

26 JAN. 1970

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT
DE BILT

VERSLAGEN

V-223

Windvaanonderzoek

door

F.X.C.M. van Lindert en J. Wieringa

551.508.53

De Bilt, 1969

Kon. Ned. Meteor. Inst.
De Bilt

Publikationsnummer: K.N.M.I. V 223-VI

WINDVAANONDERZOEK AUGUSTUS 1969

F.X.C.M. van Lindert (R.U. Utrecht), J. Wieringa (KNMI)

Doel van het onderzoek was het ontwerp van een 'luchtvaartvaan', dwz. een windvaan met grote demping en een lange instelweg. De responsie-tijd moet zo goed mogelijk overeenkomen met die van een vliegtuig op landings-snelheid. Verder hoopten wij te komen tot een verklaring van het verschijnsel, dat sommige windvanen niet één, maar twee evenwichtsstanden bezitten, aan weerszijden een gelijke hoek makend met de windrichting. Dit verschijnsel wordt voortaan pathologie genoemd, de betreffende vanen pathologisch; dit in tegenstelling tot de 'gezonde' vanen met één evenwichtsstand in de windrichting.

Van Lindert bracht de eerste twee dagen van de onderzoeksperiode door met aanvullende litteratuurstudie: doorgenomen werden de artikelen van MacCready en Jex (1964), Wieringa (1967), Barthelt en Ruppertsberg (1957).

Een begin werd gemaakt met de slingerproeven; wij maakten gebruik van de reeds bestaande proefvaan met uitwisselbare vaanbladen, opgesteld in de KNMI-windtunnel. De metingen werden verricht met een Servogor 2000 recorder, vanwege diens snelle responsie. Tijdens deze eerste week van het onderzoek werden al die vanen doorgemeten, die nog niet eerder waren gedaan bij vroegere metingen.

Nu volgde het scheiden van de bokken en de schapen: de registraties van de gezonde vanen werden aan de deskundige handen van mej. Manuel (rekensectie) toevertrouwd, de pathologische bleven hier. Tevens werd hier een werkverdeling opgesteld: in principe zou Wieringa zich bemoeien met de gezonde vanen, terwijl Van Lindert de pathologische voor zijn rekening zou nemen.

Van alle pathologische vaan-registraties werden nu de gemiddelde evenwichtsstanden berekend, tevens de standaardafwijkingen. Bij sommige vanen bleek slechts één evenwichtsstand, afwijkend van de windrichting, voor te komen, doch met ruwe overshoot-metingen werd de pathologie aangetoond. Het niet persistent zijn van de tweede evenwichtsstand werd geweten aan afwijkingen van de ideale windtunnelsituatie. Dit bleek later terecht. (Kijkglasje!)

De resultaten van genoemde berekeningen werden nu grafisch verwerkt. Voor de verschillende typen vaankonfiguratie (bv. lang-smal-vlak, of kort-breed-konvex) werd de afwijking uit de evenwichtsstand δ uitgezet tegen de bladhoek φ .

De tijd was nu rijp voor de eerste konklusies: Er bleek weinig verschil te bestaan tussen vanen met een lange en vanen met een korte arm. Er was overal een toeneming van δ met toenemende φ te zien, behalve bij de vanen van het type breed-wigvormig. De konkave wigvormige vanen en de konvexe sokvormige vanen waren sterk pathologisch: reden om te veronderstellen dat de trailing edges graag parallel aan de windrichting gaan staan.

Herhaald werden nu de metingen aan vanen die in eerste instantie dubieuze resultaten hadden opgeleverd (bijv. niet persistent zijn van één van beide evenwichtssituaties) op verschillende manieren. Zie daarvoor navolgend stukje 'Anomaliën bij slingerproeven'. Na analyse van de nieuwe registraties werden de grafieken herzien; er volgden evenwel geen nieuwe konklusies, wel werd steeds meer de betrekkelijkheid van de waarde van sommige meetresultaten ingezien.

Alle metingen waren tot dusver gedaan bij een windsnelheid van ca. 3 m/s, besloten werd om te kijken wat er zou gebeuren met de pathologische vanen bij grotere windsnelheid. Hiertoe werden slingerproeven uitgevoerd bij 10 m/s met alle vanen die pathologie vertoonden en met die vanen, die vanwege hun β -verloop (i.e. het verloop van de gedempte golflengte u_d en de overshoot h met de aanvangshoek β tussen de wind- en de vaanrichting) maar nèt gezond genoemd kunnen worden. De vraag was namelijk, of ze misschien niet pathologisch zouden worden bij toenemende windsnelheid. Inderdaad bleek dit af en toe het geval. (Bijv. vaan 28, 48) Ook nu werden het gemiddelde en de standaardafwijking in de evenwichtsstanden berekend, en grafieken gemaakt van δ als functie van φ .

