4e JAARGANG
NUMMER 1

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JANUARI
1937

Orgaan der Groep Ned.-Indië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs,
Maandblad gewijd aan de Techniek en Wetenschap in Ned.-Indië,
waarin opgenomen
De Waterstaats-Ingenieur, opgericht in 1913
en
De Mijningenieur, opgericht in 1919.

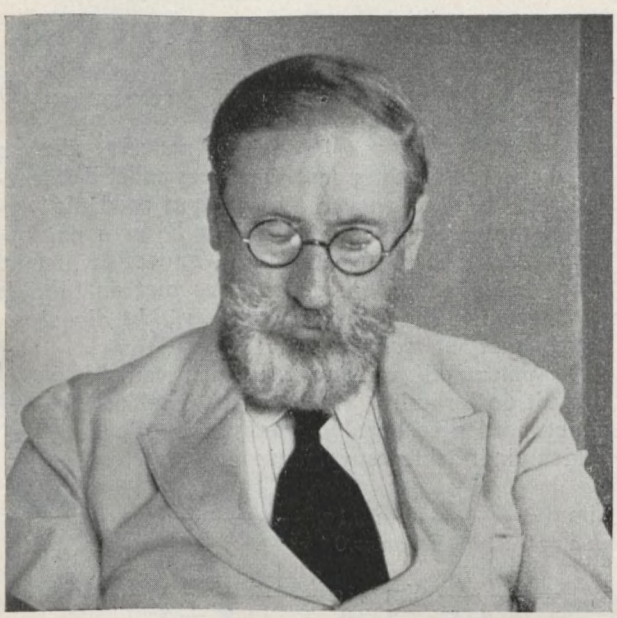
Commissie van Toezicht:
jhr. ir. H. S. van Lennep,
ir. Ch. F. van Haeften,
P. J. Graaff.

Commissie van Redactie:
Voorzitter: prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh;
Leden: ir. E. E. Hens,
dr. ir. Tan Sin Hok.

Prijs per jaargang: *f* 20,— Afzonderlijke nummers: *f* 2,—
Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Hoogeschoolweg 3, Bandoeng.
Adres voor administratie en abonnementen: Bragaweg 38, Bandoeng.
Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum.

I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Ter herdenking † A. D. H. Bosch, door dr. C. H. Oostingh. — Een stroomfunctie voor de centrische breedteverandering eener vlakke strooming, door prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh.— *Berichten van allerlei aard*: Vijfde int. Congres voor Toegepaste Mechanica. — Normalisatie. — *Boekbespreking.* — *Uit inhoud van tijdschriften.* — *Personalia.* — *Kon. Instituut van Ingenieurs:* Ontwerp-begrooting 1937 van het tijdschrift. — Ontwerp-begrooting 1937 van de Groep Ned.-Indië. — Bestuursmededeelingen.



Ter herdenking

† A. D. H. BOSCH

1879 — 1936.

Te Bandoeng overleed in den nacht van 4 op 5 November 1936 de heer A. D. H. Bosch, in zijn laatste levensjaren buitengewoon lector in de landbouwkunde aan de Technische Hoogeschool aldaar.

Arend Dirk Hendrik Bosch werd in 1879 te Berlicum bij 's Hertogenbosch geboren. De loopbaan, die hij zich koos in de suikerindustrie op Java, werd door zijn veelzijdige begaafdheid en zijn tact, voor hem tot een groot succes. Na geruimen tijd als administrateur van de suikerfabriek Pangka in het Tegalsche werkzaam te zijn geweest, werd hij in 1921 benoemd tot adviseur van het Hoevenaars-concern, omvattend een aantal suikerfabrieken in Tegal en Cheribon. De titel „adviseur", hem op eigen verzoek verleend in plaats van „superintendent", kenschetst den mensch Bosch,

die in wijze bescheidenheid liever overleg wilde plegen dan orders geven. Het breede standpunt, dat hij innam, kwam vooral hierin tot uiting, dat hij naast de belangen van zijn maatschappij steeds die van de inlandsche bevolking trachtte te dienen. Voornamelijk openbaarde zich dit bij zijn streven de toestanden op irrigatiegebied te verbeteren. Aan zijn initiatief is het te danken, dat verschillende wadoeks werden aangelegd. Ook benoemde de Regeering Bosch tot lid van de commissie tot voorbereiding van het „Algemeen Waterreglement". Deze werkzaamheid in het algemeen belang vond van Regeeringswege mede een welverdiende erkenning in zijn benoeming tot ridder in de Orde van Oranje Nassau (1924).

In 1929 scheidde Bosch van zijn werkzaamheid als adviseur en vestigde zich te Bandoeng. Voor zijn belangstelling in natuurwetenschappen vond hij hier het gewenschte milieu. Vooral als centrum van geologisch onderzoek trok Bandoeng hem aan, want geologie en daarmee samenhangende wetenschappen hadden sinds lang zijn bizondere voorkeur. In verband hiermee heeft hij zijn werkkracht kunnen aanwenden als voorzitter van de commissie van advies voor de grondkaarteeringen op Java en Sumatra en als lid van de algemeene kaarteeringscommissie.

Palaeontologie was het lievelingsvak van Bosch. Hiervan getuigen reeds de door hem aangelegde, goed gelocaliseerde fossielencollecties, later geschonken aan het Geologisch Museum te Bandoeng, waarvan zij een waardevol bezit uitmaken [1]). Onder den naam „Selaginella" gaf hij een bundel referaten uit over palaeontologische literatuur, handelend over of van belang voor Nederlandsch-Indië. Ook heeft Bosch meerdere malen zijn steun verleend om het uitgeven van palaeontologische publicaties in den economisch slechten tijd mogelijk te maken. Deze steun ging zelfs zóó ver, dat hij hiertoe een eigen drukkerij beschikbaar stelde. Hier werden ook de kaarten gedrukt voor een fossielencatalogus van geheel Oost-Azië [2]), een werk zóó groot van opzet, dat voor de voltooiing zeker nog zeer vele jaren zouden zijn noodig geweest. Deze jaren waren Bosch helaas niet vergund. In de herinnering van allen, die hem kenden, leeft hij echter voort als een veelzijdig begaafd en belangstellend, maar bovenal als een hoogstaand en voorbeeldig mensch.

Dr. C. H. Oostingh.

1) Bij de bewerking van deze fossielen werden eenige nieuwe soorten naar Bosch benoemd, o.a. een neushoorn (*Aceratherium boschi* Koenigsw.) en een bivalve (*Tellina boschi* Oost.).

2) Vergel.: A. D. H. Bosch, Index op palaeontologische gegevens uit den Indischen Archipel en omringende landen (Handel. 6e Nederl.-Ind. Natuurwet. Congres, 1931, p. 680).

Een stroomfunctie voor de centrische breedteverandering eener vlakke strooming

door

prof. ir. C. G. J. VREEDENBURGH.

(met 6 figuren)

Vier vlakke dipolen met hetzelfde moment, geplaatst in de hoekpunten van een vierkant, gesuperponeerd op een parallelstroom evenwijdig aan een der zijden van het vierkant, geven een stroomingsbeeld, dat bruikbaar is om de centrische breedteverandering eener vlakke strooming voor te stellen.

Zooals bekend mag worden verondersteld, gelden voor een vlakke *bron* met een sterkte E, resp. de potentiaalfunctie:

$$\phi = \frac{E}{2 \cdot \pi} \cdot \lg \sqrt{x^2 + y^2} = \frac{E}{2 \cdot \pi} \cdot \lg r \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

en de stroomfunctie:

$$\psi = \frac{E}{2 \cdot \pi} \cdot \text{bg tg} \frac{y}{x} = \frac{E}{2 \cdot \pi} \cdot \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Voor een *put* met een sterkte E gelden blijkbaar dezelfde functies, echter van het minteeken voorzien.

In *fig. 1* bevinde zich in den oorsprong O een bron en op de X-as op een afstand a van O een put. Bron en put hebben dezelfde sterkte E.

De potentiaal in het punt Q van het resulteerend stroomingsveld, met de coördinaten x en y, wordt dan:

$$\phi = \frac{E}{4 \cdot \pi} \cdot \lg \frac{x^2 + y^2}{(x-a)^2 + y^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

en de stroomfunctie:

$$\psi = \frac{E}{2 \cdot \pi} \cdot (\alpha - \beta) = -\frac{E}{2 \cdot \pi} \cdot \gamma \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Men late nu de put P de bron naderen, alzoo a kleiner worden, echter met dien verstande, dat tegelijkertijd de sterkten van bron en put zoodanig vergroot worden, dat het product van E en a de *constante* waarde M blijft behouden. Wanneer de afstand a nu nul is geworden, de put dus met de bron is samengevallen, heeft men een zgn. *vlakke dipool* gekregen met het *moment* M.

De potentiaal- en stroomfuncties van de dipool zijn uit de formules (3) en (4) af te leiden, door de limietwaarden te bepalen wanneer a tot nul nadert.

Men vindt achtereenvolgens:

$$\lim_{a=0} \phi = \frac{E}{4 \cdot \pi} \cdot \lim_{a=0} \lg \frac{x^2 + y^2}{(x-a)^2 + y^2} =$$

$$= -\frac{E}{4 \cdot \pi} \cdot \lim_{a=0} \lg \frac{x^2 + y^2 - 2 \cdot a \cdot x + a^2}{x^2 + y^2} =$$

$$= -\frac{E}{4\cdot\pi}\cdot\lim_{a=0}\lg\left(1-\frac{2\cdot a\cdot x}{x^2+y^2}\right) =$$

$$= -\frac{E}{4\cdot\pi}\cdot -\frac{2\cdot a\cdot x\ ^{1})}{x^2+y^2} = \frac{E\cdot a}{2\cdot\pi}\cdot\frac{x}{x^2+y^2}$$

of wel daar $E\cdot a = M$:

$$\phi = \frac{M\cdot x}{r^2} \qquad \ldots\ldots (5)$$

De limiet der stroomfunctie (4) bepalende vindt men:

$$\lim_{a=0}\psi = -\frac{E}{2\cdot\pi}\cdot\lim_{a=0}\frac{a\cdot\sin\alpha}{r} =$$

$$= -\frac{E\cdot a}{2\cdot\pi}\cdot\frac{y}{r^2}$$

hetgeen met $E\cdot a = M$ wordt:

$$\psi = -\frac{M\cdot y}{r^2} \qquad \ldots\ldots (6)$$

Superponeert men nu op de dipoolstrooming volgens (5) en (6) een parallelstroom met de snelheid v evenwijdig aan de positieve X-richting, waarvoor, zooals bekend is, de potentiaal- en stroomfuncties gelden:

$$\left.\begin{aligned}\phi &= v\cdot x\\ \psi &= v\cdot y\end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots (7)$$

zoo krijgt men met $M = v\cdot R^2$, de volgende potentiaal- en stroomfuncties:

$$\left.\begin{aligned}\phi &= v\cdot x\cdot\left(1+\frac{R^2}{r^2}\right)\\ \psi &= v\cdot y\cdot\left(1-\frac{R^2}{r^2}\right)\end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots (8)$$

Voor zoover het stroombeeld buiten den cirkel $r = R$ is gelegen, bepalen de functies (8) het bekende stroomingsbeeld van een parallelstroom met de ongestoorde snelheid v, rondom dien cirkel.

In *fig. 2* stellen A, B, C en D de hoekpunten voor van een vierkant, waarvan de lengte der zijden $2\cdot l$ is.

1) Men bedenke hierbij, dat in het algemeen $\lg(1-\delta) = -\delta$ kan worden gesteld, wanneer δ oneindig klein wordt.

In ieder dezer hoekpunten plaatse men nu een *dipool + parallelstroom* volgens (8).

Voor een punt P met coördinaten x en y geldt dan voor het resulteerend stroomingsveld de potentiaalfunctie:

$$\phi_r = 4\cdot v\cdot x - v\cdot R^2\cdot\left[(l-x)\cdot\left(\frac{1}{r_1^2}+\frac{1}{r_4^2}\right) - (l+x)\cdot\left(\frac{1}{r_2^2}+\frac{1}{r_3^2}\right)\right] \qquad \ldots\ldots (9)$$

en de stroomfunctie:

$$\psi_r = 4\cdot v\cdot y + v\cdot R^2\cdot\left[(l-y)\cdot\left(\frac{1}{r_1^2}+\frac{1}{r_2^2}\right) - (l+y)\cdot\left(\frac{1}{r_3^2}+\frac{1}{r_4^2}\right)\right] \qquad \ldots\ldots (10)$$

Met $R^2 = \mu^2\cdot l^2$, $x = \xi\cdot l$ en $y = \eta\cdot l$, kunnen (9) en (10) ook als volgt worden geschreven:

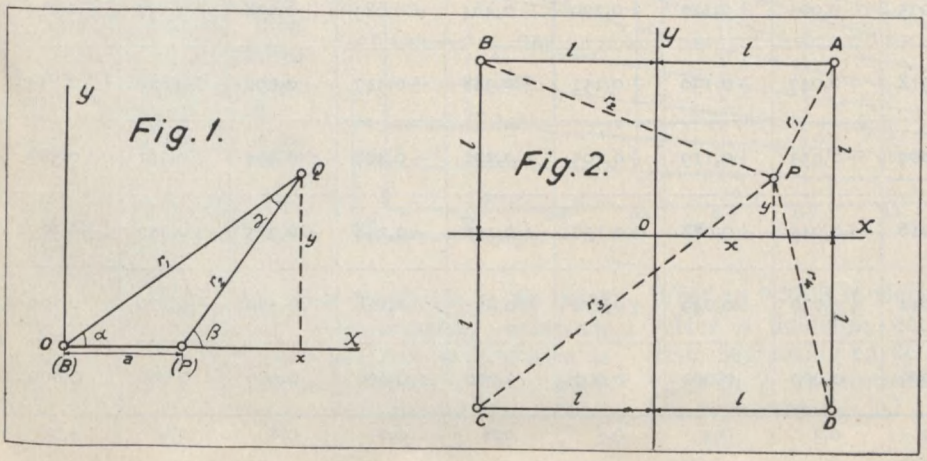
$$\frac{\phi_r}{v\cdot l} = \phi = 4\cdot\xi - \mu^2\cdot\left[(1-\xi)\cdot\left(\frac{l^2}{r_1^2}+\frac{l^2}{r_4^2}\right) - (1+\xi)\cdot\left(\frac{l^2}{r_2^2}+\frac{l^2}{r_3^2}\right)\right] \qquad \ldots\ldots (11)$$

$$\frac{\psi_r}{v\cdot l} = \psi = 4\cdot\eta + \mu^2\cdot\left[(1-\eta)\cdot\left(\frac{l^2}{r_1^2}+\frac{l^2}{r_2^2}\right) - (1+\eta)\cdot\left(\frac{l^2}{r_3^2}+\frac{l^2}{r_4^2}\right)\right] \qquad \ldots\ldots (12)$$

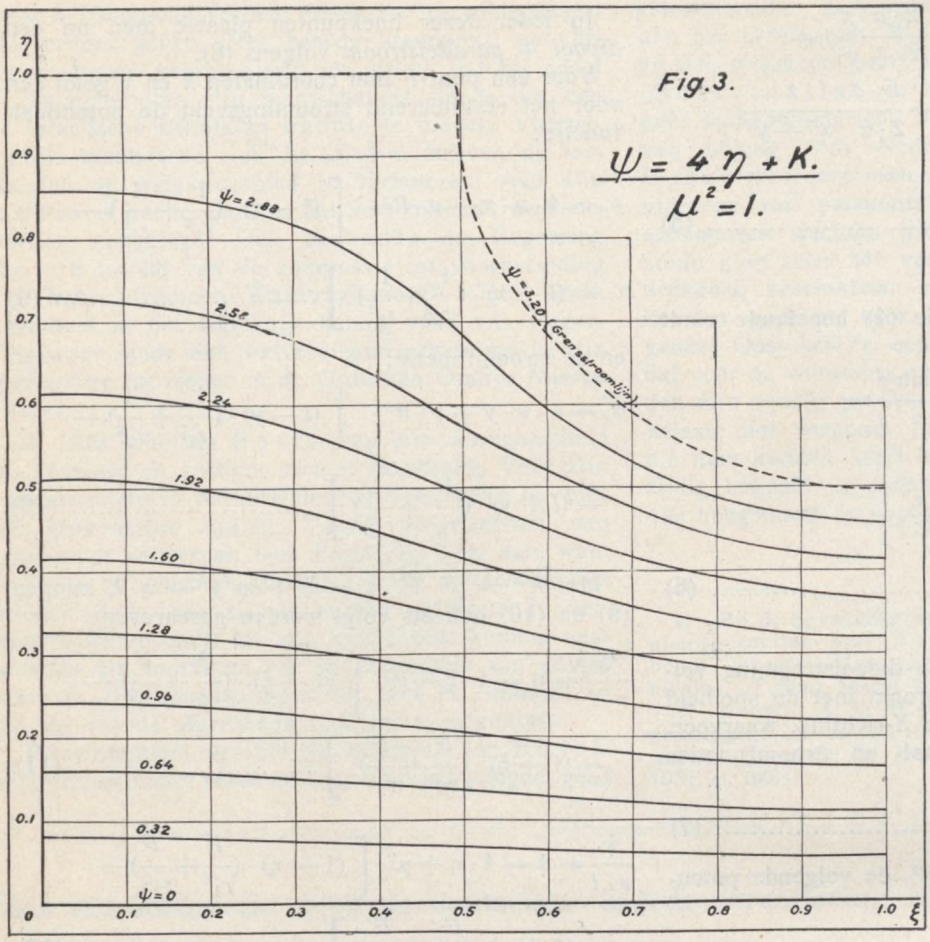
Deze functies blijken nu zeer bruikbaar te zijn, om het stroombeeld voor te stellen van de centrische breedteverandering eener vlakke strooming, wanneer l de lengte van het overgangsstuk voorstelt.

Dit moge blijken uit de *figuren 3, 4* en *5*, waarin voor het eerste kwadrant een aantal stroomlijnen zijn geteekend met gelijke parameterverschillen der stroomfunctie ψ volgens (12), resp. voor $\mu^2 = 1$, 2 en 3 [2]).

Daar de stroomlijnen met gelijke parameterverschillen zijn geteekend, is de waterafvoer tusschen twee opvolgende stroomlijnen dus dezelfde, zoodat bij een gegeven afvoer ook de snelheidsverdeeling bekend is, zonder gebruikmaking der potentiaalfunctie (11).



2) Men zal gemakkelijk inzien, dat μ^2 als een veranderlijke parameter kan worden beschouwd, met behulp waarvan de stroomfunctie *passend* kan worden gemaakt voor een bepaalde breedteverandering, welke gegeven is door de lengte van het overgangsstuk en de breedten aan het begin en het einde van den overgang (zie ook het gegeven cijfervoorbeeld).



Zooals men ziet hebben de stroomingsbeelden ieder een *grensstroomlijn,* in de *figuren 3, 4* en *5* gestippeld aangegeven, waarbuiten het stroomingsveld voor het gestelde doel niet meer bruikbaar is.

De stroomfunctie **(12)** kan men met:

$$K = (1 - \eta) \cdot \left(\frac{l^2}{r_1^2} + \frac{l^2}{r_2^2}\right) - (1 + \eta) \cdot \left(\frac{l^2}{r_3^2} + \frac{l^2}{r_4^2}\right) \quad (13)$$

nog schrijven in den verkorten vorm:

$$\psi = 4 \cdot \eta + \mu^2 \cdot K \quad (14)$$

waarbij K blijkbaar een functie is van ξ en η. In de volgende *tabel* zijn voor verschillende ξ en η de waarden van K berekend.

Tabel der K-waarden voor verschillende ξ en η

η											
1,0	−0,800	−0,800	−0,798	−0,798	−0,794	−0,792	−0,786	−0,780	−0,772	−0,760	−0,750
0,9	−0,627	−0,623	−0,601	−0,561	−0,498	−0,387	−0,178	+0,237	+1,233	+4,237	+9,250
0,8	−0,465	−0,460	−0,419	−0,357	−0,246	−0,069	+0,246	+0,781	+1,735	+3,238	+4,245
0,7	−0,324	−0,297	−0,266	−0,186	−0,059	+0,132	+0,446	+0,897	+1,541	+2,233	+2,574
0,6	−0,209	−0,197	−0,149	−0,068	+0,058	+0,252	+0,501	+0,835	+1,227	+1,577	+1,727
0,5	−0,124	−0,107	−0,075	+0,005	+0,117	+0,270	+0,464	+0,685	+0,938	+1,132	+1,212
0,4	−0,064	−0,046	−0,018	+0,047	+0,130	+0,251	+0,388	+0,547	+0,698	+0,810	+0,855
0,3	−0,028	−0,021	+0,004	+0,053	+0,119	+0,205	+0,302	+0,407	+0,494	+0,561	+0,587
0,2	−0,008	+0,001	+0,016	+0,045	+0,088	+0,136	+0,196	+0,258	+0,305	+0,352	+0,369
0,1	−0,002	+0,004	+0,012	+0,030	+0,049	+0,072	+0,095	+0,128	+0,154	+0,170	+0,179
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ξ	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

Desgewenscht kan men natuurlijk ook een uitgebreider tabel samenstellen, met intervallen van ξ en η kleiner dan 0,1.

Men veronderstelle eens, dat een kanaal met een breedte van 9,60 m zich vernauwen moet tot een breedte van 4,80 m, waarbij de lengte van het overgangsstuk 12 m is gekozen (*fig. 6*).

Beschouwt men één helft van den overgang, zoo is het duidelijk, dat het punt A met $\xi = 0$ en $\eta = 0{,}4$ evenals het punt B met $\xi = 1$ en $\eta = 0{,}2$ op *dezelfde* stroomlijn gelegen moeten zijn.

In de *tabel* vindt men voor $\xi = 0$ en $\eta = 0{,}4$, $K_A = -0{,}064$ en voor $\xi = 1$ en $\eta = 0{,}2$, $K_B = +0{,}369$.

Volgens form. (**14**) heeft men dan:

$$4 \cdot \eta_A + \mu^2 \cdot K_A = 4 \cdot \eta_B + \mu^2 \cdot K_B$$

$$1{,}6 - 0{,}064 \cdot \mu^2 = 0{,}8 + 0{,}369 \cdot \mu^2$$

$$0{,}433 \cdot \mu^2 = 0{,}8$$

$$\mu^2 = 1{,}85$$

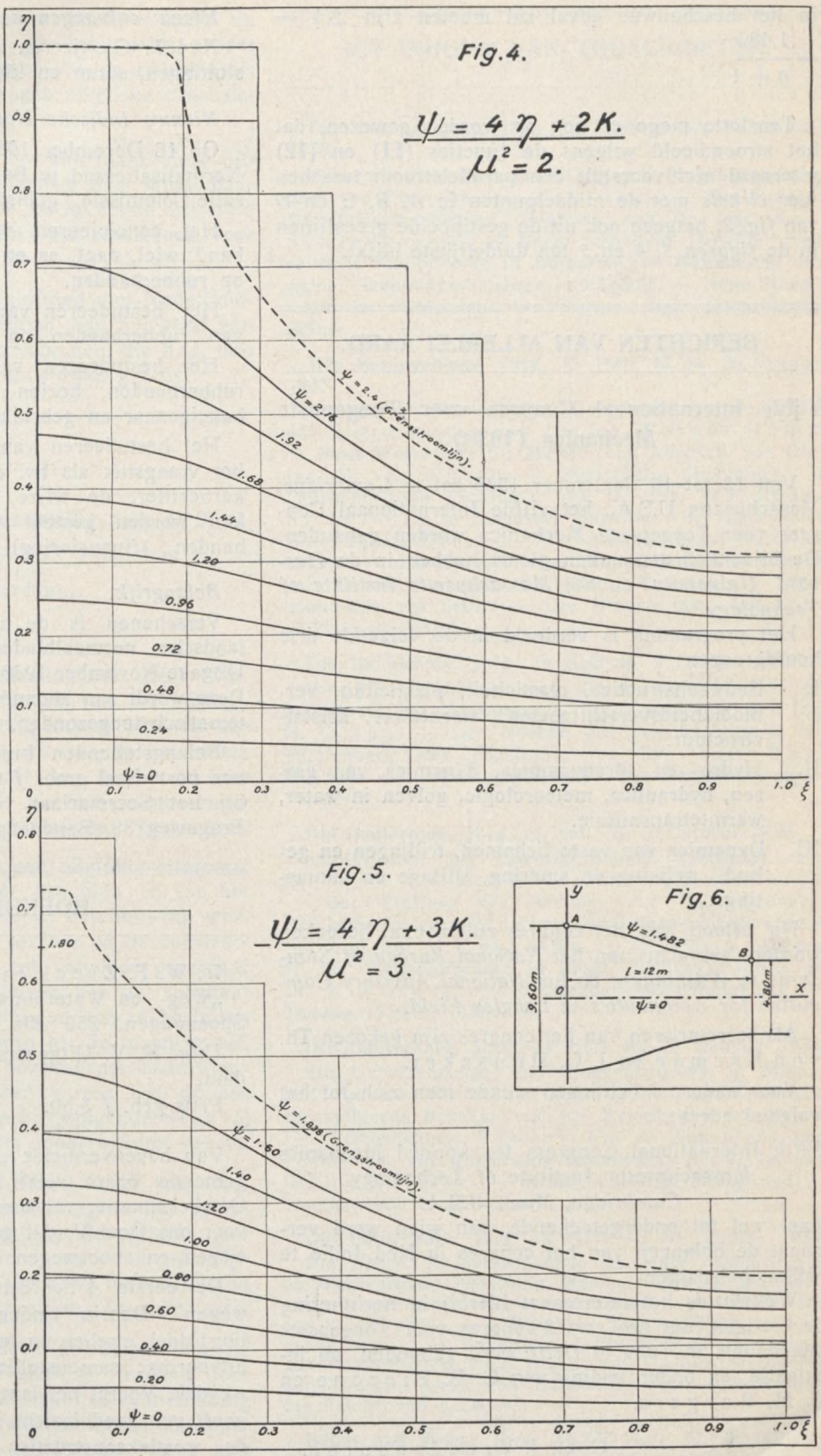
De stroomfunctie voor dit geval wordt dus:

$$\psi = 4 \cdot \eta + 1{,}85 \cdot K \quad (\mathbf{15})$$

Met behulp van de tabel voor K, kan men dan de parameterwaarden berekenen voor een voldoende aantal punten van het stroomingsveld, waarbij men bedenke, dat de stroomlijn met de parameterwaarde:

$\psi = 1{,}6 - 0{,}064 \times 1{,}85$
$= 0{,}8 + 0{,}369 \times 1{,}85$
$= 1{,}482$

de vaste begrenzing van het overgangsstuk zal vormen (zie *fig. 6*).



Wenscht men tusschen deze stroomlijn en die langs de X-as (= as van het overgangsstuk), waarvoor blijkbaar $\psi = 0$ geldt, b.v. nog drie stroomlijnen te teekenen met gelijke parameterverschillen, dan heeft men resp. de punten met de parameterwaarden 1,1115, 0,741 en 0,3705 in vloeiende krommen te vereenigen.

Het is duidelijk, dat wanneer men tusschen de vaste begrenzing en de X-as n stroomlijnen wenscht, alzoo $(n + 1)$ stroom*banen* met dezelfde capaciteit, het parameterverschil der opvolgende stroomlijnen

in het beschouwde geval zal moeten zijn $\triangle\psi = \frac{1{,}482}{n+1}$

Tenslotte moge er nog op worden gewezen, dat het stroombeeld volgens de functies (**11**) en (**12**) uiteraard *niet* voorstelt een parallelstroom tusschen vier *cirkels* met de middelpunten in *A, B, C* en *D* van *fig. 2,* hetgeen ook uit de gestippelde grenslijnen in de *figuren 3, 4* en *5* ten duidelijkste blijkt.

BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

Vijfde Internationaal Congres voor Toegepaste Mechanica (1938).

Van 12 tot 16 September 1938 zal te *Cambridge,* Masachusetts U.S.A., het vijfde Internationaal Congres voor Toegepaste Mechanica worden gehouden. De bijeenkomsten zullen plaats hebben in de *Harvard University* en het *Massachusetts Institute of Technology.*

Het programma is verdeeld in de volgende drie hoofdgroepen:

I. Bouwconstructies, elasticiteit, plasticiteit, vermoeidheidsverschijnselen, sterkteleer, kristalstructuur.

II. Hydro- en aërodynamica, dynamica van gassen, hydraulica, meteorologie, golven in water, warmtetransmissie.

III. Dynamica van vaste lichamen, trillingen en geluid, wrijving en smering, slijtage en aantasting.

Na afloop van het congres zullen o.m. bezoeken worden gebracht aan het *National Bureau of Standards* te *Washington* en het *National Advisory Committee for Aeronautics* te *Langley Field.*

Als secretarissen van het congres zijn gekozen Th. von Kármán en J. C. Hunsaker.

Voor nadere inlichtingen wende men zich tot het volgend adres:

Fifth International Congress for Applied Mechanics
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Mass. U.S.A.

dan wel tot ondergeteekende, aan wien werd verzocht de belangen van het congres in Ned.-Indië te willen behartigen.

Wellicht is het interessant hierbij in herinnering te brengen, dat het *eerste* congres voor Toegepaste Mechanica in 1924 te *Delft* werd gehouden, op instigatie en onder leiding van C. B. Biezeno en J. M. Burgers.

C. G. J. Vreedenburgh.

Normalisatie.

Bij het Secretariaat van den Normalisatieraad — Bragaweg 38, Bandoeng — is verkrijgbaar gesteld het volgende normaalblad:

Nieuw ontvangen normaalblad.

N 467: Gietijzeren stortbak, valpijp, valpijp-aansluitingen, steun en klembeugel.

Nieuwe Indische Normalisatie-Commissie.

Op 18 December 1936 werd ten kantore van den Normalisatieraad te Bandoeng een nieuwe Normalisatie-Commissie geinstalleerd tot taak hebbende:

Het concipieeren van eenheidsconstructies van band, wiel, naaf, as en remconstructie voor grobaks op rubberbanden.

Het bestudeeren van het effect van het gebruik van rubberbanden op het onderhoud van wegen.

Het bestudeeren van de voor- en nadeelen van rubberbanden, bezien van het standpunt van grobakeigenaar en gebruiker.

Het bestudeeren van het economisch aspect van het vraagstuk als bv. de rentabiliteit voor den tjikarbezitter, de wijze, waarop de tani in het bezit kan worden gesteld van een voertuig op rubberbanden (financiering), de onderhoudskasten enz.

Belangrijk.

Verschenen is de nieuwe catalogus van Nederlandsche normaalbladen en normaalvoorschriften, Uitgave November 1936. Prijs *f* 0,50 + porto *f* 0,15. Deze wordt aan abonné's op alle normaalbladen automatisch toegezonden.

Belangstellenden kunnen, tegen toezending van een postwissel groot *f* 0,65 een exemplaar bestellen bij het Secretariaat van den Normalisatieraad — Bragaweg 38, Bandoeng.

BOEKBESPREKING.

Ir. W. F. Zieck en ir. J. A. Postema.
„Weg- en Waterbouwkunde", Deel V: Wegen en Spoorwegen. 259 Blz., 240 teekeningen en foto's.
Uitg. N. V. Uitgevers Mij. „Kosmos", Amsterdam,
Prijs geb. *f* 5.50.

Van bovenvermelde uitgave, waarvan doel en algemeene opzet reeds bespreking vonden in het Octobernummer van den vorigen jaargang, ligt thans voor ons Deel V, dat gewijd is aan den aanleg van wegen en spoorwegen.

De eerste 4 hoofdstukken betreffen de „gewone wegen". Daarin vinden achtereenvolgens behandeling: doel, eischen en indeeling der wegen; ontwerp; uitvoering; samenstelling en vervaardiging van het wegdek. Vooral het laatste hoofdstuk is uitvoerig en geeft een goed inzicht in de details der verschillende wegdekconstructies en de eigenschappen der hiervoor toegepaste materialen.

De hoofdstukken 5 t/m 11 zijn gewijd aan „spoorwegen". Behandeld worden: de voorbereiding; de aarden baan; de bovenbouw; wissels en kruisingen; overwegen; beveiliging en stations en emplacementen.

Het traceeren, de bovenbouw en de wissels en kruisingen zijn iets uitgebreider behandeld, zoodat een goed beeld wordt verkregen van de zich daarbij voordoende vraagstukken en gebruikelijke constructies.

De wijze van behandeling der stof maakt deze uitgave, behalve voor het onderwijs aan middelbaar technische scholen (waarvoor ze in eerste instantie bestemd is), ook zeer geschikt als studieboek voor practici.

Ofschoon de schrijvers uitsluitend met Nederlandsche toestanden gerekend hebben, kan het bezit van dit werkje dan ook eveneens voor hen, die h.t.l. hun werkkring hebben, van waarde worden geacht.

H.

Dr. ir. J. Emmen.

„Tweede ontwerp oeververbinding over de Nieuwe Maas te Rotterdam", 30 Blz., 17 platen.

Uitg. H. J. Paris, Amsterdam.

Prijs: ing. *f* 1,25.

Deze uitgave heeft de bedoeling een meer overzichtelijke uiteenzetting te geven van het besteksontwerp voor de brugverbinding (bestek No. 126 van het Ministerie van Waterstaat) dan in het bestek zelf mogelijk was, en betreft den bouw van een hooggelegen vaste brug voor vierbanig autoverkeer en voor verkeer van wielrijders en voetgangers.

De schrijver behandelt in een inleiding allereerst de voorgeschiedenis van het brugplan en van het tunnelplan, terwijl vervolgens in beschouwing worden genomen het tracé, het verkeer en de constructie van het brugontwerp. In een volgende paragraaf geeft ir. Emmen een analyse van het resultaat der gehouden proefaanbestedingen, om te besluiten met een nabetrachting, waarin hij de meening uit, dat de mogelijkheid van een bevestigende beantwoording van de vraag, of binnen korten tijd de zoo dringende oeververbinding op bevredigende wijze tot stand zal komen, uiterst klein moet worden geacht.

Deze geringe waarschijnlijkheid vindt haar oorzaak in de z.i. onjuiste behandeling van het oeververbindingsvraagstuk; in het bijzonder schuilt naar schrijvers meening de fout in de ter zake gehuldigde overdreven opvattingen omtrent de technische middelen, welke voor de verbetering vereischt zijn.

Ofschoon de beslissing door de keuze van de tunneloplossing inmiddels gevallen is, verdient deze publicatie, welke het mogelijk maakt in ruimen kring kennis te nemen van het werkelijk monumentale brugontwerp, volle toejuiching. Een ieder, die belang stelt in het oeververbindingsvraagstuk te Rotterdam, kan de aanschaffing van dit door vele teekeningen verlucht, en uitstekend verzorgd werkje dan ook worden aanbevolen.

H.

UIT INHOUD VAN TIJDSCHRIFTEN.

Der Bauingenieur, Jhrg. 17 Heft 41/42, 16 October 1936.

Ueber die Fliessgrenzen bei Zug- und Biegebeanspruchung, von Prof. Dr. Ing. F. Rinagl. — Die Brücken der Reichsautobahnen (Schluss), von Dr. Ing. Karl Schaechterle. — *Kurze technische Berichte:* Neuzeitliche Schöpfwerke in Bulgarien. — Anwendung moderner Gründungsverfahren in England. — Neue Stauanlagen im Mississippi. — Wärme- und rostbeständige Stähle.

Der Bauingenieur, Jhrg. 17 Heft 43/44, 30 October 1936.

Zement für Massenbeton (Grundsätzliches zur Frage der Spezialzemente), von Dr. Ing. Werner Humm. — Neue Werkstoffe für Malerei und Anstrich, von Dipl. Ing. Dr. K. Würth. — Zusätzliche Spannungen in Fahrbahnrosten (Schluss), von Dr. Ing. Bernhard Fritz. — *Kurze technische Berichte:* Die Bauarbeiten am Pickwick-Damm. — Der Missouri-Fluss wird gezähmt. — Ein französischer Architekt über Aesthetik bei Bahnhofsanlagen. — Offene Brücken. — Fahrbahndecke aus Stahl. — Die Brücke über den Oumer-Rebia in Marokko.

Die Bautechnik, Jhrg. 14 Heft 44, 9 October 1936.

Die Pfannlochbrücke und die Höllenbachbrücke an der Deutschen Alpenstrasse (Schluss), von Dr. Ing. H. Olsen. — Der Neubau der Oderdeichbrücke bei Fürstenberg/Oder (Schluss), von Reg. baur. Kurt Werner. — *Vermischtes*: Der Bau der Hohenwarte-Talsperre.

Die Bautechnik, Jhrg. 14 Heft 45, 16 October 1936.

Stahlbrücken mit Leichtfahrbahnen (Schluss), von Dr. Ing. K. Schaechterle und Fr. Leonhardt. — Der Einfluss des Dammes auf flachgegründete Brückenwiderlager bei nachgiebigem Baugrund (Schluss), von Dipl. Ing. H. Leussink. — Statische Messungen an der Wettsteinbrücke in Basel (Schluss), von Prof. Dr. L. Karner. — Strassenbau-Ausstellung und — Tagung 1936 in München.

Die Bautechnik, Jhrg. 14 Heft 46, 23 October 1936.

Ein Ueberführungs- und Rampenbauwerk in Mainz-Süd, von Ing. Wilhelm Mauer. — Schutzanstriche für stählerne Brücken und bei Betonbauten (Schluss), von Reichsbahnrat Brodersen. — Anwendung von Pfahlböcken zur Abstützung bestehender Bauwerke, von Dr. Ing. E. Titze. — Strassenbau-Ausstellung und — Tagung 1936 in München.

Die Bautechnik, Jhrg. 14 Heft 47, 30 October 1936.

Die neuen Talsperrendämme im Harz. Erfahrungen bei Vorarbeiten, Gestaltung, Bau und Betrieb des Söse- und Oderwerkes der Harzwasserwerke, von Prof. Dr. Ing. Collorio. — Tätigkeit der staatlichen Flussbauverwaltung in Bayern im Jahre 1935 (Fortsetzung), von Ministerialrat von Nitzsch. — Zur Ermittlung der Dauerfestigkeit von Baustählen, von Direktor bei der Reichsbahn Kress.

Beton und Eisen, Jhrg. XXXV Heft 20, 20 October 1936.

Eisenbeton- Luftschiffhalle für den Flughafen Sevilla, von Prof. A. Pena Boeuf. — Ueber den Einfluss oftmaliger Erschütterungen auf vorgereckte, verwundene und gerade Stähle, von Prof. Ing. O. Greger. — Das BBS-Imprägnierungsverfahren für Behälter, von J. F. Büchi. — Bruchzustand und Sicherheit im Eisenbetonbalken (Schluss), van Dr. Ing. R. Saliger.

Engineering News-Record, Vol. 117 — No. 17, 22 October 1936.

Ash fill converts swamp into grounds for World' Fair. — Precart concrete cylinders support new wharf.- Slope chaining in the mountains, by A. M. Ockerblad. — Desilting works for Loup project. — London water supply augmented by new underground system. — Current Highway Problems IV: Fitting the road to future traffic, by M. W. Torkelson. — Better appearance sought in steele surge tank. — Road Oil and Asphalt Congress, by G. E. Everett. — Structural alloys and river control, discussed at Pittsburgh I. — Current notes on sewage disposal, by Willem Rudolfs.

Le Génie Civil, 56. année — Tome CIX — No. 16, 17 October 1936.

Matériaux de construction: Matériaux dits insonores. Le plomb, auxiliaire important de la lutte contre les bruits, par J. Mahul. — *Variétés:* Gauses et effets des altérations dues à une longue conservation des ciments avant leur emploi.

Le Génie Civil, 56. année — Tome CIX — No. 17, 24 October 1936.

Physique industrielle: Les centrales thermiques de chauffage à distance et de distribution de courant électrique en liaison avec des usines hydrauliques en Suisse, par R. Ruegg. — *Congrès:* Le II. congrès de l'association internationale des ponts et charpentes (Berlin-Munich, 11 October 1936). — *Variétés:* Les conduites d'eau sous-marines de la baie de San-Francisco (Etats-Unis).

Le Génie Civil, 56. année — Tome CIX — No. 18, 31 October 1936.

Chimie industrielle: La fabrikation des engrais chimiques en Italie et la bonification des terres, par Charles Berthelot. — *Congrès:* Le IV. congrès international de fonderie, à Düsseldorf (17-25 September 1936). — *Variétés:* Nouvel appareil de manutention à bras oscillant. — Les éléments du calcul des affaissements des sols de fondations.

Le Génie Civil, 56. année — Tome CIX — no. 19, 7 November 1936.

Aéronautique: Projet de port aérien intercontinental, à Trapper, près de Paris, par R. J. de Marolles.

Schweizerische Bauzeitung, Band 108 No. 16, 17 October 1936.

Zur Bemessung einstufiger Axialgebläse, von K. H. Grossmann. — Die Anwendung der Stereophotogrammetrie bei Architekturaufnahmen, von M. Zurbuchen. — „Novadom", eine neue Backstein-Bauweise. — *Mitteilungen:* Fortschritte der Baugrunduntersuchungen. — Staudämme mit Dichtung aus Stahl.

Schweizerische Bauzeitung, Band 108 No. 17, 24 October 1936.

Probleme neuer schweizerischer Alpenstrassen. — Lagerhausanlage in Köniz. — Neue Methoden der Luftphotogrammetrie und photogrammetrisch-geologische Kartierungen. — *Mitteilungen:* Neue Methoden der Ufer- und Sohlensicherung.

Schweizerische Bauzeitung, Band 108 No. 18, 31 October 1936.

Ueber die Berücksichtigung der Gurtsteifigkeit bei der Berechnung der „mittragenden Breite", von Dr. Ing. Erich Reissner. — Neue Bauten in Holland, von Dipl. Arch. Hans Suter.

Schweizerische Bauzeitung, Band 108 No. 19, 7 November 1936.

Ueber den Wirkungsgrad von Zentrifugalpumpen, von Dipl. Ing. J. Lalive. — Baustoff und Feuersicherheit, von Ing. E. Pestalozzi. — *Mitteilungen:* Schalenbedachungen in Stahl.

Schweizerische Bauzeitung, Band 108 No. 20, 14 November 1936.

Die neue Aarebrücke der SBB in Bern. — *Mitteilungen*: Absolute elektrische Einheiten.

Travaux, 20. année No. 46, October 1936.

Les grands travaux et leur effet sur l'économie nationale, par M. Walter Gut. — Aéroport de Limoges-Feytiat. Hangar en béton armé, par M. L. Hahn. — Caractères du sol au point de vue de la théorie de l'élasticité, par M. Buisson. — Tensions préalables des armatures et moyens de les réaliser à peu de frais, par M. Makcheeff. — *Technique Municipale:* La correction de la qualité des eaux. Correction bactériologique, par M. Montel. — Le traitement et l'épuration des eaux résiduaires dans les abatoirs, par MM. C. de Chessin et J. Guy. — *Extraits de presse technique:* L'emploi des palplanches métalliques dans les fondations et terrains aquifères.

