aan: 1°. de verhouding tusschen de maximale windstooten gedurende tijdvakken van 1 uur en de gemiddelde snelheid en 2°. de verhouding tusschen de maximale windstooten van een geheel etmaal en de gemiddelde snelheid.

Voor dit doel zijn gebruikt de aflezingen over een geheel jaar (Den Helder 1940, De Bilt December 1938—November 1939) van het kuststation

TABEL II

I. Sterkste windstooten per uurinterval : gemiddelde snelheid

II. Sterkste windstooten per dag : gemiddelde snelheid

I. Strongest gusts in periods of an hour : mean velocity. II. Strongest gusts in periods of a day : mean velocity

	Dec.—Febr.		Mrt.—Mei		Juni—Aug.		Sept.—Nov.		Jaar Year	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Den Helder .	1.38	1.95	1.32	1.95	1.36	2.04	1.36	1.98	1.36	1.98
De Bilt . . .	1.44	2.09	1.49	2.30	1.55	2.63	1.60	2.61	1.52	2.41
Urk	1.30	1.92	1.39	2.12	1.44	2.20	1.33	2.03	1.36	2.07
Barendrecht .	1.29	1.74	1.33	1.88	1.34	2.07	1.31	1.89	1.32	1.90

Den Helder en het landstation De Bilt en het geheele beschikbare materiaal van Urk (30 maanden) en Barendrecht (13 maanden). Urk was een windstation op een klein eiland midden in het uitgestrekte IJsselmeer gelegen en Barendrecht een betrekkelijk dicht bij zee gelegen station met abnormaal hooge opstelling van den windmeter. De tabel bevat de gemiddelden voor de jaargetijden en het jaar.

Er blijkt te De Bilt, Urk en Barendrecht een duidelijke jaarlijksche gang in de verhoudingen te bestaan. Zij zijn het grootst in den zomer en het kleinst in den winter. Hoe grooter de windsnelheid, des te geringer zijn de verhoudingen. Dit hangt wel samen met het feit, dat de windsnelheid bij sterken wind relatief minder snel met de hoogte toeneemt dan bij zwakken wind. Te Den Helder is de jaarlijksche gang niet met zekerheid te onderkennen. Te De Bilt, welk station het meest het karakter van een landstation heeft, zijn de verhoudingen het grootst.

GROOTE WINDSNELHEDEN

22. In Meded. en Verh. 32 zijn eenige der merkwaardigste stormen behandeld, waarvan de laatste die van November 1925 zijn. Daarna is in „Hemel en Dampkring” nog een bewerking opgenomen van de stormen van September 1935.

Wij vervolgen hieronder de kroniek door vermelding der grootste windsnelheden tijdens de voornaamste storingen, die na de vorige bewerking zijn opgetreden tot het einde van het jaar 1939. In tabel 12 zijn zoowel

TABEL 12

Grootste windsnelheden in meters per seconde.
Highest windvelocities in metres per second.

	1929									
	15/16 Januari		1 April		11/12 November		7 December		8 December	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Rottumeroog	—	—			21	27	26	30	21	28
Vlieland	19	30		18	22	28	23	29	22	33
Den Helder	22.5	29.3	17.4	22.3	23.0	31.0	23.0	31.0	21.5	30.0
IJmuiden	22	31	24	29	18	27	21	29	20	30
Hoek van Holland	21	29	22	29	21	33	23	32	21	32
Vlissingen	12.4	34	14.6	27	21.9	32	22.5	—	22.5	34
Groningen	13.4	—			17.1	—	16.8	—	15.8	—
De Bilt	15.2	26.6	15.7	21.9	16.8	21.8	19.9	22.3	18.1	22.0
Maastricht	7.5	15	9.4	19.8	11.1	22	9.7	17.7	9.6	19.9
Windrichting	N		NW		SSW		SSW		SW	
Winddirection										

	1930						1931			
	4 Augustus		2 November		22/23 November		17 Januari		11/12 Februari	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Rottumeroog	19	25	18	23	24	36	—	—	—	—
Vlieland	18	23	18	25	20	28	23	35	21	27
Den Helder	19.0	24.6	19.0	25.7	22.0	27.7	22.0	31.2	22.0	30.0
IJmuiden	—	—	17	25	23	30	28	37	23	27
Hoek van Holland	14	21	18		22	32	23	32	21	29
Vlissingen			18.2		17.1	32	21.6	32	19.7	24
Groningen	12.4	—	12.7	—	14.0	—	16.3	—	13.2	—
De Bilt	16.3	22.5	15.0	18.3	15.2	21.3	17.0	29.7	16.2	21.6
Maastricht	11.5	18.4	10.5	20.3	11.0	23.2	10.9	22.4	11.0	21.8
Windrichting	SSW		S		NNW		WNW		S	
Winddirection										

de grootste gemiddelde snelheden als de sterkste windstooten vermeld, die op de kuststations en de hoofdstations zijn waargenomen. De gemiddelde snelheden zijn gemiddelden over geheele uren, behalve te Den Helder en Maastricht, waar de gemiddelden zijn bepaald van de op- en neergaande diagramlijn tijdens het volle uur. Te Groningen, Vlissingen en De Bilt zijn de gemiddelden ontleend aan de aanwijzingen van ROBINSON-molentjes, overigens aan drukanemometers. De stooten zijn voornamelijk aan luchtdruk-

I = gemiddelde snelheden, II = windstooten

I = mean velocities, II = windgusts

										1930			
9 December		10 December		11 December		12 December		29 December		2 Januari		12/13 Januari	
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
21	32	18	22	18	23	26	34	19	25	23	29	18	24
22	28	20	26	18	24	24	30	22	31	25	33	26	35
21.0	28.4	17.0	23.4	17.0	23.8	21.5	30.7	20.0	27.0	24.0	33.5	23.0	33.1
22	27	20	25	16	23	24	31	22	28	26	32	29	38
22	31	20	29	19	27	22	33	21	32	21	31	26	34
24.2	—	19.2	31	16.4	—	21.0	27	23.9	35	19.4	29	23.8	—
16.2	—	12.5	—	12.5	—	18.4	—	15.2	—	17.3	—	17.6	—
18.0	22.9	9.8	15.7	14.3	21.0	16.5	25.3	16.5	26.9	18.6	26.0	23.7	30.8
12.0	23.4	7.6	14.2	11.5	20.0	10.5	20.0	13.6	25.5	9.0	18.5	14.4	22.6
S		W		SW		WNW		SSW		W		W	

1932										1933		1934	
6/7 Januari		8 Maart		7/8 April		12 Juli		18 October		11 October		1 Februari	
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
22	29	15	19	17	25			23	30	22	28	21	25
18	24	15	22	14	23			17	27	20	28	14	21
20.0	27.5	21.0	28.0	15.5	22.2			20.0	28.0	21.8	30.0	21.5	27.6
22	28	23	29	21	32			24	31	23	31	16	26
22		17	26	18				25	38	23		18	
22.7		16.3	22	18.0	32			19.2	37			17.5	
20.2	—	10.4	—	13.0	—			16.5	—	18.6	—	13.5	—
16.3	26.5	18.1	23.3	15.5	26.1		21.2	17.0	24.8	15.3	25.5	15.5	23.0
10.2	19.5	8.2	16.3	9.5	18.1			11.5	18.9	14.0	22.7	12.5	22.0
SSW		NW		W		NNW		WNW		SW		NNE	

anemometers ontleend, maar voor Hoek van Holland en Vlissingen aan drukplaten.

Te Hoek van Holland is op 18 April 1936 een nieuw instrument opgesteld, voorzien van een dempingsinrichting, en op 30 Juni 1939 zijn hieraan verbeteringen aangebracht, vooral bestaande uit een versterkte demping. Een dergelijk instrument is op 17 Juni 1937 te Vlissingen opgesteld, waarvan de demping op 4 Augustus 1939 eveneens is versterkt.

TABEL 12 (Vervolg)

	1935									
	2 Februari		16/17 Februari		25 Februari		17 September		25 September	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Rottumeroog	18	27	20	28			21	30	20	26
Vlieland	15	22	18	24			21	35	19	28
Den Helder	19.1	25.1	20.4	27.0	15.5	21.8	22.0	33.3	23.0	30.5
IJmuiden	17	25	18	25			20	28	25	32
Hoek van Holland	17		—	—			20		23	37
Vlissingen	16.6	25							17.2	34
Groningen	15.5	—	19.6	—	12.7	—	18.1	—	15.5	—
De Bilt	15.2	25.0	16.3	26.7	15.0	26.5	17.5	24.6	15.2	29.0
Maastricht	9.3	17.6	12.0	20.1	7.9	17.2	12.0	20.0	9.5	19.0
Windrichting	WNW		WNW		SSW		SSW		NW	
Winddirection										

	1939					
	16 Januari		8/9 Maart		14 October	
	I	II	I	II	I	II
Rottumeroog	16	24	19	27	14	17
Vlieland	17	22	18	29	14	18
Den Helder	20.6	26.9	20.0	27.4	14.5	18.3
IJmuiden	19	25	19	26	14	18
Hoek van Holland	14	23	19			
Vlissingen	19.1		21.1	26		
Groningen	15.2	—	16.3	—	13.2	—
De Bilt	14.3	25.3	15.3	33.5	14.5	22.0
Maastricht	8.5	17.1	10.8	18.9	10.0	21.2
Windrichting	S		NW		SW	
Winddirection						

Sedert het in gebruik nemen van het nieuwe gebouw, in November 1929, is te Vlissingen de effectieve hoogte van den windmeter iets grooter geworden.

Van enkele dezer storingen volgen hieronder enkele bijzonderheden.

1929. 15/16 Januari. Sneeuwstorm bij noordenwind en vries-temperaturen. 7—12 December. Stormachtige maand. Stormperiode van 7—12 met Z.lijke tot W.lijke winden. Te Den Helder bedroeg de gemiddelde snelheid over het geheele etmaal 6 dagen lang minstens 12.5 m.p.s.

(Continued)

1936				1938									
27 October		1 December		29 Januari		1 Februari		10 Februari		3 April		4 October	
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
21	31	19	30	17	23	15	25	19	26	18	26	20	28
22	30	19	28	18	25	18	27	17	24	17	26	23	33
21.8	29.0	20.5	29.9	19.8	26.9	18.3	24.5	19.0	28.8	19.0	25.5	22.5	32.5
23	28	22	32	22	33	18	28	18	25	19	27	26	33
23	—	21	—	24	—	19	—	20	—	—	—	—	—
20.8	—	14.6	31	19.4	27.5	18.2	24.9	16.3	—	16.4	24.7	27.2	—
13.5	—	13.7	—	13.0	—	15.5	—	14.5	—	14.8	—	15.2	—
14.2	24.5	12.7	25.4	15.7	24.9	14.4	25.0	14.2	24.4	15.7	26.5	18.8	26.0
10.0	18.5	11.0	18.5	12.5	21.9	11.0	21.1	12.2	19.5	11.9	19.5	11.5	20.5
W		NW		W		W		WNW		NW		S	

				Maxima				Maxima der geheele reeks	
19 November		26 November		Gem. snelheid		Stooten		I	II
I	II	I	II	I	II	I	II		
14	18	18	23	26	7 en 12 XII '29	36	22 XI '30	28	36
14	21	18	22	26	13 I '30	35	13 en 16 I '30	29	35
20.0	25.6	18.0	24.0	24.0	2 I '30	33.5	17 IX '35		
20	27	22	26	29	13 I '30	38	2 I '30	29	40
24	—	19	27	26	13 I '30	38	13 I '30	30	40
22.7	—	22.2	—	27.2	4 X '38	37	18 X '32	32	45
11.9	—	15.0	—	20.2	6 I '32	—	18 X '32	32 ¹⁾	43
18.4	28.5	15.2	21.1	23.7	13 I '30	33.5	—	25	—
15.5	25.3	9.0	16.4	15.5	19 XI '39	25.5	8 III '39	26	34
NNW		SSW					29 XII '29	16	26

1935. 25 September. Zware NW.storm aan de achterzijde van een depressie.

1938. 4 October. Meest Z.lijke wind. Schade aan de Zuiderzeewerken.

De windsnelheden der tabel zijn ontleend aan de ongereduceerde waarnemingen. Bijzonderheden omtrent de opstelling vindt men in § 4, 5 en 6. Waar waarnemingen ontbreken, is een streepje ingevuld, de plaats van de niet gebruikte waarnemingen is open gelaten.

Het is opvallend, dat de anemometers te Hoek van Holland en Vlissingen,

¹⁾ Te hoog, zie p. 60 van Meded. en Verh. 32.

die met drukplaten werken, vaak hogere maximale windsnelheden geven dan de drukanemometers van het DINES-model (PITOT-buizen). Dit geldt ook voor de nieuwe drukplaten van Hoek van Holland en Vlissingen, niettegenstaande ze van dempingsinrichtingen zijn voorzien. De pen der windmeters met drukplaten is bewegelijker dan van die met PITOT-buizen. Bij de laatstgenoemde treedt een afvlakking der extremen op, doordat de druk in het buizenstelsel en in den drijver telkens met de buitenlucht in evenwicht moet worden gebracht door een niet onbelangrijke luchtverplaatsing. Zeer kort durende stooten zullen daarom door de DINES-instrumenten te laag worden opgeteekend. Daarentegen zal het feit, dat ook enkele keeren de grootste *gemiddelde* snelheden op deze twee stations ten opzichte van de andere belangrijk naar boven afwijken, er wel op wijzen, dat men bij de abnormaal hoge snelheden voor de drukplaten rekening moet houden met foutieve aanwijzingen, o.a. veroorzaakt doordat de schrijfspen te hoog kan hebben gestaan.

Aan het slot der tabel zijn de maxima vermeld voor de geheele waarnemingsreeksen, verkregen door combinatie der uitkomsten van tabel 12 met die van de tabel op pag. 115 van Meded. en Verh. 32.

De windrichting onder in de tabel is die van De Bilt tijdens de grootste gemiddelde windsnelheid.

TIJDVAKKEN VAN ZWAKKEN WIND

23. Voor een drietal stations, waar gedurende geruimen tijd windwaarnemingen met ROBINSON-anemometers zijn verricht, namelijk Groningen, De Bilt en Vlissingen, is het aantal tijdvakken van verschillende duur uitgezocht, gedurende welke zwakke winden hebben geheerscht. Als grootste windsnelheid werd nog meegeteld een uurgemiddelde van 3 m.p.s., gereduceerd tot 6 m boven vlak terrein zonder hindernissen. Dit beteekent voor Groningen een grenswaarde van 3.3 m.p.s., voor De Bilt 3.6 m.p.s. en voor Vlissingen 3.0 m.p.s. tot en met October 1929 en 3.4 m.p.s. voor de latere waarnemingen. De genoemde grenswaarde werd gekozen, omdat bij 3 m.p.s. en lagere windsnelheden windmolens van het verbeterde type geen water meer kunnen opmalen.

Bij reeksen van minstens 10 uren werd een onderbreking toegelaten met hogere uurgemiddelden dan 3 m.p.s. Namelijk werden ook reeksen van 10, 11 tot 19 uurintervallen met hoogstens 3 m.p.s. genoteerd, waartusschen één interval met meer dan 3 m.p.s. was uitgevallen, reeksen van

20, 21 tot 29 uur, waartusschen er 2 waren voorgekomen met meer dan 3 m.p.s., enz.

Reeksen, die zich over meer dan 1 maand uitstrekken, werden ingeschreven onder de maand, waarin het langste gedeelte der reeks viel.

De uitkomsten zijn verzameld in de tabellen 13, 14 en 15.

Zooals te verwachten was, komen in den zomer meer windzwakke tijdvakken voor dan in den winter, omdat over het algemeen de windsnelheid in den winter grooter is. Merkwaardig is het echter, dat de lange periodes met zwakken wind in de koude maanden veelvuldiger voorkomen dan in de warme. Men vindt voor Mei—Augustus (I) en November—Februari (II) de onderstaande sommen van het aantal tijdvakken.

	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Vlissingen										
Duur in uren .	20 — 24		25 — 29		30 — 34		35 — 39		40 — 44	
Aantal	43	50	16	30	8	11	8	7	7	5
Duur in uren .	45 — 49		50 — 54		55 — 64		67 — 92		93 — 127	
Aantal	5	4	1	3	0	4	1	4	0	3
Groningen										
Duur in uren .	23 — 27		28 — 32		33 — 37		38 — 42		43 — 47	
Aantal	64	73	26	38	29	28	21	18	12	15
Duur in uren .	48 — 52		53 — 57		58 — 62		63 — 67		68 — 74	
Aantal	4	6	2	16	3	9	1	5	1	7
Duur in uren .	77 — 83		86 — 92		98 — 105		108 — 159			
Aantal	2	5	0	4	0	4	1	5		
De Bilt										
Duur in uren .	26 — 30		31 — 35		36 — 40		41 — 45		46 — 50	
Aantal	53	63	55	34	49	36	35	25	12	18
Duur in uren .	51 — 55		56 — 60		61 — 65		66 — 70		71 — 76	
Aantal	7	15	10	10	7	8	4	4	3	2
Duur in uren .	77 — 81		83 — 88		89 — 93		94 — 101		103 — 109	
Aantal	6	2	0	6	2	3	1	3	0	6
Duur in uren .	110 — 121		122 — 140		142 — 180					
Aantal	1	1	1	1	0	4				

Tusschen 20 en 30 uren beginnen de aantallen in November—Februari grooter te worden dan die in Mei—Augustus. Dan volgen voor alle 3 stations enkele intervallen tusschen 30 en 50 uren duur met een grooter aantal in Mei—Augustus. Bij langeren duur overwegen te Vlissingen en Groningen weer zeer duidelijk de aantallen in de koude maanden, te De Bilt is dit in den regel ook het geval, maar er komen eenige uitzonderingen voor.