Wij poogden nu lijn te ontdekken in het al dan niet voorkomen van pathologie. O.a. deden wij dit door δ nu (i.p.v. tegen de bladhoek) uit te zetten tegen de hoek die de leading cq. trailing edge maakt met de windrichting. Dit maakt natuurlijk alleen verschil voor de gekromde bladen. De gezochte lijn werd evenwel niet veel duidelijker zichtbaar dan voorheen.

Ondertussen was men op de rekensectie klaar met de analyse der registraties van gezonde vanen; van deze kon het β -verloop nu worden bepaald en in grafiek worden gebracht.

Waar dit β -verloop weer aanleiding gaf tot de veronderstelling dat pathologie zou kunnen voorkomen bij andere windsnelheden werd besloten de betreffende vaan nog eens te meten, nu bij 1, 3, en 10 m/s. Er bleken nu ook vanen te zijn die bij afnemende windsnelheid pathologisch werden. (Bijv. vaan 64, 68)

Uitgezocht werden nu alle vanen die mogelijkerwijs zouden voldoen aan de primair gestelde eis van grote demping en lange instelweg. Een pathologie met δ minder dan 3 à 4 graden werd hierbij als niet hinderlijk beschouwd. Uit het op deze wijze gemobiliseerde vanen-potentieel werd uiteindelijk nummer 58 gekozen als basis voor een ontwerp. Dit is een vaan met lange arm, breed en wigvormig model, bladhoek 40°.

Er werden nu twee nieuwe grafieken vervaardigd, één voor het brede en de andere voor het smalle model, waarin alle vanen werden opgenomen. Hierin werden krommen getekend die op het oog de beste benadering van de meetpuntenreeks vormden. Deze krommen sneden de abcis, waarlangs de bladhoek was uitgezet alle tussen de 15 en 20 graden: Bij een bladhoek van minder dan 15° kwam nergens pathologie meer voor. Alleen de brede wigvormige vanen hadden een tweede snijpunt: deze kromme bezat een maximum voor δ bij een bladhoek van 25°.

Er werd nu op allerlei manieren geprobeerd de wiskundige aard van de kromme te benaderen (bv. kwadratisch, kubisch, sinusoidaal, etc., en dit alles op lineair, log-log, en halflogaritmisch papier.) doch er volgde geen sprekend wiskundig verband met een 'mooie functie'. Besloten werd de krommen kwadratisch te tekenen, echter zonder theoretische grondslag. (zie bijgaande grafiek voor het resultaat) Snijpunt met de abcis: 18°.

Teneinde enig inzicht te krijgen in de situatie die zich voordoet bij een pathologische windvaan was het noodzakelijk de luchtstroming zichtbaar te maken. Hoe dit werd gedaan valt te lezen in bijgaand stuk "De rookproeven".

Tijdens de rookproeven, en bij beschouwing van de gemaakte foto's, vielen duidelijk enkele konklusies te trekken betreffende het ontstaan van de pathologieverschijnselen.

Bij alle beschouwde pathologische windvanen treedt één wervel op, en wel achter het blad dat de grootste hoek maakt met de windrichting, t.g.v. de afwijkende evenwichtsstand waarin de vaan zich op dat moment bevindt. Bij grote onderlinge afstand van de vaanbladen met voldoende grote bladhoek (56) ontstaan twee wervels, achter elk blad één, zodat de pathologie verdwijnt. Zo ook bij de basis voor het ontwerp, vaan 58. Bij aanwezigheid van deze beide wervels is de responsie sterk vertraagd. Bij sommige brede vanen treden windsnelheidseffekten op, nu zichtbaar, bijv. het verdwijnen der pathologie bij toenemende windsnelheid (97), toeneming van de pathologie bij toenemende windsnelheid (46). Bij sokvanen neemt de pathologie af met toenemende windsnelheid, bij wigvanen neemt zij juist toe. Verklaring: Bij sokvormige vanen gaat de hoofd-luchtstroom binnendoor, dus is deze bij toenemende windsnelheid beter in staat om een scheiding tussen de wervels tot stand te brengen, althans bij konkave en vlakke sokken. Bij konvexe sokken zit het wervelgedeelte der luchtstroming aan de binnenkant: hierdoor wordt de stroming minder effectief.