Z. VDI, Band 80 No. 44, 31 October 1936.

Grossbagger im amerikanischen Steinkohlen-Tagebau, von Dr. Ing. W. Franken. — *Aus der Ingenieurforschung:* Druckverteilung in der Berührungsfläche zwischen Kraftfahrzeugreifen und Fahrbahn. — Zur Berechnung dünner Kreisplatten mit grosser Ausbiegung.

Z. VDI, Band 108 No. 45, 7 November 1936.

Einfaches Verfahren zur Ermittlung des Schwerpunktes, des Rauminhalts und der Momente höherer Ordnung, von Prof. Dr. Ing. F. Rötscher. — *Aus der Ingenieursarbeit:* Molenausbau im Hafen von Funchal. — *Aus der Ingenieurforschung:* Ermittlung der Massenträgheitsmomente durch Schwingungsversuche.

Verkehrstechnik, Jhrg. 17 Heft 20, 20 October 1936.

Die Vorbereitungen zur 3. Deutschen Landstrassen — Verkehrszählung 1936/1937, von Reg. baur. Dr. Ing. Karl Hoffmann. — Die Entwicklung des Gleisbaues auf den besonderen Bahnkörpern der Essener Strassenbahnen, von Obering. Dipl. Ing. U. Schack. — Das Problem des Ueberholens im Strassenverkehr, von Oberreg. rat Dr. Th. Krebs. — Der Rügendamm. — Die neueste Entwicklung des machinellen Strassenbaues, von Dipl.-Ing. T. von Rothe. — Die Strassenbau-Tagung München 1936 (II). — Der Einfluss der Strassensteigungen auf den Betriebsstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge. — Versuch mit neuartigem Holzpflaster in Holland.

Verkehrstechnik, Jhrg. 17 Heft 21, 5 November 1936.

Die neueste Entwicklung des machinellen Strassenbaues (Schluss), von Dipl. Ing. T. von Rothe. — Der Landstrassenbau und die Verordnungen über die Bebauung, von Prov. baur. Dr. Ing. B. Renfert.

Wasserkraft und Wasserwirtschaft, Jhrg. 31 Heft 20, 16 October 1936.

Die Bestimmung der Wasserführung der Flüsse aus dem Querschnitt und den Oberflächengeschwindigkeiten, von Regierungsbaurat Dr. Ing. Anton van Rinsum. — Strömung in Kanälen mit gekrümmter Sohle, II, von Ing. Dr. techn. Harald Lauffer. — Der natürliche Wasserhaushalt im oberen Aaregebiet, II, von Dipl. Ing. Walter G. Spillmann. — *Rundschau:* Untersuchungen über Turbinen und Kavitation, von Dr. Ing. Charles Jaeger.

Wasserkraft und Wasserwirtschaft, Jhrg. 31 Heft 21, 2 November 1936.

Der Beauharnois- Kanal und das Beauharnois-Kraftwerk, von Ing. G. Reglin. — Gleichförmige Strömung in grossen Rohrleitungen und Kanälen, von Dr. Charles Jaeger. — Der natürliche Wasserhaushalt im oberen Aaregebiet, von Dipl. Ing. Walter G. Spielmann.

Wasserwirtschaft und Technik, Jhrg. 3 (29) Nos. 28-30, 15 October 1936.

Modellversuche betreffend die Kolkausbildung unterhalb einer Triftklause, von Ministerialrat Ing. R. Ehrenberger. — Ueber Geschiebebewegung, von Ing. Wilhelm Reitz. — Zur Berechnung von Hochwasserabflüssen, von Ing. Egbert Salcher. — Die Regulierung der wichtigsten Grenzgewässer Oesterreichs, von Ministerialrat Ing. Karl Semsch. — Die Internationale Donaukommission und die technische Instandhaltung des Stromes, von Alexis Baule. — Die Ortswasserversorgung in Oesterreich, von Ministe-

rialrat Dr. Ing. R. Adam. — Die Erweiterungsbauten im Quellengebiete der II. Wiener Hochquellenleitung, von Oberstadtbaurat Ing. Ludwig Machek. — Die Kanalisation der Stadt Wien und ihre Ausgestaltung, von Oberstadtbaurat Ing. Josef Mattis. — Die Innregulierung in Tirol, von Landesbaudirektor Hofrat Ing. Johann Hussak. — Die Gailregulierung in Kärnten, von Ing. H. Schütz und Ing. R. Wachernig. — Flussregelungen in Niederösterreich, von Hofrat Ing. Karl Breitenfelder. — Regulierung der Glan bei Salzburg, von Reg. baur. Ing. Egon Fiebich-Ripke. — Die Regelung der Trattnach in Oberösterreich, von Hofrat Karl Kuich. — Die Frutzregulierung in Voralberg, von Reg. oberbaur. Ing. Felix Nesper.

Werft Reederei Hafen, Jhrg. 17 Heft 20, 23 October 1936.

Etwas über Widerstand und Propulsion, von Dipl. Ing. H. Kloess. — Der Ausbau des Hafens von Iquique, Chile, von Dr. Ing. H. Ritter. — Wandstärke und Abrostung bei stählernen Spundwänden, von Dipl. Ing. W. Pellny.

Werft Reederei Hafen, Jhrg. 17 Heft 21, 1 November 1936.

Schleppen auf See, von Dr. M. Harms. — Kaimauer für Ueberseedampfer in Honkong, von Dr. Ing. H. Speth. — Der neue Hafen in Bhavnagar, Vorderindien, von Direktor B. C. Allin.

PERSONALIA.

Dr. ir. G. Otten, kapitein bij de militaire Luchtvaartafdeeling te Bandoeng, is benoemd tot buitengewoon lector in de werktuigbouwkunde aan de Techn. Hoogeschool aldaar.

Ing. Ch. R. F. Baumgarten is werkzaamgesteld op het Laboratorium voor Techn. Hygiëne van den Dienst der D. V. G. te Bandoeng.

Aan Ing. H. R. Haller, ingenieur bij den Prov. Wat. van West-Java, is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend.

Dr. H. C. N. van Amerom, ingenieur bij de B. P. M., is overgeplaatst van Tarakan naar Babo (N.-Guinea).

Aan ir. H. Lels, ingenieur bij de P. T. T. is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ing. 1 Nov. 1937.

Ir. W. A. J. P. Smulders is herbenoemd tot ingenieur bij de S. S. en geplaatst te Bandoeng.

Aan ir. J. F. van Aalst, leeraar bij de Kon. Wilhelmina school te Batavia, is wegens langdurigen dienst één jaar verlof naar Europa verleend, ing. 16 Juli 1937.

De kapitein der artillerie ir. T. C. N. Canter Visscher, uit Ned. terugverwacht, is geplaatst bij het Korps Luchtdoelartillerie te Soerabaia.

Ir. L. A. Alting Mees, ingenieur bij 's Lands Waterstaat, is overgeplaatst van Loemadjang naar het Dept. van V. en W. te Bandoeng.

Ir. W. H. Steenaart is herbenoemd tot ing. bij 's Lands Waterstaat en t/b gesteld van de Prov. Oost-Java (Loemadjang).

Ir. P. H. Markies is overgeplaatst van de Boekit-Asam Steenkolenmijnen naar de Landswaterkrachtbedrijven (West-Java) te Buitenzorg.

Ir. A. M. Verschoor is herbenoemd tot ing. bij 's Lands Waterstaat en t/b gesteld van de Prov. W.-Java (Soekaboemi).

Ir. P. J. F. Apontoweil, idem, idem van de Prov. M.-Java.

Ir. H. R. Beukelman, chef van dienst bij de N. I. S. te Semarang, is met ing. van 11 Nov. 1936 opgetreden als wnd. voorzitter van het Comité van Bestuur.

KON. INST. VAN INGENIEURS.
Groep Ned.-Indië.

ONTWERP-BEGROOTING VOOR 1937.
van *De Ingenieur in Ned.-Indië.*

Ontvangsten			Uitgaven			
Abonnementen	*f*	2 300,—	Drukkosten			
Losse Nummers	,,	25,—	Tekst en overdrukken	*f* 4 800,—		
Advertenties	,,	5 500,—	Bijlagen en platen	,, 250,—		
Overdrukken	,,	700,—	Advertenties	,, 400,—		
Tegemoetkoming K. I. v. I.	,,	300,—	Omslagen	,, 250,—		
Bijdrage Groep Ned.-Indië	,,	4 475,—	Adresbanden en stencils	,, 150,—		
			Cliché's	,, 1 000,—		
			Porti drukkerij	,, 600,—	*f*	7 450,—
			Honoraria bijdragen		,,	2 500,—
			Redactie			
			Voorzitter en Leden	*f* 2 400,—		
			Corrector	,, 480,—	,,	2 880,—
			Algemeene kosten			
			Porti, Telefoon, enz.	*f* 250,—		
			Bureaubehoeften	,, 50,—		
			Reis- en verblijfkosten	,, 50,—		
			Teekenwerk	,, 100,—		
			Diversen	,, 20,—	,,	470,—
	f	13 300,—			*f*	13 300,—

Vastgesteld in de gecombineerde vergadering van de Commisie van Toezicht en Redactie, gehouden te Bandoeng op 20 November 1936

ONTWERP-BEGROOTING 1937 VAN DE GROEP NED.-INDIË.

Ontvangsten			Uitgaven			
Contributies	*f*	10 000,—	Bijdragen aan kringen en Groepsafdeeling.			
Interest	,,	2 000,—	Kring I	*f* 250,—		
Nadeelig saldo	,,	3 000,—	Kring II	,, 500,—		
			Kring III	,, 150,—		
			Kring IV	,, 200,—		
			Kring V	,, 100,—		
			Groepsafdeeling M	p.m.	*f*	1 200,—
			Kantoorhuur		,,	480,—
			Lidmaatschappen congressen, excursies en diversen.			
			Fonds voor de Normalisatie in Ned.-Indië	*f* 450,—		
			Nibta	,, 50,—		
			N.I. Wegenvereeniging	,, 50,—		
			Diversen	,, 50,—	,,	600,—
			Administratiekosten.			
			Administratie	*f* 500,—		
			Toelage Secretaris	,, 300,—	,,	800,—
			Algemeene kosten			
			Porti, Telegr. enz.	*f* 300,—		
			Drukwerk, enz.	,, 200,—		
			Onkosten remises, Bewaarloon effecten, Incasso, Zegels enz.	,, 60,—		
			Reiskosten	,, 100,—	,,	660,—
			Oninbare contributies	*f* 50,—		
			Bijdr. „De Ing. in N.I."	,, 4 475,—		
			Bijdr. „De Ingenieur"			
			Aandeel contr. K.I.v.I.	,, 6 500,—		
			Onvoorziene uitgaven	,, 235,—	,,	11 260,—
	f	15 000,—			*f*	15 000,—

Vastgesteld in de Groepsbestuursvergadering gehouden te Bandoeng op 10 December 1936.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

Jaarvergadering.

De algemeene vergadering van de groep Ned.-Indië zal op een nader te bepalen plaats en datum in Maart 1937 plaats hebben. Dit besluit werd genomen op de laatste bestuursvergadering gehouden te Bandoeng op 10 December j.l. in verband met de mogelijkheid, dat dan de groepsvoorzitter wederom aanwezig kan zijn.

Bestuursmutatie.

In verband met drukke werkzaamheden verzocht ir. Ch. F. van Haeften van de waarneming van het voorzitterschap van de groep Ned.-Indië te worden ontheven. Thans neemt ir. W. J. Burck dit waar, totdat de voorzitter van verlof zal zijn teruggekeerd.

Plaatsingsbureau.

In de Groepsbestuursvergadering van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs van 10 December j.l. is besloten de werkwijze van het Plaatsingsbureau te veranderen.

Met ingang van 1 Januari 1937 wordt het wekelijks rondzenden van de circulaires gestaakt. In de plaats daarvan zullen bij een vaceerende betrekking zij, die door den aard van hun diploma hiervoor in aanmerking komen, persoonlijk worden aangeschreven.

Ten einde een nieuwe lijst te kunnen samenstellen, wordt belanghebbenden verzocht, zich schriftelijk op te geven aan het Secretariaat van de Groep N.I. van het Instituut te Bandoeng, Bragaweg 38, met vermelding van uitvoerige inlichtingen betreffende diploma, bekleede betrekkingen, diensttijd enz.

Nieuwe leden.

De in het nummer 11 van jaargang 1936 voorgestelde leden zijn aangenomen.

4e JAARGANG
NUMMER 1

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JANUARI
1937

II. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Berekening van hellende goten, uitgaande van de formule van Gauckler-Manning, door ir. J. H. Hilgen. — Varia.

Berekening van hellende goten, uitgaande van de formule van Gauckler-Manning*)

door

ir. J. H. HILGEN,

oud-hoofdingenieur b/d Prov. Waterstaat van West-Java.

Na een beknopt overzicht gegeven te hebben van de door prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh afgeleide formules uit bij de hellende goten *Dago* en *Bengkok* ingestelde proefmetingen, opgenomen in *De Waterstaats-Ingenieur* No. 9 — 1924, worden deze formules getoetst aan de gepubliceerde cijfers van elders uitgevoerde metingen bij dergelijke kunstwerken.

Daaruit blijkt, dat bij toepassing dier formules de uitkomsten met het meerendeel dezer metingen behoorlijk overeenstemmen, zij het dan, de $\frac{v_w}{v_s}$ formule vermoedelijk vervangen zal dienen te worden door: $n = \frac{v_w}{v_s} = 1 + 2 \cdot \sin \alpha$

Vervolgens worden uit de formules van Vreedenburgh eenige bijzondere eigenschappen der waterbeweging in hellende goten afgeleid, terwijl ten slotte eene berekening wordt opgezet, ten eerste voor het bepalen der afmetingen van het *normaal profiel* — d.i. het gootgedeelte met eenparige beweging — uit den hellingshoek, den profielvorm en het debiet, en ten tweede voor het bepalen van den hellingshoek uit de afmetingen van het normaal profiel en het debiet.

Voor beide gevallen zijn voorts grafieken samengesteld, waarmede de vrij uitvoerige becijferingen bij gebruikmaking van de formules van Vreedenburgh vermeden kunnen worden.

Inleiding.

Het is een bekend verschijnsel, dat de gewone snelheidsformules voor open leidingen, van den vorm $v = c \cdot R^s \cdot I^p$, zonder meer niet opgaan voor verhangen boven 10 à $15^0/_{00}$, zulks als gevolg van *luchtopname* bij grootere snelheden.

Beschouwen we een willekeurige hellende goot en berekenen we uit den gemeten afvoer en het gemeten natte profiel de gemiddelde profielsnelheid, dan blijkt deze laatste kleiner te zijn dan de werkelijk in de goot optredende snelheid. En omgekeerd, wanneer we uit laatstgenoemde snelheid en het gemeten natte profiel den afvoer berekenen, zoo blijkt deze laatste grooter te zijn dan de gemeten afvoer.

Noemen we ter plaatse, waar in de goot de *eenparige* waterbeweging is ingetreden, d.i. in het *normaal gootprofiel:*

Q — den gemeten waterafvoer in m^3/sec;

F_b — de bruto doorsnede van het waterluchtmengsel in m^2, met bijbehoorende waterdiepte h_b en hydraulische straal R_b;

F_n — de netto waterdoorsnede in het waterluchtmengsel in m^2, met bijbehoorende h_n en R_n;

v_w — de werkelijk optredende gemiddelde profielsnelheid in de goot in m/sec., en

v_s — de schijnbaar optredende gemiddelde profielsnelheid in de goot in m/sec.,

dan bestaan tusschen deze grootheden de volgende algemeene betrekkingen:

$$v_w = \frac{Q}{F_n} \text{ en } v_s = \frac{Q}{F_b}.$$

In De Waterstaats-Ingenieur No. 9 — 1924 wordt in eene verhandeling van ir. C. G. J. Vreedenburgh, getiteld „Beschouwingen over de exponentieele formule van Gauckler-Manning voor de berekening van buisleidingen en open afvoeren" de bijzondere aandacht gevestigd op deze eenvou-

---

1) Deze verhandeling dankt haar ontstaan aan eene mij door prof. ir. J. Haringhuizen terzake verstrekte studieopdracht tijdens mijne plaatsing als hoofdassistent voor den Indischen Waterbouw aan de T.H. te Delft gedurende den cursus 1933-1934.

Bij het verwerken der ten dienste staande gegevens werd van de zijde van prof. Haringhuizen de meest mogelijke medewerking ondervonden, waarvoor bij dezen alsnog mijn groote erkentelijkheid wordt uitgesproken.

H.

dige snelheidsformule, zulks o.a. ook in verband met eenige door den Dienst voor Waterkracht en Electriciteit verrichte proefnemingen bij de hellende goten van de W. K. W. *Dago* en *Bengkok*.

De formule van Gauckler, luidende

$$v = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

en geldende volgens Gauckler voor leidingverhangen grooter dan $0{,}7^0/_{00}$, werd door Dr. A. Strickler getoetst aan een groot aantal door verschillende onderzoekers verrichte waarnemingen, zoowel in buizen als in open leidingen met wanden van de meest uiteenloopende materialen, waarbij werd bevonden, dat de formule juiste uitkomsten gaf voor waarden van R tusschen 0,037 m en 7,14 m en voor verhangen van $0{,}04^0/_{00}$ tot $25^0/_{00}$, dus ook voor verhangen belangrijk kleiner dan $0{,}7^0/_{00}$. Voorts werd door Strickler de waarde van den „gladheidsfactor" k vastgesteld voor meerdere materiaalsoorten; deze waarde bleek over het algemeen vrij goed overeen te komen met de volgens Manning geldende betrekking $k = \frac{1}{n}$ (n uit de formule van Ganguillet en Kutter), zoodat in de practijk bij het ontbreken van andere gegevens deze waarde eenvoudigheidshalve kan worden aangenomen, zonder beduidende fouten te maken. Het behoeft echter geen betoog, dat het de voorkeur verdient in elk bijzonder geval de waarde van k voor de te bezigen materiaalsoort proefondervindelijk vast te stellen.

Zooals ir. Vreedenburgh in zijne verhandeling opmerkt is k — evenals trouwens de n van Ganguillet en Kutter of de γ van Bazin — *geen absolute constante*, doch in meerdere of mindere mate afhankelijk van bijzondere invloeden, z.a. van de beweging van rolmateriaal, van de temperatuur — beide echter van minder beteekenis — en in het bijzonder van het *verhang*.

Uit hoogerbedoelde door den Dienst van Waterkracht en Electriciteit verrichte proefnemingen bij meerdere hellende goten en storthellingen in open waterleidingen bleek toch, dat de waarde van k sterk varieert met de grootte van het verhang.

Noemen we, in navolging van ir. Vreedenburgh:

k_o — de *normale* gladheidsfactor, geldende voor kleinere leidingverhangen;

k_t — de gladheidsfactor, die gebruikt moet worden om de bij een bepaalden afvoer optredende *waterdiepte* h_b in een hellende goot te berekenen, dat is dus de k-waarde, correspondeerende met de schijnbare gemiddelde profielsnelheid v_s, en

k_v — de gladheidsfactor, die moet worden toegepast om de werkelijk optredende gemiddelde profielsnelheid v_w in zoo'n goot te berekenen,

dan kunnen de volgende betrekkingen worden opgesteld:

$$\left.\begin{aligned} v_s &= k_t \cdot R_b^{\,2/3} \cdot \sin^{1/2}\alpha \\ v_w &= k_v \cdot R_n^{\,2/3} \cdot \sin^{1/2}\alpha \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

waarbij er rekening mee is gehouden, dat bij grootere verhangen de sinus van den hellingshoek niet meer mag worden vervangen door den tangens.

De gewone snelheidsformule van Gauckler-Manning valt dus voor sterkere hellingen uiteen in twee formules van dezelfde structuur als de oorspronkelijke.

Uit de verrichte proefnemingen nu bleek, dat k_t kleiner en k_v grooter is dan k_o. Ir. Vreedenburgh leidde er de volgende lineaire betrekking tusschen k_t en k_o uit af:

$$k_t = k_o \cdot (1 - \sin\alpha) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Voor k_v en k_o kon een dergelijk eenvoudig verband niet worden vastgesteld.

Verder heeft hij nog bij benadering een eenvoudige betrekking tusschen v_w en v_s kunnen afleiden. De verhouding $\frac{v_w}{v_s} = n$ noemende, vond hij:

$$n = 1 + 2{,}5 \cdot \sin\alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Tenslotte berekende ir. Vreedenburgh de mate van luchtopname, die hij uitdrukt door het percentage lucht, dat in het mengsel van lucht en water aanwezig is, dat is dus $\frac{F_b - F_n}{F_b}$. Noemen we die L, dan is:

$$L = \frac{F_b - F_n}{F_b}, \text{ of daar } F_n = \frac{v_s}{v_w} \cdot F_b,$$

$$L = \frac{1 - \frac{v_s}{v_w}}{1} = \frac{\frac{v_w}{v_s} - 1}{\frac{v_w}{v_s}} = \frac{n-1}{n} \quad \ldots\ldots (4)$$

Samenvattende komen we uit de verhandeling van ir. Vreedenburgh tot de volgende betrekkingen, in den vervolge kortweg aan te duiden als de „formules Vreedenburgh":

$$\left.\begin{aligned} v_s &= k_t \cdot R_b^{\,2/3} \cdot \sin^{1/2}\alpha \\ v_w &= k_v \cdot R_n^{\,2/3} \sin^{1/2}\alpha \\ k_t &= k_o \cdot (1 - \sin\alpha) \\ n &= \frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin\alpha \\ L &= \frac{n-1}{n} \end{aligned}\right\}$$

Voorshands gelden deze formules — naar ir. Vreedenburgh opmerkt — alleen voor hellende goten met *rechthoekige doorsnede* en gemetseld in *vlak gevoegd breuksteen metselwerk* met $k_o = 69$, in overeenstemming met de bij de goten *Dago* en *Bengkok* uitgevoerde metingen. In hoeverre zij ook toepassing kunnen vinden voor wanden van een andere materiaalsoort en voor doorsneden van een anderen vorm, zullen verdere proefnemingen in zulke goten moeten uitwijzen.

Men kan daarvoor gebruik maken van de door anderen uitgevoerde metingen, en verder ook nog nadere proeven verrichten met bestaande goten of met modellen in laboratoria.

Wij zullen hieronder allereerst de „formules Vreedenburgh" toetsen aan de uitkomsten van elders verrichte proeven. Het ligt in de bedoeling ook proefnemingen te doen met een model in het

Waterloopkundig Laboratorium te Delft. Voor metingen in bestaande hellende goten bestaat hier geen gelegenheid.

I. Toetsing der „formules Vreedenburgh" aan de resultaten van elders verrichte proefnemingen.

1. Gebruikte proefnemingen.

We beschikken daarvoor in de waterbouwkundige literatuur over:

a. De door Ministerialrat Ing. R. Ehrenberger uitgevoerde bekende laboratoriumproeven met *rechthoekige* goten van *geschaafd hout,* nader omschreven in diens verhandeling „Wasserbewegung in steilen Rinnen, mit besonderer Berücksichtigung der Selbstbelüftung", opgenomen in het *Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architektenvereins,* Heft 15-16 und 17-18, Jahrgang 1926; zie ook zijne verhandeling „Eine neue Geschwindigkeitsformel für künstliche Gerinne mit starken Neigungen (Schussstennen) und Berechnung der Selbstbelüftung des Wassers" in *Die Wasserwirtschaft,* Heft 28-29 van 1930.

b. De verrichte proefnemingen bij de bestaande hellende goot aan het „Rutzwerk" in Oostenrijk, waarvan de resultaten mede nader zijn omschreven in de eerste der *sub. a* aangehaalde verhandelingen. Deze goot is met *hout* bekleed en is *trapeziumvormig.*

c. De door de *Reclamation Service* uitgevoerde proefnemingen bij verschillende *rechthoekige* hellende goten van *gewapend beton,* behoorende tot het *Boise*-project in Idaho, Amerika. Zie hiervoor het handboek van B. A. Etcheverry: „Irrigation practice and engineering" deel III, blz. 260 en 261.

De gegevens en uitkomsten van de bovengenoemde proefnemingen zijn verzameld in *staat I.* Volledigheidshalve zijn daarin ook die van de metingen in de goten *Dago* en *Bengkok* opgenomen.

In totaal omvatten de terzake gepubliceerde mededeelingen de resultaten van 37 metingen, n.h.v. een voldoend aantal om bepaalde conclusies betreffende de bruikbaarheid der „formules Vreedenburgh" ook voor andere materiaalsoorten te kunnen trekken.

2. Toetsing ten aanzien van de k_o-waarden.

Om te beginnen zal worden nagegaan, in hoeverre de met de formules:

$$v_s = k_t \cdot R_h^{2/3} \cdot \sin^{1/2} \alpha$$

en $k_t = k_o \cdot (1 - \sin \alpha)$

uit de gepubliceerde cijfers te berekenen k_o-waarden overeenstemmen met de door Strickler vastgestelde normale gladheidsfactoren voor de betreffende materialen.

Uit de gegevens van *staat I* kunnen met behulp van de uit bovenstaande formules afgeleide betrekkingen

$$k_t = \frac{v_s}{R_h^{2/3} \cdot \sin^{1/2} \alpha}$$

en $$k_o = \frac{k_t}{1 - \sin \alpha}$$

de waarden van k_o worden berekend. De uitkomsten dezer berekeningen zijn neergelegd in *staat II* en worden hieronder achtereenvolgens besproken.

A. Laboratoriumproeven Ehrenberger.

Zooals reeds werd medegedeeld, werden deze proeven uitgevoerd met rechthoekige goten van geschaafd hout, waarvoor volgens Strickler k_o te stellen is op 100.

De metingen omvatten 5 series van waarnemingen bij verhangen I (= tg α) van 0,155 — 0,206 — 0,320 — 0,495 en 0,762 en met waterhoeveelheden Q van 10 — 20 — 31 en 44,5 l/sec. Uit kolom 8 van *staat I* blijkt, dat de R_h-waarden alle gelegen zijn beneden de laagste grens van R_h = 0,037 m, waarvoor de door Strickler bepaalde k_o-waarden nog werden nagegaan.

De in *staat II* voorkomende berekende k_t-waarden blijken voor eenzelfde helling der goten niet constant te zijn, zooals de k_t-formule van Vreedenburgh zou doen verwachten, doch deze waarden nemen af bij toename van R_h. Teneinde dus de k_t-waarde volgens Vreedenburgh, afgeleid uit de voor een bepaalde materiaalsoort geldende constante k_o-waarde in de formule Gauckler-Manning, te kunnen vergelijken met de uit de proeven Ehrenberger berekende k_t-waarden, dienen voor éénzelfden hellingshoek, dus voor elke proefserie, de *gemiddelde* k_t-waarden genomen te worden. Deze laatste waarden werden ingeschreven in kolom 4 van *staat II,* waarmede correspondeeren de gemiddelde k_o-waarden in kolom 6.

Blijkens de voor deze laatste waarden berekende cijfers wijken de voor de proefseries IV en V verkregen k_o-waarden belangrijk af van de door Strickler voor geschaafd hout vastgestelde k_o = 100. Volgens mededeeling van Ing. Ehrenberger reikte de luchtopname bij serie IV tot aan den gootbodem, terwijl bij serie V op den bodem reeds een sterke luchtopname plaats had, zoodat de mogelijkheid niet uitgesloten is, dat deze omstandigheden van invloed zijn geweest op de hooger geconstateerde afwijkingen bij deze proefseries. Bij de beoordeeling der in kolom 6 opgenomen gemiddelde k_o-waarden kunnen de voor de series IV en V verkregen waarden dan ook beter buiten beschouwing gelaten worden.

Als gemiddelde k_o-waarde voor de series I, II en III vinden we dan:

$$k_o = \frac{107 + 104 + 105}{3} = \text{rond } \underline{105}$$

gevende dus een afwijking van 5% der Strickler-waarde.

Echter kan als zeker worden aangenomen, dat voor zeer kleine R_h-waarden, zooals bij deze laboratoriumproeven voorkwamen, het bijzonder moeilijk is om aan de proefgoten eene zoodanige gladheid te geven als noodig zou zijn om ze met de in de practijk voorkomende gevallen volledig te kunnen vergelijken en dat, hoe kleiner de R_h-waarde is, hoe minder zuiver de uitkomst zal zijn.

Laten we deswege de waarnemingen met Q = 10 l/sec eveneens buiten beschouwing, dan geven de

overige 9 waarnemingen der series I, II en III als gemiddelde k_o-waarde:

$$k_o = \text{rond } \underline{103}$$

dus nog slechts een afwijking vertoonende van 3%.

Vervolgens de metingen met $Q = 20$ l/sec weglatende, vinden we voor de resteerende waarnemingen

$$k_o = \text{rond } \underline{100}$$

dus geheel overeenkomende met de Strickler-waarde.

De waarnemingen alleen met $Q = 44{,}5$ l/sec geven als resultaat

$$k_o = \text{rond } \underline{98}, \text{ afwijking } 2\%.$$

Voegen we bij deze laatste nog de waarneming voor $Q = 44{,}5$ l/sec van serie IV, zijnde in verband met de luchtopname de meest betrouwbare dezer serie, dan vinden we:

$$k_o = \text{rond } \underline{99}, \text{ afwijking } 1\%.$$

Uit de gegeven beschouwingen kan n.h.v. de gevolgtrekking gemaakt worden, dat de gevonden gemiddelde k_o-waarden bevredigend genoemd kunnen worden, te meer waar de betrekkelijk geringe afwijkingen gevoegelijk aan waarnemingsfoutjes bij het meten der zeer geringe waterdieptes toegeschreven kunnen worden. Het is toch uiteraard zeer moeilijk den waterspiegel bij een waterluchtmengsel absoluut zuiver vast te stellen.

Opmerking.

Zooals hierboven reeds werd opgemerkt, zou uit de in kolom 3 gegeven uitkomsten van de proeven van Ing. Ehrenberger moeten volgen, dat voor eenzelfde helling der goten de k_t-waarde niet constant is, maar dat deze afneemt naarmate R_b grooter wordt.

Door eene vergelijking van de formules, die Ing. Ehrenberger uit zijne proeven heeft opgesteld, met die van ir. Vreedenburgh kan het volgende verband tusschen k_t en R_b worden afgeleid.

De formules van Ing. Ehrenberger luiden, bij gebruik van de in de inleiding dezer verhandeling gegeven notaties, als volgt:

$$v_w = 55 \cdot R_b^{\,0{,}52} \cdot \sin^{\,0{,}40} \alpha$$

$$P_w = \begin{cases} 0{,}40 \cdot R_b^{\,-0{,}05} \cdot \sin^{\,-0{,}26} \alpha & \text{voor } \sin\alpha < 0{,}476 \\ 0{,}28 \cdot R_b^{\,-0{,}05} \cdot \sin^{\,-0{,}74} \alpha & \text{voor } \sin\alpha > 0{,}476 \end{cases}$$

waarin P_w voorstelt de mate van luchtopname, uitgedrukt door de verhouding van de hoeveelheid water, dat in het mengsel van water en lucht aanwezig is, tot het mengsel zelf, dat is dus $\frac{F_n}{F_b}$. Derhalve is

$$P_w = \frac{F_n}{F_b} = \frac{v_s}{v_w} \left(= \frac{1}{n} \text{ volgens Vreedenburgh}\right).$$

Hieruit volgt, dat $v_s = v_w \cdot P_w$ en derhalve, dat voor $\sin\alpha < 0{,}476$:

$$v_s = 55 \cdot R_b^{\,0{,}52} \cdot \sin^{\,0{,}40}\alpha \cdot 0{,}40 \cdot R_b^{\,-0{,}05} \cdot \sin^{\,-0{,}26} \alpha$$

of $v_s = 22 \cdot R_b^{\,0{,}47} \cdot \sin^{\,0{,}14} \alpha$

We kunnen dit schrijven in den vorm der v_s-formule van Vreedenburgh

$$v_s = (22 \cdot R_b^{\,-0{,}20} \cdot \sin^{\,-0{,}36} \alpha) \cdot R_b^{2/3} \cdot \sin^{1/2} \alpha$$

waaruit volgt, dat

$$k_t = 22 \cdot R_b^{\,-0{,}20} \cdot \sin^{\,-0{,}36} \alpha$$

Voor $\sin\alpha > 0{,}476$ vinden we op overeenkomstige wijze:

$$k_t = 15{,}4 \cdot R_b^{\,-0{,}20} \cdot \sin^{\,-0{,}84} \alpha$$

Berekent men met deze betrekkingen de k_t-waarden, dan blijken die over het algemeen overeen te stemmen met de volgens de formule van Vreedenburgh berekende en in de kolommen 3 en 4 van *staat II* voorkomende waarden. In het bijzonder is dit het geval met de gemiddelde waarden, zooals uit onderstaand overzicht volgt.

volgens de formule	Serie I	Serie II	Serie III	Serie IV	Serie V
$k_t = \frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot \sin^{1/2}\alpha}$	90,3	83,1	73,1	64,6	49,2
$k_t = 22 \cdot R_b^{-0{,}20} \cdot \sin^{-0{,}36}\alpha$	91,1	83,0	72,1	—	—
$k_t = 15{,}4 \cdot R_b^{-0{,}20} \cdot \sin^{-0{,}84}\alpha$	—	—	—	65,6	49,9

B. Proefnemingen goot Rutzwerk.

De helling dezer goot, waarvan het profiel *trapeziumvormig* is, komt overeen met die der houten proefgoot sub V van Ehrenberger ($\sin\alpha = 0{,}606$). Over het materiaal en de afwerking der goot wordt in de verhandeling van Ehrenberger niets aangetroffen. Terzake werden nadere inlichtingen van hem gevraagd en verkregen, waaruit bleek, dat de goot een bodembreedte heeft van 2,50 m en een bovenbreedte van 4,60 m bij een diepte van 1,60 m, terwijl zij aan de binnenzijde bekleed is met *houten* planken, waarvoor volgens Ing. Ehrenberger genomen moet worden in de formule van Ganguillet en Kutter

$$n = 0{,}010 \text{ tot } 0{,}012$$

en in die van Gauckler-Manning-Strickler

$$k_o = 100 \text{ tot } 90$$

Op een drietal tijdstippen werden bij deze goot proefnemingen verricht, en wel:

1. drie metingen in 1913 door Rümelin en Angerer;
2. vier metingen in 1923 door het waterbouwkundig laboratorium te Weenen, en
3. vijf metingen in 1923 door het Waterkrachtswerk A. G.

Zooals Ing. Ehrenberger in zijne verhandeling opmerkt, mag aan de bij deze proeven vastgestelde afvoeren om nader aangegeven redenen geen al te groote nauwkeurigheid worden toegekend. De meest betrouwbare opgaven in dit opzicht zijn die voor de sub 3 bedoelde metingen, waarbij bovendien volledige dieptebepalingen in de goot hebben plaatsgehad. Wel werden de oppervlakte snelheden (v_o) nauwkeurig gemeten, waarna $v_w = 0{,}9 \cdot v_o$ genomen werd.

Nadat door Ing. Ehrenberger aan de meetresultaten de z.i. noodzakelijke vereffeningen waren aangebracht, werden voor Q, R_b en $v_s = \frac{Q}{F_b}$ de in *staat I* opgenomen waarden vastgesteld. Uit deze gegevens konden weder op de tevoren aangegeven wijze de grootheden k_t en k_o bepaald worden, waarvoor naar de kolommen 3 en 5 van *staat II* verwezen kan worden. Uit kolom 3 blijkt, dat de berekende k_t-waarden voor de eerste twee proefnemingen van Rümelin en Angerer, zoomede voor de eerste meting van het waterbouwkundig laboratorium dusdanige afwijkingen van de andere in die kolom aangegeven cijfers vertoonen, dat bedoelde drie metingen in dit opzicht buiten beschouwing dienen te blijven.

De overige 9 metingen geven dan als gemiddelde k_t-waarden achtereenvolgens 30,5 — 30,5 en 30,6 (kolom 4), welke waarden dus merkwaardig goed met elkaar overeenkomen, terwijl voor de bijbehoorende gemiddelde k_o-waarden gevonden wordt 77 — 78 en 78 (kolom 6), zoodat als k_o-waarde voor deze goot gesteld zou dienen te worden

$$k_o = \text{rond } \underline{78}$$

Deze k_o-waarde ligt aanmerkelijk beneden de tevoren vermelde laagste grens van $k_o = 90$, hetgeen een gevolg kan zijn van de minder nauwkeurige debietmetingen, waarvan voor de berekening van v_s werd uitgegaan. We zullen later zien, dat de waarden voor k_o, die worden verkregen, door in plaats van de debieten of van de waterdiepten, de meer nauwkeurig gemeten snelheden als grondslag te nemen, beter overeenstemmen met die van Strickler.

C. Proefnemingen Reclamation Service.

De hellende goten, waarin de metingen zijn gedaan, behooren alle tot het zgn. Boise-project in Idaho, Amerika; ze zijn uitgevoerd in *gewapend beton* en hebben alle een *rechthoekige* doorsnede.

De in het handboek van Etcheverry voorkomende gegevens en resultaten der bij deze goten gedane metingen zijn daaruit overgenomen met omwerking der voetmaten in metermaten (gerekend 1 foot = 0,305 m en 1 cub. foot = 0,0283 m³).

De in het werk opgegeven, uit de gemeten Q en h_b berekende n-waarden volgens Ganguillet en Kutter zijn als de juiste ruwheidsfactoren voor het gebruikte gootmateriaal te beschouwen, correspondeerende met v_s en R_b, op gelijke wijze dus als de k_t-waarden volgens ir. Vreedenburgh. Uit deze n-waarden valt op te maken, dat voor de betreffende goten de volgende normale gladheidsfactoren ongeveer zullen gelden:

Namen der goten	n	$k_t = \frac{1}{n}$	sin α	$k_o = \frac{k_t}{1 - \sin \alpha}$
Mora wasteway..	0,0104	96	0,081	105
Valley mound...	0,01119	89	0,157	106
Arena.....	0,01118	89	0,205	113
Lizard No. 1....	0,0124	81	0,082	88
Lizard No. 2....	0,0142	70	0,195	88

In de kolommen 3 en 5 van staat II werden achtereenvolgens weder opgenomen de met behulp van de formules Vreedenburgh uit de gemeten waarden van Q en h_b af te leiden k_t- en k_o-waarden. Voor de laatste vinden we in volgorde:

$$k_o = 105 — 105 — 115 — 87 \text{ en } 83.$$

De gevonden k_o-waarden komen behoorlijk met de boven aangegeven Strickler-waarden overeen.

D. Proefnemingen Vreedenburgh.

Tenslotte werden in *staat II* ook de uit de *proeven Vreedenburgh* verkregen resultaten meer overzichtelijk opgenomen. Alhoewel de gemiddelde k_o-waaarden (vide kolom 6) overeenstemmen met de bij de toevoerleiding vastgestelde $k_o = 69$, zoo blijken de voor de afzonderlijke metingen berekende k_o-waarden (kolom 5) evenzeer eene kleine afwijking te vertoonen, klaarblijkelijk als gevolg van niet te vermijden waarnemingsfouten.

Uit voorgaande beschouwingen en berekeningen kan n.h.v. geconcludeerd worden, dat de formules:

$$v_s = k_t \cdot R_b^{2/3} \cdot \sin^{1/2} \alpha$$
$$k_t = k_o \cdot (1 — \sin \alpha)$$

bevredigende uitkomsten hebben opgeleverd:

a. voor de gemiddelde k_t- en k_o-waarden der laboratoriumproeven Ehrenberger, voor zoover betreft de proefseries I, II en III, waarbij de uitkomsten voor de proeven met de grootere R_b-waarden de gunstigste resultaten geven;

b. voor de proefnemingen bij de goten der Reclamation Service, terwijl op de proefnemingen bij de goot Rutzwerk nader wordt teruggekomen.

3. Toetsing ten aanzien van de $\frac{v_w}{v_s}$-waarden en de luchtopname.

Vervolgens zal worden nagegaan, of de uit de verschillende metingen te berekenen verhouding $\frac{v_w}{v_s}$ overeenkomstige waarden oplevert als die, verkregen uit de formule

$$\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin \alpha$$

zooals door ir. Vreedenburgh werd vastgesteld.

De uitkomsten van deze berekeningen zijn verzameld in *staat III*. Daarin zijn tevens vermeld de uit de verschillende $\frac{v_w}{v_s}$-waarden berekende maten van

luchtopname L. Hieronder worden deze uitkomsten achtereenvolgens nader beschouwd.

A. Laboratoriumproeven Ehrenberger.

In kolom 4 van *staat III* werden de uit de resultaten der metingen berekende $\frac{v_w}{v_s}$-waarden voor elk dier metingen ingeschreven, waarna in kolom 5 voor elk der hellingen de gemiddelde $\frac{v_w}{v_s}$-waarde werd vermeld. De in kolom 2 opgenomen, uit de formule $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin \alpha$ voor elke helling berekende, waarden zijn daarmee rechtstreeks te vergelijken.

Er blijkt uit, dat de resultaten niet geheel met elkaar overeenstemmen, doch dat de $\frac{v_w}{v_s}$-waarden alle belangrijk *kleiner* zijn dan de waarden, gevonden uit de formule Vreedenburgh.

Hetzelfde geldt uiteraard ook voor de L-waarden.

B. Proefnemingen goot Rutzwerk.

Hiervoor moge eveneens verwezen worden naar *staat III*.

Alleen voor de eerste meting blijkt de $\frac{v_w}{v_s}$-waarde dusdanig van die der overige waarnemingen af te wijken, dat ze buiten beschouwing dient te blijven. Als gemiddelde $\frac{v_w}{v_s}$-waarde voor de resteerende 11 metingen vinden we dan:

$$\frac{v_w}{v_s} = 2{,}57$$

terwijl uit de formule van Vreedenburgh (vide kolom 2) becijferd wordt:

$$\frac{v_w}{v_s} = 2{,}52$$

zoodat bij deze goot de uit de waarnemingen afgeleide gemiddelde $\frac{v_w}{v_s}$-waarde iets *grooter* is dan die volgens de meergenoemde formule.

Hetzelfde geldt uiteraard ook voor de mate van luchtopname L.

C. Proefnemingen Reclamation Service.

Uit de kolommen 2 en 4 van *staat III* blijkt, dat de uit de waarnemingen berekende $\frac{v_w}{v_s}$-waarden voor de onderwerpelijke goten vrij aardig overeenstemmen met die volgens de formule Vreedenburgh. De goot *Arena* geeft in dit opzicht echter een abnormale afwijking. De goten sub B. 1 en B. 4 met vrijwel gelijk verhang leveren $\frac{v_w}{v_s}$-waarden, die nagenoeg aan elkaar gelijk zijn, hetgeen dus overeenstemt met de zienswijze van ir. Vreedenburgh.