TABEL 13

Groningen. Aantal tijdvakken met zwakken wind van
verschillenden duur, gedurende 35 jaar, 1906—1940
*Number of periods with light winds of various duration, during 35 years,
1906—1940*

Duur in uren	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
1	281	259	318	363	426	459	455	452	399	445	333	291	4481
2	101	110	153	156	191	186	209	207	175	176	123	127	1914
3	75	55	94	101	115	131	170	124	140	96	69	79	1249
4	57	53	61	86	98	81	103	73	69	60	53	48	842
5	33	25	39	57	73	72	78	67	71	46	38	38	637
6	27	31	49	58	54	62	66	62	53	33	31	30	556
7	12	15	38	40	59	47	44	57	34	44	28	32	450
8	14	28	28	42	48	45	41	36	39	26	15	17	379
9	14	12	25	28	32	40	57	37	32	18	14	14	323
10	14	15	13	16	27	32	31	21	19	19	11	14	232
11	11	13	14	18	17	23	38	23	23	15	15	11	220
12	7	13	14	18	30	42	33	43	18	8	8	11	245
13	10	12	15	26	21	28	22	34	27	10	14	15	234
14	10	11	16	14	17	34	23	39	20	11	5	13	213
15	7	13	14	18	18	15	23	25	31	21	10	4	199
16	6	10	21	16	19	14	21	18	32	11	4	5	177
17	7	3	7	15	15	16	15	15	21	14	7	8	143
18	6	6	11	7	14	22	17	11	16	6	12	6	134
19	4	8	5	7	12	10	11	13	17	15	11	9	122
20	6	8	7	5	10	15	11	13	12	10	7	4	108
21	4	3	3	4	9	7	10	9	6	8	8	4	75
22	4	3	3	4	6	5	4	6	4	7	1	2	49
23	3	5	1	2	6	3	3	9	2	3	6	8	51
24	4	4	—	2	4	—	5	4	3	2	3	3	34
25	5	2	1	4	6	1	1	2	7	3	4	5	41
26	2	3	3	2	1	1	6	6	10	5	3	3	45
27	2	2	5	2	3	1	—	2	2	3	2	4	28
28	3	3	4	—	3	1	1	3	3	3	—	3	27
29	1	1	1	2	—	2	2	1	2	5	1	5	23
30	2	2	2	2	1	1	2	4	4	1	4	2	25
31	2	—	2	—	1	—	1	—	1	3	—	3	13
32	1	1	1	—	1	1	1	1	2	4	3	1	17
33	1	1	1	1	—	3	2	3	2	1	1	1	17
34	1	2	—	2	3	—	1	3	1	4	2	1	20
35	1	2	1	—	—	—	2	3	2	1	5	7	24
36	—	—	1	3	1	1	3	1	1	1	1	1	14
37	—	—	3	1	1	—	1	1	—	2	1	—	10
38	2	—	1	—	1	2	1	2	3	2	3	—	17
39	—	—	1	1	—	—	4	3	3	2	2	2	18
40	2	—	2	1	1	—	1	—	—	3	2	1	13
41	—	—	3	—	—	—	2	—	3	1	—	—	9
42	—	2	—	—	—	2	1	—	—	1	1	1	9
43	1	1	1	1	—	1	—	4	2	2	1	—	14
44	1	—	1	—	—	2	2	—	—	3	1	—	10

TABEL 14

**De Bilt. Aantal tijdvakken met zwakken wind van
verschillenden duur, gedurende 36 jaar, 1905—1940**
*Number of periods with light winds of various duration, during 36 years,
1905—1940*

Duur in uren	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
1	298	279	360	422	463	467	423	424	441	423	349	311	4660
2	128	136	201	182	255	215	214	238	208	207	188	126	2298
3	83	62	123	131	164	144	157	150	116	119	93	86	1428
4	52	52	69	74	106	99	83	91	95	74	65	61	921
5	41	36	67	72	96	80	83	83	76	53	41	32	760
6	28	29	66	52	62	64	66	64	52	45	32	24	584
7	33	35	40	38	61	60	61	43	46	40	36	22	515
8	25	24	32	36	36	48	42	34	41	22	20	19	379
9	21	17	28	34	49	42	48	36	30	26	16	17	364
10	19	10	15	26	22	26	28	25	19	15	19	9	233
11	11	10	17	15	28	22	26	31	20	16	15	19	230
12	16	17	10	16	35	27	44	31	27	22	12	8	265
13	7	17	13	19	26	28	33	35	16	18	14	15	241
14	15	14	13	25	26	28	32	37	21	13	9	12	245
15	5	11	20	21	33	32	33	27	17	10	11	9	229
16	5	8	10	19	15	23	16	35	22	15	9	7	184
17	3	6	18	16	20	26	26	16	25	15	9	8	188
18	4	9	10	9	23	18	19	16	19	14	12	15	168
19	6	8	7	7	16	10	11	12	15	7	6	3	108
20	9	3	8	4	12	17	15	22	17	9	15	5	136
21	4	6	4	15	10	6	9	9	13	12	8	8	104
22	8	6	6	6	3	8	8	13	13	6	2	4	83
23	4	6	6	5	5	9	8	5	3	4	5	7	67
24	6	3	1	2	7	7	9	3	5	2	4	3	53
25	2	2	1	3	2	3	3	13	7	3	3	5	47
26	2	4	1	4	—	6	1	3	8	3	5	4	41
27	3	3	5	2	3	2	5	5	6	6	3	3	46
28	1	4	2	6	4	2	2	1	1	5	2	4	34
29	4	5	—	4	3	2	1	2	6	1	3	4	35
30	3	2	4	1	3	5	3	—	3	1	1	3	29
31	1	2	2	1	6	1	2	5	4	1	—	4	29
32	5	2	3	2	1	3	3	2	2	5	—	2	30
33	1	2	1	—	3	3	2	5	1	1	—	2	21
34	—	1	2	4	3	2	9	—	3	5	4	—	33
35	2	1	3	—	1	1	1	2	5	3	1	4	24
36	2	1	1	1	—	1	5	1	1	3	—	2	19
37	1	1	1	1	2	2	4	3	3	6	1	1	26
38	3	1	3	1	1	3	4	3	3	2	2	—	26
39	—	4	4	2	2	3	3	6	3	4	4	3	38
40	2	2	2	—	—	2	—	4	3	2	4	1	22
41	1	1	—	1	—	2	2	3	2	4	1	5	22
42	—	2	—	—	3	2	2	4	1	2	1	—	17
43	4	—	1	1	3	—	3	2	5	2	1	—	22
44	2	1	3	1	—	—	3	2	2	2	1	1	18

TABEL 14 (Vervolg)

(Continued)

Duur in uren	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
45	1	—	—	—	1	—	—	3	3	—	1	2	11
46	1	1	—	—	—	—	—	1	2	1	1	1	9
47	1	2	—	—	—	2	—	1	—	1	—	1	8
48	—	—	1	—	—	—	1	2	1	3	3	2	13
49	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	2	1	5
50	1	—	—	1	—	1	2	1	1	2	—	1	10
51	2	—	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	5
52	—	2	2	—	—	—	—	—	1	1	2	—	8
53	1	1	—	—	—	1	1	1	—	2	1	—	8
54	—	1	—	—	—	—	—	1	2	1	—	1	6
55	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	2	1	6
56	—	—	1	—	1	1	1	—	2	1	—	1	8
57	—	1	—	—	2	1	—	—	—	—	—	2	6
58	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	1	3
59	—	1	—	—	—	—	1	1	1	—	—	1	3
60	—	1	1	—	—	—	1	—	—	1	—	2	6
61	1	1	—	—	—	1	—	—	—	2	1	—	6
62	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	1	—	4
63	—	—	—	—	1	2	—	1	1	—	—	1	6
64	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	3
65	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2
66	—	—	1	—	—	—	2	—	—	1	—	1	5
67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2
68	—	—	1	1	—	—	1	—	—	1	—	1	5
69	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	2
70	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	3
71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
72	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	2
73	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	1	4
75	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	2
76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
77	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
79	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	3
80	—	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—	3
81	—	—	—	—	1	—	—	1	—	1	—	—	3
83	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	3
84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
85	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	3
87	1	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	3
88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
89	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
90	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	3
91	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
92	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	2
93	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	2
94	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1
95	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
96	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2
100	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1

TABEL 14 (Vervolg)

(Continued)

Duur in uren	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
101	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	2
103	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	I
104	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	I
105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	I	2
107	—	I	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	2
109	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	I
110	—	—	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I
112	—	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I
113	—	—	—	—	—	I	—	—	—	—	—	—	I
117	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	—	I
121	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	—	I
122	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	I
123	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I
126	—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	—	—	I
132	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	I
140	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	—	I
142	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	I
145	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	—	I
146	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	I
153	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	—	I
175	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	I
180	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I

TABEL 15

Vlissingen. Aantal tijdvakken met zwakken wind van
verschillenden duur, gedurende 26 jaar, 1915—1940
*Flushing. Number of periods with light winds of various duration, during
26 years, 1915—1940*

Duur in uren	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
1	143	192	252	201	289	266	243	239	229	241	197	144	2636
2	62	74	130	141	136	131	134	113	103	105	85	84	1298
3	40	48	74	88	90	96	83	84	87	73	53	59	875
4	51	37	44	55	69	66	77	58	63	52	37	38	647
5	26	30	36	38	56	62	59	56	49	35	32	25	504
6	20	34	37	51	52	43	44	42	34	26	28	29	440
7	11	20	27	30	52	30	20	32	23	17	17	14	293
8	18	21	29	30	38	36	34	36	31	18	24	19	334
9	17	9	16	16	18	26	21	27	25	15	16	18	224
10	7	12	12	14	17	24	26	12	19	12	11	12	178
11	4	10	13	18	15	13	18	14	14	8	8	5	140
12	10	10	9	12	9	14	13	11	12	9	5	9	123

TABEL 15 (Vervolg)

(Continued)

Duur in uren	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
83	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
93	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2
96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
97	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
127	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

Dit verschijnsel schijnt een gevolg te zijn van het feit, dat de lange tijdvakken met zwakken wind in den zomer vaker worden onderbroken door enkele uren gedurende het warmste gedeelte van den dag, wanneer onder den invloed der warmteconvectie de windsnelheid tijdelijk boven de vastgestelde grens stijgt. Merkwaardig is de onderbreking bij een duur van ongeveer $1\frac{1}{2}$ etmaal. Er is niet nagegaan of dit periodes zijn bestaande uit een volledig etmaal en een nacht, derhalve zonder een der twee storende reeksen van daguren.

DAGELIJSCH GANG VAN DE WINDSNELHEID

24. In Meded. en Verh. 32 zijn voor de 5 hoofdstations uitvoerige tabellen opgenomen van den dagelijkschen gang der windsnelheid en is het nauwe verband vastgesteld met den verticalen temperatuurgradiënt. In tabel 16 zijn alleen gemiddelden over de tijdvakken Mei—Augustus, November—Februari en het jaar opgenomen.¹⁾

Behalve voor Barendrecht en Urk, die in de volgende § worden besproken, geven de uitkomsten weinig aanleiding tot beschouwingen, welke boven die van Meded. en Verh. 32 uitgaan. De kuststations (Den Helder, Vlissingen) vertoonen de kleinste dagelijksche variatie en een hoog opgestelde windmeter, zooals die van De Bilt, geeft een kleiner verschil tusschen dag en nacht dan de laag geplaatste windmeter van Dirksland, niettegenstaande de ligging van de laatste in het kustgebied.

¹⁾ De getallen, vermeld onder 1, 2, 3 enz. uur zijn gemiddelden der uur-intervallen 0—1, 1—2, 2—3 enz., behalve die van Den Helder en Maastricht (DINES-windmeters), waar op de volle uren is afgelezen.

TABEL 16

Dagelijksche gang van de windsnelheid. Afwijkingen van het daggemiddelde in 0.01 m.p.s.

Diurnal variation of windvelocity. Deviations from the daily mean in 0.01 m.p.s.

	Den Helder, 1915—1927			Groningen, 1906—1927			De Bilt, 1899—1927			Vlissingen, 1908—1927		
	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar
1	-44	-12	-30	-70	-14	-44	-50	-11	-33	-40	-8	-25
2	-40	-14	-29	-69	-17	-44	-53	-12	-34	-42	-14	-29
3	-47	-8	-24	-67	-15	-43	-52	-15	-35	-40	-14	-28
4	-41	-7	-25	-69	-15	-44	-52	-13	-34	-44	-14	-29
5	-32	-13	-22	-68	-15	-44	-52	-14	-36	-36	-8	-23
6	-25	-11	-17	-63	-12	-40	-54	-12	-35	-31	-12	-22
7	-8	-10	-10	-40	-13	-31	-46	-14	-33	-10	-8	-10
8	8	-6	2	-3	-12	-13	-14	-14	-19	5	-8	1
9	23	3	14	30	-10	9	14	-8	0	23	6	20
10	39	12	30	56	4	34	42	1	23	32	18	32
11	46	25	40	78	19	56	62	16	44	46	24	44
12	54	30	46	92	38	73	77	34	62	50	29	46
13	59	28	46	104	44	82	86	42	72	61	36	53
14	58	23	43	107	40	83	89	39	72	62	33	51
15	52	10	32	108	24	77	92	21	65	69	22	50
16	44	-2	21	101	10	63	84	6	50	60	-2	32
17	30	-6	10	81	-5	38	66	-8	28	51	-15	18
18	9	-5	-2	46	-9	11	37	-8	6	30	-16	-1
19	-7	-5	-10	-5	-6	-15	-10	-6	-17	5	-12	-14
20	-30	0	-17	-52	-8	-35	-46	-4	-29	-34	-6	-29
21	-40	0	-20	-76	-6	-42	-56	-5	-31	-58	-4	-34
22	-40	-3	-24	-76	-7	-42	-52	-6	-30	-60	-9	-37
23	-43	-6	-26	-76	-7	-43	-48	-10	-30	-48	-7	-28
24	-46	-10	-30	-74	-11	-44	-49	-11	-31	-44	-9	-28

	Maastricht, 1905—1927			Schiphol, 1939—1940			Waalhaven, 1938—1939			Urk, 1937—1941		
	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar ¹⁾	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar ²⁾	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar
1	-75	-12	-46	-106	-39	-64	-75	-20	-53	32	1	17
2	-72	-10	-45	-108	-36	-65	-69	-5	-46	43	7	26
3	-72	-8	-43	-109	-39	-68	-74	10	-42	30	12	20
4	-71	-8	-43	-115	-36	-68	-76	3	-48	29	9	18
5	-64	-9	-39	-127	-36	-65	-80	-18	-57	39	5	19
6	-53	-9	-34	-105	-32	-58	-77	-15	-51	15	1	11
7	-26	-7	-23	-49	-23	-41	-46	-9	-32	-9	2	9
8	4	-18	-10	4	-22	-23	-12	-10	-11	-34	-1	4
9	46	-7	19	30	-9	4	23	-8	13	-45	5	-10
10	67	16	46	42	20	34	37	13	38	-67	5	-23

¹⁾ Zonder Juli en Augustus. ²⁾ Zonder September en October.

TABEL 16 (Vervolg)

(Continued)

	Maastricht, 1905—1927			Schiphol, 1939—1940			Waalhaven, 1938—1939			Urk, 1937—1941		
	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Juni	Nov.- Febr.	Jaar ¹⁾	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar ²⁾	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar
11	90	32	68	65	46	63	59	39	64	-81	13	-28
12	102	42	79	94	62	86	74	62	82	-71	-1	-30
13	102	48	83	120	74	106	83	69	92	-41	-11	-25
14	104	36	75	131	77	115	90	61	87	-36	-19	-25
15	96	22	68	131	62	114	102	44	78	-27	-29	-31
16	83	-1	46	134	36	92	103	0	55	-10	-29	-21
17	62	-10	25	140	15	64	113	-24	48	-4	-19	-11
18	24	-9	1	119	5	34	86	-38	25	4	-7	-3
19	-20	-13	-23	72	4	7	37	-38	-7	21	5	9
20	-52	-12	-35	-9	-6	-24	-17	-37	-35	29	7	10
21	-64	-12	-39	-72	-24	-49	-54	-26	-47	41	14	21
22	-70	-12	-42	-91	-55	-62	-70	-18	-53	39	13	23
23	-76	-12	-46	-96	-36	-62	-70	-15	-52	47	2	17
24	-77	-12	-46	-95	-40	-63	-79	-11	-52	50	3	23

	Barendrecht, 1936—1937			Gees, 1937—1941			Eefde, 1937—1941			Wageningen, 1938—1941		
	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar
1	11	-8	2	-69	-30	-53	-85	-26	-60	-44	-10	-31
2	18	-15	0	-68	-26	-51	-83	-34	-64	-45	-11	-33
3	10	-5	-8	-71	-22	-50	-86	-33	-64	-46	-7	-32
4	-9	12	-15	-71	-16	-50	-87	-35	-65	-39	-13	-32
5	-23	-10	-23	-71	-15	-49	-82	-32	-61	-33	-13	-30
6	-39	-25	-30	-60	-13	-44	-64	-30	-54	-26	-16	-28
7	-70	-20	-38	-28	-14	-31	-35	-38	-43	-13	-11	-20
8	-112	-22	-62	6	-12	-10	2	-29	-15	1	-10	-9
9	-105	-22	-63	37	-8	16	39	-8	17	17	-3	8
10	-50	-20	-30	57	11	45	65	15	47	29	10	26
11	-2	-20	8	79	35	69	88	37	70	39	24	40
12	4	20	23	87	54	81	109	59	91	66	42	63
13	30	20	33	95	62	90	116	68	101	78	48	70
14	35	-5	22	95	56	90	117	66	103	67	50	68
15	73	18	41	101	37	83	118	59	100	63	36	59
16	95	-8	41	95	20	67	107	33	81	59	9	44
17	77	-8	28	77	2	39	87	6	54	50	-12	24
18	45	10	15	52	-6	11	57	0	24	21	-21	0
19	5	-8	-2	2	-11	-16	11	-3	-5	-9	-15	-15
20	-35	25	-17	-49	-13	-39	-55	-12	-35	-45	-13	-32
21	-26	20	-3	-75	-20	-50	-90	-16	-52	-49	-14	-34
22	11	12	18	-75	-22	-51	-86	-14	-51	-51	-13	-35
23	34	48	32	-75	-25	-53	-87	-18	-56	-45	-15	-33
24	34	20	27	-77	-21	-55	-87	-18	-58	-45	-19	-36

¹⁾ Zonder Juli en Augustus. ²⁾ Zonder September en October.