Operationeel gebruik van pathologische windvanen zou alleen overwogen kunnen worden voor die vanen, waarvan de pathologie afneemt met toenemende windsnelheid. Dit zijn de gekromde vanen met trailing edge parallel aan de vaanas, i.h.b. de brede exemplaren: 64, 68 en 88. Aangezien deze vanen op de $r-K$ -grafiek in een karakteristiekgebied liggen dat op zijn best overeenkomt met de karakteristiek van vaan 58 (en bij hoge β -waarden veel slechter is) bestaat er echter geen aanleiding om deze pathologische typen voor operationeel gebruik te ontwikkelen in plaats van de gezonde 58-vaan.

TECHNISCHE GEGEVENS WINDVANEN.

Bij de metingen werd gebruikt de reeds eerder door Wieringa gebruikte proefvaan met uitwisselbare vaanbladen, die rechthoekig van vorm zijn. Gewicht per eenheid van oppervlak: 1.48 kg/m^2 , aspect ratio 3.0. De relatieve afstand der vaanbladen was bij het smalle model gelijk aan de bladkoorde c , in het brede model gelijk aan $2.4c$, bij hetzelfde gewicht. De effectieve lengte van de vaanarm r_v bedroeg 23 cm (lang) of 11 cm (kort). In beide gevallen was de lengte van de kontragewichtarm $0.28 r_v$. Er waren naast vlakke ook 10% gekromde vaanbladen voorhanden, te monteren in naar



wig



sok, konvex

binnen gekromde positie (konvex) dan wel in naar buiten gekromde positie (konkaaf). De bladen konden niet alleen in parallelstand, maar ook in wigvorm en sokvorm worden gemonteerd (zie hiernaast).

Voor de benoeming der vanen is een twee-cijfer code ontworpen, de betekenis der cijfers staat gegeven na de tabel waarin alle gemeten vanen zijn opgenomen, op blz.10.

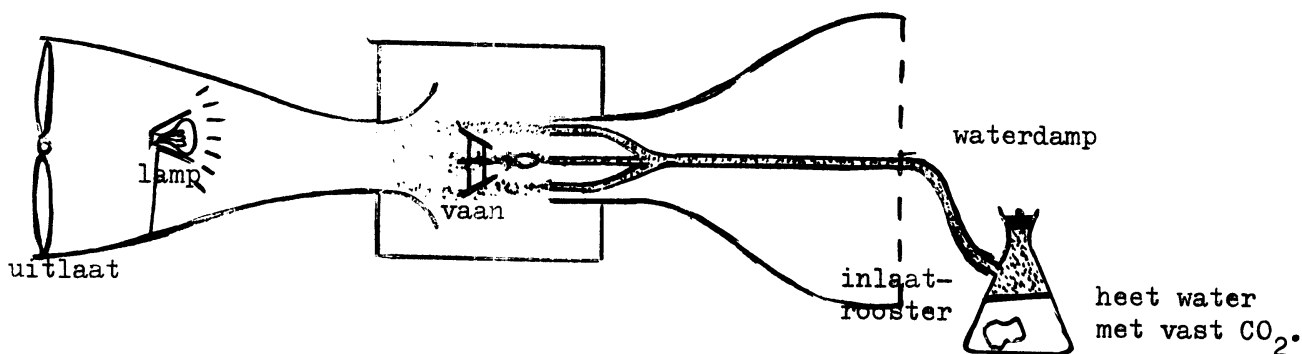
Teneinde achter de oorzaak van het al dan niet optreden van pathologie-verschijnselen te komen was het noodzakelijk de luchtstroming in de tunnel op een of andere wijze zichtbaar te maken, en deze indien mogelijk te fotograferen of te filmen. Om dit voor elkaar te brengen werd eerst het binnen de gezichtshoek van een vóór de experimenteerruimte op te stellen camera vallend gedeelte van de windtunnel met zwart verduisteringspapier afgeplakt.

Hierna begon het eigenlijke karwei, het maken van geschikte rook. De eisen waaraan deze moest voldoen waren: zichtbaarheid, in voldoende mate om te kunnen fotograferen, en qua samenstelling moest de rook zodanig zijn, dat windtunnel, andere apparatuur in het laboratorium en longen van de aanwezigen niet al te smerig werden.

De zichtbaarheid vereiste bovendien een goede belichting.

