

KONINKLIJK NEDERLANDS METEOROLOGISCH INSTITUUT

No. III

---

OPSTELLEN

OP OCEANOGRAPHISCH EN MARITIEM

METEOROLOGISCH GEBIED

5

**OVER DE FOUTEN  
BIJ EEN  
KWIKBAROMETER MET VERNAUWDE BUIS  
INDIEN DE LUCHTDRIKKING  
VERANDERING ONDERGAAT**

H. KEYSER

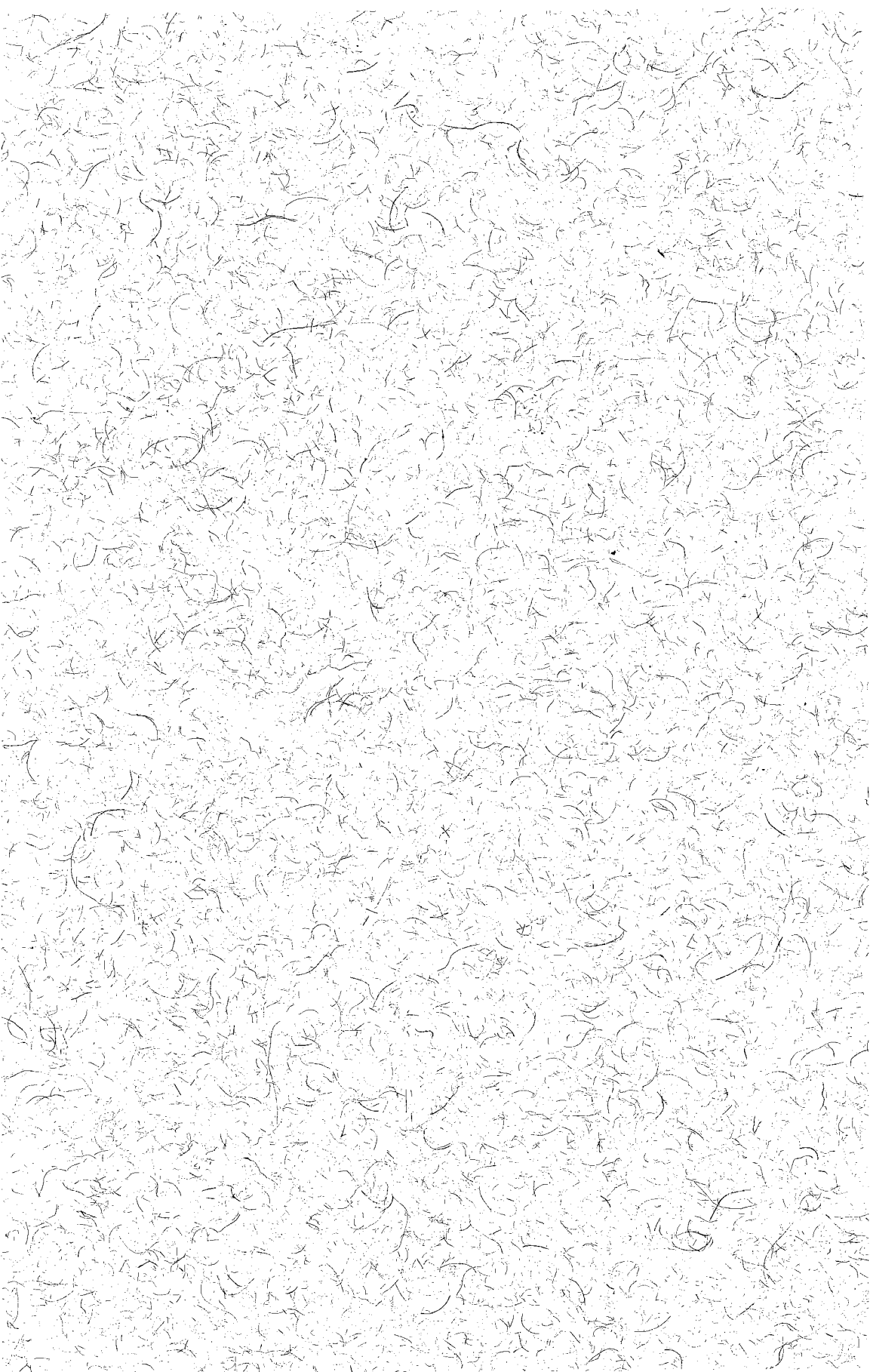
HERDRUK



---

STAATSDRUKKERIJ- EN UITGEVERIJBEDRIJF / 'S-GRAVENHAGE / 1949

VIII b. 43.