TABEL 16 (Vervolg)

(Continued)

	Oudewetering, 1939—1941						Dirksland, 1940—1941					
	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar	Mei- Aug.	Nov.- Febr.	Jaar
	Voormiddag			Namiddag			Voormiddag			Namiddag		
1	- 99	- 15	- 59	128	63	106	- 97	- 23	- 61	118	60	96
2	- 100	- 12	- 58	131	51	104	- 102	- 24	- 63	132	57	101
3	- 95	- 16	- 59	139	31	98	- 95	- 19	- 61	137	37	94
4	- 95	- 16	- 58	141	- 6	82	- 89	- 14	- 55	132	16	85
5	- 94	- 10	- 55	123	- 18	57	- 82	- 12	- 53	108	- 23	54
6	- 90	- 9	- 50	85	- 19	24	- 64	- 12	- 44	68	- 40	15
7	- 51	- 4	- 35	30	- 25	- 11	- 33	- 6	- 36	38	- 26	- 5
8	- 7	- 3	- 14	- 47	- 15	- 40	5	- 18	- 12	- 39	- 19	- 38
9	30	- 2	13	- 93	- 14	- 53	22	8	20	- 81	- 18	- 51
10	65	11	43	- 107	- 8	- 61	52	16	41	- 98	- 8	- 52
11	87	27	67	- 104	- 18	- 61	69	28	59	- 92	- 12	- 55
12	118	46	91	- 103	- 17	- 64	86	52	77	- 93	- 10	- 58

BIJZONDERE GEVALLEN

25. Het merkwaardigst is de dagelijksche gang op Urk, waar het minimum overdag en het maximum 's nachts valt. De verklaring van dit verschijnsel moet waarschijnlijk in den verticalen temperatuurgradiënt worden gezocht en de daarmee samenhangende verandering in de sterkte der verticale convectiestroomen. In Meded. en Verh. 32 (pag. 45) is aangetoond, dat op het land tusschen deze beide factoren een zeer nauw verband bestaat. Daar is op het warmste gedeelte van den dag de temperatuurgradiënt evenals de windsnelheid betrekkelijk groot. Boven zee is daarentegen de temperatuurgradiënt 's nachts grooter dan overdag. In Meded. en Verh. 45 vindt men dit verschijnsel besproken (pag. 14 en 15) en is er een verklaring op gebaseerd van den sterkeren regenval en grootere regenwaarschijnlijkheid op zee gedurende den nacht, vergeleken met den dag. Zooals daar uiteen is gezet, verwarmt de lucht zich boven zee overdag sterker dan het water en koelt zij 's nachts meer af. Boven een waterplas, die zooals het IJsselmeer door land omringd is, zal het verschil tusschen den temperatuurgradiënt 's nachts en overdag nog versterkt worden, doordat ook de advection meewerkt en overdag relatief warme lucht van het land over het betrekkelijk koude water en 's nachts koude lucht door den wind over het warmere water wordt gevoerd. De grootere windsnelheid

der hogere luchtlagen zal zich derhalve 's nachts te Urk in sterkere mate aan de lucht in de onderste lagen mededeelen dan overdag het geval is.

De uitkomsten van Urk zijn in fig. 7 grafisch voorgesteld, met die van Barendrecht. Groningen is toegevoegd als station met normalen dagelijkschen gang ter vergelijking.

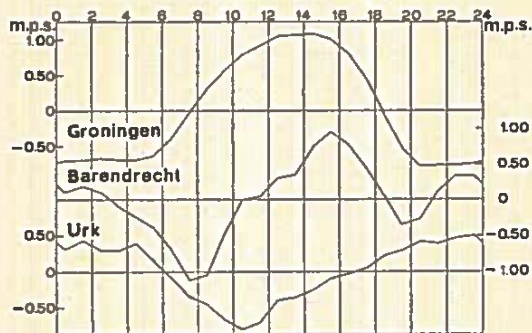


Fig. 7
Dagelijksche gang van de windsnelheid
Diurnal variation of windvelocity

In geringe mate vindt men een dergelijk verschijnsel als te Urk op de twee lichtschepen, Terschellingerbank en Schouwenbank, waarvoor door VAN DER STOK in Meded. en Verh. 13a en 13b de dagelijksche gang van de windsterkte is vermeld. Eenige omzichtigheid is hier weliswaar geboden, omdat het windschattingen volgens de

Beaufort-schaal betreft en het onzeker is, of wellicht de persoonlijke fout op het verschil tusschen de windschattingen in het duister en overdag van merkbaren invloed is geweest. Met dit voorbehoud worden de volgende cijfers, berustende op de gegevens van VAN DER STOK, hier opgenomen (tabel 17).

Voor Terschellingerbank is het verschil tusschen 12 en 16 uur eener- en 24 en 4 uur anderzijds zeer gering, voor Schouwenbank treedt het in alle jaargetijden aan den dag.

De waarnemingen van Barendrecht vertoonen een duidelijken dubbel-daagschen gang. Op dit bijzonder hooge windstation treden de minima van de windsnelheid omstreeks of iets na zonsopkomst en -ondergang veel duidelijker aan den dag dan op de stations, waarvan de uitkomsten in Meded. en Verh. 32 zijn besproken. Er is daarom aanleiding om de daar op pag. 44 gegeven verklaring aan de hand van deze nieuwe gegevens aan te vullen en eenigszins te wijzigen. Het maximum in den namiddag treedt op door de vermenging met de sneller stroomende hogere luchtlagen tengevolge van de warmteconvectie. Daarna vermindert de windsnelheid, doordat de convectie minder intensief wordt. Door de dynamische turbulentie blijft in de onderste lagen nog genoeg doorenmenging over om

TABEL 17

Gemiddelde windsterkte in Beaufort-schaal

Mean windforce in Beaufort-scale

	4	8	12	16	20	24	$\frac{12 + 16}{2}$	$\frac{24 + 4}{2}$
Terschellingerbank								
Dec.—Febr.	3.68	3.57	3.62	3.66	3.60	3.67	3.64	3.67 ^s
Maart—Mei	2.94	2.91	2.93	2.99	2.87	2.92	2.96	2.93
Juni—Aug.	2.56	2.63	2.63	2.73	2.53	2.90	2.68	2.73
Sept.—Nov.	3.56	3.49	3.53	3.55	3.46	3.54	3.54	3.55
Jaar	3.18	3.15	3.18	3.23	3.12	3.26	3.20 ^s	3.22
Schouwenbank								
Dec.—Febr.	3.41	3.31	3.36	3.33	3.32	3.43	3.34 ^s	3.42
Maart—Mei	2.92	2.89	2.81	2.93	2.81	2.92	2.87	2.92
Juni—Aug.	2.77	2.74	2.69	2.80	2.71	2.82	2.74 ^s	2.79 ^s
Sept.—Nov.	3.39	3.34	3.30	3.29	3.30	3.46	3.29 ^s	3.42 ^s
Jaar	3.12	3.07	3.04	3.09	3.04	3.16	3.06 ^s	3.14

den invloed der wrijving aan de aardoppervlakte tot het niveau van den windmeter duidelijk merkbaar te maken, maar de vermenging met de hogere lagen, die meer op de warmteconvectie is aangewezen, neemt sterker af en de windmeter begint lager aan te wijzen. Na zonsondergang wordt door de afkoeling aan den grond de lucht beneden stabiel en de uitwisseling van de lucht op windmeterhoogte met de lucht beneden neemt af, terwijl boven den windmeter de verticale temperatuurgradiënt minder afneemt en vrij labiel blijft en de uitwisseling met de bovenlucht nog blijft gehandhaafd. Voor de verklaring der afneming van de windsnelheid in den nacht en den vroegen morgen, ligt het voor de hand te onderstellen, dat door de voortgaande afkoeling de stabiele gelaagheid der onderste lagen zich allengs tot boven den windmeter heeft uitgebreid, zoodat tusschen de lucht op het windmeterniveau en de bovenlucht weinig uitwisseling meer plaats vindt. Het minimum zal optreden wanneer de warmteconvectie in de onderste lagen opnieuw begint en het niveau van den windmeter bereikt. Wanneer zij tot grooter hoogte doordringt, zal de windsnelheid weer toenemen.

WINDRICHTING

FREQUENTIES VAN WINDRICHTINGEN

26. De frequenties der volgende tabellen zijn ontleend aan 3-maal-daagsche waarnemingen, verricht te 8, 14 en 19 uur, met uitzondering van die der kuststations Rottumeroog, Vlieland, IJmuiden en Hoek van Holland. De laatstgenoemde zijn afgeleid uit een zestal 4-uurgemiddelden (0—4, 4—8 enz.) per dag, die van diagrammen zijn afgelezen; wanneer de windrichting in het tijdvak van 4 uur sterk varieerde is de waarneming gerangschikt onder „veranderlijk”, in tabel 20 door V aangegeven.

De met klein type gedrukte getallen in de kolom „Jaar” geven de gemiddelde windkracht aan volgens de Beaufort-schaal. Voor de hoofdstations zijn in tabel 18 aantallen voor 8 richtingen opgenomen, ontleend

TABEL 18

Frequenties van windrichtingen. Waarnemingen te 8, 14 en 19 uur, aantal per 1000 waarnemingen

Frequencies of winddirection. Observations at 8, 14 and 19 h., number per 1000 observations

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar met windkracht
Den Helder, 1893—1940													
N	53	61	85	139	153	143	119	104	124	75	67	52	98
NE	67	86	128	158	204	137	92	90	107	90	64	54	106
E	119	135	129	104	108	82	60	63	108	138	130	117	108
SE	104	105	74	58	36	35	37	50	79	106	125	104	76
S	191	167	135	85	68	57	77	95	107	161	204	241	133
SW	221	210	226	195	186	211	247	235	168	182	168	201	205
W	145	123	112	119	106	149	193	194	155	131	139	138	143
NW	88	97	94	131	123	170	159	155	132	101	94	82	119
C	10	14	17	11	15	15	16	15	19	17	9	11	14
Groningen, 1894—1940													
N	39	54	94	145	158	146	118	110	93	53	40	34	90
NE	75	90	108	131	169	117	83	71	95	90	66	68	97
E	128	135	125	105	114	83	58	55	93	134	135	116	105
SE	116	117	109	85	76	65	62	67	107	120	143	127	99
S	157	139	115	79	69	65	86	105	109	161	170	202	122
SW	267	227	211	168	141	157	197	220	197	238	255	258	212
W	133	129	110	108	104	141	174	179	145	107	103	115	130
NW	81	105	124	176	167	222	214	186	153	90	83	73	140
C	4	4	6	3	3	4	8	6	9	6	5	6	5

TABEL 18 (Vervolg)

(Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar met windkracht
De Bilt, 1897—1940													
N	42	62	96	138	156	158	126	105	100	62	47	30	94 2.7
NE	88	118	133	148	159	118	83	86	111	102	83	89	109 2.6
E	94	92	92	78	75	52	34	42	75	90	100	89	75 2.4
SE	122	120	98	72	77	65	62	67	96	132	129	126	97 2.5
S	195	177	139	102	99	96	111	132	138	201	212	236	153 2.9
SW	227	190	181	155	139	144	194	212	182	208	219	226	191 3.0
W	141	138	145	148	129	159	186	186	143	105	117	124	144 2.9
NW	76	86	102	148	151	197	186	149	133	78	77	66	121 2.7
C	15	16	13	12	14	12	18	20	23	22	16	14	16
Vlissingen, 1893—1940													
N	40	66	88	152	170	157	120	103	102	55	43	35	95 2.6
NE	91	121	137	145	176	128	90	92	129	117	103	78	117 2.8
E	121	126	112	101	109	80	62	72	116	125	124	115	104 2.7
SE	80	81	69	56	55	46	50	51	69	85	80	72	66 2.5
S	197	172	130	82	77	66	89	104	131	196	217	234	140 3.3
SW	237	197	183	152	129	142	183	204	164	203	225	243	189 3.6
W	146	152	177	186	166	229	253	241	159	124	124	134	175 3.4
NW	76	74	87	115	108	142	143	122	113	80	69	74	101 2.8
C	12	11	15	11	11	10	9	10	17	16	14	14	13
Maastricht, 1893—1940													
N	67	83	102	122	141	128	94	88	100	71	58	53	93 2.0
NE	97	120	127	139	164	123	92	81	117	124	113	87	115 2.0
E	74	68	78	78	85	67	47	52	69	82	78	63	70 1.9
SE	62	58	58	51	46	38	43	51	63	68	69	72	57 1.6
S	243	223	181	132	131	115	130	156	174	234	252	282	189 2.2
SW	266	232	222	191	157	191	245	256	209	222	265	265	227 2.6
W	122	138	141	162	155	199	219	192	156	119	107	117	152 2.4
NW	45	60	75	113	104	123	113	102	78	49	37	38	78 2.1
C	25	18	17	12	16	17	17	20	33	30	21	23	20

aan de gegevens, die worden gebruikt voor het „Maandelijksch Overzicht der Weersgesteldheid”. Frequenties van 24-uurwaarnemingen der hoofdstations voor 16 richtingen zijn vermeld op pag. 72—74 van Meded. en Verh. 32.

Voor de termijnstations, die worden vermeld in het reeds genoemde maandooverzicht, is de bewerking geschied voor 16 richtingen (tabel 19). De waarnemers blijken over het algemeen een duidelijke voorkeur te hebben voor de hoofdrichtingen. De reeks Akkrum—Rottum is als één geheel behandeld, van Avereest—Den Hulst—Wijster is alleen de reeks van

Averceest opgenomen, terwijl Katwijk a/d Rijn en Naaldwijk afzonderlijk zijn bewerkt.

TABEL 19

Frequenties van windrichtingen. Waarnemingen te 8, 14 en 19 uur, aantal per 1000 waarnemingen

Frequencies of winddirection. Observations at 8, 14, and 19 h., number per 1000 observations

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar met windkracht
Amsterdam, (Filiaalinrichting), 1907—1940													
N	28	36	43	81	80	89	67	69	68	41	33	22	55 2.8
NNE	20	34	55	88	98	78	58	45	50	41	23	18	51 2.7
NE	29	55	65	84	98	63	42	50	49	47	30	38	54 3.2
ENE	42	61	62	51	65	37	30	35	40	43	43	43	46 3.1
E	71	80	88	76	95	58	41	51	74	83	76	71	72 2.8
ESE	43	46	47	34	34	23	20	21	44	55	55	32	38 2.5
SE	41	45	33	22	19	16	21	22	31	47	51	46	33 2.4
SSE	61	54	41	26	18	25	28	28	40	45	59	66	41 2.8
S	123	103	78	54	45	42	51	56	78	123	124	152	86 3.0
SSW	166	120	100	65	64	54	83	106	107	146	169	175	113 3.4
SW	102	91	109	89	76	97	120	114	89	86	82	91	95 3.7
WSW	68	64	65	71	69	82	105	87	68	48	54	59	70 3.6
W	73	66	63	70	68	85	100	100	76	64	60	68	74 3.4
WNW	55	53	53	61	52	79	82	85	66	49	52	53	62 3.6
NW	41	49	51	57	59	96	81	70	54	33	38	33	55 3.4
NNW	26	30	36	59	50	69	62	51	47	29	41	27	44 3.1
C	9	12	13	11	10	7	10	11	19	19	11	7	12
Rotterdam (Filiaalinrichting), 1907—1940													
N	31	48	65	103	98	99	73	71	63	40	38	25	63 2.6
NNE	23	29	40	56	63	50	31	43	42	38	27	26	39 2.6
NE	28	44	61	74	81	49	32	37	50	47	36	28	47 2.5
ENE	37	57	53	47	55	33	19	30	39	63	37	37	42 2.5
E	52	55	48	52	53	35	24	31	41	48	46	53	45 2.4
ESE	47	60	55	32	59	29	31	34	50	65	64	43	47 2.5
SE	52	60	51	39	36	33	35	34	53	58	67	63	48 2.4
SSE	60	67	40	33	22	28	28	32	43	60	60	77	46 2.5
S	75	69	50	36	29	29	31	41	50	74	77	100	55 2.6
SSW	115	75	65	44	46	48	62	55	59	90	112	121	74 3.0
SW	168	113	114	88	71	96	134	115	100	107	131	147	115 3.4
WSW	120	105	126	117	104	123	161	146	118	108	89	105	118 3.8
W	58	70	80	81	75	88	97	109	91	70	76	58	79 3.4
WNW	39	45	45	50	51	74	76	75	58	35	35	35	52 3.1
NW	29	36	34	51	57	78	78	65	49	24	28	24	46 2.8
NNW	21	19	28	56	58	72	54	56	43	27	29	21	40 2.9
C	46	49	46	40	42	35	34	25	52	48	49	38	42

TABEL 19 (Vervolg)

(Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar met windkracht	
Hoorn, 1905—1940														
N	34	29	47	81	85	81	56	50	63	31	36	26	52	2.7
NNE	19	35	53	93	110	87	71	63	56	36	23	23	56	2.9
NE	21	27	40	55	74	55	38	33	39	33	18	21	38	2.9
ENE	41	53	70	63	85	55	37	38	62	60	38	46	54	3.1
E	85	96	97	93	103	70	56	50	79	99	86	90	84	3.0
ESE	43	68	53	36	36	22	20	23	35	40	52	27	38	2.8
SE	21	20	19	17	9	9	13	13	17	19	25	14	16	2.6
SSE	36	39	34	27	22	19	22	22	29	46	41	41	31	2.5
S	63	71	58	40	34	33	26	48	43	72	65	88	53	2.4
SSW	59	52	40	38	24	21	33	26	35	48	76	73	44	3.1
SW	123	90	81	60	55	45	77	81	84	108	125	149	90	3.4
WSW	204	171	162	119	126	165	220	189	164	197	185	183	174	5
W	144	122	120	116	114	159	163	187	134	102	115	123	133	3.3
WNW	55	63	52	73	47	72	68	86	59	49	45	45	59	3.0
NW	20	25	30	38	26	32	41	34	41	17	25	16	29	2.8
NNW	27	31	38	48	44	64	52	42	43	27	33	27	40	2.8
C	5	7	5	5	7	12	10	14	18	16	12	8	10	
Akkum, Juli 1920—Maart 1937, Rottum, April 1937—1939														
N	32	37	57	92	112	103	57	66	58	48	34	30	59	2.3
NNE	8	16	27	29	40	29	19	21	17	9	4	10	19	2.5
NE	28	60	78	86	87	48	48	41	40	34	29	49	52	2.3
ENE	9	37	38	24	29	14	7	12	17	16	25	38	22	2.6
E	79	141	127	74	76	38	48	49	83	106	114	108	87	2.8
ESE	35	30	20	26	27	19	9	11	18	27	39	36	25	2.7
SE	75	85	59	62	48	33	27	45	52	61	83	63	57	2.4
SSE	37	22	18	18	9	15	11	20	26	23	28	35	22	2.6
S	113	72	82	54	63	65	85	93	98	94	105	113	87	2.9
SSW	43	34	24	23	28	25	42	48	31	43	57	45	37	3.7
SW	224	140	136	101	103	130	179	141	139	158	169	182	151	3.6
WSW	57	46	48	44	39	51	56	57	44	54	43	54	50	3.7
W	124	119	124	124	117	146	179	165	137	120	103	110	131	3.1
WNW	25	47	25	46	33	63	56	56	43	35	21	19	39	3.0
NW	72	70	89	110	108	146	125	105	116	88	81	56	97	2.8
NNW	25	19	23	57	40	54	29	40	23	25	12	18	30	2.7
C	25	27	27	32	41	21	24	30	59	60	53	33	36	
Avereest, October 1904—September 1924														
N	23	37	63	93	76	99	82	47	71	36	32	17	56	2.3
NNE	12	24	38	64	57	49	31	20	33	27	23	17	33	2.3
NE	66	62	89	94	84	49	38	41	60	86	57	51	65	2.5
ENE	33	40	44	42	47	22	16	15	29	45	29	26	32	2.6
E	59	55	62	64	76	57	31	23	58	90	71	36	57	2.6
ESE	34	34	22	18	29	16	12	10	29	25	39	28	25	2.5
SE	40	61	38	24	32	28	20	18	37	52	51	60	38	2.3
SSE	27	39	37	17	24	9	11	22	17	46	31	38	26	2.4
S	73	86	56	50	44	30	27	37	49	84	72	103	59	2.8

