2e JAARGANG
NUMMER 7

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JULI
1935

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.

*Commissie van Redactie:*
Voorzitter: prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh;
Leden: dr. ir. L. J. C. van Es,
ir. E. E. Hens.

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: Wegenonderhoud in crisistijd, door jhr. ir. C. Ortt. — Goud op Nieuw-Guinea, door Dr. Ing. J. Zwierzycki. — *Berichten van allerlei aard:* Natuurwetensch. Congres. — Natuurwetensch. Raad voor N. I. — Normalisatie. — Techn. Hoogeschool. — *Boekbespreking.* — *Personalia.* — *Kon. Instituut van Ingenieurs:* Bestuursmededeelingen. — Jaarverslag 1934 v. h. Bureau voor plaatsing van werkelooze ingenieurs. — *Ver. van Waterstaatsingenieurs:* Verslag vergadering afdeeling Nederland.

# Wegenonderhoud in crisistijd.

Verslag van de voordracht van jhr. ir. C. Ortt, gehouden voor het 25ste Decentralisatiecongres te Bandoeng op den 31sten Mei 1935.

Om wegonderhoud zoo doelmatig mogelijk te verrichten, is het noodig dat men zich goed rekenschap geeft van den *aard* der degradatie, die zich aan het wegoppervlak vertoont. De degradatie van een geasfalteerden weg kan van boven af plaats vinden, doch zij kan ook haar oorzaak hebben in de steenslaglaag, waarop de asfalthuid rust. Het eerste is het geval bij het werkelijk verslijten der asfalthuid en bij het achteruitgaan daarvan door te groote brosheid. Het tweede treedt op, als door het zich verzamelen van kleiachtige bestanddeelen of door het verbrijzelen van steenstukken het steenslag zelf degradeert. Ligt het in het eene geval voor de hand, het nog goede deel der wegverharding intact te laten, in het andere geval zal men de steenslagslijtlaag zelf moeten vernieuwen. In beide gevallen kan echter onder verschillende omstandigheden het gebruik der moderne koud-asfalten (cutback-asfalten en primer oils) van veel nut zijn, om het onderhoudswerk zoo zuinig mogelijk te doen plaats vinden.

Bij „flikwerk" moet men het wegoppervlak zoo effen mogelijk houden, vooral als men dit oppervlak later weer wil benutten. Een bij uitstek geschikt flikmateriaal is: „split" vermengd met ongeveer 5% snel verdampend cutback-asfalt (cutback F of socofalt). Bij een zeer groot aantal kleine beschadigingen doet men echter het beste, het geheele wegoppervlak een behandeling te geven.

In gevallen waarin de huid werkelijk is versleten, kan men herasfalteeren met normaal, warm aan te brengen asfalt of, bij een meer tijdelijke voorziening, een zeer lichte behandeling toepassen met snel verdampend cutback-asfalt.

Wenscht men bij het opbrengen van een nieuwe bovenlaag den weg weer een geheel gaaf en effen dek te bezorgen en *stofvorming bij het leggen geheel te ontgaan,* zoo kan men een splittapijt aanbrengen. Hierbij wordt split, dat vooraf met ongeveer 5½% cutback-asfalt is vermengd, op den weg uitgespreid en vastgewalst. De daarmede verkregen wegoppervlakte heeft bovendien het voordeel stroef te zijn en bij regenweer niet zoo'n spiegelend oppervlak te vertoonen als de normale asfalthuid.

Ook is het mogelijk om het oude en gedegradeerde asfaltdek van wegen te verbeteren, *zonder nieuw asfalt te bezigen,* nl. door het oude asfalt met petroleum of olieachtige fluxmiddelen weer zacht en plastisch te maken om het dan in dezen toestand

voor de wegherstelling opnieuw te gebruiken. In de gemeente Bandoeng had de N.-I. Wegenvereeniging succes met proefvakken, waarbij een gebarsten en brokkelige asfalthuid, na de bestrijking met slechts 1/10 à 2/10 liter petroleumolie-mengsel per $m^2$ oude asfalthuid, net voldoende zacht en plastisch werd, zoodat onder het verkeer alle barsten van zelf weer dicht gingen. De proefvakken zijn zelfs na deze minimale toediening van fluxmiddel weer in zeer goeden toestand gekomen en gebleven. Door ir. A. P. F. Kist te Cheribon werd na het opweeken van de asfalt, steenslag ingewalst, waardoor met zeer weinig kosten een belangrijke verbetering van het wegdek werd verkregen. Door ir. P. L. E. Happé te Semarang werd bij vernieuwing van de steenslagslijtlaag het materiaal van de oude asfalthuid in kleine stukjes gebroken en met primer oil behandeld, waarna het als bind- of dekmiddel in en op de nieuwe wegverharding werd gewalst. Ook deze werkwijze gaf economische resultaten.

Vr.

# Goud op Nieuw-Guinea.

Voordracht, gehouden door Dr. Ing. J. Zwierzycki in de 91ste Kringvergadering der Groep Ned.-Indië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs te Bandoeng op den 11den Juni 1935.

Nieuw-Guinea, dat door den ontdekker „Isla del Oro" werd genoemd, is door de Hollandsch-Engelsche exploratieplannen in het teeken der actualiteit gekomen.

Na eenige oude pogingen, waarbij de expedities ondervonden, welk „een onaangenaam publiek" de Papoea's waren en waardoor meerdere malen strafexpedities noodig bleken, werden geruimen tijd geenerlei goudexploraties meer gedaan. Enkele jaren voor den wereldoorlog ontstond echter weder bedrijvigheid, doordat in het Britsche gebied goud was gevonden en in 1912 ook in het Duitsche. De oorlog zelf maakte wederom voor vele jaren een einde aan alle verder zoeken naar goud.

Eerst in 1923 werd de zaak opnieuw en op ernstige wijze aangevat door Jules Cecil Levine, die alle beschikbare gegevens verzamelde en tenslotte exploreerde in *Morobe* in het Mandaatgebied, waarbij hij zich verzekerde van de medewerking van den prospector Eyscha Parkes. Sinds 1926 is de goudindustrie in het meest Zuidelijke gebied, het Territory of Papua, geheel overschaduwd door die van het Territory of New-Guinea, waar in dat jaar een „gold-rush" ontstond naar het Ediecreek-Bulololveld. De productie aldaar had in de periode 1931-1932 reeds een waarde van £ 928 000 en is nog steeds stijgende.

Intusschen moest aan de ontwikkeling van het land de noodige aandacht worden besteed. Voor het vervoer van het noodige zware materieel naar de werkterreinen had men de keuze tusschen wegaanleg tot ver in het binnenland en transport door de lucht. Tenslotte heeft men het laatste gekozen, waarbij kan worden aangeteekend, dat de aanleg van vliegvelden werd vergemakkelijkt door de aanwezigheid van vele grasplateau's. De eerste luchtvaartmaatschappij (er zijn er nu vele en de bedrijvigheid op de vliegterreinen is zeer groot) ving in 1927 haar werkzaamheden aan. Voor het transport der zwaarste stukken materieel werd in Duitschland een Junkers-vliegtuig aangekocht, dat 3 800 kg in een vlucht kan overbrengen en zoo kon Levine's denkbeeld om de valleien met behulp van baggermachines te ontginnen, worden verwezenlijkt. Doch het noodlot wilde, dat juist op den dag, dat de groote werken zouden aanvangen, de pionier Levine kwam te overlijden. Een vliegtuig steeg op en strooide asch over het land ten teeken van rouw.

In het Nederlandsche territoir heeft spreker zelf in 1921 een exploratie gedaan. Nabij het Cycloopgebergte werd een sporadische vondst gedaan van goud. Platina waar eveneens naar werd gezocht, werd in het geheel niet gevonden. Overigens kon het voorkomen van goud- en zilverertsen worden aangetoond ten Westen van Manokwari.

Aan het einde der voordracht werden eenige films vertoond, opgenomen door ir. P. J. Jansen T. Pzn., adviseur der firma Erdmann en Sielcken, waardoor een duidelijk beeld werd verkregen van den staat van exploitatie der goudvelden, de nederzettingen met hun vliegvelden, de basis Port Moresby, Morobe enz.

Vr.

## BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

### Zevende Nederl.-Indisch Natuurwetenschappelijk Congres.

Verschenen is Mededeeling No. 2 van bovengenoemd, van 23 t.m. 26 Oct. 1935 te Batavia te houden Congres, waarvan het algemeen secretariaat is gevestigd: *Koningsplein Z. 11, Batavia-C.*

Naast de samenstelling der verschillende besturen en commissies (zie ook No. 3 — 1935 van dit tijdschrift, blz. I. 32), is in deze mededeeling ook opgenomen een voorloopig programma en een voorloopige opgave van een 70-tal reeds toegezegde voordrachten. Van deze laatste mogen hier alleen die der *Wis- en Natuurkundige* en *Geographisch-Geologische Secties* worden vermeld, voor zoover de titels daarvan reeds werden opgegeven.

Prof. dr. J. Boerema — Hooge lucht onderzoek.

Ir. W. F. Einthoven — De ontwikkeling van het radio-telefoon verkeer in Ned.-Indië.

V. Esbach — 1. Gevallen van beeldvorming.
2. De volgorde van behandeling in de electrodynamica.

Dr. J. P. De Kruyff — Drie jaar luchtpotentiaalmetingen in Oost-Java.

Dr. A. J. Leckie — Luchtelectrische metingen verricht te Bandoeng in het Bosscha-laboratorium.

Prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh en ir. O. Stevens — Electrische methode ter bepaling van stroomingsbeelden bij grondwaterstroomen.

Prof. dr. H. R. Woltjer — Variaties in de cosmische doordringende straling.

Dr. C. H. Oostingh — De molluskenfauna der Palembanglagen en hare stratigrafische beteekenis.

Dr. Ch. E. Stehn — Waarnemingen aan gloedwolken tijdens de verhoogde werking van den Merapi (M.-Java) in 1934-'35.

Tenslotte zijn in deze Mededeeling verschillende gegevens en suggesties opgenomen, die van belang zijn voor congressisten.

Vr.

### Natuurwetenschappelijke Raad voor Nederlandsch-Indië.

Benoemd zijn tot leden van bovengenoemd wetenschappelijk college, de volgende leden der Groep Ned.-Indië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs:

prof. ir. P. P. Bijlaard, hoogleeraar aan de T. H. te Bandoeng

ir. W. F. Einthoven, hoofd van het Radiolaboratorium van den P.T.T.-Dienst te Bandoeng.

### Normalisatie.

Bij het Secretariaat van den Normalisatieraad — Bragaweg 38, Bandoeng — zijn de navolgende nieuw verschenen normaalbladen verkrijgbaar gesteld:

N 2002: „Baksteen voor Metselwerk in Ned.-Indië", dat naast algemeene eischen, voorschriften bevat ten aanzien van afmetingen, monsterneming en drukvastheid.

N 402: „Ashoogten van machines",

N 569: „Cilindrische aseinden",

N 570: „Tapsche aseinden",

welke overeenkomstig internationale besluiten werden vastgesteld.

N 402 bevat waarden van normale ashoogten voor machines, in het bijzonder voor die, welke op gemeenschappelijke voetplaat zijn gemonteerd.

De bladen N 569 en N 570 geven afmetingen van cylindrische en tapsche aseinden ter bevordering van de verwisselbaarheid van onderdeelen zooals koppelingen en riemschijven.

### Technische Hoogeschool.

De voorzitter over het cursusjaar 1934-'35 van de Faculteit van Technische Wetenschap prof. C. P. Wolff Schoemaker zal met het begin van den nieuwen cursus in deze functie worden opgevolgd door prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh, thans secretaris der Faculteit.

In de plaats van laatstgenoemde zal prof. ir. P. P. Bijlaard het secretarisambt vervullen.

## BOEKBESPREKING.

*Jaarverslag 1934* van de Afdeeling Electriciteitswezen van het Departement van V. & W.

Verschenen is bovengenoemd jaarverslag, waaraan wij het volgende ontleenen.

Den 20sten September 1934 werd de op 31 Juli 1917 ingestelde Dienst voor Waterkracht en Electriciteit opgeheven. De werkzaamheden van dezen dienst, betrekking hebbende op algemeene electriciteitszaken, het toezicht op sterkstroom-installaties en het beheer der Landswaterkrachtwerken, werden overgebracht naar de nieuwe afdeeling Electriciteitswezen van het Departement van Verkeer en Waterstaat. De werkzaamheden op hydrotechnisch gebied werden overgenomen door de bestaande afdeeling Irrigatie van genoemd departement.

De algemeene wensch der verbruikers van electrische energie naar vermindering van hun electriciteitsrekeningen liet zich in 1934 nog duidelijker hooren dan reeds in 1932 en 1933 het geval was. De hiermede gepaard gaande acties zijn, behalve op de noodzaak van steeds verder gaande versobering, welke het publiek zich moet opleggen, gebaseerd op de overweging, dat de electriciteitsbedrijven in veel mindere mate dan andere ondernemingen, van de economische depressie te lijden hebben. Dat dit door deze bedrijven zelf ook wordt ingezien, moge blijken uit het feit, dat vele van hen hunne tarieven belangrijk hebben verlaagd. Het Gebeo heeft zelfs besloten met ingang van 1 Mei 1935 de crisiskorting te verhoogen tot 15%.

In de nieuwere vergunningen worden echter zekerheidshalve aan de Overheid bevoegdheden op tariefsgebied toegekend, waarbij in het algemeen de Directeur van V. en W. als beroepsinstantie beslist in zake tariefsgeschillen tusschen de stroomleveringsmaatschappij en de plaatselijke autoriteiten.

Over het algemeen is het electriciteitsverbruik stationnair gebleven, met dien verstande dat in West-Java het verbruik niet onbelangrijk is toegenomen, terwijl in Oost-Java een vrij aanzienlijk verloop plaats had onder de kleine Inlandsche lichtverbruikers en wel het meest in de suikerstreken.

De ontvangsten der Landswaterkrachtbedrijven zijn in 1934 iets toegenomen. Ze bedroegen 4,5% van het bedrijfskapitaal tegen 4,3% in 1933. Dit laatste percentage komt ook overeen met het gemiddelde gedurende de periode 1925—1934.

In de paragraaf over de verschillende bedrijfsonderdeelen treft ons, dat vrij veel last werd ondervonden van corrosieverschijnselen. Bij het W. K. W. Kratjak (ten Z. W. van Buitenzorg) kon worden vastgesteld, dat het water uit de rivier Tjikloewoeng sterk agressief werkt op staal. Kunnen wellicht in de overige gevallen cavitatieverschijnselen in het door de turbines stroomende water deze corrosie in de hand hebben gewerkt?

Ondanks een aardschuiving bij den zuiveringsbak van het W. K. W. Oebroeg (bij Tjibadak), waarbij ongeveer 3 000 $m^3$ grond naar beneden kwam, kon het bedrijf in stand worden gehouden. De her-

stellingswerken aan de dammen Poelo en Palajangan (stuwmeer Tji Leuntja bij Pengalengan), werden beëindigd. Wij hebben reden aan te nemen, dat hiermede een object van jarenlange zorg voor den civiel-technischen dienst definitief is weggenomen.