MRT 1950

KONINKLIJK NEDERLANDS METEOROLOGISCH INSTITUUT

No. III

OPSTELLEN

OP OCEANOGRAPHISCH EN MARITIEM

METEOROLOGISCH GEBIED

5

OVER DE FOUTEN

BIJ EEN

KWIKBAROMETER MET VERNAUWDE BUIS

INDIEN DE LUCHTDRIKKING

VERANDERING ONDERGAAT

H. KEYSER

HERDRUK



STAATSDRUKKERIJ- EN UITGEVERIJBEDRIJF / 'S-GRAVENHAGE / 1949



## VOORBERICHT BIJ DE TWEEDE DRUK

Nadat de eerste druk van deze verhandeling verscheen is in Nederland de *millibar* als eenheid van luchtdruk officieel in gebruik genomen.

Zulks maakte het gewenst deze eenheid in de tekst te gebruiken, met weglating van millimeter- en inches-kwikhoogten, welke waar nodig ter verduidelijking in nootvorm vermeld zijn.

Bovendien is sinds de verschijning van de eerste druk de wenselijkheid gebleken de tekst enigermate te wijzigen (zo werd o.a. hoofdstuk I nieuw bijgevoegd), ten-einde het geheel voor gebruik aan boord gemakkelijker leesbaar te maken.



# I

## OVER DE VERNAUWING VAN DE KWIKBUIS

Kwikbarometers voor gebruik te land, vertikaal onbeweegbaar bevestigd, kunnen voldoen aan de hoogste eisen, welke slechts gelimiteerd zijn door de nauwkeurigheid van de schaalverdeling en van de mate van aflezing. Deze instrumenten, de z.g. stationsbarometers of standaardlandbarometers, zijn voorzien van *twee* instellingen, welke beide voor één waarneming nodig zijn, n.l. een instelling van de hoogte van het kwik in het vat en een instelling van de hoogte van het kwik in de buis, waarbij het verschil in hoogte van deze twee instellingen de druk van de buitenlucht weergeeft.

Er worden te land en voornamelijk vanwege het handiger gebruik ook kwikbarometers gebezigd van het type als de scheepskwikbarometers, waarbij met *één* instelling (die van de hoogte van het kwik in de buis) kan worden volstaan, doordat de schaalverdeling niet in volle eenheden (millimeters, inches of millibaren) is aangebracht, maar in zogenaamde gereduceerde eenheden. De reductiefactor is de omgekeerde verhouding van het vrije oppervlak van het kwik in het vat tot dat oppervlak verminderd met het oppervlak van het kwik in het afleesbare bovengedeelte van de buis. Het betreft hier de in de zeevaartkunde-leerboeken genoemde correctie voor de capaciteit, welke in de gereduceerde schaalverdeling automatisch toepassing vindt. Dit soort barometers vereist van tijd tot tijd (in het algemeen na vervoer) controle op de aflezing, evenals de scheepskwikbarometer, omdat indien onverhoopt enig kwik verloren zou zijn gegaan de aflezing niet meer juist is. Echter zijn deze landbarometers principieel *niet* voorzien van een vernauwing in de kwikbuis, zoals bij de scheepskwikbarometer nodig is.

Op het beweeglijke schip toch zijn beide hierboven beschreven instrumenten onbruikbaar. De versnellingen, welke het schip als gevolg van stampen en slingeren ondergaat en waaraan ook het kwik in de barometer onderhevig is, veranderen doorlopend de waarde van de versnelling van de zwaartekracht in positieve of negatieve zin. Het kwik zou in dergelijke barometers zeer snel op- en neergaan. Om hieraan te ontkomen heeft de scheepskwikbarometer een kwikbuis met plaatselijk zeer aanzienlijke vernauwing, welke het op- en neervloeien van het kwik in de buis door wrijving aan perken bindt.

Om niet te worden misverstaan zij medegedeeld dat bij geen enkele kwikbarometer de kwikbuis in hare volle lengte een doorsnede heeft als die van het zichtbare bovendeel; om kwik te sparen heeft de kwikbuis tussen het zichtbare gedeelte en het kwikvat een diameter van één of enkele millimeters. De bedoelde vernauwing is in dit nauwere gedeelte van de buis plaatselijk aangebracht. Vroeger werd die vernauwing verkregen door de glazen buis plaatselijk „uit te trekken” tot een inwendige diameter van 0.1 mm of minder (fig. 1), tegenwoordig door tussenlassen van een ongeveer 1 dm lang capillair buisgedeelte van enkele tienden van millimeters inwendige diameter (fig. 2). Deze laatste methode maakt het voor de fabrikant gemakkelijker om te voldoen aan de eisen welke gesteld worden om de barometer aan boord van het beweeglijke schip niet te overmatig te doen „pompen”. Absoluut te vermijden is het euvel van pompen

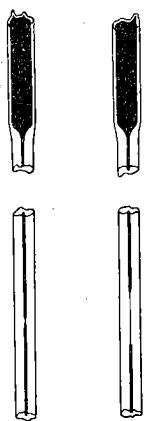


fig. 1

fig. 2

niet, maar bij doelmatige vernauwing en niet te sterk stampend of slingerend schip wordt dit euvel binnen toelaatbare perken gehouden.