Voor de in de kolommen 3 en 6 vermelde waarden van L geldt natuurlijk weer hetzelfde.

D. Proefnemingen Vreedenburgh.

Volgens diens verhandeling werden de werkelijke snelheden in de betreffende goten met drijvers bepaald, zoodat ook hier het vermoeden voor de hand lag, dat oppervlakte snelheden werden gemeten. Op grond daarvan werd aanvankelijk gemeend, dat de opgegeven snelheden, evenals bij de goot van het Rutzwerk, met 0,9 vermenigvuldigd moesten worden. Uit nadere van prof. ir. Vreedenburgh ontvangen inlichtingen is evenwel gebleken, dat in dit geval de met de drijvers gemeten snelheden inderdaad als de gemiddelde profielsnelheden beschouwd kunnen worden.

Bij de betreffende zeer groote snelheden, waarbij het water één witte schuimende massa was geworden, zegt hij, dat het passeeren van drijvers alleen kon worden waargenomen, wanneer zij bestonden uit groote bossen riet (alang-alang), die te Bengkok een diameter hadden van ± 60 cm en een lengte van ± 100 cm.

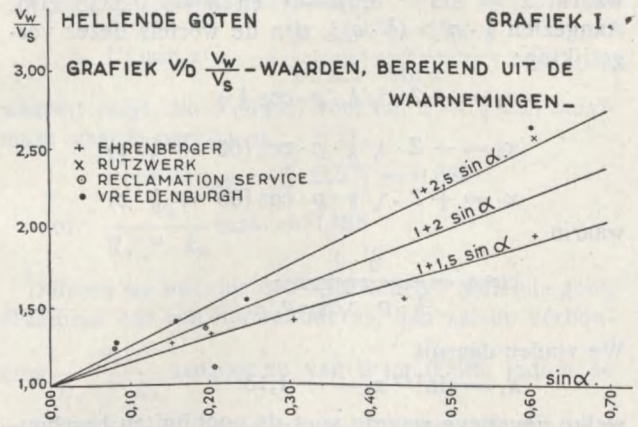
Door de groote turbulentie in deze gevallen van waterbeweging zal, naar zijn meening, de snelheidsverdeeling over het geheele profiel reeds ongeveer als constant kunnen worden aangenomen. Daar bovendien de groote bossen riet nagenoeg geheel in de schuimende massa verdwenen, zullen de gemeten snelheden derhalve weinig van de gemiddelde afwijken.

Het spreekt vanzelf dat, waar hij uit de verrichte waarnemingen de formule $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin \alpha$ heeft afgeleid, omgekeerd de daarmede berekende waarden van $\frac{v_w}{v_s}$ ongeveer moeten overeenstemmen met de uit de waarnemingen bepaalde cijfers. Voor de goot *Dago* is de eerste iets *grooter*, voor de goot *Bengkok* iets *kleiner*.

4. Nader onderzoek der $\frac{v_w}{v_s}$-formule.

Voor het berekenen der werkelijke gemiddelde profielsnelheden v_w in te ontwerpen goten is de verhouding $\frac{v_w}{v_s}$ van groot belang te achten, aangezien bij gelijk verhang deze verhouding vermoedelijk voor alle materiaalsoorten eene constante waarde heeft. Uit het voorgaande bleek echter, dat de door ir. Vreedenburgh afgeleide verhouding $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin \alpha$ niet geheel schijnt te voldoen, weshalve het gewenscht voorkomt de bij de verschillende waarnemingen berekende $\frac{v_w}{v_s}$-waarden in een grafiek te verzamelen, teneinde aldus te kunnen nagaan of het groote meerendeel wellicht aan eene andere vergelijking beantwoordt.

Met de gegevens uit kolom 5 van *staat III* werd een grafische voorstelling gemaakt van het verband tusschen $\frac{v_w}{v_s}$ en $\sin \alpha$ (vide *grafiek I*).



Uit deze *grafiek* blijkt, dat de uitkomsten van de waarnemingen van de goten *Dago* en *Bengkok* en die van het Rutzwerk zoo ongeveer om de lijn $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin \alpha$ liggen. Die van Ehrenberger schommelen meer om een lijn $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 1{,}5 \cdot \sin \alpha$, terwijl die van de goten van het Boise-project nogal uiteenloopen. Gedeeltelijk liggen ze nabij de eerste lijn, één ligt er bij de tweede lijn, terwijl de uitkomst van de waarneming B. 3 (van de goot *Arena*) een sterke afwijking vertoont. Vermoedelijk zal dit laaatste een gevolg zijn van het minder nauwkeurig meten van de werkelijke snelheden; dit vermoeden wordt versterkt door het feit, dat voor de iets minder hellende goot B. 5 (Lizard No. 2) een veel grootere waarde voor $\frac{v_w}{v_s}$ gevonden is.

Uit de *grafiek* wordt in het algemeen de indruk gekregen, dat de lijn $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin \alpha$ te hoog en $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 1{,}5 \cdot \sin \alpha$ te laag ligt, en dat een lijn $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2 \cdot \sin \alpha$ nog het beste tusschen de punten in valt.

Bij de beoordeeling van de op de *grafiek* weergegeven uitkomsten moet er overigens rekening mee gehouden worden, dat in het algemeen bij sterk hellende goten het doen van nauwkeurige waarnemingen zeer moeilijk is.

Voor de bepaling van de waarden van k_t en k_o in de kolommen 3 t/m 6 van *staat II* is uitgegaan van de gemeten debieten Q en waterdiepte h_b (*Fb*); deze hebben ook gediend voor de berekening van de waarden van $\frac{v_w}{v_s}$ in de kolommen 4 en 5 van *staat III*.

Nu valt in sommige gevallen op de metingen van Q minder te vertrouwen; dit is volgens Ehrenberger b.v. het geval met de waarnemingen in de goot van het Rutzwerk. In andere gevallen is ook de meting van de waterdiepte onnauwkeurig: hoe moeilijk het is, vooral in sterk hellende goten, om die met juistheid te bepalen, blijkt duidelijk uit de beschrijving, die Ehrenberger daarvan geeft, terwijl ook het feit, dat Vreedenburgh voor de diepte in de goot *Bengkok* opgeeft — bij $Q = 2{,}9$ m³/sec: $h_b = 0{,}35$ à $0{,}40$ m en bij $Q = 6$ m³/sec: $h_b = 0{,}65$ à $0{,}70$ m — daarop wijst.

Om zich nu onafhankelijk te maken van de onnauwkeurigheden, hetzij in de meting van Q, hetzij in in die van h_b, is nog een berekening uitgevoerd van de k_o-waarden, uitgaande in het eerste geval van h_b en v_w, en in het tweede geval van Q en v_w. Daarbij is dan v_s bepaald uit v_w door toepassing achtereenvolgens van de drie formules $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin \alpha$, $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2 \cdot \sin \alpha$ en $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 1{,}5 \cdot \sin \alpha$, teneinde uit de aldus verkregen uitkomsten te kunnen nagaan, welke van deze drie formules de beste uitkomsten geeft.

De resultaten van deze berekeningen zijn neergelegd in *staat IV*. Daaruit blijkt het volgende.

Voor de proefgoten van Ehrenberger loopen bij de verschillende hellingen de resultaten nogal uiteen. Neemt men het gemiddelde der 5 series, dan blijkt de formule $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2 \cdot \sin \alpha$ de beste uitkomsten te geven.

Dit is ook het geval voor de goot van het *Rutzwerk*.

Voor de goten van het *Boise-project* vindt men ook uiteenloopende waarden: hoewel die goten alle van gewapend beton zijn, verschillen ook de Strickler-waarden onderling nogal veel. Eene vergelijking van de gemiddelden toont ook hier evenwel het beste resultaat voor dezelfde formule $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2 \cdot \sin \alpha$.

Alleen voor de goten *Dago* en *Bengkok* voldoet — zooals trouwens te verwachten was — de ongewijzigde formule van Vreedenburgh het best.

Op grond van deze uitkomsten en van de eerder gegeven beschouwingen is de conclusie gewettigd, dat — zoolang uit nadere onderzoekingen niet anders blijkt — de $\frac{v_w}{v_s}$-formule zal dienen te luiden:

$$\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2 \cdot \sin \alpha$$

Onder hoofdstuk II dezer verhandeling, waarin uit de formules Vreedenburgh bijzondere eigenschappen voor de waterbeweging in hellende goten zullen worden afgeleid, zal op deze formule nogmaals worden teruggekomen.

5. Eindconclusies.

Uit voorgaande beschouwingen en berekeningen is gebleken, dat bij toetsing der „formules Vreedenburgh" aan de meetresultaten der behandelde proefnemingen het meerendeel dezer proeven bij toepassing dier formules bruikbare resultaten opleverde,

zij het dan de $\frac{v_w}{v_s}$-formule van Vreedenburgh vermoedelijk vervangen zal dienen te worden door

$$\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2 \cdot \sin \alpha$$

Daaruit kan de conclusie getrokken worden, dat deze formules gebruikt kunnen worden zoowel voor *trapeziumvormige* goten als voor *rechthoekige*, en zoowel voor goten van *hout*, *beton* of *gewapend beton* als voor die van vlak gevoegd *breuksteen metselwerk*.

Aangezien de gladheidsfactor k_v in de formule $v_w = k_v \cdot R_h^{2/3} \cdot \sin^{1/2} \alpha$ in geen lineair verband staat tot den normalen gladheidsfactor k_o, heeft deze formule voor het gebruik geen practische waarde, temeer waar v_w met behulp der $\frac{v_w}{v_s}$-formule zeer gemakkelijk uit v_s berekend kan worden. Van het toetsen der v_w-formule werd dan ook afgezien.

II. Bijzondere eigenschappen der waterbeweging in hellende goten, af te leiden uit de „formules Vreedenburgh".

1. Met behulp der v_s en k_t-formules af te leiden eigenschappen.

Van de door ir. Vreedenburgh afgeleide betrekkingen zijn de formules:

$$v_s = k_t \cdot R_b^{2/3} \cdot \sin^{1/2} \alpha$$

$$\text{en} \quad k_t = k_o \cdot (1 - \sin \alpha)$$

in zooverre de meest belangrijke, dat ze ons in staat stellen de bruto afmetingen der waterdoorsnede in het *normaal profiel* (d.i. het profiel voor eenparige beweging) van hellende goten te berekenen.

Daarbij doet zich nu deze merkwaardigheid voor, dat er *twee waarden van den hellingshoek α zijn, die bij gelijke bodembreedte dezelfde waterdiepte geven.* Berekenen we omgekeerd met den gemeten afvoer en de gootafmetingen de helling der goot, dan vinden we ook daarvoor twee waarden. Deze eigenschap blijkt uit het volgende.

Door substitutie van de waarde $k_t = k_o \cdot (1 - \sin \alpha)$ in de vergelijking $v_s = k_t \cdot R_b^{2/3} \cdot \sin^{1/2} \alpha$ vinden we

$$v_s = k_o \cdot (1 - \sin \alpha) \cdot R_b^{2/3} \cdot \sin^{1/2} \alpha$$

waaruit volgt:

$$(1 - \sin \alpha) \cdot \sin^{1/2} \alpha = \frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$$

Is nu b.v. van een goot met rechthoekig profiel de bodembreedte 2,50 m en de waterdiepte $h_b = 0{,}20$ m bij een debiet van 5 m³/sec, terwijl $k_o = 100$, dan vinden we voor $\frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ de waarde 0,3228. Dan is $\sin \alpha$ te bepalen uit de derdemachtsvergelijking

$$(1 - \sin \alpha) \cdot \sin^{1/2} \alpha = 0{,}3228.$$

Deze vergelijking is van den vorm

$$x^3 - p \cdot x + q = 0$$ [1])

1) Vide Hütte I, 23e Auflage, bladz. 53.

waarin $x = \sin^{1/2} \alpha$, $p = 1$ en $q = 0{,}3228$ zijn. Aangezien $\frac{1}{3} \cdot p^3 > (\frac{1}{2} \cdot q)^2$, zijn de wortels dezer vergelijking:

$$x_1 = -2 \cdot \sqrt{\tfrac{1}{3} \cdot p} \cdot \cos \tfrac{1}{3} \varphi$$

$$x_2 = +2 \cdot \sqrt{\tfrac{1}{3} \cdot p} \cdot \cos (60° - \tfrac{1}{3} \cdot \varphi)$$

$$x_3 = +2 \cdot \sqrt{\tfrac{1}{3} \cdot p} \cdot \cos (60° + \tfrac{1}{3} \cdot \varphi)$$

waarin

$$\cos \varphi = \frac{\frac{1}{2} \cdot q}{\frac{1}{3} \cdot p \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot p}}$$

We vinden daaruit

$$x_1 = \sin^{1/2} \alpha_1 = -1{,}13$$

welke negatieve waarde voor de goot buiten beschouwing kan blijven.

$$x_2 = \sin^{1/2} \alpha_2 = 0{,}7576 \quad \text{of} \quad \sin \alpha_2 = 0{,}5739$$

$$x_3 = \sin^{1/2} \alpha_3 = 0{,}3759 \quad \text{of} \quad \sin \alpha_3 = 0{,}1413$$

Men vindt dus beide hellingen voor eenzelfde goot met eenzelfde debiet bij dezelfde waterdiepte.

Onderzoeken we deze merkwaardigheid nader aan de hand der hooger afgeleide formule:

$$(1 - \sin \alpha) \cdot \sin^{1/2} \alpha = \frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$$

De waarde van $\frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ blijkt een functie te zijn van $\sin \alpha$.

Stellen we

$$f(\sin \alpha) = (1 - \sin \alpha) \cdot \sin^{1/2} \alpha$$

dan wordt deze functie $= 0$ voor

$$\sin \alpha = 0 \quad \text{of} \quad \alpha = 0°$$

$$\text{en voor } \sin \alpha = 1 \quad \text{of} \quad \alpha = 90°$$

terwijl voor waarden van $\sin \alpha$, gelegen tusschen 0 en 1, de functie een positieve waarde zal krijgen. Bij toename van $\sin \alpha$ van 0 tot 1 zal de factor $(1 - \sin \alpha)$ geleidelijk in waarde afnemen, die voor $\sin^{1/2} \alpha$ geleidelijk grooter worden, terwijl $f(\sin \alpha)$ tusschen genoemde grenzen eerst geleidelijk van 0 tot een zeker maximum zal aangroeien en daarna weer tot 0 zal afnemen; $f(\sin \alpha)$ stelt dus klaarblijkelijk een kromme lijn voor.

Voor welke waarde van $\sin \alpha$ zal

$$f(\sin \alpha) = (1 - \sin \alpha) \cdot \sin^{1/2} \alpha$$

een *maximum* worden?

Gedifferentieerd naar α vinden we:

$$f'(\sin \alpha) = \tfrac{1}{2} \cdot \cos \alpha \frac{1 - 3 \cdot \sin \alpha}{\sin^{1/2} \alpha}$$

$f'(\sin \alpha) = 0$ voor $1 - 3 \cdot \sin \alpha = 0$ of $\sin \alpha = \frac{1}{3}$ $(\alpha = 19° 28' 15'')$

$$\text{en voor} \quad \cos \alpha = 0 \text{ of } \alpha = 90°$$

Nogmaals gedifferentieerd naar α vinden we:

$$f''(\sin \alpha) = -\frac{3}{2} \cdot \frac{\sin^{1/2} \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha} -$$

$$-\tfrac{1}{4} \cdot \frac{(1 - 3 \cdot \sin \alpha) \cdot \cos^2 \alpha}{\sin^{3/2} \alpha} - \tfrac{1}{2} \cdot \sin \alpha \frac{1 - 3 \sin \alpha}{\sin^{1/2} \alpha}$$

Voor $(1 - 3 \cdot \sin \alpha) = 0$ wordt

$$f''(\sin\alpha) = -\frac{3}{2} \cdot \frac{\sin^{1/2}\alpha \cdot \cos^2\alpha}{\sin\alpha} < 0$$

waaruit volgt, dat f (sin α) voor sin $\alpha = \frac{1}{3}$ een *maximum* waarde bereikt of

$$f(\sin\alpha)_{\max.} = \tfrac{2}{3} \cdot 0{,}577 = 0{,}385$$

of $$\frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o} \text{ max.} = 0{,}385$$

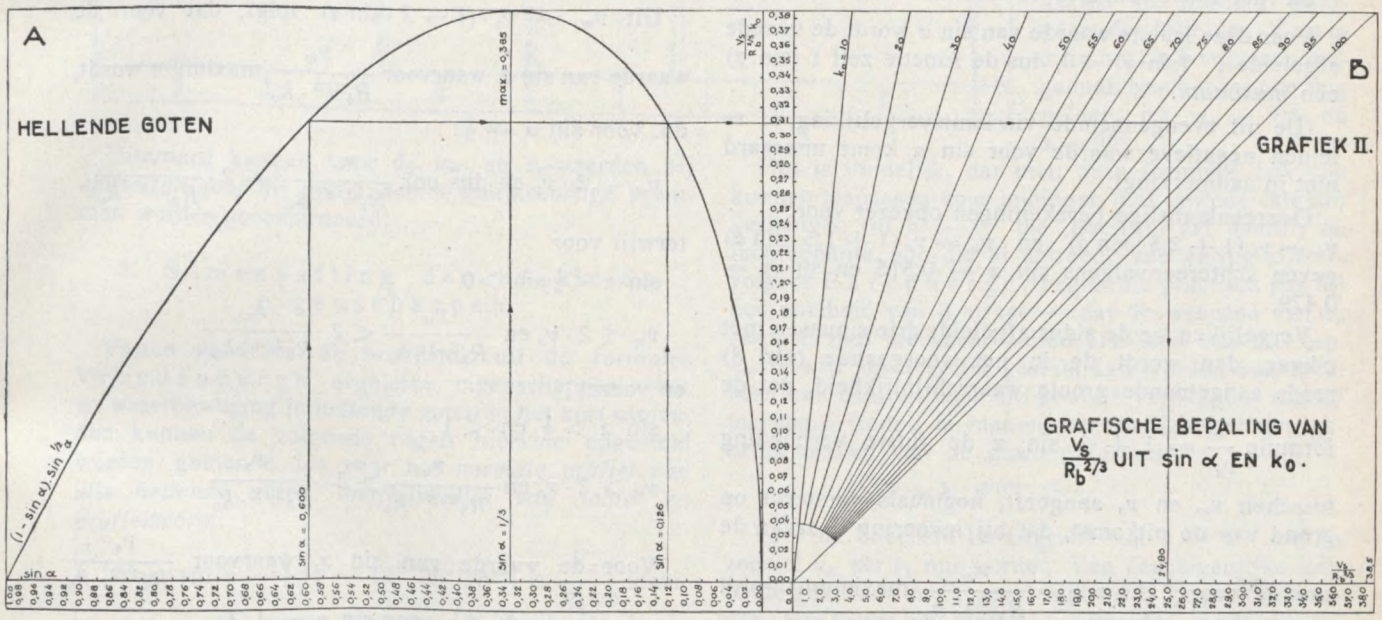
Denken we ons dus een willekeurige hellende goot, draaibaar om een horizontale as, dan zal de verhouding $\frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ aangroeien van 0 tot 0,385, indien de hellingshoek α toeneemt van 0° tot 19° 28′ 15″ (sin $\alpha = \frac{1}{3}$), en daarna weer afnemen van 0,385 tot 0, indien de hellingshoek toeneemt van 19° 28′ 15″ tot 90°. Een en ander werd grafisch voorgesteld in *grafiek II sub A*.

Volgens S t r i c k l e r is voorts de maximum waarde voor $k_o = 100$ te stellen voor zeer gladde wanden, m.a.w.

$$\frac{v_s}{R_b^{2/3}} \text{ max.} = k_o \cdot 0{,}385 = 100 \cdot 0{,}385 = 38{,}50$$

De verhouding van v_s tot $R_b^{2/3}$ varieert dus met de grootte van k_o en sin α en bereikt haar *absoluut maximum* van 38,50 voor sin $\alpha = \frac{1}{3}$ en $k_o = 100$.

Ook van deze verhouding is weder een grafische voorstelling te construeeren, waarvoor verwezen kan worden naar *grafiek II sub B*, waarin de waarden voor $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ zijn af te leiden uit $\frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ voor k_o-waarden van 10, 20, enz. t/m $k_o = 100$.



Uit de totale *grafiek II* blijken nu de volgende eigenschappen der waterbeweging in hellende goten.

1. Voor elke willekeurige goot bestaat er bij een bepaalden hellingshoek en een bepaalden gladheidsfactor — *onafhankelijk dus van het debiet en van den profielsvorm* — eene zekere verhouding tusschen v_s en $R_b^{2/3}$, met als maximum waarde 38,50 voor sin $\alpha = \frac{1}{3}$ en $k_o = 100$;

2. Bij eenzelfden gladheidsfactor bestaan er steeds *twee* hoeken — de één kleiner, de andere grooter dan 19° 28′ 15″ (sin $\alpha = \frac{1}{3}$) — die eenzelfde waarde opleveren voor $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$, c.q. voor v_s, h_b en R_b (F_b);

3. Voor elke willekeurige goot zal bij een bepaald debiet voor een hellingshoek $\alpha = 19° 28' 15''$ (sin $\alpha = \frac{1}{3}$) de waarde voor v_s een *maximum* en voor h_b, respectievelijk R_b (F_b) een *minimum* zijn.

Voorts volgt nog uit deze eigenschappen, dat, aangezien de profielsvorm geen invloed blijkt te hebben op de verhouding van v_s tot $R_b^{2/3}$, *de formules V r e e d e n b u r g h dus gelden voor elk willekeurig gootprofiel.*

2. M e t b e h u l p d e r v_w-, v_s- en k_t-f o r m u l e s a f t e l e i d e n e i g e n s c h a p p e n.

Gaan we vervolgens uit van de formules:

$$v_w = v_s \cdot (1 + 2 \cdot \sin\alpha)$$
$$v_s = k_t \cdot R_b^{2/3} \cdot \sin^{1/2}\alpha$$
en $$k_t = k_o \cdot (1 - \sin\alpha)$$

en substitueeren we de v_s- en k_t-waarden in de v_w-formule, dan ontstaat de volgende vergelijking:

$$v_w = k_o \cdot R_b^{2/3} \cdot \sin^{1/2}\alpha \cdot (1 - \sin\alpha) \cdot (1 + 2 \cdot \sin\alpha)$$

of

$$\frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o} = \sin^{1/2}\alpha \cdot (1 - \sin\alpha) \cdot (1 + 2 \cdot \sin\alpha)$$

Ook de verhouding van v_w tot $R_b^{2/3} \cdot k_o$ blijkt weer een functie te zijn van sin α.

Stellen we

$$f(\sin\alpha) = \sin^{1/2}\alpha \cdot (1 - \sin\alpha) \cdot (1 + 2 \cdot \sin\alpha)$$

dan wordt deze functie $= 0$ voor

$\sin\alpha = 0$ of $\alpha = 0°$
$\sin\alpha = 1$ of $\alpha = 90°$
$\sin\alpha = -\frac{1}{2}$ (valt voor hellende goten buiten beschouwing).

Gaan we thans weder na, voor welke waarde van $\sin\alpha$ deze functie een *maximum* waarde krijgt.

$$f(\sin\alpha) = \sin^{1/2}\alpha \cdot (1 - \sin\alpha) \cdot (1 + 2 \cdot \sin\alpha)$$

of $$f(\sin\alpha) = \sin^{1/2}\alpha + \sin^{3/2}\alpha - 2 \cdot \sin^{5/2}\alpha$$

Gedifferentieerd naar α geeft dit:

$$f'(\sin\alpha) = \tfrac{1}{2} \cdot \frac{\cos\alpha}{\sin^{1/2}\alpha} \cdot (1 + 3 \cdot \sin\alpha - 10 \cdot \sin^2\alpha)$$

$f'(\sin\alpha) = 0$ voor $\cos\alpha = 0$

en voor $1 + 3 \cdot \sin\alpha - 10 \cdot \sin^2\alpha = 0$ of $\sin\alpha = \frac{1}{2}$.

Voor deze laatste waarde van $\sin\alpha$ wordt de tweede afgeleide $f''(\sin\alpha) < 0$, dus de functie zelf $f(\sin\alpha)$ een *maximum*.

(De uit evengenoemde vierkantsvergelijking af te leiden negatieve waarde voor $\sin\alpha$ komt uiteraard niet in aanmerking).

Overeenkomstige berekeningen opgezet voor: $v_w = v_s(1 + 2{,}5 \cdot \sin\alpha)$ en $v_w = v_s(1 + 1{,}5 \cdot \sin\alpha)$ geven achtereenvolgens $\sin\alpha = 0{,}515$ en $\sin\alpha = 0{,}479$.

Vergelijken we de aldus afgeleide drie sinussen met elkaar, dan wordt de in het voorgaande (blz. 8) reeds aangetoonde groote waarschijnlijkheid, dat de formule $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2 \cdot \sin\alpha$ de juiste verhouding tusschen v_w en v_s aangeeft, nogmaals versterkt op grond van de uitkomst, dat bij invoering daarvan de waarde voor $f(\sin\alpha) = \frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ maximum wordt voor $\sin\alpha = \frac{1}{2}$ of $\alpha = 30°$, en *niet* voor in geringe mate daarvan afwijkende waarden van $\sin\alpha$, zooals zou volgen uit de twee andere $\frac{v_w}{v_s}$-vergelijkingen.

Voor $\sin\alpha = \frac{1}{2}$ wordt

$$f(\sin\alpha) = \frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o} \text{ max.} = \tfrac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot \tfrac{1}{2} \cdot 2 = 0{,}702$$

en voor $k_o = 100$

$$\frac{v_w}{R_b^{2/3}} \text{ max.} = 100 \cdot 0{,}702 = \underline{70{,}20}$$

Op gelijksoortige wijze als voor de v_s-verhoudingen kunnen nu de volgende eigenschappen voor de waterbeweging in hellende goten worden afgeleid met betrekking tot de v_w-verhoudingen.

1. Voor elke willekeurige goot, aan de bovenzijde draaibaar om een horizontale as, zal de verhouding $\frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ aangroeien van 0 tot 0,702, indien de hellingshoek toeneemt van 0° tot 30°, daarna weer afnemen van 0,702 tot 0, indien de hellingshoek toeneemt van 30° tot 90°.

2. Voor iedere goot bestaat er bij een bepaalden hellingshoek en een bepaalden gladheidsfactor — onafhankelijk dus van het debiet en van den profielsvorm — een zekere verhouding tusschen v_w en $R_b^{2/3}$, met als maximum waarde 70,20 voor $\sin\alpha = \frac{1}{2}$ en $k_o = 100$.

3. Bij eenzelfden gladheidsfactor bestaan er steeds twee hellingen — de één kleiner, de ander grooter dan 30° — die eenzelfde waarde opleveren voor $\frac{v_w}{R_b^{2/3}}$, c.q. voor v_w, h_b en R_b (F_b).

4. Voor elke willekeurige goot zal voor een bepaald debiet bij een hellingshoek $\alpha = 30°$ de waarde voor v_w een *maximum* en voor h_n, resp. R_n (F_n) een *minimum* zijn.

Uit $v_w = v_s \cdot (1 + 2 \cdot \sin\alpha)$ volgt, dat voor de waarde van $\sin\alpha$, waarvoor $\frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ maximum wordt, d.i. voor $\sin\alpha = \frac{1}{2}$:

$$v_w = 2 \cdot v_s \text{ en dus ook } \frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o} = 2 \cdot \frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$$

terwijl voor

$\sin\alpha < \frac{1}{2}$ en > 0

$$v_w < 2 \cdot v_s \text{ en } \frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o} < 2 \cdot \frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$$

en voor:

$\sin\alpha > \frac{1}{2}$ en < 1

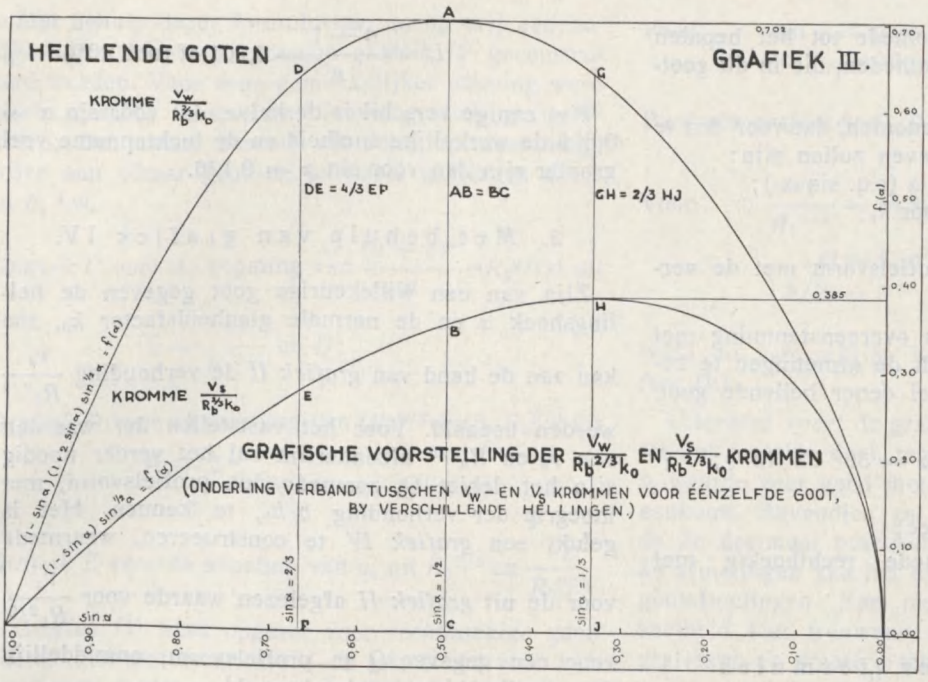
$$v_w > 2 \cdot v_s \text{ en } \frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o} > 2 \cdot \frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$$

Voor de waarde van $\sin\alpha$, waarvoor $\frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ *maximum* wordt, d.i. voor $\sin\alpha = 1/3$:

$$v_w = 1\tfrac{2}{3} \cdot v_s \text{ en } \frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o} = 1\tfrac{2}{3} \cdot \frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$$

Tenslotte merken we hierbij nog op, dat voor een goot met een bepaalde helling wel de afzonderlijke waarden voor v_w en v_s zullen varieeren met het debiet, maar dat de verhouding tusschen die beide snelheden voor alle mogelijke debieten dezelfde blijft.

Het spreekt vanzelf, dat voor de grootheden $\frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ en $\frac{v_w}{R_b^{2/3}}$ een soortgelijke grafiek kan samengesteld worden als *grafiek II* voor de overeenkomstige v_s-verhoudingen. Teneinde het onderling verband tusschen de krommen $\frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ en $\frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$ te doen uitkomen, werden deze twee krommen voor waarden van $\sin\alpha$ van 0 tot 1 ingeteekend in één *grafiek III*.



Uiteraard kunnen voor de v_w- en v_s-waarden bij *eenzelfde goot* bij gelijk debiet gelijksoortige krommen worden geconstrueerd.

3. Samenvatting der afgeleide eigenschappen.

Vatten we de in dit hoofdstuk uit de formules Vreedenburgh afgeleide eigenschappen voor de waterbeweging in hellende goten in het kort samen, dan kunnen de volgende *regels* hiervoor opgesteld worden, geldende dus voor het *normale profiel van alle hellende goten, onafhankelijk van debiet en profielsvorm.*

I. Voor $\sin\alpha = \frac{1}{3}$ ($\alpha = 19° 28' 15''$) is $\frac{V_s}{R_b^{2/3}}$ maximum $= 0{,}385 \cdot k_o$, terwijl bij een bepaald debiet v_s maximum en h_b resp. R_b (F_b) minimum zijn.

II. Neemt α af (tot 0°) of toe (tot 90°), dan neemt in beide gevallen $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ af (tot 0), terwijl ook v_s afneemt en h_b resp. R_b (F_b) toenemen.

III. Voor $\sin\alpha = \frac{1}{2}$ ($\alpha = 30°$) is $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ maximum $= 0{,}702 \cdot k_o$, terwijl bij een bepaald debiet v_w maximum is en h_n resp. R_n (F_n) minimum zijn.

IV. Neemt α af (tot 0°) of toe (tot 90°), dan neemt in beide gevallen $\frac{v_w}{R_b^{2/3}}$ af (tot 0), terwijl ook v_w afneemt, en h_n resp. R_n (F_n) toenemen.

V. Bij eenzelfden gladheidsfactor bestaan steeds 2 hellingshoeken — de één kleiner en de ander grooter dan 19° 28' 15'' ($\sin\alpha = \frac{1}{3}$) — die dezelfde waarden zullen opleveren voor $\frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$, $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$, v_s en F_b.

VI. Bij eenzelfden gladheidsfactor bestaan steeds 2 hellingshoeken — de één kleiner en de ander grooter dan 30° ($\sin\alpha = \frac{1}{2}$) — die dezelfde waarden zullen opleveren voor $\frac{v_w}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$, $\frac{v_w}{R_b^{2/3}}$, v_w en F_n.

4. Nadere beschouwing der limietwaarden voor de „formules Vreedenburgh".

Tenslotte dienen nog de *limietwaarden* onder oogen gezien te worden, waarvoor de formules Vreedenburgh volgens voorgaande beschouwingen nog gelden, n.l. $\alpha = 0°$ en $\alpha = 90°$.

Het is duidelijk, dat men deze formules ook zou kunnen toepassen voor leidingen met gewone (kleine) verhangen tot $\alpha = 0°$ toe. Evenwel zal daarbij de luchtopname, zoo die al optreedt, zoo gering zijn — volgens Ehrenberger begint die practisch pas bij een snelheid van 3 m/sec — dat de waarden van v_s resp. k_t niet merkbaar zullen afwijken van v_w resp. k_o, terwijl sin α gelijk gesteld kan worden aan tg α. Men kan daarom voor die gewone verhangen, zonder merkbare fouten te maken, eenvoudigheidshalve gebruik maken van de gewone formule

$$v = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}.$$

Voor de bovenste limietgrens van $\alpha = 90°$ zullen zoowel v_w als v_s nul worden. Van een eigenlijke hellende goot kan in dit geval niet meer gesproken worden. Het water zou alsdan — uiteraard zonder beginsnelheid — de wanden van een verticale goot moeten volgen, hetgeen ondenkbaar is, daar het water in druppels zal uiteenvallen, zoodat er van een stroomende waterbeweging in den gewonen zin geen sprake meer is. Van practisch belang is deze limietwaarde dan ook niet. Slechts kan gezegd worden, dat voor hellingshoeken boven 19° 28' 15'' de v_s-snelheid en voor hoeken boven 30° de v_w-snelheid geleidelijk zullen afnemen. In dit verband moge gewezen worden op het in de verhandeling Ehrenberger in beschouwing genomen verschijnsel der „Selbstbelüftung" in hellende goten, d.w.z. dat als gevolg der luchtopname een automatische energievernietiging plaats heeft door de remmende werking van den luchtweerstand op de snelheid.

III. De bepaling van de afmetingen van het normaal profiel van een hellende goot uit den hellingshoek, den profielsvorm en het debiet.

Aan de hand van een concreet voorbeeld zal thans overgegaan worden tot het berekenen der afmetingen

van het *normaal profiel,* zoomede tot het bepalen der snelheden en verdere grootheden, die in dit gootgedeelte optreden.

Als regel kan worden aangenomen, dat voor een te ontwerpen hellende goot gegeven zullen zijn:

de hellingshoek α (c.q. sin α);
de gladheidsfactor k_o;
het debiet Q;
zoomede de profielsvorm met de verhouding b/h_b.

Veronderstellen we, dat in overeenstemming met deze aanname gevraagd wordt de afmetingen te bepalen van het normaal profiel eener hellende goot, waarvan:

$\sin \alpha = 0{,}600$ ($\alpha = 36° 52' 13''$);
$k_o = 80$;
$Q = 5$ m³/sec;
en de doorsnede rechthoekig met $b/h_b = 3$.

1. Met behulp der „formules Vreedenburgh".

Voor een rechthoekige doorsnede met

$$b/h_b = 3 \text{ is } \left.\begin{array}{l} F_b = 3 \cdot h_b^2 \\ O_b = 5 \cdot h_b \end{array}\right\} R_b = \frac{3}{5} \cdot h_b$$

$$k_t = k_o \cdot (1 - \sin \alpha) = 80 \cdot 0{,}4 = 32$$

$$F_b \cdot v_s = F_b \cdot k_t \cdot R_b^{2/3} \cdot \sin^{1/2} \alpha = Q$$

of $$3 \cdot h_b^2 \cdot 32 \cdot (\frac{3}{5} \cdot h_b)^{2/3} \cdot \sqrt{0{,}60} = 5$$

Geeft na uitwerking $h_b = 0{,}413$ m

$$b = 3 \cdot h_b = 1{,}239 \text{ m}$$

Hiermede zijn practisch de afmetingen van het normaal profiel bepaald, zoodat met inachtname der noodig geachte waking de gootdoorsnede ter plaatse van dit profiel kan worden vastgesteld. De overige grootheden zijn verder als volgt te berekenen.

$$F_b = 3 \cdot h_b^2 = 0{,}512 \text{ m}^2$$
$$v_s = Q/F_b = 9{,}76 \text{ m/sec}$$
$$n = v_w/v_s = 1 + 2 \cdot \sin \alpha = 2{,}2$$
$$v_w = 2{,}2 \cdot v_s = 21{,}47 \text{ m/sec}$$

$$L = \frac{n-1}{n} = 0{,}545 \text{ of rond } 55\%$$

Volgens *grafiek II* bestaat er voor deze goot een tweede hellingshoek met $\sin \alpha = 0{,}126$ ($\alpha = 7° 10' 50''$), die eenzelfde waarde oplevert voor $v_s/R_b^{2/3}$, c.q. voor v_s en F_b. Bij deze helling vinden we voor het normaal profiel precies dezelfde afmetingen en dezelfde v_s als voor $\sin \alpha = 0{,}600$.

Verder zijn:

$$n = \frac{v_w}{v_s} = 1 + 2 \cdot \sin \alpha = 1{,}252$$

$$v_w = 1{,}252 \cdot v_s = 12{,}22 \text{ m/sec}$$

$$L = \frac{n-1}{n} = 0{,}201 \text{ of rond } 20\%$$

Het eenige verschil is derhalve, dat voor $\sin \alpha = 0{,}600$ de werkelijke snelheid en de luchtopname veel grooter zijn dan voor $\sin \alpha = 0{,}126$.

2. Met behulp van grafiek IV.

Zijn van een willekeurige goot gegeven de hellingshoek α en de normale gladheidsfactor k_o, zoo kan aan de hand van *grafiek II* de verhouding $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ worden bepaald. Voor het vaststellen der waarden van v_s en $R_b^{2/3}$ afzonderlijk zal het verder noodig zijn het debiet Q, zoomede den profielsvorm, met inbegrip der verhouding b/h_b, te kennen. Het is gelukt een *grafiek IV* te construeeren, waarmede voor de uit *grafiek II* afgelezen waarde voor $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ voor een gegeven Q en profielsvorm, onmiddellijk de v_s-snelheid kan worden bepaald.

De constructie dezer *grafiek IV* berust op het volgende.

Volgens *grafiek II* is $\frac{v_s}{R_b^{2/3}} = C$ (constante $\overline{=}$ 38,50)

of $$v_s = C \cdot R_b^{2/3}.$$

Uit de algemeene formule $Q = v_s \cdot F_b$ volgt:

$$v_s = \frac{Q}{F_b}$$

zoodat:

$$C \cdot R_b^{2/3} = \frac{Q}{F_b}$$

Voor een *rechthoekig* profiel met $b = n \cdot h_b$ geldt:

$$\left.\begin{array}{l} F_b = n \cdot h_b^2 \\ O_b = (n+2) \cdot h_b \end{array}\right\} R_b = \frac{n}{n+2} \cdot h_b$$

of

$$h_b = \frac{n+2}{n} \cdot R_b$$

$$F_b = n \cdot h_b^2 = n \cdot \frac{(n+2)^2}{n^2} \cdot R_b^2 = \frac{(n+2)^2}{n} \cdot R_b^2$$

waaruit volgt:

$$C \cdot R_b^{2/3} = \frac{Q}{\frac{(n+2)^2}{n} \cdot R_b^2}$$

of

$$\frac{(n+2)^2}{n} \cdot (R_b^{2/3})^4 = \frac{Q}{C}$$

Met behulp dezer formule kan nu op vrij eenvoudige wijze de hoogerbedoelde *grafiek IV* geconstrueerd worden. Voor eene gemakkelijker aflezing werd hierin *grafiek II* met de nieuwe grafiek gecombineerd. De laatste bestaat uit drie, op doelmatige wijze aan elkaar gepaste, partieele grafieken *C*, *D* en *E*, t.w.

Grafiek C voor de bepaling van $\frac{(n+2)^2}{n} \cdot (R_b^{2/3})^4$ uit

$$C = \frac{v_s}{R_b^{2/3}} \text{ en } Q;$$

Grafiek D voor de bepaling van $(R_b^{2/3})^4$ c.q. $R_b^{2/3}$ uit

$$\frac{(n+2)^2}{n} \cdot (R_b^{2/3})^4 \text{ en } b/h_b, \text{ en}$$

Grafiek E voor de bepaling van v_s uit $R_b^{2/3}$ en $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$.

Grafiek IV werd opgezet voor *rechthoekige* gootdoorsneden met $b/h_b = 1 - 2$ t/m 10 en voor verschillende debieten tot een maximum van $Q = 25$ m³/sec. Grootere debieten zullen als regel bij hellende goten wel niet voorkomen, terwijl overigens voor dergelijke uitzonderingsgevallen de grafiek zeer gemakkelijk voor uitbreiding vatbaar is.

Voorts is een maximum verhouding van $b/h_b = 10$ meer dan voldoende te beschouwen, aangezien ondiepe, breede goten liefst vermeden dienen te worden. Hoewel van minder practisch belang, kan er nog op gewezen worden, dat de lijn $b/h_b = 8$ tevens kan gelden voor $b/h_b = \frac{1}{2}$.

Voor $Q_{\text{max.}} = 25$ m³/sec behoeft op geen grootere v_s-snelheid gerekend te worden dan ongeveer 20 m/sec, aangezien voor grootere v_s-snelheden de waarde voor $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ als regel zal stijgen boven 38,50, zijnde de maximum waarde voor hellende goten. In de partieele *grafiek E* werd dan ook v_s max. = 20 m/sec aangehouden.

Tenslotte kan het zijn nut hebben er op te wijzen, dat het inteekenen op de *grafiek IV* van k_o-, Q- en $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$-lijnen, gelegen *tusschen* de voor deze grootheden geconstrueerde rechte en gebogen lijnen, gemakkelijk is uit te voeren, daar de afstanden tusschen bedoelde lijnen in bepaalde richtingen *voor gelijke verschillen gelijk zijn*, waarvoor verder naar de grafiek verwezen kan worden (*a-b = b-c = c-d* enz.).