De laatste 40 blz. van het jaarverslag bevatten voornamelijk de financieele overzichten der Landswaterkrachtbedrijven. Op 31 December 1934 bedroegen de geïnvesteerde kapitalen in millioenen guldens (afgerond):

| | |
|---|---|
| Bandoengsche Hoogvlakte | 11,2 |
| West-Java | 14,6 |
| Madioen | 0,85 |
| Benkoelen | 0,75 |
| Totaal | 27,4 |

De belastingsfactoren der bedrijven, d.i. de gemiddelde belasting gedeeld door de maximale belasting gedurende een kwartier, bedroegen resp. in 1934 en in 1925:

| | | |
|---|---|---|
| Bandoengsche Hoogvlakte | 51,9 | 47,3 |
| West-Java | 50,8 | 21,7 |
| Madioen | 59,2 | 40,4 |
| Benkoelen | 53,6 | 76,8 |

Tenslotte moge niet onvermeld blijven, dat het keurig uitgevoerde boekje werd gedrukt door de Strafgevangenis Soekamiskin te Bandoeng.

Vr.

L. W. van As en K. Wiedijk.

*„Het Hout"*. Handleiding ten dienste van het technisch onderwijs, den handel, bouw- en waterbouwkundigen en voor zelfstudie.

*Uitg.* Æ. E. Kluwer, Deventer.

Deze uitgave van de hand der bovengenoemde auteurs, beoogt — naar het voorbericht daarvan vermeldt — een beknopt overzicht te geven van al hetgeen omtrent het hout, zijn eigenschappen, maten, berekeningen, handelsvormen enz. in het belang van de tallooze gebruikers bekend behoorde te zijn, doch welke kennis veelal nog te gering genoemd moet worden. Inderdaad mogen de samenstellers van het verschenen werk, als deskundigen op het gebied van den houthandel en de houtverwerking, er in geslaagd heeten om een samenvattend geheel te geven, waarin, voor de eerste maal in het Nederlandsch, alles wat voor degenen, die in de practijk staan, zoowel als voor studeerenden en andere belangstellenden in het onderwerp „hout" van belang is te weten is behandeld.

In een 31-tal hoofdstukken wordt een op logische wijze opgebouwde verhandeling gegeven over het hout, en wel over de vindplaatsen, houtsoorten, groei en samenstelling, soortindeeling, naaldhoutsoorten, loofhoutsoorten, Indische houtsoorten, eigenschappen, maten, gewicht en eenheden, benamingen enz.

Elk hoofdstuk vormt op zichzelf een afgerond geheel, en in alles is de uitgebreide kennis en ervaring van de schrijvers te bespeuren.

De stijl is helder en aangenaam, en wat vermeld wordt geschiedt zonder al te „wetenschappelijk" te worden. Het fraaie werk is dan ook in alle opzichten een aanwinst te noemen van de technische literatuur.

Als bizonderheid, welke de waarde van het boek in niet geringe mate nog verhoogt, zij gewezen op de laatste 8 bladzijden daarvan, waar 32 afbeeldingen in natuurlijke kleuren zijn gegeven van een even groot aantal houtmonsters.

Druk en uitvoering van het boekwerk zijn, als steeds bij de firma Kluwer, uitnemend verzorgd. Wij wenschen deze handleiding gaarne in veler handen, opdat zij haar doel in zoo ruim mogelijke mate moge bereiken.

Bij een volgenden druk, waaraan niet getwijfeld kan worden, of deze zal spoedig noodig blijken, moge den verzorgers van de uitgave een zorgvuldige correctie van de terecht systematisch mede vermelde wetenschappelijke plantennamen worden aanbevolen. In den tekst zoowel als in het register heeft het drukfouten-duiveltje juist daarin menig bewijs van zijn speelsche grillen achtergelaten.

G. M.

Ir. A. W. C. Dwars

„Beton en Gewapend Beton, samenstelling en uitvoering"

*Uitg.* van de N. V. Uitgevers-Mij. Æ. E. Kluwer, Deventer 1935.

Prijs: ingen. *f* 1,40.

Van deze beknopte handleiding voor de samenstelling en uitvoering van beton en betonconstructies is thans de derde druk verschenen, herzien door den schrijver en ir. G. J. Meyers.

Ofschoon bij deze tweede herziening veranderingen van beteekenis zijn aangebracht, hoofdzakelijk ten gevolge van gewijzigde en verdiepte inzichten in de materie beton, hebben de schrijvers toch gemeend den aard van het werkje te moeten handhaven door zich te onthouden van berekeningen en zich uitsluitend te bepalen tot het geven van een inzicht in de samenstelling en uitvoering van betonwerken.

In tegenstelling met de voorgaande drukken zijn de beschrijvingen van fundeeringen, kelders en vloeren weggelaten, daar deze met het oog op den beperkten omvang van deze handleiding toch slechts schetsmatig zouden kunnen worden behandeld, zoodat bezwaarlijk een voldoende inzicht in die constructie-onderdeelen zou worden verkregen.

Van het 66 bladzijden tellende boekje is ongeveer de helft aan het „Beton" gewijd. Achtereenvolgens vinden hierin behandeling: de materialen; de samenstelling en bereiding van beton, waarbij o.a. de machinale betonmenging overzichtelijk beschreven wordt; het transport naar en de uitvoering op de bouwplaats. Bij dit laatste wordt ook gewezen op de nieuwere methoden tot verdichting van beton (zgn. *tril*beton en *schok*beton).

Vervolgens wordt in een 5-tal pagina's het storten van beton onder water behandeld, waarbij de voordeelen van de zgn. *contractor*methode in het licht worden gesteld.

De belangrijkste punten, waarop bij de uitvoering van betonwerken moet worden gelet, als de keuze

der samenstellende materialen en vooral het feit, dat een overmaat van water de bereikbare vastheid verminderdert enz., zijn helder naar voren gebracht.

In de 2e helft van het werkje, dat aan het „Gewapend beton" gewijd is, is een ruime plaats ingeruimd aan de behandeling van doelmatige bekistingswijzen en aan de bouwcontrôle.

De wijze van bewerking maakt het boekje uitermate geschikt als handleiding voor beginnelingen in de studie van beton en gewapend beton en voor technici, belast met de uitvoering van betonwerken.

Druk en teekeningen zijn door de N. V. AE. E. Kluwer uitstekend verzorgd.

H.

*World Survey,* maandelijksch tijdschrift, uitgegeven onder de auspiciën van de World Power Conference. Hoofdkantoor: Kingsway 36 London, W.C. 2. Kosten per nummer 5 sh.

Verschenen is het eerste nummer van bovengenoemd tijdschrift, ons toegezonden door mr. ir. J. F. Janssen van Raay te Bandoeng, secretaris van het Ned. Ind. Nat. Comité der W. P. C., bij wien ook abonnementen kunnen worden geplaatst.

Voornamelijk zal de inhoud gewijd zijn aan problemen, die de wereldeconomie betreffen van kracht en brandstof. Dit eerste nummer (formaat 21 × 28 cm, gedrukt op dik papier en 60 blz. beslaande) bevat een zevental interessante bijdragen, waaronder vooral de aandacht trekt die van prof. Enström, vice-voorzitter van het Zweedsche Nat. Comité, over „The future development of power producing industries". De schrijver meent twee duidelijke fluctuaties te kunnen vaststellen in de toename der wereldproductie, resp. met perioden van ongeveer 9 en 50 à 60 jaar. Bij toekomstvoorspellingen mag men de langdurige periode, in wier dalende tak wij ons thans ook bevinden (minimum in 1950), niet verwaarloozen. De bedoelde fluctuaties zijn ook te onderkennen in bijzondere gevallen, zooals b.v. in de productie van electrische energie in Zweden.

De laatste 20 blz. van het nummer zijn ingenomen door een zeer uitgebreide bibliografie der internationale literatuur op het gebied van kracht en brandstof.

Vr.

W. J. Heydeman
*„De Rekenliniaal".*
5e herziene en vermeerderde druk met 23 figuren.
*Uitgave* N. V. Uitgevers Mij. „Kosmos" Adam. Prijs *f* 1,25.

Het boekje geeft een beschrijving en dient tevens als handleiding voor het gebruik van de rekenliniaal.

Het is een uitstekend boekje, dat aanbevolen kan worden voor technische onderwijsinrichtingen, terwijl het voor zelfstudie uitermate geschikt is, aangezien het werken met de rekenliniaal op zeer bevattelijke wijze is behandeld.

St.

## PERSONALIA.

Ir. J. J. J. M. Hermans, ambt. op non-act., is herbenoemd tot ingenieur bij de S. S.

Aan ir. A. P. Mioulet, ingenieur bij de S. S., is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ing. 16 Dec. 1935.

F. G. Mannhadt, ingenieur bij den dienst van Mijnbouw, is op verz. met ing. van ult. Juni 1935 eervol en met recht op pensioen uit 's Lands dienst ontslagen.

Ir. W. Baron van Slingelandt, hoofd van den alg. dienst bij het bedrijf der Telegrafie en Telefonie, is op verz. met ing. van 26 Juni 1935 eervol uit 's Lands dienst ontslagen, onder dankbetuiging voor de door hem aan den Lande bewezen diensten.

De eerste luitenant der genie A. S. Webb is met ingang van 22 Mei 1935 bevorderd tot kapitein.

Aan ir. L. C. J. van Rijn, ingenieur van het Veiligheidstoezicht te Medan, is wegens zeven-jarigen dienst negen maanden verlof naar Europa verleend, ing. 2 Februari 1936.

Ir. J. Wintsch, ingenieur bij de B. P. M., is overgeplaatst van Balikpapan naar Tarakan.

Ir. H. J. C. de Ruiter, ingenieur bij de B.P.M., is vertrokken naar Europa.

Aan de irs. P. J. F. Apontoweil en A. M. Verschoor, ingenieurs bij 's Lands Waterstaat, is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ing. resp. 2 Dec. en 2 Nov. 1935.

Aan ir. H. A. Breuning, ambt. op wachtgeld, is wegens zeven-jarigen dienst negen maanden verlof naar Europa verleend.

Irs. Chr. van Eysbergen en H. J. Houtman, ingenieurs bij de B. P. M., zijn van Pladjoe overgeplaatst naar resp. Tjepoe en Miri.

Ir. R. Naber, idem, is uit Europa aangekomen en geplaatst te Pladjoe.

Jhr. ir. A. N. J. van de Poll en dr. Chr. Schumacher, idem, zijn met Europeesch verlof vertrokken.

Ing. J. K. Scholze, idem, is overgeplaatst van Tjepoe naar Pladjoe.

## KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS.
### Groep Ned.-Indië.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

### Kringbesturen.

Het bestuur van Kring I, Batavia, meldt dat de secretaris-penningmeester, ir. G. S. Vrijburg, voor zijn bestuursfunctie heeft bedankt. Het bestuur heeft zich aangevuld met: ir. F. Bleichrodt, Viosplein Noord 1, Batavia-Centrum, die als secretaris-penningmeester optreedt.

### Aangenomen en voorgestelde nieuwe leden.

De in nummer 5 van dezen jaargang genoemde candidaat-leden zijn aangenomen.

Als *gewoon lid* wordt voorgesteld:

prof. dr. ir. C. P. Mom, hoofd van het Laboratorium voor Technische Hygiëne van den Dienst der Volksgezondheid, btg. hoogleeraar in de Hygiëne en Assaineering aan de Technische Hoogeschool, te Bandoeng.

Eventueele bezwaren tegen deze candidaatstelling worden voor 1 Augustus a.s. ingewacht bij het Secretariaat, Bragaweg 38, Bandoeng.

**Bureau voor plaatsing van werkelooze ingenieurs.**

De werkzaamheden van het Bureau voor plaatsing van werkelooze ingenieurs werden met ingang van 1 Juni j.l. naar Bandoeng overgebracht. Aan belanghebbenden wordt verzocht zich te wenden tot het Secretariaat van de Groep Ned.-Indië van het Instituut, Bragaweg 38, Bandoeng, dat deze werkzaamheden verzorgt.

**Administratie „De Ingenieur in Ned.-Indië".**

Het adres van de administratie van dit maandschrift is thans: *Bragaweg 38, Bandoeng.*

Alle correspondentie de toezending van het blad betreffende gelieve men aan dit adres te richten.

## BUREAU VOOR PLAATSING VAN WERKELOOZE INGENIEURS.

### Jaarverslag over 1934.

Het aantal ingeschrevenen bedroeg op:

| | | 1 Jan. 1934. | | Mutaties a + | Mutaties b − | Mutaties c − | 1 Jan. 1935. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Civiel ingenieurs | Delft | 7 | | 1 | 2 | 3 | 3 | |
| | Bandoeng | 9 | | – | – | – | 9 | |
| | Buitenland | 1 | | – | – | – | 1 | |
| | | | 17 | 1 | 2 | 3 | | 13 |
| Werkt. „ | Delft | 11 | | 1 | 2 | 1 | 9 | |
| Technologen | „ | 7 | | 2 | 1 | 2 | 6 | |
| Electr. ingenieurs | „ | 4 | | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| Bouwk. „ | „ | 1 | | 1 | – | – | 2 | |
| Mijnb. „ | „ | 1 | | – | – | – | 1 | |
| | Totaal | | 41 | 6 | 6 | 8 | | 33 |

*Mutaties:*

*a)* bijgeschreven 6.
*b)* afgevoerd wegens vertrek naar Nederland 6.
*c)* afgevoerd wegens het verkrijgen van een nieuwen werkkring 8.

In het eerste kwartaal 1935 werden nog bijgeschreven 1 c.i., 1 w.i. en 1 T, terwijl 1 e.i. een werkkring vond. Op 1 April 1935 bedroeg het aantal ingeschrevenen derhalve 35; hiervan hebben 10 een tijdelijke betrekking.

Het Instituut is geabonneerd op *De Vacature*, uitgave van het Ned.-Ind. Persarchief, waaruit de daarvoor in aanmerking komende advertenties regelmatig aan de ingeschrevenen worden toegezonden (in 1934 ruim 300 stuks).

In de afgeloopen periode werden door den secretaris negen keer rechtstreeksche besprekingen gevoerd met werkgevers, waarbij in zes gevallen een ingeschrevene aan een vasten dan wel aan een tijdelijken werkkring kon worden geholpen.

Met het „Bureau voor plaatsing van werkelooze ingenieurs" te den Haag is nader contact gezocht ter onderlinge uitwisseling van bekende open betrekkingen, teneinde de ingeschrevenen hier te lande vollediger op de hoogte te kunnen houden van eventueele vacature's in Nederland en buitenland, en omgekeerd de ingeschrevenen aldaar inzage te kunnen geven van de mogelijkheden in Indië.

## VEREENIGING VAN WATERSTAATS-INGENIEURS.

### AFDEELING NEDERLAND.

### Kort verslag van de vergadering van 16 Februari 1935.

De vergadering werd bijgewoond door de drie bestuursleden, 25 blijvend in Nederland gevestigde en 7 tijdelijk aldaar vertoevende leden van de Afdeeling, zoomede door 16 genoodigden en introducé's.

De Voorzitter, het Eerelid ir. P. J. Ott de Vries, opende te ruim 2 uur deze eerste gewone vergadering in het jaar met een welkomstwoord, waarna hij den aanwezigen een voorspoedig 1935 toewenschte.

Als eerste punt der agenda volgde voorlezing van de notulen der vergadering van 15 December 1934, welke zonder voorafgaande bespreking werden goedgekeurd.