Echter gaat met de vernauwing een ander euvel gepaard, n.l. dat er kleine fouten in waarneming optreden, indien de luchtdruk verandering ondergaat. Ook grotere fouten kunnen zich voordoen, n.l. indien de waarnemer niet indachtig is dat, om en nabij de actuele luchtdrukwaarde, het kwik in de buis slechts met grote vertraging door de vernauwing vloeit. Om het anders te zeggen: een uit de verticale stand gebrachte scheepskwikbarometer, waarbij dus het kwik in de buis is opgelopen, heeft geruime tijd nodig om weer „goed” aan te wijzen.

Om de mate van vernauwing van een scheepskwikbarometer te definiëren of na te gaan, anders dan door opmeting van het vernauwde gedeelte (hetgeen bij een gemonteerd instrument natuurlijk onmogelijk is) zijn twee begrippen nodig: „valhoogte” en „valtijd”.

Brengt men de barometer in schuine stand, waardoor het kwik tot aanzienlijke hoogte oploopt, en houdt men hem daarna weder vertikaal, dan ziet men het kwik eerst betrekkelijk snel „vallen”; geleidelijk aan wordt die snelheid minder en over de laatste millimeters, vóórdat het kwik zijn oorspronkelijke stand heeft bereikt, gaat het dalen zeer en zeer langzaam. Het is daarom dat men voor de zogenaamde „valtijdproef” twee bepaalde standen heeft uitgekozen, n.l. een hoogte  $p$  en een hoogte  $q$  boven de actuele luchtdrukwaarde. De afstand  $p - q$  heet de „valhoogte”. De tijd welke het kwik nodig heeft om bij rechtstandige barometer de afstand van  $p$  tot  $q$  te doorlopen heet de „valtijd”. De numerieke waarden van  $p$  en  $q$  en van de valtijd worden in hoofdstuk III behandeld.

## II

### OVER DE VALSNELHEID VAN HET KWIK

De snelheid, waarmede bij de hierboven beschreven werkwijze het kwik in de buis daalt, is voor elke scheepskwikbarometer evenredig met de hoogte van de stand van het kwik boven de actuele luchtdrukwaarde, maar hangt verder af van de mate van vernauwing van de barometer.

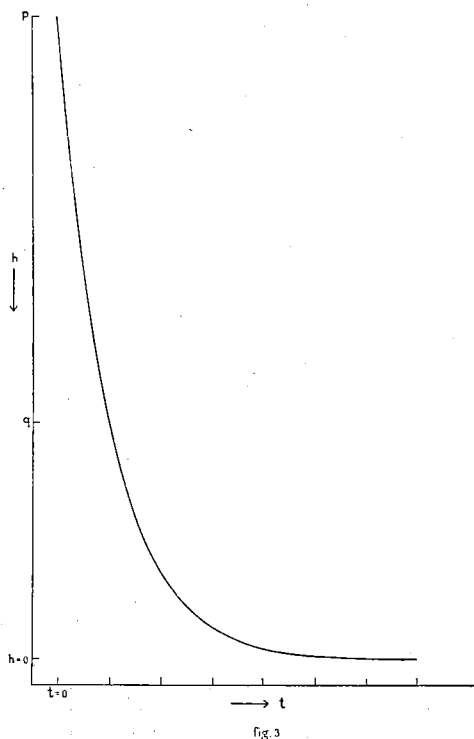
Noemen wij voor een willekeurig tijdstip tijdens de proef die hoogte  $h$  en de snelheid van dalen van het kwik  $s$  (uitgedrukt in dezelfde lengtemaat als  $h$  per minuut), dan is bij proefnemingen in 1933 gevonden, dat de waarde  $\frac{h}{s}$  constant blijft tot op een hoogte van enkele millimeters boven de actuele luchtdrukwaarde. Aangezien de valsnelheid gedefinieerd wordt als  $s = \frac{dh}{dt}$ , heeft men door substitutie  $h \times \frac{dt}{dh} = \text{constant (c)}$ .

Met integratie volgt dat de kromme, die het verloop van het dalen t.o.v. de tijd aangeeft, de vergelijking heeft  $h = ke - \frac{1}{c} t$

waarin:  $h$  = de hoogte van het kwik boven de luchtdrukwaarde;

$t$  = de tijd in minuten gerekend vanaf een bepaalde beginhoogte tot de hoogte  $h$ ;





$e$  = het grondtal der natuurlijke (Neperiaanse) logarithmen (2,71828);  
 $c$  = een constante voor elke barometer verschillend, afhankelijk van de vernauwing;  
 $k$  = een factor verband houdende met de gekozen eenheden voor  $h$  en  $t$ .