Toetsen we thans de grafische bepaling van v_s aan de in het begin van dit hoofdstuk uit de formules berekende uitkomsten, voor de te ontwerpen goot met sin $\alpha = 0{,}600$, dan vinden we: Partieele *grafieken A* en *B* (oude *grafiek II*):

Voor $\left.\begin{matrix}\sin\alpha = 0{,}600 \\ k_o = 80\end{matrix}\right\} \frac{v_s}{R_b^{2/3}} = 24{,}80$

Partieele *grafieken C, D* en *E*:

Voor $\left.\begin{matrix}\frac{v_s}{R_b^{2/3}} = 24{,}80 \\ Q = 5 \text{ m}^3/\text{sec} \\ b/h_b = 3\end{matrix}\right\} v_s = 9{,}75 \text{ m/sec}$

(vide de van pijltjes voorziene lijnen op de *grafiek IV*).

Uiteraard voert de grafische methode veel vlugger tot het gestelde doel, terwijl de daarmede verkregen v_s-waarde zeer goed met de berekende waarde overeenkomt. Bovendien zal eene geringe afwijking in de 2e decimaal practisch van geen invloed zijn op de afmetingen van het normaal profiel, c.q. de bruto gootafmetingen. Een meer juiste aflezing der v_s-snelheid kan trouwens verkregen worden door de grafieken op grootere schaal te teekenen.

Het behoeft geen nader betoog, dat voor sin $\alpha = 0{,}126$ voor dezelfde goot met gebruikmaking der grafiek eenzelfde waarde voor v_s gevonden zal worden als voor sin $\alpha = 0{,}600$, daar dit geheel logisch uit de grafiek zelf volgt.

Een soortgelijke grafiek als *grafiek IV* voor rechthoekige gootdoorsneden kan uiteraard opgezet worden voor andere profielsvormen. Zoo zal voor een *trapeziumvormig* gootprofiel met taluds van 1 op 1 de grondformule voor het samenstellen der grafiek als volgt weer zijn af te leiden.

Voor $b = n \cdot h_b$ is $F_b = (b + h_b) \cdot h_b = (n+1) \cdot h_b^2$

$$O_b = n \cdot h_b + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot h_b =$$

$$= (n + 2 \cdot \sqrt{2}) \cdot h_b$$

waaruit

$$R_b = \frac{n+1}{n+2\cdot\sqrt{2}} \cdot h_b \text{ of } h_b = \frac{n+2\cdot\sqrt{2}}{n+1} \cdot R_b$$

$$F_b = (n+1) \cdot \frac{(n+2\cdot\sqrt{2})^2}{(n+1)^2} \cdot R_b^2 =$$

$$= \frac{(n+2\cdot\sqrt{2})^2}{n+1} \cdot R_b^2$$

Uit $C \cdot R_b^{2/3} = \frac{Q}{F_b}$ wordt dan gevonden:

$$\frac{(n+2\cdot\sqrt{2})^2}{n+1} \cdot (R_b^{2/3})^4 = \frac{Q}{C}$$

Het is dus alleen een verschil in den coëfficiënt van $(R_b^{2/3})^4$ met de voor rechthoekige doorsneden afgeleide grondformule.

Overigens levert het samenstellen dezer grafiek geen bijzondere moeilijkheden op en kan ze, evenals die voor andere profielsvormen, in voorkomende gevallen zonder bezwaar worden opgezet.

Onder hoofdstuk II werd er reeds de aandacht op gevestigd, dat een soortgelijke *grafiek* als *grafiek II* voor $v_s/R_b^{2/3}$ kan opgezet worden voor het aflezen voor $v_w/R_b^{2/3}$, indien sin α en k_o gegeven zijn.

In aansluiting hierop is het mogelijk eene soortgelijke *grafiek* als *grafiek IV* te construeeren voor het aflezen van v_w, uitgaande dus van $v_w/R_b^{2/3}$.

Aangezien deze v_w-grafieken geen enkel voordeel bieden boven de hooger behandelde v_s-grafieken, kunnen ze hier gevoegelijk verder buiten beschouwing blijven.

IV. De bepaling van den hellingshoek van een hellende goot uit de afmetingen van het normaal profiel en het debiet.

Werd in het voorgaande hoofdstuk uitgegaan van de goothelling om voor een bepaalde goot met bekend debiet de afmetingen van het normaal profiel te berekenen, omgekeerd kan zich het geval voordoen, dat van zoo'n goot het normaal profiel (c.q. de schijnbare snelheid v_s) gegeven is, en gevraagd wordt den daarmede correspondeerenden hellingsboek te bepalen.

Nemen we als voorbeeld dezelfde goot als in hoofdstuk III werd behandeld, terwijl gegeven is:

Doorsnede rechthoekig met $b/h_b = 3$

$h_b = 0{,}413$ m

$k_o = 80$

$Q = 5$ m³/sec

Voor deze goot kan de hellingshoek α (c.q. sin α) als volgt worden berekend.

1. Met behulp der „formules Vreedenburgh."

Voor een rechthoekige doorsnede met $b/h_b = 3$ is

$$F_b = 3 \cdot h_b^2 = 3 \cdot (0{,}413\text{ m})^2 = 0{,}512\text{ m}^2$$

$$R_b = \frac{3}{5} h_b = \frac{3}{5} \times 0{,}413\text{ m} = 0{,}248\text{ m}$$

$$v_s = \frac{Q}{F_b} = \frac{5}{0{,}512}\text{ m/sec} = 9{,}76\text{ m/sec}$$

Ingevolge het op blz. 21 medegedeelde is

$$(1 - \sin\alpha) \cdot \sin^{1/2}\alpha = \frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot k_o}$$

Voor $v_s = 9{,}76$ m/sec, $R_b = 0{,}248$ m en $k_o = 80$ is

$$(1 - \sin\alpha) \cdot \sin^{1/2}\alpha = 0{,}3091$$

Aan deze vergelijking voldoen twee positieve waarden voor $\sin^{1/2}\alpha$, n.l.

$$\sin^{1/2}\alpha_1 = 2 \cdot \sqrt{\tfrac{1}{3} \cdot p} \cdot \cos(60° - \tfrac{1}{3} \cdot \varphi) \text{ en}$$

$$\sin^{1/2}\alpha_2 = 2 \cdot \sqrt{\tfrac{1}{3} \cdot p} \cdot \cos(60° + \tfrac{1}{3} \cdot \varphi)$$

waarin $p = 1$

$$q = 0{,}3091 \text{ en } \cos\varphi = \frac{\frac{1}{3} \cdot q}{\frac{1}{3} \cdot p \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot p}}$$

(terwijl de negatieve derde wortel der vergelijking voor hellende goten uiteraard buiten beschouwing blijft).

Zoodat $\cos\varphi = 0{,}8031$

$\varphi = 36° 33'$

$\frac{1}{3} \cdot \varphi = 12° 11'$

$60° - \frac{1}{3} \cdot \varphi = 47° 49'$

$60° + \frac{1}{3} \cdot \varphi = 72° 11'$

Geeft na uitrekening:

$$\sin\alpha_1 = 0{,}601 \quad \text{en } \sin\alpha_2 = 0{,}125$$

Deze uitkomsten verschillen slechts 0,001 met de gegeven sinussen der goot in het IIIe hoofdstuk, welk gering verschil uiteraard een gevolg is van verwaarloozing der lagere decimalen bij de verschillende berekeningen.

Tenslotte kunnen de waarden voor v_w en L weer met de $\frac{v_w}{v_s}$- en L-formule bepaald worden, waaruit gevonden wordt:

$v_w = 21{,}47$ m/sec (c.q. 12,22 m/sec)

$L = 0{,}545$ of rond 55% (c.q. 0,201 of rond 20%).

2. Met behulp van grafiek V.

De *sub 1* uitgevoerde vrij omvangrijke berekeningen kunnen met behulp eener *grafiek* weder ontgaan worden.

Op soortgelijke wijze toch als *grafiek IV* samengesteld werd voor het bepalen van v_s uit $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$, Q en b/h_b, kan eene *grafiek* opgezet worden voor het vaststellen van $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ uit v_s, Q en b/h_b. Is $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ hiermede bepaald, dan kan met behulp van *grafiek II* uit de

voor $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ gevonden waarde en de gegeven k_o-waaarde op eenvoudige wijze de sinus van den gevraagden hellingshoek worden afgelezen.

Zooals in het voorgaande reeds werd opgemerkt, zal elke waarde voor $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ steeds twee hoeken opleveren, die aan de gestelde voorwaarden zullen voldoen.

De constructie dezer nieuwe *grafiek* berust, analoog als voor *grafiek IV* werd aangegeven, op het volgende.

Voor een *rechthoekig* profiel met $b = n \cdot h_b$ geldt weer

$$\left.\begin{aligned} F_b &= n \cdot h_b^2 \\ O_b &= (n+2) \cdot h_b \end{aligned}\right\} \quad R_b = \frac{n}{n+2} \cdot h_b$$

$$h_b = \frac{n+2}{n} \cdot R_b$$

of

$$F_b = n \cdot h_b^2 = \frac{(n+2)^2}{n} \cdot R_b^2$$

De laatste waarde, ingevoerd in de algemeene formule, geeft:

$$Q = v_s \cdot F_b$$

$$= v_s \cdot \frac{(n+2)^2}{n} \cdot R_b^2$$

of

$$\frac{(n+2)^2}{n} \cdot (R_b^{2/3})^3 = \frac{Q}{v_s}$$

Met behulp van deze formule, van dezelfde structuur als de grondformule voor *grafiek IV*, kan weer op vrij eenvoudige wijze de hoogerbedoelde *grafiek* worden geconstrueerd, waarvoor naar *grafiek V* verwezen kan worden en waarin voor eene gemakkelijke aflezing, evenals zulks voor *grafiek IV* werd gedaan, *grafiek II* weder met de nieuwe *grafiek* werd gecombineerd.

De laatste bestaat weer uit drie, op doelmatige wijze aan elkaar gepaste, partiëele *grafieken A, B* en *C*, t.w.

Grafiek A voor de bepaling van $\frac{(n+2)^2}{n} \cdot (R_b^{2/3})^3$ uit v_s en Q;

Grafiek B voor de bepaling van $(R_b^{2/3})^3$ c.q. $R_b^{2/3}$ uit $\frac{(n+2)^2}{n} \cdot (R_b^{2/3})^3$ en b/h_b, en

Grafiek C voor de bepaling van $\frac{v_s}{R_b^{2/3}}$ uit $R_b^{2/3}$ en v_s.

Grafiek V werd, evenals *grafiek IV*, weer opgezet voor *recht*hoekige gootdoorsneden met $b/h_b = 1 - 2$ t/m 10, voor Q-waarden tot een maximum van 25m³/sec en voor v_s-waarden tot een maximum van 20 m/sec. Ook in deze *grafiek* is het inteekenen van k_o-, Q- en v_s-lijnen, gelegen tusschen de voor deze grootheden geconstrueerde rechte en gebogen lijnen, weer gemakkelijk uit te voeren, op gelijke wijze als voor *grafiek IV* reeds werd vermeld.

Voor een *trapeziumvormig* gootprofiel met taluds van 1 op 1 kan weer de volgende grondformule voor het samenstellen der *grafiek* worden afgeleid, uiteraard op analoge wijze als zulks voor *grafiek IV* werd aangegeven. De aldus te vinden grondformule luidt:

$$\frac{(n + 2 \cdot \sqrt{2})^2}{n+1} \cdot (R_b^{2/3})^3 = \frac{Q}{v_s}$$

Het opzetten der op deze formule gebaseerde *grafiek* levert geen bijzondere moeilijkheden op, evenmin als die voor andere profielsvormen in voorkomende gevallen te construeeren *grafieken*.

Toetsen we thans weder de grafische bepaling van sin α aan de *sub 1* van dit hoofdstuk uit de formules berekende uitkomsten, dan vinden we:
Partieele *grafieken A, B* en *C:*

Voor $\left.\begin{aligned} v_s &= 9{,}76 \text{ m/sec} \\ Q &= 5 \text{ m}^3\text{/sec} \\ b/h_b &= 3 \end{aligned}\right\} \frac{v_s}{R_b^{2/3}} = 24{,}80$

Partieele *grafieken D* en *E:*

Voor $\left.\begin{aligned} \frac{v_s}{R_b^{2/3}} &= 24{,}80 \\ k_o &= 80 \end{aligned}\right\} \sin \alpha = \begin{cases} 0{,}600 \\ 0{,}126 \end{cases}$

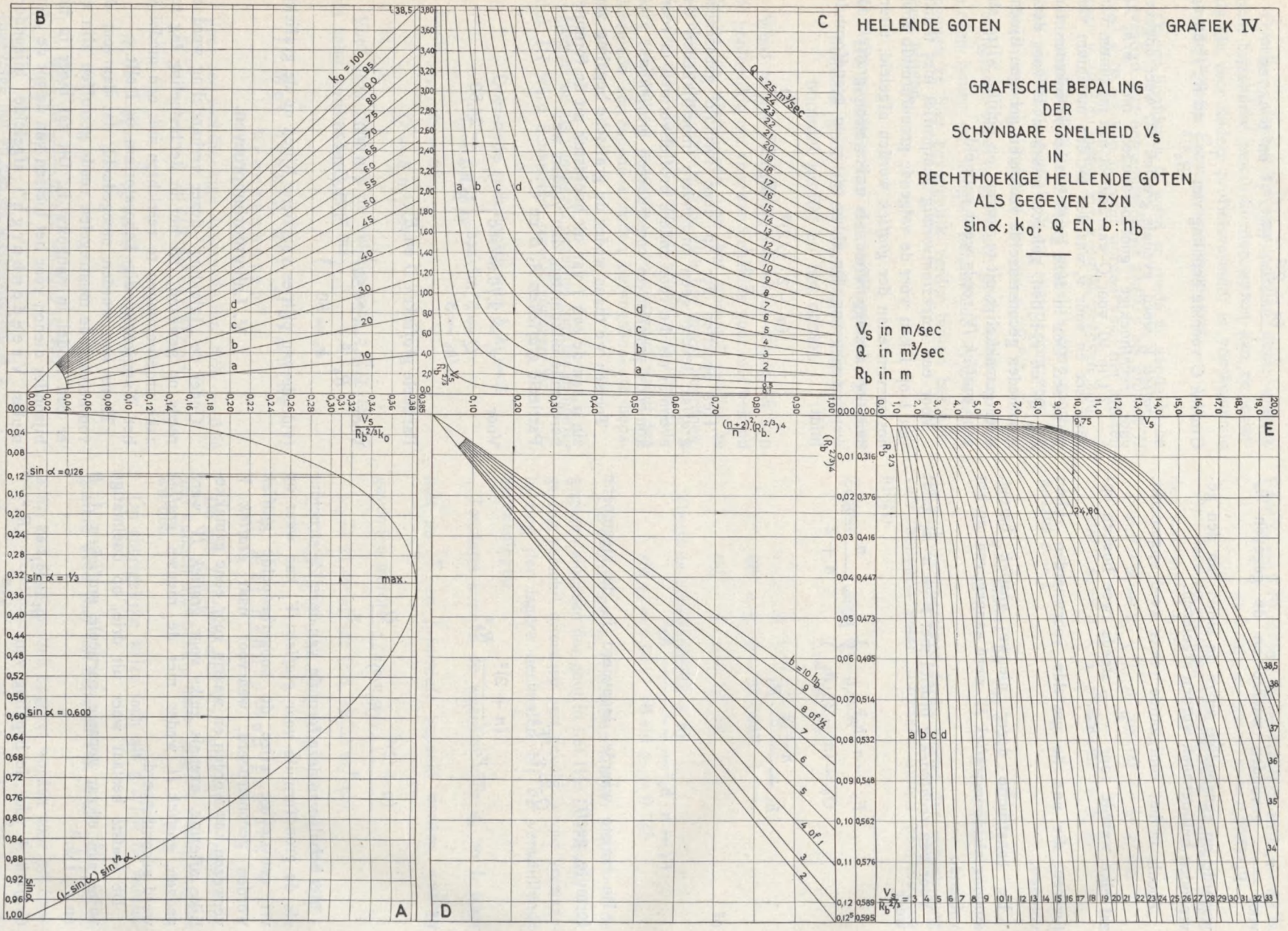
(vide de van pijltjes voorziene lijnen op de grafiek).

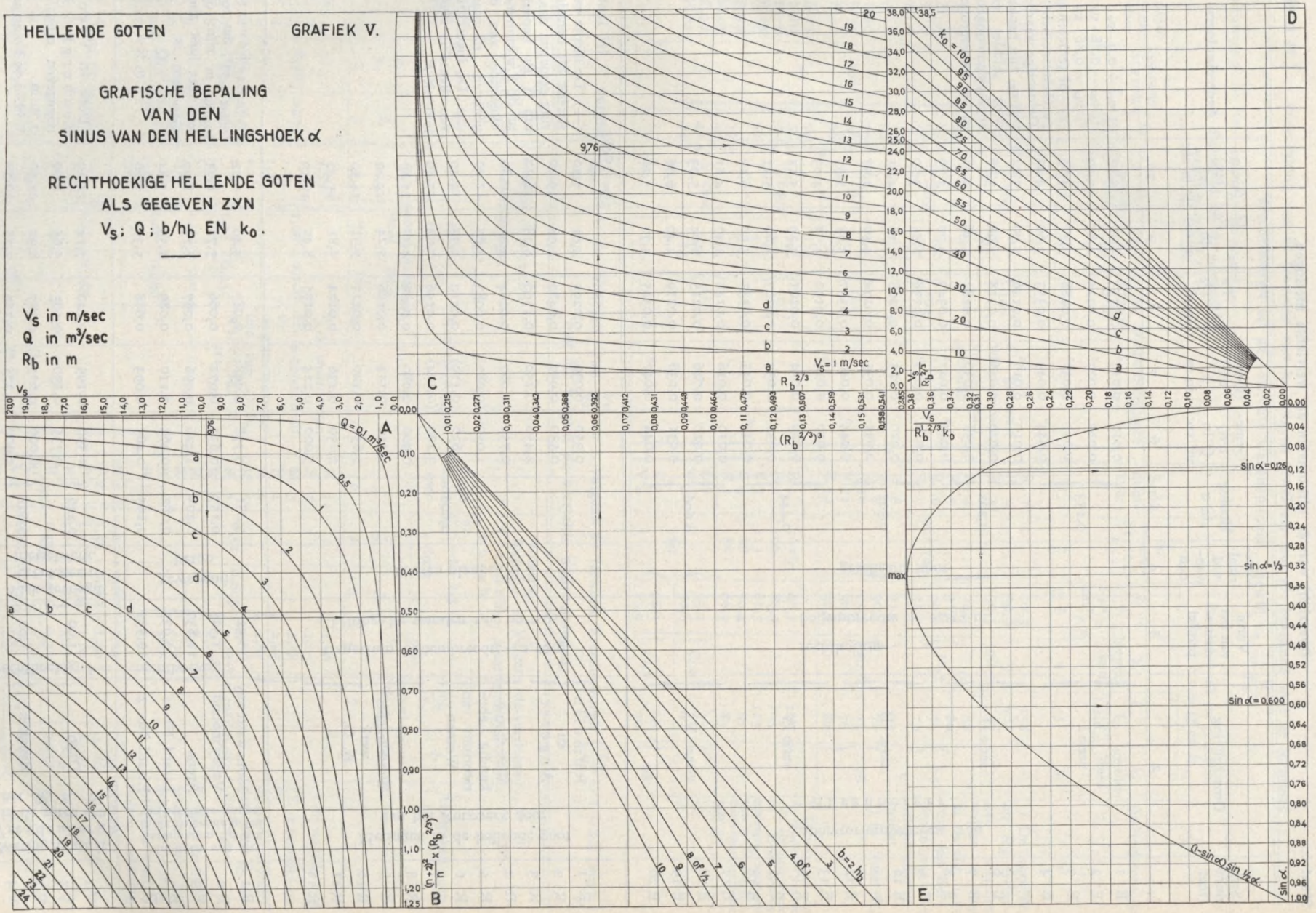
V. Laboratoriumproeven.

Onder de „Inleiding" dezer verhandeling werd er reeds op gewezen, dat het in de bedoeling lag ter zake proefnemingen te verrichten met een model in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft.

Thans kan worden meegedeeld, dat daarvoor de voorbereidende maatregelen reeds getroffen zijn en er een model in aanbouw is. Dit zal meer in het bijzonder dienen voor het toetsen van de uit de „formules Vreedenburgh" afgeleide bijzondere eigenschappen der waterbeweging.

Op de resultaten dezer laboratoriumproeven zal t.z.t. worden teruggekomen.


HELLENDE GOTEN
GRAFIEK IV
GRAFISCHE BEPALING
DER
SCHYNBARE SNELHEID V_s
IN
RECHTHOEKIGE HELLENDE GOTEN
ALS GEGEVEN ZYN
$\sin\alpha$; k_0; Q EN $b:h_b$
V_s in m/sec
Q in m³/sec
R_b in m
A
B
C
D
E
sin α = 0,126
sin α = 1/3
sin α = 0,600
max.
k_0 = 100
95
90
80
75
70
65
60
55
50
45
40
30
20
10
Q = 25 m³/sec
a b c d
$b = 10\ h_b$
9
8 of ½
7
6
5
4 of ¼
3
2
9,75
24,80


HELLENDE GOTEN
GRAFIEK V.
GRAFISCHE BEPALING
VAN DEN
SINUS VAN DEN HELLINGSHOEK α
RECHTHOEKIGE HELLENDE GOTEN
ALS GEGEVEN ZYN
Vs; Q; b/hb EN k0.
Vs in m/sec
Q in m³/sec
Rb in m
A
B
C
D
E
Q = 0,1 m³/sec
Vs = 1 m/sec
k0 = 100
sin α = 0,26
sin α = 1/3
sin α = 0,600
max
b = 2 hb
(1-sin α) sin ½α
sin α

Staat I. **Overzicht van de uitkomsten der verrichte metingen.**

Serie nummer	Omschrijving		Vorm van het dwarsprofiel	Materiaal v/d wanden	Helling sin α	(Gemeten) Q in m³/sec	(Gemeten) h_b in m	$R_b = \frac{F_b}{O_b}$ in m	$v_s = \frac{Q}{F_b}$ in m/sec	(Gemeten) v_w in m/sec	Aanteekeningen
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11
E 1	Laboratoriumproeven van Ehrenberger.	serie I	rechthoekig bodembreedte = 0,253 m.	geschaafd hout	0,153	0,010	$0,017^5$	0,0153	2,26	2,93[1])	[1]) $v_w = 0{,}9 \cdot v_o$ [2]) $v_w = 0{,}88 \cdot v_o$ [3]) $v_w = 0{,}86 \cdot v_o$ (v_o = de gemeten oppervlaktesnelheid). De overige waarden van v_w zijn bepaald door middel van snelheidsmetingen in het dwarsprofiel.
E 2						0,020	$0,027^5$	0,0225	2,87	3,64	
E 3						0,031	$0,037^5$	0,0288	3,27	4,05	
E 4						$0,044^5$	0,049	0,0353	3,60	4,43	
E 5		serie II			0,202	0,010	$0,016^5$	0,0146	2,40	3,12[2])	
E 6						0,020	$0,026^5$	0,0218	2,98	3,98	
E 7						0,031	$0,036^5$	0,0282	3,36	4,48	
E 8						$0,044^5$	$0,047^5$	0,0345	3,70	4,89	
E 9		serie III			0,305	0,010	$0,015^5$	0,0138	2,55	3,50	
E 10						0,020	0,025	0,0208	3,16	4,41	
E 11						0,031	0,035	0,0274	3,50	4,97	
E 12						$0,044^5$	0,046	0,0337	3,82	5,35	
E 13		serie IV			0,444	0,010	$0,014^5$	0,0130	2,73	4,03[3])	
E 14						0,020	0,024	0,0201	3,29	5,12	
E 15						0,031	0,034	0,0267	3,60	5,71	
E 16						$0,044^5$	0,045	0,0332	3,90	6,15	
E 17		serie V			0,606	0,010	0,016	0,0142	2,47	4,81	
E 18						0,020	0,026	0,0215	3,04	5,93	
E 19						0,031	0,036	0,0279	3,40	6,66	
E 20						$0,044^5$	$0,047^5$	0,0345	3,70	7,20	
										($v_w = 0{,}9\ v_o$)	
R 1	Metingen in de hellende goot van het Rutzwerk door	Rümelin en Angerer	trapezium. bodembreedte = 2,50 m. helling der wanden 1,60 op 1,05.	houten planken	0,606	0,350	0,030	0,0295	4,61	7,20	(—). De diepte was slechts bij benadering gemeten: daarom is R_b bepaald uit de R/v kromme, uitgaande van de gemeten v_o-waarden. De ingeschreven diepte is afgeleid uit R_b.
R 2						0,530	0,050	0,0480	4,08	9,20	
R 3						2,450	0,150	0,1360	6,28	16,20	
R 4		Waterbouwkundig Laboratorium van Weenen				0,750	(0,067)	0,0064	4,41	10,80	
R 5						1,050	(0,087)	0,0083	4,67	12,40	
R 6						1,630	(0,119)	0,0110	5,33	14,40	
R 7						3,200	(0,174)	0,0156	7,03	17,40	
R 8		Waterkrachtswerk A. G.				0,900	0,080	0,0076	4,37	11,80	
R 9						1,550	0,114	0,0106	5,24	14,20	
R 10						1,650	0,120	0,0111	5,31	14,50	
R 11						2,050	0,136	0,0124	5,81	15,40	
R 12						5,000	0,224	0,0195	8,45	19,50	
B 1	Metingen van de Reclamation Service in de volgende goten van het Boise-project.	Mora wasteway	rechthoekig; b = 1,525	gewapend beton	0,081	0,778	0,098	0,087	5,40	6,72	[4]) In Etcheverry staat 0,27′, dat zou 0,082 m zijn: dit kan niet juist zijn. Genomen is $h_b = \frac{Q}{v_s \times b}$.
B 2		Valley mound			0,157	0,633	$0,072^5$ [4])	0,066	5,72	8,03	
B 3		Arena			0,205	1,426	0,096	0,087	8,13	8,97	
B 4		Lizard No. 1			0,082	0,465	0,110	0,089	4,59	5,84	
B 5		Lizard No. 2			0,195	0,465	0,093	0,078	5,39	7,26	
V 1	Metingen van ir. Vreedenburgh in de goten van het W. K. W.	Dago	rechthoekig; b = 1,00	Vlak gevoegd breuksteen metselwerk.	0,246	1,390	0,195	0,140	7,14	11,10	[5]) Door ir. Vreedenburgh is opgegeven 0,65 à 0,70 m. [6]) id. 0,35 à 0,40 m.
V 2						0,735	0,130	0,103	5,65	8,60	
V 3		Bengkok			0,602	6,000	0,675 [5])	0,287	8,90	23,50	
V 4						2,900	0,375 [6])	0,214	7,75	20,50	

Staat II **Vergelijking van de waarden van k_0 volgens Strickler, met die berekend met de formules Vreedenburgh uit de verrichte waarnemingen, terwijl $v_s = \frac{Q}{F_b}$.**

Serie nummer	k_0 volgens Strickler	Berekend uit de gemeten waarden van Q en h_b. $k_t = \frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot \sin \frac{1}{2}\alpha}$	k_t gemiddeld	$k_0 = \frac{k_t}{1-\sin\alpha}$	k_0 gemiddeld	Aanteekeningen
1	2	3	4	5	6	7
E 1		93,8		111		De gemeten waarden van v_w zijn niet gebruikt.
R 2		93,2	90,3	110	107	
E 3		88,9		105		
E 4		85,3		101		
E 5		89,2		112		
E 6		84,9	83,1	106	104	
E 7		80,6		101		
E 8		77,6		97		
E 9		80,5		116		
E 10		75,8	73,1	109	105	
E 11	100	69,7		100		
E 12		66,3		95		
E 13		74,2		134		
E 14		66,9	64,6	120	116	
E 15		60,5		109		
E 16		56,7		102		
E 17		54,2		138		
E 18		50,5	49,2	128	125	
E 19		47,4		120		
E 20		44,8		114		

Serie nummer	k_0 volgens Strickler	Berekend uit de gemeten waarden van Q en h_b. $k_t = \frac{v_s}{R_b^{2/3} \cdot \sin \frac{1}{2}\alpha}$	k_t gemiddeld	$k_0 = \frac{k_t}{1-\sin\alpha}$	k_0 gemiddeld	Aanteekeningen
1	2	3	4	5	6	7
R 1		62,3		158		[1]) De voor R_1 en R_2 verkregen waarden wijken te veel af en zijn niet voor het berekenen van het gemiddelde gebruikt. [2]) id. voor R_4
R 2		39,6	[1])	101		
R 3		30,5	(30,5)	77	(77)	
R 4		34,7		88		
R 5		31,6	[2]) 30,5	80	78	
R 6	90 à 100	29,8		76		
R 7		31,1		79		
R 8		31,2		79		
R 9		30,1		76		
R 10		29,5	30,6	75	78	
R 11		30,1		76		
R 12		32,2		82		
B 1	105[3])	96,8		105		[3]) De waarden van k_0 in deze kolom zijn afgeleid uit de in Etcheverry gegeven waarden van n (*G.* en *K.*), corresp. ondeerende met v_s.
B 2	106	88,3		105		
B 3	113	91,5		115		
B 4	88	80,4		87		
B 5	88	66,9		83		
V 1		53,2	52,0	71	69	
V 2	69	50,8		67		
V 3		26,3	27,1	66	68	
V 4		27,9		70		

Staat III. **Vergelijking van de waarden van $\frac{v_w}{v_s}$ en L volgens de formule Vreedenburgh $\left(\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin\alpha\right)$ met die volgens de verrichte waarnemingen.**

Serie nummer	Volgens formule Vreedenburgh $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin\alpha$		Volgens de verrichte waarnemingen [1])			Aanteekeningen
	$\frac{v_w}{v_s}$	L	$\frac{v_w}{v_s}$	$\frac{v_w}{v_s}$ gemiddeld	L gemiddeld	
1	2	3	4	5	6	7
E 1			1,30			[1]) de waarde van $\frac{v_w}{v_s}$ is bepaald uit de gemeten waarden van Q, h_b, (F_b) en v_w.
E 2	1,38	0,275	1,27	1,26	0,206	
E 3			1,24			
E 4			1,23			
E 5			1,30			
E 6	1,51	0,338	1,34	1,32	0,241	
E 7			1,33			
E 8			1,32			
E 9			1,37			
E 10	1,76	0,432	1,40	1,40	0,286	
E 11			1,42			
E 12			1,40			
E 13			1,48			
E 14	2,11	0,526	1,56	1,55	0,355	
E 15			1,59			
E 16			1,58			
E 17			1,95			
E 18	2,52	0,603	1,95	1,95	0,487	
E 19			1,96			
E 20			1,95			

Serie nummer	Volgens formule Vreedenburgh $\frac{v_w}{v_s} = 1 + 2{,}5 \cdot \sin\alpha$		Volgens de verrichte waarnemingen [1])			Aanteekeningen
	$\frac{v_w}{v_s}$	L	$\frac{v_w}{v_s}$	$\frac{v_w}{v_s}$ gemiddeld	L gemiddeld	
1	2	3	4	5	6	7
R 1			1,56			[1]) de waarde van $\frac{v_w}{v_s}$ is bepaald uit de gemeten waarden van Q, h_b, (F_b) en v_w. [2]) voor de berekening van het gemiddelde is de uitkomst van R_1 buiten rekening gelaten.
R 2			2,25			
R 3			2,58			
R 4			2,45			
R 5			2,65			
R 6			2,70			
R 7	2,52	0,603	2,48	2,57[2])	0,610	
R 8			2,70			
R 9			2,71			
R 10			2,73			
R 11			2,66			
R 12			2,31			
B 1	1,20	0,167	1,24		0,194	
B 2	1,39	0,281	1,40		0,286	
B 3	1,51	0,338	1,10		0,091	
B 4	1,21	0,174	1,27		0,213	
B 5	1,49	0,329	1,35		0,259	
V 1	1,62	0,383	1,55	1,54	0,351	
V 2			1,53			
V 3	2,50	0,600	2,64	2,64[5]	0,622	
V 4			2,65			

STAAT IV. Vergelijking van de waarden van k_0 volgens Strickler met die, welke uit de waarnemingen zijn berekend.

	Naam van de goot	Waarde volgens Strickler	voor $v_s = \frac{v_w}{1+2{,}5 \cdot \sin \alpha}$		voor $v_s = \frac{v_w}{1+2 \cdot \sin \alpha}$		voor $v_s = \frac{v_w}{1+1{,}5 \cdot \sin \alpha}$	
			berekend uit Q en v_w	berekend uit h_b en v_w	berekend uit Q en v_w	berekend uit h_b en v_w	berekend uit Q en v_w	berekend uit h_b en v_w
	1	2	3	4	5	6	7	8
Proefgoten Ehrenberger	serie I	100	92	97	100	103	110	109
	„ II		85	91	95	98	106	105
	„ III		73	83	84	91	98	100
	„ IV		72	85	85	95	103	107
	„ V		85	97	110	110	129	129
	Gemiddeld	100	81	91	93	99	109	110
	Goot Rutzwerk	90 à 100	85	84	104	94	132	110
Boise-project	Mora wasteway	105	114	109	120	112	127	116
	Valley mound	106	106	106	116	112	129	119
	Arena	113	70	84	78	90	88	97
	Lizard No. 1	88	96	93	101	96	107	99
	Lizard No. 2	88	72	75	80	80	90	86
	Gemiddeld	100	92	93	99	98	108	103
Metingen Vreedenburgh	Dago	69	65	67	74	72	83	79
	Bengkok	69	73	72	87	83	107	93
	Gemiddeld	69	69	69[5]	80[5]	77[5]	95	86

VARIA.

Uit de ontwikkeling der grondmechanica.

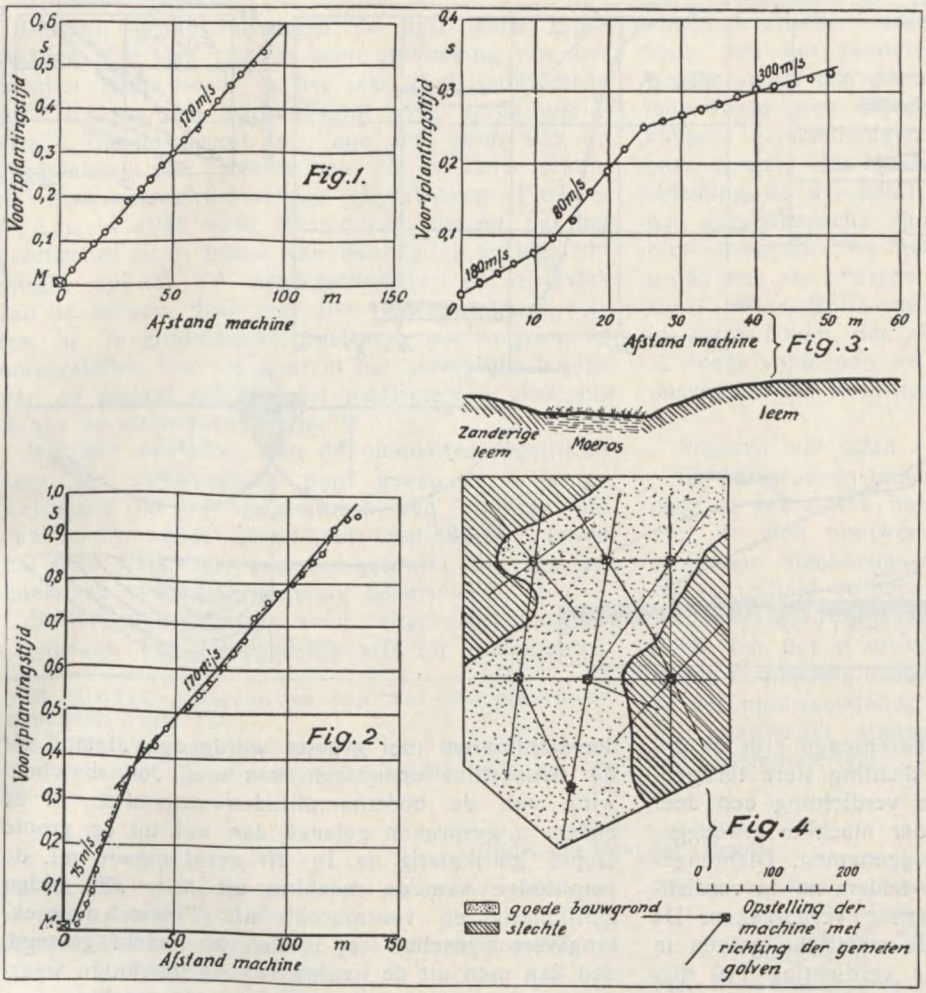
In het „*Zeitschr. des Ver. Deutscher Ingenieure*" van 12 September 1936 geven Ramspeck en Müller een kort exposé over het dynamisch grondonderzoek en de theorie der glijdvakken, waaraan het volgende is ontleend.

De grondslagen en het wezen van het dynamisch bodemonderzoek zijn reeds eerder behandeld in verschillende publicaties [1]). In het bijzonder worden daarin de metingen van het eigentrillingsgetal van de trilmachine op den bodem, de demping der bodemtrillingen en de zetting van den grond onder de machine uitvoerig besproken. Intusschen is de werkwijze nader uitgewerkt, doordat men de meting van de voortplantingssnelheid en het verloop der amplituden der van de trilmachine uitgaande golven in den bodem er bij betrokken heeft [2]). Laat men de trilmachine met een bepaalde, constante omwentelingssnelheid loopen, dan ontstaan in den bodem sinusvormig voortgaande golven, die zich van de machine naar alle kanten voortplanten. Het blijkt, dat deze golven zoo krachtig zijn, dat zij ook op grooten afstand door seismografen nog duidelijk worden waargenomen. De physische eigenschappen van de opgeteekende golven worden nog nader onderzocht. Vooruitloopende op het resultaat kan nu reeds worden vastgesteld, dat de voortplantingssnelheid evenredig is met den wortel uit Glijdingsmodulus: Dichtheid van den bodem. De voortplantingssnelheid wordt bepaald door uit het seismogram de verschuiving van een bepaalde phase van de bodemtrilling b.v. een golfberg en een door electrische overbrenging mede opgeteekende phase der trilmachine vast te stellen. Wordt deze phaseverschuiving in afhankelijkheid van den afstand van de seismograaf tot de trilmachine in een grafiek uitgezet, dan krijgt men een kromme, waarvan de hoek, dien de raaklijn in zeker punt met de tijdas maakt, een maat is voor de voortplantingssnelheid. Voor een tot op groote diepte homogenen grond is deze voortplantingskromme een rechte lijn (*fig. 1*), voor grond, waarvan het profiel een ongelijkmatig beeld heeft, is de kromme een gebroken lijn (*fig 2*). Ieder lijnstuk heeft dan betrekking op een bepaalde grondsoort.

Daar de voortplantingssnelheid in zeer nauw verband staat met den glijdingsmodulus van den bodem, is te verwachten, dat zij grooter wordt, naarmate die modulus toeneemt, d.w.z. naarmate de bodem vaster is. Inderdaad is gebleken, dat de bodemgesteldheid, in casu de draagkracht van den bodem, naar de gemeten voortplantingssnelheid kan worden beoordeeld. Zoo kan men, evenals vroeger met de eigentrillingsgetallen van de machine op

1) Hertwig, *Bauing.* 1931, p. 457 en 476. Hertwig, Früh, Lorenz, Veröff. Degebo H. 1 Hertwig, *Z. VDI* 1934, p. 379. Hertwig, Lorenz, *Bauing.* 1935 p. 279.

2) Uitvoerig daarover handelt Veröff. Degebo H. 4, 1 Teil.



Uit onderstaande *tabel* ziet men, dat zoowel het eigentrillingsgetal als de voortplantingssnelheid een maat is voor den toe te laten bodemdruk. Het meten van de voortplantingssnelheid heeft bovendien nog het voordeel, dat de gesteldheid van den bodem niet alleen in de onmiddellijke omgeving van de trilmachine, maar ook ver daarbuiten beoordeeld kan worden. Daar de voortplantingssnelheid in zekere afhankelijkheid staat tot de draagkracht van den bodem, moet zij natuurlijk een andere waarde aannemen, wanneer men bij het meten van de eene bodemsoort op een andere overgaat, die een andere draagkracht heeft. Een zoodanige verandering van de voortplantingssnelheid bij den overgang op een andere bodemsoort wordt in *fig. 3* voorgesteld. Er werd hier gemeten volgens een lijn, die beide oevers van een klein geheel moerassig meer verbindt.

Meet men de voortplantingssnelheid vanuit een of meer plaatsen, waar de machine staat, naar verschillende richtingen, dan is men in staat een kaart van zulk een gebied te teekenen, waarop worden aangegeven de punten, waarvoor de voortplantingssnelheid en dus de draagkracht van den bodem even groot is (*fig. 4*).

den bodem geschied is [3]), de op verschillende bodemsoorten gemeten voortplantingssnelheden der elastische golven in verband brengen met de toe te laten bodemdrukken. Men vindt dan, dat met een toenemende voortplantingssnelheid de toe te laten bodemdruk stijgt. In de volgende *tabel* zijn aangegeven de voor verschillende bodemsoorten gemeten voortplantingssnelheden en de toe te laten drukken voor deze bodemsoorten.