TABEL 19 (Vervolg)

(Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar met windkracht
Avereest, October 1904—September 1924													
SSW	55	70	46	30	38	28	38	47	50	74	74	84	53 3.4
SW	141	120	117	97	78	96	132	152	123	114	162	194	127 3.6
WSW	97	68	55	53	46	62	70	73	62	63	65	84	67 3.6
W	169	128	153	109	117	130	158	161	131	93	110	110	131 3.4
WNW	60	56	44	69	68	83	87	94	68	38	43	50	63 3.1
NW	62	55	73	91	96	153	125	137	91	48	71	44	87 2.7
NNW	17	22	31	54	59	59	75	56	43	23	20	15	39 2.6
C	31	43	33	31	30	29	48	49	49	56	52	44	41
Naaldwijk, Februari 1928—1940													
N	31	43	47	99	112	88	26	45	55	34	26	22	52 2.6
NNE	28	40	38	47	77	35	22	20	44	34	15	22	35 2.8
NE	47	96	59	60	74	40	17	46	58	58	35	62	54 2.6
ENE	57	71	73	32	50	40	14	42	42	41	50	70	48 2.6
E	63	64	79	50	38	27	12	35	37	50	54	53	47 2.1
ESE	34	44	31	29	16	15	12	20	25	22	32	29	26 2.1
SE	56	42	49	32	24	21	28	30	37	31	66	54	39 1.9
SSE	70	43	45	28	19	26	23	22	51	49	78	87	45 2.3
S	125	93	76	50	44	52	68	41	78	125	156	162	89 2.3
SSW	158	84	92	60	52	64	106	73	98	126	138	109	97 3.0
SW	94	99	118	94	76	107	171	141	88	97	85	84	104 3.1
WSW	51	63	65	77	83	115	175	120	103	100	68	61	90 3.1
W	72	82	70	89	89	115	121	116	69	79	68	74	87 2.8
WNW	27	47	36	58	47	73	56	77	42	38	34	32	47 3.0
NW	40	36	46	80	69	63	63	49	54	35	21	31	49 2.7
NNW	27	26	53	101	116	100	60	78	50	39	30	19	58 2.9
C	20	26	22	15	15	19	26	46	69	44	44	29	31
Katwijk a/d Rijn, 1893—1927													
N	33	40	64	107	132	162	139	96	88	42	39	26	81 2.9
NNE	14	21	40	63	56	50	34	30	37	25	17	14	33 2.6
NE	63	94	114	114	118	74	63	52	79	96	77	66	84 2.6
ENE	36	48	45	61	48	41	21	32	42	44	60	38	43 2.8
E	78	63	48	56	65	33	30	31	65	74	89	69	58 2.2
ESE	29	20	15	16	13	13	8	14	25	23	18	20	18 2.2
SE	63	70	48	34	31	31	31	29	52	71	78	65	50 2.5
SSE	43	32	30	23	17	12	21	27	24	43	44	53	31 2.4
S	148	145	99	65	59	53	55	90	94	163	172	188	111 2.9
SSW	56	44	38	24	21	15	21	40	36	54	50	69	39 3.6
SW	143	155	167	124	101	92	111	125	101	93	100	123	120 4.1
WSW	51	51	60	64	63	83	94	102	52	43	41	46	62 3.7
W	123	108	105	102	106	134	151	145	133	96	112	112	119 3.4
WNW	36	28	33	32	33	39	52	46	38	29	20	29	35 3.4
NW	41	42	49	71	75	105	96	76	66	51	43	41	63 3.4
NNW	14	17	20	31	42	48	47	35	28	17	14	14	27 3.3
C	28	22	26	13	18	14	23	28	39	36	25	26	25

TABEL 19 (Vervolg)

(Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar met windkracht
Winterswijk, 1900—1940													
N	22	32	46	59	67	69	51	38	46	32	24	19	42 2.0
NNE	27	42	42	54	56	44	32	29	39	37	28	28	38 2.3
NE	57	73	81	76	77	54	36	48	51	58	60	63	61 2.3
ENE	49	54	48	51	65	41	25	27	43	47	46	47	45 2.6
E	64	69	67	71	75	48	39	39	76	78	77	59	64 2.2
ESE	32	38	33	29	34	30	23	22	36	39	38	37	33 2.1
SE	40	43	44	29	28	24	36	34	37	48	48	55	39 1.9
SSE	50	41	33	24	22	28	33	35	33	44	42	55	37 2.3
S	85	85	68	53	51	47	55	59	63	103	101	112	74 2.6
SSW	124	94	96	65	73	83	104	99	97	120	127	129	101 2.9
SW	174	146	130	128	111	125	158	176	130	150	162	167	146 3.0
WSW	99	87	88	75	61	73	87	82	77	65	76	80	79 3.0
W	81	76	73	89	83	89	86	99	75	59	61	69	78 2.7
WNW	31	43	49	52	45	67	60	52	39	26	33	28	44 2.6
NW	31	27	40	75	78	98	80	67	47	26	24	20	51 2.4
NNW	10	19	25	43	44	49	46	34	30	13	15	9	28 2.3
C	23	30	36	28	29	31	47	59	82	56	39	22	40
Oudensch, 1906—1940													
N	23	29	52	80	83	102	71	71	68	29	28	17	54 2.3
NNE	22	21	34	62	59	45	27	32	35	23	22	15	33 2.5
NE	66	104	93	107	126	85	69	84	99	77	82	73	89 2.5
ENE	40	44	44	41	63	38	22	24	37	50	36	37	40 2.8
E	48	46	45	40	52	30	24	27	40	60	49	53	43 2.4
ESE	29	33	33	20	26	18	14	12	23	30	27	20	24 2.5
SE	84	87	73	54	46	31	37	44	64	77	85	92	64 2.5
SSE	57	51	45	32	26	17	20	23	37	50	64	63	40 3.0
S	112	92	75	52	61	42	57	54	66	112	94	111	77 3.1
SSW	86	78	75	61	42	41	62	64	64	84	100	99	71 3.6
SW	166	138	126	97	84	115	160	165	137	155	160	176	140 3.6
WSW	49	47	41	41	45	58	67	69	50	45	43	46	50 3.6
W	87	88	89	88	95	115	132	117	84	73	64	72	92 3.2
WNW	34	34	35	48	44	59	52	53	33	29	34	29	40 3.3
NW	48	55	76	94	72	122	108	91	78	45	47	49	74 3.1
NNW	25	25	35	66	56	65	58	50	43	22	23	21	41 2.9
C	27	28	28	19	18	17	21	22	43	42	43	25	28
Gemert, 1905—1940													
N	26	32	54	83	85	82	60	61	58	42	26	22	53 2.3
NNE	21	42	41	55	63	42	29	22	37	42	32	30	38 2.5
NE	51	75	81	92	94	59	45	48	63	69	60	58	66 2.6
ENE	39	45	46	44	45	32	17	20	27	36	34	42	36 2.6
E	59	60	60	54	70	44	31	35	56	63	56	50	53 2.3
ESE	38	42	34	23	30	22	22	24	28	35	40	35	31 2.5
SE	66	72	60	36	41	36	43	40	50	65	84	81	56 2.5
SSE	59	57	51	36	26	33	31	35	43	55	59	72	46 2.5

TABEL 19 (Vervolg)

(Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar met windkracht
Gemert, 1905—1940													
S	116	104	96	71	68	73	84	99	104	111	124	114	97 2.7
SSW	87	66	70	61	61	63	79	78	75	78	90	95	75 3.0
SW	174	140	127	115	110	123	168	165	142	149	170	180	147 3.0
WSW	83	66	62	56	40	56	65	81	62	62	65	70	64 3.0
W	78	90	79	88	88	116	125	109	99	77	67	71	91 2.8
WNW	34	36	41	55	50	78	60	69	41	27	23	26	45 2.7
NW	30	34	45	73	64	73	82	59	52	31	21	22	49 2.4
NNW	21	20	36	45	48	54	44	31	28	24	18	11	32 2.4
C	19	17	18	12	16	15	18	22	33	33	31	20	21

Tabel 20 bevat de waarnemingen van de reeds genoemde 4 kuststations van den Rijkswaterstaat.

TABEL 20

Frequenties van windrichtingen, volgens 4-uurgemiddelden, 0—4, 4—8 enz., aantal per 1000 waarnemingen

Frequencies of winddirections, of 4-hourly means, 0—4, 4—8 etc., number per 1000 observations

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar met windkracht
Rottumeroog, 1926—1940													
N	22	22	32	79	97	76	68	65	51	37	23	19	49 3.7
NNE	17	16	20	60	72	51	45	37	38	19	12	17	34 3.6
NE	31	48	56	82	142	78	54	79	60	39	25	35	61 3.7
ENE	52	91	67	90	116	60	27	47	52	64	44	89	67 4.1
E	58	107	117	72	81	62	38	63	64	73	92	122	79 3.9
ESE	57	76	54	37	28	30	23	37	61	35	49	55	45 3.8
SE	69	64	58	37	23	31	27	32	49	39	73	54	46 3.4
SSE	69	33	37	29	15	17	19	20	26	37	68	47	35 3.3
S	116	69	60	51	29	51	70	37	73	83	122	101	72 3.7
SSW	121	82	84	50	30	58	60	50	67	108	131	118	80 4.2
SW	194	131	129	86	60	82	133	127	135	164	144	152	128 4.2
WSW	56	61	55	42	35	57	67	77	68	64	61	57	58 4.4
W	52	56	66	62	40	75	80	80	64	76	56	45	63 4.4
WNW	32	53	48	52	54	73	85	75	53	50	30	26	53 4.4
NW	28	49	65	76	84	92	99	88	67	61	30	27	64 4.2
NNW	15	32	36	75	75	86	83	70	55	34	27	23	51 4.3
V	11	10	13	18	19	21	21	14	17	15	13	12	15 2.0
C	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0

TABEL 20 (Vervolg)

(Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar met windkracht
Vlieland, 1926—1940													
N	43	49	39	101	98	89	81	70	70	59	30	39	64 4.0
NNE	22	33	48	80	99	96	51	55	53	34	26	21	51 3.8
NE	21	45	52	94	141	69	44	74	66	45	27	35	59 3.6
ENE	52	78	63	72	111	51	32	55	53	64	33	70	61 3.9
E	65	93	75	52	86	57	25	60	57	70	83	86	67 4.1
ESE	51	64	69	33	36	32	25	31	43	39	56	66	45 3.8
SE	58	75	68	32	31	30	34	30	59	47	55	62	48 3.6
SSE	62	37	50	31	22	17	18	26	36	30	74	58	39 4.0
S	109	64	70	47	36	22	42	38	65	70	121	115	67 4.2
SSW	101	87	68	56	47	60	60	49	77	90	101	108	75 4.5
SW	109	85	80	90	61	119	152	111	82	120	119	83	101 4.5
WSW	76	56	78	47	40	89	141	103	74	74	72	51	75 4.6
W	83	67	70	64	40	71	91	81	66	64	59	58	68 4.5
WNW	47	56	58	46	38	52	70	65	58	56	41	45	53 4.5
NW	58	62	49	68	38	59	69	64	66	69	47	57	59 4.3
NNW	36	37	51	62	61	63	45	71	59	54	43	34	51 4.3
V	9	10	11	23	17	23	18	16	16	14	15	12	15 2.1
C	0	0	0	1	0	0	3	1	1	0	0	1	1
IJmuiden, 1928—1940													
N	28	40	49	119	122	101	69	78	68	43	36	32	65 4.0
NNE	21	25	32	59	80	58	31	43	50	36	26	17	40 3.3
NE	56	89	97	75	135	88	54	91	97	78	50	51	80 3.3
ENE	84	161	119	89	127	76	29	79	85	60	73	99	90 3.7
E	62	64	67	66	48	44	31	50	70	62	80	79	60 3.1
ESE	53	58	52	30	16	15	21	18	35	31	41	42	34 3.2
SE	57	48	50	31	15	18	28	35	45	42	69	77	43 3.2
SSE	66	29	33	21	14	20	25	28	32	55	65	89	40 3.5
S	114	67	62	47	33	37	55	41	68	114	109	129	73 3.7
SSW	119	82	99	62	36	62	72	40	59	74	97	66	72 4.3
SW	100	84	83	100	78	117	146	98	78	91	89	45	92 4.4
WSW	55	54	55	46	49	63	120	82	59	50	60	56	63 4.5
W	62	58	61	56	44	66	95	92	74	93	81	78	72 4.6
WNW	38	40	34	36	35	53	65	56	41	52	42	45	45 4.5
NW	44	55	43	70	62	82	80	80	65	59	37	50	61 4.4
NNW	29	35	48	77	82	76	56	64	45	38	28	31	51 4.4
V	13	10	15	17	24	22	22	26	22	15	14	19	19 2.2
C	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Hoek van Holland, 1926—1940													
N	19	28	31	66	71	63	46	41	36	26	20	18	39 3.5
NNE	9	20	45	67	104	76	49	51	39	20	18	15	43 3.3
NE	23	53	51	73	86	59	42	59	36	24	23	27	46 3.2
ENE	50	95	83	53	80	39	24	46	60	52	45	59	57 3.3
E	78	100	101	60	81	53	28	63	83	69	69	132	76 3.1
ESE	58	68	58	37	50	35	19	60	53	60	78	65	53 2.9
SE	76	70	70	54	33	30	25	42	59	59	96	71	57 3.1

TABEL 20 (Vervolg)

(Continued)

	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar met windkracht
Hoek van Holland, 1926—1940													
SSE	82	35	36	30	16	21	20	15	43	46	75	78	41 3.6
S	123	55	44	35	23	26	30	25	44	77	95	93	56 2.6
SSW	95	63	65	50	35	43	50	53	73	94	106	82	67 3.9
SW	108	123	114	98	97	130	133	101	108	101	98	88	109 4.3
WSW	79	78	92	82	58	103	159	125	83	91	82	73	92 4.2
W	73	70	70	91	66	94	138	90	85	97	75	82	86 4.2
WNW	42	51	45	62	57	66	92	82	62	66	43	37	59 4.1
NW	38	42	38	66	58	74	76	53	62	59	33	37	53 3.8
NNW	29	32	34	53	53	63	44	46	44	38	22	22	40 3.8
V	16	17	24	22	29	27	23	31	31	21	21	21	24 2.4
C	1	0	0	0	0	0	1	8	0	1	0	0	1

Van enkele andere termijnstations zijn in tabel 21 alleen de frequenties voor het gehele jaar opgenomen.

TABEL 21

Frequenties van windrichtingen, jaargemiddelden. Waarnemingen te 8, 14 en 19 uur, aantal per 1000 waarnemingen

Frequencies of wind directions, annual means. Observations at 8, 14, and 19 h., number per 1000 observations

	Hellevoet- sluis 1876—1905	Zurphen 1894—1912	Warnsveld 1916—1935	Goes 1907—1922	Sittard 1906—1940		Hellevoet- sluis	Zurphen	Warnsveld	Goes	Sittard
N	49	67	46	68	55	S	32	96	102	58	63
NNE	24	35	35	24	28	SSW	65	60	119	36	81
NE	64	55	73	82	61	SW	122	86	122	139	152
ENE	83	55	39	30	25	WSW	123	94	51	57	61
E	82	47	74	87	70	W	94	73	76	169	136
ESE	21	36	21	13	32	WNW	37	38	50	33	40
SE	33	63	52	31	22	NW	56	75	86	51	56
SSE	19	32	30	17	21	NNW	26	45	15	17	22
						C	70	42	10	86	75

Wat de Nederlandsche lichtschepen betreft, moge worden verwezen naar Meded. en Verh. 13a, 13b en 13c, waarin frequenties van windrichtingen (magnetisch) zijn opgenomen. Uit de genoemde publicatie zijn alleen in § 27 de resulterende windrichtingen overgenomen.

RESULTEERENDE WINDRICHTING

27. De jaargemiddelden der frequenties zijn met de bijbehorende gemiddelde windkrachten vermenigvuldigd en de verkregen windvectoren zijn in componenten ontbonden. Hieruit is de resultante bepaald en de resulterende windrichting is in fig. 8 in tekening gebracht behalve voor Noordhinder, dat buiten de tekening valt. De lengte der pijlen is in de figuur voor alle stations gelijk genomen. De richtingen, uitgedrukt in aantal graden afwijking met het noorden, zijn opgenomen in tabel 22.

Over het algemeen draaien de pijlen iets naar links op de stations, die verder het land in liggen. Overigens zijn de onderlinge verschillen wel voornamelijk aan locale omstandigheden toe te schrijven. Vrij zeker is dit het geval te Avereest. Evenals daar is waarschijnlijk ook te IJmuiden de resultante te veel naar rechts gedraaid. Dit laatste kan verband houden met de onmiddellijke nabijheid van het Noordzee-kanaal, dat als trek gat werkt (zie § 17) en de wind in de richting van het kanaal doet afwijken.