Fig. 3 geeft het verloop van een dergelijke kromme.  
 Die constante  $c$  is uit te drukken in de „valtijd”  $T$ .  
 Immers uit de formule volgt:

$$\frac{h_1}{h_2} = e^{-\frac{1}{c}(t_1 - t_2)}$$

en neemt men voor  $h_1$  en  $h_2$  resp. de hoogten  $p$  en  $q$  (welke gebruikt worden voor het bepalen van de valtijd), dan volgt, omdat  $T = t_2 - t_1$ :

$$\frac{p}{q} = e^{\frac{1}{c}T}$$

$$\text{of } c = T \frac{\log e^1}{\log \frac{p}{q}}$$

Uit de formule blijkt verder dat voor elke  $h_1$  en  $h_2$  waarvan de verhouding  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{p}{q}$ , het tijdsverloop  $t_2 - t_1$ , theoretisch althans, gelijk is aan de valtijd. Dat wil dus zeggen, dat bij een valhoogte van 50 tot 18 millibar (zoals deze thans in Nederland omschreven wordt) de valtijd (i.e. 4 à 5 minuten) gelijk is aan de tijd nodig om het kwik te doen vallen van 18 tot 6.5 mb boven de actuele luchtdrukwaarde, evenzo van 6.5 tot 2.3 mb, evenzo van 2.3 tot 0.8 mb, van 0.8 tot 0.3 mb, van 0.3 tot 0.1 mb, enz. Maar bij dergelijke kleine kwikhoogteverschillen met de actuele luchtdrukwaarde is — zoals uit hoofdstuk IV zal blijken — het tijdsverloop in werkelijkheid aanzienlijk langer.

<sup>1)</sup> Voor de eertijds geldende valhoogte 25 tot 5 mm was  $c = T \times 0.621$ , voor de thans geldende valhoogte 50 tot 18 mb is  $c = T \times 0.98$ .  
 De zeer goede overeenstemming bij proefnemingen in 1933 gevonden tussen de empirische bepaalde  $c$  en de waarde afgeleid uit de valtijd blijkt uit de navolgende opgave:

	$c$ empirisch	$c$ berekend uit valtijd
barometer no. 138	4.72	4.66
„ „ 267	3.65	3.48
„ „ 253	2.51	2.53

### III

#### OVER VALHOOGTE EN VALTIJDGRENZEN

##### Nederland

Het begrip „valtijd” wordt voor de eerste maal vermeld in „Verklaring van het Meteorologisch Journaal”, 5de druk 1872, maar uit de 6de druk 1889 volgt, dat deze uitdrukking bij de scheepswikbarometers op het K.N.M.I. reeds lang te voren misschien wel de daargenoemde „35 jaren dat de heer Ogterop met de vergelijking van de instrumenten belast was”, gebezigd werd, m.a.w. van de oprichting van het K.N.M.I. in 1854 af.

Ogterop verstond er onder de benodigde tijd, dat het kwik van 25 mm boven de luchtdrukaanwijzing gedaald was tot 5 mm boven de luchtdrukaanwijzing. Hier hebben we dus het begrip „valhoogte” en haar toenmalige begrenzingen.

De minimum- en maximum-valtijd, welke nodig werden geoordeeld, opdat de scheepswikbarometer aan boord goed zou voldoen, zijn, bij hetzelfde begrip van valhoogte 25 tot 5 mm, meermalen gewijzigd zoals uit de volgende opgave blijkt.

	Valhoogte 25 tot 5 mm	Overeenkomende waarde voor een valhoogte 50 tot 18 mb
1872 . . . . .	min. 4, max. 14 minuten	min. 2.5, max. 8.9 minuten
1889 . . . . .	„ 2, „ 8 „	„ 1.3, „ 8.9 „
1898 . . . . .	„ 2, „ 9 „	„ 1.3, „ 5.7 „
1923 . . . . .	„ 4, „ 9 „	„ 2.5, „ 5.7 „

Toen in 1939 een Nederlands standaardmodel scheepswikbarometer werd ontworpen, waarop een millibarenverdeling zou worden aangebracht, werd, om verandering bij mogelijke aanschaf van barometers in het buitenland te voorkomen, de valhoogte in millibaren dezelfde genomen als in Engeland reeds enige jaren in gebruik was, n.l. *over de hoogte van 50 tot 18 millibarverdelingen* boven de actuele luchtdrukwaarde, met als *valtijdgrenzen minimum 4, maximum 5 minuten* <sup>1)</sup>.