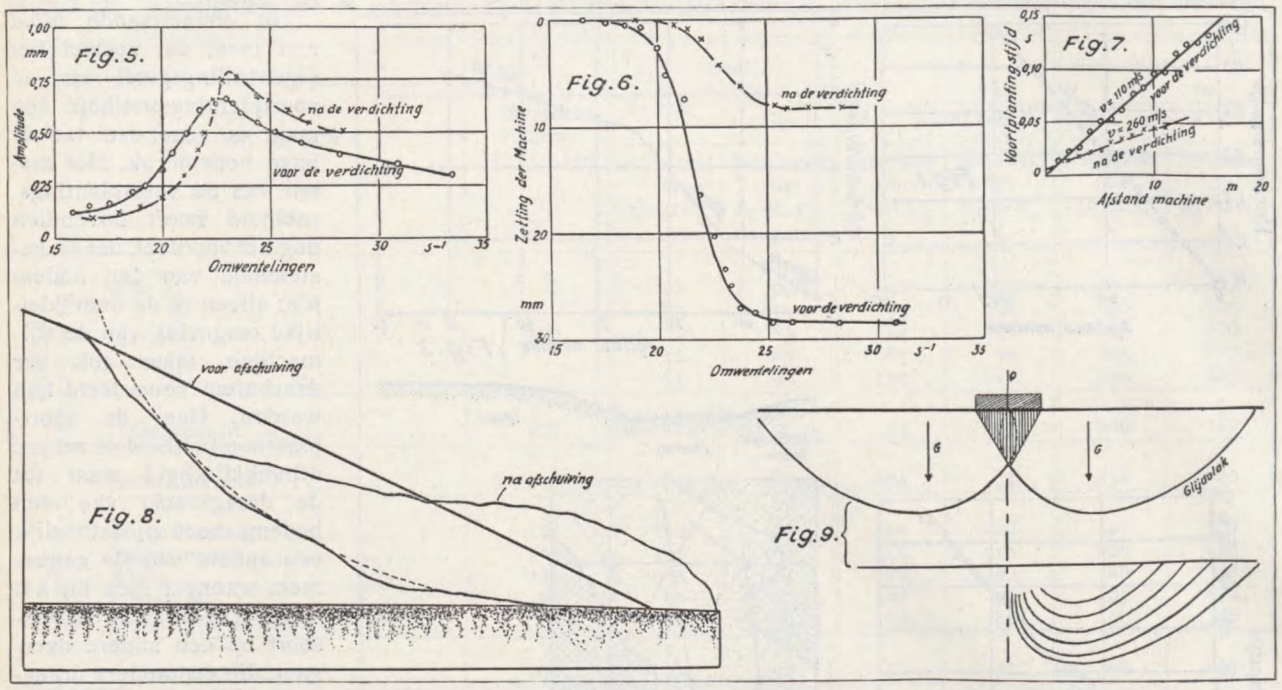
Bodemsoort	Voortplantingssnelheid in m/s	Eigentrillingsgetal in Hz	Toe te laten bodemdruk in kg/cm²
3 m dikke veenlaag op zand	80	4	0
Meelzand	110	19,3	1
Vochtig middelgrof zand	140	21,8	2
Droog „ „	160	22	2
Zand met leem op mergel	170	22,6	2,5
Grind met steenen	180	23,5	2,5
Mergel	190	23,8	3
Fijn zand met 30% middelgrof zand	190	24,2	3
Grof grind, dicht gepakt	420	30	4,5

De meting van de voortplantingssnelheid kan verder dienen om den verdichtingsgraad van kunstmatig verdichte dammen te controleeren [4]). De ervaring leert, dat de voortplantingssnelheid van de elastische golven na de verdichting toeneemt. Men moet daaruit besluiten, dat ten gevolge van de verdichting de glijdingsmodulus van den bodem sterker toeneemt dan de verdichtingsgraad.

In de *figuren 5 — 7* zijn de trillingsgetallen van de trilmachine, de zetting ten gevolge van de trillingen van den bodem gedurende de proef en de gemeten voortplantingssnelheden vóór en na de kunstmatige verdichting van een 1,2 m hoogen dam uit zand van middelbare korrelgrootte, voorgesteld. Het eigentrillingsgetal is na de verdichting slechts weinig veranderd, de veerkrachtsconstante van het dammateriaal is dus ten gevolge van de verdichting

3) Lorenz, *Z. VDI* 1934, p. 379.

4) Müller, Ramspeck, *Die Strasse* 1935 p. 648.



nauwelijks toegenomen [5]). Daarentegen zijn de dynamische zettingen na de verdichting sterk teruggeloopen, daar de kunstmatige verdichting een deel van de door de trillingen der machine teweeggebrachte verdichting heeft weggenomen. Dientengevolge kan de trilling van den bodem na de verdichting slechts een geringe zetting veroorzaken. De voortplantingssnelheid van de elastische golven in het damlichaam, die vóór de verdichting 110 m/s bedroeg, is na de verdichting tot 260 m/s gestegen. Op soortgelijke wijze is ook de invloed van kunstmatige verdichting in het groot nagegaan op bouwplaatsen, waarvan de ondergrond, teneinde zijn draagkracht te verhoogen, vóór den bouw werd getrild met de Losenhausensche trilmachine. Het bleek, dat het trillen van den bodem onder bepaalde omstandigheden de draagkracht sterk verhoogt.

De toepassing van de dynamische onderzoekingen op het gebied van den wegenbouw heeft bewezen, dat het wegdek, indien het op slechten ondergrond rust, in staat is eigen buigingstrillingen uit te voeren. Op zeer goeden grond daarentegen past het wegdek zich geheel aan de trillingen van het weglichaam aan [6]). Uit de voortplantingssnelheid van de buigingstrillingen kan de elasticiteitsmodulus van het dekmateriaal worden bepaald [7]).

Daar op opgebrachten grond door het samentreffen van golven uit verschillende lagen aan de oppervlakte overdekkingsverschijnselen ontstaan, die zich door afwisselend toe- en afnemen van de bodemamplituden met grooter wordenden afstand tot de trilmachine openbaren, kan men door beschouwing van de bodemamplituden vaststellen, of de bodem uitgesproken gelaagd dan wel tot op groote diepte gelijkmatig is. In dit geval nemen n.l. de amplituden van de machine uit naar alle zijden gelijkmatig en voortdurend af. Treden overdekkingsverschijnselen op, is dus de bodem gelaagd, dan kan men uit de ligging van de maximum waarde van de bodemamplituden t.o.v. de machine concludeeren, of de lagen horizontaal of hellend zijn. Liggen deze grootste waarden op concentrische cirkels, dan zijn de lagen horizontaal; bij hellende lagen liggen de maximum waarden op ellipsen met gelijke brandpunten om de machine. In bijzonder gunstige gevallen laat zich uit de ligging van de maximum waarden van de amplituden ook de dikte der lagen vaststellen.

De kennis van de voortplantingssnelheid van elastische golven in den bodem stelt ons in staat om de golflengte van trillingen te berekenen, die door machines of door het verkeer worden veroorzaakt. Het is gebleken, dat bij verreweg de meeste grondsoorten de lengte van dergelijke golven grooter is dan 10 m. Daaruit volgt, dat het in het algemeen niet mogelijk is, gebouwen e.d. door slooten tegen trillingen te beschermen, daar de golven vanwege hun groote lengte om iedere sloot heen gebogen worden. Een doeltreffende bescherming kan derhalve slechts bij de trillingsbron zelve worden aangebracht. Bij machinefundeeringen heeft men vooral daarop te letten, dat het aantal omwentelingen van de machine niet precies met een der eigentrillingsgetallen der fundaties samenvalt. Over de wijze, waarop men deze eigentrillingsgetallen uit de resultaten van een dynamisch bodemonderzoek bepaalt, wordt verwezen naar een vorige publicatie (zie noot 3).

5) (Noot v. d. vert.) De betrekking tusschen het eigentrillingsgetal α, de veerkrachtcsonstante c en de trillende massa m wordt gegeven door de formule: $2 \cdot \pi \cdot \alpha = \sqrt{c/m}$. De veerkrahtsconstante wordt verkregen uit den dynamischen beddingscoëfficiënt door vermenigvuldiging met de vlakte-eenheid. Dimensie veerkrachtsconstante : $K \cdot L^{-1}$.

6) *Die Strasse* 1935 p. 385 en 651.

7) Ramspeck, *Betonstrasse* 1936 No. 2.

Glijdvlakkentheorie.

Dat bij grondschuivingen de optredende glijdvlakken niet vlak zijn, is geen ontdekking van den laatsten tijd. Reeds in het jaar 1846 publiceerde A. Collin een verhandeling over aardschuivingen [8]). Daarin neemt hij voor den vorm van de glijdvlakken een cycloide aan, *fig. 8*. Later rekende men met cirkelvormige glijdvlakken (Fellenius). In 1935 wijst Rendulic er op, dat het practischer is in plaats van den cirkel de logarithmische spiraal als richtkromme van het glijdvlak aan te nemen, daar dan alle resulteerende krachten in de glijdvlakken, bestaande uit wrijving en normaaldruk, hun snijpunt in het asymptotisch punt van de spiraal hebben, dat tegelijkertijd draaipunt is van de afschuivende schol [9]).

Bij het opstellen van de momentenvergelijking t.o.v. het asymptotisch punt geven de wrijvingsweerstand en de normaaldruk een bijdrage nul, daar de arm nul is. Alleen heeft men daarop te letten, dat men steeds die kromme gebruikt, die aan den hoek van inwendige wrijving beantwoordt.

Belastingsproeven op zand, uitgevoerd door het „Deutsche Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik" laten zien, dat de logarithmische spiraal niet alleen practischer, maar bovendien ook een juistere vorm van het glijdvlak is. De belastingsproeven werden achter een glazen wand genomen en het verloop legde men fotografisch vast, zoodat ook de kleinste verschuivingen van de bodemdeeltjes zichtbaar waren. Het bleek daarbij, dat bij toenemende belasting de afzonderlijke zanddeeltjes zich langs een logarithmische spiraal bewegen. Tusschen het niet-bewegende en het bewegende deel van den grond was een scherpe grenslijn duidelijk zichtbaar, *fig. 9 onder*. Het berekende glijdvlak is aangegeven in *fig. 9 boven*. Een kleine helling van het lastvlak is reeds voldoende om het beeld der schuifvlakken onsymmetrisch te maken.

Proeven met palen.

De paalproeven (modelproeven), die genomen zijn door de Degebo hebben ten doel de mantelwrijving en den puntweerstand van heipalen van verschillende slankheden en van verschillende oppervlakte-ruwheid te bepalen. De eerste dezer proeven werden in zand uitgevoerd. De voorloopige resultaten laten zien, dat in soortgelijke grondsoorten een constante verhouding bestaat tusschen de mantelwrijving en den puntweerstand, terwijl de draagkracht van de paal natuurlijk afhangt van het poriënvolume van het bodemmateriaal.

H w.

8) Collin, Recherches exp. sur les glissements spontanés. Paris 1846.

9) Rendulic, Ein Beitrag zur bestimmung der Gleitsicherheit, *Der Bauingenieur*, 10 Mei 1935 blz. 230 e.v.

Onderschriften der figuren:

Fig. 1. Voortplantingssnelheid der elastische golven in gelijkmatigen grond.

Fig. 2. Voortplantingssnelheid der elastische golven in ongelijkmatigen grond.

Fig. 3. Voortplantingssnelheid der elastische golven in een ongelijkmatigen meerbodem.

Fig. 4. Kaart van een uitgestrekt bouwterrein, opgenomen naar het dynamisch grondonderzoek.

Fig. 5—7. Eigentrillingsgetal en zetting van de trilmachine en voortplantingssnelheid der elastische golven, gemeten op opgebrachten grond vóór en na de verdichting.

Fig. 8. Grondschuiving aan het Canal de Bourgogne naar Collin. De richtkromme van het glijdvlak heeft den vorm van een cycloide.

Fig. 9. boven: Glijdvlak volgens berekening.
onder: Glijdvlak volgens de proef.

4e JAARGANG
NUMMER 1

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JANUARI
1937

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

„DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: Bestaat er verband tusschen den regenval op den top van de vulkanen Semeroe en Lamongan en hunne uitbarstingen?, door dr. M. Neumann van Padang. — Economische mededeelingen.

Bestaat er verband tusschen den regenval op den top van de vulkanen Semeroe en Lamongan en hunne uitbarstingen?

door

dr. M. NEUMANN VAN PADANG,

vulkanoloog bij den Dienst van den Mijnbouw.

Zusammenfassung. In der vorliegenden Arbeit wurde nachgegangen ob Regenzeiten Einfluss haben auf vulkanische Ausbrüche. Junghuhn schrieb nämlich über die Ausbrüche des Semeroe auf solche Weise, dass man den Eindruck bekommt, dass der Vulkan Jahre hintereinander tätig gewesen sei und ausserdem, dass die Tätigkeit in der Regenzeit stärker war.

Die Berichte, die es über die Ausbrüche dieses Vulkans vor dem Jahre 1920 gibt, stammen von den Verwaltungsbehörden, die nicht immer klar zum Ausdruck gebracht haben, ob man es mit einem wirklichen Ausbruch oder nur mit einer Fumarolenwolke zu tun hat, die für diese Untersuchung nicht in Betracht kommt. Fumarolenwolken, die in der Regenzeit kompakter, dichter sind als während der trockenen Monate, werden von Laien oft für Eruptionswolken angesehen, wie Richard z.B. beim Raoeng nachgewiesen hat.

Dass der Semeroe nicht fortwährend tätig gewesen ist und sehr häufig lange Zeiten vulkanischer Ruhe gehabt hat, geht aus den Meldungen hervor, die von Zeit zu Zeit wieder aufs Neue von Ausbrüchen berichten. Oft handelt es sich dabei nur um unbedeutende, fast aschenlose Eruptionen. Eine Liste dieser vulkanischen Ausbrüche ist hier mit kurzer Beschreibung oder kritischer Bemerkung gegeben.

Wie oft nun Ausbrüche in den verschiedenen Monaten stattgefunden haben, wurde in der Tabelle 1 und Figur A eingetragen. Zugleicherzeit wurde angegeben, wieviel Regen in jenen Monaten gefallen ist. Daraus geht hervor, dass es regenreiche Monate gibt mit viel, aber auch mit menig Fällen vulkanischer Ausbrüche, während die regenarmen Monate sogar oft mehr Ausbrüche gehabt haben als die regenreichen. Noch weniger Zusammenhang findet man, wenn man untersucht, wie oft Ausbrüche stattgefunden haben bei einer bestimmten Regenmenge, wie es in der Tabelle 2 und Figur B in grafischer Darstellung gegeben ist.

Selbstverständlich darf man aus den Ergebnissen eines einzigen Vulkans keine Rückschlüsse auf eine so wichtige Frage ziehen. Zu wissen, ob in der Regenzeit häufiger Ausbrüche stattfinden als in der Trockenzeit, ist ja von praktischer Bedeutung für die Vulkanbewachung, weil man im bejahenden Falle den Bewachungsdienst in den verschiedenen Monsunen anders gestallten kann. Hier wurde deshalb auch der Zusammenhang zwischen Regenzeit und vulkanischem Ausbruch bei dem im vorigen Jahrhundert sehr tätigen Lamongan studiert, wobei noch weniger Beziehungen zu entdecken waren.

Aus der Untersuchung nach den Erscheinungen bei den Vulkanen Semeroe und Lamongan kann man weder schliessen, dass die Regen Ausbrüche begünstigt haben, noch dass der abkühlende Einfluss des Wassers Ausbrüche verhindert hat.

Op blz. 778 van zijn werk „Java", dl. II schrijft Junghuhn:

> „De inboorlingen beweren, dat zij den Semeroe nimmer in eenen anderen dan in den tegenwoordigen toestand (September 1844) hebben gekend, derhalve: was zijn gansche bovenste top, ten minste gedurende de laatste 50 jaren, volkomen kaal, gelijk thans het geval is, en braakte zijn krater, met tusschenpoozen, zeer ongelijk van duur, echter dagelijks rookwolken en gloeiende steenbrokken uit, gelijk wij zulks thans hebben waargenomen; somwijlen hebben dergelijke afzonderlijke uitbarstingen, welke zich na geheel rustige tusschenpoozen doen gevoelen, slechts eens per etmaal plaats; somwijlen verneemt men er, naar luid der berigten van de inboorlingen, 20 en meer in eenen dag; dit geschiedt voornamelijk gedurende den regentijd".

Uit deze mededeeling krijgt men den indruk, dat de vulkaan vele jaren achter elkaar voortdurend gewerkt heeft en dat de werking in den regentijd intensiever was, waaruit de gevolgtrekking zou kunnen worden gemaakt, dat de regens invloed hebben gehad op de vulkanische werking. Dit te weten is van belang voor de vulkaanbewaking. Blijken werkelijk in den regentijd meer uitbarstingen voor te komen dan in de droge maanden, dan zou de vulkaandienst zijn werkzaamheden daarmee in overeenstemming kunnen brengen.

Nu is het een bekend feit, dat de dampwolk, die boven een krater hangt, tijdens en na regens veel grooter en dichter is dan er voor. Dit verschijnsel

is zeer begrijpelijk, wanneer men bedenkt, dat groote hoeveelheden regenwater bij aanraking met de heete solfataren- en fumarolengassen verdampen, waardoor de „pluim" op den top van den berg grooter en duidelijker wordt.

Op de dampwolk bij den Raoeng, heeft Richard de aandacht gevestigd. Hij schrijft daarvoor (1935 p. 29):

> „Steeds echter zag men van de vlakte uit bij helder weer een enorme semipermanente dampwolk boven den Raoengtop, welke 's morgens vroeg, van het Westen uit gezien, de donkere kleur van lavastofwolken aannam..... Meermalen werden hierdoor in de couranten berichten omtrent verhoogde werking geinspireerd, terwijl menige vergeefsche tocht werd ondernomen".

Richard heeft op den vulkaantop atmosferischen druk, temperatuur en vochtgehalte der lucht gedurende 4 dagen laten opteekenen, terwijl tevens het gedrag van de wolk werd nagegaan. Het bleek dan, dat de vulkaandampen bij droog weer ijl en blauw van kleur waren, terwijl ze in een vochtige atmosfeer onmiddellijk boven den krater als dichte wolken zichtbaar werden.

Wanneer dus een dichte wolk boven den vulkaantop waargenomen wordt, mag deze niet zonder meer voor eruptieve werking worden gehouden. De geweldige dampontwikkeling van de niet in uitbarsting verkeerende Kawah Mas (Papandajan) b.v. is daar een sprekend voorbeeld van.

Dat niet alle mededeelingen over verhoogde werking tot de werkelijke uitbarstingen mogen worden gerekend, blijkt wel uit het volgende. In 1920 (N.T. 81 p. 89) vindt men, dat begin Maart zoo nu en dan kleine rookpluimen uit den krater van den Semeroe opstegen; in 1921 (N.T. 82 p. 225) was op 29 December „verhoogde werking", in 1922 (N.T. 83 p. 6) stegen op 13 Maart, 18 en 19 April fumarolenwolken op, terwijl op 21 Juli gerommel gehoord is. Al deze verschijnselen behoeven echter niet tot een vulkanische uitbarsting te worden gerekend en werden dan ook niet meegeteld. Vandaar dat Stehn (1936a p. 4) de laatste eruptieve werking van den Semeroe m.i. terecht in 1913 laat vallen en ook Kemmerling (1922 p. 10) schrijft: „Tot en met 1913 heeft de opbouwende en vernielende werking zich zonder onderbreking voortgezet".

Bij ondervolgend onderzoek naar het verband tusschen eruptieve verschijnselen en regenval op den top van den Semeroe en den Lamongan heb ik zooveel mogelijk die uitbarstingen meegeteld, welke in de literatuur als zoodanig bekend zijn, ofschoon enkele oudere berichten, die verhoogde werking aangeven, welke alleen van de verte is waargenomen en niet bekend is of asch werd uitgestooten, misschien ten onrechte zijn meegeteld. De opvatting, dat de vulkanen Semeroe en Lamongan vele jaren achter elkander *voortdurend* zouden hebben gewerkt, lijkt mij onjuist te zijn. Het Binnenlandsch Bestuur zou in dat geval niet melding hebben gemaakt van „hernieuwde verhoogde werking", zelfs wanneer het om onbeduidende aschlooze erupties gaat, zooals b.v. in 1836, 1851 e.a. Inderdaad is de hooge Semeroetop vaak aan het gezicht onttrokken en vonden de afstortingen plaats naar het Zuiden en ZO, waar nog langen tijd een ontoegankelijke wildernis heeft geheerscht, zoodat verschillende kleine uitbarstingen aan de waarneming ontsnapt kunnen zijn. Dit geldt echter niet voor den betrekkelijk lagen Lamongan, die in een dichtbevolkte streek staat.

Vermoedelijk is de hieronder volgende lijst van vulkanische uitbarstingen niet volledig; in de minste gevallen is bekend, hoe lang de uitbarsting heeft geduurd. Maar voor het hieronder volgend onderzoek was het alleen van belang te weten, in welke maand de uitbarsting heeft plaats gevonden, dus of zij in een droge of in een regenmaand viel.

Teneinde nu het verband tusschen regenval en vulkanische uitbarstingen te kunnen vergelijken, moeten hier eerst, al is het zeer in het kort, de verschillende uitbarstingen der beide vulkanen worden besproken, ten eerste om een overzicht te hebben, ten tweede omdat ik niet alle in de literatuur gevonden gegevens kritiekloos heb overgenomen.

De werking van den Semeroe.

1818: Een hevige uitbarsting moet hebben plaats gevonden (1886 p. 49). Het is echter niet bekend in welke maanden.

1829: Volgens de Jav. Cour. van 17 Februari heeft de berg in Februari voor het eerst sedert 10 jaren weer rook uitgestooten (N.T. 18 p. 24). Junghuhn geeft m.i. foutief de maand Januari als tijdstip aan.

1830: In December is veel asch uitgestooten (N.T. 18 p. 245) (ook hier geeft Junghuhn (1854 p. 777) verkeerdelijk het jaar 1831 aan).

1832: Op 18 April waren aschregens en een vuurbraking (1854 p. 778).

1836. Op 3-5 Augustus zijn rookwolken gezien (1886 p. 51).

1838: Eruptiewolken zijn waargenomen in Juli (1854 p. 1115) en October (1838 p. 446).

1842: In Januari en Februari (volgens Junghuhn nog in Maart) is veel asch uitgestooten (N.T. 18 p. 287).

1844: Van 25-27 Sept. waren steenerupties (1854 p. 779).

1845: Van Januari tot Juli zijn voortdurend steenerupties geweest (1854 p. 781).

1848: Op 4 Augustus waren steenerupties (1854 p. 781).

1851: In Januari was verhoogde werking (1917 p. 185).

1856: Op 10 Sept. is een aschregen gevallen, die aan den Semeroe wordt toegeschreven (N.T. 14 p. 210).

1857: Van 13 Aug. tot Sept. is een sterke werking geweest (N.T. 14 p. 419).

1860: In April (N.T. 22 p. 136) en in Juni (N.T. 22 p. 497) waren asch- en zandregens.
De zwavelige aschregen, die 2 Juli 1864 te Malang viel, zal van den Lamongan geweest zijn (N.T. 28 p. 288).

1865: In April wierp de berg onafbroken „vuur" uit (N.T. 29 p. 232).

De uitbarsting, die K. Sapper in 1866 laat plaats vinden, heb ik elders niet gevonden, en daarom niet meegerekend.

1867: Sedert half April tot in Mei werden gloeiende steenen en zand uitgeworpen (N.T. 29 p. 232).

De gloedwolken, die K. Sapper (Vulkankunde p. 329) van 1872 vermeldt, werden nergens anders aangetroffen en niet meegerekend.

1877: In April waren aschregens, die zoowel van den Semeroe als van den Lamongan afkomstig kunnen zijn geweest (N.T. 38 p. 144).

Over de uitbarsting in September verhaalt Ds. Heering dat 5-6 explosies in 3 uren werden geteld (1878 p. 457).

1885: Op 6 Januari is te Toeren een aschregen gevallen (J. 1885 p. 46) en op 1 April in het Malangsche. Zondag den 12den April volgden steenstortingen (1886 p. 54) en gloedwolken (1936b p. 1186). De volgende dagen vertoonden ascherupties, lavastroomvorming, lahars. Nog in Juli werd vuurgloed gezien (N.T. 46 p. 117), aschregens worden van Augustus en gebrom nog op 6 September gemeld.

1886: Eind April was er verhoogde werking (1886 p. 305), in Juli is gebrom en een aschregen waargenomen (1917 p. 185), terwijl in Augustus nog ieder half uur een rookzuil is gezien.

1877: De uitbarsting duurde van 10 Sept. tot 11 Oct. (N.T. 48 p. 201) met voortdurend gedreun, uitwerpen van gloeiende steenen en ascherupties (J. 1887 p. 767 en 792).

In 1888 liet de vulkaan geregeld uitstroomende wolken zien (N.T. 49 p. 121), hetgeen ik niet tot een uitbarsting heb gerekend.

1889: Dat de vulkaan het geheele jaar gewerkt zou hebben (1917 p. 185), wordt door de gegevens in de indische literatuur niet bevestigd. Wel wordt verhoogde werking gemeld met aschregens van Januari tot Maart en van October tot December (N.T. 50 p. 167).

1890: De vulkaan heeft het geheele jaar gewerkt (N.T. 51 p. 318).

1891: In het begin van het jaar werden rookwolken boven den top waargenomen, in den nacht van 10 op 11 Maart uren achtereen het omlaagkomen van gloeiende lavamassa's (J. 1891 p. 271), en nog op 17 Maart werden gloeiende steenen en aschwolken uitgestooten (N.T. 52 p. 93).

1893: In Januari en Februari was een flinke (1917 p. 185), in Maart, April en Mei een zwakkere werking met ascherupties. Ook in December (N.T. 54 p. 206) zijn lava- en ascherupties geweest.

1895: In de tweede helft van Mei waren ascherupties, die in Juni heviger waren geworden, terwijl in Juli ook lavabrokken werden uitgeworpen. Den 7den Juli zag men een groote bres, waarin gloeiende lava stroomde, gevolgd door hevige explosies in den krater. Daarna volgde de nawerking, waardoor de bres weer werd opgevuld (N.T. 56 p. 82).

1896: In Mei en Juni is asch gevallen (N.T. 57 p. 381).

1897: In de eerste dagen van Januari werden gloeiende steenen uitgeworpen en was een vuurstroom zichtbaar (N.T. 57 p. 381).

1898: In Februari vloeide een lavastroom in zuidelijke richting (N.T. 59 p. 81).

1899: Na een langere rustperiode zijn op 17 Januari ascherupties geweest (N.T. 60 p. 163). Ook van Maart en van Augustus wordt verhoogde werking met ascherupties gemeld.

1900: Aschregens vonden in Maart en April plaats, waarbij bovendien lava is uitgevloeid (N.T. 61 p. 196).

1901: Den 29sten Januari viel een aschregen, die van den Semeroe stamt (N.T. 62 p. 169).

1903: In Maart was weer verhoogde werking. De dagelijks voorkomende uitbarstingen volgden elkaar met kortere tusschenpoozen dan gewoonlijk en zijn van langeren duur (N.T. 64 p. 95).

1904: In Januari waren weer erupties, gevolgd door aschval (N.T. 65 p. 124).

1905: In Augustus zijn knallen gehoord en aschregens gevallen (N.T. 66 p. 270).

1907: Volgens N.T. 68 p. 119 is van 7-10 Januari 1 mm asch gevallen. Verder werkte de vulkaan in de dagen vóór 9 Juli.

1908: Gedurende het geheele jaar kwamen aschregens voor en zijn knallen gehoord (N.T. 69 p. 111).

1909: De werking duurde van September tot December met asch- en steenerupties (1909a p. 242) en gloedwolken. De ramp, die in Augustus in het Loemadjangsche heeft plaats gevonden, schreef Hugo Cool (1909) niet aan verhoogde werking toe.

1910: Aschregens worden van Januari (N.T. 71 p. 1), Februari, Maart en November gemeld. Bovendien is herhaaldelijk gerommel gehoord.

1911: Na een rustperiode van omstreeks 8(?) maanden (over de werking van Januari en Februari is anders niets bekend) begon de vulkaan opnieuw op 1 November te werken (1913 p. 748), eerst door onregelmatig uitstooten van rookpluimen, op 15 November met explosies, waarbij de eruptiewolk 15 km hoog opsteeg, terwijl de knallen tot op Lombok gehoord werden en de asch op 200 km afstand nog is gevallen (1911 p. 223). Op 7 December stroomde soms een kokende massa over den Zuidrand.

1913: Tenslotte wordt een eruptie gemeld van 23 Juni (N.T. 74 p. 68) met asch-, zand- en grindregen, terwijl op 26 Juni nog rook uit den krater opsteeg. Deze uitbarsting moet hevig en vermoedelijk van langeren duur geweest zijn dan bovengenoemde aanteekening doet denken, daar een puinlawine door de Besoek Semoet het terrein van de Kadjar Koening over bijna 3 km lengte en 800 m breedte vernield heeft (1922 plaat S. II). Door deze erupties is de krater van 1911 geheel veranderd (1936 IV p. 5).

Uitbarstingen van den Lamongan.

1806: Na een rustperiode van 7 jaren begon de berg in April (1814 p. 19) weer rook en steenen uit te werpen, terwijl aschregens tot op grooten afstand werden waargenomen. (F e n n e m a schrijft Mei in plaats van April, 1886 p. 94).

1818: Kort na de aardbeving van 8 October (ook hier geeft F e n n e m a (1886 p. 94) weer een andere maand, nl. November op) had volgens J u n g h u h n de vulkaan een verschrikkelijke uitbarsting (1854 p. 1127).

1821: Midden December „brandde de berg gestadig met rood gloeiend vuur, dat niet uit den top, maar uit de zijde te voorschijn kwam" (1858 p. 608).

1822: Van 3-5 Januari zag R e i n w a r d t vanuit Ngadisari den berg werken (1858 p. 322).

1824: In Januari waren elken dag slakkenerupties (1854 p. 1127).

1826: Slakkenerupties (1854 p. 1127) zonder mededeeling van de maand van waarneming.

1829: In Februari (N.T. 18 p. 240) — F e n n e m a geeft Januari aan (1886 p. 94) — werden doffe onderaardsche knallen, zware aschkolommen met gloeiende steenen en lavastroomen waargenomen.

1838: Van 4 tot 6 Juli vond J u n g h u h n (1854 p. 1113) den vulkaan voortdurend werkzaam en werden gloeiende slakken uitgeworpen. De explosies volgden om de 10 tot 30 minuten.

1841: Tengevolge van de aanhoudende uitbarstingen van 16 Juli tot December (1854 p. 1128) werd de top vernield.

1842: Volgens H. M. L a n g e werkte de berg van Februari tot Augustus (1886 p. 95).

1843: In Augustus en September werden de steenen onophoudelijk tot 170 m hoogte uitgeworpen. Op 5 October volgde de hoofderuptie met geweldige aschwolken en afstortingen (N.T. 18 p. 293). De uitbarsting duurde tot September 1844.

1844: Van Januari tot in September zijn erupties waargenomen (1854 p. 1129).

1847: Na een rust van 2½ jaar begon op 26 Maart een vulkanische werking (1854 p. 1130), welke tot 26 Juni duurde. Asch en gloeiende steenen werden om de 15 minuten uitgeworpen. Op 30 Maart kwam een lavastroom ongeveer 167 m onder den top uit den bergwand te voorschijn. Begin Mei was de uitbarsting op zijn hevigst. Op 25 September vonden nieuwe ascherupties plaats en ontstond een kraterverplaatsing in ZO-richting.

1849: Van Juni tot September heeft de berg dichte rookkolommen uitgestooten (N.T.1 p. 87). Tusschen 13 en 15 September is de scherpe vulkaantop ingestort en is op de Noordhelling ver beneden den hoofdkrater een nieuwe opening ontstaan (1886 p. 104), waaruit een lavastroom vloeide.

1856: Midden Maart (N.T. 11 p. 246) is de vulkaan weer begonnen te werken. In de tweede week van Juni werden schier alle avonden asch, gruis en steenen uitgeworpen (N.T. 11 p. 481).

1859: In den avond van 27 Februari (N.T. 20 p. 249) is er een uitbarsting geweest, gevolgd door een zandregen. Door afstortingen zijn 11 huizen op den voet van den berg bedolven.

1861: In welke maand(en) deze uitbarsting plaats vond is niet bekend (1886 p. 95).

1864: Volgens N.T. 28 p. 287 begon de uitbarsting op 9 Januari met ascherupties en gloeiende steenstortingen. Daar het bericht echter van 13 Juli is en over het tijdstip 12 Januari tot 2 Juli met geen woord gerept werd, denk ik, dat de werking op 9 Juni is begonnen en Januari een drukfout is. Voor dit overzicht werden echter beide maanden meegeteld. Op 12 Juni (Januari) bleek een stuk van den kraterrand te zijn ingestort. In den avond van 3 Juli was de werking het grootst en daalden tot ver in de vlakte lavastroomen af.

1869: Op 6 April is de vulkaan omstreeks 7 uur weer begonnen te werken, gevolgd door een lavauitvloeiing (N.T. 32 p. 128, 260, 450). Tegelijkertijd werkte een nieuwe krater op de Zuidhelling, hetgeen tot 4 Mei duurde.

Bij de groote uitbarsting van 12 September zijn 8 menschen vermoedelijk door steenlawinen gedood.

1870: Den 2den Maart begon een uitbarsting (N.T. 32 p. 260), die 3 etmalen duurde. Daarna zijn op 18 Augustus (1886 p. 95) en op 30 November aschregens gevallen.

1871: Van 22 tot 24 Januari wordt van de ZW-zijde een uitbarsting met zware asch- en steenregens gemeld. Ook op 3 Februari werden gloeiende steenen uitgeworpen (N.T. 32 p. 450).

1872: Van 15 Augustus tot 18 September worden aschregens gemeld (1886 p. 96).

1874: Volgens N.T. 36 p. 36 hadden in den ochtend van 20 Mei ascherupties plaats, alsook op 21 Augustus.

1877: De aschregen op 24 April in het Malangsche gevallen (N.T. 38 p. 144) kan van den Semeroe als wel van den Lamongan afkomstig zijn. Verder viel asch op 24 Mei. Een lavastroom vloeide omlaag (1866 p. 106).

1883: Van 13 tot 15 April had een zeer belangrijke uitbarsting plaats met een lavauitvloeiing (1886 p. 99), die eerst na 21 dagen, dus tot in Mei, ophield te stroomen.

1884: De eerste helft van Januari (J. 1884 p. 27), op 14 en 16 April en op 23 Juni heeft de berg verhoogde werking vertoond (N.T. 45 p. 460).

1885: Zand- en steenerupties worden vermeld van 11-30 Maart (N.T. 46 p. 19) en een lavastroom van April (1886 p. 107). Ook in Mei, in Juli, op 6 Augustus (1886a p. 89), op 7 November en in December (N.T. 46 p. 116) heeft de vulkaan gewerkt.

1886: Verhoogde werking was begin Januari met tusschenpoozen, verder eind Februari (J. 1886), midden April, Augustus, begin September en midden October (N.T. 47 p. 147).

1887: Lichte ascherupties of gloeiende steenstortingen worden gemeld van begin Juli en van November (N.T. 48 p. 200).

1888: Gloeiende steenen werden in Februari uitgeworpen (N.T. 49 p. 121). In September en October werkte de vulkaan weer.

1889: De sterke stoomontwikkeling na zware regens in April werden niet meegeteld. Aschregens komen voor in September, October en November (N.T. 50 p. 167).

1890: Ofschoon gemeld wordt, dat hij het geheele jaar gewerkt heeft (N.T. 51 p. 318), zeker is het van de tweede helft van Maart en in April en Mei, en verder van begin September alsmede gedurende November en December.

1891. Begin van het jaar werkte de Lamongan voortdurend (N.T. 52 p. 93), terwijl eind September en begin October gloeiende lava uitvloeide (1895 p. 214).

1893: Van 18 November worden aschregens gemeld. Door een lahar zijn bij Ranoe Bedali 75 bouw akker verwoest en gedeeltelijk met zand en steenen bedekt (1895 p. 215).

1896: Vanaf 5 September waren zand- en ascherupties (N.T. 57 p. 381). De werking duurde op 19 September nog onafgebroken door.

1898: Na 1½ jaar rust ontstond op 5 Februari, voorafgegaan door onderaardsch gerommel, een eruptiepunt op den ZW-voet van den vulkaan, waaruit in de volgende dagen een groote hoeveelheid lava vloeide (N.T. 59 p. 80).

Talrijkheid der uitbarstingen in de regen- en droge maanden.

Nu werd nagegaan in welke maanden de vulkanen gewerkt hebben, hetgeen in *tabel 1* werd aangegeven, dus hoe vaak uitbarstingen van den Semeroe en den Lamongan hebben plaats gevonden in de maanden Januari, Februari enz., terwijl daarnaast de gemiddelde regenval op den top dezer vulkanen is vermeld volgens de gegevens van het Meteorologisch Observatorium te Batavia. In een schrijven van 6 November 1936 deelde de Directeur van dat observatorium, prof. J. Boerema, mede, dat regenwaarnemingen ontbreken op den top van deze vulkanen zelf, zoodat de grenslijnen der strooken met even grooten regenval, getrokken werden op grond van de gegevens op den voet en de helling der vulkanen. Deze gegevens zijn ingeteekend in de kaarten van Verhandelingen Nr. 14 van het Kon. Magn. en Meteorol. Observatorium te Batavia.

Tabel 1. Regenval en talrijkheid der vulkanische uitbarstingen in de verschillende maanden van het jaar.

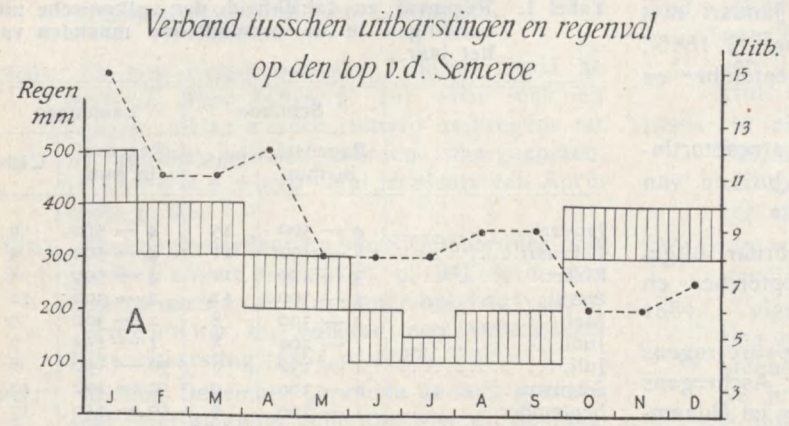
	Semeroe		Lamongan	
	Regenval in mm	Uitb.	Regenval in mm	Uitb.
Januari	4 — 500	15	4 — 500	9
Februari	3 — 400	11	4 — 500	9
Maart	3 — 400	11	4 — 500	8
April	2 — 300	12	2 — 300	12
Mei	2 — 300	8	2 — 300	9
Juni	1 — 200	8	1 — 150	7
Juli	1 — 150	8	50 — 150	8
Augustus	1 — 200	9	50 — 100	10
September	1 — 200	9	50 — 150	13
October	3 — 400	6	2 — 300	8
November	3 — 400	6	3 — 500	8
December	3 — 400	7	3 — 500	5

Tabel 2. Gemiddeld cijfer voor de talrijkheid van vulkanische uitbarstingen bij een bepaalde regensterkte.

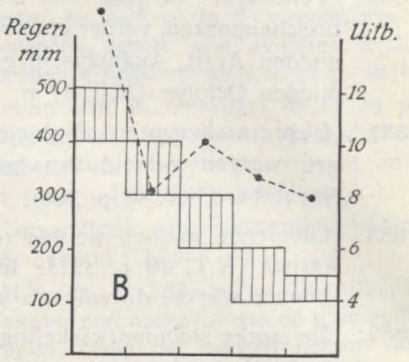
	Semeroe	Lamongan
500 — 400	15	8,7
500 — 300	—	6,5
400 — 300	8,2	—
300 — 200	10	9,7
200 — 100	8,7	—
150 — 100	8	7
150 — 50	—	10,5
100 — 50	—	10

Ofschoon deze gegevens in 1925 zijn gedrukt en de gemiddelden van verschillende stations wel eenigzins veranderd zijn, zoo heeft dit volgens Boerema op de regenkaarten geen invloed van beteekenis. Voor onderstaand onderzoek komt het trouwens niet op den absoluten, maar op den relatieven regenval aan. Bovendien zijn de grenswaarden tamelijk ruim genomen en werd telkens aangegeven een regenval tusschen twee grenzen, die 50, 100 ja zelfs 200 mm verschillen. In ieder geval blijven de eerste en de laatste drie maanden van het jaar de regenrijkste, en de maanden Juni tot September de droogste maanden van het jaar.

Bij den Semeroe is de uitbarsting van 1818, bij den Lamongan die van 1826 en 1861 niet meegerekend, omdat niet bekend is, in welke maanden die hebben plaats gehad. In fig. A en C is de bovenstaande tabel 1 in teekening gebracht, waarbij op de horizontale lijn de maanden van het jaar zijn aangegeven en op de vertikale lijn links de regenval en rechts het aantal keeren, dat in een bepaalde maand uitbarstingen hebben plaats gevonden. Daaruit blijkt voor den Semeroe (fig. A), dat in de regenrijkste maand Januari (met 4-500 mm regenval) het grootste aantal nl. 15 uitbarstingen hebben plaats gevonden. Daar tegenover staat, dat in de regenrijke maanden October tot December met 3-400 mm regen het geringste aantal keeren uitbarstingen zijn geweest, en dus minder vaak dan in de droge maanden Juni tot September.

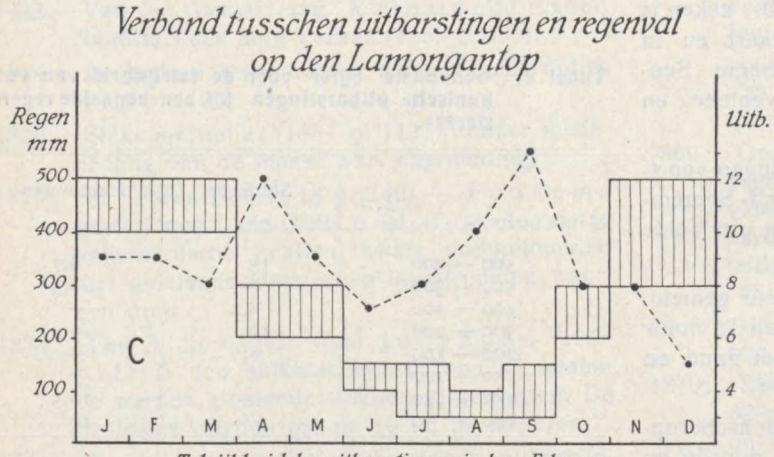


Talrijkheid der uitbarstingen in Jan, Febr. enz.

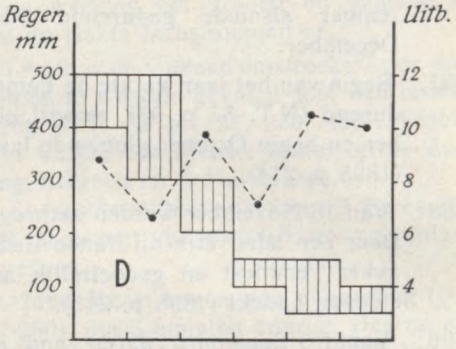


Talrijkheid der uitbarstingen volgens de sterkte van den regen.

Regensterkte
Talrijkheid der uitbarstingen



Talrijkheid der uitbarstingen in Jan, Febr. enz.



Talrijkheid der uitbarstingen volgens de sterkte van den regen.

