

rijkswaterstaat bibliotheek
directie flevoland
postbus 600
8200 AP Lelystad



| |
|-----------|
| D. |
| 768503220 |
| |



NO 1769/1921

NOTA BETREFFENDE DE AUTOMATISCHE

BEWEGING DER SLUISDEUREN.

==.==.==.==.==.==.==.==.==.==

1. Inleiding.

In de nota betreffende de voorontwerpen der uitwateringssluizen in den afsluitdijk van het IJsselmeer van de hand van Ir. H. H. V. W. W. W. worden de voor- en nadeelen van de automatische en niet automatische inrichting van de sluisdeuren uitvoerig behandeld.

Tegen de automatische inrichting wordt als hoofdbezwaar aangevoerd het feit; „dat de deuren met een vrij hevigen slag dichtslaan“. Hieronder zal nagegaan worden bij welke stroomsnelheid de deuren automatisch in beweging zullen geraken en welke het arbeidsvermogen van de deur is, dat bij het sluiten uitgeput moet worden.

2. Berekening van de te overwinnen weerstanden om de deur in beweging te brengen.

Wanneer de deur in geopenden stand in rust is, dan zullen de volgende weerstanden overwonnen moeten worden, om de deur in beweging te brengen:

1o. weerstand ten gevolge van de wrijving in teets en halsbeugel;

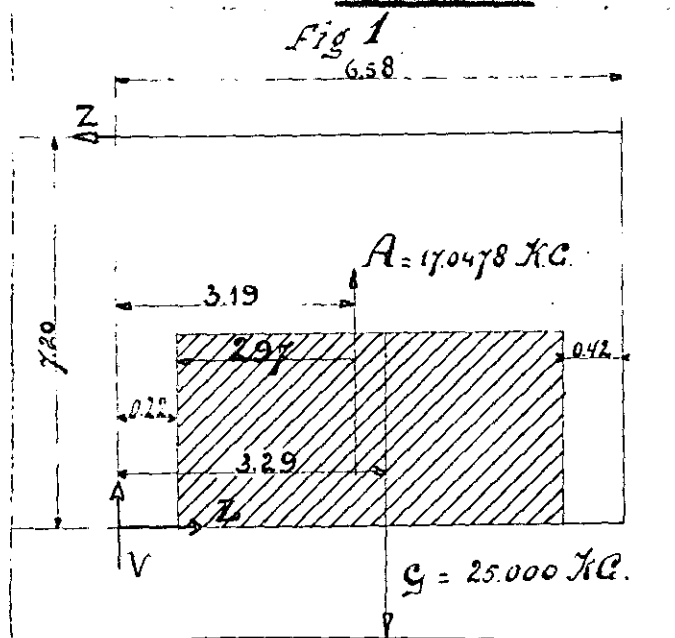
2o. weerstand ten gevolge van den wind.

ad 1. Weerstand ten gevolge van de wrijving in teets en halsbeugel.

Volgens een voorloopige berekening bedraagt het gewicht van een deur 25 ton.—De deur wordt

door

door een luchtkist uitgebalanceerd. De daardoor veroorzaakte oprijvende kracht wordt zooveel mogelijk constant gehouden. Waar het Hasselmeerpeil op 0.40 M. - N.A.P. aangehouden wordt, wordt de bovenkant van de luchtkist op 0.50 M. - N.A.P. gelegd. De onderkant van de luchtkist ligt op 4.50 M. - N.A.P., de hoogte wordt dus 4.00 M. De lengte van de luchtkist bedraagt 5.94 M., de breedte 0.70 M. De oprijvende kracht is dus gelijk aan $5.94 \times 4.00 \times 0.70 \times 1025 =$
17.048 K.G.



In Fig.1 is de deur getekend met de er op werkende krachten. Het gearceerde gedeelte stelt de luchtkist voor.

\underline{G} = 't gewicht van de deur,
 \underline{A} = de oprijvende kracht,
 \underline{V} = de taatsdruk,
 \underline{Z} = de helsebeugelreactie.

Dit de evenwichtsvoorwaarden volgt:

$$V = G - A = 25000 - 17.048 = 7.952 \text{ K.G.}$$

$$Z = \frac{G \times 3.29 - A \times 3.19}{7.20} = 3.870 \text{ K.G.}$$

Voor het wrijvingsmoment van de taats geldt de de formule:

$$M_1 = \frac{u_1 v d_1}{4} \cdot (1) \text{ (Zie Engels: Handbuch des Wasserbaues blz.1047)}$$

In deze formule beteekent:

\underline{v} : de taatsdruk,

\underline{d}_1 : de diameter van de taats,

μ_1 : de wrijvingscoëfficiënt, die gelijk 0.4
aangehouden wordt (staal op staal onder
water).

Voor het wrijvingsmoment van de halsbeugel
geldt de formule:

$$M_2 = \frac{\mu_2 Z d_2}{2} \quad (2)$$

waarin voorstelt:

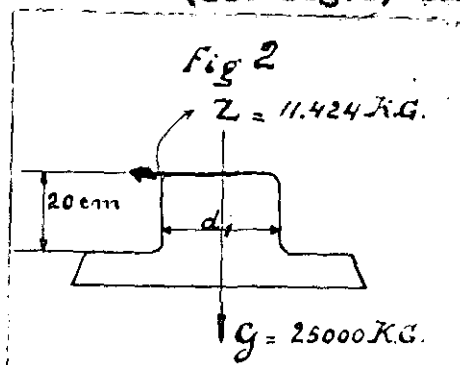
Z : de halsbeugelreactie,

d_2 : de diameter van de halsbeugel,

μ_2 : de wrijvingscoëfficiënt, die gelijk 0.2
aangehouden wordt (staal op staal).

De totale weerstand tengevolge van de
wrijving van taats en halsbeugel wordt dan be-
peald door de som van de vergelijkingen (1) en
(2).

De diameter van de taats wordt bepaald
door de vormwaarde, dat de spanning door de
er op werkende krachten, wanneer de luchtkist
buiten werking is, de toe te laten grens niet
overschrijdt. In dat geval wordt $A = 0$ en $Z =$
 $\frac{25 \times 3.29}{7.20} = 11.424 \text{ K.G.}$, terwijl $V = 25000$
K.G. is. Nemen wij het ongunstigste geval aan,
dat Z aan den bovenkant van de taats werkt,
(zie fig. 2) dan is de grootte van het daar-



door veroorzaakte buigend mo-
ment, wanneer voor de hoogte
van de taats om constructieve
redenen 20 cm. aangehouden
wordt.

$$M_3 = 11424 \times 20 = 228.480 \text{ K.G.cm.}$$

Op de taats werkt bovendien nog het eigen gewicht $G = 25000$ K.G.

De toe te laten spanning T is dan:

$$T = \frac{M_3}{W} + \frac{G}{F} \quad (3)$$

W is het weerstandemoment tegen buiging $= \frac{1}{32} \pi d^3$

F is de doorsnede $= \frac{1}{4} \pi d^2$

De vergelijking wordt dan met substitutie van de waarden voor G en M_3

$$T = \frac{228480 \times 32}{3.14 \times d^3} + \frac{25000 \times 4}{3.14 \times d^2}$$

De taats wordt van staal gemaakt; voor T kunnen wij dan aannemen 1000 K.G./cm²

Hieruit volgt voor de diameter van de taats $d = 15$ cm.

Het wrijvingsmoment van de taats bij uitgebalanceerde deur is: (zie verg.1)

$$M_1 = \frac{0.4 \times 7952 \times 15}{4} = 11928 \text{ K.G.cm.},$$

dat van de halsbeugel, wanneer voor de diameter van de halsbeugel dezelfde afmeting als die van de taats aangehouden wordt: (zie verg.2)

$$M_2 = \frac{0.2 \times 3870 \times 15}{2} = 5805 \text{ K.G.cm.}$$

De totale weerstand M is dus gelijk aan $11928 + 5805 = 16986$ K.G.cm. of

rond 170 K.G.M.

ad 2. Weerstand tengevolge van den wind.

De richting van de sluisdeuren in open stand is ongeveer Noord-Zuid.

Bij deze windrichtingen oefent de wind geen weerstand biedende kracht op de deuren

uit.

waarin voorstelt:

λ het gewicht van de lucht in K.G. per c.b.M.;

V de snelheid in Meters per sec:

F de oppervlakte van het getroffen vlak;

g de versnelling bij vrijen val.

Voor het quotient $\frac{\lambda}{g}$ bij + 15° Celsius en 760 m.m. barometerstand: 0.125 stellende (zie Noot) gaat de betrekking over in den vorm:

$$\bar{p} = 0.125 V^2 F. (4)$$

De onderzoekingen van Joukowski (x) en Eiffel (xx) hebben aangetoond dat de coëfficiënt +0.125 te groot is en dat de betrekking eigenlijk luiden moet:

$$p = 0.085 V^2 F (5)$$

Aan de hand van de schaal van Beaufort is nu voor verschillende snelheden de winddruk te berekenen.

In onderstaande tabel zijn in kolom c de waarden van de windsnelheden

Tabel I

| Ind-terkte a | Benaming b | Snelheid in Meters per sec. volgens | | | |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------|
| | | gebruikelijke aanname c | Het Kon.Ked. Met.Inst. d | Hütte | |
| | | | | gemiddeld e | max. f |
| 0 | Windstilte of flauwe koelte | 0 - 1.3 | 0. - 0.8 | 0.3 | 1 |
| 1 | Lichte koelte | 3.6 | 0.9- 2.3 | 1.7 | 2 |
| 2 | Flauwe bries | 5.8 | 2.4- 3.9 | 3.1 | 4 |
| 3 | Lichte bries | 8.0 | 4. - 5.7 | 4.8 | 6 |
| 4 | Machtige bries | 10.3 | 5.8- 7.7 | 6.7 | 8 |
| 5 | Frissche b/ries | 12.5 | 7.8- 9.7 | 8.8 | 10 |
| 6 | Stevige bries | 15.2 | 9.8-11.8 | 10.7 | 12 |
| 7 | Herde wind | 17.9 | 11.9-14.1 | 12.9 | 14 |
| 8 | Stormachtige wind | 21.5 | 14.2-16.7 | 15.4 | 17 |
| 9 | Storm | 25.0 | 16.8-19.5 | 18.- | 20 |
| 10 | Sterke storm | 29.1 | 19.6-23 | 21 | 23 |
| 11 | Zware storm | 33.5 | 23.1-27.5 | 24 | 30 |
| 12 | Orkaan | 40.2 | 27.5 | 27 | 30 |

Noot $\lambda = 1.293 \frac{273}{273 + 15} = 1.226$

$$\frac{\lambda}{g} = \frac{1.226}{9.8} = 0.125$$

- (x) N. Joukowski. Aérodynamique. Paris 1916.
 (xx) G. Eiffel. L'assistance de l'air Paris 1910.

$p = 0.072 V^2 F$

windsnelheden aangegeven, overeenkomende met bepaalde windkrachten, zooals die nog tot nu toe aangenomen zijn.

In kolom d zijn aangegeven de door het KON. NED. METEOROLOGISCH INSTITUUT tegenwoordig aangenomen equivalenten van de Beaufort-schaal, terwijl in kolom e en f opgenomen zijn de door „Hütte“ (zie Hütte deel II, 23e druk, blz. 655) aangegeven equivalenten.

Wij beschouwen nu 4 gevallen waarbij de windsterkte volgens de Beaufort-schaal is 3, 6, 9 en 11 en houden daarbij aan de max. waarden volgens Hütte, die zeer weinig verschillen met die van het KON. NED. METEOROLOGISCH INSTITUUT.

Volgens formule $\frac{5}{4}$ bedraagt dan de winddruk per M² op een loodrecht getroffen vlak:

| | | | |
|-----------------------|---|-------|------|
| bij een windsterkte 3 | : | 3.06 | K.G. |
| „ „ „ | : | 12.24 | „ |
| „ „ „ | : | 34.-- | „ |
| „ „ „ | : | 76.5 | „ |

Volgens VAN DER STOK (x) komen winden met een kracht 11 en 12 naar de Beaufort-schaal zelden voor en zijn zij bijna uitsluitend op het lichtschip Noord Hinder (51° 35' N.B., 2° 37' O.L. van Greenwich) waargenomen in de eerste jaren van de door hem beschouwde 25 jarige periode: 1884-1908. Op het lichtschip Haake (52° 58' N.B. 4° 18' O.L. v.Gr.) en op het lichtschip Terschelling

lingerbank

(x) Dr. J. P. VAN DER STOK. Das Klima des Südöstlichen Teiles der Nordsee, unweit der Niederländischen Küste (1912).

lingerbank (53°27' N.B., 4° 52' O.L. v.Gr.) zijn zij daarentegen in die zelfde periode niet waargenomen, en slechts winden met een maximale kracht 10 geregistreerd. Het komt ons dan ook gewenscht voor, winden met een kracht 11 in onze beschouwingen op te nemen; zij zijn dan echter als een uitzondering te beschouwen terwijl winden met een kracht 9 tot veelvuldig voorkomende gerekend kunnen worden.

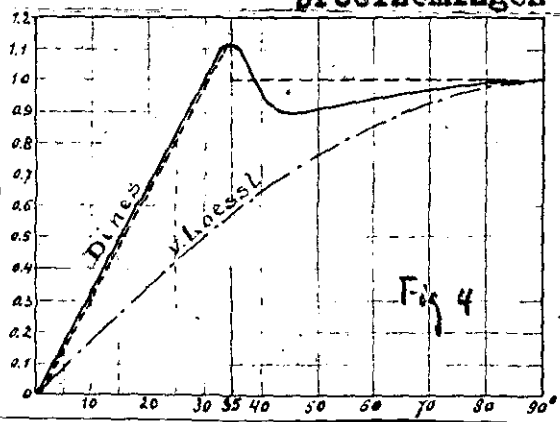
Maakt de wind met ^{het} getroffen vlak een hoek α dan is volgens „vonLoessl“ de druk:

$$W = p \sin^2 \alpha \quad (6) \quad (\text{zie Hütte 23e druk deel I blz. 364})$$

(X)

een formule die in vele ambtelijke voorschriften voor de berekening van den winddruk op gebouwen voorkomt. De onderzoekingen van DINES, EIFFEL, PRANDTL, FÖPPL, e.a. hebben aangetoond dat ook deze formule niet juist is. Is er in de eerste plaats een verschil tusschen vierkante en rechthoekige platen, het meest opmerkelijke is echter dat bij een kritischen hoek, ongeveer liggend tusschen 30° en 40°, de druk grooter is dan bij 90°.

Fig. 4 geeft het eigenaardige verloop van dezen druk weer, zooals die door DINES (XX) na zorgvuldige proefnemingen vastgesteld is.



Hetzelfde opvallende verloop van deze kromme is ook aangegeven door EIFFEL en door FÖPPL. Voor rechthoekige platen vond FÖPPL (XXX) dat bij eenzelfde hoek de naarmate de verhouding breedte groter lengte is nog aangegeven de kromme volgens de onderzoekingen van PRANDTL (XXX).