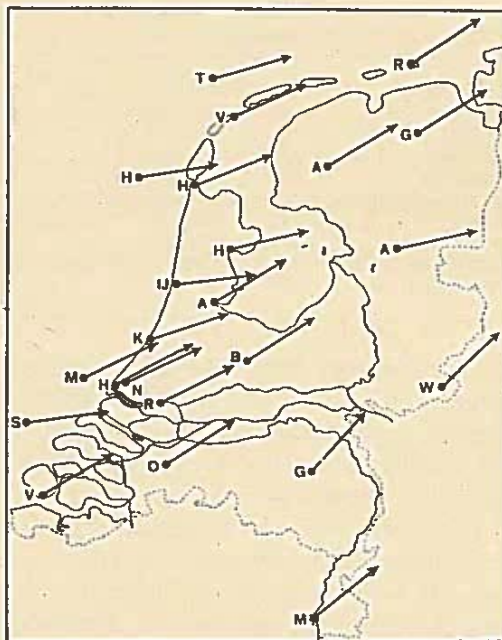


Fig. 8

Resulteerende windrichting Resultant winddirection

SECULAIRE VERANDERING IN DE WINDRICHTING

28. In een publicatie van Dr. Ir. J. VAN VEEN¹⁾ is afgeleid, dat de gemiddelde windrichting te Amsterdam in de laatste 240 jaren 10° is ge-

¹⁾ Is de heerschende windrichting te Amsterdam sedert 1700 gekrompen? Tijdschrift Kon. Ned. Aandr. Gen. 57, p. 686, 1940.

TABEL 22

Resulteerende windrichting
Resultant winddirection

Station	Wind- rich- ting	Station	Wind- rich- ting	Station	Wind- rich- ting
Den Helder . . .	250°	Naaldwijk . . .	244°	Terschellingerbank, 1884—1908. . .	255°
Groningen . . .	238°	Rotterdam (filiaal). . .	243°	Haaks, 1890—1909	261°
De Bilt . . .	236°	Winterswijk . . .	226°	Maas, 1891—1910.	244°
Vlissingen . . .	239°	Oudenbosch . . .	236°	Schouwenbank, 1882—1906. . .	262°
Maastricht . . .	231°	Gemert . . .	222°	Noordhinder, 1859—1883. . .	234°
Akkrum—Rottum .	238°	Rottumeroog . . .	235°	Noordhinder, 1884—1908. . .	244°
Hoorn . . .	257°	Vlieland . . .	245°		
Averceest . . .	257°	IJmuiden . . .	264°		
Amsterdam (filiaal)	238°	Hock van Holland	241°		
Katwijk a/d Rijn .	250°				

krompen; uit een bewerking volgens windrozen wordt een hooger bedrag, namelijk ruim 20° gevonden. Een bezwaar, waar de schrijver ook zelf de aandacht op vestigt, is de niet volledige betrouwbaarheid der waarnemingen. Het probleem verdient zeker een nader onderzoek door middel van andere nog niet bewerkte waarnemingsreeksen.

Een verandering in denzelfden zin is indertijd door Ir. A. HAVINGA en schrijver dezer gevonden. Ir. HAVINGA heeft kunnen vaststellen, dat voor de wintermaanden een bevredigende overeenstemming wordt gevonden tusschen de gegevens van Zwanenburg (1743—1772) en de heden-daagsche waarnemingen, maar dat in de 3 andere jaargetijden de wind veel vaker recht op de kust stond. Mijn ervaring bij een voorloopige bewerking was geweest, dat de windvector (totale luchtverplaatsing) te Zwanenburg in het tijdvak 1743—1786 ruim 10° meer westelijk (minder zuidelijk) was dan de nieuwere waarnemingen van Den Helder en De Bilt aangeven. De bedoelde resulteerende windrichtingen waren:

Zwanenburg, 1743—1772 (HAVINGA)	N 247° O
„ „ 1743—1786 (BRAAK)	N 251° O
Den Helder, 1894—1927 (BRAAK)	N 240° O
De Bilt, 1897—1927 (BRAAK)	N 236° O

De gevonden verschillen behoeven nog niet als een doorslaand bewijs voor een seculaire verandering der windrichting beschouwd te worden. Plaatselijke invloeden, onnauwkeurigheden in de waarnemingen en regionale

verschillen zouden het misschien kunnen verklaren. Zij worden echter bevestigd door een waarneming, die ik in het Heilooër bosch heb gedaan. Bij het nagaan van de richting, waarin de boomen daar onder den invloed van harden wind zijn scheefgegroeid, welk verschijnsel het best bij de oude exemplaren is waar te nemen, kon een richting worden vastgesteld die weinig van WNW-OZO afwijkt. Echter werd mijn aandacht getrokken door een afwijking, die in het westen van het bosch werd waargenomen bij jongere exemplaren. De vervorming van de kroon wees hierbij namelijk op een windrichting, die meer westelijk, op weinig na west was.

Het verschijnsel maakt den indruk, dat nadat de deformatie van de oudere boomen had plaats gevonden, een meer westelijke richting van de schadelijke winden is opgetreden.

ANEMOMETERONDERZOEK

ROBINSON-WINDMETER TE DE BILT

29. Voor den ROBINSON-anemometer te De Bilt is de formule gebruikt, die in § 5 is vermeld. De in April 1939 in den windtunnel te Delft uitgevoerde vergelijking gaf tot resultaat, dat bij de onderstaande aanwijzingen van den anemometer de formule de volgende afwijkingen ten opzichte van de ijking geeft.

Bij aflezing, m.p.s. . .	1.27	1.86	2.55	3.52	4.66	6.11	8.0
Afwijking, m.p.s. . .	0.01	0.01	- 0.07	- 0.06	- 0.12	- 0.14	- 0.2
Bij aflezing, m.p.s. . .	10.0	12.5	16.1	19.6	22.4	28.4	29.6
Afwijking, m.p.s. . .	- 0.1	0.2	0.8	1.4	2.1	3.3	3.3 (1)

De afwijkingen blijken vrij gering te zijn en daar zij zoowel het positieve als het negatieve teken hebben, zal de afwijking voor de gemiddelde windsnelheid van geen beteekenis zijn.

Het is de vraag in hoeverre dit in een constanten luchtstroom verkregen resultaat van toepassing is op den anemometer in den natuurlijken wind, waarbij de traagheid van het molentje bij de wisselende windsnelheden van invloed kan zijn.

Wij hebben getracht deze vraag op te lossen door vergelijking met den drukanemometer van DINES, die op den toren te De Bilt op dezelfde hoogte is opgesteld als de ROBINSON. Daarvoor zijn voor een 32-tal stormen, die van 1929—1939 hebben gewaaid, de uurgemiddelden van de twee instrumenten met elkaar vergeleken. Voor ieder geval werden voor 3—3.9,

4—4.9 enz. m.p.s. volgens de aanwijzingen van den ROBINSON 2 paren vergelijkingen verkregen, zoodat totaal voor elk interval 64 verschillen beschikbaar waren, behalve voor de hoogste snelheden, waar het aantal geringer was, nl. voor 14—14.9, 15—15.9, 16—16.9 en 17—17.9 m.p.s. respectievelijk 51, 41, 22 en 10. De uitkomsten dezer 4 intervallen zijn tot die van de gemiddelden uit de 64 gevallen gereduceerd.

Als bezwaar werd bij deze vergelijking ondervonden, dat het nulpunt van den DINES-anemometer niet op enkele 0,1 m.p.s. zeker is. Bij oudere waarnemingen heeft de schrijfen over het algemeen iets te laag gestaan. Bij het instellen bij uitgeschakelde druk- en zuigbuizen zal, wanneer er eenige wrijving is, de pen niet ver genoeg naar beneden gaan en wanneer zij dan op de basislijn wordt ingesteld, zal zij iets te laag staan. Naar schatting bedraagt deze fout gemiddeld 0,2 à 0.3 m.p.s. Dit bedrag is op 0.24 m.p.s. gesteld, omdat dan in de onderstaande formule (4) de afwijking = 0 wordt voor $v = 0$. Men verkrijgt dan de volgende verschillen ROBINSON minus DINES bij de aangegeven aanwijzingen van den ROBINSON-anemometer.

Robinson, m.p.s.	3-3.9	4-4.9	5-5.9	6-6.9	7-7.9	8-8.9	9-9.9	10-10.9
Vershil, m.p.s.	0.09	0.10	0.17	0.12	0.22	0.34	0.33	0.49
Robinson, m.p.s.	11-11.9	12-12.9	13-13.9	14-14.9	15-15.9	16-16.9	17-17.9	
Vershil, m.p.s.	0.64	0.86	1.03	1.14	1.42	1.59	1.94	(2)

waaruit door grafische vereffening de onderstaande verschillen zijn afgeleid.

Robinson, m.p.s.	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5
Vershil, m.p.s.	0.09	0.10	0.12	0.17	0.22	0.28	0.38	0.51
Robinson, m.p.s.	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	
Vershil, m.p.s.	0.67	0.82	1.00	1.20	1.43	1.65	1.90	(2)

Uit de grafiek vindt men bij de in den windtunnel verkregen aanwijzingen van den ROBINSON (1) de onderstaande verschillen.

Robinson	1.27	1.86	2.55	3.52	4.66	6.11	8.0	10.0	12.5	16.1	19.6
Vershil	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.15	0.25	0.44	0.83	1.55	2.5

Indien men mag aannemen, dat de aanwijzingen van den DINES-anemometer juist zijn, zouden de verschillen (2) de werkelijke fout van het ROBINSON-molentje aangeven. Trekt men hiervan de in den windtunnel gevonden verschillen (1), die men de fouten der formule zou kunnen noemen, af, dan blijven de volgende bedragen over,

m.p.s.	0.06	0.06	0.15	0.15	0.22	0.29	0.45	0.54	0.63	0.75	1.1
--------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

(3)

welke uitkomsten ongedwongen zijn voor te stellen door de formule

$$d = 0.0515 v \text{ (m.p.s.)} \quad (4)$$

In de overblijvende verschillen

0.00 -0.04 0.02 -0.03 -0.02 -0.03 0.04 0.02 -0.01 -0.08 0.09

is geen systematische afwijking te bespeuren. Het ligt voor de hand de gevonden verschillen (3) toe te schrijven aan den invloed der traagheid van het molenkruis in den natuurlijken wind, welke dan evenredig wordt bevonden met de windsnelheid.

Het moet echter worden toegegeven, dat de betrouwbaarheid der gegevens, waarop de afleiding van formule (4) berust, niet heel groot is. Afgezien van de reeds genoemde onzekerheid in het nulpunt van den DINES-anemometer, moet men er rekening mee houden, dat de nauwkeurigheid, waarmede het registreerinstrument van laatstgenoemden windmeter wordt geijkt, niet groot is. Daarenboven is het niet uitgesloten, dat bij dit instrument, dat reeds uit het begin dezer eeuw dateert, de drukbuis niet precies den stuwdruk en de zuiginrichting niet precies de helft van den stuwdruk bedraagt, zooals bij de ijking wordt aangenomen. Is de gezamenlijke invloed iets geringer dan 1,50 maal den stuwdruk, dan zou de constante van formule (4) kleiner worden dan 0.0515.

In verband met deze onzekerheid bestond er geen afdoende reden om voor den ROBINSON de oude formule niet als juist aan te nemen en is deze als basis voor de waarnemingen gebruikt.

Vergelijkingen van ROBINSON-anemometers met 4 halve bollen zijn o.a. verricht door FERGUSON.¹⁾ Er werden niet onbelangrijke afwijkingen gevonden tusschen de aanwijzingen der verschillende soorten van windmeters in tunnels van verschillende afmetingen. De aanwijzingen van de ROBINSON-anemometers waren hooger in een veranderlijken wind dan in een constanten wind. Ook werden niet geheel te verwaarloozen verschillen gevonden tusschen de aanwijzingen der PITOT-buizen en de anemobiagraaf (gewijzigde DINES-anemometer), wanneer voor het laatstgenoemde instrument de ijkingsgetallen van het Britsche Meteorological Office werden gebruikt, welke ook zijn toegepast bij onze hierboven vermelde waarnemingen met den DINES-anemometer. Wat het onderzoek in veranderlijken wind betreft, moeten de uitkomsten als voorloopige worden geschouwd en daarom worden door den schrijver dan ook voor toekomstig onderzoek

¹⁾ STERLING PRICE FERGUSON. Experimental studies of anemometers. Harvard Meteorological Studies. No. 4. Cambridge 1939.

nauwkeuriger metingen op dit gebied met verschillende soorten van windmeters in uitzicht gesteld.

GOLDSCHMIDT¹⁾ vindt, in afwijking met de ervaring van FERGUSSON, dat de fouten in de aanwijzingen van ROBINSON-anemometers in den natuurlijken wind zoowel positief als negatief kunnen zijn. Een zeer licht molentje met een groote verhouding tusschen draaikoppel en "traagheidsmoment" gaf resultaten, die goed overeenkomen met die van een „Böenschreiber" van FUESS, waaruit de gevolgtrekking kan gemaakt worden, dat het de veranderingen in de windsnelheid goed volgde, zoodat zijn ijking in den windtunnel vrijwel zonder beperking ook van toepassing was op de aanwijzingen in veranderlijken wind verkregen.

ANDERE WINDMETERS

27. Aan de opmerkingen in § 2 omtrent de bruikbaarheid der verschillende soorten van windmeters voor een onderzoek als in deze verhandeling is beschreven, waarbij in de eerste plaats op nauwkeurigheid en betrouwbaarheid is te letten, is nog het volgende toe te voegen.

Aan windmolentjes van het model, dat te De Bilt wordt gebruikt, is de voorkeur te geven boven instrumenten van klein model. Het is herhaaldelijk voorgekomen, dat bij de kleine modellen de gevoeligheid veranderde, zonder dat daar een bepaalde reden voor was aan te geven. Als mogelijke oorzaken zijn te noemen een geringe verandering in de wrijvingstoestand van het overbrengingsmechanisme en de kwetsbaarheid dezer lichte instrumenten; een kleine afwijking in den stand der halve bollen blijkt reeds duidelijk merkbaren invloed te hebben. Bij de grootere instrumenten maakt het grootere draaiingsmoment de wrijving relatief van minder beteekenis en hun steviger bouw is beter tegen vormverandering bestand.

¹⁾ H. GOLDSCHMIDT. Vergleichsmessungen mit Skalenanemometern. Met. Z. Febr. 1939, p. 62.

WIND

INTRODUCTION

1. The aim of the present publication is in the first place to give a survey of the distribution of windvelocity in the Netherlands. The windforce shows very important differences, in consequence of the neighbourhood of the sea, diminishing notwithstanding the flatness of the country fairly rapidly, but still more or less regularly, with increasing distance from the seacoast. Moreover, local differences occur, under the influence of elevations of the ground, of which may be mentioned the dunes along the westcoast, the gently sloping hills in the central and eastern part of the country, and especially the steeper hills in South-Limburg.

When Meded. en Verh. 32 was written, the observations were still too scarce for giving a synopsis in some degree of detail. Since that time the observations have been continued at the existing stations and, furthermore, use could be made of data, which had been procured for other purposes, and, moreover, some windstations have been temporarily established especially for this research.

The acquisition of trustworthy data of windvelocity of a sufficient number of stations being an operation which requires time, I tried in the meantime to supplement the rather scanty material of the existing net with observations of another kind. These were my notes about the one-sided growth and slanting position of wind-blown trees, under the influence of the prevailing strong westerly winds (see § 18).

STATIONS, INSTRUMENTS, REDUCTION TO STANDARD HEIGHT

2. The observations of the principal stations, and the windstations along the coast of the General Service of the „Rijkswaterstaat” (Public Works), mentioned in Meded. en Verh. 32, have been used up to the end of 1939. We also used a part of the records from the aerodromes Schiphol and Waalhaven.

All the windstations of temporary character, among which a number specially established for the purpose, were equipped with ROBINSON anemometers provided with 4 half bulbs. There are among the other

instruments also pressure-tube anemometers of the types anemobiagraph, DINES, and STEFFENS-HEDDE. The ROBINSON anemometers have the advantage, that when manipulated carefully no change in the corrections has to be feared. For the pressure-tube anemometers a regular supervision and verification is necessary, in order to guard against variations in the sensibility, on account of changes in the position of the float. An advantage of these anemometers is, that besides the average windvelocity also the strength of the windgusts is recorded, but even with the best treatment they yield less accurate results than the windmills.

The ROBINSON anemometers, on account of their inertia, will yield other results when verificated in the constant aircurrent of a windtunnel than in the irregular natural wind. Therefore the anemometers have been compared in the first place, as far as possible, with our anemometer on the tower of the Institute, and these comparisons were used preferably for the reading of the diagramms.

The regulation and verification of the pressure-tube anemometers took place by comparison with a watermanometer, in the way prescribed for the DINES anemometers in the Observer's Handbook of the Meteorological Office, London, with the aid of the figures given in the footnote on p. 30 of Meded. en Verh. 32. The regulation by means of the weight of the float was always carried out in such a way, that the corrections could be neglected for the whole scale of readings. At De Bilt a DINES apparatus is in use besides the ROBINSON anemometer. These anemometers are regularly compared with each other; occasionally unexpected differences are found, but on either side and on an average the readings of both instruments are almost equal. Therefore it may be assumed, that no systematical differences of real importance occur between the two anemometer types.

All observations have finally been reduced to the standard height of 6 m above level ground without obstacles, by means of the data of table 29 of Meded. en Verh. 32. Where the surrounding country is entirely flat with no or only a few hindrances, the anemometer may be placed at a low level as is the case at Dirksland. The small influence of the obstacles may then be accounted for by placing the anemometer a little higher than the standard height of 6 m, and in that case no reduction is required.

If, however, an anemometer in a sheltered region stands at a small height above the ground, the observations will possess only a limited validity; at the most one may by reduction deduce from its readings the windvelocity at various heights on the sheltered site, but the observations

will be affected too much by local disturbances to deduce from them with any degree of certainty the velocity, which will be found at undisturbed places in the surrounding district. For that purpose it is required, that the anemometer is placed at such a height, that it projects beyond at least the greater part of the local disturbances due to the immediate surroundings. Consequently the reduction coefficient becomes larger indeed, but still it may be determined with greater accuracy, and the same value may be taken for all directions.

When the level is sufficiently above the most capricious disturbances, the reduction does not meet with preponderating difficulties in a flat country like the Netherlands. The fact, that the reduced velocities appear to yield a combination of values fitting in well with each other, inspires confidence in the method applied. It may be remarked, that the reduction applies to the mean windvelocity of the whole day, for the rest one has to take into account the differences in the diurnal variation. Regional differences, due to differences in the surface of the ground over a vast extent, will not be affected by this reduction. Not only will the difference between land and sea exert an influence on windvelocity, but in a wooded district the windforce will be smaller than in bare polderland, also at places outside the immediate influence of the forest.