Bovendien werd grafisch voorgesteld de talrijkheid der uitbarstingen bij een bepaalde regensterkte (fig. B), dus b.v. hoe vaak uitbarstingen zijn geweest bij regensterkten van 5-400 mm, 4-300 mm enz. (zie tabel 2). Ook hier komt bij den sterksten regenval van 4-500 mm het grootst aantal keeren uitbarstingen voor, maar bij een regensterkte van 3-400 mm vonden slechts 41 : 5 = 8,2 keeren uitbarstingen plaats, dus ongeveer evenveel als in de droogste maand Juli met 100-150 mm regen, en minder dan bij een neerslag van 2-300 mm of 1-200 mm.

Uit deze gegevens blijkt dus, dat het twijfelachtig is of er een verband bestaat tusschen uitbarsting en regenval. Nog minder duidelijk is dit bij den Lamongan (fig. C), waar de gegevens zelfs het omgekeerde aantoonen, nl. dat in de regenmaanden minder vaak uitbarstingen hebben plaats gevonden dan in den drogen tijd. Zoo zijn in de regenmaanden Januari, Februari, Maart, November en December minder vaak uitbarstingen geweest dan in de regenarmere maand April en in de droge maanden Augustus en September. Ook fig. D, waar het onmiddellijk verband wordt aangegeven tusschen de regensterkte en het cijfer dat uitdrukt, hoe vaak gemiddeld uitbarstingen hebben plaats gevonden, toont dat juist in den drogen tijd met 50-100 en 50-150 mm neerslag, veel vaker uitbarstingen zijn geweest dan in de regenmaanden met 3-500 of 4-500 mm neerslag.

Ten einde een juist beeld te krijgen van het vraagstuk of de regenval op vulkanische uitbarstingen invloed heeft gehad, moet de samenhang nog bij tal van andere vulkanen onderzocht worden. Het lag dan ook niet in de bedoeling uit bovenstaand onderzoek vergaande gevolgtrekkingen te maken, maar alleen om de bestaande gegevens in cijfers en grafieken vast te leggen, waardoor zij een duidelijker beeld geven van het gebeurde. In ieder geval kan gezegd worden, dat het onderzoek naar het verband tusschen regenval en uitbarsting bij de vulkanen Semeroe en Lamongan tot een negatief resultaat heeft gevoerd, nl. dat nog niet gezegd mag worden, dat regens een uitbarsting in de hand werken, en evenmin dat de afkoelende invloed van het water het ontstaan van een uitbarsting tegenwerkt.

Lijst van geschriften.

K.M. Kwartaalverslagen van het Mijnwezen.
N.T. Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indië.
J. Javasche Courant.
1814 Thomas Horsfield. Reis naar de oosterstreken van Java. Verh. Bat. Gen. Dl. VII p. 19.
1837 H. Berghaus. Allgemeine Länder- und Völkerkunde. Bd. II p. 714. Stuttgart.
1838 G. F. Clignett. Beklimming van den berg Smeroe op den 18den October 1838. N.T. dl. 1.
1844 J. D. van Herwerden. Bijdrage tot de kennis van het Tenggersche Gebergte. Verh. Bat. Gen. v. K. en W. Dl. 20.

1854 F. Junghuhn. Java Hoofdst. 2.
1858 C. G. C. Reinwardt's reis naar het oostelijk gedeelte van den Indischen Archipel in het jaar 1821. Kon. Inst. v. Taal-, Land- en Volkenkunde.
1886 R. Fennema. De vulkanen Semeroe en Lemongan. Jaarb. Mijnwezen Jg. 15 Wet. Ged.
1895 S. Knüttel. Bericht über die vulcanischen Ereignisse im engeren Sinne usw. Tschermak's Min. u. Petr. Mitt. Bd. 14.
1896 R. D. M. Verbeek en R. Fennema. Java en Madoera. Dl. I.
1909 Hugo Cool. Verslag omtrent een onderzoek aan den Semeroe in verband met den ramp van Loemadjang. Jaarb. Mijnwezen Jg. 38.
1909a L. F. van Gent. De Semeroe. Jaarversl. Top. Dienst Jg. 5.
1909b K. Sapper. Bemerkungen über einige javanische Vulkane und über A. Brun's Untersuchungen derselben. Centralbl. f. Min. Geol. u. Pal.
1911 L. F. van Gent. De G. Semeroe. Jaarversl. Top. Dienst.
1911a A. Brun. Recherches sur l'exhalaison volcanique. Genève.
1913 L. F. van Gent. De Lemongan. Jaarversl. Top. Dienst.
1913a T. A. A. van Gogh. De Semeroe uitbarsting v. 15 Nov. 1911. Tijdschr. K. N. A. G. dl. 30 p. 744.
1916 Arn Heim. Auf dem Vulkan Smeru auf Java. Neujahrsbl. Naturf. Ges. in Zürich.
1917 K. Sapper. Katalog der geschichtlichen Vulkanausbrüche. Verl. Karl J. Trübner. Strassburg.
1922 G. L. L. Kemmerling. De Semeroe, de Bromo en de Lamongan in het begin van 1920. Vulk. Meded. Nr. 4.
1925 N. J. M. Taverne. Vulkanologische Berichten Nr. XLIV. Nat. Tijdschr. v. N.I. dl. 85.
1926 N. J. M. Taverne. Vulkaanstudien op Java. Vulk. en Seism. Meded. Nr. 7.
1926a Nieuwe kaarten en foto's van den top van den vulkaan Semeroe (Java). Jaarversl. Top. Dienst.
1935 J. J. Richard. Enkele aanteekeningen omtrent den G. Raoeng op Java. Leidsche Geol. Meded. Dl. VII.
1936 M. Neumann van Padang. Over de verplaatsing van de kraters der vulkanen Slamet, Lamongan, Merapi en Semeroe. Dit tijdschrift. Jg. 3. IV.
1936a Ch. E. Stehn, Bulletin of the Netherlands Indies Volcanological Survey, Nr. 75.
1936b Ch. E. Stehn. Het eruptiegevaar van den G. Semeroe voor de ondernemingen op de vulkaanhelling. De Bergcultures Jrg. 10.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

Productiecijfers van Aardolie in kgtonnen.

	1936		1935	
	Nov.	t/m Nov.	Nov.	t/m Nov.
Java en Madoera	64 409,8	440 800,1	40 788,2	434 082,5
Noord-Sumatra ...	66 351,1	617 285,8	56 436,6	832 998,3
Palembang ..	233 849,2	2 522 819,5	223 179,–	2 265 603,2
Djambi	68 369,4	592 767,5	45 506,5	328 757,4
Oost-Borneo	92 336,9	937 071,–	80 293,4	925 032,5
Tarakan	60 886,8	677 481,5	53 993,8	735 232,2
Boenjoe	418,6	4 953,4	320,4	5 570,8
Ceram.....	[1] 4 800,–	[2] 45 183,7	3 582,–	38 315,9
Nederlandsch-Indië:	591 421,8	5 838 362,5	504 099,9	5 565 592,8

1) Geschat.
2) Werkelijke productie October 1936 = 4894,3 kgt.

Productiecijfers van Steenkolen in kgtonnen.

	1936		1935	
	Nov.	t/m Nov.	Nov.	t/m Nov.
Gouvernementsbedrijven Steenkolen Mij „Parapattan" Oost-Borneo	61 606	681 620	57 219	642 954
Maatschappij Loa-Boekit kolenmijnen..	20 000	230 010	26 000	239 440
	6 369	69 895	6 331	65 134
	2 000 *)	27 568	3 180	34 647

*) Geschat.

Mijnbouw Maatschappij Redjang Lebong.

Gedurende de maand November werden:
8 140 tons erts vermalen van gemiddeld { 3,71 dwts goud per ton. 28,3 „ zilver „ „
2 160 „ sand en
6 120 „ slimes behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 1 324 ozs. goud en ca. 8 319 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 86 000,—.

De bedrijfskosten over November bedroegen ± *f* 58 000,—, terwijl voor geologische onderzoekingen werden uitgegeven ± *f* 1 000,—.

De Directie deelt mede dat zij op 28 November jl. de rapporten der expertise, waaraan hebben deelgenomen Dr. M. Müller, Dipl. Ing. J. Kuntz en Dr. Ing. J. Zwierzycki, in verband met het wetenschappelijk belang daarvan, in druk heeft doen verschijnen.

Voorts bericht zij in haar mijnbouwrapport no. 1962, ddo. 21 December, dat het laatste erts van Lebong Donok vermalen is en dat de stampmolen op 14 December te 6 uur v.m. werd stilgezet. Het afbouwprogram kon ondanks de in de mijn opgetreden moeilijkheden (zie dit tijdschrift IV. p. 206) geheel en volgens den oorspronkelijken opzet worden voltooid.

Mijnbouw Maatschappij Simau.

Gedurende de maand November werden:
7 433 tons vermalen van gemiddeld { 8,2 dwts goud per ton. 93,— „ zilver „ „
2 760 „ sands,
4 262 „ slimes en
271 „ concentraten behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 3 142 ozs. goud en ca. 33 811 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 216 000,—.

De bedrijfskosten over November bedroegen ± *f* 102 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven ± *f* 3 000,— en voor prospecteeren der nieuwe vergunningen ± *f* 4 000,—.

VEREENIGING VAN WATERSTAATSINGENIEURS.

Bij den bibliothecaris, ir. E. E. Hens, Dept. van Verkeer en Waterstaat, Bandoeng, zijn verkrijgbaar:

Losse nummers van het tijdschrift *De Waterstaats-Ingenieur* ..... *f* 1,50
Grafieken voor hydraulische berekeningen, door ir. J. M. Steevensz ..... „ 4,—
Grafieken, behoorende bij het artikel „Een eenvoudige berekeningswijze voor leidingen en waterloopen" voorkomende in No. *9 — 1931* ..... „ 0,50
Overdrukken van de belangrijkste verschenen artikelen, o.m.
Geologisch overzicht van Java en Madoera, door dr. G. J. N. Hengeveld (*1919 — 11*) ..... „ 1,50
Afvoer van regens, door ir. A. Perelaer (*1917 — 6*) ..... „ 1,—
Bepaling van den afvoer van regens, door ir. J. E. de Meijier ..... „ 1,50
Springstoffen, door H. H. van Wijk (*1921 — 2*) ..... „ 1,—
Bandjirs in de rivieren van Java, door O. J. Herz (*1922 — 12* en *1933 — 1*) ..... „ 0,50
Aftapsluizen en meetinrichtingen voor bevloeiïngswerken, door ir. P. de Gruyter (*1925 — 2* en *3*). „ 2,—
Een nieuwe aftap- tevens meetsluis, door ir. P. de Gruyter (*1926 — 12* en *1927 — 1*) ..... „ 2,—
Pompvergunningen en pompstations, door ir. H. M. Verwey (*1927 — 4*) ..... „ 1,—
De inwendige organisatie van de Vorstenlandsche Waterschappen, door ir. J. Th. Rietveld ..... „ 1,—
De gyroscoop en zijne toepassingen in de techniek, door Prof. Ir. C. G. J. Vreedenburgh (*1927 12*) ..... „ 1,50
De tangentieele buigspanningen in groote drukbuizen, door Prof. Ir. C. G. J. Vreedenburgh en wijlen Ir. W. Beyerinck (*1929 — 5*) ..... „ 1,50
Venturimeters voor secundaire aftapsluizen, door Ir. A. L. Verwoerd (*1929 — 10*) ..... „ 2,50
Een module venturimeter-inlaatsluis met groot meetbereik, door Ir. A. L. Verwoerd (*1930 — 4*) ... „ 1,25
Electriciteit op bouwwerken, door Ing. L. A. Schmid (*1930 — 7*) ..... „ 0,50
Gespoelde dammen (hydraulic-fill dams), door Ir. S. A. Blok (*1930 — 9*) ..... „ 1,50
Toepassing van de waarschijnlijkheidsleer op hydrol. waarnemingen, door Ir. S. H. A. Begemann (*1931 — 1, 2* en *3*) ..... „ 4,—
Het Chlooronderzoek in de vlakte van Kedoeng Semat, door Ir. F. M. van Veen (*1931 — 6*) ..... „ 1,50
De onvolkomen overlaat, door Ir. H. Vlugter (*1932 — 4*) ..... „ 2,—
Een regelbare meetoverlaat als tertiaire aftapsluis, door Ir. D. G. Romijn (*1932 — 9*) ..... „ 1,—
Berekening overlaatlengte van reservoirs, door Ir. D. H. Arends (*1933 — 6* en *7*) ..... „ 2,—

Van de onderstaande overdrukken zijn nog enkele exemplaren verkrijgbaar, welke tegen *zeer verminderden prijs* worden opgeruimd.

Ir. C. A. E. van Leeuwen. Het huidige vraagstuk der watervoorziening van Batavia en Mr.-Cornelis (*1917 — 3, 4, 7, 12* en *1918 — 1*) ..... *f* 1,—
Ir. J. de Jonge. De Boschexploitatie op de Buitenbezittingen, speciaal die op het eiland Simaloer (*1919 — 7*) ..... „ 0,25
J. M. Beckman. De barometrische hoogtemeting in Indië (*1922 — 6*) ..... „ 0,25
Ir. W. C. D. Haarman. De economische grens van de wielkracht van vrachtauto's (*1922 — 7*) ... „ 0,25
Ir. Ch. F. van Haeften. Drukbuizen van gewapend beton (*1922 — 7*) ..... „ 0,50
P. H. W. Sitsen. Energie-vernietigers, (Kreuter-remmen) (*1922 — 6*) ..... „ 0,25
Dr. Ir. W. B. Peteri. De Indische wegen en de mechanische tractie (*1922 — 10*) ..... „ 0,25
Ir. Wouter Cool. Waar Oceaan en rail elkaar ontmoeten (*1923 — 3*) ..... „ 0,25
H. W. Jonkhoff. Het nieuwe motorreglement in verband met de raillooze tractortrein (*1923 — 8*). „ 0,25
Ir. B. J. K. Cramer. Ontwerp van een slacht- en koelhuis voor de gemeente Batavia (*1923 — 1*). „ 0,50
Ir. P. de Gruyter. Aftap- tevens meetsluizen voor secundaire leidingen (*1925 — 4*) ..... „ 0,75
Ir. W. F. Eysvoogel. Het Goeng-gebied, een irrigatiewerk met niet gescheiden aan- en afvoer (*1925 — 4*) ..... „ 0,75
Ir. J. J. Baggelaar. De plannen van een zeehaven voor Semarang (*1926 — 7*) ..... „ 0,25
B. Hoff. Ervaringen met tras, roode cement en kalkmortels op Java (*1928 — 11*) ..... „ 0,75
Ir. L. J. C. van Es. Stuwdammen (*1928 — 8*) ..... „ 0,50
Ir. F. D. Pigeaud. Schroef- en Kaplanturbines (*1928 — 7*) ..... „ 0,25
Dr. Ir. L. J. de Ven. De tijdstudie op het gebied van den civiel-ingenieur in Indië (*1928 — 9*) ..... „ 0,25
Ir. J. F. Graadt van Roggen. Bevloeiingswerken in de Landschappen in Z.-W. Celebes (*1928 — 9*) ..... „ 0,25
Mr. J. Meihuizen. Beschadiging van bevloeiingswerken, enz. en hare berechting (*1929 — 6*) ..... „ 0,25
Ir. W. C. D. Haarman. De ontwikkeling van den trolleybus (*1929 — 6, 7, 8*) ..... „ 0,50
L. A. Schmid. Toepassing electrischen stroom bij werkzaamheden op ijzerconstructies, e.d. (*1930 — 11*) „ 0,25
Richard Baumgartner. Het nieuwe Post- en Telegraafkantoor te Batavia (*1930 — 2*) ..... „ 0,25
Prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh. Berekening der spanningen in den wand van vlak belaste buisleidingen met grooten diameter onder overdruk met behulp der benaderingsformules voor samengestelde knik (*1931 — 7*) ..... „ 1,—
Ir. P. L. E. Happé. Wegbreedte in verband met de tegenwoordige verkeerseischen (*1932 — 5*) ... „ 0,25
Ir. A. de Heer. De zware herstelling aan de van der Wijck-leiding (*1932 — 5*) ..... „ 0,25

4e JAARGANG
NUMMER 1

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JANUARI
1937

V. VERKEERSWEZEN.

INHOUD: Complicaties bij het onderzoek van vloeibare asphalten (4e vervolg), door ir. L. Meulemans.

Complicaties bij het onderzoek van vloeibare asphalten (4e vervolg)

door

ir. L. MEULEMANS,

scheikundig-ingenieur bij de N.-I. Wegenvereeniging.

7. Invloed van den aard der flux op het destillaatgewicht.

In het vorige hoofdstuk [1]) werd de invloed van de verhouding: asphalt/petroleum (a/p) op het destillaatgewicht nagegaan.

In de *fig. 9a* en *9b* zijn de daarbij verkregen resultaten grafisch uitgezet. Hieruit blijkt, dat er zoowel tusschen de verhouding a/p en het destillaatgewicht % oorspronkelijk toegevoegde hoeveelheid petroleum (d_p), als tusschen de grootheden petroleum % cutback (p_c) en destillaat % cutback (d_c), een nagenoeg rechtlijnig verband bestaat.

Deze beide functies in algemeenen zin zullen wij in het vervolg aanduiden door respectievelijk: $a/f - d_f$-functie en $f_c - d_c$-functie. Hierin is dan: a = asphalt, f = flux en d = destillaat.

Aanvankelijk dachten wij met behulp van de $f_c - d_c$-functie het fluxgehalte van een ons in samenstelling onbekend product op eenvoudige wijze nauwkeurig te kunnen bepalen. Immers, indien aan de hand van zelf synthetisch bereide oplossingen met verschillende fluxtypen (benzine, petroleum, zwaardere olie), de daarop betrekking hebbende lijnen of curven zouden zijn vastgelegd, zou men niets anders te doen hebben dan 200 g van het product tot 390° C vloeistoftemperatuur af te destilleeren, het gewicht van het condensaat te bepalen en na omrekening hiervan in gew. % cutback, in de grafiek de bijbehoorende ordinaat af te lezen.

Intusschen hebben wij reeds eerder opgemerkt, dat verschillende asphaltsoorten ook verschillende destillatieresultaten kunnen geven. Zelfs bij oplossingen, waarin asphalten met overigens dezelfde physische constanten (penetratie, ductiliteit, verweekingspunt enz.), doch van verschillende herkomst verwerkt zijn, kunnen na de destillatie tot een bepaalde vloeistoftemperatuur, sterk varieerende hoeveelheden flux in het residu worden achtergehouden. Het is niet onwaarschijnlijk, dat de oorzaak van dit verschijnsel gezocht moet worden in het verschil in basis, waaruit de asphalten bereid zijn.

Reeds door deze omstandigheid alleen wordt de zaak uitermate gecompliceerd. Naderhand zal nog blijken, dat er andere factoren te over zijn, die maken, dat de bepaling van het juiste fluxgehalte van een cutback, althans door destillatie onder normalen druk, tot de onmogelijkheden gaat behooren.

Wordt nu *benzine* (autoline) inplaats van petroleum als fluxmiddel gebruikt, dan blijken ook hiervoor lineair verloopende functies te bestaan.

1) Zie hiervoor dit tijdschrift No. 3 — 1936.

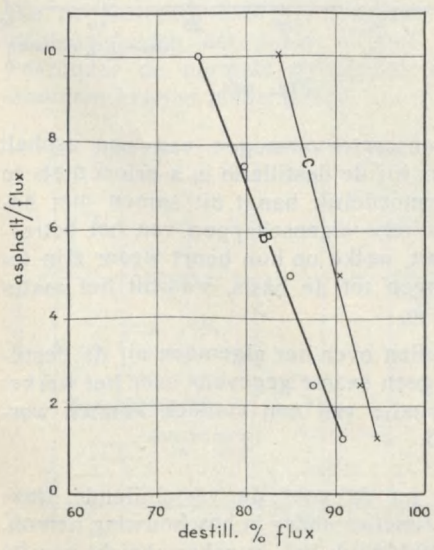


Fig. 9a.

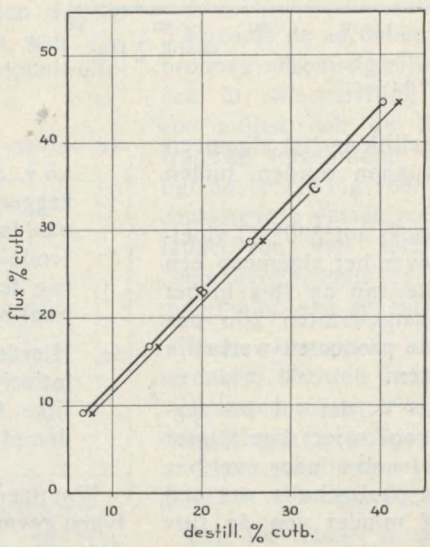


Fig. 9b.

asph. soort	B				C			
g asphalt *a*	83	150	167	174	83	150	167	174
cm^3 benzine	114	52	33	24	114	52	33	24
g benzine *b*	83,0	37,7	23,9	17,4	83,0	37,7	23,9	17,4
a/b	1,0	4,0	7,0	10,0	1,0	4,0	7,0	10,0
gew. destil.	78,6	34,3	20,7	14,5	80,0	35,3	21,5	15,2
% oorspr. flux	94,7	91,0	86,6	83,3	96,4	93,6	90,0	87,4
destil. % cutb.	47,3	18,3	10,8	7,6	48,2	18,8	11,2	7,9

Bij de derde serie onzer proeven werd als flux gebruikt de tot 390° C vloeistoftemperatuur overgegane fractie van *dieselolie*. In nevenstaande tabel zijn de daarbij gevonden resultaten opgenomen, welke verder in de *fig. 10a* en *10b* grafisch zijn uitgezet.

asph. soort	B.					C.				
g asphalt *a*	92	125	157	175	183	92	125	157	175	183
cm^3 olie	110	75	47	30	22	110	75	47	30	22
g olie *o*	91,8	62,6	39,2	25,0	18,4	91,8	62,6	39,2	25,0	18,4
a/o	1,0	2,0	4,0	7,0	10,0	1,0	2,0	4,0	7,0	10,0
gew. destil.	70,3	42,8	21,4	10,5	6,4	73,4	45,0	23,9	11,8	7,5
% oorspr. flux.	76,6	68,4	54,5	42,0	35,0	80,0	72,0	61,0	47,2	40,6
destil. % cutb.	38,3	22,8	10,9	5,3	3,2	39,9	24,0	12,2	5,9	3,7

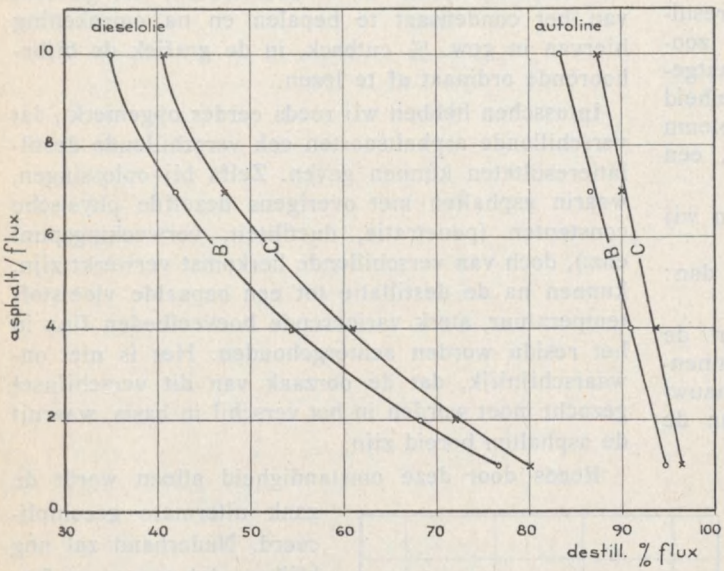


Fig. 10a

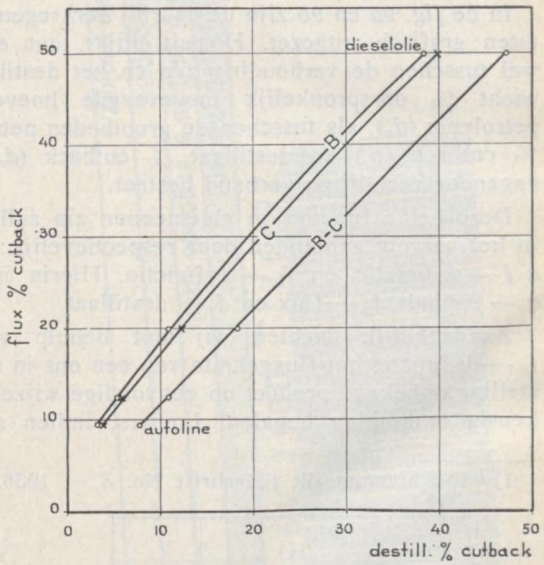


Fig. 10b.

De conclusies, welke onmiddellijk in het algemeen uit deze proeven getrokken kunnen worden, luiden als volgt:

1e. Bij de destillatie van cutbacks tot 390° C vloeistoftemperatuur blijft er over het algemeen een grooter of kleiner gedeelte van de flux in het residu achter. De destillaatgewichten zijn dus steeds kleiner dan de in de producten werkelijk aanwezige flux-hoeveelheden.

2e. Naarmate de flux zwaarder is, dat wil dus zeggen een hooger gelegen kooktraject heeft, gaat er bij de destillatie relatief ook minder over.

3e. Met het stijgen van het asphaltgehalte van een cutback wordt er relatief minder van de flux overgedestilleerd.

4e. Over het absorptie-vermogen van een asphalt t.o.v. de flux bij de destillatie is a priori niets te zeggen; vermoedelijk hangt dit samen met bepaalde specifieke eigenschappen van het betreffende asphalt, welke op hun beurt weder zijn terug te brengen tot de basis, waaruit het materiaal bereid is.

5e. Hierdoor zullen over het algemeen uit de destillatiecijfers geen exacte gegevens over het werkelijke fluxgehalte van een cutback kunnen worden afgeleid.

Wanneer wij nu de voor de verschillende fluxtypen gevonden functies nader in beschouwing nemen, dan valt ons onmiddellijk het, in zeker opzicht van de

andere zoo sterk afwijkende, verloop der dieselolielijnen op. Wel is waar gaf ook hierbij asphalt B over de geheele linie lagere uitkomsten dan asphalt C, doch het *gebogen* instede van lineaire verloop der functies doet ons denken aan bijzondere factoren, welke gedurende het destillatieproces bij de asphalt-olie-systemen in het spel geweest zouden kunnen zijn en die bij de met lichtere fracties bedeelde oplossingen niet of althans niet in die mate aanwezig waren.

De vraag is nu, hoe dit op het eerste gezicht zoo merkwaardige verschijnsel verklaard zou kunnen worden.

Het is een algemeen bekend feit, dat oplossingen, waarvan de kookpunten der samenstellende enkelvoudige vloeistoffen betrekkelijk weinig van elkander verschillen, door destillatie veel moeilijker in hun componenten te scheiden zijn dan oplossingen, waarvan de kookpunten der componenten ver uit elkander liggen. Ditzelfde geldt voor oplossingen, welke uit vloeistoffen met een kook*traject* bestaan.

Uit een oplossing van asphalt in dieselolie zal dus over het algemeen de flux door destillatie tot een bepaalde temperatuur veel moeilijker te verdrijven zijn dan uit een oplossing van asphalt in benzine. Liggen de kooktrajecten der componenten (asphalt-flux) ver uit elkander en ligt *bovendien* de eindtemperatuur der destillatie zooveel hooger dan het maximum kookpunt van het meest vluchtige bestanddeel (flux), dan zal dit laatste er des te volledíger uit verdreven kunnen worden.

Hoe de invloed van de eindtemperatuur der destillatie op het beloop der functies is, kan o.i. het best aan de hand van de navolgende proef worden beoordeeld.

Normale auto-benzine wordt zoover afgedestilleerd, totdat de in de vloeistof gestoken thermometer een temperatuur aanwijst van 170° C. Praktisch 95% van de oorspronkelijke hoeveelheid gaat hierbij over. Met de overgedestilleerde fractie worden met asphalt B oplossingen gemaakt van oploopende asphaltconcentratie. Deze oplossingen worden op de gewone wijze gedestilleerd, echter niet tot een eindtemperatuur van 390° C, maar tot aan de maximum kooktemperatuur van de flux, n.l. 170° C. Hierdoor worden dus de omstandigheden der proef relatief gelijk aan die, waaronder de normale destillaties der asphalt-olie-systemen hebben plaats gehad.

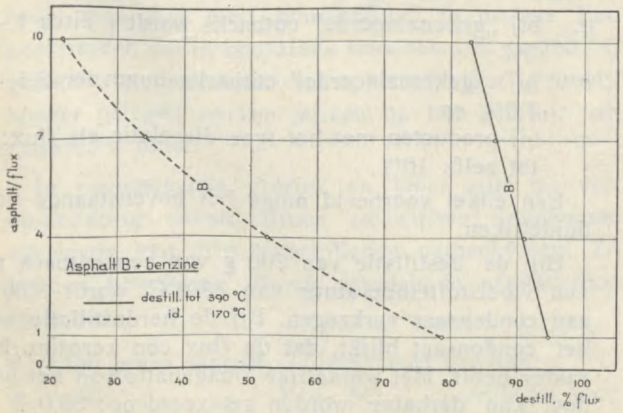


Fig. 11.

Daar uit *fig. 11* blijkt, dat de $a/f - d_f$-functie onder de nieuwe omstandigheden *gebogen* inplaats van lineair verloopt, meenen wij uit een dergelijke proef de conclusie te mogen trekken, dat in het algemeen de vorm der curven eenvoudig beïnvloed wordt door het verschil tusschen eindtemperatuur der destillatie en maximum temperatuur van het kooktraject der flux. Hoe grooter dit verschil is, des te meer zullen de curven een rechte lijn benaderen.

Toch moeten wij ons in dit verband geenszins voorstellen, dat het mogelijk zou zijn om door sterke opvoering van de eindtemperatuur der destillatie bij de asphalt-olie-systemen tenslotte eveneens een lineair verloopende functie te verkrijgen.

Reeds vroeger is er op gewezen, dat bij de destillatie van cutbacks tot 390° C, afhankelijk van het kooktraject der flux, een grootere of kleinere hoeveelheid asphaltolie mede overgaat. Naarmate de flux zwaarder is, het asphaltgehalte van de oplossing stijgt en de destillatietemperatuur wordt opgevoerd, neemt deze hoeveelheid relatief toe. Bij de dieselolie-oplossing zal er dus bij destillatie meer asphaltolie overgaan dan bij de benzine-systemen. In dit verband valt het niet moeilijk in te zien, dat de op zware fluxen betrekking hebbende functies hoe langer hoe gebogener zullen verloopen, naarmate het asphaltgehalte toeneemt. Wordt daarnaast de eindtemperatuur der destillatie opgevoerd, dan zal de als gevolg daarvan ingetreden vervlakking der functie weder te niet worden gedaan, doordat er grootere hoeveelheden asphaltolie mede overgaan.

Resumeerend komen wij dus tot de slotsom, dat het gebogen verloop der functies bij zware fluxoliën op geen bijzondere processen wijst, doch uitsluitend een gevolg is van de omstandigheden der destillatie in verband met het kooktraject van de flux.

8. Invloed van het beloop der kookcurve van de flux.

Evenals de aardoliën zelf, welke van verschillende bronnen afkomstig zijn, niet alleen in uiterlijk, doch ook in samenstelling sterk uiteen kunnen loopen, zoo zullen ook de daarvan afkomstige destillatiefracties verschillend van samenstelling zijn. Hierin ligt de verklaring voor het zoo dikwijls door ons geconstateerde verschijnsel, dat het verloop der destillatiecurven van zelfs in den handel gebrachte „standaard"-producten als autobenzine en lampolie, meermalen aan schommelingen onderhevig zijn.

Twee kerosinen b.v., die hetzelfde kook*traject* (grenzen) bezitten, behoeven niet noodzakelijk gelijk van samenstelling te zijn. De eene kan wat meer of minder van een bepaalde fractie bevatten dan de andere, zoodat hunne destillatiecurven in een $d - t$-diagram onderling in ligging zullen verschillen.

Een en ander is in *fig. 12a* ter verduidelijking weergegeven.

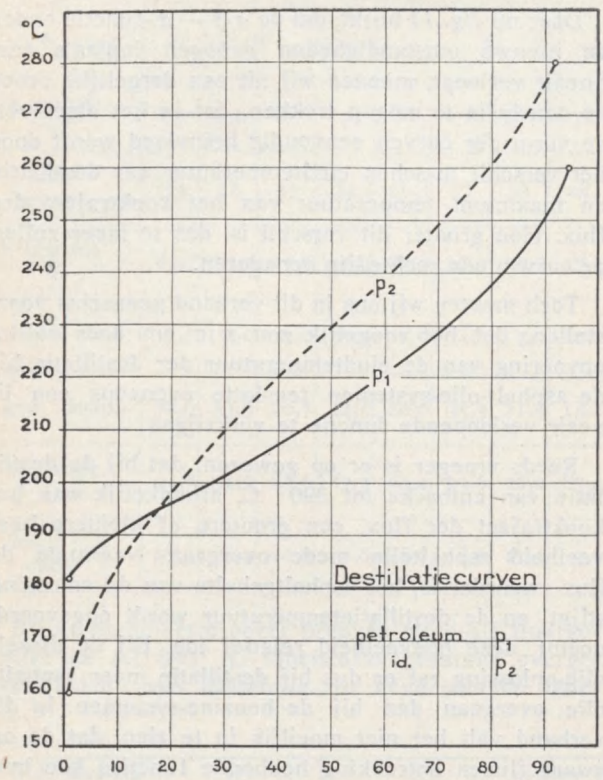


Fig. 12a.

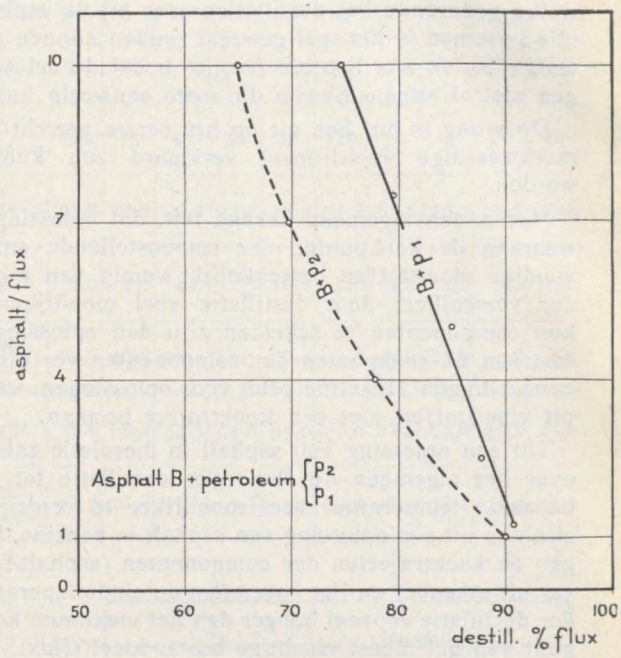


Fig. 12b.

p_1 *en* p_2 behooren beide tot de kerosinen. Zij bezitten nagenoeg hetzelfde kooktraject. Niettemin heeft p_2 een zwaarder karakter dan p_1, omdat haar kookcurve in het diagram voor het grootste gedeelte hooger gelegen is.

Worden nu met p_1 en p_2 als fluxmiddel cutbacks gemaakt van gelijke asphalt-concentratie, terwijl in beide oplossingen bovendien hetzelfde asphalt verwerkt is, dan zal ongetwijfeld bij de destillatie tot een bepaalde temperatuur, van de p_2-oplossing telkens minder overgaan dan van de p_1-oplossing (zie *fig. 12b*).

Hiermede treedt dus een nieuwe factor, die van het beloop der kookcurve van de flux, op den voorgrond, die de bepaling van het juiste fluxgehalte van een cutback, practisch onmogelijk maakt.

Intusschen zal het er voor de practijk waarschijnlijk minder toe doen, dat men het juiste fluxgehalte van een cutback niet kent. Daarentegen lijkt ons de kennis van den *aard* der flux, waaromtrent wij door toepassing eener herdestillatie uitstekend worden ingelicht, van grooter belang.

Inzake het fluxgehalte zal men vermoedelijk in de practijk kunnen volstaan met benaderende waarden, welke voor de verschillende typen uit ons experimenteel onderzoek zijn af te leiden. Noemen wij:

gewicht te destilleeren cutback = c,
gewicht werkelijk aanwezige flux = f,
gewicht destillaat tot 390°C = d,

dan kan de navolgende formule worden opgesteld:

$$\frac{100 \cdot f}{c} = \frac{100 \cdot d}{c} + v$$

v is een grootheid, welke, zooals wij reeds eerder zagen, van verschillende factoren afhankelijk is, n.l.:

1e. van de asphaltsoort, dus van bepaalde specifieke eigenschappen van het asphalt, dat in het materiaal verwerkt is;

2e. van de verhouding asphalt/flux = a/f in het oorspronkelijke product; wordt a/f grooter, dan wordt v ook grooter;

3e. van het kooktraject van de flux; hoe zwaarder de flux is, hoe grooter v zal zijn;

4e. van het beloop der kookcurve van de flux.

Opvallend is intusschen, dat de diverse typen der momenteel in den handel gebrachte producten, geen buitensporige variaties in het fluxgehalte vertoonen. Wanneer wij ons nu op het gemiddelde der hierbij verkregen destillaatgewichten baseeren, dan laten zich voor v globaal de navolgende waarden berekenen:

a. bij „gebenzineerde" cutbacks wordt v circa 1 — 2%;

b. bij „gekerosineerde" cutbacks ongeveer 2,5 — 3,5% en

c. bij producten met het type dieselolie als flux: 5 tot zelfs 10%.

Een enkel voorbeeld moge het bovenstaande verduidelijken.

Bij de destillatie van 200 g van een cutback tot een vloeistoftemperatuur van 390° C, wordt 35,0 g aan condensaat verkregen. Bij de herdestillatie van het condensaat blijkt, dat de flux een kerosine karakter heeft. Het werkelijke fluxgehalte van het product kan derhalve worden getaxeerd op: 35,0/2 + (2,5 à 3,5) = 20 à 21%.

9. De ligging der herdestillatiecurven t.o.v. de kookcurven der origineele fluxen.

Reeds eerder werd de aandacht gevestigd op het feit, dat de destillatiecijfers van het Asphalt Institute geen inzicht geven in den aard van het fluxmiddel en dat ons de mogelijkheid daartoe geopend wordt door de verkregen condensaten aan een herdestillatie te onderwerpen.

Toch moeten wij ons geenszins voorstellen, dat de op deze wijze verkregen herdestillatiecurven volkomen zullen overeenstemmen met de kooklijnen der origineele fluxen. Uit ons experimenteel onderzoek bleek, dat steeds — welke flux daarbij ook betrokken is — een grootere of kleinere hoeveelheid daarvan na de destillatie tot 390°C in het residu achterblijft. Het ligt voor de hand om hierbij aan te nemen, dat dit achterblijvende deel relatief meer van de zware dan van de lichte bestanddeelen van het fluxmiddel bevatten zal. Wordt nu van een koolwaterstoffenmengsel het meest zware gedeelte uitgelicht, dan zal de destillatiecurve van het restant (herdestillatiecurve) in een $d - t$-grafiek (t-ordinaat, d-abscis) in haar geheel ook lager komen te liggen dan de kookcurve van het origineele mengsel. Het verschil in ligging der beide curven zal des te grooter zijn, naarmate er meer van de flux in het residu is achtergebleven of wat in de eerste plaats op hetzelfde neerkomt, naarmate de origineele flux zwaarder is.

Bij „gebenzineerde" cutbacks, waar slechts 1 à 2% van de flux bij de destillatie in het residu achterblijft, moet er practisch geen verschil in ligging der beide curven te constateeren zijn. Bij de met kerosine bedeelde producten zal dit verschil al merkbaar op den voorgrond treden om bij de materialen, waarbij zwaardere oliën gebruikt zijn, zoo belangrijk te worden, dat er van een juiste identificatie totaal geen sprake meer zal zijn. Dit alles neemt niet weg, dat door toepassing van een herdestillatie op de uit de cutbacks verkregen condensaten, een inzicht verkregen wordt inzake het *karakter* der daarbij toegepaste fluxmiddelen. Valt b.v. bij de herdestillatie het kooktraject tusschen 50 en 170° C, dan heeft men met een „benzineflux" te maken. Een kooktraject, dat in hoofdzaak tusschen 160 en 250° C gelegen is, beteekent een „kerosineflux", terwijl hooger gelegen curven wijzen op het gebruik van zwaardere oliën.

In nevenstaande *grafiek* en *tabel* zijn ter verduidelijking enkele lijnen en cijfers opgenomen afkomstig van drie verschillende cutbacktypen. Zij hebben betrekking op de navolgende asphalt-fluxsystemen.

a. 150 gram asphalt C + 52 cm³ benzine;
b. 160 „ „ B + 50 „ petroleum, en
c. 125 „ „ B + 75 „ dieselolie.

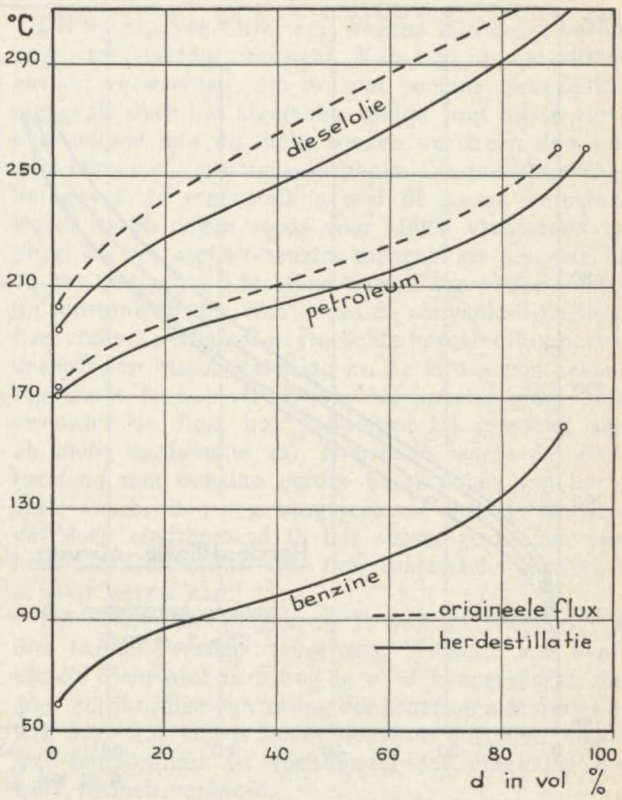


Fig. 13.

flux	benzine		petroleum		dieselolie	
	orig.	herd.	orig.	herd.	orig.	herd.
eerste druppel	—	—	163°	160°	191°	184°
1 cm³	57°	60°	174°	171°	203°	195°
70°C	5,0	4,5	—	—	—	—
90°C	25,0	24,0	—	—	—	—
110°C	55,0	56,0	—	—	—	—
130°C	75,0	77,0	—	—	—	—
160°C	89,0	91,0	—	—	—	—
180°C	—	—	4,0	5,0	—	—
200°C	—	—	29,0	33,5	—	—
220°C	—	—	60,0	65,0	7,0	14,0
240°C	—	—	81,0	85,0	19,5	33,0
260°C	—	—	93,0	95,0	35,5	53,0
280°C	—	—	—	—	53,5	71,0
310°C	—	—	—	—	82,5	92,0

Het spreekt vanzelf, dat het asphaltgehalte van het systeem eveneens invloed zal hebben op de onderlinge ligging van origineele fluxcurve en herdestillatiecurve. Immers wij zagen reeds eerder, dat naarmate er meer asphalt in de oplossing zit, er relatief ook meer van de flux in het residu wordt achtergehouden.