Een

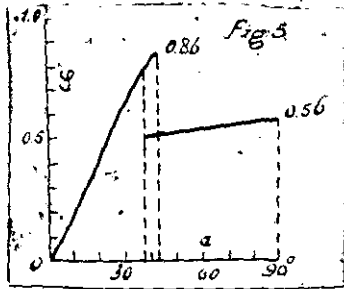
(X) Men vindt soms nog wel andere formules aangegeven, zooals die van

Newton: $W = p \sin^2 \alpha$

Rayleigh: $W = p \frac{(4 + \pi) \sin \alpha}{4 + \pi \sin^2 \alpha}$

de Louvriër: $W = p \frac{2 \sin \alpha (1 + \cos \alpha)}{1 + \cos \alpha + \sin \alpha}$

Een formule voor de berekening van den druk bij scheeve platen wordt alleen door NIPPBL en FÖPPL aangegeven.



NIPPBL geeft hiervoor:

voor hoeken tot 30° : $W = p \frac{\alpha^2}{30}$

Door FÖPPL wordt alleen tot hoeken van 8° een benaderingsformule gegeven. Het meest aan de proeven van DINES aansluitend,

komt de volgende betrekking:

voor hoeken van 0° tot 35° $W = 2 p \sin^2(\alpha)$

" " " 35° tot 90° $W = p$

α is de hoek tusschen de windrichting en de plaat.

De kromme volgendeze beide formules is in fig.4 gestippeld aangegeven.

In onderstaande tabel zijn nu voor verschillende windsterkten en voor verschillende standen van de deur de grootte van de winddrukken per M2 volgens formule (7) berekend, aangegeven.

Tabel II.

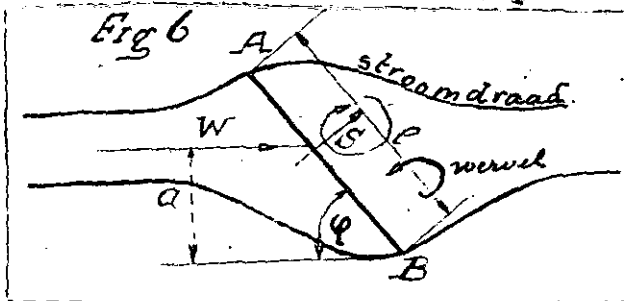
| Windsterkten volgens aal v. Beaufort. | Winddrukken in K.G. per M2 .wanneer de hoek tusschen de achterkant van de deur en de sluisas is | | | | | | |
|--|---|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | $1^\circ 50'$ | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° |
| Lichte bries | 3.51 | 3.23 | 2.76 | 2.28 | 1.77 | 1.22 | 0.7 |
| Stevige bries | 14.05 | 12.92 | 11.06 | 9.12 | 7.12 | 5.02 | 2.9 |
| Storm | 39.-- | 35.86 | 30.64 | 25.28 | 19.71 | 13.93 | 8.6 |
| Zware storm | 87.8 | 80.60 | 69.-- | 56.80 | 44.30 | 31.38 | 18.2 |

Hoek tusschen windrichting en sluisas = $36^\circ 50'$

Wanneer de windrichting met het getroffen vlak een hoek maakt, dan verandert OOK DE LIGGING VAN HET ZWAARTEPUNT van de resulteerende krachten wel zóó, dat bij afnemenden hoek het aangrijpings-

punt

punt naar den voorkant van het getroffen vlak verschuift. Theoretisch heeft men berekend (x) dat de zwaartepuntsafstand AS (fig.6) gelijk is



aan een vierde van de geheele lengte. Veel gebruikt wordt de empirische formule van Joëssel (xx).

$$AS = (0.2 + 0.3 \sin \varphi) l \quad (8).$$

Joëssel nam zijn proeven op een in het water gehangen plaat en bepaalde bij verschillende standen van de plaat de ligging van het zwaartepunt S. Wanneer een luchtstroom tegen een vrijstaande plaat botst, dan ontstaat een circulatie-stroom om de plaat heen en achter de plaat een wervelgebied. In ons geval kan de circulatie-stroom niet ontstaan daar de windstroom bij de achterhar zijn weg niet verder kan vervolgen, doch langs de muur afhuigt. Daardoor wordt het verschijnsel een andere dan door de verschillende onderzoekers bestudeerd is. Wanneer wij dus deze formule toepassen vinden wij voor de afstand van het zwaartepunt tot de draaiingsschijnlijk een te groote maat. Dit komt aan onze beschouwingen in zooverre ten goede, dat de berekende door de wind opgewekte weerstand biedende momenten te groot zijn, zoodat in werkelijkheid de deur iets spoediger in beweging zal

komen

(x) R. Grammel Hydrodynamischen Grundlagen des Fluges.

(xx) A. Flament: Hydraulique Paris 1917.

komen den uit de berekening volgen zou. Voor de verschillende standen van de deur wordt nu de zwaartepuntsafstand BS t.o. van de achterhar B (zie fig.6)

| | | | | | | | | achterkant | |
|---------------------|--------|----|---------|-----|------|---|-------|------------|--|
| bij een hoek tussen | deuren | en | sluisen | van | 1°50 | : | 0.628 | 1 | |
| " | " | " | " | " | 5° | : | 0.642 | 1 | |
| " | " | " | " | " | 10° | : | 0.655 | 1 | |
| " | " | " | " | " | 15° | : | 0.688 | 1 | |
| " | " | " | " | " | 20° | : | 0.713 | 1 | |
| " | " | " | " | " | 25° | : | 0.739 | 1 | |
| " | " | " | " | " | 30° | : | 0.764 | 1 | |



De lengte van de deur l = 6.58 M.

Het deel van de deur dat door den wind getroffen wordt heeft een oppervlakte van $2.95 \times 6.58 = 19.41 \text{ M}^2$.; voor de hoogte is aangehouden het verschil tusschen het IJsselmeerpel zijn de 0.40 - N.A.P. en de onderkant van den aanslagdrempel van de schuif - 2.50 + N.A.P.

Zij de grootte van den winddruk op de deur W, de afstand van het zwaartepunt van de resulterende kracht t.o. van de achterhar BS., dan is de grootte van het weerstand biedend moment (zie fig.6) = $W \times e = W \times BS \sin (\vartheta)$

In onderstaande tabel is nu voor verschillende gevallen en voor verschillende standen van de deur de grootte van de weerstand biedende koppels aangegeven.

Tabel III

Tabel III

| Windsterkten volgens Beaufortschaal. | Grootte van de weerstandbiedende koppels in KG.M. door den wind opgewekt bij deurstanden met een hoek tusschen achterkant deur en sluisas van: | | | | | | |
|--------------------------------------|--|------|------|------|------|-----|-----|
| | 1°50' | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° |
| 3 Lichte bries | 163 | 140 | 106 | 76 | 45 | 24 | 9 |
| 6 Stevige " | 650 | 559 | 426 | 303 | 181 | 98 | 34 |
| 9 Storm | 1802 | 1552 | 1179 | 840 | 502 | 271 | 94 |
| 1 Zwere storm | 4060 | 3482 | 2656 | 1888 | 1128 | 608 | 212 |

Op blad 3 en 4 is de weerstand toegevoegd van de wrijving van teets en halsbeugel berekend. Deze bedroeg 170 K.G.M.

In onderstaande tabel IV zijn nu de totale weerstanden voor de verschillende gevallen en bij onderscheidene deurstanden vermeld, welke door het achter de deur stroomende water overwonnen moeten worden voor de deur in beweging geraakt.

Tabel IV

| Omschrijvingen met windsterkten volgens de Beaufortschaal | Grootte van de totaal te overwinnen weerstanden in KG.M. bij deurstanden met een hoek tusschen achterkant deur en sluisas van: | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|-----|-----|
| | 1°50' | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° |
| Windstilte | 170 | 170 | 170 | 170 | 170 | 170 | 170 |
| Lichte bries | 333 | 310 | 276 | 246 | 215 | 194 | 179 |
| Stevige bries | 830 | 729 | 596 | 473 | 351 | 268 | 204 |
| Storm | 1972 | 1722 | 1349 | 1010 | 672 | 441 | 264 |
| Zwere storm | 4230 | 3652 | 2826 | 2058 | 1298 | 778 | 382 |

Uiteraard zijn de in de vorige tabel neergelegde momenten de ongunstigste, welke bij een bepaalden stand kunnen voorkomen. Staat de wind b.v. recht op de sluis en maakt de deur met den daggkant van de deurnis een hoek van 30°, dan werkt het door den wind opgewekte koppel met de beweging der deur mee, zoodat dan de te overwinnen weerstand gelijk zou zijn aan het verschil van de beide berekende weerstanden.

3. Berekening van de stroomsnelheid waarbij de deur in beweging zal komen.

Wanneer het water met een zekere stroomsnelheid achter de deur stroomt, dan zal op den achterkant van de deur een druk uitgeoefend worden, die toeneemt naarmate de stroomsnelheid grooter wordt.

In de verschillende hand- en leerboeken wordt over de automatische beweging van sluisdeuren weinig meegedeeld. In het deel sluisen van de waterbouwkunde van HENKET, SCHOLS en TELDERS leest men op blz. 14:

„De deuren - enkel of dubbel - worden gewoon-
„lijk door de overmaat van waterdruk geopend
„en gesloten. Daarbij volgt dit opengaan
„reeds, bij goed weder, zoodra het binnenwa-
„ter een enkele cm. boven het buitenwater
„reikt, terwijl bij kalm water de geopende deur
„door den binnentredenden stroom gesloten wor-
„zoodra het vloedtij een was aanwijst van 3,4
„à 5 cm.“

In de „waterbouwkunde“ van BOLDERMAN EN DWARS leest men op blz. 169:

„Het opkomende water dringt langs de afschui-
„ning van de deurkas achter de deur, stuwt in
„het nauwere gedeelte bij het draaipunt van de
„deur op, waardoor deze verder uit de kas
„wordt geduwd, waarna het instroomende vlood-
„water de sluiting verder bewerkstelligt“.

Hoe ontstaat nu die opstuwing ?

Bij kunnen de ruimte achter de deur als een tuit beschouwen, die van boven en onder open is. De inlaat wordt gevormd door de ruimte tussen de voorhar en den dagkant van de deurnis, de uitlaat door de ruimte tussen de achterhar en den aanslagstijl. Bij de oudere deurconstructies paste men geen vrijdraaiing toe, waardoor de ruimte tussen de achterhar en den aanslagstijl in openstaand slechts enkele centimeters bedroeg. Deze constructie wordt bij oude zeecluisen nog wel aangetroffen. Het ^{toe}stromende water kan dan alleen men den onderkant onder den onderregel heen ontwijken. Thans past men algemeen vrijdraaiing toe, waardoor er tusschen de achterhar en den aanslagstijl een opening gevormd wordt, waarbij men zelfs tot 10 cm. en meer wijde gaat. Het achter de deur stroomende water kan dus niet alleen onder den onderregel heen, maar ook achter de achterhar om ontwijken. Wij kunnen dus de deur als een in stroomend water geplaatste plaat denken. In fig.7 is de deur schematisch in open stand aangegevensoals zij voorloopig ontworpen is, zonder toepassing van tijcharters. Voor den stand

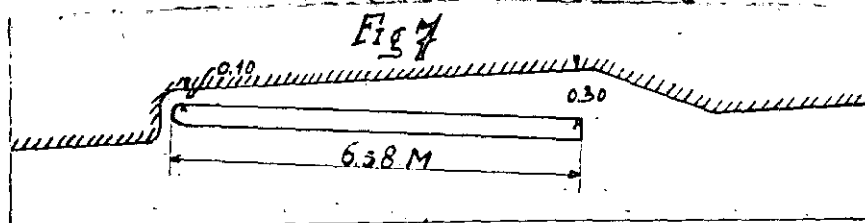


Fig:7.

van het Wesselmeer wordt aangehouden C.40 M.-M.A.F.,

voor den onderkant van de deur 4.55 -, zodat dus de hoogte van het onder waterstekende deel der deur is 4.15 M. Daaruit volgt voor de grootte van de toevloeiopening $0.30 \times 4.15 = 1.245 \text{ M}^2$.

(de wijde tusschen de voorhar en de dagkant van de deurnis is 0.30 M.) De grootte van de ofvloei opening

opening aan den achterkant ter plaatse van de achterker bedraagt $4.15 \times 0.10 = 0.415 \text{ M}^2$, die aan den onderkant onder den onderregel $6.58 \times 0.20 = 1.316 \text{ M}^2$. (de ruimte tusschen den onderkant van den onderregel en den sluisvloer bedraagt 0.20 M .) Totaal dus $0.415 + 1.316 = 1.73 \text{ M}^2$ en dus grooter dan de toevloeiopening. Men mag dus verwachten dat het toestroomende water ruim slechts gelegenheid vindt te ontwijken en tengevolge van de naar de achterker nauwer toelopen de deurnis geen opstuwning zal plaats hebben. Waar echter de grootte van de afvloeioopening vrij wel constant is, zal bij grooter wijde tusschen de vloerker en den dagkant van de deurnis de toevloeiopening grooter worden dan de afvloeioopening. Bij een wijde van 42 cm . zijn beide aan elkaar gelijk. Is de toevloeiopening grooter dan de afvloeioopening dan zal opstuwning van het water achter de deur optreden. Door de toevloeiopening stroomt per tijds-eenheid een hoeveelheid $Q = FV_1$. De snelheid V van het ontwijkende water zal, omdat de omliggende vloeistofdeeltjes alle dezelfde snelheid V_1 hebben, aan deze gelijk zijn, zoodat het meerdere verschil tusschen hetgeen door de toevloeiopening toestroomt en hetgeen door de afvloeioeningen ontwijkt, opstuwning tengevolge zal hebben. Door deze opstuwning ontstaat achter de deur een overdruk, een hydrostatische druk, die het in beweging brengen van de deur bevordert. Daarnaast werkt nog een druk in de richting van den stroom tengevolge van de botsing der waterdeeltjes tegen de deur, de z.g.n. hydrodynamische druk. Beschouwen wij eerst deze laatste,

a. Berekening van den hydrodynamischen druk.

De hydrodynamische druk is de druk, die een lichaam, dat in een vloeistof- of luchtstroam geplaatst is, ondervindt.

Vrijwel de oudste en langen tijd de eenige theorie is die van NEWTON geweest. Merst geruimen tijd na NEWTON is de eerste theorie opgesteld

Fig. 1

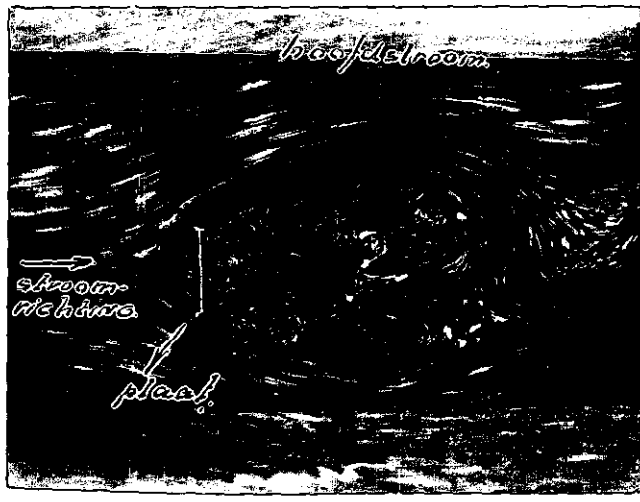


Fig. 2

door EULER, die de vergelijkingen afgeleid heeft, waaraan de beweging van een ideale vloeistof zonder inwendige wrijving moet voldoen. De nieuwere theoriën houden met de rekening. Volgens de theo-

rie van PRANDTL (x) kan de inwendige wrijving van een vloeistof overal verwaarloosd worden, behalve daar waar de vloeistof vlak langs den wand van een lichaam stroomt. Hier wordt de laag (de z.g.n. grenslaag) welke aan dit lichaam grenst, door dit laatste vastgehouden. Op deze grenslaag werkt echter ook de druk, die in de vloeistof heerscht en deze druk zal trachten de grenslaag in beweging te brengen. Heeft men nu ergens een vertraagde strooming, dan is het drukverval tegen den hoofdstroom ingericht; dit doet dan in de grenslaag een strooming ontstaan, die tegen den hoofdstroom ingericht is en zich indringt in een laagje

(x) PRANDTL Abriss der Flüssigkeit und Gasbewegung.

laagje tusschen deze en het lichaam. Deze tegenstroom neemt toe in sterkte en geeft aanleiding tot het ontstaan van wervelbewegingen in de vloeistof. Dit effect treedt mitaluitend daarop waar de oorspronkelijke stroom vertraagd zou zijn, dus in het algemeen aan de achterzijde van het lichaam (zie fig. 8). De verdeling van de drukkingen wordt nu in sterke mate gewijzigd, zoodat aan de achterzijde een kleinere druk heerscht dan aan de voorzijde. Bovendien doen zich nu aan de zijanten van het lichaam ook de wrijvingskrachten gevoelen.