Als eerste wijze werd geprobeerd pijp-rook. Hiertoe nam Wieringa plaats bij de inlaat van de tunnel, om door een smal ijzeren buisje rook naar de vaan te blazen, die hij eerst uit een tabakspijp diep in zijn longen had gezogen. Van Lindert was blij dat hij niet-roker was...

De rook die op deze wijze geproduceerd werd voldeed redelijk aan de eisen, hij was goed wit, vrij dicht en dus duidelijk zichtbaar. Hij kwam evenwel met te grote tussenpozen; bovendien kon de pijproker vanaf zijn standplaats niet in de experimenteerruimte kijken, en zijn gezondheid zou er bij voortdoring van deze



rookproductie ook niet op vooruitgegaan zijn.

De heren Reijerse en Jobse hadden in de zuurkast van het ijklaboratorium wel eens "witte rook" uit een op 1000°C gebracht oventje met erin vochtig filterpapier zien komen; hiermede werd een opstelling gemaakt bij de tunnel, doch de resultaten waren niet om over naar huis te schrijven: er was geen rook, maar alleen stank.

Dit noopte ons om terug te keren tot de tabakspijp. We zochten nu een manier om de rook te intensiveren en zo mogelijk mechanisch op te wekken. Deze werd gevonden in een aanwezig aquariumpompje, dat met klaarblijkelijk genoeg menig pijpje rookte in een niet eerder bereikt tempo. Het raakte van tijd tot tijd wel verstopt als gevolg van een opeenhoping van teerdeeltjes, maar kon steeds worden hersteld. Besloten werd dan ook de volgende dag hiermede te gaan fotograferen. Er werd een zich in drieën vertakkende pijp geplaatst. Die volgende dag werden met vijf aardewerken bellenblaaspijppjes en een half pond goedkope tabak de vanen uitgezocht die voor fotografie in aanmerking kwamen. De stenen pijppjes funktioneerden niet al te best door een te klein brandoppervlak en het pompje haperde steeds vaker. Bovendien had iedereen hoofdpijn gekregen. Op dit moment kwam de heer Hovius met een nieuw idee als reddende engel: Volgens hem moest het mogelijk zijn heldere witte nevels te maken door vast CO₂ in heet water te gooien. Een proef werd hiermede gedaan: het sukses was éclatant.

Bovenstaande opstelling werd gemaakt, de tot nu toe gebruikte 275 watt-lamp werd vervangen door de diaprojektor uit de colloquiumzaal. Dit leverde iedere keer als er een stuk CO₂ in het hete water werd gedaan voldoende goed witte damp op om minstens twee foto's, dan wel een stukje film te maken.

De intensiteit van deze damp was bovendien zodanig, dat ook bij hogere windsnelheden de stroming duidelijk zichtbaar bleef.

Het gebruikte fototoestel was een Polaroid Landcamera, de film een Polaroid 3000 ASA zwart/wit film; instelling toestel: "indoors, darken", afstand ca. 1m. De filmcamera was een Kodak 16mm toestel, de hierin gebruikte film een Agfa 35 SCHEINER zwart/wit film; instelling: diafragma 1.9, afstand ca. $1\frac{1}{2}$ m, filmsnelheid 16 en 24 beeldjes per seconde. De belichting bleek goed te zijn.

Het aantal gemaakte foto's bedroeg 24, hiervan zijn 22 gelukt. De hoeveelheid verschoten film is 25 meter. Helaas trok het transportmechanisme.

Belichting: diaprojektor uit colloquiumzaal, opgesteld bij de tunneluitlaat en schijnend in tunnelrichting. Helaas is verzuimd ook aan de inlaat-zijde van de tunnel een lichtbron op te stellen, zodat kleine hoekjes in het rookpatroon op de foto's onzichtbaar zijn, daar ze zich in de schaduw der vaanbladen bevonden. Het meest relevante gedeelte van het patroon, nl. aan de achterzijde der vanen, is vrijwel overal goed te zien.

Gefotografeerd zijn de volgende vanen: (tussen haakjes het aantal gelukke foto's) 46(2), 52(3), 56(2), 82(3), 87(3), 90(1), 96(4), 97(4). Gefilmd zijn dezelfde vanen, met uitzondering van 46, 56, 90, 97.

Op blz.12 van dit rapport is een overzicht gegeven van de stromingspatronen, zoals deze zijn waargenomen; van één vaan zijn telkens de verschillende foto's gecombineerd in één tekening.