Bij de daarna aan de orde zijnde „Mededeelingen van het Bestuur" vermeldde de Voorzitter allereerst, dat het Bestuur op 22 December 1934 tegenwoordig is geweest bij de herdenking van het 15-jarig bestaan

van de Vereeniging van Indische Verlofgangers. Spreker constateerde met erkentelijkheid de groote gastvrijheid, welke de Afdeeling Nederland steeds heeft ondervonden in „De Indische Verlofganger".

Daarna bracht de Voorzitter in herinnering de vergadering van het Kon. Inst. v. Ingenieurs van 5 Februari 1935, waarop tot de oprichting van een afdeeling voor Gezondheidstechniek werd besloten. Hij merkte op, dat op die buitengewoon interessante vergadering het lid ir. C. A. E. van Leeuwen in een goed gedocumenteerde rede het belang voor Indië van die oprichting heeft betoogd, en bracht hem daarvoor dank; voorts bracht spreker hulde aan den promotor van de stichting van de nieuwe afdeeling, ons lid ir. A. A. Meijers, voor het behaalde succes.

Vervolgens deelde de Voorzitter mede, dat de volgende vergadering is vastgesteld op 13 April 1935 en dat daarop het lid ir. S. H. A. Begemann een voordracht zal houden over de dalafsluitingen Pendjalin, Gembong en Patjal op Java.

Ten slotte deelde de Voorzitter mede, dat het Afdeelingsbestuur steeds meer de behoefte is gaan gevoelen aan een meer persoonlijk contact met de leden en tusschen de leden onderling dan op de tot dusver gehouden vergaderingen mogelijk is gebleken; slechts de korte pauzes toch boden daartoe gelegenheid. Het denkbeeld is nu gerezen om naast de vergaderingen, welke geheel door een voordracht worden gevuld, ook samenkomsten te beleggen, die in hoofdzaak aan het persoonlijk contact zullen gewijd zijn, zoodat op het programma daarvan ten hoogste een enkele weinig tijd in beslag nemende mededeeling zal voorkomen. Spreker verzocht den leden hun gedachten eens over dit denkbeeld te willen laten gaan; op de volgende vergadering kan deze aangelegenheid dan worden besproken.

De Secretaris-Penningmeester las hierna het jaarverslag over 1934 voor; dit gaf geen aanleiding tot opmerkingen. Op voorstel van den Voorzitter werden daarna de leden ir. J. M. Gasille en ir. S. J. Gomperts benoemd tot leden van de commissie tot het verifieeren van de rekening en verantwoording van den Secretaris-Penningmeester over 1934.

De daarna aan de orde zijnde begrooting voor 1935 is zonder voorafgaande bespreking goedgekeurd.

Bij het volgende agendapunt, de bestuursverkiezing, werd op voorstel van het lid ir. A. A. Meijers het oude bestuur bij acclamatie herkozen, zoodat dit ook voor 1935 is samengesteld als volgt: ir. P. J. Ott de Vries — Voorzitter, prof. ir. C. W. Weijs — Onder-Voorzitter, ir. W. A. v. d. Meulen — Secretaris-penningmeester.

Hierna werd het woord verleend aan het lid ir. J. F. van Naerssen, oud-hoofdingenieur van den Ned.-Indischen Waterstaat, tot het houden van een voordracht, getiteld „Beschouwingen over de gedraging van enkele Ned.-Indische (zand)rivieren in verband met de sleepkracht" *).

Na het beëindigen van de voordracht weerklonk een krachtig applaus.

Aan de na een korte pauze gevolgde gedachtenwisseling werd deelgenomen door prof. ir. J. H. Thal Larsen, ir. A. Segond von Banchet, prof. ir. G. H. van Mourik Broekman, ir. H. van der Veen, ir. P. J. Ott de Vries en ir. S. H. A. Begemann.

Nadat de daarbij gestelde vragen door den inleider waren beantwoord, merkte de *Voorzitter* op, dat het wel geen tegenspraak zal ontmoeten als hij zegt, dat aan de behandeling van een vraagstuk als hedenmiddag aan de orde is geweest het bestaansrecht van een vereeniging als de onze gedemonstreerd wordt. Niet, dat in andere landen zich dat vraagstuk niet zou voordoen, maar in een land als Nederland komen toch niet de zelfde catastrophen voor als in een bergachtig en vulkanisch land als Indië en staan de technici dientengevolge niet voor de moeilijkheden, waarmede zij in Indië maar al te dikwijls te maken hebben.

De Voorzitter dankte tenslotte ir. van Naerssen hartelijk voor zijn belangwekkende lezing over een zoo gewichtig onderwerp.

---

*) Een verslag van deze voordracht is opgenomen in *De Indische Verlofganger* van 22 Februari 1935; belangstellenden mogen naar dat weekblad verwezen worden. Redactie.

2e JAARGANG
NUMMER 7

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JULI
1935

## II. BOUWKUNDE.

INHOUD: De utiliteitsbouw en zijn invloed op de bouwkunst van dezen tijd, door ir. W. L e m e i. — Eenige beschouwingen over het gevaar van aardbevingen voor bouwconstructies.

# De utiliteitsbouw en zijn invloed op de bouwkunst van dezen tijd.

Verslag van de lezing, gehouden door ir. W. L e m e i op de 23ste jaarvergadering van de Vereeniging van Waterstaatsingenieurs te Bandoeng op 31 Mei 1935.

Wat tot de keuze van mijn onderwerp leidde, was de verwachting, dat sprekend voor een kring van overwegend civielingenieurs het thema „utiliteitsbouw" Uw belangstelling zou hebben; terwijl anderdeels de ontwikkeling van de utiliteitsbouw sedert het begin dezer eeuw zoo belangrijk is, dat ik liever over dit onderwerp tot U spreek dan over de zgn. „schoone bouwkunst".

We behoeven in gedachten nog niet zoo heel veel jaren terug te gaan om ons te herinneren, dat het uitspreken van het woord „utiliteitsbouw" niet bepaald ilusies ten aanzien van „bouwkunst" bij ons opriep. Wij kennen al te wel de vele karakterlooze fabrieksgebouwen, pakhuizen en dgl. uit de tweede helft der vorige eeuw.

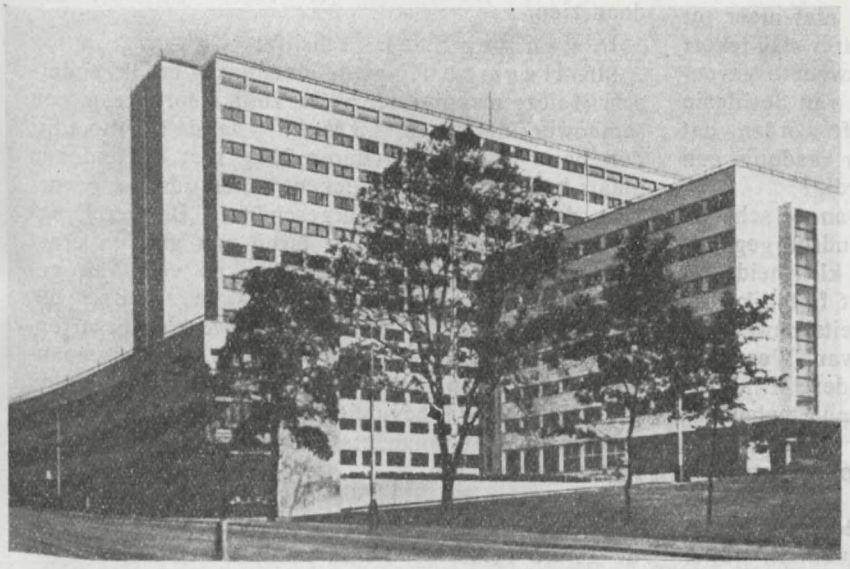
Sindsdien is dat anders geworden, eerst langzaam daarna sneller en we kunnen gerust zeggen, dat het nu in het bijzonder de utiliteitswerken zijn die door hun klare en vaak karakteristieke vormen onze aandacht trekken.

Er is echter meer — het begrip utiliteitsbouw heeft zich belangrijk verruimd. We denken niet meer uitsluitend aan de beperkte groep van werken voor industrie en aanverwante bedrijven; maar ook aan zoovele andere bouwwerken als scholen, kantoorgebouwen enz. De vroeger zoo scherp getrokken scheiding tusschen „utiliteitsbouw" en „schoone bouwkunst" is aan het verflauwen. Reeds klinkt de term „Schoone Bouwkunst" ons verouderd en een weinig onreëel in de ooren. Een bepaalde groep in de vakwereld — „de nieuw zakelijke", ook wel de groep „van het nieuwe bouwen" genoemd, met de enthousiaste L e C o r b u s i e r als voorvechter, ziet deze scheiding zelfs geheel niet meer. Ze noemen bijvoorbeeld het woonhuis, het bij uitstek individueele bouwwerk een „woonmachine". Deze kwalificatie zegt U voldoende!

Naast de goede beginselen, die deze revolutionnaire beweging ten grondslag liggen, en waarop ik dadelijk nader wil ingaan, meen ik te moeten wijzen op de gevaren, die ze in zich meedraagt. Het uitsluitend gericht zijn op bevrediging van stoffelijke behoeften, leidt tot voorbijzien van andere behoeften, tot te eenzijdige opvatting van de dienende taak, die de bouwkunst te vervullen heeft.

Als verschijnsel is de „nieuw zakelijkheidsbeweging" dan ook een typisch product van dezen tijd met uitgesproken tendenz tot vervlakking en tot gebrek aan belangstelling voor de uitingen van den geest.

Aan den anderen kant gaat van deze beweging een groote zuiverende invloed uit, die mij fundamenteel lijkt voor de verdere ontwikkeling van de bouwkunst. Wijlen dr. B e r l a g e was in Holland de eerste, die in het begin dezer eeuw radicaal brak met de ontzaglijke sleur, waarin de bouwkunst geraakt was.



*Pension Anstalt, Praag — arch. Havlíček en Honzik.*
*De interessante groepeering der gebouw-vleugels tezamen met de dunne en licht gekleurde wanden verleenen een spontaan en levend aanzien aan dit in 1934 voltooide kantoorgebouw.*

In de na-oorlogsjaren tijdelijk verdrongen door sterk individualistisch georiënteerde uitingen, zet het zuiveringsproces nu eerst recht door. Allerwegen zien we een streven naar soberheid, een ontdoen van overtolligheden — vaak op het harde en kille af; maar dan ook weer getuigend van jeugdige durf, frischheid en gevoeligheid.

Deze kwaliteiten zijn het sterkst voelbaar in de uitingen van den utiliteitsbouw. De opgaven zijn nieuw of althans zoo fundamenteel afwijkend van die uit het verleden, dat traditie en conventie belangrijk minder invloed uitoefenen op de vrijheid van uiting dan bij de opgaven van de schoone bouwkunst het geval is.

Hier openbaart zich het nieuwe minder zeker en doelbewust, terwijl het ook minder vanzelfsprekend ontvangen wordt.

Zoo bouwde een 6 à 7 jaren geleden architect Carl Moser te Basel zijn St. Antonius-kerk geheel in gewapend beton. Bij vergelijking van deze kerk met de meesterwerken van de Gothiek blijkt, dat van conventioneele vormen geen sprake meer is — de lantaarnplaatjes, die ik U hiervan zal laten zien, zullen U dit aantoonen — maar niettemin voelt U bij het betreden van deze kerk iets van die zelfde macht tot bezieling, welke de kerkebouwers der middeleeuwen in zoo sterke mate bezaten. Toch vrees ik, dat velen in de St. Antonius-kerk die bezieling niet zullen aanvoelen. Hun hart zal uitgaan naar tal van andere kerken, waaraan de vertrouwde vormenspraak van de Gothiek is gehandhaafd gebleven.

Om nog even een sprekend voorbeeld te noemen van gehechtheid aan oude vormen in de schoone bouwkunst, heb ik U enkel te herinneren aan de onverkwikkelijke herbouw-geschiedenis van het afgebrande Leidsche Raadhuis. Wat al niet valsche sentimenten heeft die ongelukkige Breestraat-gevelruïne opgeroepen. Hoe weinig heeft de 20ste-eeuwsche burgerij van de roemruchte stad Leiden beseft, dat ze met haar besluit tot herbouw van wat niet meer tot leven te wekken is, den grooten naam harer stad tekort heeft gedaan. Zal straks, als de opgezweepte gevoelens bedaard zijn, niet een mat gevoel van desillusie daarvoor in de plaats treden en beseft worden, dat alleen de bouw van een geheel nieuw raadhuis een daad geweest zou zijn deze stad waardig?

Na deze uitweiding op het terrein van de schoone bouwkunst, waarmede ik hoop U een indruk gegeven te hebben van de mindere mate van klaarheid, die daar nog heerscht, kom ik terug op het feitelijke onderwerp van dezen avond: „de utiliteitsbouw".

Diegenen onder U, die een reis van Wesel tot Mannheim maakten, zullen zich de oudere Rijnbruggen herinneren met de krijgshaftige poortgebouwen en gekanteelde torens, die de hoofden dezer bruggen bekronen. Ook de Nederlandsche spoorbruggen uit de vorige eeuw vertoonen, zij het op meer bescheiden wijze, soortgelijke bouwsels. Reëele beteekenis hebben deze steenklompen niet, onharmonisch sluiten ze bovendien aan bij de geheel anders geaarde ijzeren bruggen. Algemeen erkennen we nu hiervan het onlogische en dwaze; maar destijds wist men zich nog niet vrij te maken van het beeld der Romeische en middeleeuwsche vestingbrug, waarbij de poort en torens juist essentieele onderdeelen vormden. Men volgde blindelings traditie en vooral conventie.

Met een zekere verlichting kunnen we thans constateeren, dat de utiliteitsbouw de zoo juist geschetste vertroebeling niet meer vertoont, dat ze het ziekteproces van de vorige eeuw grootendeels te boven is gekomen en een schoone belofte voor de toekomst inhoudt. Haar uitingen vertoonen een groote mate van zuiverheid en verdienen uit dien hoofde onze warme belangstelling en waardeering.

Het is moeilijk en heeft ook weinig zin voorspellingen te doen; maar dat van de gezonde geest, die den utiliteitsbouw beheerscht, een gunstige invloed op de schoone bouwkunst kan uitgaan, dat staat n.m.m. vast.

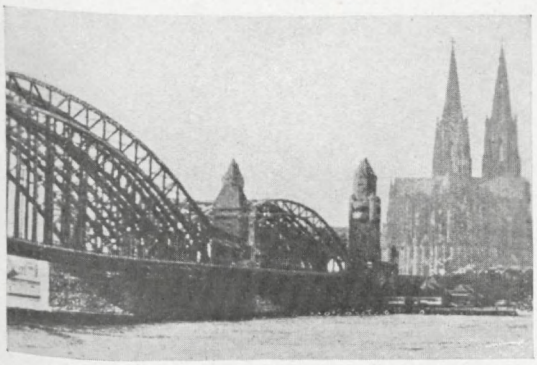
Dr. Berlage verklaarde in het laatst van zijn leven „in de toekomst zullen Architect en Ingenieur niet meer twee verschillende beroepen zijn"; daarmee den nadruk leggend op het feit, dat naast de gave van te kunnen scheppen, een volkomen van dezen tijd zijnd begrip en kennis van constructie en techniek noodzakelijk is. Ik meen in den utiliteitsbouw deze samensmelting van beroepen reeds te kunnen opmerken. Een deel der plaatjes, die ik U zoo dadelijk zal laten zien, wijst er mijns inziens op. Maar ook de schoone bouwkunst heeft deze combinatie noodig en al zien we sporadisch daar eenige voorbeelden van, het werk van deze nieuwe bouwers wordt nog slechts bij uitzondering geaccepteerd en geeft dientengevolge een onvoldoende beeld van de erin besloten mogelijkheden.