Drukverschil en wrijvingskrachten te zamen vormen den „Hydrodynamischen druk“. Voor technische problemen van zeer veel belang, is de theorie echter nog te weinig uitgewerkt om zonder bijzondere, tijdrovende experimenteële onderzoekingen op ons geval toepassing te kunnen vinden

Keeren wij daarom terug tot de theorie van PULNA. Deze theorie gaat uit van den druk die door een waterzuiltje met een hoogte, gelijk aan de snelheidshoogte, uitgeoefend wordt, waarbij verder aangenomen wordt, dat de druk over de geheele plaat dezelfde is.

De Eulersche formule luidt:

$$\text{de weerstand of druk } W = \frac{\lambda F V^2}{2g}$$

Hierin beteekent:

- λ het S.G. van de vloeistof,
- F de oppervlakte van de plaat,
- V de snelheid van de vloeistofstroom,
- g de zwaartekrachts versnelling.

Door verschillende onderzoekers zijn betreffende de weerstand van een in stroomend water ge-

pleatote pleat veel proeven verricht. Daaruit is gebleken, dat de druk over de breedte van de pleat niet overal gelijk is, doch naar de randen toe afneemt. Verder vonden zij dat de formule lu den moet:

$$W = \frac{k \lambda \rho v^2}{2g} \quad (10)$$

waarin k een empirische coëfficiënt is, die afhangt met de snelheid van het water en de diepte van de in het water gedempelde pleat. Zoo vond DUBOAT voor snelheden van 0.97 M. tot 1.3 M. per sec. k gelijk aan 1.513 tot 1.483. Daar zijn proeven niet geheel volkomen waren, gaf hij aan:

$$k \text{ gemiddeld} = 1.433.$$

Door SEANVOY wordt de volgende schaal voor k gegeven:

| | | | |
|----------------|------|------|-----------------|
| snelheid $V =$ | 4 | 2 | 0.5 M. per sec. |
| $k =$ | 1.44 | 1.50 | 1.58 |

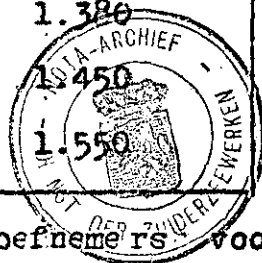
Door H. ENGELS en Fr. GEBERS (x) is er op gegeven dat deze proeven met de gebrekkige hulpmiddelen, waarover de proefnemers beschikten, niet met de vereischte nauwkeurigheid geschiedt zijn. Zij namen daarom een reeks nieuwe proeven, waarbij zij voor k zeer verschillende waarden vonden, afhankelijk behalve van de bovengenoemde factoren, ook van de grootte van de pleat. In onderstaand staat je is voor een pleat van 100 x 500 m.m. met den ^{van} bovenkant juist boven water stekende, de waarde k

bij

(x) H. ENGELS en Fr. GEBERS. Der beiwert k für den wasserwiderstand bewegter platten-förmiger und prismatischer Körper. Schiffbau IX Jahrgang No. 6 und 7.

bij verschillende stroomsnelheden aangegeven.

| Snelheid in M. per sec. | k |
|----------------------------|-------|
| 0.5 | — |
| 1.- | 1.290 |
| 1.5 | 1.380 |
| 2.- | 1.380 |
| 2.5 | 1.450 |
| 3.- | 1.550 |

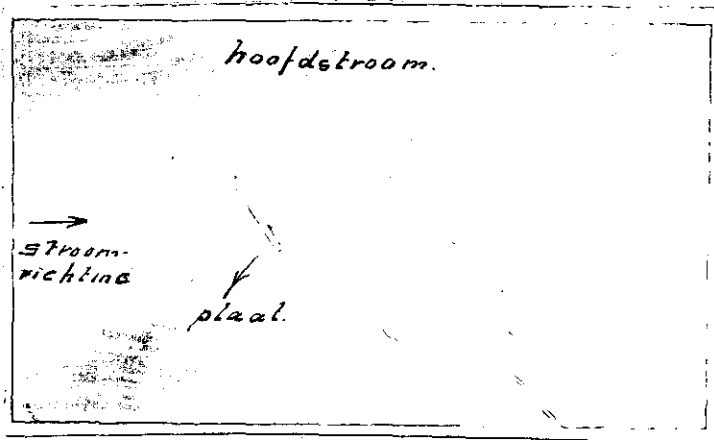


Waar de beide proefnummers voor hun proeven echter plaatjes van geringe afmetingen genomen hebben (10 x 10, 20 x 20, 30 x 30 en 10 x 50 cm.) terwijl Beaufoy een plaat nam van 3 M. lengte en 0.30 M. breedte, die 1.80 M. onder water reikte, houden wij, niettegenstaande de tegenstrijdigheid in de uitkomsten van de verschillende proefnummers bij onze beschouwingen aan:

$$k = 1.50.$$

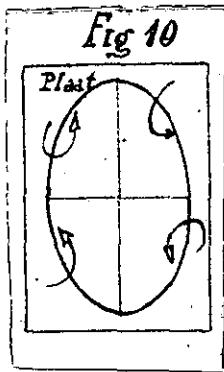
Zoals reeds opgemerkt werd, wijzigt zich de druk wanneer de plaat onder een hoek in den stroomloop geplaatst wordt. Uit ~~de~~ proeven van

AHLBORN^(X) is gebleken dat het verloop van dezen druk voor verschillende hoeken tussen plaat en stroomrichting, een eigenaardigen sprong vertoont bij een hoek liggend tussen 30° en 40°
en



(X) AHLBORN. Jahrbuch der Schiffbau technischen Gesellschaft Xe Jahrgang.

en bij die hoek zelfs grooter is dan bij 90° . Dit eigenaardige verloop is te wijten aan een geheel anderen vorm van de strooming bij groote en bij kleine hoeken. Staat de plaat dwars op den stroom dan vormt zich achter de plaat een werveling, te vergelijken met een rookring waarvan de as loodrecht op de plaat staat. De stroomlijnen der wervels vormen cirkelvormige banen om de werveling. Naarmate de plaat scheever komt, deelt de hoofdstroom zich meer naar den voorkant van de plaat. De werveling behoudt dan in het algemeen zijn ligging loodrecht op den stroom, alleen de achter den voorkant (V) gelegen wervel wordt dikker dan die aan den achterkant (a) gelegen. Bij kleine hoeken wordt de werveling gedeformeerd tot zij ten slotte niet meer kan blijven bestaan en doorbreekt. Er ontstaat dan een geheel andere strooming;



lg.10.

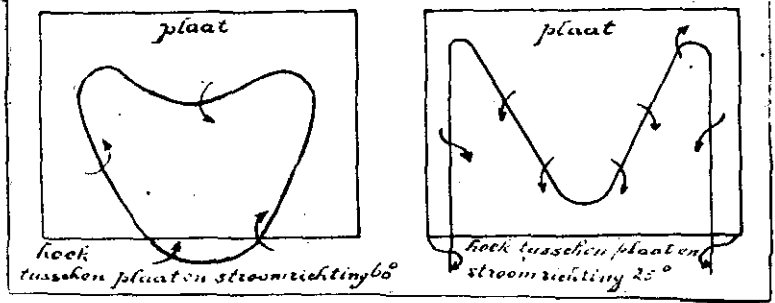


Fig.11

om de plaat vormt zich een circulatie-stroom welke op zij in twee lange naar achteren gerichte, wervelstaarten uitloopt. Fig.11 geeft voor een hoek van 60° en van 25° deze werveling weer.

In de literatuur der luchtweerstand bezitten wij de onderzoekingen van DINES e.a. (zie blz.8) die de grootte der weerstand bij scheeve platen zeer zorgvuldig gemeten hebben

De proeven van AHLBORN (platen in stroomend water geplaatst) bevestigden die van DINES. Zijn proefinstallatie was echter niet geschikt om de weerstand voor standen kleiner dan 25° te meten. Bij kleinere hoeken neemt de druk echter regelmatig tot nul af, zoodat de door DINES gegeven grafische voorstelling van het verloop der druk aangehouden mag worden. Door H. ENBELS wordt in zijn werk: „Handbuch des Wasserbaues“ blz. 572 voor het bepalen van den druk van platen welke scheef in een waterstroom geplaatst zijn, de volgende betrekking opgegeven:

$$W = k \cdot F \sin \varphi \frac{v^2}{2g}$$

Uit de vorige beschouwingen blijkt dat de druk volgens deze formule berekend, niet juist is. Nauwkeuriger waarden krijgt men, wanneer voor standen tot 35° de volgende betrekking genomen wordt:

$$W = 2 k \cdot F \sin \varphi \frac{v^2}{2g} \quad (11)$$

en voor standen van 35° tot 90° :

$$W = k \cdot F \frac{v^2}{2g} \quad (10^a \text{ zie blz. 14})$$

In figuur 4 op blz. 8 is het verloop van den druk voor verschillende standen tot 35° bij een aanname van $2 \sin \varphi$ bovendien in stippellijnen nog geteekend waaruit de gegrondheid voor de aanname naar de grafiek van DINES blijkt.

De stand van het Hesselmeerpeil wordt op 0.40 M.- N.A.P. aangehouden; de onderkant van de deur ligt op 4.55 M.- N.A.P., terwijl de lengte 6.58 M. is. Daaruit volgt voor de oppervalkte van het ondergedompelde deel der deur $6.58 \times 4.15 = 27.307 \text{ M}^2$. Aan de hand van formule (11) zijn voor verschillend achterkant van de hoeken van de deur t.o.van de sluisas bij verschillende stroomsnelheden de drukkingen bepaald en in onderstaande tabel vereenigd.

T a b e l V.

Drukkingen in K.G. voor verschillende stenden van de deur bij snelheden V in Meters per seconde.

| Hoek tus- schen de achterkant van de de Sluis | V= 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.- | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.- | 2.4 | |
|--|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1° 50' | 1.4 | 5.5 | 12.3 | 22.- | 34.3 | 49.4 | 67.2 | 87.8 | 111 | 137 | 197.4 | 278.8 | 351 | 444 | 548 | 665 | 790 |
| 5° | 3.7 | 14.9 | 33.6 | 59.6 | 93.2 | 134.2 | 182.6 | 238.4 | 302 | 373 | 537 | 731 | 955 | | | | |
| 10° | 7.5 | 29.8 | 67.2 | 119.2 | 186.4 | 268.4 | 366.- | 477 | 604 | 746 | 1073 | | | | | | |
| 15° | 11.1 | 44.4 | 99.8 | 177.7 | 277.6 | 399.6 | 544. | 711 | 899 | | | | | | | | |
| 20° | 14.6 | 58.6 | 132 | 234.4 | 366.4 | 528 | 718 | 938 | 1162 | | | | | | | | |
| 25° | 18.2 | 72.6 | 163.4 | 291 | 454. | 654 | 890 | | | | | | | | | | |
| 30° | 21.5 | 85.8 | 193.2 | 344 | 536 | 772 | 1052 | | | | | | | | | | |

Zij verder BS de zwaartepuntsafstand van den resulteerenden druk W ten opzichte van de achterhar B dan is de grootte van het koppel gelijk:

$$W \times BS \quad (12)$$

Reeds vroeger wezen wij er op, dat de strooming bij kleinere hoeken een geheele andere is dan die bij grootere. Er ontstaat dan een circulatie strooming om de plaat heen. Ook wezen wij er reeds op dat theoretisch te berkenen is dat bij een

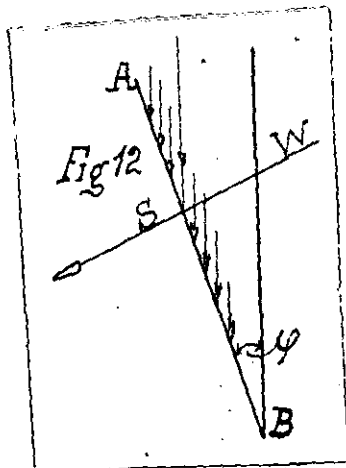


Fig:12.

vlakke plaat de zwaartepuntsafstand AS gelijk is aan een vierde van de geheele lengte A.B.(x). Uit proeven van Joukowski en Hiffel is gebleken dat deze stelling slechts opgaat voor hoeken van 5° en minder. Daarboven wijzigt zich ook de zwaartepuntsafstand. De oorzaak van dit verschil tusschen de theorie en de praktijk is toe te schrijven aan de stationaire en mobiele wervelbewegingen om de plaat. Van deze wervelbewegingen is theoretisch nog weinig verklaard. Prof. KARMAN (x) heeft de wervelbewegingen, welke achter een in stroomend water geplaatste cylinder ontstaan, bestudeerd en hierop een theorie gebouwd. Dezelfde onderzoekingen zijn ook verricht door RUBACH (xx); zijn publicatie bevat een reeks keurige

(x) R. GRAMMEL HYDRODYNAMISCHE GRUNDLAGEN DES FLUGES
Berlijn (1917)

(xx) KARMAN, UBER DEN MECHANISMUS DES WIDERSTANDES,
DEN EIN BEWEGTER KORPER IN EINER FLUSSIGHEIT
ERFUHRT. Göttingen 1911.

(xxx) H. L. RUBACH, UBER DIE ENTSTEHUNG UND FORTBEWE-
GUNG DES WIRBELPAARES HINTER ZYLINDRISCHEN
KORPERN. Forschungsarbeiten V. D. I. Heft 185.
1916.

keurige afbeeldingen van de wervelingen . De door KARMAN opgestelde theorie is echter zonder meer niet toe te passen; daervoor zouden verschillende proeven genomen moeten worden.

Wij nemen daarom de door Joëssel gegeven formule aan (zie blz.9). Daaruit volgt: .

$$BS = (0.8 - 0.3 \sin \varphi) L$$

zoodat dus de grootte van het koppel bepaald wordt door de betrekking:

$$M \times BS = Ml (0.8 - 3 \sin \varphi) \quad (13)$$

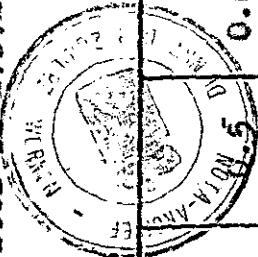
Met deze formule zijn in tabel VI voor verschillende snelheden de grootte van de koppels voor verschillende stonden van de deur aangegeven

Tabel VI.