In *fig. 14* is de invloed van de verhouding a/f op het beloop der herdestillatiecurve t.o.v. die der origineele flux weergegeven.

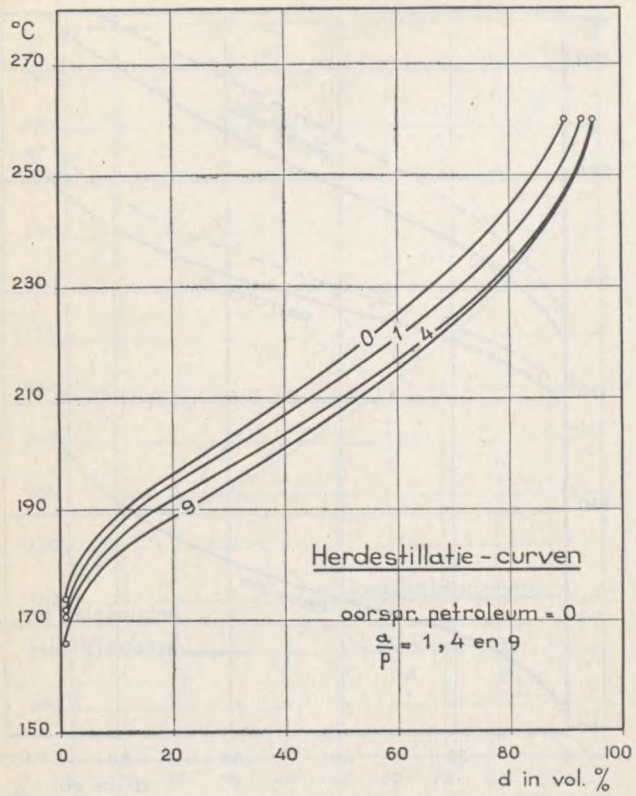


Fig. 14.

Volkomen dezelfde beschouwingen gelden voor het geval er tijdens het destillatieproces crackingsverschijnselen zijn opgetreden. Wordt een koolwaterstoffenmengsel gekraakt, waardoor verbindingen van lagere orde ontstaan, dan komt de destillatiecurve van het gekraakte mengsel in het diagram uiteraard lager te liggen dan de kookcurve van het oorspronkelijke product.

Afgezien van de verhouding a/f, blijken er dus twee factoren te zijn (het achter blijven van fluxbestanddeelen in het residu en de cracking), die het beloop der herdestillatiecurve beïnvloeden en wel in dezelfde richting, daar zij beide veroorzaken, dat in het d — t-diagram de kooklijn van het condensaat van een cutback t.o.v. die van de oorspronkelijke flux lager (practisch vlakker) komt te liggen.

Daarentegen zouden eventueel overgedestilleerde asphaltstoffen, waarvan verondersteld mag worden, dat zij juist uit zeer zware koolwaterstoffen bestaan, een aan het voorafgaande tegengestelde uitwerking moeten uitoefenen. Bij nader onderzoek bleek echter, dat de hoeveelheden asphaltolie, die eventueel overgedestilleerd worden, over het algemeen zóó gering zijn, dat zij practisch geen of zeer weinig invloed zullen hebben op de kooklijn van het condensaat.

Resumeerend komen bovenstaande beschouwingen tenslotte daarop neer, *dat de flux van een cutback over het algemeen in werkelijkheid zwaarder is, dan door de herdestillatiecurve wordt aangegeven.*

10. De koudverdampingsproef.

Voor de beoordeeling van cutbacks is de kennis van de meer of mindere vluchtigheid ervan van belang, omdat bij de te bezigen constructie-wijze daarmede rekening gehouden dient te worden. Over het algemeen worden de snel opstijvende materialen gebruikt voor oppervlaktebehandelingen, flikwerk en mengconstructies voor het omhullen (vertinnen) van steenslag, split of zand met asphalt, terwijl de langzaam opstijvende meer bestemd zijn voor het „primen", d.i. het geven van een indringende voorbehandeling.

De vraag is thans, wat onder „vluchtigheid" in het algemeen moet worden verstaan. Hiermede houdt verband: de *verdampingssnelheid*, waarin men onderscheid dient te maken tusschen de verdampingssnelheid bij de kooktemperatuur der vloeistof en die bij iedere willekeurige lagere temperatuur. In de Duitsche literatuur spreekt men in het eerste geval van „verdampfen", in het laatste van „verdunsten". Bij de praktische toepassing van cutbacks heeft men uiteraard slechts met het laatste geval te maken.

Door de I. G. Farbenindustrie geschiedt de indeeling der stoffen naar hunne vluchtigheid in vergelijking met die van aethyl-aether, de meest vluchtige verbinding, waarvoor de waarde 1 is aangenomen.

Men heeft wel eens getracht eenig verband te vinden tusschen de vluchtigheid van een vloeistof eenerzijds en enkele harer physische constanten anderzijds. In onderstaande tabel zijn verschillende grootheden van twee vloeistoffen, methanol (methylalcohol) en benzol, opgenomen, waaruit blijkt, dat, zooal er werkelijk eenig verband mocht bestaan tusschen vluchtigheid en b.v. dampdruk, mol. gew. en verdampingswarmte, dit wel een zeer gecompliceerd verband moet zijn.

	mol. gew.	dampdruk bij 0°C	dampdruk bij 40°C	kookpunt	verd. warmte	verdamp snelheid.
Methanol...	32	29,6	260	67°	262	6,3
Benzol.....	78	26,5	182	80°	95	3,0

Bovendien zijn er nog enkele andere factoren met name de vochtigheid en de temperatuur der omgeving, welke eveneens van invloed op de verdampingssnelheid zullen zijn.

Ten aanzien der cutbacks zit er echter voor het definieeren der vluchtigheid een moeilijkheid. Hiervoor toch zouden wij, teneinde onderlinge vergelijkingen te kunnen treffen, onder de vluchtigheid van het materiaal moeten verstaan: de tijd, welke noodig is om tenslotte het *eindproduct* op den weg te bereiken. De vraag is echter wàt als het eindproduct beschouwd moet worden. Het oorspronkelijke, voor de samenstelling der cutbacks gebezigde asphalt? Een dergelijke aanname impliceert de veronderstelling, dat alle fluxmiddelen na verloop van langeren of korteren tijd door zelfverdamping (Verdunstung) op den weg geheel zullen zijn verdwenen. In dit verband is het duidelijk, dat behalve de aard, ook de *hoeveelheid* van de flux invloed op den verdampingstijd zal hebben.

Ten einde eenig inzicht te krijgen in het verloop der verdamping bij kamertemperatuur van enkele fluxmiddelen, indien daarin asphalt is opgelost, werd door ons een zgn. *koudverdampingsproef* aangezet.

In drie kolfjes, elk voorzien van goed sluitende stoppen, werden bepaalde hoeveelheden asphalt en flux afgewogen.

a. 10,0005 gram asphalt C + 2,50 gram benzine;
b. 10,0010 „ „ + 2,63 „ lichte kerosine, en
c. 10,0002 „ „ + 2,71 „ zware kerosine.

De lichte kerosine bestond uit de tot 220° C (damptemp.) afgedestilleerde fractie van kroon-petroleum, terwijl het restant gebruikt werd voor proef *c*. De volumina der toegevoegde flux-hoeveelheden waren in alle gevallen practisch gelijk.

Nadat door maandenlange terzijde stelling der mengsels in goed afgesloten toestand de zekerheid verkregen was, dat de flux tenslotte geheel door het asphalt gedrongen was, werd van ieder mengsel een bepaalde hoeveelheid in een weegfleschje van laag model uitgegoten en deze snel over het grondvlak van het fleschje uitgestreken tot een zoo egaal mogelijke laagdikte verkregen is. Ten einde de afmetingen der zeer dunne asphalthuidjes rond met asphalt vertinde minerale korrels en der poriën in een „geprimed" mineraal vulmiddel zoo goed mogelijk te benaderen, werd steeds met een uniforme laagdikte van 0,1 mm gewerkt. Door nu op gezette tijden het verdampingsverlies aan de lucht en bij kamertemperatuur door weging te bepalen, wordt op deze wijze een inzicht verkregen in het verdampingsverloop der cutbackmengsels.

	verlies in gew. % materiaal		
na	*a*	*b*	*c*
6 uren	7,5%	5,0%	1,2%
1 dag	11,0	12,5	4,7
2 dagen	11,8	15,2	8,7
3 „	12,2	16,2	11,3
4 „	12,3	16,7	13,1
5 „	12,4	16,9	14,1
8 „	12,6	17,4	17,3
12 „	12,7	18,1	18,9
20 „	12,7	18,1	20,5
30 „	12,7	18,1	21,3
max. te verliezen	20,0%	20,8%	21,3%
totaal verlies aan flux	63,5%	86,9%	100,0%

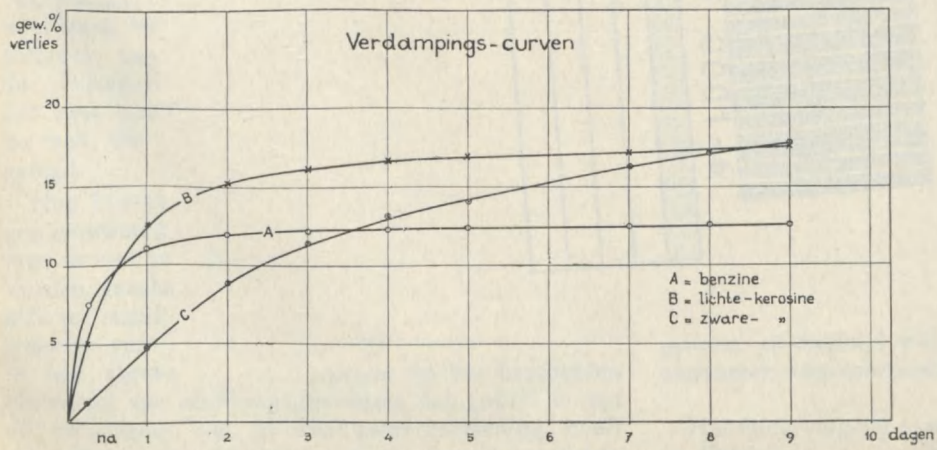


Fig. 15.

Uit de proeven blijkt één wegens zijn onverwachtheid merkwaardig resultaat. Men zou op het eerste gezicht verwachten, dat de met benzine behandelde mengsels over het algemeen sneller hun totale fluxhoeveelheid aan de lucht zouden verliezen dan het met kerosine vermengde asphalt. Dit is echter niet het geval. In tegenstelling met de zware kerosine, welke na 30 dagen reeds voor 100% verdwenen is, blijkt bij het asphalt-benzine-mengsel na een dag of 12 een stationnaire toestand te zijn ingetreden, waarbij tenslotte slechts 63,5% van de aanvankelijke fluxhoeveelheid verdampt is. De lichte kerosineflux neemt daarbij een tusschenstelling in. Er is dus een zekere regelmaat in het verschijnsel te constateeren. Hoe zwaarder de flux, hoe volledíger zij tenslotte aan de lucht verdampen zal. Niettemin wordt de *eindtoestand* met benzine eerder bereikt dan met kerosine, waarbij dan nog aangeteekend dient te worden, dat deze eindtoestand in het eerste geval dus *niet* het oorspronkelijke in het materiaal verwerkte asphalt geven kan.

De koudverdampingsproef is ook op verscheidene der handelscutbacks toegepast. Wellicht ten overvloede dient hier toch nog te worden opgemerkt, dat door gelijktijdige aanzetting der proef op alle materialen, deze dus steeds onder dezelfde omstandigheden wat temperatuur en vochtigheid der omgeving betreft, hebben verkeerd.

No.	Gew.-verlies % materiaal na ... dagen									destill. % cutb.
	1	4	10	18	30	45	60	100	150	
1	7,2	8,7	9,9	10,1	10,1	10,1	10,1	—	—	14,5
2	6,2	7,6	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	—	—	11,2
3	10,9	12,8	14,3	14,3	14,4	14,5	14,5	14,5	—	18,1
4	5,1	7,3	8,7	9,2	9,5	10,1	10,1	10,1	—	9,4
5	7,9	15,3	21,2	24,4	26,0	27,1	27,7	27,7	—	25,5
6	10,1	15,9	18,7	20,6	21,5	22,2	22,6	23,3	23,3	23,0
7	6,2	11,6	16,2	18,8	20,3	21,6	22,4	23,2	23,5	25,5
8	1,6	5,2	10,6	14,3	16,7	18,6	19,5	20,5	21,0	18,0
9	1,6	5,4	10,4	14,2	16,8	18,6	19,7	20,7	20,9	18,6
10	3,5	8,1	12,6	15,3	16,9	18,4	19,2	19,8	20,5	23,4

Wanneer wij de gevonden cijfers eens nader in beschouwing nemen, dan blijkt ook bij de materialen 1 en 2 na 10 tot 18 dagen een stationnaire toestand te zijn ingetreden. Deze materialen behooren tot de snel opstijvende cutbacks met benzine als fluxmiddel. Hiervoor vonden wij, dat de condensaatgewichten 1 à 2% te laag moesten zijn. Nemen wij 1,5% als de best benaderende waarde aan, dan kunnen de werkelijk in de producten aanwezige flux-hoeveelheden respectievelijk getaxeerd worden op 16,0 en 12,7%. Door verdamping aan de

lucht zijn nu verloren gegaan: 10,1 en 8,0%, zijnde na omrekening respectievelijk 63,1 en 63,0% van de totale flux-hoeveelheid. Bij deze handelsproducten worden dus practisch dezelfde waarden gevonden als bij ons zelf synthetisch bereid mengsel *a*.

Dit, naar bevonden is, ook elders geconstateerde verschijnsel wordt door enkele deskundigen wel verklaard door aan te nemen, dat verdere verdamping der flux op een gegeven oogenblik belet wordt, doordat er zich over het geheele materiaal-oppervlak een afsluitende laag in den vorm van een dun vliesje gevormd heeft. Wanneer „gebenzineerde" cutbacks eenigen tijd aan licht en lucht zijn blootgesteld, kan inderdaad een dergelijke vliesvorming worden geconstateerd. Zoolang echter nog niet is uitgemaakt, waaruit het vliesje bestaat en dat diffusie van de flux door het vliesje heen tot de onmogelijkheden behoort, moet deze theorie o.i. voorloopig onder de noodige reserve worden beschouwd.

Uit den aard der zaak hebben de met zwaardere fracties bedeelde producten een langeren tijd noodig om hun eindtoestand te bereiken. Wij zagen reeds eerder, dat er over het algemeen bij de destillatie tot 390° C, steeds een grootere of kleinere hoeveelheid van de flux in het residu achterblijft. Hieruit volgt dus, dat het fluxgehalte van een cutback in werkelijkheid grooter is dan door haar destillaatgewicht wordt aangegeven. Hiermede in overeenstemming zijn de resultaten der koudverdampingsproef bij enkele der minder snel opstijvende materialen. Na 150 dagen werden hierbij gewichtsverliezen geconstateerd, welke relatief hooger waren dan de condensaatgewichten dezer materialen bedroegen.

Wanneer wij de omstandigheden, waaronder op den weg een cutback zijn flux verliest nader in beschouwing nemen en deze vergelijken met die in het laboratorium, dan kan in de eerste plaats worden opgemerkt met betrekking tot een eventueele vliesvorming van „gebenzineerde" cutbacks, dat waarschijnlijk de malende werking van het verkeer er wel voor zorgen zal, dat een dergelijke „afsluitende" laag voortdurend verbroken wordt. Indien dan ook het vasthouden van de flux alleen door dit vlies wordt veroorzaakt, mag men van de snel opstijvende materialen verwachten, dat zij op den weg — maar dan ook in betrekkelijk korten tijd — al hun flux verliezen zullen.

Er is echter nog een factor, welke op den weg anders is dan in het laboratorium. De gemiddelde temperatuur op den weg is hier in Indië hooger dan de kamertemperatuur in het laboratorium. In dit verband zou het logisch geacht kunnen worden de verdampingsproef bij een hoogere temperatuur, b.v. 50° C, te herhalen.

Intusschen is het een inconveniënt van de als bovenvermeld uitgevoerde verdampingsproef, dat er slechts zulke minimale hoeveelheden materiaal mee gemoeid zijn. Hierdoor wordt een nader onderzoek op het eindproduct onmogelijk. Om een voldoende hoeveelheid van dit eindproduct te verkrijgen, zou men kunnen trachten dit te winnen uit tegels, welke uit den weg gelicht zijn. Door extractie zou dan het bindmiddel daaruit te verkrijgen zijn. Dan doet zich echter de moeilijkheid voor, dat dan de kans zeer groot is, dat bij het afdestilleeren van de extractievloeistof de in het product eventueel nog onverdampt gebleven fluxresten daarbij mede overgaan, waardoor tenslotte een residu wordt overgehouden, dat niet identiek meer is aan het eindproduct op den weg.

Uit deze uiteenzettingen blijkt wel duidelijk een der moeilijkste punten van het onderzoek der cutback-asphalten, n.l. het voor onderzoek verkrijgen van een residu, dat (zooveel mogelijk) overeenkomt met het gedeelte van het cutbackmateriaal, dat duurzaam op of in de wegverharding achterblijft. Deze moeilijkheid wordt niet alleen in Ned.-Indië, maar ook in andere landen ondervonden en de meest recente mededeelingen van daar wijzen er op, dat hoewel men ter zake werkzaam is, een geheel bevredigende oplossing nog niet is bereikt.

(*Wordt vervolgd*).

4e JAARGANG
NUMMER 1

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JANUARI
1937

VI. TECHNISCHE HYGIËNE EN ASSAINEERING.

INHOUD: Hebben de centrale drinkwatervoorzieningen h.t.l. reeds bewezen den algemeenen gezondheidstoestand ten goede te komen? door ir. S. Snuyf. — Rivierverontreiniging en afvalwaterzuivering, door dr. C. O. Schaeffer. — De watervoorziening van zwembaden, door ir. N. D. R. Schaafsma.

Hebben de centrale drinkwatervoorzieningen h.t.l. reeds bewezen den algemeenen gezondheidstoestand ten goede te komen?

door

ir. S. SNUYF.

Alvorens over te gaan tot het wagen van een poging om op bovenstaande vraag een antwoord te geven, mogen hier enkele woorden worden gewijd aan het verschijnen van dit nummer van *De Ingenieur in Ned.-Indië*, waarin voor het eerst een deel is gewijd aan de rubriek „Technische Hygiëne en Assaineering".

Het is bepaald toe te juichen, dat van de zijde van het groepsbestuur van het Kon. Instituut van Ingenieurs besloten is tot instelling van deze nieuwe rubriek, omdat n.m.g. althans tot nu toe geen passende gelegenheid bestond tot publicaties op dit gedeelte van het arbeidsveld van den ingenieur.

Het Instituut voor Technische Hygiëne en Assaineering — waarvan de jongste circulaire in het Novembernummer van dit tijdschrift bespreking vond — beschikt helaas nog niet over een eigen periodiek, doch al ware zulks het geval wèl, ook dan nog is het van groot belang, dat in dit tijdschrift door het handhaven van een speciale rubriek de belangstelling van den ingenieur h.t.l. meer bewust worde gevestigd op hetgeen op dit terrein voorvalt.

Het incidenteel verschijnen van dergelijke publicaties, die dan — zooals voor de hand ligt — in dit tijdschrift in de rubriek der waterbouwkunde worden opgenomen, heeft tot gevolg, dat de aandacht in hoofdzaak wordt getrokken in de richting van de techniek van den bouw van werken in het belang der volksgezondheid, maar zulks is voor het wezen der zaak slechts een zeer bescheiden onderdeel van de taak, die voor den technischen hygiënist is weggelegd.

Hoe interessant de technische zijde van deze ingenieurswerken ook moge zijn, thans zijn wij gekomen in een periode, waarin van grooter belang moet worden geacht de studie van hetgeen met de inmiddels tot stand gekomen werken is bereikt en het opwekken van belangstelling voor technische hygiëne in het algemeen. Mijn practijk op het bescheiden onderdeel van assaineeringswezen, dat gewijd is aan de verzorging van de drinkwatervoorziening, heeft mij geleerd, dat die belangstelling in vele betrokkringen niet en in slechts enkele, nauwelijks ontwaakt is, dat aan het begrip van het juiste gebruik der tot stand gekomen voorzieningen allerwege zeer veel ontbreekt en dat er nog maar zeer weinig leering is getrokken uit hetgeen de ervaring ons zou behooren te hebben geleerd.

Ik verheug mij daarom bepaald in de gelegenheid te zijn voor dit eerste nummer een bijdrage te leveren.

Tot goed begrip van zaken zij hierbij vermeld, dat de poging om een antwoord te kunnen geven op de hierboven gestelde vraag haar verklaring vindt in de omstandigheid, dat waar men tracht belanghebbenden en betrokkenen te bewegen tot het verbeteren der drinkwatervoorziening, het nut van dergelijke maatregelen in den regel, zooal niet in twijfel getrokken, dan toch hoogstens op trage wijze wordt toegegeven. Veel meer dan „het nut van centrale watervoorziening is overal elders bewezen, dus behoeft zulks voor deze landen niet meer speciaal te geschieden" verneemt men zelden, terwijl ook steeds opgeld moet doen, dat sedert de ingebruikstelling van de waterleiding van Soerabaja, de cholera uit die stad zou zijn gebannen.

Een der laatste publicaties op dit terrein is een artikel van wijlen prof. E. W. Walch in het h.t.l. verschijnend *Geneeskundig Tijdschrift*, waarin beschouwd wordt de uitwerking van hygiënisch onbetrouwbare centrale watervoorzieningen. Dit stuk nu is juist voor mij de prikkel geweest om door verzameling van statistisch materiaal te trachten, zelf een inzicht in de positieve zijde van het waterleidingwezen te verkrijgen.

De mededeeling daarvan moge o.m. tot resultaat hebben, dat in de toekomst meerdere aandacht zal worden besteed aan het verzamelen en verwerken van statistisch materiaal.

Op dit oogenblik is het daarmede bepaald zeer slecht gesteld. Ik onthoud mij van bewijsvoering door het aanvoeren van voorbeelden.

Het ondervolgend overzicht van binnen de gemeente *Soerabaja* in den loop van het tijdvak Januari

1925 tot Juni 1936 ter kennis van de Overheid gebrachte gevallen van typhus abdominalis werd samengesteld uit gegevens verstrekt door den Inspecteur van den Dienst der Volksgezondheid in Oost-Java, dr. J. A. de Nooy.

Daar is onder A aangegeven het aantal gerapporteerde gevallen dier ziekte onder de betrokken bevolkingsgroep, onder B het *aantal* van de gevallen onder A, dat doodelijk verliep, terwijl onder C is aangegeven het *percentage* van A met doodelijk verloop, derhalve de letaliteit.

Gerapporteerde gevallen van *typhus abdominalis* binnen de gemeente Soerabaja in de periode van Januari 1925 t/m Juni 1936.

Jaar	Europeanen			Chineezen			Inlanders			Vr. Oosterl.			Totaal		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1925	103	12	12,–	30	9	30,–	88	29	33,–	3	2	67,–	224	52	23,–
1926	103	17	16,5	25	6	24,–	103	36	35,–	4	3	75,–	235	62	26,5
1927	121	12	10,–	52	9	17,5	158	48	30,–	13	3	23,–	344	72	21,–
1928	71	6	8,5	52	13	25,–	57	14	24,5	7	2	28,–	187	35	18,5
1929	51	7	13,5	54	13	24,–	77	31	40,–	1	0	0,–	183	51	28,–
1930	55	11	20,–	65	12	18,5	119	28	23,5	—	—	—	239	51	21,5
1931	58	6	10,5	82	24	29,5	121	33	27,5	—	—	—	261	63	24,–
1932	77	7	9,–	102	23	23,–	206	45	22,–	—	—	—	385	75	19,5
1933	46	11	24,–	43	5	11,5	124	28	22,5	—	—	—	213	44	20,5
1934	85	8	9,5	101	14	14,–	232	59	25,5	—	—	—	418	81	19,5
1935	72	6	8,5	100	20	20,–	229	55	24,–	—	—	—	401	81	20,5
1/2–'36	48	4	8,5	46	6	13,–	79	23	29,–	—	—	—	173	33	19,–
1925/'36	890	107	12,–	752	154	20,5	1593	429	27,–	28	10	35,–	3263	700	21,5
p.a.	77	9	12,–	65	135	20,5	139	375	27,–	55	2	35,–	286	59	20,5

Men kan op grond van bovenstaande gegevens zich niet gaan begeven in absolute berekeningen, al zou het alleen reeds zijn, omdat thans niet meer nauwkeurig is na te gaan, op welk aantal inwoners de gegevens betrekking hebben. Ten aanzien daarvan zal men moeten afgaan op globale gegevens, die evenwel voor de beoordeeling van bepaalde vraagpunten vaak meer dan voldoende zijn, omdat men dan à priori kan overzien, dat de invloed van een zekere mate van onnauwkeurigheid zich slechts in zeer verminderde mate doet gelden op het in beschouwing te nemen punt.

Het is niet waarschijnlijk, dat in de beschouwde periode de aanwas van alle bevolkingsgroepen evenredig is geweest. Integendeel komt het waarschijnlijker voor, dat in den aanvang van de crisis het cijfer voor de Europeesche groep belangrijk zal zijn teruggeloopen. Of en in hoeverre dat voor de andere inwoners het geval is, kan men niet vermoeden. Hierdoor echter mist men het juiste beeld op het verloop van de morbiditeit. Dit zou nog wel bij benadering zijn te redresseeren, maar niet mogelijk is zulks, waar het gaat om factoren als het meer of minder innig contact van den medischen dienst met de Oostersche bevolking, om den invloed van bepaalde voedingsmiddelen, inentingen e.d.

Is men geneigd uit de cijfers over de jaren '32 tot en met '36 te concludeeren, dat alle bevolkingsgroepen in evenredige mate aan het infectie-gevaar zijn blootgesteld, daar de cijfers der kolommen A een vrijwel gelijkvormig verloop vertoonen, daar staat tegenover, dat in de jaren '25, '26 en '27 de Chineesche groep in vergelijking tot andere jaren minder aangetast schijnt dan de andere stadgenooten, die juist voor die jaren een verhoogd ziektecijfer vertoonen. In de jaren '29, '30 en '31 blijkt de Inheemsche wereld sterker bezocht te zijn geweest evenals de Chineesche samenleving. De Europeesche groep daarentegen minder.

Zonder herleiding op een eenheidsgetal kan men dus niets concludeeren omtrent de *schommelingen* in de frequentie bij de verschillende landaarden. De frequentie in absoluten zin blijft buiten beschouwing, zoolang het contact met den medischen dienst voor de verschillende categorieën zoozeer blijft uiteenloopen.

Ook ten aanzien van de sterftekans blijft men in het duister tasten, zoolang die evengenoemde factor nog blijft bestaan. Het sterftepercentage heeft voor de drie hoofdgroepen allerminst over de opvolgende jaren een gelijkvormig verloop. Terwijl voor de Europeanen de topjaren zijn '26, '30 en '31, zijn de Chineezen het zwaarst getroffen in '25, '28 en '31 alsmede in '35, waartegenover de sterftekans voor de Inheemsche groep maximum was in de jaren '26, '29 en '36. Hierbij mag men evenwel niet uit het oog verliezen, dat het zeer wel mogelijk is, dat de jaren elkander hierbij „overlappen".

Het meest kunnen daarom n.h.v. van dienst zijn de cijfers over een lange periode.

In de eerste plaats vraagt daarbij aandacht de omstandigheid, dat bij de *geconstateerde* gevallen de sterftekansen voor de verschillende groepen zich verhouden als 12: 20,5 : 27 bij Europeanen, Chineezen en Inlanders. Vreemde Oosterlingen kunnen hierbij beter als zelfstandige groep buiten beschouwing blijven, daar het aantal betrokken gevallen te gering is zelfs om daarop beschouwende conclusies te trekken.

De evenbedoelde verhoudingen zullen zeer zeker in de voornaamste plaats tot oorzaak hebben de omstandigheid, dat van de Inheemsche groep vermoedelijk alleen de allerergste gevallen ter kennis van de Overheid komen. Men kan zeggen, dat met den welstand van de betrokken groep het contact met de medische wereld toeneemt en daardoor de letaliteit reeds moet afnemen. De aannemelijkheid hiervan wordt inderdaad door de getallen 12, 20,5 en 27 gesteund. Voorts blijken voor de Oostersche wereld de absolute waarden der gerapporteerde gevallen reeds niet van zoo geringe beteekenis te zijn, dat een zekere immuniteit dier lieden voor de hand zou liggen, tot welke conclusie zoo gaarne door velen wordt besloten.

Neemt men een oogenblik aan, dat *de sterftekans in de ernstige gevallen* voor alle landaarden even groot is, dan zouden de gemiddelden der gerapporteerde sterfgevallen van 9, 13,5 en 37,5 wijzen op respectievelijk 9 × 100/12, 13,5 × 100/12 en 37,5 × 100/12 of wel *77*, *112,5* en *312,5* ziektegevallen per jaar voor de onderscheiden bevolkingsgroepen, indien men uitgaat van een letaliteit van *12* als gevonden voor de Europeanen, welk cijfer men ten naaste bij als juist mag beschouwen, omdat deze groep practisch volkomen bewaakt is en men moet vooropstellen, dat voor hen de doodsoorzaak in groote lijn wel juist wordt opgegeven.

Op grond van de uitkomsten der volkstelling van 1930 mag men aannemen, dat in ronde cijfers toen binnen de gemeente Soerabaja woonden *28 duizend* Europeanen, *40 duizend* Chineezen en *272 duizend* Inlanders en Vreemde Oosterlingen. Nemen wij dit als gemiddelde.

Bij *gelijke morbiditeit* voor alle bevolkingsgroepen en wederom uitgaande van het cijfer voor de Europeanen van 77 gevallen op 28 duizend zielen zou men langs dezen weg komen tot een aantal ziektegevallen van *77*, *110* en *748*.

Voor de Chineesche groep is de benadering volgens die twee wegen reeds vrij aardig in overeenstemming. Voor de Inheemsche loopt dat nog betrekkelijk ver uiteen. Doch in de eerste plaats moet het getal van 312,5 verhoogd worden met het aantal ernstige ziektegevallen onder de Vreemde Oosterlingen, dat zich laat vaststellen op 2 × 100/12 = 16,5 (ruw benaderd) en dus gebracht worden op rond *330*. Er zouden 418 gevallen verborgen blijven. Is dat veel vraagt men zich af. Uitgaande van een sterftekans van 12 ten honderd als hiervoor ook aangenomen, zou dat willen zeggen dat van rond *50* sterfgevallen per jaar op een zielental van *272 duizend* de doodsoorzaak — typhus — *niet* zou zijn onderkend door de *leeken*.

Indien een dergelijke mistasting aannemelijk is, zou men dus hebben een typhusmortaliteit van gemiddeld 37,5 + 2 + 50 = 89,5 per 272 000 zielen of wel van *0,32 per 1 000* en per jaar voor de Inheemschen en Vreemde Oosterlingen ter hoofdplaats *Soerabaja*. Het totale sterftecijfer voor die stad was voor de laatste jaren niet beschikbaar. Doch vermeend wordt, dat voor het onderhavige doel ook met het volgende genoegen kan worden genomen.

Blijkens het jaarverslag van den — toen nog geheeten — Burgerlijken Geneeskundigen dienst over het jaar 1924, was in dat jaar de totale mortaliteit te Soerabaja *50* per 1 000 zielen, met een gemiddelde van 54 over de vijf voorafgaande jaren. De gemiddelden voor andere kustplaatsen waren in die vijfjarige periode als volgt: Batavia-46; Cheribon-38; Semarang-60; Pekalongan-26; Tegal-31; Tjilatjap-49. Het laatst beschikbare cijfer is voor Batavia in '28, toen dat daar voor Inlanders en Chineezen ook nog *40* bedroeg.

Neemt men aan, dat die *totale* mortaliteit voor Inheemschen thans ter hoofdplaats *Soerabaja reeds zou zijn teruggeloopen tot 32 per 1 000 en p.a.* dan zou het percentage der sterfgevallen, dat op rekening typhus moet worden geschreven voor die bevolkingsgroep slechts bedragen *1* tegen de navolgende percentages voor Europeanen in 1924 te Soerabaja van 4,8; Semarang 3,- en Batavia *3,5*.

Die cijfers zeggen op zich zelf weinig. Zij illustreeren in de eerste plaats uiteraard, dat de Inheemsche in het algemeen in veel ongunstiger positie verkeert dan de Europeaan, maar ook volgt er uit, dat bij *gelijke morbiditeit en bij gelijke letaliteit voor typhus* voor deze beide bevolkingsgroepen slechts in 50/89,5 = *0,55%* der sterfgevallen bij de Inheemsche typhus als doodsoorzaak zou zijn voorbijgezien. Maar ook kan men zeggen — en dat komt van meer beteekenis voor — dat ter hoofdplaats Soerabaja alsdan door de geconstateerde sterfgevallen reeds *45%* van *alle* typhus-patiënten — lichte en zware — zichtbaar wordt.

Het eerste dezer beide percentages dient nog gecorrigeerd te worden in verband met de werkelijke mortaliteit en als die bijv. thans toch nog 40‰ bedraagt, dan daalt dat tot *0,44* en zelfs tot *0,35*, indien die mortaliteit in gemiddelde nog steeds 50‰ zou zijn gebleven.

Steller dezes vertrouwt zich niet te zeer aan medische ketterij schuldig te maken door op grond van vorenstaande getallen tot de volgende conclusie te komen.

> Op grond van de ter hoofdplaats *Soerabaja* gedurende een tijdsverloop van meer dan *elf* achtereenvolgende jaren *geconstateerde* gevallen van typhus abdominalis onder de verschillende bevolkingsgroepen bestaat er:
>
> *1°* zeker geen overwegende aanleiding om voor de Inheemschen een zekere mate van ongevoeligheid voor genoemde ziekte te veronderstellen;
>
> is er integendeel alle aanleiding om;
>
> *2°* bij het treffen van maatregelen tot afweer en bestrijding van deze ziekte er van uit te gaan, dat alle bevolkingsgroepen eer in gelijke mate aan het gevaar van besmetting zijn blootgesteld als de Europeesche samenleving, omdat reeds een procentueel onbelangrijke fout — minder dan 1% — in de opgaven van de doodsoorzaak van niet onder medische bewaking gestorvenen een volkomen onzuiver beeld geeft van de werkelijke morbiditeit, zoodat de doelstelling van iedere drinkwatervoorziening h.t.l. moet zijn aan de geheele bevolking in vollen omvang water te verstrekken

op de hygiënisch juiste wijze, hetgeen o.a. beteekent in zoo ruime mate, dat het benutten van hygiënisch onbetrouwbaar water in het huishouden kan komen te vervallen, waarbij de overtuiging zij vooropgesteld, dat een op die wijze geëxploiteerde drinkwaterleiding van wezenlijke beteekenis is voor den afweer van darmziekten in het algemeen.

Tot de hiervoor bedoelde overtuiging komt men uiteraard ook reeds op grond van de meening der medici, maar men zou dit ook gaarne versterkt, ondersteund zien door statistisch materiaal van hier te lande opgedane ondervinding. Dergelijke gegevens stonden nog niet ter beschikking. Overigens heeft het materiaal, doorgekeken om tot bovenstaande conclusies te komen, enkele merkwaardige zaken naar voren gebracht, waarvan de mededeeling t.d.p. wel van belang voorkomt.

In het beknopt gedenkboek uitgegeven bij het 25-jarig bestaan der gemeente Batavia komt een grafisch overzicht voor van typhusmorbiditeit en mortaliteit onder de Europeanen, Inlanders en Chineezen over het tijdvak 1916 tot en met 1928, terwijl de drinkwaterleiding in gebruik werd gesteld op *ultimo 1922*. Het was de Europeesche wereld, die daarop het eerst was aangesloten, die dus den eventueel weldadigen invloed daarvan ook het eerst moet hebben ondervonden en waarbij zulks ook het eerste en het beste moet spreken, daar deze groep ook in die jaren wel medisch volkomen bewaakt mag worden verondersteld.

De Europeesche groep is daarom aangewezen om eventueel als „maatgevend" te worden gekozen. Uit de evenbedoelde gegevens vallen de navolgende cijfers af te leiden voor morbiditeit, mortaliteit en letaliteit bij typhus abd. voor de perioden 1916-1922; 1917-1922 (hierdoor valt buiten de gemiddelden het jaar 1916, waarin de Europeesche samenleving te Batavia ernstig door typhus werd bezocht) en 1923-1928, zoodat dan in vergelijking komen de jaren vóór de in bedrijfstelling der waterleiding en die daarna.

Typhus abd. onder Europeanen te Batavia

Periode	morbiditeit ‰	mortaliteit ‰	letaliteit ‰
1916 t/m 1922	5,9	0,65	11
1917 t/m 1922	5.–	0,61	12
1923 t/m 1928	3,9	0,46	12

Stelt men hier nog tegenover dezelfde cijfers voor de hoofdplaats

	Soerabaja		
1925 t/m 1936/2	2,7	0,32	12

dan treffen daarin twee punten:

1) de merkbare *vermindering* van typhusaantasting van de Europeanen te Batavia *na de ingebruikneming der waterleiding* en wel met 33 of 22% al naar gelang men het typhusjaar 1916 al dan niet in rekening wenscht te nemen;
2) het feit, dat te Soebaraja over een elfjarig tijdvak de gemiddelde morbiditeit bij Europeanen nog wederom *30%* lager is dan bij die lieden te Batavia in de periode '23/'28, waarbij er op dient gewezen, dat in 1935 de Soerabajaasche waterleiding reeds jaren in gebruik was en de periode '23/'28 de begintijd was voor het overeenkomstig bedrijf te Batavia, zoodat dit nog niet zijn volle uitwerking kon doen gelden. Men kan het ook aldus uitdrukken: *Soerabaja, waar de waterleiding sinds jaren in bedrijf is, vertoont over een lange periode een typhusmorbiditeit onder de Europeesche bevolking, welke slechts 45% bedraagt van de morbiditeit onder Europeanen te Batavia, voordat aldaar de waterleiding werd geopend.*

Er wordt hier niet over het hoofd gezien, dat deze cijfers nog voor correctie vatbaar zijn o.a. met het oog op de schommelingen in de bevolkingssterkte; dat op het typhusverschijnen ook andere belangrijke factoren (rioleering, voedselvoorziening e.a.) van invloed zijn.

De grootte-orde der gevonden percentages doet evenwel het elders, op grond van overeenkomstige cijfers aanwezig geachte verband tusschen de vermindering van het typhusvoorkomen en de verbetering der drinkwatervoorziening ook voor Soerabaja aannemelijk lijken. Te meer is zulks het geval, daar de geproduceerde cijfers betrekking hebben op een goed bewaakte groep van redelijken omvang — Soerabaja met 28 000 en Batavia met een nagenoeg gelijk aantal Europeanen — en over lange perioden.

Met de erkenning van gezegd verband als een hygiënisch gegeven van algemeene geldigheid, verkrijgt een goede en volledige drinkwatervoorziening een nog veel grooter beteekenis, dan uit de vergeleken cijfers spreekt. Immers is de drinkwatervoorziening zelfs voor de Europeesche bevolking op dit oogenblik eigenlijk nog maar zeer onvolkomen. Practisch nog geen enkel Europeesch gezin is ingesteld op het uitsluitend gebruik van leidingwater, overal nog wordt gelijktijdig voor tal van huishoudelijke doeleinden nog het gevaarlijke putwater gebruikt. Maar bovendien valt te bedenken, dat de Europeanen aan verhoogde besmettingskans blootgesteld blijven, zoolang de bestrijding van die ziekte in de Inheemsche wereld niet intensiever wordt gevoerd. Zoowel de directe belangen der Oostersche samenleving als de indirecte van de Europeesche maatschappij vorderen dus onder anderen een zoo intensief mogelijke verstrekking van goed water in de groote bevolkingscentra, die gepaard zal moeten gaan met de onbruikbaarmaking van putten en andere gevaarlijke waterwinplaatsen.

Kort samenvattende laten zich hier de volgende conclusies aandienen:

a) op grond van de rapporten van de hoofdplaats *Soerabaja* kan de groote waarschijnlijkheid worden aangenomen van minstens gelijke typhusmorbiditeit bij de Inheemsche bevolking als bij de Europeanen, d.w.z. dat als werkelijk „gelijkheid" bestaat, de Inheemsche bevolking dan toch nog belangrijk minder gevoelig zou zijn voor typhus dan andere landaarden, omdat die onder zooveel gunstiger levensvoorwaarden verkeeren.

b) uit de vergelijking der typhusrapporten der hoofdplaatsen *Batavia* en *Soerabaja* volgt, dat een goede drinkwatervoorziening een effectief middel vormt tot vermindering van het infectiegevaar voor die ziekte.

Op grond der analogie zouden met groote waarschijnlijkheid diezelfde gevolgtrekkingen zijn te maken ten aanzien van andere infectueuze, door water verspreide darmziekten, doch het betreffende statistisch materiaal is ter zake vermoedelijk te onvolledig om uitkomsten te kunnen opleveren, die een zelfde mate van zekerheid zouden geven als in het voorgaande verkregen werd.

Rivierverontreiniging en Afvalwaterzuivering

door

dr. C. O. SCHAEFFER,

Onderzoek van den toestand der Tjitepoes vóór en na de inbedrijfstelling van de I m h o f ftank der afvalwaterzuiveringsinstallatie van de Gemeente Bandoeng.

De I m h o f ftank van de afvalwaterzuiveringsinstallatie der gemeente Bandoeng werd in October 1935 in bedrijf gesteld. De toestand van de Tjitepoes, het riviertje, waarin het riool van Bandoeng uitmondt, liet op dat moment alles te wenschen over. Op de plaats, waar het rioolwater in de kali vloeide, was deze geheel zwart gekleurd; dikke modderbanken hadden zich in het kalibed afgezet en het geheele riviertje verkeerde over een afstand van ongeveer een kilometer in stinkende rotting. Overal stegen gasbellen op uit het zwart getinte en practisch geheel zuurstofvrije water.