Daar vereeniging van kwaliteiten van scheppend kunstenaar en ingenieur in één persoon nog tot de uitzonderingen behoort, zal in de meeste gevallen volstaan moeten worden met samenwerking. Dat een dergelijke samenwerking om vruchtbaar te zijn niet eenvoudig is, moge volgende uitlating van den aesthetisch adviseur van het Ned. Rijksbruggenbureau U doen zien.

Ir. van der Steur schrijft:

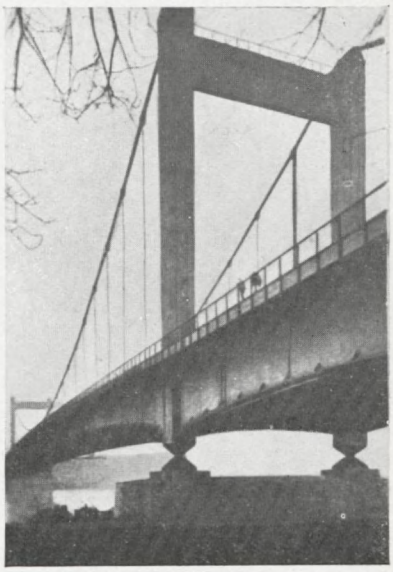
„Ir. Harmsen is van meening — en ik onderschrijf deze meening ten volle, zelfs à fortiori na een samenwerking van ruim 3 jaren — dat de architect bij den bouw van een moderne brug niet de leidende plaats heeft. Maar dit beteekent anderzijds ook geenszins, dat zijn plaats ondergeschikt is. Bij het Bruggenbureau wordt de laatste jaren met grooten ernst gestreefd naar een samenwerking op voet van gelijkheid, waarbij de ingenieur en de architect elk voor zich het belang van hun samenwerking beseffen, en weten, of althans in den loop van het werk gaandeweg beter en zuiverder leeren peilen, waar de grenzen van elks bemoeienis liggen, en het gewicht en den aard van elkanders beweegredenen wederzijds leeren waardeeren.

Een dergelijke samenwerking is niet iets, dat zonder meer direct bereikbaar is. Zij veronderstelt in de eerste plaats bij beide partijen den wil tot een organische samenwerking, voortspruitend uit een zeker begrip van de begrensdheid van ieders werkingssfeer. Zij moet, al doende, groeien tot een levende werkelijkheid. En dit beteekent tevens, dat niet elke architect, en niet elke ingenieur, tot een zoodanige



1.

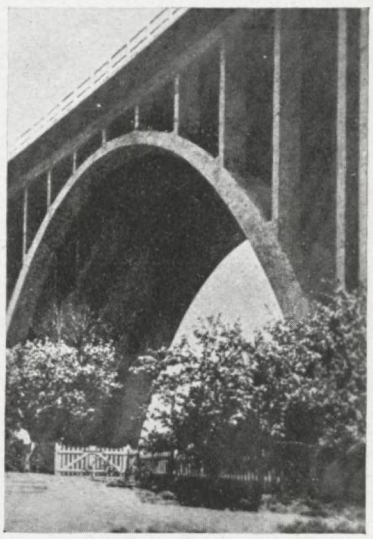
2.



*No. 2. Rijnbrug te Keulen — Mülheim: In tegenstelling met de vorige afbeelding valt aan deze brug niets overbodigs te bespeuren — de vormgeving is geheel die van het materiaal „ijzer", echter uitermate verzorgd — de sterke accentueering van de opleggingen werkt zeer suggestief.*

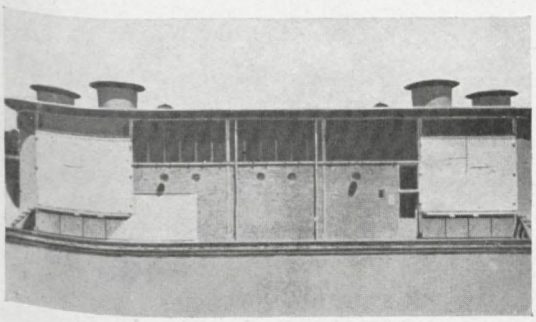
3.

4.



*No. 4. Landhoofd van de brug over de Kleine Belt.— arch. Momberg: De vormen van dit viaduct zijn bijzonder zuiver — van zgn. architectonische overtolligheden is geen sprake.*

5.



6.

No. 1. *Oude Rijnbrug te Keulen: Het totaal beeld dezer brug met de herhaling der bogen en de overbodige middeleeuwsche torens werkt onrustig in het stadsbeeld; de torens onttrekken bovendien de voor een brug zoo karakteristieke opleggingen aan het gezicht.*

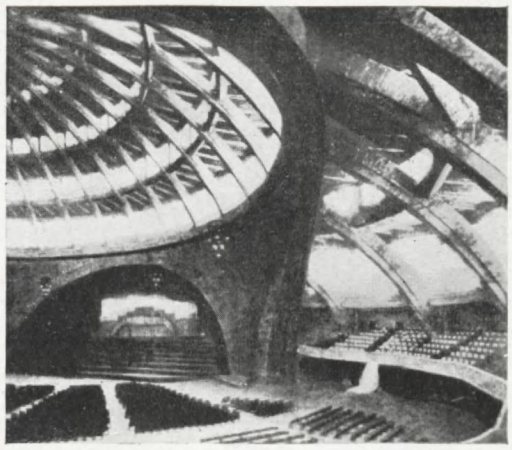
No. 3. *Maasbrug bij Hedel — Rijkswaterstaat en ir. v.d Steur: De uitgesproken horizontale lijn dezer brug is in harmonie met het vlakke karakter van het Hollandsche landschap — de lichte staafboog over de hoofdspanning verleent er een pittig accent aan.*

No. 5. *Brug over de Toss — Maillart: Mooi zijn de soepele vormen van deze lichte brug — vloeiend gaat het over de boog gekromde brugdek in den weg over.*

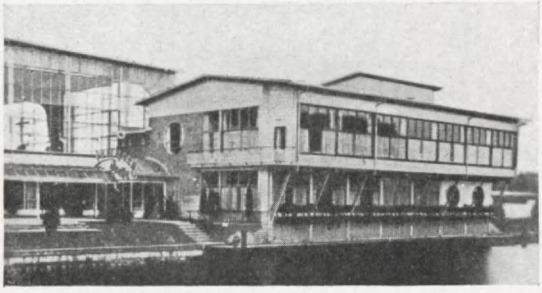
No. 6. *Onderstation te Schiedam — arch. v. Ravensteyn: Klaar en tegelijk gevoelig is de wijze, waarop aan dit zakelijke gegeven vorm is gegeven.*

7.

8.

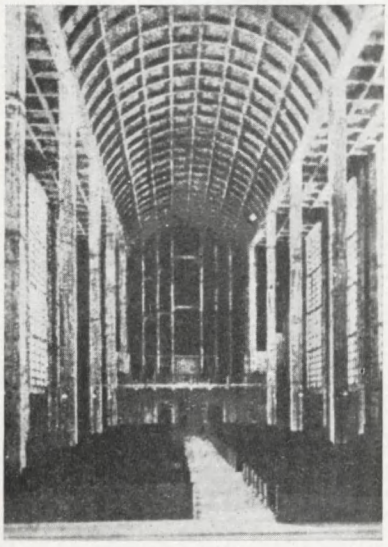


9.



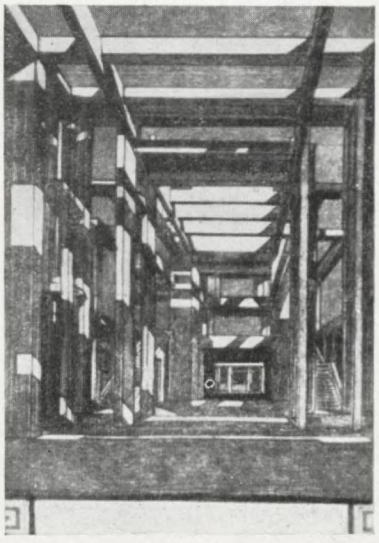
10.

11.



*No. 11. St. Antoniuskerk Basel — arch. Moser: Conventioneele vormen ontbreken — de vormgeving is geheel die van het materiaal gew. beton — het door de fraai gekleurde ramen overvloedig binnen vallende licht doet de ruwe betonvlakken van kolommen en gewelf sterk leven.*

12.



*No. 12. Betongeraamte Gemeente Museum den Haag — arch. Berlage †. De schets van dit geraamte werd na voltooiïng der gewapend betonwerken eigenhandig door wijlen arch. Berlage gemaakt — aantrekkelijk zijn de klare en zuiver geproportioneerde vormen.*

*No. 7. Fabriek v. Nelle te Rotterdam — arch. Brinkman en v.d. Vlugt: Geslaagd is de groepeering der gebouwen onderling — de wanden, die alleen een afsluitende functie vervullen, zijn uitermate licht (van glas en ijzer) geconstrueerd en verleenen dientengevolge het transparante en levensblije uiterlijk aan dit fabriksgebouw.*

*No. 9. Restaurant Tennishal Amsterdam — arch. Boeken en Zweedijk: Voortreffelijk sluit de architectuur van dit gebouwtje aan bij die van de hal — bij vergelijking met de omliggende huizen treft het opwekkende frissche uiterlijk van restaurant en hal.*

*No. 8. Jahrhunderthalle Breslau — arch. Max Berg: Imponeerend is de ruimtewerking dezer hal-hoofdpeilers met steunbogen nog wat zwaar van vorm — centrale koepel met fraaie verlichtingswijze bijzonder geslaagd.*

*No. 10. Sanatorium Zonnestraal Hilversum — arch. Duiker. Wijlen arch. Duiker was in Holland een diergenen, die met groote ernst, geestdrift en volharding werkte in de richting van het „nieuwe bouwen" — Sanatorium Zonnestraal is een zijner groote werken — het open karakter van de architectuur dezer gebouwen is voor een sanatorium volkomen geëigend — gelegen aan den rand van de heide, met het bosch als achtergrond bieden de zonnige ranke gebouwen een verrassenden aanblik.*

samenwerking bevoegd of geroepen zijn. Zoodra de ingenieur elke beïnvloeding van zijn technische conceptie van te voren hooghartig, als inmenging van een onbevoegde, afwijst, is de werking van den architect, die zich dan ziet beperkt tot de „verzorging" van ondergeschikte details, gedoemd tot onvruchtbaarheid. Maar even onvruchtbaar wordt de arbeid, als de architect zich tot een dwingend dictator opwerpt, onder wiens juk de ingenieur zich, het ga hoe 't ga, hebbe te voegen. Van deze soort samenwerking zijn de resultaten als even zoovele demonstratievoorbeelden harer onjuistheid voor het grijpen.

Wanneer ik zooeven zeide, dat de architect en de ingenieur de grenzen van hun bevoegdheid moeten leeren kennen, wil ik daarbij niet misverstaan worden. Want ook hier ligt de mogelijkheid van een verkeerd begrip. Men zou zich kunnen voorstellen — en hoe vaak is dit niet gebeurd —, dat de architect zich met een zekeren hartstocht werpt op bepaalde door hem als „architectonisch" beschouwde onderdeelen, en de rest aan den ingenieur overlaat. In wezen is dit hetzelfde als de terecht gewraakte middeleeuwsche poortgebouwen met kanteelen en schietgaten aan tal van oudere bruggen.

De onderlinge begrenzing lijkt niet in een materieel aan te wijzen grenslijn van het bouwwerk. De grens is van geestelijken aard en moet als zoodanig worden gevoeld en begrepen. Zij bestaat hierin, dat de architect de brug zal leeren zien en begrijpen als een technisch geheel; en als gevolg daarvan het spel der krachten in den vorm zoo zuiver mogelijk zal moeten doen uitkomen, liefst zonder „architectuur" in den kwaden zin; de ingenieur daarentegen zal moeten leeren beseffen, dat het constructietype, dat hij uitwerkt, geen absoluut onveranderlijke grootheid is; dat er binnen het kader van zijn constructiesysteem en van de materiaalmassa, welke hij voor het opnemen van de krachten noodig heeft, vrijheid van vormgeving bestaat, waarvan de architect, als het hem past, een dankbaar gebruik moet kunnen maken om de geestelijke uitbeelding van de technische gedachte te accentueeren op de sterkst mogelijke wijze. De tijd is voorbij, dat de architect een ijzeren brug met architectonische vormen, aan andere stijlperioden, en, erger, aan geheel andere technieken ontleend, „versierde", de tijd is voorbij, dat hij meende, een schooner bouwwerk te maken door de opleggingen van een brug te maskeeren. Juist in de accentueering van de specifieke, functioneele onderdeelen, waarin zich als het ware de in de constructie werkende krachten samentrekken, ligt voor den architect veelal een dankbaar gegeven voor sterke expressie.

Of men te doen heeft met een ijzer- of een gewapend-beton-constructie, doet in dit verband niet ter zake, al zou men oppervlakkig gezien misschien willen aannemen, dat bij den betonbouw de vrijheid voor den architect voor subjectieve vormgeving grooter was. Bij een groot brugbouwwerk overheerscht noodzakelijkerwijze het technische gezichtspunt, overschillig of het werk in ijzer of in beton wordt gedacht. Het gaat ook bij den betonbouw om organische juistheid in den opbouw, om doelbewuste terughouding van den architect, waar het de vormgeving betreft, maar dan een terughouding, die niet anders is dan „reculer pour mieux sauter": ter wille van een sterke en zuivere uitdrukking van de technische gedachte".

Tot zoover ir. v a n d e r S t e u r. Hieraan zou ik alleen nog willen toevoegen, dat harmonische vereeniging van kunstgevoel en exacte kennis in één figuur niettemin de meeste waarborgen zal bieden voor het ontstaan van volkomen gaaf werk.

# Eenige beschouwingen over het gevaar van aardbevingen voor bouwconstructies.

De groote aardbeving van den 1sten Juni j.l., waarbij Q u e t t a de hoofdstad van B e l o e d s j i s t a n geheel werd verwoest en meer dan 50 000 menschenlevens verloren gingen, doet onwillekeurig de vraag rijzen, of door eene zorgvuldige toepassing onzer hedendaagsche kennis inzake den invloed van seismische krachten op bouwconstructies, rampen van dezen omvang niet zouden kunnen worden voorkomen, althans de gevolgen daarvan niet tot kleinere proporties zouden kunnen worden teruggebracht.

Vooral na de groote aardbeving van 1923 waarbij T o k i o grootendeels werd verwoest, is het vraagstuk der beveiliging van bouwconstructies tegen aardbevingen opnieuw grondig bestudeerd. Zouden de betere inzichten, die men sindsdien heeft verkregen, nog geen gemeengoed zijn geworden in de technische wereld? Hoe staat het in Ned.-Indië met deze kennis en wordt er van Overheidswege voldoende toezicht uitgeoefend op de juiste uitvoering van bouwconstructies, in streken, waar vooral aardbevingen zijn te duchten?