T a b e l V I.

Grootte van de momenten in K.G.Meter opgevoert door den hydrodynamischen druk bij snelheden V in Meters

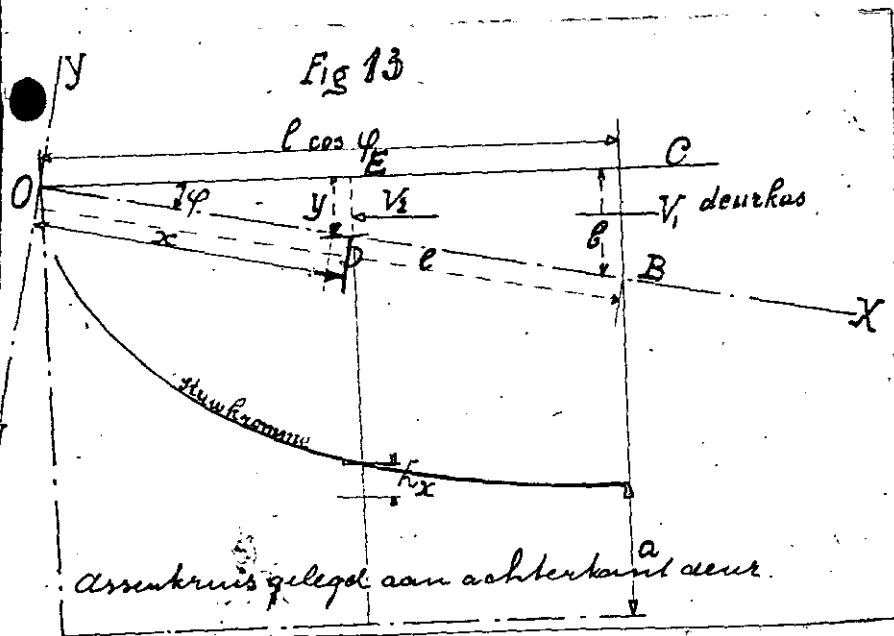
per seconde.



| Hoek- stan- den. | V | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.- | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.- | 2.2 | 2.4 | 2. |
|------------------------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|----|
| 1° 50' | 7.3 | 28.6 | 64.- | 114.2 | 178.2 | 257 | 349 | 457 | 578 | 713 | 1028 | 1450 | 1828 | 2314 | 2859 | 3460 | 4110 | 48 | |
| 5° | 18.8 | 76.- | 171. | 304 | 475 | 685 | 933 | 1218 | 1540 | 1903 | 2739 | 3724 | 4868 | | | | | | |
| 10° | 36.9 | 146 | 331 | 588 | 918 | 1322 | 1800 | 2344 | 2966 | 3668 | 5280 | | | | | | | | |
| 15° | 52.1 | 208 | 468 | 834 | 1301 | 1874 | 2546 | 3338 | 4220 | | | | | | | | | | |
| 20° | 67.- | 268 | 605 | 1076 | 1680 | 2421 | 3298 | 4300 | | | | | | | | | | | |
| 25° | 80.7 | 322. | 725 | 1288 | 2016 | 2898 | 3942 | 5150 | | | | | | | | | | | |
| 30° | 92.- | 366 | 828 | 1470 | 2284 | 3300 | 4510 | | | | | | | | | | | | |
| 35° | 102 | 406 | 928 | 1636 | 2548 | 3662 | 5000 | | | | | | | | | | | | |

b. Bepaling van den hydrostatischen druk.

1) VERGELIJKING VAN DE STUKKROMME.



Doordat de snelheid van het achter de deur stroomende water uitgeput wordt, zal dit hierachter opgestuwd worden.

Zij in Fig:13 O.D.B. de richting van de deur in open stand, O.E.C. de dagkant van het metselwerk der deurkas.

Zij verder de snelheid, waarmee het water achter de deur stroomt ter plaatse B.C. gelijk V_1 . Ter plaatse

se D.E. op een afstand X van O zal deze snelheid V_2 bedragen. Voor het overwinnen van den bewegingsweerstand in D is eene bepaalde snelheidshoogte noodig:

$$k_1 = \frac{V_1^2}{2g}$$

In D is deze:

$$k_2 = \frac{V_2^2}{2g}$$

De bewegingsweerstand in B en D zijn verschillend; daardoor ontstaat een opstuwning h_x in D, die gelijk is aan het verschil der weerstanden, dus

$$h_x = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \quad (14)$$

De hoeveelheid water, welke bij B achter de deur stroomt (zie fig.13) is:

$$Q = m_1 \cdot b_1 \cdot a \cdot v_1 \quad (15)$$

Hierin beteekent:

a , de hoogte van het ~~water boven de sluifvloer,~~ ^{die in het water besloten is deel der deurt}

b , de tusschenruimte tusschen de voorbar en de dagkant van de deurkas,

m_1 de contractiecoëfficiënt .

Op een afstand x van \odot bedraagt deze hoeveelheid:

$$Q = m_2 y (a + h_x) V_2 \quad (16)$$

Daar $y = x \sin \varphi$ is dus

$$Q = m_2 x \sin \varphi (a + h_x) V_2 \quad (17)$$

Door de meerdere wrijving is $m_2 \neq m_1$. Feitelijk zouden deze waarden empirisch vastgesteld moeten worden. Daar het verschil waarschijnlijk niet zoo heel groot zal zijn, nemen wij aan $m_2 = m_1$. Lost men verder V_2 en V_1 uit de vergelijkingen (15) en (17) op en substitueert men de gevonden waarden in vergelijking (14) dan wordt de vergelijking van de stuwkromme voorgesteld door de betrekking:

$$h_x = \frac{Q^2}{2g} \left\{ \frac{\cos^2 \varphi}{x^2 (a + h_x)^2} - \frac{1}{a^2 b^2} \right\} \quad (18)$$

Voor $x = 0$ wordt :

$$h_x = \frac{Q^2}{2g} \left\{ \frac{\operatorname{cosec}^2 \varphi}{0} - \frac{1}{a^2 b^2} \right\}$$

$$= \infty$$

zoodat de stuwkromme asymptotisch de ^{O-y-as.} ~~sch-~~terker nadert.

De vergelijking van de stuwkromme verder uitwerkende, krijgen wij:

$$h_x (a + h_x)^2 = \frac{Q^2 \operatorname{cosec}^2 \varphi}{2g x^2} - \frac{Q^2 (a + h_x)^2}{2ga^2 b^2} \quad - 28 -$$

$$h_x (a^2 + 2ah_x + h_x^2) + Q^2 \frac{(a^2 + 2ah_x + h_x^2)}{2ga^2 b^2} - \frac{Q^2 \operatorname{cosec}^2 \varphi}{2gx^2} = 0$$

$$a^2 h_x + 2ah_x^2 + h_x^3 + \frac{Q^2}{2gb^2} + \frac{h_x Q^2}{gab^2} + \frac{h_x^2 Q^2}{2ga^2 b^2} - Q^2 \operatorname{cosec}^2 \varphi = 0$$

Daar h_x zeer klein is t.o. van a mogen wij h_x^3 verwaarloozen. Wij krijgen dan:

$$h_x^2 \left(2a + \frac{Q^2}{2ga^2 b^2} \right) + h_x \left(a^2 + \frac{Q^2}{ga b^2} \right) + \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{b^2} - \operatorname{cosec}^2 \varphi \right) = 0$$

$$h_x^2 + h_x \frac{2ga^4 b^2 + 2aQ^2}{4ga^3 b^2 + Q^2} + \frac{Q^2 a^2 b^2}{4ga^3 b^2 + Q^2} \left(\frac{1}{b^2} - \frac{\operatorname{cosec}^2 \varphi}{x^2} \right) = 0$$

$$h_x = - \frac{ga^4 b^2 + aQ^2}{4ga^3 b^2 + Q^2} \pm \sqrt{\left(\frac{2ga^4 b^2 + 2aQ^2}{4ga^3 b^2 + Q^2} \right)^2 - \frac{4Q^2 a^2 b^2}{4ga^3 b^2 + Q^2} \left(\frac{1}{b^2} - \frac{\operatorname{cosec}^2 \varphi}{x^2} \right)} \quad (19).$$

De negatieve wortel vervelt daar h_x nooit negatief kan zijn. Is dus Q bekend dan kan h_x voor ^{elke} ~~een~~ waarde van x bepaald worden. Wij kunnen Q bepalen, wanneer de stroomsnelheid V_1 bekend is.

2) BEPALING VAN DE VERGELUKING DER KOPPELS DOOR HET OPGESTUWDE WATER OP DE DEUR UITGEOEFEND.

Door de opstuwung van het achter de deur stroomende water ontstaat, wyl het water achter de deur hooger is dan voor de deur, een druk loodrecht op de deur, de z.g.n. hydrostatische druk. Deze druk is niet overal gelijk. Op een afstand x van 0 is de hoogte van het zich achter de deur bevindende water $a + h_x$, dat van het zich voor de deur bevindende water a . Beschouwen wij nu een klein gedeelte van de deur met een breedte dx , dan is de op de deur uitgeoefende druk over die breedte dx (zie fig:14).

$$p = \frac{\lambda dx}{2} \{ (a + h_x)^2 - a^2 \} \quad (21)$$

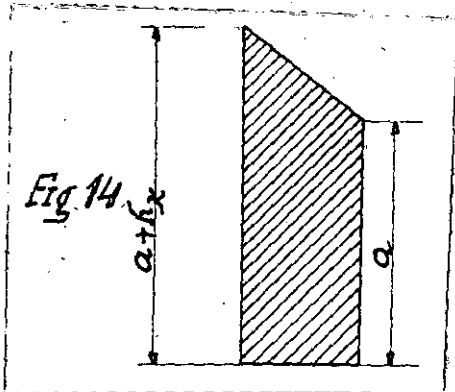


Fig:14

Hierin beteekent λ het SG. van water.

Ten opzichte van 0. werkt dan een koppel, waarvan de grootte bepaald wordt door:

$$M = \frac{\lambda x dx}{2} \{ (a + h_x)^2 - a^2 \} \quad (22).$$

en over de geheele deurlengte (zie fig.15).

$$M = \int_{l_1}^{l_2} \frac{\lambda x}{2} dx \{ (a + h_x)^2 - a^2 \} \quad (23)$$

$$= \frac{\lambda}{2} \int_{l_1}^{l_2} (2ah_x + h_x^2) \times dx \quad (24)$$

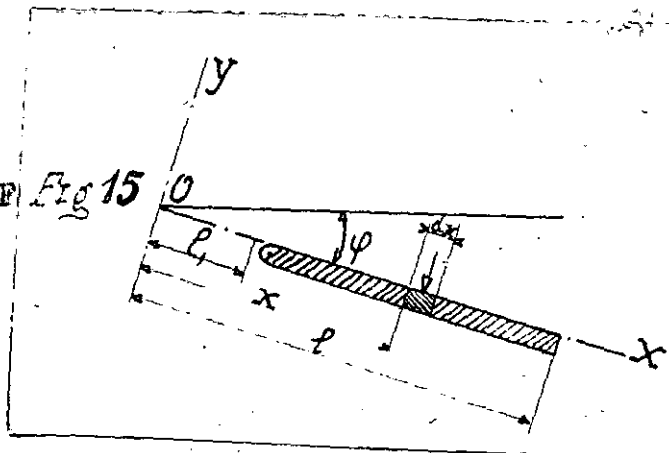


Fig 15

Substitueeren

Substitueeren wij de waarde van h uit vergelijking 19 in vergelijking (24) en stellen wij verder de termen uit die vergelijking:

$$\frac{ga^4 b^2 + 2a^2 q^2}{4ga^3 b^2 + q^2} = C,$$

$$\left\{ \frac{2ga^4 b^2 + 2a^2 q^2}{4ga^3 b^2 + q^2} \right\}^2 - \frac{4a^2 q^2}{4ga^3 b^2 + q^2} = A^2$$

en

$$\frac{4a^2 q^2 b^2 \operatorname{cosec}^2}{4ga^3 b^2 + q^2} = B^2,$$

den gaat vergelijking (24) over in de gedaante:

$$M = \frac{\lambda}{2} \int_{l_1}^{l_2} \left\{ 2a(-C + \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + \frac{B^2}{x^2}}) + C^2 + \frac{1}{2} (A^2 + \frac{B^2}{x^2}) - C \sqrt{A^2 + \frac{B^2}{x^2}} \right\} x dx \quad (25)$$

$$M = a \lambda \int_{l_1}^{l_2} \left\{ -C + \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + \frac{B^2}{x^2}} \right\} x dx + \frac{\lambda}{2} \int_{l_1}^{l_2} \left\{ C^2 + \frac{1}{2} (A^2 + \frac{B^2}{x^2}) - C \sqrt{A^2 + \frac{B^2}{x^2}} \right\} x dx \quad (26)$$

Daar:

$$\int \sqrt{A^2 + \frac{B^2}{x^2}} x dx = A \sqrt{\frac{x}{2}} \sqrt{x^2 + \frac{B^2}{A^2}} + \frac{B^2}{2A^2} \log^{\operatorname{nep}} \left(x + \sqrt{x^2 + \frac{B^2}{A^2}} \right)$$

Kunnen wij verg: (26) na integratie schrijven:

$$M = a \lambda \int_{l_1}^{l_2} \left\{ \frac{Cx^2}{2} + CA \left\{ \frac{x}{2} \sqrt{x^2 + \frac{B^2}{A^2}} + \frac{B^2}{2A^2} \log^{\operatorname{nep}} \left(x + \sqrt{x^2 + \frac{B^2}{A^2}} \right) \right\} \right. \\ \left. + \frac{\lambda}{2} \int_{l_1}^{l_2} \left\{ \frac{C^2 x^2}{2} + \frac{A^2 x^2}{8} + \frac{1}{2} B^2 \log^{\operatorname{nep}} x \right. \right. \\ \left. \left. - CA \left\{ \frac{x}{2} \sqrt{x^2 + \frac{B^2}{A^2}} + \frac{B^2}{2A^2} \log^{\operatorname{nep}} \left(x + \sqrt{x^2 + \frac{B^2}{A^2}} \right) \right\} \right\} x dx \quad (27)$$

Na invoering van de grenzen l_1 en l_2 wordt verg:

(27) als volgt:

$$\begin{aligned}
 M = & \left[\frac{-g\lambda C}{2} + \frac{c^2 \lambda}{4} + \frac{A^2}{16} \right] \left[l_2 - l_1 \right] \left(\frac{B^2}{2A^2} \right) \\
 & + \left[\frac{A g \lambda}{2} - \frac{CA \lambda}{2} \right] \left[\left\{ \frac{l}{2} \sqrt{2} + \frac{B^2}{A^2} \log^{nep} \right. \right. \\
 & \left. \left. (l + \sqrt{2} + \frac{B^2}{A^2}) \right\} - \left\{ \frac{l_1}{2} \sqrt{2} + \frac{B^2}{A^2} + \frac{B^2}{2A^2} \log^{nep} \right. \right. \\
 & \left. \left. (l_1 + \sqrt{2} + \frac{B^2}{A^2}) \right\} \right] + \frac{1}{8} \lambda B^2 \log^{nep} \frac{l}{l_1} \quad (28)
 \end{aligned}$$

Met deze formule kunnen wij dus de grootte van de koppels bepalen, die bij verschillende snelheden op de deur zullen werken.