Wel is de zelfreinigende kracht van de tropische rivieren groot, maar als een dergelijke kali zoo sterk wordt overbelast, als hier het geval was, wordt deze „zelfreiniging" zoo sterk naar de zijde van de anaerobe afbraak verschoven, dat de toestand, mede tengevolge van de hooge temperatuur, onhoudbaar wordt. Speciaal de grove zwevende stoffen van het rioolwater, die snel naar den bodem van de kali zinken en hier dikke modderbanken vormen, die alle aanwezige zuurstof absorbeeren, zijn in dit opzicht zeer hinderlijk. Verwacht kon dus worden, dat de I m h o f ftank, die juist de zwevende stoffen terughoudt, in dezen toestand verbetering zou brengen.

Inderdaad was dit het geval, vooral waar inbedrijfstelling daarvan ongeveer samenviel met het begin van den regentijd, die in Bandoeng ongeveer van October tot Mei duurt. Er werd nu geen nieuw rotbaar slib meer in de kali gebracht en de reeds gevormde slibbanken werden tengevolge van het groote rivierdebiet (bandjirs) allengs afgevoerd. Zuurstof kon na eenigen tijd weer op alle punten van de rivier worden aangetoond en het water, dat nu door het gereinigde kalibed stroomde, behield zijn normale, door kolloidale klei veroorzaakte geelbruine tint, die typisch is voor de Indische rivieren.

Teneinde een indruk te krijgen van de verontreiniging van de kali, werd deze geregeld bemonsterd en wel op 7 plaatsen. Ongeveer 50 m vóór de plaats, waar het rioolwater in de kali stroomt, vormt het riviertje een ± 2 meter hoogen waterval en circa 600 m na de uitmonding van het riool bevindt zich wederom een cascade. De monsters werden nu op de volgende plaatsen genomen:

monsterplaats *1* : 50 m vóór rioolmond (vóór eerste cascade)
2 : idem (na eerste cascade)
3 : 30 m na rioolmond
4 : 100 m idem
5 : 300 m idem
6 : 600 m idem (vóór tweede cascade)
7 : 600 m idem (na tweede cascade)

Het zuurstofgehalte van het water bedroeg in den natten tijd gemiddeld:

monsterplaats *1* : 3,8 mg/l
2 : 4,5 „
3 : 3,2 „
4 : 2,0 „
5 : 1,8 „
6 : 1,7 „
7 : 3,1 „

Neemt men in aanmerking, dat de verzadigingsconcentratie van zuurstof in water bij de heerschende omstandigheden van temperatuur en druk 7 à 8 mg/l bedraagt, dan valt ook uit deze cijfers al af te leiden, dat het water, hetwelk door het riviertje wordt aangevoerd, reeds in niet onbelangrijke mate was verontreinigd: de zuurstofconcentratie van het water op monsterplaats *1*, bedroeg ongeveer de helft van de verzadigingsconcentratie. Bij het passeeren van den waterval werd zuurstof uit de lucht opgenomen (punt *2*), terwijl de zuurstofconcentratie na menging met het practisch zuurstofvrije rioolwater natuurlijk daalde (punt *3*). Tengevolge van het zuurstofverbruik van de organische stoffen in het rioolwater nam de opgeloste zuurstof af en wel in den beginne betrekkelijk snel (punten *3-4*) en later langzamer (punten *4-5-6*). Bij den tweeden waterval werd tenslotte weer zuurstof opgenomen.

Rotting van het water trad nergens op; de methyleenblauwproef was voor alle monsters negatief (6 uur bij 37°); zwarte kleur of gisting werd op geen van de punten waargenomen.

De toestand van de kali kan dus in den regentijd bevredigend genoemd worden.

Foto 1. Tjitepoes vóór rioolmond.

Foto 2. Uitmonding van het riool in de Tjitepoes.

Eerst in den drogen tijd zou echter beoordeeld kunnen worden, of de toestand door de inbedrijfstelling van de I m h o f ftank belangrijk verbeterd was.

Te dien einde werd in de maanden Juni tot October een uitgebreid onderzoek ingesteld.

Allereerst werd het debiet van het riool bepaald. In den natten tijd bedroeg dit gemiddeld 5 000 m³ per etmaal, terwijl het in den drogen tijd terugliep tot 3 000 m³.

De oorzaak van dit verschil ligt in de kleinere hoeveelheid spoelwater, die in den drogen tijd door het riool stroomt. In den natten tijd toch was het minimum riooldebiet 's nachts, als practisch alleen spoelwater door het riool gevoerd wordt, 50 l/sec, terwijl in den drogen tijd slechts 25 l/sec werd waargenomen. Dit verschil van 25 l/sec of 2 160 m³ per etmaal komt overeen met het verschil van 2 000 m³ per etmaal, dat geconstateerd werd tusschen de debieten in natten en drogen tijd. De hoeveelheid aangevoerde afvalstoffen was gedurende den drogen moesson niet kleiner dan in den natten. Dagelijks werden 20 à 30 m³ slib aangevoerd, waarvan ca. 90% in de I m h o f ftank achterbleef, zoodat per dag nog een hoeveelheid van 2 à 3 m³ in de rivier vloeide. Daar dit niet bezonken slib zeer licht is, kan de kali zeer wel in staat geacht worden om deze hoeveelheid te verwerken. Voor bezinken in het snelstroomende riviertje behoeft in ieder geval niet gevreesd te worden.

De hoeveelheid per uur aangevoerd rioolwater vertoont een geheel ander verloop, dan dit in Europa het geval is. Daar toch wordt in het algemeen om 12 uur 's middags een uitgesproken maximum waargenomen, gevolgd door een vrij snelle daling, die tot 2 uur 's nachts doorgaat. Vanaf 4 uur 's morgens begint dan weer de stijging tot 12 uur (zie B r i x e.m. Stadtentwässerung in Deutschland II p. 158).

In Bandoeng is de toestand aldus: om 6 uur 's morgens begint de hoeveelheid aangevoerd rioolwater plotseling te stijgen en bereikt binnen 2 uur een maximumwaarde, waarna een langzame daling volgt, die tot 10 uur 's avonds doorgaat, waarna het dan bereikte minimum tot 6 uur 's morgens constant blijft (zie *fig. 1*). Gedurende den regentijd werd ook 's middags dikwijls nog een top waargenomen, maar deze is waarschijnlijk het gevolg van plaatselijk neervallende regens, die in het riool binnendringen. In den drogen tijd werd een dergelijke top niet geconstateerd.

Het debiet van de kali is in den drogen tijd 5 000 m³ per etmaal. Daar de hoeveelheid rioolwater dan 3 000 m³ per etmaal bedraagt, is de verdunning dus niet meer dan 3 000 op 8 000 of 1 op 2,7. Aangezien het effluent van de tank, behalve de geringe hoeveelheid zwevende stof, nog veel opgeloste verontreinigingen bevat ($KMnO_4$-verbruik in drogen tijd 80-250 mg/l), kan deze verdunning, mede met het oog op de hooge temperatuur, die het optreden van rotting in de hand werkt, niet ruim bemeten geacht worden.

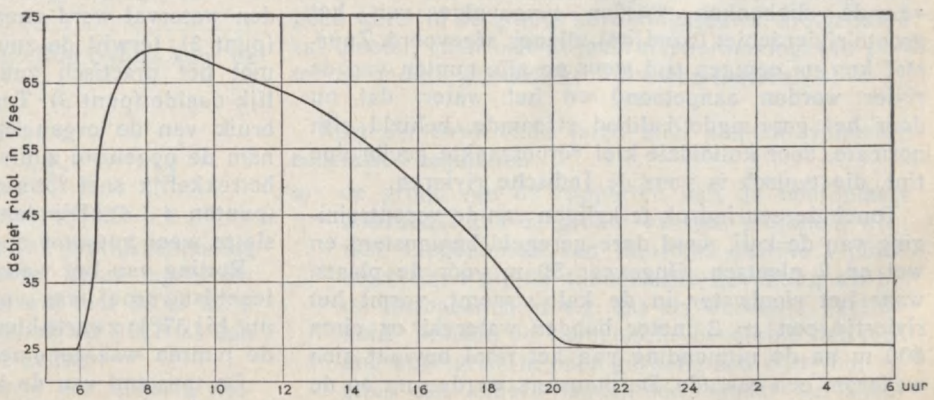


Fig. 1. Uurvariatie in den toevoer van rioolwater door het moerriool aan de I m h o f ftank.

De kali werd weer op de hiervoor vermelde plaatsen bemonsterd en onderzocht werden nu:

1. zuurstofgehalte
2. permanganaatverbruik
3. biochemisch zuurstofverbruik
4. rottingsproef met methyleenblauw
5. NH_3-gehalte
6. NO_2-gehalte
7. NO_3-gehalte.

Verder werden slibmonsters van den bodem van het rivierbed genomen en op organische stof (gloeiverlies) onderzocht, terwijl ook de uiterlijke toestand van de rivier werd nagegaan.

De resultaten (gemiddelden) zijn in onderstaande tabel gegeven.

Monsterplaats	Zuurstofgehalte mg/l	Permanganaatverbruik mg/l	Biochemisch zuurstofverbruik in 3 dagen mg/l	Rottingsproef methyleenblauw reductie 37°				Nitrificatie			Organische stof in slib % van de gloeirest	Plaatselijke inspectie
				na 6 uur	na 12 uur	na 24 uur	na 48 uur	NH_3 mg N/l	NO_2 mg N/l	NO_3 mg N/l		
1	1,4	95	14	—	—	±	+	2,0	0,11	0,45	17	normaal
2	4,3	79	11	—	—	—	—	2,0	0,06	0,45	18	normaal
3	2,4	170	35	+	+	+	+	7,0	afw.	0,50	19	rioolreuk
4	1,8	148	42	+	+	+	+	7,0	afw.	0,45	22	rotting gasbellen zwarte kleur
5	1,2	90	35	—	+	+	+	6,8	0,23	0,54	17	normaal
6	0,9	88	30	—	—	+	+	6,8	0,20	0,45	12	normaal
7	3,4	60	27	—	—	—	—	6,8	0,21	0,50	11	normaal

Zuurstofgehalte.

De daling van het zuurstofgehalte was sterker dan in den natten tijd. Op punt *1* bevatte de kali veel minder zuurstof dan in den westmoesson; na den eersten waterval (punt *2*) waren de zuurstofcijfers voor natten en drogen tijd echter vrijwel gelijk. Daarna trad echter een sterke daling op, zoodat in punt *6* nog maar weinig zuurstof over was. Toch geraakte het water op deze plaats nooit in rotting.

Permanganaatverbruik.

Het gehalte aan organische stof ($KMnO_4$-verbruik) van de kali vóór de vermenging met rioolwater is in den drogen tijd belangrijk hooger dan in den natten tijd. (In den westmoesson werden op de monsterplaatsen *1* en *2* cijfers van 40-60 mg/l $KMnO_4$ gevonden). Na den rioolmond steeg het permanganaatgetal natuurlijk sterk (punt *3*), maar direct daarna trad een daling op, die vermoedelijk moet worden toegeschreven aan de coagulatie en praecipitatie van kolloïde-organische stoffen uit het rioolwater, die blijkens de afname van het zuurstofgehalte snel en intensief worden geoxydeerd. Op de monsterplaatsen *5* en *6* is het permanganaatverbruik al lager dan op punt *1* en na den tweeden waterval is het nog meer gedaald (punt *7*).

Biochemisch zuurstofverbruik.

De cijfers voor het biochemisch zuurstofverbruik na 3 dagen wijzen niet op een dergelijke sterke reiniging, als zou volgen uit de permanganaatgetallen. Dit is begrijpelijk, daar bekend is, dat het huishoudelijk afvalwater stoffen bevat, die niet met permanganaat reageeren, maar door zuurstof toch langs biologischen weg geoxydeerd worden. Het biochemisch zuurstofverbruik wordt dan ook in het algemeen als een betere maat voor verontreiniging met afvalstoffen van organischen aard beschouwd, dan het permanganaatgetal.

Het biochemisch zuurstofverbruik, dat na menging met rioolwater 35 mg/l bedroeg (punt *3*), daalde niet direct, maar steeg eerst tot 42 mg/l (punt *4*) om daarna langzaam te dalen. De sterkste afbraak van de organische stof heeft blijkbaar eerst eenigen tijd na de menging plaats. Volledig wordt de organische stof op dit traject nog niet afgebroken; op punt *7* is het zuurstofverbruik nog bijna het dubbele van dat op punt *1*.

Rottingsproef (methyleenblauwreductie bij 37° C.).

Het water op de punten *3* en *4* was sterk rotbaar (reductie binnen 6 uur). Volgens de normale uitvoering van de proef zijn de andere monsters niet rotbaar. Stabiel kan het water echter nog niet genoemd worden, daar monster *5* meestal na 12 uur ontkleurd was, monster *6* na 24 uur en *1* na 24-48 uur. De monsters *2* en *7* waren na 48 uur in het algemeen niet ontkleurd.

Nitrificatie.

Nitrificatie kon nooit geconstateerd worden. Dit was trouwens niet te verwachten, daar dit proces bij de zelfreiniging van rivieren pas optreedt, als de koolstofverbindingen grootendeels zijn afgebroken.

Slibmonsters.

Het gehalte aan organische stof was bij de monsters *3* en *4* verhoogd, maar alleen bij *4* in belangrijke mate. Blijkbaar werd hier nog slib uit het rioolwater gedeponeerd door coagulatie van kolloïde-stoffen. Dit is geheel in overeenstemming met de resultaten, gevonden bij de bepaling van het permanganaatverbruik van het water.

Plaatselijke inspectie.

Bij de plaatselijke inspectie bleek het uiterlijk van de kali op de punten *5*, *6* en *7* steeds normaal te zijn.

Op punt *3* werd echter een typische rioolwaterreuk geconstateerd, terwijl op *4* nog lichte rotting van het

water optrad, gepaard gaande met gasontwikkeling en een donkere kleur van het water.

Uit het bovenstaande blijkt, dat de toestand van de kali in vergelijking met het vorige jaar aanmerkelijk is verbeterd. Terwijl toen de kali over zijn geheele lengte door de afvalstoffen was vergiftigd, werd nu alleen nog op monsterplaats 4 een minder gunstige toestand geconstateerd. Deze *lichte* rotting (die veel zwakker is dan in het voorgaande jaar) moet niet worden toegeschreven aan een onvoldoende funtionneering van de I m h o f ftank, maar aan het coaguleeren van kolloïde-stoffen, die uit den aard der zaak niet in de tank kunnen bezinken.

Verbetering, die zeer zeker nog gewenscht is, kan tot stand gebracht worden, als deze stoffen uit het water worden verwijderd, hetgeen b.v. kan geschieden door chemische praecipitatie of door biologische oxydatie van het bezonken rioolwater in een aeratie-inrichting.

Samenvatting.

Resumeerende kan vastgesteld worden, dat de toestand van de kali na de inbedrijfstelling van de I m h o f ftank bevredigend is en dat de zuiveringsinstallatie, voor wat betreft de bescherming der rivier tegen verontreiniging, geheel beantwoord heeft aan de verwachtingen.

Daar deze installatie nog niet ten volle belast is, kan aan het riolenstelsel, dat daarop is aangesloten, nog verdere uitbreiding gegeven worden.

De verdere zuivering van het I m h o f ftank-effluent, welke uit een oogpunt van hygiëne noodzakelijk is en in dat verband in het voornemen ligt, wordt experimenteel voorbereid.

Ook de benutting van het rottingsgas, dat thans in de I m h o f ftank geproduceerd wordt in een hoeveelheid van ruim 300 m³ per etmaal (verbrandingswaarde 6 900 cal) is in studie genomen.

De watervoorziening van zwembaden

door

ir. N. D. R. SCHAAFSMA,

scheikundige-bacterioloog bij het Laboratorium voor Technische Hygiëne en Assaineering van den D.V.G. te Bandoeng.

Bij den opzet van een zwembad is, in verband met een zoo economisch mogelijke exploitatie, het belangrijkste punt, hoe in de waterverzorging moet worden voorzien. Geeft men zich van dit vraagstuk niet voldoende rekenschap, hetgeen helaas maar al te vaak voorkomt, dan blijkt na de inbedrijfstelling van het bad reeds zeer spoedig, dat groote moeilijkheden rijzen en dat het slechts gelukt het badwater in goeden staat te houden door geregelden aanvoer van groote hoeveelheden *versch water*. Men mag dan nog van geluk spreken, indien deze hoeveelheden — wanneer de eigen prise d'eau ze niet kan leveren — van de plaatselijke drinkwatervoorziening te verkrijgen zijn, zij het dan ook, niettegenstaande het aanleggen van zeer gereduceerde tarieven door de waterleiding, ten koste van aanzienlijke uitgaven.

De voornaamste eischen, waaraan zwemwater van goede kwaliteit moet voldoen, zijn:

dat het vrij is van bacteriën, welke op een verontreiniging van het water wijzen, en *dat* het water helder en goed van kleur is.

Nu gaat met het zwemmen onverbrekelijk samen het verontreinigen van het water. Zelfs indien men aan zou nemen, dat alle zwemmers de grootst mogelijke zorg voor de hygiëne betrachten, door zich, vóór zich in het zwemwater te begeven goed te douchen en af te wasschen en anderszins, dan nòg zal vuil en stof van de looppaden om het bad in het zwemwater worden gebracht.

Men kan dus wel zeggen, dat iedere zwemmer in meer of mindere mate het zwemwater verontreinigt en het is dan ook herhaaldelijk geconstateerd, dat alleen die baden water van goede kwaliteit bevatten, waarin òf het water voortdurend van een desinfectans wordt voorzien, hetwelk onmiddellijk de ingebrachte bacterieele verontreinigingen vernietigt, òf de doorstrooming in verhouding tot het aantal zwemmers zoo groot is, dat de ingebrachte verontreinigingen in sterke mate verdund en spoedig afgevoerd worden. Bij een zeer matig bezoek aan het bad moet men in het laatste geval rekenen op zoodanige doorstrooming, dat de bakinhoud per dag minstens 1-maal wordt ververscht [1]).

Afgezien van het door de zwemmers ingebrachte vuil, gaat echter de kwaliteit van den inhoud van een zwembad ook door andere oorzaken spoedig achteruit. Behalve de groei van met stof e.d. in het water gewaaide bacteriën, welke in enkele dagen zich tot groote hoeveelheden vermeerderen, treedt in een bad algengroei op, welke zich aanvankelijk manifesteert in licht troebel groen worden van het water, welke kleur spoedig in vuil donkergroen overgaat. Hiertegen helpt tot op zekere hoogte het toevoegen van kopersulfaat aan het badwater en een sterke waterverversching. Maar ook indien alleen waterverversching plaats vindt in een hoeveelheid van ongeveer 1 × den bakinhoud per dag, dan nog moet iedere 1 à 2 weken het bad geheel worden geledigd om de wanden te ontdoen van de daarop afgezette aangroeisels.

Tenslotte zullen bij èen eenigszins druk bezocht zwembad, ook wanneer daarin een zoodanige waterverversching plaats vindt, dat de bacterieele veront-

1) B a a r s, Zwembaden. *I. B. T. Locale Techniek* IV, No. 4 (1935).

reiniging en de algengroei binnen toelaatbare grenzen worden gehouden, verschillende in het bad gebrachte vaste bestanddeelen als draden en vezels van badpakken, haren, zand e.d. bezinken, zich op den bodem verzamelen en het bad minder aantrekkelijk maken.

In onderstaande beschrijving van de wijze, waarop in het zwembad *'t Centrum* te Bandoeng de watervoorziening is geregeld, moge het bewijs worden geleverd, dat het ook met geringe suppletie van versch water en met geringe onkosten mogelijk is om het water voortdurend in goeden toestand te houden.

Inrichting van het zwembad.

Het bad heeft een oppervlakte van 33,3 × 16 m, terwijl bij een diepte toenemend van 0,80 tot 3,5 m, de inhoud rond 1 000 m³ bedraagt. Aan de 2 lange zijden en 1 smalle zijde van het bad bevinden zich de kleedkamers, de tweede smalle zijde wordt ingenomen door een lobby. Vanuit deze lobby zijn de kleedkamers door gangen achter de kamertjes omloopend, bereikbaar. Ieder kamertje heeft aan de voor- en achterzijde een deur, zoodat de platvormen om het bad uitsluitend door de zwemmers in badcostuum worden betreden. Hierdoor wordt het inbrengen van straatvuil in den zwembak zooveel mogelijk voorkomen.

De platvormen en de loopgangen zijn voorzien van betontegels, de kamertjes zijn van beton, de zwembak is bekleed met geglazuurde tegels.

Deze geglazuurde tegels werken zeer remmend op den algengroei, daar ze in tegenstelling met gekalkte beton- of metselwerkwanden door hun gladde oppervlakte aan de algen moeilijk gelegenheid bieden zich vast te zetten.

De voor het bad benoodigde hoeveelheid water wordt onttrokken aan de waterleiding tegen het te Bandoeng geldende algemeene tarief, hetgeen in dit geval neerkomt op *f* 0,25 per m³, een prijs welke dezerzijds voor een inrichting, die een belangrijke functie in de bevordering der volksgezondheid inneemt, te hoog wordt geacht.

De watervoorziening.

Daar bij bovengenoemden prijs van het water een loonende exploitatie door het bad onmogelijk is, wanneer versch water in zoodanige hoeveelheid wordt toegevoerd als noodig is voor het goed houden van het water, welke hoeveelheid toch op minstens 1/3 van den badinhoud per dag is te stellen en bovendien nog het geheel ledigen en schoonmaken van den bak iedere 14 dagen met zich brengt, werd in begin Jan. 1935 een circulatiesysteem van het badwater ingevoerd, waarvan een belangrijke besparing in het versche waterverbruik werd verwacht.

Voor deze circulatie beschikt het bad over een electrisch gedreven centrifugaalpomp met een capaciteit van ± 50 m³ per uur.

Deze pomp zuigt het water uit een put, welke met het diepste gedeelte van het bad in verbinding staat en voert het op naar een tweetal filters, ieder met een oppervlakte van 4 m². Nadat het water deze filters is gepasseerd, keert het aan de ondiepe zijde van het bad door vrije uitloopen op ongeveer 50 cm boven het waterniveau gelegen in het bad terug. Met deze inrichting kan in 24 uur de geheele badinhoud worden rondgepompt. Gebleken is echter, dat een circulatie van gemiddeld 600 m³ per dag voldoende is, als deze circulatie gecombineerd is met de straks te beschrijven verdere behandeling van het water.

Voor het aanvullen van de verliezen aan water door verdamping, spatten e.d., het terugspoelen van de filters en het schoonmaken van de platvormen, kan in den drogen tijd het douchewater, dat door de waterleiding wordt geleverd, dienst doen en in den natten tijd het regenwater van de daken der kleedkamers, beide zoonoodig nog vermeerderd met leidingwater. Daartoe kan zoowel het douche- en het regenwater, als het versche leidingwater worden gevoerd naar den pompput; dit water passeert dus eveneens het filter en komt dan in het bad. In den regel wordt het douchewater echter in het riool afgevoerd. Door deze circulatie van het water, dat tijdens zijn kringloop met de noodige chemicaliën wordt voorzien om de kwaliteit op peil te houden en een schoonmaken van het bad zonder den bak te ledigen, is het gelukt om met een uiterst gering leidingwaterverbruik, dat per maand de 80 m³ niet heeft overschreden, en dat voor ongeveer de helft voor de douches noodig was en werd afgevoerd, het bad van 1 Jan. 1935 tot 15 Aug. 1936 ononderbroken in bedrijf te houden.

De behandeling van het water.

De filtratie van het water alleen kan het zwembad niet in goeden toestand houden. Door het filtreeren van het water worden toch slechts weggenomen de vaste, zwevende bestanddeelen als stof, zand, haren e.d., voor zoover ze niet op den bodem van den zwembak gedeponeerd worden, en eventueel aanwezige algen en wieren, welke zich niet op den bodem en wanden hebben vastgezet. Wel vindt in de filters een zekere biologische werking plaats, waardoor een deel van eventueel in het water aanwezige bacteriën kunnen verdwijnen en eenige nitrificatie en wegname van enkele organische stoffen kan plaats vinden, doch deze reacties dragen bij de groote filtratiesnelheid niet in belangrijke mate tot de zuivering van het water bij.

Bovendien wordt door de filtratie geen agens in het water gebracht, welke de door de zwemmers veroorzaakte bacterieele verontreiniging reeds in het bad onmiddellijk na het inbrengen vernietigt.

De verdere behandeling van het water moet dus ten doel hebben:

a. het steriliseeren en steriel houden van het water;
b. het vernietigen van organische bestanddeelen;
c. het verwijderen van bezonken vaste bestanddeelen;
d. het verhinderen van den algengroei.

Het steriliseermiddel voor water, dat de grootste toepassing vindt, is chloor, toegevoegd als gasvormig chloor, als caporiet of als chlooramine. In *'t Centrum* wordt het eerste gebezigd. Het wordt op twee plaatsen op verschillende wijze gedoseerd, nl.:

1e. vóór de filters door continu aan het water, dat uit het bad komt, uit een cylinder chloorgas toe te laten stroomen;

2e. in het zwembad door overeenkomstig het octrooi, verleend aan den eigenaar van het bad, 2× per dag onder water een chlooroplossing tegen de wanden en op den bodem te spuiten (zie *fig. 1*).

De chloortoevoeging vóór het filter dient voor het steriel maken van het uit het bad komende water. In het filter wordt vrij veel chloor teruggehouden, waar het afgefiltreerde organische bestanddeelen oxydeert. Het filtereffluent bevat nog ± 0,2 — 0,3 mg chloor per liter.

Door overeenkomstig het genoemde patent chloorgas tegen de wanden en op den bodem van het bad te spuiten wordt daar plaatselijk een hooge chloorconcentratie bereikt, waardoor eventueel aan de wanden vastgegroeide algen worden gedood en dan gemakkelijk kunnen worden verwijderd.

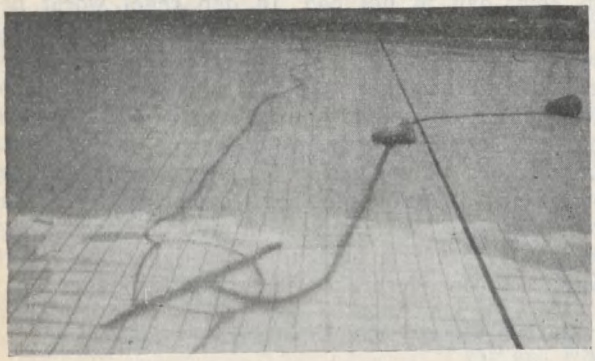


Fig. 1. Chloreering zwembadbodem volgens patent Avoocaat.

De bezonken deelen worden des ochtends vóór het openen van het bad weggenomen. Zij hebben zich gedurende den nacht op enkele plaatsen in vrij groote hoeveelheden verzameld en deze plaatsen zijn door het steeds heldere water duidelijk zichtbaar. Om deze vlokken vuil te verwijderen, wordt op de plaatsen, waar ze gedeponeerd zijn een apparaat, dat groote gelijkenis met den zuigmond van een stofzuiger vertoont, over den bodem van het bad getrokken. Deze zuigmond is met behulp van een slang verbonden aan de zuigzijde van een verplaatsbaar pompje. Het door deze pomp opgezogen water neemt nu het bezonken vuil mee en dit water kan weer in de filters worden gebracht, waarop het water weer in het bad teruggaat.

Tenslotte wordt voor het verhinderen van den algengroei, voor zoover deze groei niet reeds door het inspuiten van de chlooroplossing op de badwanden wordt voorkomen, van tijd tot tijd wat kopersulfaat in het bad gebracht. Koperzouten houden den algengrooi sterk tegen en ook in dit bad heeft deze behandeling kennelijk succes.

Bij het begin van de bovenomschreven behandeling van het water rezen een tweetal vragen, waarop de practijk een antwoord zou moeten geven:

1e. of door de voortdurende chloorgas toevoeging aan hetzelfde zwemwater de zuurgraad van het water niet te hoog zou worden;

2e. of door de omzetting van het chloor in chloride tenslotte het zwemwater niet een te hoog chloridegehalte zou krijgen.

Het eerste bezwaar zou gemakkelijk ondervangen kunnen worden door aan het water zoodanige hoeveelheid kalk toe te voegen, dat het water ongeveer neutraal blijft. Tegen het tweede bestaan echter geen practisch toepasbare middelen, zoodat vooral ten aanzien van dit punt een afwachtende houding moest worden aangenomen.

De verkregen resultaten.

Volgens de bovenomschreven wijze werkend werd bereikt, dat het water steeds volkomen helder en kleurloos (zeer lichtgroen of blauw, afhankelijk van de belichting en bewolking) was gedurende de geheele periode van Jan. 1935 tot Aug. 1936 (19 maanden), in welke laatstgenoemde maand het bad wegens een verbouwing gedeeltelijk moest worden geledigd. In al die maanden was het water bacteriologisch absoluut betrouwbaar (hoogste kiemgetal 22 per cc, gistingen van 50 cc water in glucose en 100 cc water in lactose en E y k m a n-bouillon steeds negatief), terwijl het vrije chloorgehalte in het diepe gedeelte des ochtends en des middags direct na de chloorinjectie gemiddeld 0,8 mg/l bedroeg, om in de daarop volgende uren tot 0,2 — 0,3 mg/l te dalen.

De chemische samenstelling van het water gedurende dien tijd vertoont een interessant verloop. Dit verloop van verschillende bestanddeelen van het water als maandgemiddelden is in de *grafiek* (*fig. 2*) voorgesteld door de lijnen I, IV, VI, VIII en IX:

Reeds spoedig trad een stijging van den zuurgraad van het water op, zoodat reeds in de 2e helft van Jan. 1935 kalk moest worden toegevoegd, aanvankelijk in een hoeveelheid van 1,4 mg/l gefiltreerd water, toenemend tot 3,5 mg/l in Mei 1935. Hierdoor werd de pH gehouden op 7,1 à 7,2, nadat deze factor in Febr. en Maart 1935 tot 6,8 gedaald was.

De kalktoevoeging had een daling van het HCO_3-gehalte en een stijging van de hardheid van het water tengevolge. In Juli 1935 bereikte het HCO_3-gehalte het minimum, doch de hardheid was toen tot zoodanige hoogte gestegen, dat maatregelen hiertegen moesten worden genomen.

Aanvankelijk werd gemeend, dat de hardheid direct teruggebracht zou kunnen worden door gedurende een dag in het water, dat op het filter wordt gepompt, zoodanige hoeveelheid soda te brengen als noodig is om de hardheid met eenige graden te laten dalen. Het dan gevormde neerslag van $CaCO_3$ zou dan in het filter achterblijven. Het bleek echter, dat de carbonaatafscheiding zeer langzaam ging en in hoofdzaak na het filter plaats vond, zoodat den dag volgend op dien, waarop 36 kg soda was toegevoegd (17 Juli), het water in het bad grijs troebel was. Na twee dagen was dit neerslag door bezinking en afzuigen en door filtreeren weer verwijderd. Wel was gedurende die twee dagen de hardheid van het water iets lager en het bicarbonaatgehalte hooger, doch daar de kalktoevoeging werd voortgezet om den zuurgraad op peil te houden, was het maandgemiddelde der hardheid over Aug. weer hooger, nl. 24,0° en steeg nog in de eerste helft van Sept. tot 25,4° D.

Toen werd begonnen dagelijks aan het badwater 3 à 4 kg soda toe te voegen, welke hoeveelheid in Dec.

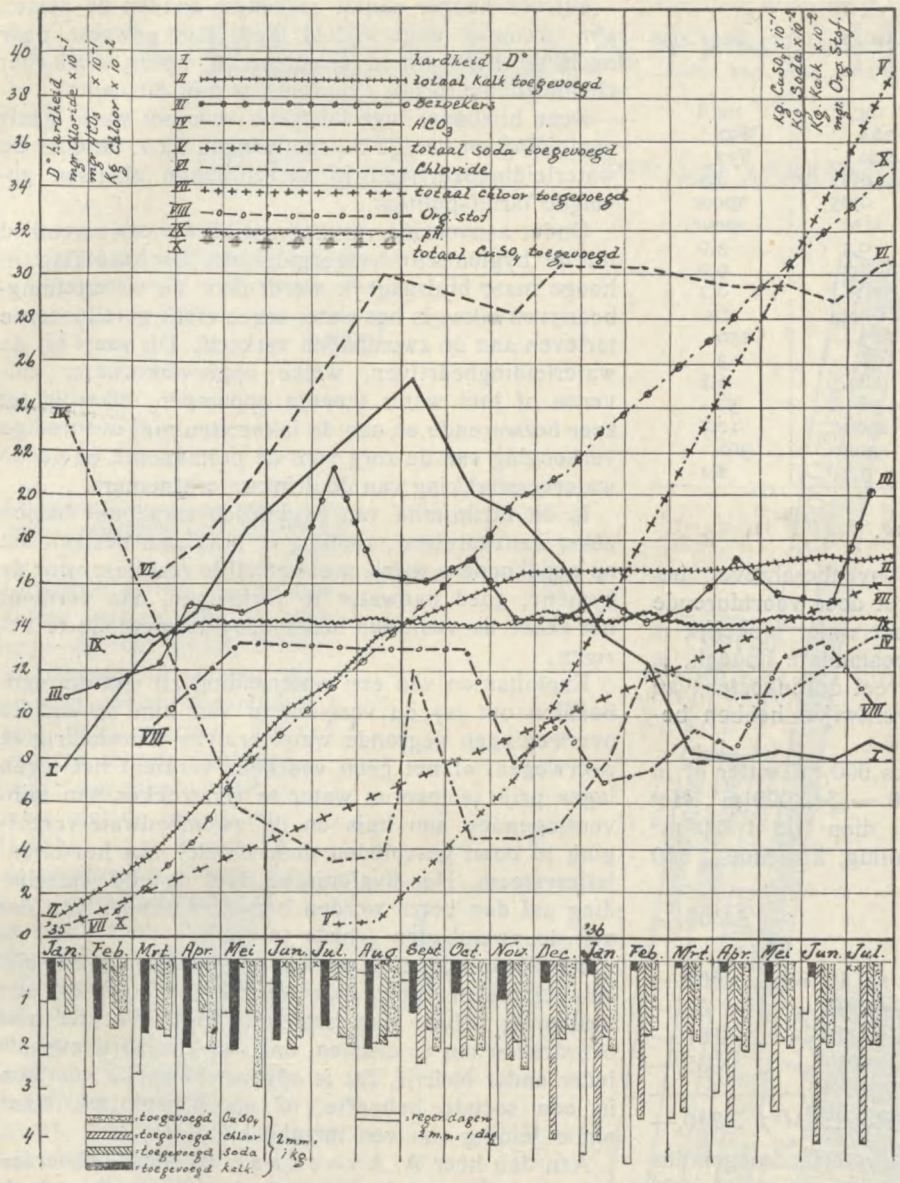


Fig. 2.

en volgende maanden ongeveer werd vordubbeld, terwijl de hoeveelheid kalk zoodanig werd verminderd dat de pH van het water 7,2 tot 7,3 bleef.

Het resultaat van deze werkwijze was, dat in het bad dagelijks een geringe hoeveelheid calciumcarbonaat werd gevormd, welke echter het aanzien van het badwater niet vermindert. Dit neerslag wordt in de filters tegengehouden en de hardheid liep daardoor langzamerhand van 25 tot 8° terug, welke laatste waarde in Maart 1936 werd bereikt om daarna vrij constant te blijven. Het bicarbonaatgehalte van het water nam in denzelfden tijd toe van 4 tot 120 mg/1 en vertoonde daarna ook geen groote hommelingen meer.

Bij deze waarden dus de zuurgraad en de hardheid van het water geen moeilijkheden op, de toename van het chloorgehalte was in de eerste maanden zeer belangrijk. Dit steeg in de maanden Jan. t/m Aug. 1935 tot 300 mg/1 en bereikte daarmede een hoogte, welke niet ver meer van den smaakgrens verwijderd is. Toen echter was het maximum bereikt en in de volgende maanden bleef het chloridegehalte om een gemiddelde van 300 mg schommelen. Een volkomen bevredigende verklaring voor dit verschijnsel is nog niet verkregen. Men krijgt echter den indruk, dat door de voortdurende circulatie en chloreering van het water er geen stoffen meer aanwezig zijn, die chloor binden, behalve de ingebrachte vaste stoffen, welke door de filters weer worden verwijderd. Het dalen van het gehalte aan organische stoffen, dat aanvankelijk gedurende de maanden Jan. — Oct. 6,5 $KMnO_4$/1 bedroeg, tot beneden de waarde van dit getal in het oorspronkelijke leidingwater, zou ook erop kunnen wijzen, dat weinig oplosbare organische stoffen in het water worden gebracht. Daar ook het gehalte aan stikstofverbindingen gedurende de geheele bedrijfsperiode slechts gestegen is tot 3,9 mg.NO_3/1, toont dit aan, dat de vrees, welke somtijds wordt geuit, dat het water bepaaldelijk zou worden verontreinigd met urine, ongegrond is.

Daar slechts stikstof als nitraten is gebonden, bewijst dit bovendien, dat de nitrificatie van alle stikstofverbindingen met voldoende snelheid en volledig verloopt.

In de *grafiek* zijn voorgesteld het verloop van de belangrijkste bestanddeelen van het water en de hoeveelheden chemicaliën, welke maandelijks en gedurende de geheele besproken bedrijfsperiode aan het water zijn toegevoegd, alsmede het aantal bezoekers en regendagen. Uit laatstbedoelde lijnen blijkt, dat er weinig verband bestaat tusschen den regenval en het bezoek, evenmin tusschen regenval en chemische samenstelling van het water. De toppen in de bezoekerslijn zijn toe te schrijven aan de schoolvacantie gedurende Juli. Aan de vermeerdering van het bezoek in de eerste maanden van de beschreven periode is de zeer verbeterde toestand van het badwater sedert de gewijzigde werkwijze zeker niet vreemd.

Een analyse van het oorspronkelijke water en het water na 19 maanden gebruik volgt hierachter:

	1 Jan. 1935	15 Aug. 1936
	mg/l	mg/l
droogrest	264	892
gloeirest	240	837
org. stof	6,9	6,3
NH_3	0,05	spoor
NO_2	afw.	spoor
NO_3	0,1	3,9
hardheid	8,2	9,0
Fe	afw.	0,2
Mn	0,44	afw.
HCO_3	213	159
CO_2	18	13
O_2	afw.	6,8
SiO_2	56	52
SO_4	spoor	10,8
Cl	spoor	362
pH	7,2	8,1

De kosten der waterverzorging.

Daar uit ervaringen in de bovenbeschreven bedrijfsperiode is gebleken, dat het door voortdurende circulatie en behandeling van het water mogelijk is om het bad in uitmuntenden toestand te houden, is het van belang na te gaan, hoeveel de onkosten van de waterverzorging bij deze werkwijze hebben bedragen.

Rondgepompt worden dagelijks 600 m³ water of in de 19 maanden 19 × 30 × 600 = 342 000 m³. Het leidingwaterverbruik bedroeg in dien tijd 1 520 m³ + 1 000 m³ voor de eerste vulling, kostende 2 520 × *f* 0,25 = *f* 630,—

aan stroom werd betaald		*f* 1 330,—
aan chemicaliën:		
chloor	1 650 kg à *f* 0,40 =	*f* 660,—
kalk	869 kg à *f* 0,03 =	„ 26,—
soda	2 021 kg à *f* 0,08 =	„ 161,—
kopersulfaat	175 kg à *f* 0,20 =	„ 35,—
	Rond:	*f* 2 840,—

De kosten per m³ rondgepompt water bedroegen dus 0,83 ct terwijl bij een bezoek van rond 155 000 zwemmers de kosten van de waterverzorging per zwemmer dus 1,8 ct bedroegen, waarvoor 2,2 m³ water per zwemmer beschikbaar was. Bij dagelijks rondpompen van den geheelen badinhoud zouden de kosten per zwemmer maximaal 3 cent hebben bedragen, vermoedelijk echter minder, omdat dan de hoeveelheden per m³ toe te voegen chemicaliën waarschijnlijk lager hadden kunnen zijn.

Bij een hooger aantal bezoekers zouden de kosten per zwemmer ongetwijfeld lager zijn geweest, daar noch de hoeveelheid circuleerend water, noch het chemicaliënverbruik evenredig is met dit aantal.

Deze bijzonder lage kostprijs voor het water geeft aanleiding tot eenige beschouwingen t.a.v. de door de waterleidingbedrijven in verschillende plaatsen gevolgde tariefspolitiek.

Onder aanvoering van het motief, dat een zwembad tot de hygiënische verzorging van de bevolking in hooge mate bijdraagt [2]), wordt door de waterleidingbedrijven dikwijls het water tegen sterk gereduceerde tarieven aan de zwembaden verkocht. Dit voert bij de waterleidingbedrijven, welke oppervlaktewater zuiveren of hun water moeten oppompen, dikwijls tot zeer bezwarende en aan de inkomsten niet evenredige verhooging van de zorg voor de permanente en goede waterverstrekking van de drinkwaterafnemers.

Is dit uitsluitend van hygiënisch standpunt bezien zeker aanvaardbaar, zoolang er middelen bestaan om op goedkoopere wijze, met hetzelfde resultaat voor de hygiëne, goed badwater te verkrijgen, dan verdient het zeker de voorkeur laatstbedoelde methode te bezigen.

Exploitanten van een waterleiding zij daarom aanbevolen om bij de vaststelling van hun op sociale overwegingen gegronde watertarieven nauwkeurig te overwegen, of het geen voorkeur verdient het tegen lagen prijs te leveren water te verstrekken aan minvermogenden aan huis en de zwembadwaterverzorging te doen geschieden door middel van het circulatiesysteem. Het hygiënische doel van de waterleiding zal dan beter worden benaderd zonder aan dat van de zwembaden schade te doen.

Tenslotte moet nog worden opgemerkt, dat het circulatiesysteem alleen kans van slagen heeft bij een deskundig beheer van het bad. Het is echter niet overdreven om te eischen, dat een zwembad evenals ieder ander bedrijf, dat is opgezet òf om te voorzien in een sociale behoefte, òf als winstobject, staat onder leiding van een terzake kundige.

Aan den heer A. Avoocaat, eigenaar-beheerder van het zwembad *'t Centrum*, betuig ik mijn dank voor het geven van de cijfers, noodig voor het bepalen van de kosten van de waterverzorging van dit bad en zijn toestemming tot het publiceeren ervan.

2) Dikwijls speelt echter ook de overweging, dat met de verstrekking van water tegen laag tarief aan zwembaden, anders onverkoopbaar water (bv. zgn. overloopwater) de inkomsten voor het waterleidingbedrijf worden verhoogd, een rol.