Bekend mag worden verondersteld, dat Ned.-Indië behoort tot de meest labiele gedeelten der aarde. Gemiddeld wordt hier meer dan één aardbeving per dag geregistreerd. Wel is waar is het een gelukkige omstandigheid, dat verreweg de meeste epicentra in zee zijn gelegen, waardoor de seismische golven belangrijk in intensiteit zijn verminderd, wanneer zij het land bereiken, doch dat neemt niet weg, dat er vele aardbevingen zijn geweest van ernstigen aard. Sinds het begin van deze eeuw waren dit voor zoover Java en Sumatra betreft, de rampen van Kepahiang (1900), Soekaboemi (1900), Tapanoeli (1907), Benkoelen (1914), Maos (1916), Tapanoeli (1921), Maos (1923), Wonosobo (1924), Padang Pandjang (1926), Proepoek (1926) en Boemiajoe (1931), alzoo een lijst van niet te onderschatten beteekenis.

Verder kunnen nog worden genoemd de aardbeving van Bali (1917) en de rampen, waarbij Amboina meermalen werd verwoest.

Verreweg de meeste aardbevingen zijn van *tekto-*

*nischen* aard, m.a.w. het gevolg van verschuivingen of breuken in de aardkorst, die voortdurend aan vormverandering onderhevig is.

De plaats in het inwendige der aarde waar de bedoelde vormverandering optreedt noemt men het *hypocentrum,* dat soms enkele km diep is gelegen soms echter ook eenige tientallen km.

Van uit het hypocentrum gaan tengevolge van de verschuivingen der lagen, die stootsgewijs plaats hebben, elastische trillingen uit, die zich straalsgewijs naar alle richtingen voortplanten. Waar deze trillingen het aardoppervlak bereiken worden zij waarneembaar, doordat de bodem in een slingerende beweging komt met componenten zoowel in horizontale als in verticale richting.

Het spreekt van zelf, dat deze slingeringen in het algemeen het heftigst zullen zijn in het *epicentrum,* d.i. de plaats op het aardoppervlak loodrecht boven het hypocentrum gelegen en voorts in intensiteit zullen afnemen naarmate men verder van het epicentrum verwijderd is. Ook zal men gemakkelijk inzien, dat tengevolge van den scherper wordenden invalshoek der aardbevingsstooten tegen het aardoppervlak, de verticale componente der slingering ten opzichte van de horizontale componente steeds kleiner zal worden, naarmate de afstand tot het epicentrum toeneemt.

Bij de groote aardbeving van Tokio in 1923, lag het hypocentrum b.v. 90 km van de stad verwijderd en 15 km onder den zeespiegel van de Sagami-bocht. De verticale componente der aardbeving was hier dan ook beduidend kleiner dan de horizontale.

Beschouwt men een bepaald punt van het aardbevingsgebied en neemt men gemakshalve aan, dat de slingerbeweging door een sinusfunctie kan worden weergegeven, dan kan de horizontale beweging van het punt worden voorgesteld door de vergelijking:

$$x = A_h \cdot \sin 2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

en de verticale beweging door de vergelijking:

$$y = A_v \cdot \sin 2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

waarbij $A_h$ en $A_v$ resp. voorstellen de amplituden der horizontale en verticale bevingen, terwijl $T$ de periode of slingertijd is.

De maximale versnellingen in horizontale en verticale richting zijn blijkbaar respectievelijk:

$$x''_{max} = \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot A_h \text{ en } y''_{max} = \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot A_v \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Het is evenwel gebruikelijk deze maximale versnellingen uit te drukken in de versnelling der zwaartekracht $g = 9{,}8$ m/sec$^2$, welk getal de *bevingsgraad* wordt genoemd.

Alzoo is de horizontale bevingsgraad:

$\varepsilon_h = \frac{x''_{max}}{g}$, en de verticale bevingsgraad:

$\varepsilon_v = \frac{y''_{max}}{g}$.

De periode $T$ der aardbeving, die zeer kan varieeren, bedraagt 1 secunde en meer; de amplitude $A_h$ varieert van enkele cm tot 10 à 20 cm, terwijl $A_v$ ongeveer $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$ $A_h$ is. Het spreekt van zelf, dat deze waarden sterk afhankelijk zullen zijn van de ligging van het geteisterde gebied ten opzichte van het hypocentrum, zoodat zij als globale aanwijzingen moeten worden opgevat, om een denkbeeld te verkrijgen omtrent de orde van grootte der amplituden en perioden.

Zijn de periode en amplitude bekend, dan kan daaruit natuurlijk met behulp van de boven gegeven formules, de bevingsgraad worden berekend. In Japan rekent men b.v. in bepaalde gevallen met een horizontalen bevingsgraad van $\frac{1}{3}$ en een verticalen bevingsgraad, die de helft is der horizontale.

Deze bevingsgraad is echter voor een bepaald aardbevingsgebied niet in alle punten dezelfde. *Hij wordt behalve door den afstand tot het hypocentrum, nog sterk beïnvloed door de bodemgesteldheid.* Als algemeene regel kan men zeggen, dat de bevingsgraad des te kleiner is, naarmate de bodem vaster en samenhangender is. Hij is het grootst in losse, weeke grondsoorten met weinig samenhang. De oorzaak hiervan moet worden gezocht in het feit, dat losse aardlagen, waartoe ook de verweeringsproducten van vaste gesteenten behooren, door de bevingen ook groote *massaverplaatsingen* ondergaan. Is de bodem waterhoudend, dan wordt de toestand nog ongunstiger (moerasgrond).

Bij de aardbeving in Californië van 1906 werd b.v. vastgesteld, dat wanneer de beefwerking in vaste volkristallijne rots 1 wordt gesteld, die in zandsteen 1 — 2,4, in los zand 2,4 — 4,4, in geroerden grond 4,4 — 11,6 en in veengrond 12 keer zoo groot is.

Bij de aardbeving in Japan van 1923 werden soortgelijke ervaringen opgedaan. De bevingsgraad in alluviale lagen was 2 — 3 keer zoo groot als in harde diluviale leem en 4 — 5 keer zoo groot als in tertiaire en vulkanische rots.

Ook in Ned.-Indië werden de gebouwen en kunstwerken gefundeerd op lossen grond bij aardbevingen het meest geteisterd. *Bij voorkeur bouwe men dus op een goeden vasten ondergrond.*

Wat den duur der aardbevingen betreft, kan worden opgemerkt, dat de slingeringen tengevolge van een opeenvolging van stooten in het hypocentrum, geruimen tijd kunnen aanhouden, zij het ook met tusschenpoozen en een variabele intensiteit. Bij de jongste aardbeving te Quetta verklaarde b.v. een overlevende, dat te Shirkapur om 3 uur 's morgens schokken werden gevoeld, die 3 minuten aanhielden. Deze werden gevolgd door minder hevige schokken, die met tusschenpoozen tot 2 uur n.m. voortduurden!

Voor de berekening van bouwconstructies tegen aardbevingen, dient men in het bijzonder voor de gegeven bodemformatie de grootte van den bevingsgraad te kennen, die redelijkerwijze kan worden verwacht, benevens de *kleinste* periode der bevingen.

Verder lijkt het gewenscht, de bouwconstructies met het oog op het aardbeefgevaar in twee groepen te verdeelen en wel:

*1)* stijve massale constructies, waarbij de eigen slingertijd kan worden verwaarloosd ten opzichte van de kleinste periode der aardbeving;

*2)* constructies, zooals hooge slanke gebouwen, torens, schoorsteenen, waarbij de eigen slingertijd van dezelfde orde van grootte is als de evengenoemde kleinste periode der aardbeving.

Onder den eigen slingertijd eener bouwconstructie wordt verstaan, de periode der hoofdslingering, die ontstaat, wanneer de constructie boven een weinig uit zijn verticalen stand wordt gebracht en daarna aan zijn lot wordt overgelaten. Om de gedachten te bepalen kan worden vermeld, dat de eigen slingertijd van een ± 150 m hoogen fabrieksschoorsteen van gewapend beton ongeveer 2 à 3 sec kan bedragen. Verder is het duidelijk, dat de eigen slingertijd des te kleiner zal zijn, naarmate de constructie stijver is.

Wanneer we ons eerst bepalen tot de bouwconstructies van de eerste soort, alzoo die, welke als oneindig stijf kunnen worden beschouwd, dan kan worden opgemerkt, dat ieder massadeeltje der constructie precies *dezelfde* beweging uitvoert als het aardoppervlak (de fundeering); in het bijzonder hebben alle massadeeltjes op ieder oogenblik dezelfde versnelling als het aardoppervlak.

Zooals bekend mag worden verondersteld, noemt men het product van een massa en haar versnelling in tegengestelden zin genomen, de op de massa werkende *traagheidskracht* en zegt verder het beginsel van d'Alembert, dat bij de beweging van een lichaam, op ieder oogenblik evenwicht bestaat tusschen de uitwendige beweegkrachten en de in ieder punt in te voeren traagheidskrachten. Dus kan men de krachtsverdeeling tengevolge der aardbeving, op een bepaald oogenblik vinden, door in *ieder massadeeltje* van het gebouw aan te brengen een kracht, die gelijk is aan de massa × de momentane versnelling van het aardoppervlak in tegengestelden zin genomen. Bij verwaarloozing van de verticale componente der aardbeving wordt dit dus de massa × de momentane horizontale versnelling, en wanneer men het ongunstigste oogenblik beschouwt het *gewicht* van het deeltje × den *horizontalen bevingsgraad*. Is de horizontale bevingsgraad $\varepsilon_h = \frac{1}{3}$ dan heeft men voor de berekening der krachtsverdeeling, die daardoor ontstaat, *de zwaartekracht dus eenvoudig 90° omgedraaid te denken en tot een derde te verminderen.*

Is de verticale bevingsgraad $\varepsilon_v = \frac{1}{6}$, dan heeft men om de extreme invloeden daarvan in rekening te brengen, de zwaartekracht slechts met $\frac{1}{6} g$ *te vermeerderen of te verminderen.*

Kenmerkend voor de sterkteberekening eener stijve bouwconstructie tegen aardbevingen is dus, dat men behalve de normale belastingen, nog de extreme horizontale en verticale seismische (traagheids-) krachten aanbrengt, waarna de berekening verder op de gewone wijze volgens de regels der toegepaste mechanica kan worden uitgevoerd.

Behalve met het beginsel van d'Alembert, kan men het ontstaan der seismische krachten ook verklaren met behulp van de theorie der relatieve beweging. De bouwconstructie bevindt zich n.l. op een bewegend systeem, de aarde, dat met een amplitude $A$ en een periode $T$ heen en weer beweegt. Men kan nu voor het statisch onderzoek, zooals bekend is de aarde in rust denken, wanneer men slechts op ieder massadeeltje de schijnsleepkracht aanbrengt, die zooals men gemakkelijk zal inzien, hier identiek is met de traagheidskracht van d'Alembert.

De horizontale seismische belasting van een bouwconstructie is blijkbaar van een anderen aard dan de horizontale windbelasting. Werkt de laatste alleen op de oppervlakken der constructie, die door den wind worden getroffen, de seismische krachten werken op *ieder* onderdeel der constructie, dat gewicht heeft, terwijl ze met dat gewicht evenredig zijn.

De horizontale seismische krachten die, zooals men gemakkelijk zal inzien, als regel *het grootste gevaar opleveren* zoowel door hun grootte als door het feit, dat onze bouwconstructies voornamelijk op verticale belastingen worden berekend, geven in de bouwconstructie, die als een in den aardbodem verticaal ingeklemde „staaf" kan worden beschouwd, blijkbaar aanleiding tot dwarskrachten en buigende momenten.

Dat voor het opnemen van de eerste een goed dwarsverband, schoren enz. noodzakelijk zijn behoeft nauwelijks opgemerkt. Dat verder bij dezelfde sterkte licht bouwmateriaal te verkiezen is boven materiaal met een hoog soortelijk gewicht is duidelijk, daar de seismische krachten, die op de onderdeelen werken, evenredig zijn met de gewichten daarvan. Door zwaardere onderdeelen nemen de seismische dwarskrachten en momenten dus toe en de laatste zijn blijkbaar des te grooter, naarmate de zware deelen zich hooger in de constructie bevinden. Dat de gebruikelijke wandopvullingen van metselwerk in groote vakken, tusschen de staven van een raam- of vakwerk uit den booze zijn is evenzoo duidelijk. Denkt men n.l. de tot op $\frac{1}{3}$ van haar waarde gereduceerde zwaartekracht 90° omgedraaid, dan werken deze opvullingen als platen, die betrekkelijk zwaar belast worden, zoodat ze als regel zullen breken.

Zoo zou nog op tal van punten kunnen worden gewezen, waarop bij het bouwen in aardbeefstreken vooral is te letten, zooals het gebruik van goede specie en lichte goed bevestigde dakbedekkingen, een goede schuifvaste verbinding van het fundament met den vasten ondergrond, de koppeling van pijlers, toepassing van voldoende sterke kolommen enz.

Uitvoerig op al deze details in te gaan, valt niet alleen buiten het kader dezer beschouwingen doch kan n.h.v. gevoegelijk achterwege worden gelaten.

Wanneer men de bouwconstructie slechts *volledig doorrekent met inbegrip der seismische krachten,* die het zij nogmaals gezegd op *ieder* deel der constructie moeten worden aangebracht, ziet men vanzelf, welke wijzigingen en voorzieningen het ontwerp eventueel alsnog behoeft, om voldoende beveiligd te zijn tegen het aardbevingsgevaar.

Slechts moge er nog op worden gewezen, dat men bij grondkeeringen er op bedacht moet zijn, dat de

gronddruk door de seismische krachten op de gronddeeltjes werkende, belangrijk vergroot kan worden.

Een afzonderlijke beschouwing verdienen nog de bouwcontructies van de tweede soort, die een eigen slingertijd hebben, van dezelfde orde van grootte als de kleinste periode der aardbeving, zooals torens en schoorsteenen. Hierbij kan men niet meer zeggen, dat alle massadeeltjes de zelfde beweging uitvoeren als het aardoppervlak (de fundeering).

De verschijnselen, die zich hierbij voordoen kan men gemakkelijk demonstreeren met behulp van de volgende eenvoudige proef. Men neme een recht stuk van een dun ijzerdraadje (± 60 cm lang) en steke aan één der uiteinden een kurk. Houdt men het ijzerdraadje met het andere uiteinde in de hand, verticaal, dus met de kurk naar boven en beweegt men de hand heel langzaam heen en weer, dan zal men zien dat de amplitude van de kurk *grooter* is dan die der handbeweging, terwijl het ijzerdraadje in de uiterste standen naar buiten uitbuigt. De amplitude der kurk en de uitbuigingen van het ijzerdraadje worden des te grooter, naarmate men de handbeweging sneller uitvoert, de periode dus kleiner wordt, om zeer groot (theoretisch oneindig groot) te worden bij een bepaalde periode, die zooals men gemakkelijk experimenteel kan verifieeren, overeenkomt met den eigen slingertijd van de kurk aan het ijzerdraadje. Er treedt dan zgn. *resonantie* op. Wordt de periode der handbeweging kleiner dan de eigen slingertijd, dan neemt de amplitude van de kurk weer af, om bij een zeer kleine periode der handbeweging, nagenoeg op haar plaats te blijven.