Special cases are met with at Den Helder, and at other stations along the Northsea coast, where the anemometers are erected close to the sea on the dunes. At Den Helder the windstation is situated on the Marsdiep, which acts as a draught passage, probably increasing the windvelocity. This is, however, a disturbance of so large dimension, that it is difficult and also undesirable to eliminate it by reduction. Near the anemometers, standing high on the rim of the dunes along the coast, the wind will be deflected by this steep obstacle and one may expect especially above the last range of dunes a contraction of the streamlines, causing an increase of windforce. This is a general phenomenon along the whole coast, which is not or only slightly accounted for by the reduction that has been applied.

Further particulars about the anemometers will be mentioned in the next chapter. A map of stations is added in the Dutch text (fig. 1).

WORKING OUT OF THE OBSERVATIONS

3. With the exception of the principal stations, the coaststations of the „Rijkswaterstaat”, and the lightships, the periods of observation

are relatively short. There are, moreover, many gaps in the data, mostly in consequence of the method of rejecting all the days of which could be suspected that the anemometer was not entirely in order. It was therefore indicated to compare the monthly mean values of the complete as well as those of the incomplete observations with the averages of the most suitable principal station, calculated for the same days. With the aid of the ratios, obtained in this way, the data were reduced to comparable observations.

AVERAGE WINDVELOCITY

OBSERVATIONS AT THE PRINCIPAL STATIONS OF DEN HELDER, GRONINGEN, DE BILT, FLUSHING AND MAASTRICHT

4. To the observations mentioned in Meded. en Verh. 32, which run till 1927, those till the end of 1939 have been added. No gaps of any importance occur in the observations of 1928—1939. The mean values without reduction are given in the first part of table 1.

During the period of which the observations have been used, the anemometer at Den Helder stands on a free-standing tower, immediately behind the seadike on level ground, lying a few metres below the dike. The anemometer at Groningen is erected on a small tower standing on the physical laboratory. At De Bilt the anemometer is placed on the high free-standing observation tower above the Meteorological Institute, which is surrounded by high trees. Since November 1929 the meteorological station at Flushing is situated on earthed-up ground scarcely built upon, to the south of the new locks; the old station stood at nearly the same place, but lower and behind the dike. The anemometer now stands on the low observation tower. At Maastricht an observation tower has been built on the building of the Municipal „Hoogere Burgerschool” (High School). The situation of the principal stations with regard to their surroundings is indicated in fig. 2a—e.

The periods of observation and the heights of the anemometers above the ground are mentioned below. The effective heights are the heights above the base level mentioned on p. 129 of Meded. en Verh. 32.

The change at Flushing from October to November 1929 has been checked by comparative observations during 2½ months. In table 1 unreduced figures are given for 2 separate periods, because the situation has changed from October to November 1929.

	Den Helder	Gro- ningen	De Bilt	Flushing	Maastricht
Period of observation .	June 1922-'39	March 1906-'39	1899—1900 1902—1939	1915—Oct. 1929 Nov. 1929— 1939	1905—June 1916 Sept. 1926— 1939
Height above the ground in m	14	31	37 till 1916 37.5 from 1917	13 till Oct. 1929 13.4 from Nov. 1929	32
Effective height in m.	6	11	20	6 till Oct. 1929 13.4 from Nov. 1929	12

The second part of the table contains reduced averages, a reduction having been applied to the period 1902—1930¹⁾ and to a height of 6 m above level ground without obstacles. For the latter use was made of the effective heights mentioned above. The reduction to the period 1902—1930 was made by means of the monthly averages, the completion of the incomplete sets being principally made by means of De Bilt. In so far as observations of the other stations were available, those of De Bilt and the nearest 2 stations were used, the double weight being given to the data of De Bilt.

Anemometers

5. Cup anemometers of ROBINSON are used at Groningen, De Bilt, and Flushing, pressure-tube anemometers of DINES at Den Helder and Maastricht. Particulars about the instruments are given in the former publication already quoted. We mention here the following particulars for De Bilt, which station in many cases has been used for comparison and where most of the ROBINSON anemometers have been verified by comparison with the anemometer on the tower of the Institute.

The instrument has originally been verified by comparison with an anemometer of RECKNAGEL-ZSCHAU, the constants of which were determined at the Deutsche Seewarte. The windvelocity is calculated with the formula

$$v = c_0 + c \frac{25n \cdot 2\pi l}{3600}$$

¹⁾ Reduction to the standard period 1901—1930 was impossible, because 1901 is missing at De Bilt and the available data of the other stations begin later.

n representing the number of contacts per hour, l the distance of the centres of the cups from the axis of rotation (0.177 m)¹⁾, the constants c_0 en c being respectively 0.43 and 2.73. The diameter of the cups is 8 cm.

The anemometer has been tested in 1939 by Ir. A. HAVINGA in a wind-tunnel at Delft. Up to 13 m.p.s. there is a good agreement between the measured velocities and the formula. Above that value the deviations begin to surpass 2 %, the formula yielding the higher velocities (see also § 29).

OBSERVATIONS AT THE COASTSTATIONS OF ROTTUMEROOG, VLIELAND, YMUIDEN AND HOOK OF HOLLAND

6. At the first-mentioned 3 stations anemobiographs of NEGRETTI and ZAMBRA are in use, at Hook of Holland a pressure plate is used. The height of the anemometers above sealevel is 12.5, 13, 25 and 21 m respectively, the assumed effective heights are 9, 9, 12.5, and 11 m. At Rottumeroog before 1931 the height above the sealevel was 20 m, the effective height 17 m, at Vlieland before May 28, 1931, the corresponding heights were 11 and 9 m, at Ymuiden before November 26, 1937, 26 and 12.5 m.

The results of these observations are sent regularly to the „Rijkswaterstaat” (Public Works) and published in the „Jaarboek der waterhoogten” (Yearbook of waterheights). From these figures, which are expressed in Beaufort-scale, mean values were calculated for the years 1926—1939, which were subsequently converted into metres per second. As the Beaufort figures are not strictly proportional to the velocity in metres per second, an error is made with the conversion of the averages. This error was determined for Den Helder, being + 0.38 m.p.s. This value was added to all the averages. Finally the figures in table I were obtained, which are velocities reduced to standaard height.

OBSERVATIONS AT AMSTERDAM AND ROTTERDAM

7. The observations made at the Branch-offices at Amsterdam and Rotterdam have been used after the new ROBINSON anemometers of the pattern used at De Bilt had been set up. The new series begins at Amsterdam

¹⁾ The verification was made in 1903 and 1904. Later comparisons with a hand-anemometer by FUESS gave no reason for a change in the constants. The instrument, which is used at the present time, has a slightly smaller distance between the centres of the cups (0.1725 m). However, the agreement of the formula with a verification in the windtunnel, made in 1939, is satisfactory and a little better still when the old value for l is used than with the recent one.

in December 1935, at Rotterdam in May 1924. Only the data from March 1927 were used at Rotterdam, the diagrams of the earlier period having been worked out in a way deviating from the later ones, in connection with the introduction of the new equivalents in m.p.s. of the Beaufort scale.

At *Amsterdam* the anemometer is placed on a high building on the southern shore of the Y. Consequently there is a fairly broad sheet of water to the N., and to the W. and S. the immediate neighbourhood is relatively free from obstacles. The anemometer stands at 30 m. above the level of the road. A height of 5 m was assumed for the base level, which yields a reduction of 25 to 6 m.

The available 12 two-hourly readings per day have been used, and a correction was applied for the difference, that appears to exist between the readings of the diagrams and the figures deduced from the number of electrical contacts when the windformula of De Bilt is applied. On account of the shortness of the series of observations it was found desirable to reduce it to the period of 1902—1930 by means of the observations of De Bilt.

At *Rotterdam* the height of the anemometer above the road is 29 m. It stands on a large building on the southern shore of the Meuse. There is a harbour canal to the S., and to the W. relatively low buildings are found. For the rest the station is situated in the centre of the town. A reduction of 14 to 6 m has been applied.

Two-hourly readings of the diagrams were used here also, and a correction was applied for the difference between the diagrams and the velocities obtained with the anemometer formula of De Bilt.

The results are given in the bottom part of table 1.

OBSERVATIONS ON THE LIGHTSHIPS

8. With respect to the observations made on the Dutch lightships, the reader may be referred to Meded. en Verh. 32 (pp. 31 and 32), and to the remarks in § 25 with table 17, and in §§ 26 and 27.

OBSERVATIONS AT SCHIPHOL AND WAALHAVEN

9. The windobservations, which have been made for some years at the aerodromes of Schiphol and Waalhaven, are sent to the Meteorological Institute since 1937. The reading of the diagrams was started in November

1938, because from that time better data concerning the accuracy of the instruments were available than before. The anemometers are anemobiographs, which like those of § 6 are checked and verified with a watermanometer at least once a year.

At *Schiphol* the anemometer was erected on the main building at a height of 16 m above the ground, projecting about 3 m above its highest part. The disturbances of the neighbouring building are accounted for by the assumption of an effective height of 10 m, which means a reduction of 10 to 6 m.

The anemometer at Waalhaven stood at about 12 m above the ground on the border of a flat roof at a 3 m lower level. A reduction of 8 to 6 m has been applied.

Table 2 contains for each month the ratios between the windvelocities, reduced to 6 m at the station in question and De Bilt. The averages were calculated by giving the monthly figures a weight proportional to the number of days of observation.

OBSERVATIONS AT LOPIKERWAARD, PRINSENMOLEN AND OVERWAARD

10. Ir. A. HAVINGA of the Laboratory of Aero- and Hydrodynamics at Delft has made short sets of windobservations for the determination of the capacity of windmills. These measurements were compared regularly with De Bilt, by mutual arrangement with the Meteorological Institute. There was also a close co-operation with regard to the verification and erecting of instruments. The results were kindly put at the disposal of the Institute.

The monthly ratios between the reduced windvelocities at the station and at De Bilt are given in table 2.

Lopikerwaard

This is only a short series of observation of $1\frac{1}{2}$ day, obtained with westerly to northwesterly wind and lightly covered sky. The anemometer stood at 6.4 m above the open plain on a pole 50 m to the north of the windmill. The mill stands on a bare plain at about equal distances from Schoonhoven, Polsbroek and Cabauw. For the effective height 6 m may be assumed, so that no reduction is required. The station lies a little closer to the Northsea than De Bilt, and therefore a somewhat higher windvelocity might have been expected. However, one may not expect, that

such a short period of observation will yield accurate results when stations at a distance of 25 km are compared.

Prinsenmolen

The observations were made near the windmill of Schieland, called the „Prinsenmolen”, to the south-east of Hillegersberg, with a small anemometer FUESS n°. 7011 of the Institute. It has been compared by Ir. HAVINGA in the windtunnel and also at De Bilt with the anemometer of the Institute. The two comparisons agree well mutually, not before 10 m.p.s. is attained the comparison in the free air yields noticeably higher velocities, with deviations surpassing 3 %.

The anemometer stood at a height of 24 m, on a narrow strip of ground between the lake and the small polderdike. There are no obstacles towards the NW and W on the side of the lake, but on the ENE side the windmill may give some shelter. To the SE lies the small dike, which may cause some deflection of the wind, and a few houses rise in the distance. A reduction is applied of 20 to 6 m.

The small ratio for January 1937 is conspicuous. It is caused by an abnormal pressure distribution and has been given only a half weight. For the rest a weight was given proportional to the number of days of observation.

Overwaard

The observations were made in the polder De Overwaard near Kinderdijk. The anemometer was erected at 20 m above the ground on a free open plain, overgrown with reed in summer and bare in winter. A solitary tree is standing at a fairly large distance, and still farther away are a number of scattered windmills, and there is some low willow bush to the NW at a distance of 200—300 m. For the effective height 17 m may be taken when the reed is fullgrown, and from 18 to 19 m when it has been cut. A reduction from 17 to 6 was assumed for May—November 1938, and $18\frac{1}{2}$ to 6 m for the other observations.

The observations of March—May 1937 were still made with FUESS 7011 (see Prinsenmolen). Afterwards a light mill, RICHARD 2054, with aluminium cups was used, with the aim of reducing the inertia and so also the difference between the indications in the windtunnel and in the free atmosphere. After some time Ir. HAVINGA came to the conclusion, that, owing to the small distance between the cups and the rectangular box

containing the electric contact mechanism, the recorded velocity was dependent on winddirection. The verification in the tunnel had been made with the box in a fixed position. The correction for different positions was later determined by special comparisons in the tunnel. It amounts to 5—6 % upon an average. Ir. HAVINGA has calculated by means of the frequencies of winddirection the corrections for March—October 1938. For November and December 1937, and February and November 1938 I have applied a correction of + 5.5 %. To begin with December 1938 the RICHARD anemometer has been used with a cylindrical box, so that no correction is required. The instrument has also been compared with the anemometer of De Bilt on the tower of the Institute.

OBSERVATIONS AT DEN OEVER, BARENDRECHT AND URK

II. We mention here some sets of observations made on behalf of other services, with the co-operation of the Institute.

Den Oever

A pressure anemometer of STEFFENS-HEDDE was erected in 1929 by the Service of the „Zuiderzeewerken” at Den Oever, on the eastpoint of the former island of Wieringen. The instrument was calibrated in June 1929. The diagrams of 1930 have been worked out, but only the observations of January—April are used here, because the readings became noticeably too high in the later months. The anemometer stood 17 m above the ground and 7 m above the ridge of the building on which it was erected. The effective height was assumed to be 13 m. The polder of Wieringermeer was already dry in 1930.

The results (table 2) were compared with Den Helder, the observations of the latter station being used without reduction.

Barendrecht

Since May 1936 windobservations have been made for some time by the „Rijkswaterstaat” (Public Works) on one of the high towers of the liftbridge near Barendrecht. The anemometer was of the same type as that at Den Oever. It stood 3 m above the open ironwork of the tower at about 50 m above the ground. A reduction of 50 to 6 has been applied.

The instrument was compared and adjusted on May 6, 1936. The observations of the first 2 months have been used only, because after June

the indications grew gradually too high. They were compared with those of Flushing. The result is not very accurate, on account of the great difference of height for which the reduction had to be made.

Urk

The pressure-tube anemometer of STEFFENS-HEDDE from Barendrecht was afterwards removed to Urk by the Service of the „Zuiderzeewerken” and erected on the first part of the southern dike of the future „Noordoostpolder”. Urk was at that time an island, and may be considered as such during the period of which the observations have been used. The anemometer stands 8 m above the top of the dike on a little building, the base of which is level with the dike and joins it directly on the inner (north) side. The top of the dike is 4.65 m above mean water level. The windstation lies to the SE of the village, at such a distance, that its sheltering effect will be insignificant.

No ratios for this station are given in table 2, because the results are too uncertain.

OBSERVATIONS AT GEES, EEFDE, WAGENINGEN, OUDEWETERING AND DIRKSLAND

12. The observations mentioned in this § have been started especially for the purpose of this treatise. In many cases the number of days of observation is incomplete, in consequence of the method to use only days with reliable observations over the whole day, in order to avoid the disturbing influence of the diurnal variation. Frequently the records were uncertain during a few hours.

Gees

In the beginning of April 1937 an anemometer of the Institute was placed on the firetower in the government woods near Gees in the province of Drenthe, with assistance of the Service of „Staatsboschbeheer”. The forester Ir. J. L. W. BLOKHUIS assisted in selecting a good place of observation. The observations were made under supervision of Mr. A. L. DIXHOORN at Zweeloo. The windmill is a small „Kontakt-anemometer” FUESS 23733, the tower is an open construction of iron. The uppermost platform of the tower is 12 m above the ground. At 1 m above it is a balustrade. Between balustrade and platform is wide-meshed gauze. The surroundings are covered by young wood, that was about 6 m high in 1937.

The level of the anemometer is 15 m above the ground and 9 m above the tops of the trees. The effective height is assumed to be 9 m, and the reduction 9 to 6 m.

For the reading of the diagrams the correction table furnished with the instrument has been used. A comparison made at the tower of the Institute after the termination of the observations, the instrument being used in the condition in which it arrived, yielded larger velocities than the correction table mentioned above. A second comparison, however, made after the instrument had been oiled and examined and a couple of loosened cups had been fastened, yielded lower indications than the table. On account of the uncertainty, which of the two comparisons should be applied to the observations of Gees, the intermediate figures of the correction table were used unchanged.

In table 2 the ratios are given between the reduced mean wind velocities at Gees and the corresponding reduced averages of the comparison station of Groningen. The averages for the year and for the whole observation period were calculated by giving weights to the monthly values proportional to the number of days of observation.

The mean ratios for the separate years are 1.02, 0.96, 0.97, 0.94 and 0.89 respectively when compared with Groningen, and 1.17, 1.10, 1.10, 1.12 and 1.10 with respect to De Bilt.

They show, and this is especially the case with the principal comparison station of Groningen, some tendency to diminish in the course of time. An inspection of the station in October 1941 showed, that the surrounding wood had grown 2 to 3 m, which corresponds with a decrease in the coefficient of reduction of about $3\frac{1}{2}\%$. When this change is taken into account, a large part of the decrease of the ratio is explained. It has been accounted for by adding 2 % to all the ratios, which correction has been applied in table 2 to the averages for the whole period.

Eefde

A ROBINSON anemometer RICHARD 689 (large pattern, distance between the centres of the cups 536 mm) has been mounted by the Twente-canal Service of the „Rijkswaterstaat” at Eefde near Zutphen, on the ridge of the roof of the engine house for the locks. In 1937 this instrument was temporarily put at the disposal of the Institute. The observations are made by the personnel of the locks. A ball bearing was fitted to the axis of rotation in December 1938.

The height of the anemometer above the road is 12.6 m, above the water in the canal the height is greater of course, but smaller above the banks. There is also the deflection of the wind against the building to account for. For the reduction an effective height for 2 m is assumed. The anemometer was compared on the tower of the Institute in May 1937. The results are collected in table 2 in the same way as those of Gees. The mean ratios for the separate years show mutually slight deviations only.

Wageningen

The anemometer FUESS 7011, which was used for the observations near the Prinsenmolen (see § 10) was removed to Wageningen in November 1937, where it has been erected on the Laboratory for Physics and Meteorology by the care of Prof. Dr. J. A. PRINS. The ridge of the roof is 17 m high and the anemometer projects still 4 m above it. High trees are growing along the road to the south of the laboratory and also to the NE. The airmovement is hampered by houses and trees also in other directions. The situation is a little more free than at De Bilt, where the height of the base level is estimated at 17 m. For Wageningen 15 m has been assumed, which yields an effective height of 6 m, so that no reduction is required. In August 1938 the instrument was damaged by lightning and a new ball bearing was fixed up.