Op.

Op bla. 14 is er reeds op gewezen dat de in vloed van den hydrostatischen druk eerst den pa merkbaar wordt, wanneer de deur zoover uit haar kas gedrongen is dat de afstand tusschen de venster en den dagkant van de deuren groeter dan 42 cm. wordt.

Daaruit volgt dat op de deur in haar stand zoolks deze voorloopig ontworpen was en waarbij de vorenbedoelde afstand 30 cm. bedragen zou, (overeenkomende met een hoek γ ^{tusschen de schuif en de deur} en de sluisas van 1°50') alleen de hydrodynamische druk werken kon. Maar daaruit volgt ook een de hand van de tabellen V en VI dat in den desbetreffenden stand de deur voor verschillende beschouwd waersomstandigheden eerst in beweging zal komen bij snelheden die, al konden zij ook uit anderen hoofde worden toegelaten, met het oog op den langen duur van de periode, waarbij het water naar binnen stroomt niet toegelaten kunnen worden. In onderstaande tabel zijn de vereischte snelheden bij dezen stand voor de verschillende gevallen nog eens afzonderlijk vermeld.

Tabel VII

| Waersomstandigheden | Vereischte snelheden in M. per sec. voor het in beweging komen van de deur bij een deurstand met een hoek van 1°50' |
|---------------------|---|
| Windstilte | 0.6 |
| Lichte bries | 2.0 |
| Stevige bries | 1.4 |
| Storm | 1.6 |
| Zware storm | 2.4 |

Wij kunnen nu met de bekende snelheid de hoek te van den weg van het water berekenen, di

vereischt wordt om de deur in beweging te zetten. Uit de formule:

$$v = \sqrt[4]{2gh} \quad (29).$$

waarin φ de snelheidscoefficient beteekent gevolg van de samentrekking van de waterstroom om de voorhar, volgt de hoogte:

$$h = \frac{v^2}{2g\varphi^2} \quad (30)$$

Nemen wij aan $\varphi = 0.97$, dan wordt

$$h = \frac{v^2}{18.42} \quad (31)$$

In onderstaende tabel zijn deze hoogten met deze formule bepaald, voor de verschillende weersgesteldheden aangegeven:

Tabel VIII

| Weersgesteldheden. | Vereischte was van het het buitenwater voor het in beweging zetten v/d. deur bij een deurstand met een hoek van $1050'$. |
|--------------------|--|
| Windstilte | 1.4 cm. |
| Lichte bries | 2,7 " |
| Stevige bries | 6.6 " |
| Storm | 15.9 " |
| Ezware storm | 31.3 " |

In werkelijkheid zullen deze hoogten nog niet voldoende zijn om de deur in beweging te brengen. Immers, wij hebben bij onze berekeningen V_1 over de geheele hoogte van de deur dezelfde waarde toegekend. Wij hebben dus gerekend met een gemiddelde snelheid

heid V_1 die kleiner is dan de bovenberekende snelheid V .— Deze snelheid V_1 staat in verband met de diepte, doch kan hieruit, doordat er geen vast verband tusschen diepte en middelbare snelheid bestaat, niet bepaald worden. Globaal kan men aannemen dat is:

$$V_1 = \frac{6}{7} V \quad (32).$$

De bovengerekende in tabel VIII verzamelde cijfers dienen dus nog met $\pm 16\%$ vermeerderd te worden.

Uit deze beschouwingen blijkt, dat wij de deur in elk geval door tijnachters uit haar deurkas moeten duren. Direct vragen wij ons dan echter af hoever dient de deur bij tijkentering uit haar kas geduwd te worden.

Op blz. 30 hebben wij de formule ontwikkeld voor het bepalen van de grootte van de koppels, welke door den hydrostatischen druk op de deur wordt uitgeoefend. Ten einde met behulp van deze formule de grootte van die koppels te bepalen, moet allereerst de waarde van Q^2 of wat op hetzelfde neerkomt die van Q bepaald worden.

Nu is:

$$Q = m F V_1 \quad (33)$$

waarin beteekent:

m de uitstrooingscoëfficiënt;

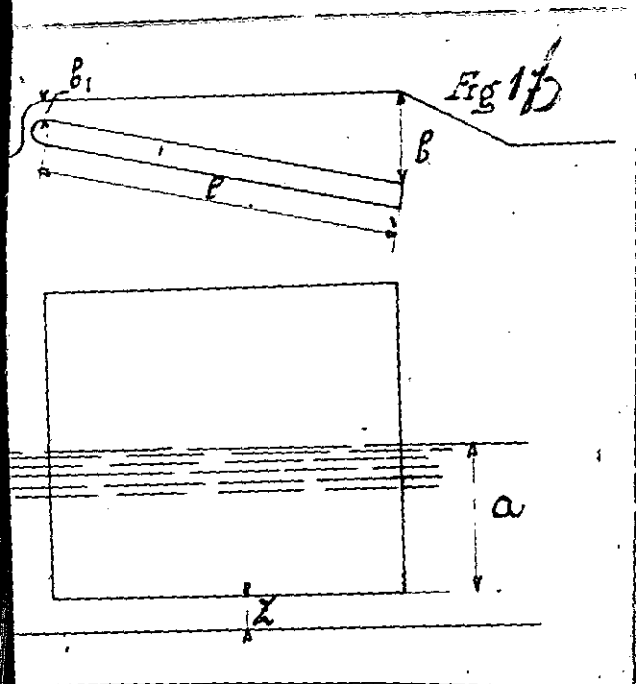
F de doornede in M^2

V_1 de snelheid in M' per sec.

Voor m_1 , het product van contractiecoëfficiënt en snelheidscoëfficiënt, wordt aangehouden $0.64 \times 0.97 = 0.63$;

Voor F wordt aangehouden het verschil tusschen d

toevloeiopening en de afvloeiopening (zie blz.14). Wanneer, zooals op nevenstaande schets (fig.16) nog eens afzonderlijk aangegeven is.



l = de lengte der deur

b = de afstand tusschen de voorhar en den dagkant van de deurnis,

b_1 = de afstand tusschen de achterhar en den dagkant van de deurnis;

a = de hoogte van het water boven de sluisvloer;

Z = de afstand tusschen de sluisvloer en den onderkant, der deurnis,

den is:

$$F = a \times (b - b_1) - l \times Z \quad (34)$$

In deze vergelijkingen zijn l en Z constant, b en b_1 wisselen bij elken stand van de deur en zijn voor $5^\circ, 10^\circ$ enz. telkens te berekenen. Ook a is niet constant; bij toenemende snelheid rijst het water, waardoor dus a grooter wordt. Aanvankelijk was deze meerdere hoogte, gevolg van den was van het buitenwater, ook in vergelijking (19) tot uitdrukking gekomen; de formule werd daardoor echter zoo ingewikkeld en dientengevolge de becijferingen zoo omvangrijk, dat wij deze geringe meerdere hoogte verwaarloosd hebben en a als een constante waarde hebben aangenomen. Waar $a = 4.15$ M. is, zal een was van b.v. 10 cm. nog slechts op Q een invloed van 2% hebben; een invloed, die wij gerust kunnen verwaarloosen, wanneer wij bedenken dat voor het bepalen

van

I N H O U D.

| | |
|--|--------|
| 1. Inleiding | blz. 1 |
| 2. Berekening van de te overwinnen weerstanden | " 1 |
| ad.1 weerstand tengevolge van de wrijving in toets en halsbougel | " 1 |
| ad.2 weerstand tengevolge van den wind | " 4 |
| 3. Berekening van de stroomsterkte, waarbij de deur in beweging zal komen | " 13 |
| a. Berekening van den hydrodynamischen druk | " 16 |
| b. Berekening van den hydrostatischen druk | |
| 1. Vergelijking van de Stukrompe | " 26 |
| 2. Bepaling van de vergelijking der koppels door het opgestante water op de deur uit- geesend | " 29 |
| c. Bepaling van de totale grootte der kop- pels door den hydrostatischen druk en door den hydrodynamischen druk eengeekt | " 39 |
| Bepaling van de formule voor het berekenen van de levende kracht der dichtsluande deur | " 46 |
| Beschouwingen betreffende de mogelijkheid van wakers of tijchters met automatisch werkende electrische remrichting | " 50 |
| Kort resumé van de vorige beschouwingen | " 57 |
| Conclusies inzake deurbeweging van Ir. H. M. W. W. R. K. S. | " 61 |
| Conclusie - inzake toepassing van automatisch werkende deuren | " 64 |

.....

van Q wij op een empirische waarde stuiten, die, hoewel bij benadering juist, toch geenszins als een absoluut zuivere waarde beschouwd mag worden.

Met behulp van vergelijking (34) is nu voor verschillende standen van de deur bij verschillende snelheden de waarde van Q en dienengevolge die van Q^2 bepaald. Deze laatste zijn in onderstaande tabel IX neergelegd. Bovendien zijn op bijlage 1 de verschillende standen van de deur geteekend, waarop de respectievelijke maten van b en b_1 zijn aangegeven, terwijl $l = 6.58$ M. en $Z = 0.20$ M. is.

Met deze waarden van Q^2 zijn nu A^2 , B^2 en C van formule (28) te bepalen, waarna met deze vergelijking de grootte van de koppels door den hydrostatischen druk opgewekt, berekend kunnen worden. Zij zijn voor de verschillende snelheden en bij verschillende hoeken in tabel X neergelegd. Voor g is aangehouden 9.8 M. per sec.; voor λ 1025 K.G.

=====
.....

T a b e l IX

illende stonden van de deur en bij verschillende snelheden van het water

in Meters per seconde.

=====
 =.=.=.=.=.=.=.=.=.=.=.=.=.=.=.=.

| | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.- | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.- | 2.2 |
|----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 60 | 0.228 | 0.284 | 0.360 | 0.445 | 0.641 | 0.872 | 1.139 | 1.442 | 1.780 | 2.154 |
| 70 | 2.274 | 2.966 | 3.752 | 4.640 | 6.681 | | | | | |
| 80 | 6.400 | 8.360 | 10.580 | 13.046 | | | | | | |
| 94 | 12.516 | 16.325 | 20.687 | 25.540 | | | | | | |
| 86 | 20.240 | 26.460 | 33.470 | 41.357 | | | | | | |
| 20 | 29.580 | 38.600 | 48.820 | 60.372 | | | | | | |

Waarden van q^2 in 113 bij versce

| Stand v.d. deur t.o.v. de deurkas. | $V=$ 0.1. | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0. |
|--|--------------|-------|-------|-------|--------|-----|
| 5° | 0.004 | 0.018 | 0.040 | 0.071 | 0.111 | 0. |
| 10° | 0.046 | 0.186 | 0.417 | 0.743 | 1.160 | 1. |
| 15° | 0.130 | 0.521 | 1.173 | 2.092 | 3.264 | 4. |
| 20° | 0.255 | 1.022 | 2.299 | 4.086 | 6.385 | 9. |
| 25° | 0.414 | 1.654 | 3.722 | 6.612 | 10.320 | 14. |
| 30° | 0.604 | 2.414 | 5.432 | 9.650 | 15.080 | 21. |

Tabel X.

Grootte van de door den hydrostatischen druk opgewekte koppels in Kilogram Meters bij onderscheidene standen van de deur en bij verschillende snelheden van het water in Meters per seconde.

.....

| Stand v.d. deur t.o.v. de deurkas | V= 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.- | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.- | 2.2 |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| 5° | 0 | 41.26 | 89.- | 171.62 | 283.- | 392.92 | 515.775 | 678.30 | 864.73 | 1059.71 | 1518.72 | 2149.18 | 2657.43 | 3295.- | 4086.82 | 4890.66 |
| 10° | 13.93 | 159.57 | 327.50 | 626.21 | 938.28 | 1322.82 | 1848.55 | 2376.14 | 2865.- | 3372.60 | 5063.9 | | | | | |
| 15° | 40.98 | 245.35 | 550.70 | 949.41 | 1435.32 | 2008.53 | 2738.91 | 3540.94 | 4281.74 | 5349.56 | | | | | | |
| 20° | 73.78 | 308.42 | 720.52 | 1160.85 | 1760.36 | 2452.44 | 3350.62 | 4260.33 | | | | | | | | |
| 25° | 100.32 | 352.44 | 860.23 | 1323.78 | 1944.40 | 2815.73 | 3713.67 | 4743.55 | | | | | | | | |
| 30° | 126.54 | 389.40 | 979.55 | 1446.01 | 2174.24 | 3160.62 | 4230.45 | | | | | | | | | |

Bij kunnen ontworpen zijn door de Duitse...

(xx) Proceedings of Royal Society 1890.

(xxx) Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt

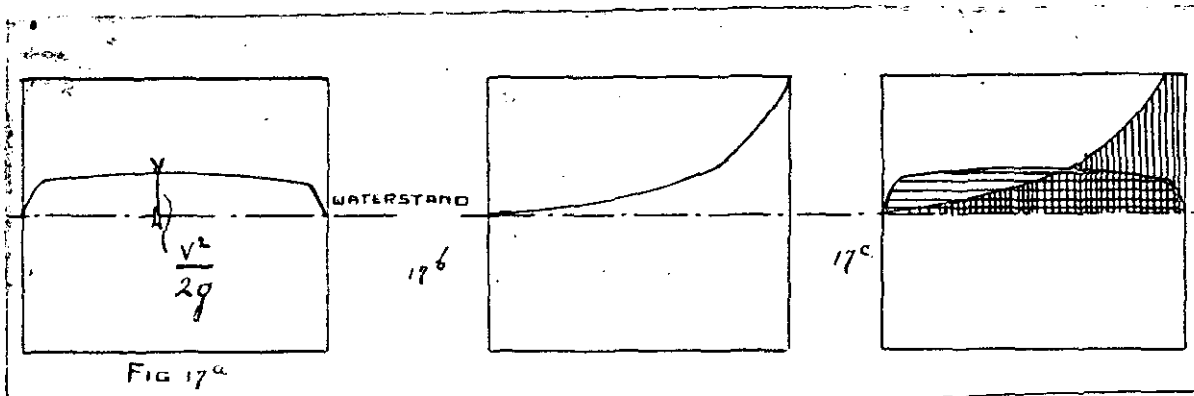
Jahrgang 1910.