ANOMALIËN BIJ SLINGERPROEVEN.

Tijdens de slingerproeven bleek een aantal vanen zeer gevoelig voor één van of beide volgende dingen:

- a. Het in de buurt houden van de hengel tijdens de slingering, of tijdens het vertoeven in evenwichtsstand, en
- b. Het geopend/gesloten zijn van het kijkgaatje in de achterwand van de experimenteerruimte, waar doorheen de hengel ging.

Aan onder a. genoemde moeilijkheid kon eenvoudig het hoofd worden geboden door iets zorgvuldiger te werk te gaan en dus de hengel goed weg te houden van de vaan; b. leverde meer problemen. Van elke vaan die afwijkend gedrag vertoonde bij geopend kijkgat werd een tweede meetreeks gemaakt, bij gesloten kijkgat, door aan het contragewicht van de windvaan een touwtje te binden en dit langs enige haakjes en via een gaatje in de voorwand bereikbaar te maken. Dit touwtje gaf op zijn beurt af en toe ook aanleiding tot onregelmatigheden, doordat het bij hoge windsnelheid strak kwam te staan tussen de windvaan en het eerste bevestigingshaakje; dit gaf dan een - overigens erg kleine - afwijking uit de evenwichtsstand. Het was hier een kwestie van kiezen of delen: beide methoden zijn afwisselend gebruikt naar gelang zij de voorkeur genoten (zie tabel).

N.B.: Soms werd met behulp van het touwtje een - aanvankelijk ontbrekende - tweede evenwichtsstand gevonden. Genoemde "overigens erg kleine" afwijking uit de evenwichtsstand bedroeg nooit meer dan $1\frac{1}{2}$ graad.

Er is nog bekeken of de snelheid van de recorder groot genoeg was. De resultaten waren van dien aard, dat er geen reden is om de metingen te wantrouwen.

DATUM	No.	GEZOND:			OPMERKINGEN:
		h ut _d	10°	20°	
PATHOLOGISCH					
$\delta \pm \sigma_s$					
05-08-69	-2	.53 3.2	.47 3.2	.41 3.3	
15-11-68	-4	.47 4.1	.43 4.1	.39 4.7	
05-08-69	-6	.53 3.2	.48 3.2	.41 3.2	
19-12-66	-8	.44 4.0	.38 4.4	.34 4.9	
12-08-69	02	.54 2.6	.48 2.9	.40 3.1	
12-08-69	04	.40 3.9	.39 4.3	.37 4.9	
12-08-69	06	.54 2.7	.49 3.1	.42 3.6	
19-12-66	08	.42 3.6	.36 4.2	.32 5.1	
05-08-69	12	.44 3.2	.43 3.2	.39 3.7	
05-08-69	13	.42 3.6	.40 3.6	.38 3.7	
15-11-68	14	.41 4.3	.40 4.4	.38 4.9	
06-08-69	15	.40 5.4	.38 5.4	.36 5.4	
05-08-69	16	.34 3.4	.35 3.4	.36 3.6	
05-08-69	17	.46 3.5	.44 3.6	.41 3.7	
21-02-67	18	.36 4.6	.34 5.1	.31 5.6	
06-08-69	19	.31 4.7	.31 5.0	.31 5.3	
05-08-69	20	.61 3.7	.58 3.7	.51 3.7	