In 1941 the ratio with De Bilt had become appreciably higher than before, particularly in relation to the observations in the beginning of the measurements. Therefore the instrument was again compared at De Bilt in July and August 1941. The new comparison yields more than 10 % lower values than before. It has been applied to the observations of 1941. Probably it is not applicable to the earlier observations, though the relatively large ratios of 1939 and 1940 suggest that they are too high, at least the latter ones. In connection with this uncertainty the whole series from August 1939 till the close of 1940 has been discarded.

The readings of the anemometer appeared to be appreciably too low after the comparison in July and August 1941. Therefore the instrument was compared again at De Bilt with the anemometer of the Institute in January 1942, after the observations had been stopped, and this new verification was used for the observations of August—December 1941.

We find then for the mean ratios in the separate years 0.95, 0.90, 0.93 and 0.96 respectively.

Oudewetering

In April 1939 an anemometer of large pattern, RICHARD 82274, was mounted on the old tower of the „Observatory” of Rijnland, where in former days extensive meteorological observations have been made, after permission had been given by the authorities of Rijnland thank to the support of Ir. P. DE GRUYTER. The observations are made by the observer of the Observatory and rainfall observer of the Institute P. DE JEU.

The instrument was compared at the Bilt in January, February, and March 1939. The height of the massive tower is, the slanting roof included, 14 m. The anemometer projects 1.15 m above the highest point of the roof. A dike lies to the west, the obstruction of which together with the buildings on the other sides, may be estimated at 5 m. The obstruction by the tower is assumed to be counterbalanced by the contraction of the streamlines above the roof, which yields an effective height of 10 m.

The observations were interrupted in April—July 1941, on account of a rebuilding of the tower. The new tower is rectangular and has a flat roof. The anemometer stands on the western border of the roof, projecting 3 m above it, the total height amounting to 14.75 m. The same reduction as before, of 10 to 6 m, has been applied. From December 1939—April 1940 the observations have been discarded, because the recording apparatus gave at times double contacts, for which no trustworthy correction could be deduced.

The ratios with respect to De Bilt where in the subsequent years 1.24, 1.31 and 1.30.

Dirksland

A ROBINSON anemometer of large pattern, RICHARD 59004, was erected in May 1940 near the pumping station in the polder of Dirksland, which is put up in the truncated ancient watermill at a distance of about 1 km from the village of Dirksland. The surrounding country is flat and treeless. Towards the west and the north all sheltering fails. There is some sheltering effect on the ESE side by the mill, the height of which is 10 m, and by the low annexes to the SE at a distance of about 30 m, and also by the house of the observer to the east at a somewhat greater distance. These obstacles have been accounted for by placing the anemometer at 7 m above the ground on a slender iron pole. It has been assumed that the observations

correspond with an entirely unsheltered instrument at the standard height of 6 m. It was compared with the anemometer of the Institute at De Bilt from April 10—29, 1940.

With kind permission of the direction of the polder the observations are made by Mr. M. ZON, engineer of the pumping station.

De Bilt and Flushing have been chosen as stations of comparison. The observations of Flushing were used till November 1940 only, because the later ones bear a somewhat disturbed character.

The ratios in relation to De Bilt are in 1940 and 1941 respectively 1.41 and 1.34, in relation to Flushing 0.86 in 1940.

RESULTS

14. *Ratios.* The mean ratios for the whole period of observation and for the year were calculated, as has already been mentioned, by giving weights to the separate monthly values proportional to the number of days of observation. In the bottom part of the table the ratios (for the whole series of observations) are added for Den Helder, Groningen, Flushing and Maastricht, in relation to De Bilt.

Table 3 has been obtained from table 2 by smoothing by means of the formula $(a + 2b + c) : 4$. The outermost monthly values of the incomplete years were calculated by extrapolating a month before the beginning and after the end with the aid of the course of the ratios of other stations with corresponding situation.

The annual variation of the ratios is insignificant, with the exception of Den Helder and Flushing (table 2). These 2 coaststations differ in this respect from all the others. Apparently they have relatively more wind in the warm season and a smaller annual variation of windvelocity. This phenomenon was explained in Meded. en Verh. 32 by means of the greater friction caused by the full-grown foliage of the trees, which influence is of less importance in the coastregions than in the more wooded interior. It appears now, that part of the stations with a large annual variation (comparable with De Bilt) are situated in scarcely wooded regions, suggesting that the factor mentioned is not the only active one. Probably the friction caused by the stronger heat convection above the land co-operates in diminishing the windvelocity of the landstations in summer, whereas it is of minor importance at the coaststations Den Helder and Flushing.

Average windvelocity

15. The figures in table 4 were obtained by multiplication of the smoothed ratios of table 3 with the velocities of the stations of comparison, reduced to 6 m above level ground and the period 1902—1930.

The fact, that De Bilt has been used as station of comparison for most of the stations with a short series of observations, involves the desirability of checking the observations of De Bilt on their homogeneity. Possibly the wind may have met with a somewhat greater friction in the course of time by the growth of the trees on the ground of the Institute, in which case the factor of reduction should have been a little larger in the beginning than at the present time. Probably the station of Groningen has been the least subject to alteration, though there also a small increase of the factor of reduction by the expansion of the town is not out of the question.

From the available observations of De Bilt and Groningen 5-yearly means were calculated of the (unreduced) windvelocity. The following values of the ratio De Bilt : Groningen are obtained.

	1906 — 1910	1911 — 1915	1916 — 1920	1921 — 1925	1926 — 1930	1931 — 1935	1936 — 1940	Average
De Bilt : Groningen . .	0.98	1.01	0.99	0.97	1.01	1.02	0.99	0.994

No indication of a progressive change is found in these values.

Windcharts

16. In figures 3, 4 and 5 are represented the average windvelocities for December—February ¹⁾, June—August ¹⁾, and the year, reduced to 6 m above level ground. The curves were drawn on the assumption, that the Wieringermeer-polder was already dry and the Northeast-polder still water. The course of the curves over het IJssel-lake and its surroundings is based on estimation, in connection with the available data about the windeffect on trees (see fig. 6). The local elevations of the ground have not been taken into account. They are generally speaking of small importance, the principal exception being the hilly country of South-Limburg. The windforce is there on the higher parts certainly larger than is indicated by the observations of Maastricht, situated in the sheltered valley of the Meuse.

¹⁾ Prinsenmolen and Den Oever January—February, Barendrecht June.

The curves drawn over the extreme southeast of the country have therefore little value and have been dotted for that reason.

The reduction for height is somewhat uncertain at Amsterdam, on account of the great difference of height for which it has been applied. The data of this windstation determine for a great part the course of the curves over North-Holland. The relatively windy character of this province to the north of the Northsea-canal being represented satisfactorily by these curves, an indication is obtained that the figures of Amsterdam may be considered as reliable.

DIFFERENCES IN THE CHANGE OF WINDVELOCITY FOR VARIOUS WINDDIRECTIONS

17. In Meded. en Verh. 32 the local differences have been dealt with, which occur with west- and east winds. The decrease of windvelocity with increase of the distance from the coast was then found to be larger with west winds than with east winds. The material then being scarce and partly defective (Beaufort estimations), we have repeated the investigation with the more complete data now available. The observations of all the anemometer stations were used of the period November 1938—May 1941. A separation was made not only for east and west winds, but also for north and south winds. As days with north wind were counted the days on which the 24-hourly observations at Den Helder, Groningen, De Bilt and Flushing yielded winddirections between NW and NE with a few exceptions at the utmost, the limits being NE and SE for east winds, etc. The observations being incomplete in many cases, we used ratios instead of the absolute values, dividing all the velocities by the mean velocity of Den Helder, Groningen, De Bilt and Flushing. The average ratios obtained in this way were finally reduced to 6 m above level ground. The number of available days amounts for the stations with complete observations to 62 for north, 85 for east, 93 for south, and 52 for west.

The mean ratios of the separate stations (after reduction), with respect to the average of the above-mentioned 4 principal stations, are given in table 5.

If the preliminary results in Meded. en Verh. 32 were correct, namely that the east winds increase more slowly from east to west than the west winds, the ratios under „west” should be relatively large for the stations in the western part of the country and likewise those under „east” for the eastern stations. This is, however, not the case. Generally speaking,

the velocity of the wind is higher at the stations close to the sea than elsewhere, for all wind directions, and the difference found in the ratios can be explained better by means of purely local influences of the immediate surroundings than by an influence of wind direction on the regional differences of wind velocity in connection with the distance to the sea.

A typical example is given by Eefde. The ratios for N and S are smaller than those for E and W, from which directions the winds are blowing in the direction of the canal, above which the anemometer is standing. At Dirksland the north and west winds possess the highest ratios; in these directions the country is entirely bare and treeless, whereas in the east direction, which has the smallest ratio, most of the obstacles are found. The small ratio for east winds at Maastricht is probably due to the obstruction of the hilly country on that side. The anemometer at Ymuiden stands close to the Northsea canal, which offers an easy passage to the east and west winds; this may explain why these winds are relatively stronger than the winds from N and S, which blow over the dunes. It seems probable, that the other differences are also mainly due to peculiarities in the neighbourhood of the anemometers. In that case one is forced to assume, that the friction above the land reduces the strength of the west winds at approximately the same rate as that of the east winds is increased under the influence of the suction caused by the faster movement of the air when it arrives above the sea.

INFLUENCE OF THE WIND ON TREES

SUMMARY

18. We have already mentioned in § 1 the method of estimating the windforce of a region by means of the windeffect shown by trees. A summary of these observations has been given in the periodical „Hemel en Dampkring”¹⁾. Fig. 6 has been borrowed from that paper. It represents the distribution of the mean number of days per annum, on which at 6 m height above level ground the windvelocity according to hourly observations is 14 m.p.s. or more at one or more of the hours.

The distribution of the average windvelocity (see § 16) corresponds fairly well with the general course of the curves in fig. 6.

¹⁾ Dr. C. BRAAK. Plaatselijke verschillen in het voorkomen van stormachtige winden in ons land. H. en D. Aug./Sept. 1931, p. 293.

In a narrow coastregion, broadening out in the north of Northholland and reaching there as far as the Canal of Northholland, the solitary, miserable trees which still contrive to carry on, and those which constitute the western border of the groves, show in their whole growth the traces of the heavy struggle against the wind. The whole region of the dunes belongs to this district, with exception of the sheltered depressions. It reaches a little farther inward than the curve 50 in fig. 6. There follows behind the dunes a sheltered region, where the windeffect is small and which is succeeded farther eastward by more windy country reaching a little beyond curve 30, where the one-sided growth is again apparent everywhere. The phenomenon decreases farther inland, it is clearly perceptible and of general occurrence up to curve 10. Still farther east it possesses a moderate development at exposed places but is mostly weak, and it is of no importance within curve 2, being still visible there mainly on the more sensitive varieties. The relatively small windeffect at Urk and Schokland is remarkable for islands surrounded by an extensive sheet of water. The actual conditions are well represented by the situation between the curves 10 and 30 of fig. 6.

DIRECTION OF THE WINDEFFECT. EXPLANATION

19. In a couple of recent publications a phenomenon is broached, which has also been observed in the Dutch coastregions. It is the question of the deviations found between the direction of the prevailing winds and that of the one-sided growth of the trees. CONRAD ¹⁾ observed on the north-coast of Normandy and on the southcoast of England, that the direction deduced from the windeffect on trees is rather more than 50° more inland than the resultant direction of the undisturbed wind at a height of at least 50 m, which is parallel to the coast. CONRAD attributed this difference to a deflection of the wind in the undermost airmass layers, caused by friction. LAMB ²⁾ remarks that the phenomenon is also observed on the eastcoast of England, where the trees are bent towards the west, and ascribes it to the influence of the strongest winds. These blow here from the side of the sea, the land affording shelter against the strong winds from the land side.

It may be stated with regard to the observations in the Netherlands, that on the westside of the wood of Heiloo old oaks show a strong defor-

¹⁾ V. CONRAD. Luftstau an Küsten und Klimazeugen. Met. Z., Febr. 1939, p. 75.

²⁾ H. H. LAMB. Bemerkungen zum Aufsatz von V. CONRAD: Luftstau Met. Z., Aug. 1939, p. 312.

mation, indicating a windeffect from W by NW to WNW. In the northeast of Frisia, between Oostmahorn and Dokkum, at Hantum and Ferwerd, the direction is from the NW, between Stiens and Leeuwarden from the west, and farther to the south from Wollega to Zwolle as far as it is perceptible the effect is more from the WSW. On the island of Walcheren, in Zealand, the treegrowth around the farmsteads between Domburg and Westkapelle shows on its upper side a fine streamline shape, indicating a windeffect from the west.

When these directions are compared with the observations of the windstations, an evident tendency of the windeffect is found to be directed more perpendicular to the coastline than is to be expected on account of the resultant winddirection.

According to ASHMORE¹⁾ the windeffect on trees is the result of both the saltcontent of the air and windpressure, but especially of the salt. The latter seems to act detrimentally on account of the withdrawal of water from the vegetation by the strong saltsolution. If this conception is right, it would afford an explanation of the relatively small windeffect observed on Urk and Schokland in connection with the smaller saltcontent of the former Zuyderzee. In that case the wind statistics based on the windeffect would loose part of its value in the region to the east of the Zuyderzee.

We have also looked into the question, whether the strongest winds are more perpendicular to the coastline than the average winddirection. One finds in Meded. en Verh. 32 (pp. 80—87) frequency tables of wind-direction and windvelocity for the coaststations Den Helder and Flushing. From these figures the direction of the windvector was calculated for 0—9.9 m.p.s. and for 10 m.p.s. and higher. We find then:

Resultant winddirection, 1923—1926.

	Den Helder			
	Dec.—Febr.	March—May	June—Aug.	Sept.—Nov.
0—9.9 m.p.s. . .	S 29° W	S 36° W	S 85° W	S 28° W
> 9.9 m.p.s. . .	S 66° W	N 67° W	S 84° W	S 63° W
	Flushing			
	Dec.—Febr.	March—May	June—Aug.	Sept.—Nov.
0—9.9 m.p.s. . .	S 12° W	S 44° W	S 64° W	S 15° W
> 9.9 m.p.s. . .	S 21° W	S 42° W	S 44° W	S 29° W

¹⁾ Meteorol. Magazine, Nov. 1939, p. 257.

The results for Flushing do not support the supposition just mentioned, those of Den Helder do so to a certain extent. One should take into account, that the coastline has a strongly deviating course near Flushing, which renders the results rather confused. Even though the final issue is not convincing, one still gets the impression, that the difference between the direction of the average airmovement and that of the strongest winds should not be neglected when an explanation of the phenomenon is attempted.

FREQUENCIES OF WINDVELOCITIES

20. This section is a sequence to a corresponding one in Meded. en Verh. 32. There is, however, a difference between the two. In the former no reduction for height was applied, and the results for the various stations are consequently not entirely comparable. For the preparation of tables 6—10 all velocities have been reduced to 6 m above level ground without obstacles. The reductions have not been applied to the original observations, but were by means of graphs of the originally obtained frequencies, applied to the reduced limits. The tables are based on 24-hourly observations.

No reduction was necessary for the observations of Den Helder. For Flushing no reduction was applied till October 1929. To begin with November 1929 a reduction of 13 to 6 m was used. The reduction is 20 to 6 m for De Bilt, 11 to 6 m for Groningen, and 12 to 6 m for Maastricht.

A second correction has been applied to the observations, obtained by means of pressure-tube anemometers of the DINES pattern. Attention was drawn already in Meded. en Verh. 32 (p. 145) to the difference between the frequencies from DINES and ROBINSON anemometers. The corrections were determined by comparison of the readings of both kinds of instruments at De Bilt covering a whole year. The differences between the frequencies obtained with both instruments were after some smoothing applied as corrections to the frequencies of Den Helder and Maastricht. The largest corrections are those for the lowest windvelocities, 0—0.9 m.p.s. Generally speaking, windvelocity is smaller at Maastricht and higher at Den Helder than it is at De Bilt, and therefore the distribution of the frequencies over the various differences ROBINSON-DINES will not be completely applicable to the two other stations. This error may, however, be considered as one of the second order of magnitude and has been neglected. These corrections were applied before the reduction to 6 m above level ground.

of the full hour. The average velocities at Groningen, Flushing, and De Bilt were derived from the diagrams of ROBINSON anemometers, for the rest from those of pressure anemometers. The gusts were mostly obtained from the records of pressure tubes, but for Hook of Holland and Flushing from pressureplates.

A new instrument provided with a damping arrangement was erected at Hook of Holland on April, 18, 1936, improvements being introduced on June, 30, 1939, consisting principally of a more effective damping. A similar apparatus was erected at Flushing on June, 17, 1937, the damping being likewise improved on August, 4, 1939. The effective height of the anemometer was somewhat increased at Flushing, when the new building was put into use in November 1929.

A few particulars about some of these disturbances follow below.

1929. January 15/16. Snowstorm with N.wind and frosttemperatures. December 7—12. Stormy month. Period of high winds from 7—12, with S.- to W.winds. The mean velocity of the whole day was 12.5 m.p.s. and more at Den Helder for 6 consecutive days.

1935. September 25. Severe NW.storm at the back of a depression.

1938. October 4. Mostly S.wind. Damage to the Zuydersea works.

The windvelocities of the table are derived from the unreduced observations. Particulars about the position of the instruments are given in §§ 4, 5 and 6. Missing observations are indicated by a dash, if data have been omitted for some other reason the place has been left open.

It is conspicuous, that the anemometers at Hook of Holland and Flushing, which are provided with pressureplates, often give higher maximum velocities than the pressure-tube anemometers of the DINES pattern (PITOT tubes). This applies also to the new pressure plates of Hook of Holland and Flushing, notwithstanding their damping arrangement. The pen of the anemometers with pressure plates is more mobile than that of those with PITOT tubes. With the latter a smoothing of the extremes takes place, the adjustment of the balance between the air in the tubes and float and the open air requiring a not insignificant displacement of air. Very short gusts will therefore be recorded too low by the DINES instruments. The fact, on the other hand, that also some of the *average* velocities at these two stations show a considerable deviation upwards, may be taken as an indication, that abnormally high readings of the pressure plates are due to inaccurate records, caused for instance by a too high base value of the pen.

At the end of the table the maxima of the whole series of observations are mentioned, which were obtained by a combination of table 12 with the table on p. 115 of *Meded. en Verh.* 32. The value of 32 m.p.s. for Flushing in the last column but one is too high (see *Meded. en Verh.* 32, p. 143). The winddirection at the bottom of the table is that of De Bilt during the highest average velocity.