C. Bepaling van de totale grootte van de koppels door den hydrostatischen en door den hydrodynamischen druk opgewekt.

Uit de proeven van Ahlborn (zie blz. 19 e.v.) is gebleken dat de opstuwingshoogte, gevolg van de botsing van het stroomende water tegen den wand, in het zwaartepunt gelijk is aan $\frac{v^2}{2g}$, doch dat deze hoogte over de geheele breedte niet gelijk is. (X)

Aan weerszijden van het zwaartepunt (het z.g.n. drukmaximum) zakt de stuwkromme iets naar beneden om bij de uiteinden scherp naar onder te vallen. (zie fig: 17)

Fig: 17a



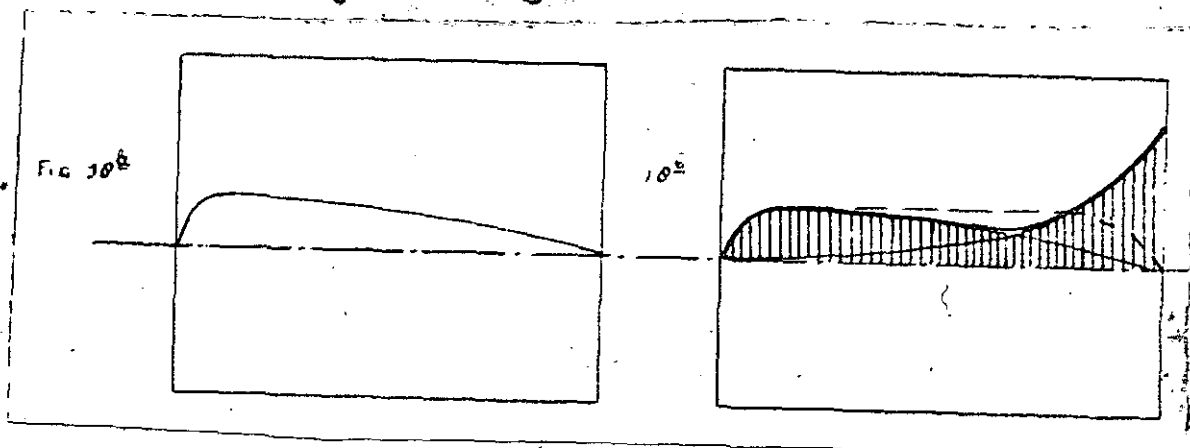
In fig: 17b is de door den hydrostatischen druk opgewekte stuwkromme geteekend. Leggen wij nu beide krommen op elkaar dan blijkt dat zij elkaar gedeeltelijk overflappen, zoodat beider invloed niet eenvoudig gesommeerd mag worden. Doch er is meer. De hydrostatische druk is het gevolg van de uitputting van de levende kracht van het toestroomende water. Daardoor zal dus de hydrodynamische druk ook gewijzigd worden. Aan het begin van de vernauwing zal het

(X) Reeds vroeger wezen wij er reeds op, dat het zwaartepunt van de resulterende krachten zich wijzigt met den stand van de plaat t.o. van de stroomrichting.

het nog wel zijn volle invloed demonstreeren, doch naar achter sterk afnemen en aan het eind nul zijn. De stuwkromme zal dan ongeveer het beloop krijgen, zooals in fig:18a is voorgesteld.

Daarbij is aangenomen dat het drukmaximum hetzelfde blijft en vandeear volgens een convexe lijn verloopt. Leggen wij nu deze stuwkromme weer op die door den hydrostatischen druk opgewekt, dan zou dus het beeld van de definitieve kromme worden, zooals die in fig:18b met een zware getrokken lijn is voorgesteld.

Fig:18a.



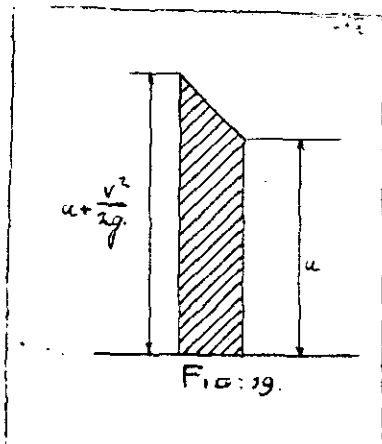
Daaruit blijkt nu dat voor het bepalen van de absolute grootte van de koppels slechts een gedeelte van de door den hydrodynamischen druk opgewekte berekende koppels in rekening gebracht mag worden. Wij stuiten nu echter op de moeilijkheid, welk percentage wij in rekening moeten brengen. Het zou voor de hand liggen om voor alle standen en voor verschillende snelheden het stuwdiagram te teekenen, zooals dit ontstaan zou wanneer alléén de hydrodynamischen druk er op werkte (de plaats dus vrij in een ^{Water}meterstroom geplaatst was) en in fig.18b met een gestippelde lijn geteekend is. Vervolgens het stuwdiagram te teekenen zooals dit in fig:18a is voorgesteld met inachtneming van de naar achter toe verminderende invloed

vloed van de levende kracht; daarnaast het stuwdiagram te teekenen, zooals dit door den hydrostatischen druk opgewekt wordt en vervolgens te bepalen hoe groot het overlappende gedeelte van de in fig. 18a getrokken kromme is van de in fig. 18b gestippelde kromme. De totale grootte van de door beide invloeden berekende koppels zou dan bepaald zijn door samenstelling van de door den hydrostatischen druk opgewekte koppels met de - als de tot elkaar staande gedeelten van de stuwkrommen - herleidde grootte van de door den hydrodynamischen druk opgewekte koppels. Deze opzet zou echter niet juist zijn, omdat wij dan den invloed van den hydrodynamischen druk te groot zouden nemen. Laten wij van den hydrodynamischen druk de wrijvingskrachten (zie blz. 17) buiten beschouwing, dan kunnen wij het drukverschil ook als een hydrostatische druk beschouwen met een hoogte gelijk $\frac{v^2}{2g}$, hetgeen ook blijkt uit de formule voor den hydrodynamischen druk. Voor een door den stroom loodrecht getroffen plaat luidt deze:

$$W = \frac{k \cdot F \cdot v^2}{2g} \text{ waarin } k \text{ een coëfficiënt is, die op 1.5 aangenomen is.}$$

Zij nu de opstuwingshoogte voor de geheele breedte van de plaat $\frac{v^2}{2g}$, de lengte l en de diepte van het water e , dan is dus de druk:

Fig. 19



$$\begin{aligned}
 W &= \frac{\lambda l}{2} \left\{ \left(a + \frac{v^2}{2g} \right)^2 - a^2 \right\} \\
 &= \frac{\lambda l}{2} \left(2a + \frac{v^2}{2g} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right) \\
 &= \left(1 + \frac{v^2}{4ga} \right) \left(\frac{\lambda l a v^2}{2g} \right) \\
 &= \left(1 + \frac{v^2}{4ga} \right) \left(\frac{\lambda F v^2}{2g} \right)
 \end{aligned}$$

zoodat $k = 1 + \frac{v^2}{4ga}$, dus > 1

Wij mogen dus de gevolgtrekking maken dat de grootte van den hydrodynamischen druk hoofdzakelijk bepaald wordt door het drukverschil. Maar daaruit volgt ook dat wij voor het overlappende gedeelte niet het procentische gedeelte van de geheele kromme mogen nemen daar het drukverschil over dit gedeelte niet gelijk is, dus ook de druk sterk gewijzigd wordt, terwijl juist bij het bepalen van den hydrodynamischen druk het drukverschil over de geheele lengte van de plaat bijna dezelfde hoogte behoudt. Wij kunnen dus de definitieve grootte van de door den stroom opgewekte koppels zonder meer niet bepalen. Wellicht dat eenige waarnemingen met een proefinstallatie ons hier bij een aanwijzing zouden geven. Al kunnen wij dus niet de definitieve grootte van de koppels bepalen, welke bij verschillende stroomsnelheden op de deur werken en dus ook niet de stroom snelheid bepalen, waarbij de deur onder de onderzochte beschouwde omstandigheden in beweging zal komen, wel kunnen wij zeggen tusschen welke waarden-geen grenswaarden- de betreffende snelheid liggen moet.

De koppels, zooals die en door de hydrostatische en door de hydrodynamischen druk afzonderlijk ontstaan, waarvan de grootte in de tabellen VI en X is aangegeven, zijn daarom sa-

Grootte van de sommegetelde koppels van de door hydrostatischen en den hydrodynamischen druk opgewekte koppels.

| Stand deur t.o.v. deurkas | $\bar{v}=$ 0.1. | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.- | 1.2 | 1.4 | 1.6 |
|---------------------------------|--------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| 5° | 18.8 | 117.26 | 260.- | 475.62 | 758.- | 1075.92 | 1448.07 | 1896.30 | 2404.73 | 2962.71 | 4257.78 | 5773.18 | 7525.43 |
| 10° | 50.83 | 305.57 | 658.50 | 1214.21 | 1856.28 | 2684.82 | 3648.55 | 4720.14 | 5831.-- | 7040.64 | 10343.69 | | |
| 15° | 93.08 | 453.35 | 1018.70 | 1783.41 | 2736.32 | 3962.53 | 5304.91 | 6878.94 | 8480.33 | | | | |
| 20° | 140.78 | 576.42 | 1325.52 | 2236.85 | 3440.36 | 4873.49 | 6648.62 | 8560.33 | | | | | |
| 25° | 181.02 | 674.44 | 1585.23 | 2611.78 | 3960.40 | 5713.73 | 7655.67 | 9893.55 | | | | | |
| 30° | 218.54 | 755.40 | 1807.55 | 2916.01 | 4458.24 | 6460.62 | 8740.45 | | | | | | |

mengesteld. Deze waarden zijn aangegeven in tabel XI. Op blz. 12 is in tabel IV de grootte van de koppels aangegeven, welke bij verschillende standen van de deur overwonnen moesten worden. Teneinde nu te bepalen tusschen welke waarden de stroomsnelheid liggen zal, waarbij de deur in beweging komt, zijn de koppels - aangegeven in tabel X en tabel XI - grafisch voorgesteld (zie bijlage 2 en 3) en op deze grafieken de waarden van tabel IV ingeteekend. Voor de verschillende beschouwde gevallen laat zich nu de vereischte stroomsnelheid voor het in beweging brengen van de deur van deze grafieken aflezen voor het geval, dat alléén de hydrostatische druk werken zou en voor het geval dat bij de hydrostatische druk de hydrodynamische druk tot zijn volle effect in rekening gebracht zou moeten worden. Tusschen deze twee gevallen ligt de vereischte snelheid. Zij zijn in onderstaande tabel XII aangegeven.

Tabel XII

Snelheden V in M' per sec., waartusschen de definitieve snelheid voor het in beweging komen van de deur liggen zal bij verschillende deurstanden en onder verschillen de weersomstandigheden.

| Weersomstandigheden met windsterkten volgens de Beaufortschaal | | Deurstanden met een hoek tusschen achterkant deur en sluisas van: | | | | | |
|--|----|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° |
| Windstilte | 0 | 0.39-0.25 | 0.21-0.15 | 0.17-0.13 | 0.15-0.11 | 0.14-0.10 | 0.12-0.09 |
| Lichte bries | 3 | 0.52-0.33 | 0.27-0.19 | 0.20-0.15 | 0.17-0.12 | 0.15-0.11 | 0.13-0.11 |
| Stevige bries | 6 | 0.83-0.50 | 0.39-0.29 | 0.28-0.21 | 0.21-0.15 | 0.18-0.12 | 0.14-0.11 |
| Storm | 9 | 1.29-0.77 | 0.60-0.43 | 0.42-0.30 | 0.30-0.18 | 0.22-0.16 | 0.16-0.11 |
| Zware Storm | 11 | 1.89-1.11 | 0.89-0.62 | 0.60-0.43 | 0.43-0.30 | 0.30-0.22 | 0.19-0.14 |

Dit deze tabel zien wij dat, hoe verder de deur buiten haar kas geduwd wordt, hoe kleiner de stroomsnelheid zijn zal, waarmede zij in beweging komt. Doch tevens blijkt ook dat onder de slechtste weersomstandigheden, wanneer de druk op de deur het grootst is, deze toch niet zoo ver buiten haar kas geduwd moet worden om bij niet te groote stroomsnelheden in beweging te komen. Voor een stand van 5°, waarbij de afstand tusschen de achterkant van de deur en de deurkas 0.67 M bedraagt, ligt de max.snelheid tusschen 1.11 M en 1.89 M per sec., terwijl bij een stand van 10° overeenkomende met een afstand tusschen de deurkas en de achterkant van de deur van 1.23 M., de max.snelheid ligt tusschen 0.62 en 0.89 M. per sec.

Teneinde nu een beeld te krijgen van den invloed van de aanvangssnelheid op de eind-snelheid of m.s.w. op de grootte van de levende kracht van de deur, waarmee deze tegen den aanslag komt, zullen wij eerst de formules voor dit verband ontwikkelen. Bij het in beweging komen van de deur is de hoeksnelheid 0 en groeit geleidelijk aan. Op het oogenblik dat de deur in beweging komt werkt hierop de hydrostatische en de hydrodynamische druk. Het door de hydrostatische druk veroorzaakte drukverschil zal bij het in beweging komen van de deur direct gewijzigd worden. Het opgestuwde water zal dan, doordat de afstand tusschen de deur en de deurkas plotseling grooter wordt, terugvallen en gedeeltelijk langs de muur terug stroomen. Is de deur eenmaal in beweging dan wordt zij voortdurend door stroomende waterdeeltjes getroffen, zoodat gedurende haar beweging de hydrodynamische druk er steeds op blijft werken. Volgens formule 11 bedraagt de druk op een in stroomend water gespleetste plaat, wanneer deze laatste met de stroomrichting een hoek φ maakt, liggend tusschen 0° en 35° .

$$p = \frac{k \lambda F \sin \varphi v^2}{g} \quad (11)$$

en volgens formule 10a wanneer de desbetreffende hoek, φ ligt tusschen 35° en 90° .

$$p = \frac{k \lambda F v^2}{2g} \quad (10a)$$

Van 0° tot 35° groeit de kracht geleidelijk aan, terwijl zij van 35° tot 90° constant blijft. Maakt de plaat met de stroomrichting een kleine hoek φ dan wordt de druk op de plaat:

$$p = \frac{k \lambda}{g} \cos \varphi dp v^2 \quad (35).$$

g

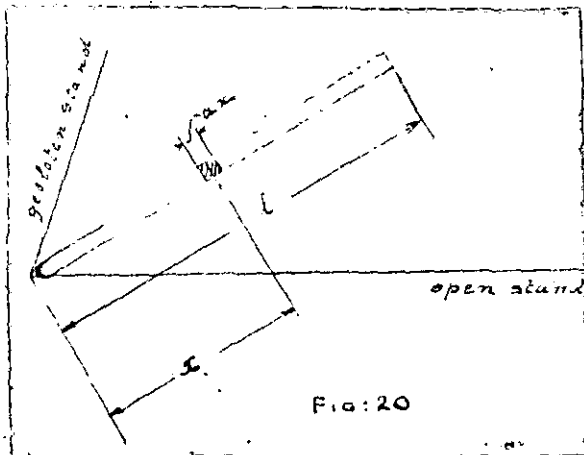


Fig. 20

Beschouwen wij nu een deeltje van de deur ter breedte dx en met een hoogte gelijk 1. Zij de hoeksnelheid van dat deeltje op een zeker moment ω , dan is de lineaire snelheid $x\omega$. Dat deeltje ondervindt dan, wanneer de afgelegde hoek $< 35^\circ$ is, een druk

$$p = \frac{k \lambda}{g} \cos \varphi dp (v - x\omega)^2 dx$$

en wanneer de afgelegde hoek $> 35^\circ$ is, een druk

$$p = \frac{k \lambda}{2g} (v - x\omega)^2 dx$$

Nu kan de term $(v - x\omega)$ zoowel positief als negatief zijn. Zoolang de otreksnelheid l.w. kleiner dan v is, zijn alle uitwendige krachten gelijk gericht en het krachtmoment is, wanneer de hoogte van het ingedompelde deel der deur $= h$ is:

$$M_1 = \frac{k \lambda h}{g} \int_{\varphi=0^\circ}^{\varphi=35^\circ} \cos \varphi dp \int_0^h (v - x\omega)^2 x dx$$

wanneer de hoek φ door de plaat met de stroomrichting ligt tusschen 0° en 35° en

$$M_2 = \frac{k \lambda h}{2g} \int_0^h (v - x\omega)^2 x dx$$

wanneer deze hoek ligt tusschen 35° en 90° . Het resulteerende krachtmoment $= \sum M_i$, dus:

$$M = \frac{k \lambda h}{2g} \left\{ \int_{\varphi=0^\circ}^{\varphi=35^\circ} 2 \sin \varphi + 1 \right\} \int_0^h (v - x\omega)^2 x dx \quad (36)$$

Wanneer bij den beginstand de betreffende hoek reeds een waarde b.v. 10° heeft, wordt de benedengrens $\varphi = 10^\circ$ ingevuld.