21-02-67	21	.54 4.7	.52 5.1	.48 5.5	
05-08-69	22	3.5 ± 0.9 3.7 ± 0.6			Volgens metingen op 14-08-69 ook path. bij 10 m/s: 3.3 , 4.5
05-08-69	23	4.1 ± 2.2 4.7 ± 1.6			
15-11-68	24	2.9 ± 0.3 2.9 ± 0.2			Idem: 2.5 , 3.3 N.B.: wel in grafiek.
06-08-69	25	3.7 ± 0.4 6.0 ± 0.9			18-08-69: pathologisch bij alle windsnelheden.
12-08-69		5.4 ± 1.0 5.9 ± 0.9			
05-08-69	26	3.7 ± 0.4 4.1 ± 0.4			14-08-69: ook path. bij 10m/s: 4.0 en 5.2.
05-08-69	27	3.2 ± 1.0 3.1 ± 0.7			
12-12-66	28	.24 6.0	.28 6.0	.31 6.0	14-08-69: pathologisch bij 10 m/s: 4.0 en 4.2 N.B.: ook pathologisch β-verloop.
18-08-69	29	Eén evenwicht: 4.5			Bij eerdere metingen in december 1966 geen pathologie doch wel onrust.
05-08-69	32	6.2 ± 0.7 6.2 ± 1.2			14-08-69: path. bij 10 m/s: 6.9 , 7.0.
06-08-69	33	10.7 ± 0.3 10.8 ± 0.9			
15-11-68	34	Eén gemiddelde 6.9			14-08-69: path. bij 10 m/s: 7.0 en 6.3
07-08-69	35	9.9 ± 0.1 9.2 ± 0.7			
06-08-69	36	5.2 ± 2.0 5.0 ± 3.4			14-08-69: path. bij 10m/s: 8.5 , 8.1
12-08-69		8.0 ± 1.7 7.1 ± 2.0			Tweede meting met touwtje i.p.v. hengel, toch eigenlijk hele gebied tussen -8 en +8 "evenwicht".
05-08-69	37	Eén evenwicht: 6.5 ± 1.3			Ook hier tweede meting met touwtje. Nu weliswaar tweede evenwicht, maar toch in hele gebied wel stil te zetten.
12-08-69		8.3 ± 3.0 5.9 ± 2.0			
15-11-68	38	Eén gemiddelde 7.7			14-08-69: 10m/s, path: 5.8 en 7.0.
06-08-69	39	6.7 ± 0.4 7.2 ± 0.6			Bovenste evenwicht bijna niet persistent, liep steeds naar onderste.
06-08-69	42	8.0 ± 0.6 7.7 ± 0.5			14-08-69: path. 10m/s: 8.5 en 8.9

12-08-69	43	13.6 ± 0.3 12.8 ± 0.4			
15-11-68	44	Eén gemiddelde 9.0			14-08-69: p. bij 10 m/s: 9.4 en 8.8.
12-08-69	45	11.3 ± 0.2 13.3 ± 0.3			
05-08-69	46	3.8 ± 1.1 4			Enige neg. evenwicht met veel moeite. 14-08-69: p. bij 10 m/s: 3.0 (1 evenw)
12-08-69	47	5.6 ± 1.7 5.5 ± 1.1			Bovenste meting met hengel, onderste (wegens veel invloed kijkglas) met touwtje. Eigenlijk overal stil te zetten tussen -8 en +8.
12-08-69		3.1 ± 2.3 2.2 ± 1.3			
15-11-68	48	.25 .27 .30 15 12.8 11.4			14-08-69: Werd pathologisch vanaf 6.8 m/s met $\delta = 5.5, 5.5$.
12-08-69	49	11.1 ± 0.5 10.7 ± 0.4			
05-08-69	52	9.3 ± 0.7 9.7 ± 1.0			14-08-69: path. bij 10m/s: 11.5, 9.5.
05-08-69	53	13.3 ± 0.7 13.6 ± 2.6			
15-11-68	54	Eén gemiddelde: 10.0			14-08-69: p. bij 10m/s: 10.0 en 10.0.
07-08-69	55	12.1 ± 0.4 15.9 ± 0.1			
06-08-69	56	- .13 .13 .13 - 10.7 9.0 (7.4)			Had reeds pathologisch bèta-verloop. Bleek bij metingen op 19-08-69 inderdaad licht pathologisch.
06-08-69	57	5.8 ± 1.8			Eerste meting met hengel; toen geen negatief evenwicht gevonden. Tweede met touwtje, toen wel, maar vaan bleek overal stil te zetten tussen -9 en +9.
12-08-69		5.5 ± 3.5 3.8 ± 1.5			
15-11-68 en 22-08-69	58	.29 .20 .13 9.0 10.8 12.6			14, 18-08-69: ook gezond bij 1 m/s en bij 10 m/s. Werd basis voor later ontwerp 'luchtvaartvaan'.
06-08-69	59	14.8 ± 0.3 14.8 ± 0.8			
12-08-69		14.9 ± 0.2 14.8 ± 0.6			