De valtijd van een barometer voor een bepaalde valhoogte is voor een andere valhoogte om te rekenen met behulp van de formule:

$$c = T^1 \frac{\log e}{\log \frac{p_1}{q_1}} = T^2 \frac{\log e}{\log \frac{p_2}{q_2}}$$

Deze werkwijze is voor de rechterhelft van bovenstaand staatje en op vele andere plaatsen in dit geschrift gebezigd.

<sup>1)</sup> Bij de aanmaak van barometers na de wereldoorlog werd om utiliteitsredenen (moeilijkheid in de fabricatie van capillaire glasbuis) de grenzen tijdelijk gesteld: minimum 3½, maximum 5½ minuut.

## Engeland

Blijkens „Marine Observer's Handbook, 1930” dateert het begrip „falling time” van de invoering van de marine-barometer in 1854 en gold het daar de tijd, doorlopen tussen 1.5 en 0.5 inch boven de luchtdrukaanwijzing. Hierbij rekende men als tijdsgrenzen voor goede bruikbaarheid minimum 3, maximum 6 minuten <sup>1)</sup>.

Bij de invoering van millibar-barometers, omstreeks 1923, heeft men als „falling height” genomen 50 mb tot 18 mb en als „falling time” 4.5 minuut <sup>2)</sup>.

Echter in 1940 heeft men met behoud van dezelfde valhoogte 50 tot 18 mb de „falling time” verlengd en gesteld op min. 6, max. 9 minuten <sup>3)</sup>.

Zoals uit het bovenstaande volgt heeft Nederland zich wat „valhoogte” betreft aangesloten bij de Engelse definiëring van dit begrip. Het zou uiteraard niet dan voordeel hebben indien er een algemeen internationale afspraak bestond welke „valhoogte” bij de valtjidsproef moet worden gebezigd. Voorstellen daartoe zijn gedaan, maar een beslissing is nog niet genomen.

Wat de grenzen van de toelaatbare „valtjids” betreft zo is hierbij een internationale afspraak niet urgent. Het inzicht hieromtrent hangt samen met de vraag: aan boord van welk soort schepen de barometer wordt gebruikt en hoe de opstelling aan boord is. Een korte valtjids maakt de barometer bij zwaar slingerend of stampend schip onbruikbaar, een lange valtjids moet de fouten vergroten waarvoor in deze Verhandeling juist de aandacht wordt gevraagd.

## IV

### OVER DE „FOUT IN AANWIJZING (KWIKHOOGTE)” EN DE „VERTRAGING IN TIJD” VAN DE VERTIKAAL HANGENDE SCHEEPSKWIKBAROMETER BIJ STIJGENDE OF DALENDE LUCHTDruk

#### Theorie

##### 1. *Fout in aanwijzing* (kwikhoogte)

Indien de luchtdruk voortdurend stijgt (of daalt) met een bedrag van **a** eenheden per minuut, dan blijft het kwik in de scheepsbarometer in hoogte zolang achter t.o.v. de waarde van de luchtdruk, tot het verschil **h** tussen beide grootheden zodanige grootte heeft bereikt, dat de stijging (of daling) per tijdseenheid in de buis als gevolg van dit hoogteverschil evenwicht maakt met de stijging (of daling) per tijdseenheid van de luchtdruk. M.a.w.

$$\frac{dh}{dt} = a,$$

en aangezien  $h \times \frac{dt}{dh} =$  „constante”, is  $h = a \times$  „constante”.

<sup>1)</sup> Voor een valhoogte 25 tot 5 mm komt dit overeen met min. 4.4, max. 8.8 minuten; voor een valhoogte 50 tot 18 mb met min. 2.8, max. 5.6 minuten.

<sup>2)</sup> Toegelicht in noot 3 op blz. 10.

<sup>3)</sup> Brief Marine Superintendent 17 June, 1948.

Bij het Nederlandse standaardmodel scheepswikbarometer met een valtjdgrens tussen 4 en 5 minuten en met een „constante” (zie blz. 7 noot 1,  $c = T \times 0.98$ ) tussen 4 en 5, heeft de fout in kwikhoogte dus een waarde tussen 4a en 5a (a uitgedrukt in mb per minuut) <sup>1)</sup>.

Een „snel veranderende” luchtdruk wordt genoemd een luchtdruk met een verandering van 1.3 tot 2 mb per uur, d.i. ongeveer 0.03 mb per minuut. De fout in aanwijzing bij voortdurend snel stijgende of dalende luchtdruk is *theoretisch* daarom van een orde grootte van 0.14 mb.

In de tropen bedraagt de maximum verandering in luchtdruk verband houdende met de dagelijkse gang ongeveer 0.8 mb per uur, d.i. 0.013 mb per minuut; de fout in aanwijzing van het Nederlandse standaardmodel scheepswikbarometer als gevolg van de dagelijkse gang heeft dan dus een waarde van ongeveer 0.06 mb.