Wordt de omtrekselheid l.w. groter dan v dan hebben wij onderscheid te maken tusschen aangroeiende en kleiner wordende krachten. De deeltjes van de deur welke het dichtst bij de draaiingsas gelegen zijn, zullen onder den invloed van eerstgenoemde, die welke verder van de draaiingsas gelegen zijn onder den invloed van laatstgenoemde staan. De grens tusschen beide ligt op een afstand $\frac{v}{w}$ (l.w. = v) van de draaiingsas en het krachtmoment is dan gelijk het verschil van twee bepaalde in-

tegralen en wel:

$$M = \frac{k \lambda h}{2g} \left(\int_{\varphi=0^{\circ}}^{\varphi=35^{\circ}} 2 \sin \varphi + 1 \right) \left(\int_0^{\frac{v}{w}} (v - xw)^2 x dx - \int_{\frac{v}{w}}^l (v - xw)^2 x dx \right) \quad (37)$$

Da is:

$$\int (v - xw)^2 x dx = \frac{v^2 x^2}{2} - \frac{2}{3} vwx^3 + \frac{1}{4} w^2 x^4$$

Zoodat vergelijking (36) na integratie wordt

$$M = \frac{k \lambda h}{2g} \left(\int_{\varphi=0^{\circ}}^{\varphi=35^{\circ}} 2 \sin \varphi + 1 \right) \left\{ \frac{v^2 l^2}{2} - \frac{2}{3} vwl^3 + \frac{1}{4} w^2 l^4 \right. \quad (38)$$

en vergelijking (37):

$$M = \frac{k \lambda h}{2g} \left(\int_{\varphi=0^{\circ}}^{\varphi=35^{\circ}} 2 \sin \varphi + 1 \right) \left(\frac{v^4}{6w^2} - \frac{v^2 l^2}{2} + \frac{2}{3} vwl^3 - \frac{1}{4} w^2 l^4 \right) \quad (39)$$

Voor de draaibeweging van de deur geldt de formule:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{M}{I_p} \quad (40)$$

M : het krachtmoment

I_p : het polaire traagheidsmoment.

De versnelling $\frac{dw}{dt}$ wordt = 0, wanneer

$M = 0$ wordt. De beweging van de deur wordt dan een eenparige. Dit zal gebeuren zodra l.w. $> v$ of wat hetzelfde is $\frac{l.w.}{v} = 1$. In dat geval geldt formule (39)

Dus:

$$\frac{k \Delta h}{2g} \left(\begin{array}{l} \varphi = 35^\circ \\ \varphi = 0^\circ \end{array} \right) \left(2 \sin \varphi + 1 \right) \left\{ \frac{v^4}{6w^2} - \frac{v^2 l^2}{2} + \frac{2}{3} v w l^3 - \frac{1}{4} w^2 l^4 \right\} = 0$$

$$\frac{v^4}{6w^2} - \frac{v^2 l^2}{2} + \frac{2}{3} v w l^3 - \frac{1}{4} w^2 l^4 = 0$$

$$v^2 l^2 \left(\frac{v^2}{6w^2 l^2} - \frac{1}{2} + \frac{2}{3} \frac{w l}{v} - \frac{1}{4} \frac{w^2 l^2}{v^2} \right) = 0$$

Stel $\frac{l.w.}{v} = u$ dan is:

$$\frac{1}{6u^2} - \frac{1}{2} + \frac{2}{3} u - \frac{1}{4} u^2 = 0$$

$$u^4 - 8/3 u^3 + 2u^2 - 2/3 = 0$$

$$u = 1.56$$

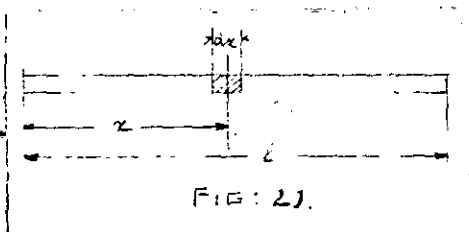
$$\frac{l.w.}{v} = 1.56. \quad l.w. = 1.56 v.$$

De omtreknelheid $l.w.$ kan dus nooit groeter dan 1.56 maal de stroomsnelheid van het water worden, waarbij de deur in beweging komt. Is deze waarde bereikt dan houdt de versnelde beweging van de deur op en wordt deze eenparig. De levende kracht van de dichtsluande deur wordt bepaald door de formule:

$$L = \frac{1}{2} I_p w^2 \quad (41).$$

Het polaire traagheidsmoment van de deur, wanneer het gewicht gelijkmatig over de deur verdeeld gedacht wordt, is:

Fig: 21



$$I_p = \int_0^l \frac{dx}{l} x^2 m = \frac{1}{3} m l^2$$

en daar $m = \frac{G}{g}$ is:

$$I_p = \frac{G l^2}{3g}$$

De maximumwaarde van de omtreksnelheid is 1.56 v.

$$lw = 1.56 v$$

$$w = \frac{1.56 v}{l}$$

De verschillende waarden gesubstitu-
eerd in verg.(41) geeft:

$$L = \frac{2.430 v^2}{3g}$$

$$L = 0.041 G v^2 \quad (42)$$

Uit deze formule blijkt duidelijk het
grote voordeel dat er in gelegen is de
deur door luchtkisten zoveel mogelijk uit
te balanceren. Op bla.2 is dit uitgeba-
lanceerde gewicht becijferd op 7952 KG. De
levende kracht wordt:

$$L = 326,032 v^2 \text{ KG.M. (V in M per sec) (43).}$$

Hoe lager wij de grootte van de levende
kracht willen houden, des te kleiner de
aanvangsnelheid van de deur moet zijn en
des te verder de deur buiten haar kas ge-
duwd moet worden. Hiervoor zou een construc-

tie

tie met een beweegbare tijwachter in aanmerking komen. De gebruikelijke constructie met een bladveer, zoals in Zeeland toegepast wordt, die op de deur bevestigd wordt en deze bij tijkentering buiten de kas duwt, valt buiten beschouwing, omdat de deur niet ver genoeg buiten haar kas geduwd kan worden. Daartegenover zou echter een oplossing met een bufferveer overwogen kunnen worden. Beschouwen wij tabel IV op blz. 12, dan blijkt dat de grootte van de te overwinnen weerstanden sterk wisselt met de verschillende weeromstandigheden.

De veer moet natuurlijk op de maximum weerstand berekend worden. Bij den beginstand, overeenkomende met een hoek tusschen den achterkant van de deur en de sluisas van 1050^1 , waarbij de deur niet buiten de deurkas uitsteekt, bedraagt de maximum weerstand 4230 KG.M.

Plaatsen wij nu een bufferveer met een draagkracht van 3000 KG. op een afstand van 1.41 M. van de draaiingsas, dan zou er dus juist evenwicht zijn.

De veer is dan echter nog niet krachtig genoeg om bij tijkentering, dus bij stilstand ^{ca} water, de deur buiten haar kas te duwen daar zij bovendien nog de weerstand overwinnen moet die de deur bij haar beweging in stilstaand water ondervindt. Volgens Engels (Handbuch des Wasserbaues, blz. 1046) bedraagt het moment t.o. van de draaiingsas:

$$W = 75 F V^2$$

F = de oppervlakte van de deur.

V = de middelbere snelheid.

Het aangrijpingspunt van de resultante

ligt

ligt op $\frac{1}{4}$ l van de draaiingsas. Wordt nu een kracht aangewend op 1.41 M. van de draaiingsas, dan is deze:

$$\frac{P}{4 \times 1.41} = \frac{3 \times 75 \cdot F \cdot V^2 l}{4 \times 1.41}$$

De invulling van de verschillende gegevens is:

$$\frac{P}{4 \times 1.41} = \frac{3 \times 75 \times 6.58^2 \times 7.30 \times V^2}{4 \times 1.41} = 12600 V \text{ KG.}$$

(V in M' per sec.)

Om dus aan de deur een snelheid van b.v. 0.1 M per sec. mee te deelen zou dus noodig zijn een kracht groot 126 KG. De draagkracht van de bufferveer zou dus groter dan 3000 KG. moeten zijn, stel b.v. 3250 KG. Stroomt nu het water van binnen naar buiten, dan zal de deur van het stroomende water een druk ondervinden die tezamen met de andere weerstanden de deur binnen haar kas drukt. Vermindert de uitstrooming van binnen naar buiten en neemt daarmee de stroomsnelheid af, dan zal, wanneer deze zoo klein geworden is, dat het door de bufferveer opgewekte draaimoment groter wordt dan de te overwinnen weerstanden de deur door de bufferveer zoover naar buiten geduwd worden tot deze ontspannen is. De indrukking van een bufferveer met een draagkracht van 3250 KG. bedraagt 14.5 cm. (Normale veer zooals die door een der speciale veerenfabrieken geleverd wordt). De afstand aan het vooreind van de deur tusschen de voorher en den daggant van het metselwerk bedraagt den juist 66.7 cm.,
overeenkomen

overeenkomende met een hoek van 5° van de achterkant van de deur t.o. van de sluisas (zie stand II bijlage 1).

Wordt nu, wanneer het water van buiten naar binnen stroomt, de stroomsnelheid zoo groot, dat de weerstanden, welke bij dien stand behooren overwonnen, dan zal de deur in beweging komen. Een bezwaar van deze constructie is, dat b.v. bij windstilte het weerstandbiedend koppel slechts 170 KG.M. is.

Bij kleine vervallen, dus bij geringe stroomsnelheden of bij het eind van een spuling, wanneer de stroomsnelheid gering is, zal het door de bufferveer opgewekte koppel groter zijn dan dat door het stroomend water op de deur uitgeoefend en de deur dus wel tegen de bufferveer doch niet in haar kas geduwd worden.

De doorstroomwijdte zou dan met $2 \times (66.7 - 30) = 73.4$ cm. verminderd worden of met $\frac{73.4}{1200} = 5.6\%$. Hoe verder wij bij den beginstand de deur buiten haar kas willen duwen, hoe ongunstiger bij minder weerstand dit verhoudingscijfer wordt.

Rationeel zou zijn de totale doorstroomwijdte met 5.6% te vergrooten en een vaste tijwachter aan te brengen, waarbij de deur steeds dezelfde beginstand had. De globale begroeting voor 216 M. doorstroomwijdte gaf een eindcijfer aan van $\pm f 10.000.000$ (zonder de bewegingswerktuigen). De meerdere doorstroomwijdte zou zeer globaal een bedrag vorderen van $\frac{56 \times 10.000.000}{100} = f 560.000.-$.

De bewegingswerktuigen zijn geraamd op

f 594.000.— Bedenken wij dat wij bij de raming van f 560.000.— nog de kosten van de reminrichtingen (om de levende kracht uit te putten) te voegen hebben, dan zullen de kosten in beide gevallen niet veel uit elkaar loopen. (De energiekosten bij het niet automatisch bewegen van de deuren buiten rekening gelaten).

Bij deze beschouwde senvangestand zal de deur in beweging komen bij een stroomsnelheid liggend tusschen 1.11 M. en 1.89 M. per sec. Nemen wij hiervoor het gemiddelde aan dan zou deze zijn 1.50 M per sec. Volgens formule (43) zou de levende kracht, welke uitgeput moet worden, zijn:

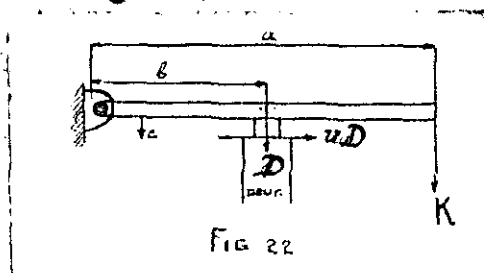
$$L = 326.032 \times 15^2 = 733.5 \text{ KG.M.}$$

Volgens een bekende eigenschap is de vermindering van de kinetische energie gelijk aan den arbeid die het lichaam zelf verricht, dus:

$$L = - K.S. \quad (44).$$

S = de afgelegde weg.

Om constructieve redenen zullen wij de lengte van de rem (de af te leggen weg) niet te groot nemen, tereinde een stijve constructie te krijgen. Zij deze 1 M., dan wordt de remkracht $K = 733.5 \text{ K.G.}$ Tot de eenvoudigste gedaante teruggebracht komt het principe neer als in nevenstaand figuur 22 geschetst is.



D = de remkracht
 K = de uitgeoefende
 kracht aan den hef-
 boomsarm.
 uD = de veroorzaakte
 wrijving.

Fig:22

Voor het evenwicht moet

$$K a + u D c - D b = 0$$

$$K = \frac{D (b - u c)}{a} \quad (45)$$

Is $u = 0$ dan is

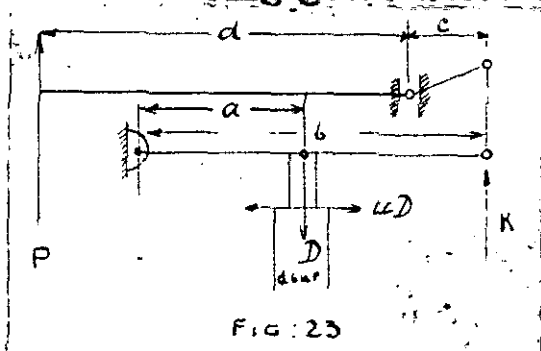
$$K = \frac{D b}{a} \quad (46)$$

De lengte van den af te leggen weg hebben wij op 1 M. aangehouden. Nemen wij verder aan $a = 2b$ dan wordt:

$$K = \underline{367 \text{ KG.}}$$



Hoe grooter a genomen wordt, hoe kleiner de kracht K zal zijn. Wij zouden deze kracht kunnen aanwenden door aan het eind van de hefboomsarm een contragewicht te hangen. Wordt echter de deur bij haar beweging plotseling geremd, dan zal dit met een stoot gepaard gaan. Het lijkt mij dan ook beter de deur electricch te remmen (draadklos, waarin wekkijzers kern die aangetrokken wordt wanneer door de klos een electriche stroom gaat); door het automatisch inschakelen van een weerstand kan de kracht bij het begin van de remming zoo klein gemaakt worden, dat de door den stoot opgewekte dynamische krachten gering zijn. Een oplossing geeft hiervan fig:23.



$$\text{Nu is } P = \frac{K c}{d} = \frac{D b c}{a d} \quad (47)$$

Zij bijvoorbeeld:

$$b = 1.20 \text{ M.}$$

$$a = 1.50 \text{ M.}$$

$$c = 0.20 \text{ M.}$$

$$d = 2.20 \text{ M.}$$

$$\text{dan is } P = \frac{733 \times 1.20 \times 0.20}{1.50 \times 2.20} = 53 \text{ K.G.}$$

Hieruit blijkt dat een automatisch werkend electriche reminrichting zeer goed toe te pe

Fig:23

sen is en dat bij deze beschouwde aanvangsstand van de deur (stand II van bijlage I) de benodigde kracht voor het remmen ~~van de deur~~ niet groot is. De in den handel gebrachte elektrische luchtremmen worden geconstrueerd met 20 tot 100 KG. trekkracht.