25-03-68 12-08-69	62	Eén gemidd.: 4.2 Evenwicht tussen $-1\frac{1}{2}$ en $+1\frac{1}{2}$	14-08-69: path. bij 10m/s: 1.0 Deze vaan was een grensgeval, de uiterste evenwichtsstand bedroeg 3°.
25-03-68 19-08-69	63	Eén gemidd.: 9.5 $9.7 \pm ?$ 8.5 ± 0.3	Bleek bij meting op 18-08-69 ook path. bij 1m/s: 4°, en bij 10 m/s: 11.5°.
15-11-68	64	.30 .53 .45 9.1 6.4 5.7	Bêta-verloop pathologisch. Bleek op 18-08-69 path. bij 1m/s: 5.2; bij 10 m/s gezond. Vaan is grensgeval.
07-08-69	65	8.0 ± 0.2 7.4 ± 0.8	
05-08-69	66	.18 .42 .50 6.4 5.6 4.7	Pathologisch bêta-verloop. Bleek bij herhalingsmetingen op 18-08 licht path. bij 1 en 10 m/s: 4°.
05-08-69	67	6.5 ± 0.7 4.7 ± 1.8	
19-12-66	68	.36 .45 .45 11.0 7.2 6.3	Bleek op 18-08-69 gezond bij 10 m/s; path. bij 1 m/s: 2.0 (7.0). Bêta-verloop ook pathologisch.
19-12-66	69	Eén gemidd.: 5.3	Ook path. bij 1 m/s: 4.5 en bij 10 m/s: 7.2.
22-08-69	72	.23 .26 .30 4.2 4.1 4.0	Was bij metingen op 18-08-69 (en eerder al op 25-03-68) reeds path. bevonden. 10 m/s: 2°; 1 m/s: gezond. Is dus grensgeval. (Path. bêta-verloop)
12-08-69	73	Eén evenwicht: 4.0 ± 1.4	Bleek path. uit overshootmetingen. Ook reeds op 25-03-68.
15-11-68	74	.37 .35 .33 4.8 5.1 5.5	Ook gezond bij 10 m/s en bij 1 m/s volgens metingen van 18-08-69
06-08-69	75	.51 .50 .49 10.0 9.1 8.2	Pathologisch bêta-verloop.
05-08-69	76	.19 .21 .23 4.3 4.3 4.3	Path. bêta-verloop. Grensgeval, nl. op 18-08-69 bleek gezondheid bij 1m/s en pathologie (2°) bij 10 m/s.
05-08-69 12-08-69	77	Slechts een neg. ev.: 5.1 ± 1.1 7.9 ± 0.7 7.2 ± 0.9	Tweede meting met touwtje bij dicht kijkglas.
12-12-66	78	Eén gemidd.: 3	Ook path. bij 1 m/s: 1 à 2°.
12-12-66	79	Eén gemidd.: 5.5	Bij 10 m/s: 4.6; bij 1 m/s: 5.6.

06-08-69	82	3.2 ± 0.5 3.6 ± 1.1			14-08-69: Ook pathologisch bij 10 m/s: 4.2.
12-08-69		4.8 ± 1.8 2.1 ± 0.9			
06-08-69	83	15.8 ± 0.3 15.9 ± 0.8			
15-11-68 12-08-69	84	Eén gemiddelde: 4.4 3.9 ± 1.5 5.0 ± 1.7			
06-08-69	85	16.5 ± 0.5 14.9 ± 0.4			
06-08-69	86	.14 .19 .31 7.7 6.8 5.9			Path. bêta-verloop. Bleek op 18-08-69 inderdaad licht path. Bij alle windsnelheden 2 à 3°.
06-08-69	87	13.2 ± 0.2 13.1 ± 0.5			
15-11-68	88	.23 .32 .38 9.3 8.9 3.6			Path. bêta-verloop. Bleek op 18-08-69 grensgeval: bij 10 m/s gezond, bij 1 m/s path. 4°.
06-08-69	89	12.9 ± 0.1 12.2 ± 1.4			
19-08-69	90	.66 .65 .60 4.1 4.1 4.6			
19-08-69	91	.62 .60 .53 6.2 6.2 5.6			
06-08-69	92	10.1 ± 0.5 11.2 ± 0.2			14-08-69: Ook pathologisch bij 10 m/s nl. 12.2 , 11.0.
06-08-69 en 12-08-69	93	1.5 ± 1.2 3.4 ± 2.1			Eerste meting gaf 'stabiele zone' tussen -4 en +4. Tweede ook, maar toen toch getallen berekend.
15-11-68	94	12.5 11.4			14-08-69: Ook path. bij 10 m/s: 12.1, 14.5.
06-08-69 12-08-69	95	Tussen -4 en +4 2.1 ± 0.4 1.8 ± 1.3			Ook tweede meting zône tussen -4 en +4
06-08-69	96	11.9 ± 0.9 13.5 ± 0.3			14-08-69: p. bij 10 m/s: 16.8, 14.0.
06-08-69 12-08-69	97	Eén evenwicht: 3.3 ± 0.7 1.4 ± 0.9 1.6 ± 0.7			Eerste meting geen neg. evenwicht. Tweede meting met touwtje.