In plaats van het ijzerdraadje met kurk, denke men nu een torenvormige bouwconstructie, in plaats van de handbeweging, de heen en weer gaande aardbodem tengevolge van de aardbeving; de eigen slingertijd van den toren zij $T'$, de periode der aardbeving $T$. Wanneer $T > T'$, zullen alle deelen der constructie met een grootere amplitude heen en weer bewegen dan de aarde; en wel zoo, dat naar boven toe de amplitude door de uitbuiging grooter wordt. Laat men $T$ afnemen dan zullen *alle* uitwijkingen grooter worden om zeer groot te worden (theoretisch oneindig groot) als $T = T'$, alzoo bij resonantie.

Daar de maximale versnellingen evenredig zijn met de amplituden, is het duidelijk, dat de extreme traagheidskrachten, die men nu op de massadeelen heeft aan te brengen, *grooter* zullen zijn dan overeenkomt met het product van gewicht en bevingsgraad en wel des te grooter naarmate men hooger in de constructie komt. Door de bijkomende slingering van den toren wordt de toestand dus ongunstiger dan bij een volkomen stijve constructie, doordat de momenten en dwarskrachten tengevolge van de grootere traagheidskrachten ook grooter zullen worden.

Bij resonantie is het duidelijk, dat in verband met de zeer groote traagheidskrachten, die zelfs bij kleine amplitude der aardbeving *op den duur* toch zullen ontstaan, de constructie zeker zal bezwijken, zoodat men dezen bewegingstoestand in ieder geval zal moeten vermijden.

Men kan aantoonen, dat het grootste moment $M_{max.}$, dat in een torenvormige constructie optreedt (blijkbaar is dat aan den voet der constructie) met goede benadering kan worden berekend met behulp van de volgende eenvoudige formule:

$$M_{max.} = \frac{M'_{max.}}{1 - \left(\frac{T'}{T_{min}}\right)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

waarbij $M'_{max.}$ het maximale moment is, wanneer de constructie als oneindig stijf werd beschouwd, m.a.w. de amplitude van alle massadeelen even groot zou zijn als die van den aardbodem.

Duidelijk ziet men, dat $M_{max.}$ oneindig groot wordt, wanneer $T' = T$, d.i. bij resonantie en dat $M_{max.} = M'_{max.}$, wanneer $T' = 0$, m.a.w. de constructie oneindig stijf is.

Om resonantie te voorkomen dient men er voor te zorgen, dat *de eigen slingertijd der constructie kleiner is dan de kleinste periode der aardbeving.* Veelal stelt men den eisch, dat $T' = \frac{1}{2} \cdot T_{min.}$, waardoor $M_{max.} = \frac{4}{3} \cdot M_{max.}$ wordt.

Men zal gemakkelijk inzien, dat $T' > T_{min.}$ geen afdoende beveiliging geeft tegen het resonantiegevaar. Weliswaar zou de constructie dan misschien de aardbeving kunnen weerstaan bij de kleinste periode $T_{min.}$, maar wanneer de periode der aardbevingsgolven grooter zou worden, zou toch weer resonantie kunnen optreden. Het geval van het ijzerdraadje met kurk, waarbij door de zeer snelle handbeweging de kurk nagenoeg op haar plaats blijft, heeft dus voor de veiligheid van slappe torenvormige constructies tegen aardbevingen geen practische beteekenis.

Op welke wijze men den eigen slingertijd van bouwconstructies kan berekenen moge in verband met de plaatsruimte onbesproken blijven; hiervoor kan naar de betrekkelijke literatuur worden verwezen. In ingewikkelde gevallen, die zich aan iedere berekening onttrekken, zou men natuurlijk altijd den eigen slingertijd *experimenteel* kunnen bepalen, aan de hand van een proef met een verkleind elastisch gelijkvormig model der constructie, onder toepassing van de modelwet van Cauchy.

In het voorgaande is uiteengezet hoe het mogelijk is, de seismische invloeden in onze sterkteberekeningen te verwerken, indien slechts de bevingsgraad en de kleinste periode der aardbeving bekend zijn. Terecht zal men zich echter afvragen, welke waarden men hiervoor moet aannemen, teneinde voldoende aan den veiligen kant te zijn.

Hieromtrent kan worden opgemerkt, dat er nog weinig nauwkeurige waarnemingen bestaan over de bewegingsverschijnselen der aarde in de meest geteisterde gebieden. De tot dusver in gebruik zijnde seismografen zijn gewoonlijk zoo gevoelig, dat ze als regel door den eersten sterken stoot reeds buiten werking geraken. Verder zijn ze zelden in het meest getroffen gebied gelegen. Bij de aardbeving van Tokio in 1923 is slechts een enkele seismograaf van de vele naburige waarnemingsstations gedurende de geheele catastrophe intact gebleven.

Er blijft dan niets anders over dan te trachten, om door een plaatselijk onderzoek van alle gevolgen der aardbevingsramp, aangevuld door betrouwbare inlichtingen van ooggetuigen, zoo goed mogelijk de

plaats gehad hebbende bodembewegingen te reconstrueeren.

Zoo is men er toe gekomen de kleinste periode der aardbeving van Tokio in 1923 te stellen op *1,35 seconden* en heeft men den bevingsgraad waarmede te rekenen is in bouwvoorschriften vastgelegd.

Bij straatbruggen, die overwegend in weeken alluvialen grond zijn gefundeerd, moet volgens deze bouwvoorschriften gerekend worden met een horizontalen bevingsgraad van $^1/_3$ en een verticalen van $^1/_6$. In verband met de betrekkelijke zeldzaamheid der groote aardbevingen, mogen de normale waarden der toe te laten spanningen echter met 50% worden verhoogd.

Bij gebouwen heeft men soortgelijke voorschriften, waarbij uit economische overwegingen, de maximaal voorkomende nuttige belastingen door goederen of personen en die door winddruk, tot de helft worden verminderd. Immers zal een samentreffen van eene volbelasting van alle vloeren, den grootsten winddruk en de ongunstigste seismische belasting wel nimmer voorkomen, althans tot de groote uitzonderingen behooren.

Aldus rekenende is het in de meeste gevallen mogelijk, met toepassing van het *zelfde* materiaalverbruik, door een betere materiaal*verdeeling* als uitkomst van het zorgvuldig uitgevoerde statische onderzoek, de bouwconstructies tegen aardbevingen te beveiligen. Natuurlijk kan in vele gevallen de keuze van andere materialen, constructie*vormen*, koppelingswijzen enz. ook van groot voordeel zijn.

Zoo leert de berekening, dat torenvormige constructies uitgevoerd in den geest van den Eiffeltoren gunstig zijn met het oog op het resonantiegevaar; vormen als de Amerikaansche wolkenkrabbers daarentegen minder. Hooge schoorsteenen kan men in aardbeefstreken beter uitvoeren als een vakwerktoren, een dunwandige schoorsteenbuis omvattende.

In Ned.-Indië zijn omtrent den bevingsgraad en de periode der aardbeweging in de geteisterde gebieden der plaats gehad hebbende aardbevingen, *zoo goed als geen* kwantitatieve gegevens bekend. De eenige globale waarde voor den bevingsgraad werd voor zoover bekend door collega B i j l a a r d en dr. S. W. V i s s e r berekend uit de beschadiging van een watertoren gedurende de aardbeving van Padang Pandjang en bleek ongeveer ¼ te zijn, alzoo van dezelfde orde van grootte als in Japan wordt aangenomen.

Waar, zooals reeds werd opgemerkt, de ervaring in Japan heeft uitgewezen, dat de aldaar ingevoerde bouwvoorschriften tot constructievormen leiden, die ook van uit een economisch oogpunt beschouwd alleszins aanvaardbaar zijn, is er wel iets voor te zeggen om, voor zoover in Ned.-Indië geen betere gegevens ten dienste staan, voor nieuwbouw in aardbeefgebieden de Japansche voorschriften, althans in de groote lijnen, hier te lande over te nemen.

Deze beschouwingen mogen worden beëindigd met er nadrukkelijk op te wijzen, dat de opvatting als zouden aardbevingen natuurrampen zijn, waarmede men bij bouwconstructies geen rekening behoeft te houden, omdat men er toch machteloos tegenover staat, uit den tijd is. Wel degelijk is het mogelijk door eene nauwe samenwerking tusschen Overheid, civielingenieur, geoloog en seismoloog, het aardbevingsgevaar zoo niet geheel te bezweren dan toch tot belangrijk kleinere proporties terug te brengen.

Van de omvangrijke literatuur over aardbevingen en haar gevolgen moge alleen de volgende worden genoemd:

1. *Natuurkundig Tijdschrift voor Ned.-Indië,* Jaargangen van af 1863.
2. Dr. A. S i e b e r g : „Geologische, physikalische und angewandte Erdbebenkunde", Jena, Gustav Fischer.
3. R. B r i s k e : „Die Erdbebensicherheit von Bauwerken", Dissertatie T. H. Berlijn 1927 (met een uitgebreide literatuuropgave).
4. „Über die Vertikalbeanspruchung von Bauwerken bei Erdbeben", *Schweiz. Bauzeitung* Bd. 98, No. 13, 3 October 1931, Mededeeling van de Zwitsersche Aardbevingwacht te Zürich.
5. „Reports of the Imperial Earthquake Investigations Committee", Tokio 1926.

Vr.

2e JAARGANG
NUMMER 7

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JULI
1935

## III. ELECTROTECHNIEK EN WERKTUIGBOUW.

INHOUD: Eenige beschouwingen over de exhaustwerking bij locomotieven, door ir. P. de Gruyter, w.i.

# Eenige beschouwingen over de exhaustwerking bij locomotieven

door

ir. P. DE GRUYTER, w.i.,

hoofd van het Proefbureau voor rollend materieel der S. S. te Bandoeng.

Inleiding, blz. 53. *I. Grondslagen van de exhaustwerking, blz.* 53: (1) Beginsel, (2) Theorieën, (3) Practische ervaringen, (4) Vergelijkingsbasis. *II. Historisch overzicht der exhaust-onderzoekingen, blz.* 55: Zeuner (1863, 1870), Nozo en Geoffroy (1864), Prüsmann (1865), Grove (1875), von Borries, Troske, e.a. (1895/96, 1903/04), Goss (1895, 1903, 1906), Quereau en Sauvage (1900), Symington (1903), Huygen (1907), Strahl (1911/13), Gairns e.a. (1917/18), Legein (1920), Giesl-Gieslingen (1924/28), Chapelon (1928), Nordmann (1930), Young (1933). *III. Samenvatting, blz.* 64: (1) Theorieën, (2) Criteria, (3) Betrekkingen, (4) Continue uitstrooming, (5) Energievergelijkingen, (6) Het ontwerp. Slot. Literatuur.

*Inleiding.* — Het groote succes, dat Stephenson in 1829 met zijn locomotief de „Rocket" behaalde, was vooral toe te schrijven aan de voor dien tijd buitengewone stoomvorming, welke hij verkreeg door het benutten van de kinetische energie van den uitlaat- of exhauststoom tot opwekking van een belangrijk vacuum in de rookkast. Het genie van den „Altmeister" van den locomotiefbouw blijkt wel hieruit, dat tot op heden vastgehouden wordt aan zijn grondgedachte met betrekking tot dit ketelonderdeel. Een beter systeem ter verkrijging van de, voor het stoombedrijf bij de spoorwegen vereischte, zeer geforceerde verbranding, met automatische aanpassing aan elk incidenteel stoomverbruik van de machine, is nog niet in zicht.

Toch is nu reeds een eeuw van onderzoek aan de rookkast gewijd geworden. Vele zeer uitgebreide experimenten werden verricht, welke een verbetering van het exhaustrendement beoogden. In verband met de sterke ontwikkeling van het eenheidsvermogen der stoomlocomotieven was het namelijk noodzakelijk om te streven naar exhaust-schoorsteenverhoudingen met een zoo hoog mogelijk nuttig effect. Vooral de laatste twee decennia zijn rijk aan wetenschappelijke bijdragen op dit gebied.

De volgende beschouwingen willen eenig inzicht geven in den omvang van deze materie en nadruk leggen op den ernst, waarmede dit probleem uit dwingend economisch oogpunt over de heele wereld aangevat wordt.

### I. Grondslagen van de exhaustwerking.

(1) *Beginsel.* — Het principe, waarop de werking berust, is dat een gedeelte van de kinetische energie van den stoomstraal overgedragen wordt op de omringende gassen in de rookkast; de rookgassen worden, gemengd met den stoom, met een hooge snelheid uit den schoorsteen geworpen, waarbij tevens het verschil in druk tusschen de rookkast en de buitenlucht te overwinnen is.

Daar de energie-overdracht bij dit proces zeer onvolkomen is, moet de stoom bij het verlaten van het mondstuk een bijwijlen belangrijke hoeveelheid arbeidsvermogen van beweging opgelegd zijn. De exhaustpijp, welke den afgewerkten stoom van de machine naar de rookkast voert, is zoo ruim mogelijk uitgevoerd om de stroomingsweerstanden minimaal te houden. Het meer of minder conisch zich vernauwende exhaustmondstuk heeft de functie om een bepaalden overdruk in de exhaustpijp om te zetten in een verhoogde stoomsnelheid. Naarmate de exhaust-schoorsteenverhoudingen gunstiger zijn, in dien zin, dat de hooger genoemde energie-overdracht van den stoom aan de rookgassen met een hooger nuttig effect plaats heeft, is voor het wegwerken van een vereischte hoeveelheid verbrandingsgassen een geringere stuwwerking in de monding van de stoompijp noodzakelijk, dus zal bij een kleinere vernauwing een lagere tegendruk optreden. Deze in de exhaustpijp gemeten tegendruk is namelijk, behalve van de hoeveelheid stoom, afhankelijk van de verhouding tusschen den vrijen doorlaat van het mondstuk en het oppervlak van de exhaustpijp. Zonder mondstuk, d.i. zonder vernauwing in de stoompijp, zou in deze laatste practisch geen overdruk ten opzichte van de rookkast aanwezig zijn en de stoom zou bij de uitstrooming geen versnelling ondergaan. De kinetische energie van den stoom zou in dit geval volkomen ontoereikend zijn voor het medesleuren van de benoodigde hoeveelheid rookgassen, dus ook voor het aanzuigen van de vereischte hoeveelheid verbrandingslucht door het rooster.

(2) *Theorieën.* — Achtereenvolgens hebben verschillende theorieën opgang gemaakt. De oudste kan de „zuigertheorie" genoemd worden; men meende, dat de in opeenvolgende slagen uitstroomende stoom kolomsgewijze de rookgassen tusschen proppen stoom in den schoorsteen meevoerde. Deze theorie is reeds lang verlaten, sedert uit modelproeven is gebleken, dat de zuigwerking afhankelijk is van de hoeveelheid en de snelheid van den exhauststoom en later, dat practisch eenzelfde effect bereikt wordt met pulseerende, als met continue uitstrooming. Een tweede voorstelling is, dat de gassen in den stoomstraal binnenstroomen en zich met dezen mengen, terwijl een derde theorie den nadruk legt op de oppervlaktewrijving tusschen den straal en de omringende gassen, waardoor zich een mantel van deze laatste om den straal heenlegt, welke door den schoorsteen medegesleurd wordt.