## 2. Vertraging in tijd („lagging time”)

Hieronder wordt verstaan de tijdsduur, welke bij eenparig veranderende luchtdruk en nadat het onder 1 bedoelde evenwicht is bereikt verloopt tussen het ogenblik, dat de luchtdruk een bepaalde waarde heeft en het ogenblik dat de barometer diezelfde waarde aanwijst. Die tijdsduur, welke wordt aangegeven met  $\frac{h}{a}$ , volgt onmiddellijk uit  $h = a \times$  „constante” en bedraagt in minuten de waarde van de „constante”. De vertraging is dus onafhankelijk van de mate van verandering van de luchtdruk. Bij het Nederlands standaardmodel scheepswikbarometer met een „constante” (zie blz. 7 noot 1)  $c = T \times 0.98$  en een valtjdtijd tussen 4 en 5 minuten, bedraagt die vertraging dus ook dit tijdsverloop <sup>2) 3)</sup>.

## Gegevens uit de praktijk

### A. Engelse waarnemingen

Waarnemingen omtrent het verschil in kwikhoogte (fout) en vertraging in tijd bij voortdurend veranderende luchtdruk zijn verricht door C. Chree en vermeld in „Meteor. Office, Geophysical Memoirs no. 8, London 1914”. Daaruit wordt ontleend:

<sup>1)</sup> Bij de destijds geldende valhoogte 25 tot 5 mm en de daarbij behorende valtjdtijd tussen 4 en 9 minuten ligt die waarde tussen 2.5a en 5.6a (a uitgedrukt in mm per minuut).

<sup>2)</sup> Bij de destijds geldende valhoogte 25 tot 5 mm en de daarbij behorende valtjdgrenzen van 4 resp. 9 minuten,  $c = 0.621 \times T$ , bedraagt die vertraging resp. 2.5 en 5.6 minuten.

<sup>3)</sup> Het begrip „lagging time” heeft in Engeland veel aandacht gehad. Toen men aldaar omstreeks 1923 de Marine-Millibar-barometer invoerde, heeft men een dergelijke vernauwing gekozen dat de „lagging time” 4.5 minuut bedroeg, terwijl men blijkbaar er tevens prijs op stelde om die „lagging time” (L) gelijk te doen zijn aan de „falling time”. Hieraan wordt voldaan door in de formule  $c = T \frac{\log e}{\log \frac{p}{q}}$ , bij in dit geval  $c = L = T$ , aan de verhouding  $\frac{p}{q}$  de waarde e te geven,

zodat bij het kiezen van 50 mb als bovenste waarde van de valhoogte, de onderste waarde bij afronding 18 mb wordt. Als gevolg van die afronding is de werkelijke waarde van  $c = 0.98 \times T$  (zie noot 1, blz. 7).

Aantal onderzochte Eng. barometers	Gemiddelde valtijd voor valhoogte 50 tot 18 mb	Gemiddelde fout	Grootste fout	Kleinste fout
54	3 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup>	0.24 mb	0.73 mb	< 0.05 mb
43	4 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup>	0.37 „	0.67 „	< 0.09 „

Bij deze gegevens is de mate van verandering van de luchtdruk niet opgegeven. Het onderzoek van Chree in 1914, evenals dat van Stokes in 1882<sup>1)</sup>, welke beiden de theoretische formule als onder II gebruikten, richtte zich vooral op de vertraging in tijd, „lagging time”.

Door Chree werd gevonden:

Luchtdruk verandering in mb per uur	Bar. no. 214	Bar. no. 658	Bar. no. 214	Bar. no. 658	Verhouding tijd volgens waarneming	
	Gem. vertraging volgens formule		Gem. waargenomen vertraging		tijd volgens formule	
					Bar. 214	Bar. 658
0.20	3 min.	7 min.	37 min.	71 min.	12	10
0.48	3 „	7 „	28 „	55 „	9	8
0.81	3 „	7 „	19 „	33 „	6	5

Diezelfde verhoudingsgetallen vinden we begrijpelijkerwijze terug voor de „fouten” bij deze Engelse barometers no. 214 en 658.

#### B. Waarnemingen te Tandjong Priok

Dit zijn zeer nauwkeurige waarnemingen verricht in September 1934<sup>2)</sup>; zij geven de volgende uitslag:

Datum	4 September 1934				11 September 1934			
Barometer no.	107	113	119	112	468	80	119	112
Valtijd (voor valhoogte 50 tot 18 mb) . . . . .	3 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup>	4 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	3 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup>	5 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup>	2 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup>	2 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>	3 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup>	5 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup>
Theoretische fout bij een luchtdrukverandering 0.8 mb per uur	0.05	0.07	0.05	0.07	0.03	0.03	0.05	0.07
Bevonden fout bij een luchtdrukverandering 0.8 mb per uur *) .	0.30	0.16	0.11	0.20	0.21	0.21	0.20	0.21
Verhouding $\frac{\text{waargenomen fout}}{\text{theoretische fout}}$	4	2	2	3	7	7	4	3

<sup>1)</sup> Report of the Meteorological Council 1880.