PERIODS WITH LIGHT WINDS

23. The number of periods with light winds of various duration has been sorted out for Groningen, De Bilt, and Flushing, stations where during a long time windobservations with ROBINSON anemometers have been made. An hourly average of 3 m.p.s., reduced to a height of 6 m above level ground without obstacles, was taken as the highest windvelocity included. This signifies, that the limit value is 3.3 m.p.s. for Groningen, 3.6 m.p.s. for De Bilt, 3.0 m.p.s. for Flushing as far as October 1929 inclusive, and 3.4 m.p.s. afterwards. This limit value was chosen, because windmills of the improved type can no more carry up water with a wind of 3 m.p.s.

An interruption with higher hourly averages than 3 m.p.s. was admitted for periods of at least 10 hours. Periods of 10, 11 till 19 hours with at most 3 m.p.s. were included even when one hour with more than 3 m.p.s. had been left out between, periods of 20, 21 till 29 hours being included, between which 2 hours with more than 3 m.p.s. had been come across, etc.

Periods covering more than one month were noted down under the month containing the longer part of the series.

The results are given in tables 13, 14, and 15, the first column contains the duration of the periods in hours.

As might be expected, the number of periods with light winds is larger in winter than in summer, windvelocity being generally higher in winter. It is, however, a remarkable fact, that long periods with light winds are more frequent in the cold season. The subjoined totals of the number of periods are found for May—August (I) and November—February (II).

The numbers for November—February become the larger ones between 20 and 30 hours. Then follow for all 3 stations some periods, between 30 to 50 hours duration, with larger numbers in May—August. For longer duration the numbers in the cold months preponderate again distinctly

	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Flushing										
Duration in hours	20 — 24		25 — 29		30 — 34		35 — 39		40 — 44	
Number	43	50	16	30	8	11	8	7	7	5
Duration in hours	45 — 49		50 — 54		55 — 64		67 — 92		93 — 127	
Number	5	4	1	3	0	4	1	4	0	3
Groningen										
Duration in hours	23 — 27		28 — 32		33 — 37		38 — 42		43 — 47	
Number	64	73	26	38	29	28	21	18	12	15
Duration in hours	48 — 52		53 — 57		58 — 62		63 — 67		68 — 74	
Number	4	6	2	16	3	9	1	5	1	7
Duration in hours	77 — 83		86 — 92		98 — 105		108 — 159			
Number	2	5	0	4	0	4	1	5		
De Bilt										
Duration in hours	26 — 30		31 — 35		36 — 40		41 — 45		46 — 50	
Number	53	63	55	34	49	36	35	25	12	18
Duration in hours	51 — 55		56 — 60		61 — 65		66 — 70		71 — 76	
Number	7	15	10	10	7	8	4	4	3	2
Duration in hours	77 — 81		83 — 88		89 — 93		94 — 101		103 — 109	
Number	6	2	0	6	2	3	1	3	0	6
Duration in hours	110 — 121		122 — 140		142 — 180					
Number	1	1	1	1	0	4				

at Flushing and Groningen, and generally also at De Bilt, but with some exceptions.

This phenomenon seems to be a consequence of the fact, that the long periods with light winds are more frequently interrupted in summer by a few hours during the hottest part of the day, when under the influence of heat convection the windvelocity is temporarily raised above the fixed limit. There occurs a noteworthy break for a duration of about $1\frac{1}{2}$ day. We did not specially make out, whether these are periods, consisting of a complete day and a night, and therefore without one of the two deranging trains of dayhours.

DIURNAL VARIATION OF WINDVELOCITY

24. Full particulars about the diurnal variation of windvelocity at the 5 principal stations have been published in Meded. en Verh. 32, and there the close connection with the vertical temperature gradient has been

demonstrated. In table 16 are given only mean values for the periods May—August, November—February, and the year. ¹⁾ ²⁾

There is no reason for a discussion beyond that of Meded. en Verh. 32, an exception being made for Barendrecht and Urk, which are dealt with in the next §. The coaststations (Den Helder, Flushing) have the smallest diurnal variation, and a high anemometer as that of De Bilt yields a smaller difference between day and night than an instrument at a small height as that at Dirksland, notwithstanding the situation of the latter station in the coastregion.

SPECIAL CASES

25. The most remarkable diurnal variation is that of Urk, where the minimum occurs in the daytime and the maximum at night. Probably the explanation of this phenomenon must be sought in the vertical temperature gradient and the variation in the intensity of the vertical convection currents controlled by it. It has been demonstrated in Meded. en Verh. 32, that above the land a close connection exists between these two factors, temperature gradient and windvelocity, both being relatively high at the hottest time of the day. On the other hand, above the sea the temperature gradient is larger at night than in the daytime. A discussion of this phenomenon is given in Meded. en Verh. 45 (p. 39), and there an explanation is based on it of the heavier rainfall and greater probability of rain at sea during the night in comparison to the day. As is explained there, above the sea the air is heated more strongly in the daytime and cools more rapidly at night than is the case with the surface of the water.

The difference between the temperature gradient at night and by day will still be increased above a sheet of water surrounded by land as the Yssel-lake is, in consequence of the fact, that in the daytime relatively warm air from the land is blown over the relatively cold water and at night cold air over the warmer water. Therefore, the greater windvelocity of the higher airlayers will be transferred at Urk to a greater extent to the undermost layers at night than during the daytime.

The results of Urk and Barendrecht for May—August are represented

¹⁾ The quantities, mentioned under 1, 2, 3 etc. are averages over the hourly periods 0—1, 1—2, 2—3 etc., with the exception of Den Helder and Maastricht (DINES anemometers), where the readings were made at the full hours.

²⁾ July and August are missing in the annual mean of Schiphol, September and October in that of Waalhaven.

in fig. 7, those of Groningen are added for comparison with a normal diurnal variation.

One finds to a small extent a similar phenomenon as at Urk on the two lightships of Terschellingbank and Schouwenbank, for which data of the diurnal variation of windforce are given by VAN DER STOK in *Meded. en Verh.* 13a and 13b. Some cautiousness is advisable here, because estimations in Beaufort-scale are concerned, which implies that perhaps a personal error has a noticeable influence on the difference between the estimations in darkness and in daylight. With this reservation the figures of table 17, based on VAN DER STOK's data, are given. The difference between 12 and 6 on the one side and 24 and 4 on the other are very small at Terschellingbank, but apparent in all the seasons at Schouwenbank.

The observations of Barendrecht show a well-marked semi-diurnal variation. The minima of windvelocity at about or a little after sunrise and sunset are indicated much more clearly at this particularly high windstation than at the stations the results of which were discussed in *Meded. en Verh.* 32. There is therefore reason to supplement and to change to some extent with the aid of the new data the explanation given there on p. 137.

The maximum in the afternoon may be attributed to the mixing with the more rapidly moving higher airmass layers under the influence of the heatconvection. The velocity diminishes afterwards, because the convection becomes weaker. The mixing by dynamical turbulence remains still sufficiently strong in the undermost layers to render the influence of friction at the earth's surface distinctly perceptible up to the level of the anemometer. The mixing with the higher layers, however, being more dependent on heatconvection, decreases more rapidly and the anemometer slows down. After sunset the air below becomes stable by cooling on the ground, and the interchange of the air at anemometer height with the lower air diminishes, whereas above the anemometer the vertical temperature gradient undergoes a smaller decrease and remains fairly unstable, the interchange with the higher levels being still maintained. It is plausible to suppose for the explanation of the decrease of windvelocity in the latter part of the night and the early morning, that by progressive cooling the stable stratification of the undermost layers is extended gradually up to the levels above the anemometer, which implies that little exchange between the air at anemometer height and the higher layers is left over. The minimum will occur, when the heatconvection is started anew in the undermost airmass layers and

reaches the level of the anemometer. The windvelocity will increase again when the convection has penetrated to greater height.

WINDDIRECTION

FREQUENCIES OF WINDDIRECTION

26. The frequencies of the following tables are derived from observations taken 3 times a day, at 8, 14, and 19 h., with the exception of the coaststations of Rottumeroog, Vlieland, Ymuiden, and Hook of Holland. The latter are based on 6 4-hourly means (0—4, 4—8 etc.) a day, read from diagrams; if the direction was changing strongly during the period of 4 hours, the reading was put down under „variable”, indicated in table 20 by a V. The numbers printed in small type in the last column are mean windforces in Beaufort-scale. Numbers for 8 directions are given (table 18) for the principal stations, borrowed from the data, kept up to date for the monthly publication „Maandelijksch Overzicht der Weersgesteldheid”. Frequencies from 24-hourly observations at the principal stations for 16 directions are given on pp. 72—74 of Meded. en Verh. 32.

The selection was made for 16 directions for the secondary stations of the above-mentioned monthly bulletin (table 19). It appears, that the observers generally have a well-defined preference for the principal wind-directions. The series of Akkrum—Rottum has been treated as a whole, of Avereest—Den Hulst—Wijster only the series of Avereest has been used, but the observations of Katwyk a/d Ryn and Naaldwyk have been treated separately.

For a few other secondary stations the frequencies for the year only are collected in table 21.

Table 20 contains the data of the 4 above-mentioned coaststations of the „Rijkswaterstaat”.

As to the observations of the Dutch lightships, the reader may be referred to Meded. en Verh. 13a, 13b, and 13c, which contain frequencies of winddirections (magnetical). From this publication only the resultant directions were taken (§ 27).

RESULTANT WINDDIRECTION

27. The annual means of the frequencies were multiplied with the corresponding means of windforce, and the windvectors obtained were

resolved into components. From these the resultant was calculated, and the resultant winddirection was represented in fig. 8, an equal length being given to all the arrows. The directions, expressed in degrees of deviation from north, are embodied in table 22.

There exists generally speaking a tendency of the arrows to deviate a little more to the left at the stations situated farther inland. For the rest the mutual differences may be assumed to be principally due to local conditions. Such is fairly certainly the case at Avereest. As at Avereest, the resultant direction at Ymuiden is probably also directed too much to the right. In the latter the deviation may be due to the close vicinity of the Northsea canal, which is acting as an airhole (see § 17), steering the wind more or less into the direction of the canal.

SECULAR VARIATION OF WINDDIRECTION

28. Dr. Ir. J. VAN VEEN has concluded ¹⁾, that the average winddirection at Amsterdam has backed 10° in the last 240 years. A research by means of windroses yielded a higher amount, more than 20° . A drawback, pointed out by the writer himself, is involved by the fact that the observations are not fully reliable. The problem certainly deserves further investigation by means of other observations not yet consulted.

A variation in the same sense has at the time been found by Ir. A. HAVINGA and myself. Ir. HAVINGA came to the conclusion, that a satisfactory agreement is found for the wintermonths between the data of Zwanenburg (1743—1772) and the recent observations, but that the wind blew much more often perpendicular to the coast in the other 3 seasons. My experience from a preliminary investigation had been, that the windvector (total air displacement) at Zwanenburg in the period of 1743—1786 was more than 10° more westerly (less southerly) than is indicated by the more recent observations of Den Helder and De Bilt. The resultant winddirections were:

Zwanenburg, 1743—1772 (HAVINGA)	N 247° E
„ , 1743—1786 (BRAAK)	N 251° E
Den Helder, 1894—1927 (BRAAK)	N 240° E
De Bilt, 1897—1927 (BRAAK)	N 236° E

¹⁾ Tijdschrift Kon. Ned. Aardrijkskundig Genootschap, 57, p. 686, 1900.

These differences are no conclusive proof of a secular variation of winddirection. Local influences, inaccuracies of the observations, and regional differences might perhaps account for them. They are confirmed, however, by an observation made by me in the forest of Heiloo. The direction of the windeffect is most clearly marked on the ancient specimens, which show a direction little deviating from WNW—ESE. My attention was attracted however by a deviation observed in the western part of the forest on younger trees. The deformation of the crown indicated a winddirection, which was more westerly, nearly west. The phenomenon gives the impression, that after the deformation of the older trees had been brought about, a more westerly direction of the injurious winds has set in.

EXAMINATION OF THE ANEMOMETERS

ROBINSON-ANEMOMETER AT DE BILT

29. The formula used for the anemometer at De Bilt is the one mentioned in § 5. As a result of the comparison of April 1939 in the windtunnel at Delft was found, that the velocities deduced with the formula differ by the following amounts from those obtained from the test in the tunnel.

Reading, m.p.s. . . .	1.27	1.86	2.55	3.52	4.66	6.11	8.0
Deviation.	0.01	0.01	- 0.07	- 0.06	- 0.12	- 0.14	- 0.2
Reading, m.p.s. . . .	10.0	12.5	16.1	19.6	22.4	28.4	29.6
Deviation.	- 0.1	0.2	0.8	1.4	2.1	3.3	3.3 (1)

The deviations are relatively small and have positive and negative signs, so that the deviation will be of no importance for the average wind-velocity.

The question arises whether this result, obtained in a constant aircurrent, is also applicable to the anemometer in the natural wind, when the inertia of the mill may come into play during fluctuations of velocity.

We tried to solve this question by a comparison with the pressure-tube anemometer of DINES, mounted on the tower of the Institute at the same height as the ROBINSON. For this purpose the hourly averages of wind-velocity during 32 storms of the period 1929—1939, indicated by the two anemometers, were compared. In each case 2 pairs of corresponding values were obtained for 3—3.9, 4—4.9 etc. m.p.s., according to the readings of the ROBINSON. So for each interval 64 differences became available, with the exception of the highest velocities for which the numbers

were smaller, being 51, 41, 22, and 10 for 14—14.9, 15—15.9, 16—16.9, and 17—17.9 m.p.s. respectively. The results for these 4 intervals were reduced to the averages of the 64 cases.

With this comparison it was experienced as a difficulty, that the baseline of the DINES anemometer is not accurately known within some 0.1 m.p.s. With the earlier observations the recording pen stood generally a little too low. When there is some friction, the pen will not go down entirely to the baseline, when the zero is tested by putting out of action the pressure- and suctiontubes. When then adjusted on the zeroline, its position will be too low. At a rough estimation this error amounts averagely to 0.2 to 0.3 m.p.s. The value of 0.24 m.p.s. was adopted, which yields a deviation = 0 for $v = 0$ in formula (4) below. The following differences ROBINSON minus DINES are obtained for various readings of the ROBINSON anemometer,

Robinson, m.p.s.	3-3.9	4-4.9	5-5.9	6-6.9	7-7.9	8-8.9	9-9.9	10-10.9
Difference	0.09	0.10	0.17	0.12	0.22	0.34	0.33	0.49
Robinson, m.p.s.	11-11.9	12-12.9	13-13.9	14-14.9	15-15.9	16-16.9	17-17.9	
Difference	0.64	0.86	1.03	1.14	1.42	1.59	1.94	(2)

form which the subjoined differences were deduced by graphical smoothing.

Robinson, m.p.s.	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5
Difference	0.09	0.10	0.12	0.17	0.22	0.28	0.38	0.51
Robinson, m.p.s.	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	
Difference	0.67	0.82	1.00	1.20	1.43	1.65	1.90	(2)

For the ROBINSON readings (1) in the windtunnel the following differences are derived from the graph.

Robinson	1.27	1.86	2.55	3.52	4.66	6.11	8.0	10.0	12.5	16.1	19.6
Difference	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.15	0.25	0.44	0.83	1.55	2.5

If we may assume the indications of the DINES anemometer to be right, the differences (2) would represent the real error of the ROBINSON. If we subtract from these the differences (1) obtained in the windtunnel, which might be called the errors of the formula, there remain the following values

m.p.s.	0.06	0.06	0.15	0.15	0.22	0.29	0.45	0.54	0.63	0.75	1.1
--------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

which may be represented satisfactorily by the formula

$$d = 0.0515 v \text{ (m.p.s.)} \quad (4)$$

The remaining differences

0.00	-0.04	0.02	-0.03	-0.02	-0.03	0.04	0.02	-0.01	-0.08	0.09
------	-------	------	-------	-------	-------	------	------	-------	-------	------

show no systematical deviations.

It is obvious to ascribe the differences (3) to the influence of the inertia of the windmill in the natural wind, which in that case is found to be proportional to the windvelocity.

However, it should be admitted, that the reliability of the data on which the deduction of formula (4) is based, is not very great. One should take into account, apart from the uncertainty in the zeropoint of the DINES anemometer, that the accuracy of the verifications of the latter is not great. Moreover, there is a possibility, that the action of the pressure- and suction-tubes of this instrument, dating from the beginning of this century, is not precisely the same as is assumed for the verifications. An error of this kind would change the constant of formula (4).

On account of this uncertainty there was no conclusive reason to reject the old formula for the ROBINSON, and it has been retained as the base of the observations.

Comparisons of ROBINSON anemometers with 4 cups have been made among others by FERGUSON.¹⁾

Not insignificant deviations were found between the readings of the various kinds of anemometers in tunnels of different dimensions. The indications of the ROBINSON anemometers were higher in a variable wind than in a constant one. Differences, not entirely neglectible, were found also between the readings of the PITOT tubes and the anemobiograph, when for the latter the verification values of the British Meteorological Office were used, which have also been applied for our above-mentioned observations with the DINES anemometer. The investigations in a variable aircurrent should be considered as preliminary, and the writer has announced for future research more accurate measurements in this domain with various kinds of anemometers.

GOLDSCHMIDT²⁾ finds, in contravention of the experience of FERGUSON, that the errors in the indications of ROBINSON anemometers in the natural wind may be positive as well as negative. A very light mill, with a high ratio between turning moment and moment of inertia, gave results corresponding well with those of a „Böenschreiber” of FUESS. So it may be concluded, that the small anemometer followed satisfactorily the variations of windvelocity, and that its verifications in the windtunnel could be applied almost without reservation to the readings in a variable wind.

¹⁾ STERLING PRICE FERGUSON. Experimental studies of anemometers. Harvard Meteorological Studies. No. 4. Cambridge 1939.

²⁾ H. GOLDSCHMIDT. Vergleichsmessungen mit Skalenanemometern. Met. Z. Febr. 1939, p. 62.

OTHER ANEMOMETERS

24. The following may be added to the remarks in § 2 concerning the usefulness of different kinds of anemometers for a research as in the case on hand, requiring in the first place accuracy and reliability.

Windmills of the pattern used at De Bilt are to be preferred to instruments of small size. It has occurred repeatedly with the smaller patterns, that the sensibility changed without apparent reason. As possible causes may be mentioned a slight change in the friction of the transmission mechanism and the vulnerability of these light instruments. It appears, that a small deviation in the position of the cups has already a distinctly noticeable influence. The higher moment of rotation renders the friction of relatively smaller account with the larger instruments, and their stronger construction is more proof against deformation.