De, in 1933 als bulletin gepubliceerde, buitengewoon uitgebreide proeven, met een kwart-model rookkast in het laboratorium te Illinois verricht, hebben beide laatstgenoemde theorieën bevestigd. Door een grondige exploratie van den geheelen stoomstraal kon voor het eerst worden vastgesteld, dat in de kern van den stoomkegel een zeer hoog vacuum optreedt, hetwelk geleidelijk naar boven toe afneemt. De betreffende meetuitkomsten zijn in *fig. 4* van dit artikel gereproduceerd. De nieuwste theorie van prof. Young is als volgt in woorden te brengen:

De uit het exhaustmondstuk stroomende stoom expandeert met welhaast explosieve kracht, en in het op deze wijze in het inwendige van den straal gevormde vacuum stroomen de omliggende rookgassen binnen; tevens bevordert deze beweging van de gassen, gericht naar den stoomkegel, de werking van de oppervlaktewrijving tusschen beide media. De toegestroomde gassen worden door den straal medegesleurd, „as a car or train sets the air around it in motion". De straal breidt zich naar boven toe, bij voortgezette menging, steeds verder uit, totdat hij tenslotte den schoorsteen opvult. De stoom verliest naar den omtrek van den stoomkegel toe gestadig meer van zijn oorspronkelijke snelheid. Het mantel-oppervlak wordt geleidelijk „ruwer", d.w.z. vertoont dieper doordringende turbulenties. Bij toenemende hoogte verdwijnt dan ook de scherpe begrenzing tusschen beide media.

Door Young is slechts het volledig onderzoek met een betrekkelijk langen schoorsteen gepubliceerd. Boven de hierbij nog zuigend werkzame keel werd het gas, dat den hoofdstroom van het mengsel omringde, een weinig samengedrukt en het indringingsproces daardoor bevorderd. De menging en versnelling van de gassen zetten zich tot buiten den schoorsteen voort.

Bij de door het proefbureau der S. S. verrichte experimenten met een te korten proefschoorsteen bij loc. No. 1323, viel deze stimuleerende werking van de keel op de menging niet meer te constateeren.

(3) *Practische ervaringen.* — Stephenson bracht de exhaustpijp nog in den schoorsteen aan. Langen tijd zou aan deze montage vastgehouden worden. Te oordeelen naar de afmetingen van de vroegste exhausten moeten daarbij zeer belangrijke tegendrukken opgetreden zijn. Successievelijk ging men echter over tot een lager plaatsen van het mondstuk, in Europa tot in de hartlijn van de rookkast en in Amerika — in verband met het streven naar een „self-cleaning" effect — nog voelbaar hier beneden, waarbij in het laatste geval veelal binnenschoorsteenen toegepast werden. En naarmate de keteldiameters en -hoogten toenamen, waardoor een steeds geringere bouwruimte voor een voldoende uitwendige ontwikkeling van de schoorsteenen beschikbaar bleef, werden deze naar binnen in de rookkast verlengd.

Al reeds lang bestaat op enkele punten algemeene overeenstemming tusschen de deskundigen, t.w. dat, bij overigens ongewijzigde rookkast, met eenzelfde hoeveelheid exhauststoom door vernauwing van het mondstuk een hooger vacuum te halen is, en dat bij vergrooting van de schoorsteenhoogte een verbetering van het rendement optreedt. Verder wordt algemeen erkend, dat conische schoorsteenen betere resultaten opleveren dan cylindrische en vooral de laatste decennia, dat de meeste schoorsteenen met succes ruimer te maken zijn, omdat hun diameters tijdelijk achter zijn gebleven bij de snelle ontwikkeling van de belangrijkste ketelafmetingen. Tenslotte blijkt bij bestudeering van de beste uitvoeringen bij toonaangevende spoorwegmaatschappijen, dat practisch gelijke rendementscijfers met in opbouw soms ver uiteenloopende exhaust-schoorsteenconstructies verkregen worden.

(4) *Vergelijkingsbasis.* — In verband met evenbedoelde studies is hier een korte uitweiding over de juiste keuze van een vergelijkingsbasis op haar plaats. De meeste onderzoekers gaan uit van het rookkastvacuum; dit geeft voor een bepaalde locomotief een redelijken grondslag, aannemende dat de stroomingsweerstand, welke de lucht door het rooster, de brandstoflaag en het pijpennest ondervindt, constant blijft. Nu zal echter vooral de toestand van het vuur het vacuum zeer gevoelig kunnen beïnvloeden, — een feit, dat door het Indische proefbureau met het nieuwe instrumentarium meermalen markant waargenomen werd. Alleen bij het stoken met poederkool of residu zal dit bezwaar niet ondervonden worden. Gebruikt men een vaste brandstof, dan neme men liefst een heele serie experimenten om tenminste een zoo zuiver mogelijke gemiddelde vacuumkarakteristiek vast te kunnen leggen.

Vooral echter bij vergelijking van bedrijfsuitkomsten met locomotieven van verschillende type, is rekening te houden met de betrekkelijke waarde van de waargenomen vacua. De voor het verwerkelijken van overeenkomstige ketelbelastingen benoodigde vacua zijn namelijk in hooge mate afhankelijk van de gezamenlijke ketelweerstanden, welke soms gevoelig varieeren met de ketelconstructies. Men beschikt hierbij gelukkig voor het meerendeel der in beschouwing genomen gevallen over een opgave van de maatgevende ketelafmetingen, waardoor de relatieve pijpweerstanden redelijk te schatten zijn; moeilijker is dit voor den weerstand van de lucht in de vuurlaag, wanneer de voor de toegepaste brandstofsoort typische stookdikte — afhankelijk van het kenmerkende verloop van het plastisch worden, smelten, bakken en uiteenvallen van de steenkool gedurende

het verbrandingsproces — onbekend is. Er blijft altijd een goed inzicht in deze materie vereischt tot het trekken van zoo juist mogelijke conclusies.

Nu is reeds bij vele der klassieke onderzoekingen, als belangrijkste karakteristiek, de betrekking tusschen het rookkastvacuum en den exhausttegendruk vastgelegd. Tegenwoordig wordt deze werkwijze ook meer algemeen bij practijkproeven gevolgd. Een onderlinge vergelijking van deze karakteristieken is meestal onmogelijk, — wanneer tenminste de tegendruk of het vacuum in geen enkel ander verband gegeven zijn —, omdat in de publicaties zelden de diameter van de exhaustpijp vermeld wordt.

Bij de bespreking van het beginsel werd al op de verhouding tusschen den vrijen doorlaat van het mondstuk en het oppervlak van de exhaustpijp gewezen. Hier is deze opmerking nog in zooverre uit te werken, dat aangenomen wordt, dat de meting van den tegendruk werkelijk in de exhaustpijp geschiedde; was de meetplaats bijvoorbeeld ergens in het exhaustmondstuk of in het spruit- of kniestuk van de pijp aanwezig, dan is het oppervlak van de doorsnede op deze plaats maatgevend. Alleen bij het bekend zijn van de genoemde doorlaatverhouding is het mogelijk, met behulp van een uitstroomingsformule, de hoeveelheid exhauststoom uit de tegendruklijn van de beschouwde karakteristiek te berekenen en dus de betrekking tusschen het vacuum en de stoomproductie van den ketel af te leiden.

Tevoren werd aangetoond, dat het vacuum toch altijd als vergelijkingsbasis slechts een beperkte waarde heeft. De reëele functie van de rookkastonderdeelen is dan ook niet om vacuum te produceeren, doch om zeer bepaalde hoeveelheden verbrandingsgassen door den schoorsteen af te voeren. Het eigenlijke rendement van de exhaustwerking ware daarom juister te meten als de verhouding tusschen de hoeveelheden aangezogen rookgassen en exhauststoom. Het zal duidelijk zijn, dat dit bij lijnproeven niet exact doenbaar is, namelijk alleen schattenderwijze op grond van bekende verbrandingssnelheden en rookgasanalysen voor nauwkeurig geanalyseerde brandstofsoorten. In hoeverre het rendement in genoemden zin bij laboratoriumproeven vastgesteld werd, zal uit het historisch overzicht blijken.

## II. Historisch overzicht der exhaust-onderzoekingen.

Een eenigszins uitvoerig te geven historisch overzicht der tot heden elders verrichte onderzoekingen, zal bij kunnen dragen tot een beter begrip van de taak, welke het Indische proefbureau momenteel onderhanden heeft.

Dit bureau hoopt namelijk in de vijfjarige periode van 1933 tot 1938 alle hiervoor in aanmerking komende S.S.-locomotieven, met volgens de nieuwste inzichten in deze materie voor bepaalde typen uitgesproken ongunstige exhaust-schoorsteenverhoudingen, van ingrijpende verbeteringen in de rookkastconstructie te voorzien. Deze schoorsteenproeven worden tevens benut om door een verlenging van de vuurbruggen de meest effectieve vlamverbranding en een zoo hoog mogelijke oververhitting van den stoom na te streven, terwijl zij verder eenige uitbreiding ondergaan om de voor den lijndienst onmisbare locomotiefkarakteristieken empirisch vast te stellen. Na afwerking van het geheele programma zal daarmede een besparing van gemiddeld 15—20% of globaal *f* 400 000,— per jaar op de brandstofpost van de S. S. bereikt worden en daarnaast het grensvermogen van de locomotieven belangrijk opgevoerd zijn.

Als eerste onderzoekers zijn te noemen: *Comte de Pambour, Le Chatelier, Polonceau* en *Clark*. Vooral de arbeid van Clark was uitgebreid en systematisch; diens conclusies zouden later door Troske aangehaald worden. Deze zijn echter niet meer van actueel belang.

*Zeuner.* — In 1863 verschenen publicaties van Zeuner over door hem verrichte uitvoerige experimenten met een verkleind rookkastmodel. Zijn, als rookkast fungeerende, verticale tank was voorzien van meerdere luchtopeningen, welke naar wensch te sluiten waren om uiteenloopende ketelweerstanden te imiteeren. Als media gebruikte hij geknepen stoom en atmosferische lucht. Overgelegd werden tabellen en krommen, welke de betrekking tusschen den exhaustdruk en het rookkastvacuum weergaven voor twee mondstukken, vijf cilindrische schoorsteenen met variabele lengte en vijf verschillende waarden van luchtopening.

O.m. bleek uit een vergelijking van voorloopige proefresultaten met een kleiner model, met die verkregen met het definitieve apparaat, dat het volume van de rookkast slechts weinig invloed heeft. Verder waren Zeuner's belangrijkste conclusies, dat voor een bepaalde luchtopening, d.i. ketelweerstand, het vacuum vrijwel lineair met den exhaustdruk opliep en eveneens beïnvloed werd door de verhouding van schoorsteen- tot exhaustdoorsnede, hoewel in geringere mate; voor elke luchtopening was een gunstigste waarde van deze laatste verhouding aanwezig.

In 1870 verschenen aanvullende beschouwingen van Zeuner over conische schoorsteenen. Dit betoog was zuiver theoretisch; enkele der belangrijkste gevolgtrekkingen zouden later door de onderzoekingen van von Borries weerlegd worden.

De door Zeuner opgestelde exhausttheorie is door Strahl als volgt in woorden gebracht:

> De in de rookkast uitstroomende stoom sleurt de omliggende rookgassen door wrijving en menging met zich mede en voert deze, tegen den relatieven overdruk van de buitenlucht, door den schoorsteen af. De hiervoor benoodigde arbeid volgt uit het verschil tusschen de stroomingsenergie van den stoom bij het verlaten van het exhaustmondstuk en van het stoom- en rookgasmengsel aan de schoorsteenopening. Op deze manier wordt een gedeelte van de in den afgewerkten stoom aanwezige kinetische energie productief gemaakt. Wanneer tusschen exhaust- en schoorsteenmond geen verliezen optraden, dan zou genoemd energieverschil geheel in nuttigen arbeid omgezet worden.

Bij eenzelfde verbranding en eenzelfde stoomverbruik per seconde wordt de exhaust-energie of ook -tegendruk des te grooter, moet dus het mondstuk des te nauwer zijn, naarmate de schoorsteenopening kleiner is, omdat het energieverlies van het stoom- en rookgasmengsel aan diens mond daarbij grooter wordt. Nauwe schoorsteenen vereischen nauwe exhaust-mondstukken, gepaard gaande met een soms belangrijk energieverbruik ten koste van het machinevermogen, zooals bij menig experiment gebleken is.

Door den plotselingen overgang van den stoom uit het mondstuk in den belangrijk ruimeren schoorsteen treedt een stootverlies op, overeenkomende met het stootverlies van Carnot uit de hydraulica, dat des te grooter zal zijn naarmate de schoorsteen ruimer is. Was dus een groote schoorsteen voordeelig in verband met hooger genoemd uittredeverlies, zoo zal deze het stootverlies in de keel ongunstig beinvloeden. Vandaar dat een vernauwing van den schoorsteen in den inloop nuttig is. Hierop berust de betere werking van tapsche schoorsteenen.

Toch is de coniciteit van de schoorsteenen aan grenzen gebonden. In de eerste plaats mag de stoomstraal den schoorsteenmantel naar boven toe niet loslaten, omdat dan de om den rand van buiten instroomende lucht de zuigwerking door wervelingen zou benadeelen of zelfs te niet kunnen doen. In de tweede plaats ontstaat een zeker verlies daardoor, dat de rookgassen, welke uit de pijpen in de volumineuse rookkast stroomen en hier practisch tot rust komen, door den stoomstraal weer plotseling versneld moeten worden. Dit verlies zal des te grooter zijn naarmate de schoorsteen nauwer in de keel is.

Hieruit volgt, dat noch de beste cylindrische, noch de beste conische schoorsteen te nauw of te ruim mag zijn. Altijd echter zijn de verliezen in den tapschen schoorsteen kleiner dan in den rechten, zoodat het exhaustmondstuk in het eerste geval voor gelijke ketelbelastingen een grooteren vrijen doorlaat kan bezitten. Alleen hierin bestaat het voordeel van de konische schoorsteenen en niet daarin, dat deze meer rookgassen zouden aanzuigen, want met elken schoorsteen kan men door een passende vernauwing van het exhaustmondstuk de voor de vereischte verbranding benoodigde hoeveelheid lucht doortrekken. De ruimere exhaust bij de conische schoorsteenen gaat echter gepaard met een kleineren exhaustdruk, dus ook een geringeren tegendruk op de zuigers, waarmede een verhooging van het machinerendement en een verlaging van het stoom- en kolenverbruik verkregen wordt.

*Nozo en Geoffroy.* — Kort na de eerste publicaties van Zeuner verscheen in 1864 een uitvoerig rapport over de onderzoekingen van Nozo en Geoffroy. Het door hen gebruikte apparaat vertoonde veel overeenstemming met dat van Zeuner. Alleen werden in de plaats van atmosferische lucht de verbrandingsgassen uit de rookkast van een locomotief aangezogen, waarvan de temperatuur ca. 165° C bedroeg. De exhaustdruk werd gemeten in een reservoir, waarin de stoom als in rust beschouwd kon worden, en de hoeveelheid stoom werd berekend aan de hand van een eenvoudige uitstroomformule. Later zou Legein een tekortkoming van deze formule verifieeren. De hoeveelheid aangezogen rookgassen werd gemeten met behulp van een anemometer.

De experimenten van Nozo en Geoffroy waren veelomvattender dan die van Zeuner. In totaal werden door hen een groot aantal combinaties onderzocht tusschen vier mondstukken, tien cylindrische schoorsteenen met lengten gelijk aan achtmaal hun middellijn en vier verschillende waarden van luchtopening of gasdoorlaat. De conclusies, waartoe zij kwamen, dekten in hoofdzaak die van Zeuner.