<sup>2)</sup> Vermeld op blz. 5 en 6 van een staat, overgelegd bij schrijven van de Chef van het Nautisch Instituut van de Kon. Paketvaart Mij. van 12 November 1934, no. A 151.

\*) Met nagenoeg dezelfde bedragen voor stijgende als voor dalende luchtdruk.

### C. Contrôle barometer aflezingen 1934

Deze waarnemingen zijn — elk op zichzelf beschouwd — zeker niet nauwkeurig genoeg om bepaalde gevolgtrekkingen te maken omtrent de fout in index bij veranderende luchtdruk. Feitelijk werd het onderhavige onderwerp aangevat om in de onregelmatigheden, welke in de uitkomsten der controle barometer aflezingen optreden, een beter inzicht te verkrijgen. Intussen is het aantal waarnemingen vrij groot en het leek de moeite waard om de verkregen gemiddelde uitkomsten aan het voorafgaande te toetsen.

Het aantal dezer waarnemingen over 1934 te Amsterdam en Rotterdam te zamen bedroeg 388; de gecorrigeerde aflezing was voor deze 388 gevallen gemiddeld 0.37 mb hoger dan de plaatselijke luchtdrukwaarde. Daaronder kwamen echter zeer grote onregelmatigheden voor, negatief en positief tot een bedrag van meerdere millibaren, eenmaal zelfs van meer dan 13 mb. Beschouwt men deze als „vergissingen in aflezing” of „vergissingen in de invulling van de juiste datum”, dan blijven na eliminering van deze gevallen over: 350 waarnemingen met verschillen van + 1.2 tot — 1.2 mb met de luchtdruk, gemiddeld 0.25 mb te hoog.

Hierbij doen zich theoretisch niet-mogelijke gevallen voor, n.l. een te hoge scheepsbarometer bij stijgende luchtdruk, een te lage scheepsbarometer bij dalende luchtdruk, en hun aantal was niet gering.

Onder de 350 waarnemingen waren er 165 bij weinig of geen verandering in luchtdruk, de overige geven na toepassing van een correctie voor de genoemde 0.25 mb bevonden te hoge aflezing:

	Luchtdruk stijgend	Luchtdruk dalend
Aantal waarnemingen . . . . .	127	58
Gemidd. valtijd (voor valhoogte 50 tot 18 mb) . . . . .	2 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup>	3 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup>
Gemidd. luchtdrukverandering in mb per uur . . . . .	+ 0.53	— 0.49
Theoretische fout in index . . . . .	— 0.03 mb	+ 0.03 mb
Gemidd. bevonden fout in index . . . . .	— 0.08 mb	+ 0.04 mb
Verhouding $\frac{\text{waargenomen fout}}{\text{theoretische fout}}$ . . . . .	3	1.5

### D. Waarnemingen Amsterdam 1935

Bij schrijven 9 Maart 1935 werden door P. M. van Riel, Directeur Filiaal-inrichting Amsterdam, gegevens overgelegd van het verschil in indexcorrectie, bepaald bij snel-dalende luchtdruk (1.3 mb p. u.) en bij snel-rijzende luchtdruk (1.2 mb p. u.) van 26 verschillende barometers, waarvan de valtijd uitéénliep van 2<sup>m</sup>1<sup>s</sup> tot 5<sup>m</sup>11<sup>s</sup> (voor valhoogte 50 tot 18 mb), gemiddeld 3<sup>m</sup>45<sup>s</sup>.

Aantal dubbele waarnemingen . . . . .	26
Gemiddelde valtijd (voor valhoogte 50 tot 18 mb) . . . . .	3 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>
Theoretische fout in index bij luchtdrukverandering 1.26 mb per uur . . . . .	0.08 mb
Gemiddeld bevonden fout in index bij luchtdrukverandering 1.26 mb per uur . . . . .	0.36 mb
Verhouding $\frac{\text{waargenomen fout}}{\text{theoretische fout}}$ . . . . .	4.5

Bij deze waarnemingen is een verband tussen de verschillen <sup>waargenomen fout</sup> <sub>theoretische fout</sub> bij de uiteenlopende valtijden der 26 barometers niet naar voren gekomen.

Echter komt uit de opgesomde proefnemingen duidelijk naar voren, dat, indien het kwik in de buis slechts weinig in hoogte verschilt met de actuele luchtdrukwaarde, de tijd nodig om deze laatste waarde te bereiken aanzienlijk langer is dan theoretisch te verwachten (blz. 7 slotzin hfdst. II). Aangenomen moet worden dat die tijd enige malen langer kan zijn, waarbij dan de extreme verhoudingen (Chree 10 à 12 maal, B a t a v i a 7 maal) buiten beschouwing worden gelaten.