15-11-68	98	12.0 13.3				14-08-69: Ook pathologisch bij 10 m/s: 12.2 , 13.6.
06-08-69 12-08-69	99	Eén evenwicht: 6.8 ± 0.8 Tussen $-1\frac{1}{2}$ en $+1\frac{1}{2}$				Eerste meting met hengel, tweede met touwtje bij gesloten kijkglas.
03-09-69	+2	.60 2.4	.51 3.0	.42 3.6		
03-09-69	+4	.45 3.9	.45 4.1	.45 4.5		
03-09-69	+6	.58 2.5	.52 3.2	.47 3.8		
03-09-69	+8	.41 3.6	.39 4.1	.36 4.9		

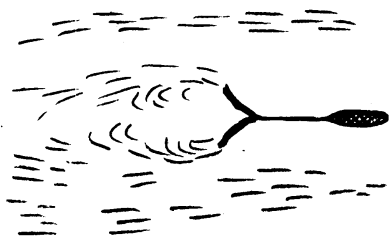
VERKLARING CIJFERCODE.

Teneinde alle gemeten vanen op overzichtelijke wijze te benoemen is een twee-cijferig systeem gemaakt, waar zij alle inpassen. De verklaring van de cijfers volgt hieronder.

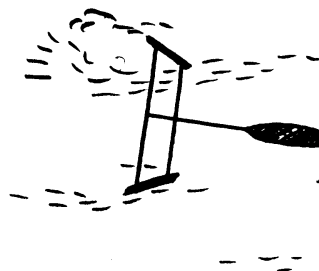
eerste cijfer:	tweede cijfer:
+ 0° konvex	0 kort, gesloten wig
- 0° vlak	1 lang, gesloten wig
0 0° konkaf	2 kort, smalle wig
1 10° vlak	3 kort, smalle sok
2 20° vlak	4 lang, smalle wig
3 25° vlak	5 lang, smalle sok
4 30° vlak	6 kort, brede wig
5 40° vlak	7 kort, brede sok
6 20° konvex	8 lang, brede wig
7 20° konkaf	9 lang, brede sok.
8 30° konvex	
9 30° konkaf	

Bij parallelstand der vaanbladen (dus eerste cijfer-,+of 0) is de betreffende vaan onder wig genoteerd.

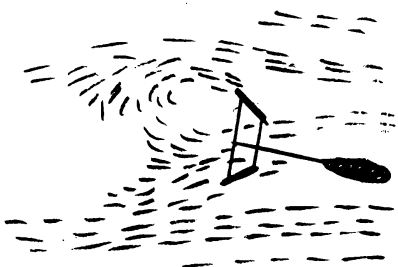
WAARGENOMEN STROMINGSPATRONEN OM WINDVANEN.



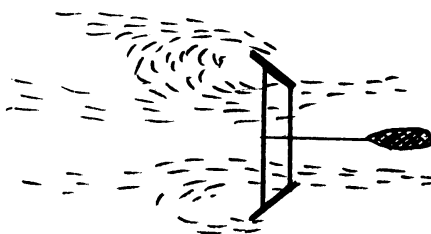
90



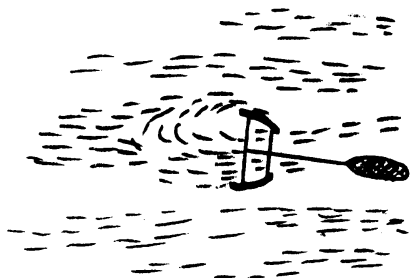
46



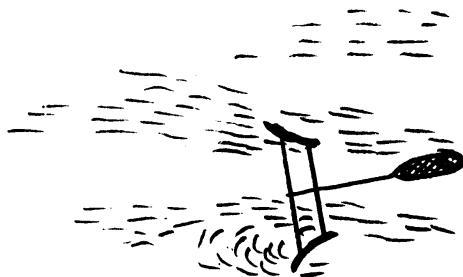
52



56



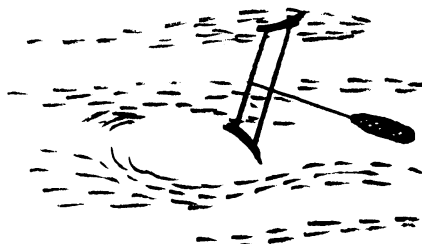
82



96



87



97