De moeilijkheid zit dus niet zoo zeer in de reminrichting, dan wel in de wijze waar op de deur bij tijkentering in haar gewenschte aanvangsstand gebracht wordt. De constructie met een bufferveer, zooals hiervoor besproken is, is niet gewenscht, omdat bij normale weersomstandigheden de deur niet geheel in haar kas geduwd wordt en dus de effectieve doorstroomwijdte verminderd wordt. De sluizen zooveel breeder te maken dan met een vaste tijwachter ook steeds de gewenschte aanvangsstand verkregen wordt, is evenmin gewenscht, omdat in de eerste plaats geen besparing verkregen wordt en in de tweede plaats door de meerdere wijdte van de sluizen (12.74 M.) de gewapend beton bruggen over de sluizen een zoodanige lengte krijgen, dat het eenvoudig statisch bepaalde balkbrugtype verlaten zou moeten worden om daarvoor een statisch onbepaald boogbrugtype in de plaats te stellen.

Te overwegen is verder nog een constructie zooals bij de sluis te Muiden toegepast is. Fig. 24 geeft hiervan een denkbeeld.

Over

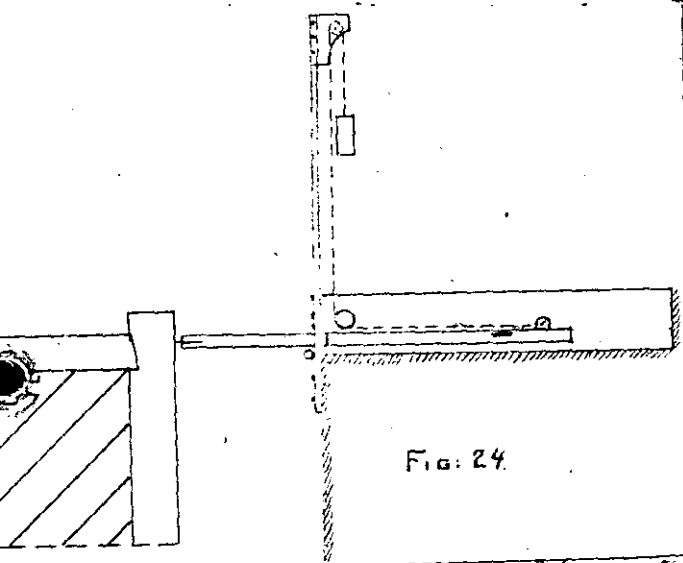


Fig. 24

Over het metaalwerk beweegt een waker, die aan het eind van de deur aangrijpt en deze naar buiten duwt. De waker wordt heen en weer bewogen door een ketting die over rielen loopt en aan één eind een contragegewicht draagt. Dit contragegewicht is uit schijven samengesteld, zoodat de kracht, welke de waker uit moet oefenen, geregeld kan worden door een of meerdere schijven af te nemen of toe te voegen. Het is begrijpelijk dat een dergelijke constructie, wegens haar groote omslechtingheid, voor de uitwateringselaiszen geen toepassing kan vinden. Wel is het mogelijk deze waker door een electromotor te laten bewegen, zoodat wij dan tot een eenig automatiscbe beweging van de deuren komen. Bij tijkentering moeten de motoren den even aangezet worden, zoodat de deuren in haar gewoeschten aervangastand gebracht worden. Deze worden dan vervolgens door den waterstroom gesloten en door de automatiscb werkende elektrische luchtmotoren gesluisd. Een globale reaming van de kosten voor een dergelijke installatie gaf voor een totale afveerwijzde van 216 M. een bedrag van f 306.000.—. Hierbij gevoegd de kosten van de meerdere lengte van de sluisbaren ad. f 119.000.— wordt de reaming f 421.000.—. De inrichting met automatiscb bewegende deuren is gesluisd op f 594.000.—, zoodat de besparing f 173.000.— zou zijn.

De verschillende beschoonde gevallen met de daarbij toegepaste constructies samenvattend

krijgen wij:

De open stand van de deur is zoodanig dat zij niet buiten het opgaande metselwerk uitsteekt. De afstand tusschen den achterkant van de deur en de daggant van de deurkas bedraagt 30 cm. De deur zal dan onder de slechtste weersomstandigheden in beweging komen bij een stroomsnelheid van 2.40 M. + 16% = 2.78 M. per seconde. (zie blz. 32 en 34). Om die stroomsnelheid ^{te weeg te brengen} op te wekken is een verval noodig van ± 42 cm. Volgens formule (43) zou de ^{levende} ~~lende~~ kracht van de dichtsluende deur bedragen

$$326.032 \times 2.78^2 = \underline{3520 \text{ K.G.M.}}$$

terwijl daarvoor bij toepassing van een elektrische luchtrem om de deur te remmen, een remkracht noodig zou zijn van : (zie formule 47)

$$P = \frac{3520 \times 1.20 \times 0.20}{150 \times 2.20} = \underline{570 \text{ KG.}}$$

Deze constructie kan dan ook goede toepassing vinden, omdat de vereischte stroomsnelheid en het daarmee samenhangende verval bijzonder groot is, terwijl aan den anderen kant een automatisch werkende electrische kensluchtrem mogelijk toepassing kan vinden, wij de daarvoor benodigde remkracht ver boven die met de in den handel verkrijgbare elektrische luchtrem men (n.m.l. max. 100 KG.) uitgaat en de afmetingen dan wellicht een bezwaar zouden kunnen vormen.

Een elektrische luchtrem met een hefkraft van 100 KG. is ongeveer 65 cm. hoog en 30 cm. lang en breed.

2e. De open stand van de deur is zoodanig, dat de achterkant van de deur met de sluis een hoek van 5° vormt, overeenkomende met een afstand tusschen den achterkant van de deur en den daggant

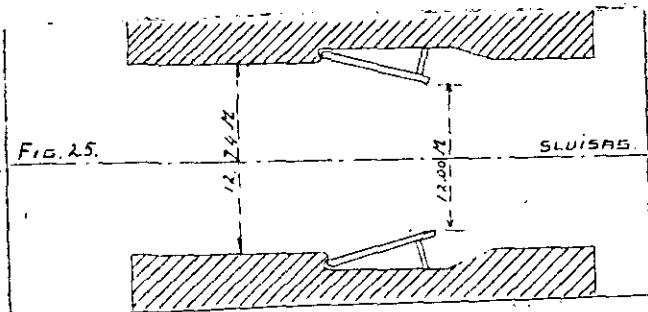
van de deurkas van 67 m. De deur zal dan in beweging komen bij een stroomsnelheid van ongeveer 1.50 M. per seconde. De levende kracht van de dichtsluande deur bedraagt dan 733.5 K.G.M., die door middel van een automatisch werkende elektrische luchtrem uitgeput wordt, waarvoor een remkracht van 53 K.G. vereischt wordt. Ten einde nu de deur in den gewenschten aanvangstand te brengen zijn verschillende constructies onderzocht:

a een bufferveer.

Een bezwaar van deze constructie is dat alleen bij de ongunstigste weersomstandigheden de deur geheel binnen haar kas geduwd wordt. Onder normale omstandigheden staat de deur buiten haar kas, waardoor de effectieve doorstroomwijdte belangrijk verminderd wordt.

b de doorstroomwijdte met 5.6% te vergrooten en = vaste tijwachters aan te brengen.

Deze meerdere benodigde wijdte kunnen wij vinden door elke sluis zoveel breder te maken dat de effectieve wijdte tussen de deuren 12.0 M. blijft. De dagwijdte van de bruggen wordt dan 12.74 M. Een bezwaar ^{van deze constructie} ~~is dat~~ daarvoor voor de spoorwegbruggen wellicht een ander brugtype gekozen moet worden en het eenvoudig statisch bepaalde ^{ballen} type geen toepassing meer kan vinden.



Een andere oplossing is ook de dagwijdte der bruggen ongewijzigd te laten. Deze blijft dan 12.00 M. terwijl de effectieve wijdte tussen de deuren 11.26 M. wordt. De 5.6% meerdere doorstroomwijdte zou dan gevonden moeten worden door

het aantal sluisen met zeeveel te vermeerderen als voor de meerdere wijde noodig is. Voor een totale doortroombreedte van 216 M. dus met $5.6 \times 216 \text{ M.} = 12.10 \text{ M.}$, of met één sluis van 11.2 M. waarbij wij dan nog iets te kort zouden komen, hetgeen over het geheele aantal te verdeelen ware.

Tegen deze oplossingen kan aangevoerd worden, dat de meerdere kosten door de grotere wijde tegenover de bewegingswerktuigen bij niet automatische beweging tegen elkaar wegvallen. De bewegingswerktuigen voor een sluisbreedte van 216 M. zijn geraamd op f 594.000.—. Daar tegenover staat voor de meerdere sluisbreedte f 560.000.— + de kosten van de elektrische luchtremmen. Bovendien ^{kunnen} ~~kan~~ wij tegen deze oplossing nog een bezwaar aanvoeren, dat juist wellicht bij de Zuiderzooitwateringselsluizen van veel grooter betekenis is dan bij de gewone uitwateringselsluizen voor de suctie van polderwater; n.m.l. dit, dat bij groote uafvoer de deuren een beschadiging zullen blootstaan, doordat zij niet binnen haar kas staan.

Dit bezwaar zal natuurlijk grooter betekenis krijgen, wanneer wij de deuren in haar beginstand nog verder buiten haar kas wilden duwen.

g.

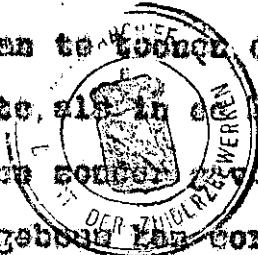
Een semi-automatische doorbeweging waarbij de deur door middel van een door een electromotor bewogen waker bij tikentoring in haar gewenste beginstand geduwd wordt. Elijkens een globale raming zou de besparing voor het geheele complex op een totaal bedrag van f 10.000.000.— slechts f 175.000.— bedragen.

Aan de note van Ir. H.H.G. VEEFAK betreffende de de voorontwerpen der uitwateringsoluisen ontloopen wij verder de volgende conclusies:

§ 27 Besluit inzake deurbeweging.

Besluitende zal men naar het voorkomen van de automatische beweging der deuren moeten afzien, aangezien:

- a niet met zekerheid is aan te nemen dat dit voor deuren van de oppervlakte, als in de besleutensoluisen toepassing vinden zonder bezwaar voor de hechtheid van het sluisgebouw kan worden toegepast;
- b de weinig verevende constructie van Naeren deuren, welke bij het zeer groote aantal deuren (totaal 200 N. wjete) te verkrijgen is uit een oogpunt van uitvoering en onderhoud. Deze constructie zal bij toepassing van automatische deuren, belangrijke stooten op het sluisgebouw veroorzaken, tenzij aan een verevenden hoversaanslag toepast, hetgeen tot besmaerlijke constructies leidt;
- c aan deze toepassing in elk geval zou behooren vooraf te gaen een proef, —erbij b.v. aan de uitwateringsoluis van het Hoerdsocconaal te Hant den een bevensaanslag en tijaachters worden gegeven nadot de taatsen en halsbeugels aan een onderzoek waren onderworpen, zoodat men er zeker van ware, dat deze volkomen goed functionneeren.
- d de bedrijfszekerheid voor niet automatische beweging noogenog niet bij automatische achterootst — als gevolg van de groote oppervlakte (c.o. 120.00 H.A.) van het beslemeer en de inrichting der regelbare waterkeering, zoodat dat deze kan worden gesloten bij een sterken stroom door de sluis;
- e de motoren en bewegingswerktuigen door het groe-



te zontal dat gelijk te geheel kunnen voldoen aan de bijzondere eischen, die gesteld worden, de kosten van reserve-deelen gering zijn en de uitwisseling en herstelling gemakkelijk;

f de voor de elektrische beweging noodige stroom bij de sluit in den juiststen vorm aanwezig is;

Daartegenover staan als voordeelen van de automatische beweging:

- a de kosten van aanschaffing en onderhoud der deurbewegingswerktuigen vallen weg;
- b eenige vermeerdering van de bedrijfszekerheid welke echter ook bij de mechanische deurbeweging voldoende te gemaaktbergd.

Worden de voordeelen der automatische deurbeweging overwegend gezocht, dan zouden:

- 1a. nadere gegevens omtrent de kosten-begroeting zijn te verzamelen,
- 1b. een proef zijn te nemen door de Hoordraaier te plaatsen, nadat de testten en heilbewegels zorgvuldig zijn nagezien, automatisch te doen bewegen en van een tijdelijken bevoenselag te voorzien.

Op grond van deze studie zijn de conclusies als volgt aan te vullen:

- a door toepassing van elektrische beweging en van elektrische luchtremmen kunnen de stoeten op het sluisgebouw worden verminderd en tot langzaam aangroeiende en afnemende krachten worden teruggebracht, die geen gedeeltelijke werking hebben op het sluisgebouw;
- b Hoardeer zal het voordeel van het wegvalien van de aanschaffingskosten der deurbewegingswerktuigen en de onderhoudskosten daarvan

gedoelmatig worden teniet gedaan door eenzucht-
fing en onderheid der elektrische makers en re-
men. De sluiting der sluisen zal daardoor niet
meer geheel automatisch zijn.

Bedenken wij bovendien, zooals reeds op bla-
5 opgemerkt werd, dat de invloed van den wind een-
keer verschillende meerotend op de deur uit-
oefent, dat daardoor het kon voorkomen dat de
eene deur reeds gesloten is voor de andere haar
beweging begint en dat, wanneer wij de deuren
toch door een electromotor een gedeelte van haar
weg moeten laten bewegen, het wel een eenvoudig
is, dat gedeelte tot de geheele baan uit te strek-
ken, dan kunnen wij de conclusie, waartoe Ir. WINKEL
komt: „om de deuren niet automatisch te bewegen”
geheel onderschrijven.

Wanneer echter later het bij 't uitzetken
van de teekeningen vóór de bewegingscircuiten
mocht blijken, dat de breedte der pilaren niet vol-
doende is, deze dooreestegen breeder moeten wor-
den en dan de keeten aanmerkelijk eoujen verhoog-
gen, dan dienen wij tot de semi-automatische deur-
beweging met de hierboor aangegeven constructie
terug te gaan. Het het oog daarop lijkt het mij
gewenscht eenige proeven met de deuren der uit-
wateringsaluisen bij Schellingwaude te nemen of,
zód de keeten hiervan te laag mochten voorkomen,
met een kleine hoeten deur in den proefbak, ten-
einde na te gaan of de berekende afstanden vol-

gens de theoretisch ontwikkelde formules met de
waarnemingen overeenstemmen.

's Gravenhage, Maart 1921.

DE INGENIEUR EN DE ZUIDERZONDEREN,

J. P. A. M. M. M.