De reden ervan lijkt slechts verklaarbaar uit andere oorzaken dan die als gevolg van onvolkomenheid in aflezing, welke bij een groot aantal waarnemingen elkaar opheffen. Onder die oorzaken zal zijn onder te brengen een „veranderlijke meniscus” bij daling en stijging van het kwik, rechtstreeks als gevolg van de adhaesie van het kwik tegen het glas, of als gevolg van het niet absoluut schoon of zuiver zijn van glazen buis en kwik.

In dit verband wordt hier tevens een aantekening gesteld omtrent het voorschrift „tikken vóór de aflezing”. Te Tandjong Priok is bevonden, dat dit tikken weinig of geen invloed heeft; tot dezelfde conclusie kwam Chree in 1914. Niettemin wordt wel waargenomen dat indien de meniscus onregelmatig is (verklaarbaar indien de buis of het kwik niet absoluut schoon zijn) deze een normale (of normaler) stand na het tikken inneemt. Het lijkt daarom, dat dit voorschrift dient te worden gehandhaafd, ook al zal het tikken bij aan boord opgestelde barometers wellicht niet nodig zijn, omdat de trillingen van het schip de werking van het tikken overnemen.

Op het verschil in bevonden fouten door Chree en te Tandjong Priok heeft de buiswijdte mogelijk invloed gehad. De barometers gebruikt voor de proefnemingen van Chree hadden een diameter van 5.6 tot 6.5 mm (in- of uitwendig niet opgegeven). De Nederlandse Olland-barometers hadden de latere jaren een inwendige diameter van 7 à 7.5 mm. In navolging van de nieuwere Engelse millibarbarometers is voor het Nederlandse standaardmodel scheepskwikbarometer een inwendige buisdiameter van 8 mm gekozen.

## V

### CONCLUSIES

#### 1. Voor verificatie-inrichtingen

Aan de hand van al het vorenstaande mag de conclusie getrokken worden, dat — evenmin als bij nagenoeg onveranderde luchtdrukwaarde de indexcorrectie bij éénmalige bepaling op zegge 0.1 mb nauwkeurig is vast te stellen — de indexcorrectie bij snel veranderende luchtdrukwaarde bij éénmalige bepaling op zegge 0.4 mb nauwkeurig zal zijn.

Indien het bepalen van de indexcorrectie niet uitsluitend geschieden kan bij geen of weinig veranderende luchtdrukwaarde, lijkt het verstandig de aanbeveling te volgen, door Chree in 1914 gegeven: „to obtain the best value for the zero

correction, care should be taken that the average rate of pressure changes should be the same during the observations with pressure rising and falling. If no attention is paid to this latter point, every now and then cases must occur where the changes in the rising pressure are either much more rapid or else much less rapid than the changes in the falling pressure. In the former case the tendency will be to give a correction algebraically too large, in the latter case a correction algebraically too small”.

Er kan met recht getwijfeld worden of de kwikbarometer van een schip in orde is — in welk geval dan die barometer ter herverificatie moet worden opgevraagd — indien *uit meer dan één* waarneming blijkt, dat zich verschillen van 0.7 mb of meer in dezelfde richting voordoen tussen de aan boord berekende luchtdrukwaarde en die terzelfder tijd aan de wal.

## 2. Voor de waarnemer aan boord

Liggende in een haven of ter rede van een plaats waar een verificatie-inrichting aanwezig is, behoren contrôle waarnemingen, in te vullen op de daarvoor bestemde plaats op de omslag van het meteorologisch journaal, te geschieden. Die waarnemingen behoren met even grote nauwkeurigheid te worden verricht als de waarneming in volle zee. Fouten zouden een onnodig opvragen van het instrument door de verificatie-inrichting tengevolge kunnen hebben.

In het bijzonder moge uit deze verhandeling volgen, dat bij *elke* waarneming angstvallig vermeden moet worden, de barometer vóór het aflezen uit de vertikale stand te brengen. Wordt dit door een onwillekeurige handeling wel gedaan, dan zal het kwik in de buis rijzen en is een aanmerkelijk tijdsverloop vele malen langer dan de valtijd, vereist voordat het instrument zegge op 0.1 à 0.2 mb nauwkeurig aanwijst.

Uit dien zelfden hoofde is het aanbrengen van een vertikale spiraalveer, die moet voorkomen dat bij slingerend schip de barometer tegen de wand stoot, af te keuren; bij zwaar werkend schip zal het kwik in de buis dan waarschijnlijk enige millibarverdelingen hoger staan dan de waarde van de luchtdruk is.