Bovendien verifieerden Nozo en Geoffroy hun uitkomsten door proeven op rijdende locomotieven. Zij gebruikten hierbij zeven uiteenloopende schoorsteenen met een lengte van 1 900 mm, welker resultaten alleen beoordeeld werden naar het bereikte vacuum.

*Prüsmann.* — Omstreeks denzelfden tijd experimenteerde Prüsmann met kleine proefapparaten; publicatie in 1865. Zijn meetmethoden waren vrij onnauwkeurig, zoodat een behandeling van de verkregen uitkomsten hier gevoegelijk buiten bespreking kan blijven. Door een toevalligheid kwam hij tot den kegelvormigen schoorsteen. Jammer genoeg kende Zeuner in 1870 den arbeid van Prüsmann nog niet, waardoor in diens laatste bijdrage de invloed van den afstand van het exhaustmondstuk tot de nauwste schoorsteendoorsnede en die van de schoorsteenhoogte onbehandeld bleven.

*Grove.* — In 1875 stelde Grove zijn theorie op en kwam tot dezelfde formules als Zeuner. Hij nam hierbij wél den invloed van den afstand van het mondstuk tot de keel van den conischen schoorsteen in aanmerking. Zijn formules leverden voor de toenmalige locomotieven met kleine roosteroppervlakken bruikbare waarden op; de ingevoerde coëfficiënten gingen echter spoedig niet meer op voor grootere roosters.

Tegen het einde der 19de eeuw brak dan ook in Europa de tijd aan, dat de grootere ketelafmetingen afwijkende schoorsteenvormen gingen eischen. Men werd verplicht tot het verrichten van meer practische onderzoekingen. Menige nieuwere locomotief zou met de ontworpen rookkastverhoudingen een zeer slechte stoomvormer blijken te zijn.

*Von Borries, Troske, e.a.* — Op instigatie van von Borries ging men bij de Pruisische spoorwegen over tot het nemen van monumentale proefnemingen en wel een eerste serie over het tijdvak 1892-95, welke door Troske werden uitgevoerd; hierover verschenen uitvoerige mededeelingen in 1895-'96. Gebruik werd gemaakt van een toestel, waarop allerlei vormen van schoorsteenen op ware

locomotiefgrootte werden onderzocht. Als rookkast fungeerde een ronde tank met verticale as, op welke achttien uiteenloopende cilindrische en konische schoorsteenen gemonteerd konden worden, die in afdeelingen waren opgebouwd, zoodanig dat elk in vier lengten te onderzoeken was. Gebezigd werden vijf exhaustmondstukken van verschillende afmetingen. De afstand tusschen het mondstuk en den schoorsteenvoet was binnen ruime grenzen variabel door verstelling van het mondstuk en het plaatsen van ringen tusschen den schoorsteenvoet en de rookkast. De laatste werkwijze beïnvloedde sterk den vorm van den schoorsteeninloop, zoodat de op de verschillende exhauststanden gebaseerde conclusies met voorbehoud aanvaard moeten worden, te meer waar nergens indicaties gegeven zijn, welke van beide methoden van instelling reëel toegepast werd.

Hoofdzakelijk werd geëxperimenteerd met een constanten stoomstraal; de druk in de exhaustpijp hield men daarbij op 100 mm kwik. Alleen gedurende de inleidende proeven varieerde men dezen druk tusschen 0 en 100 mm om de betrekking tusschen het vacuum en den tegendruk vast te stellen. Aangezogen werd atmosferische lucht door regelbare openingen.

De belangrijkste conclusies waren: — dat het vacuum in rechte reden met den exhaustdruk toeneemt (reeds door Zeuner gevonden); — dat voor elken schoorsteenvorm het vacuum geleidelijk met den exhaustafstand toeneemt, een maximum bereikt en dan sneller daalt; de konische schoorsteenen zijn echter veel gevoeliger voor de gunstigste instelling van het mondstuk dan de cylindrische; — dat te sterk conische schoorsteenen, tot 1 : 6, bij zwaardere belasting van de locomotief een stootende zuigwerking opleveren; — dat slechts het bovenste gedeelte van den schoorsteen werkzaam is.

Verder vormden von Borries en Troske zich op grond der zeer uitgebreide proefnemingen een voorstelling van den vorm van den stoomstraal. O.m. achtte von Borries de toepassing van smalle wiggen in het mondstuk doelmatig bij te ruime schoorsteenen, om zonder lager plaatsing toch een goede schoorsteenvulling te verwerkelijken.

Bij het onderzoek op de rijdende locomotieven, deels door von Borries persoonlijk uitgevoerd, deden zich afwijkingen van de standproeven voor. Deze werden, behalve aan inwerkingen van de varieerende vuurdikte, o.m. toegeschreven aan den invloed van kniebuizen in de stoomleiding dicht onder het mondstuk. Uit voortgezette experimenten in 1896 met de proefinstallatie viel dan ook te concludeeren, dat deze laatste een iets grootere spreiding van den stoomstraal geven.

Als eindresultaat kwam von Borries tot eenvoudige formules voor het ontwerpen van nieuwe schoorsteenen en den stand en afmetingen van de exhaustmondstukken.

In de negentiger jaren is eveneens in Amerika ernstig gestreefd naar een oplossing van het exhaustprobleem. In 1895 verscheen een verhandeling van *Deems* over den vorm van den stoomstraal.

*Goss.* — In 1896 werd door de A. R. M. M. A. een breed opgezet onderzoek ingesteld, een gedeelte waarvan Goss aan de Purdue-universiteit uitvoerde. Doel van Goss' experimenten was om den vorm van den stoomstraal vast te stellen en verder om de afhankelijkheid der exhaustwerking van de plaatsing van het mondstuk en van den vorm van den schoorsteen te bepalen. De achtereenvolgens bereikte resultaten werden in 1895, 1903 en '06 gepubliceerd. Een samenvatting van het zich over meerdere jaren uitstrekkende onderzoek is te vinden in het in 1911 uitgegeven boek van Goss.

Goss experimenteerde met een in den proefstand te Purdue opgestelde locomotief met lagen ketel en langen buitenschoorsteen (lengte 1 430 mm). Om de moeilijkheid van een met vaste brandstof bijwijlen sterk varieerende stookdikte te ontgaan, werd de vuurkist van de proeflocomotief voor residustoken ingericht en tevens zorg gedragen, dat de luchtopeningen niet veranderden. De ketelweerstand bleef op deze wijze voor alle proeven constant, zoodat het rookkastvacuum een zuivere vergelijkingsbasis was.

Gedurende de eerste serie proeven werd de invloed van vorm en hoogte van het mondstuk onderzocht en tijdens de tweede serie vorm en lengte van den schoorsteen, waarbij geëxperimenteerd werd met acht verschillende cylindrische en conische schoorsteenen, elk van vier uiteenloopende lengten en met varieerende convergentie van den inloop, en tevens met zeven verschillende exhauststanden.

De vorm van den stoomstraal in de rookkast werd geëxploreerd met behulp van een stel horizontale pijpjes met naar beneden omgebogen, toegespitste einden, welke in den stoomstraal geschoven konden worden. Op buiten de rookkast aanwezige schaalverdeelingen was hun stand t.o.v. het hart van den schoorsteen af te lezen. Zij waren verder aangesloten op met kwik gevulde U-buizen; uit de aflezingen van deze laatste konden de stoomsnelheden in den straal afgeleid worden. De grens van den straal werd waargenomen door een plotselingen afval van snelheidsdruk op rookkastvacuum. Tevens waren drie doorboringen in den schoorsteen aangebracht, welke op water-vacuummeters aangesloten werden om het vacuumverloop langs den schoorsteenwand te bepalen (de laatste werkwijze werd ook in Indië toegepast bij de schoorsteenproeven met loc. No. 1323).

Aan te teekenen valt, dat de proeven van von Borries grooten invloed op het systeem van werken van Goss gehad hebben.

Als resultaten van Goss kunnen vermeld worden: — het exhaustrendement is practisch onafhankelijk van het aantal impulsies in den stoomstraal, d.i. van het aantal omwentelingen van de machine, mits de hoeveelheid uitstroomenden stoom maar dezelfde blijft; — onder normale omstandigheden vult de stoomstraal slechts het bovenste schoorsteengedeelte, d.i. door verandering van den schoorsteenmiddellijn wijzigt zich tevens de straalvorm, binnen zekere grenzen; — bruikbaar zijn zoowel cylindrische als conische schoorsteenen, hoewel de voorkeur aan de laatste is te geven; — het gunstigste rendement wordt bereikt met de langste schoorsteenen en de laagste exhaustmondstukken, waarbij met een toe-

name van de schoorsteenhoogte de middellijn eveneens vergroot moet worden, omdat er een bepaalde gunstigste coniciteit van den stoomstraal aanwezig is.

Later werd een derde serie experimenten uitgevoerd met een grootere locomotief met hooger gelegen ketel en veel korteren buitenschoorsteen (lengte 735 mm). Van zes beproefde tapsche schoorsteenen (coniciteit 1 : 6) met verschillenden diameter, was een viertal van drie uiteenloopende verlengingen in de rookkast te voorzien. Het exhaustmondstuk bleef ongewijzigd. De verdienste van elken schoorsteenvorm werd beoordeeld naar het vacuum, dat met een tegendruk van 0,25 at werd bereikt. Met het beneden het hart van den ketel geplaatste mondstuk werd het beste resultaat verkregen voor een bepaalden schoorsteen van 1 350 mm totale lengte, inclusief een ruimen inloop. Tevens werd het effect van afzonderlijke, indertijd in Amerika veelvuldig toegepaste binnenschoorsteenen („petticoats") gecombineerd met een korten buitenschoorsteen, onderzocht en geconcludeerd, dat deze nooit dezelfde goede uitkomsten opleveren als een enkele schoorsteen met voldoende verlenging in de rookkast. Zij hebben alleen zin bij te nauwen, hooggeplaatsten schoorsteen.

Op grond van Goss' proeven werd in een commissoriaal rapport een standaardmodel van rookkast aanbevolen, dat langen tijd in Amerika invloed op het ontwerp van de nieuwe locomotieven zou uitoefenen, hoewel geleidelijk, o.m. door het later algemeen in toepassing komen van de oververhitters, belangrijke wijzigingen noodzakelijk bleken. Gevoeld werd, dat de formules, gebaseerd op de onderzoekingen van een bepaald type van locomotief en een zeker soort brandstof, niet bruikbaar bleven voor veel grootere machines met somtijds geheel veranderde ketelverhoudingen.

Ook von Borries wijzigde reeds in 1904, in verband met voortgezette experimenten op de Pruisische locomotieven en mede naar aanleiding van Goss' proeven, zijn eerder overgelegde formules. Op deze betrekkelijke bruikbaarheid van empirische berekeningsgrondslagen wordt in de samenvatting nader teruggekomen.

*Quereau en Sauvage.* — In 1900 bracht Quereau, in samenwerking met Sauvage, een rapport uit voor het Internationaal Spoorweg Congres en gaf daarbij een kritisch overzicht van de in de negentiger jaren verrichte experimenten, o.m. van von Borries en Goss. Sauvage leverde een uitvoerige bijdrage over de, vooral bij de Fransche locomotieven veelvuldig toegepaste, verstelbare exhaustmondstukken en andere regelmethoden.

*Symington.* — In 1903 verscheen een publicatie van Symington over met groote zorg uitgevoerde proefnemingen met een kwart-model van de essentieele rookkastdeelen. Als media gebruikte hij atmosferische lucht en stoom, de laatste met continue of pulseerende uitstrooming met tegendrukken tot ruim 4 at. Verschillende schoorsteenvormen werden onderzocht; het mondstuk was verstelbaar om den afstand hiervan tot den schoorsteeninloop te kunnen varieeren. Symington kwam tot eenige conclusies, welke gelijkluidend waren aan die zijner voorgangers; daarentegen zijn er andere aanvechtbaar, omdat deze gebaseerd waren op abnormaal hooge exhaustdrukken.

In verband met hun belangrijkheid mogen hier toch enkele van Symington's gevolgtrekkingen met betrekking tot den afstand tusschen het mondstuk en den schoorsteenvoet afzonderlijk vermeld worden. Met de cylindrische schoorsteenen en die met een kleine coniciteit tot 1 : 30 nam het vacuum onbelangrijk toe bij een vergrooting van genoemden afstand tot 400 à 500 mm (in feite bij de modelproeven 1/4 van deze waarden), waarna een merkbare afname van het vacuum werd waargenomen. Met de sterker conische schoorsteenen van 1 : 10 tot 1 : 15 groeide het vacuum geleidelijk aan bij een verlaging van het mondstuk tot ca. 500 mm; de exhaustwerking was uitgesproken gunstig; bij verdere vergrooting van den afstand viel het vacuum weer af. De beste en gelijkwaardige resultaten werden bereikt met een bepaalden stand van het mondstuk met 125 mm diameter en twee verschillende schoorsteenen met een keelmiddellijn van 350 mm; de eene bezat een coniciteit van 1 : 30 en een lengte van 1 925 mm, de andere resp. van 1 : 14 en van 1 500 mm. Waren beide schoorsteenen even lang geweest, dan zou met den sterker conischen schoorsteen verreweg de gunstigste exhaustwerking verkregen zijn.

*Huygen.* — In 1907 promoveerde Huygen in Delft op een proefschrift over de exhaustwerking. Hij gaf hierin, behalve een kritisch overzicht van hooger genoemde bijdragen, een beschrijving van verrichte eigen onderzoekingen met loc. No. 417 der Hollandsche S. S. met een roosteroppervlak van 2,2 $m^2$. De proeven werden uitgevoerd in de Centrale Werkplaats te Zwolle. De locomotief was zeer stevig opgesteld en om toch met discontinuen stoomstraal te kunnen werken, d.i. met draaiende machine, werd een reminrichting op de vrij boven de rails hangende drijfas aangebracht. Geëxperimenteerd werd met een op de lage rookkast geplaatsten cylindrischen en conischen schoorsteen (coniciteit 1 : 10) van ruim 1 100 mm lengte, welke daarna 400 mm verkort werd en tenslotte met een zeer lagen schoorsteen. De proeven werden grootendeels met eenzelfde hooggeplaatst en ruim mondstuk uitgevoerd. Als bijzondere onderzoekingen zijn dan nog te vermelden die met een ringvormige monding van de exhaustpijp en met een vernauwd cirkelvormig mondstuk, om den invloed hiervan op den vorm van den stoomstraal na te gaan.

De stoomstraal werd zoowel in de rookkast als in den schoorsteen van plaats tot plaats geëxploreerd met behulp van een thermo-element, een gassnelheids- en een statischen-druk-meter en wel door een heele serie boven elkaar geboorde openingen in de rookkastdeur en den schoorsteenwand. De drie meetinstrumenten waren in elke opening horizontaal over den vollen middellijn van den schoorsteen te verschuiven; op een schaalverdeeling was de afstand uit het hart van den stoomstraal afleesbaar. De ingenieuse statischen-druk-

meter bestond uit een bolletje, dat van een paar fijne doorboringen voorzien was op den breedtecirkel, welke de eigenschap van ongevoeligheid voor de dynamische werking in een homogenen gasstroom bezat. De miswijzing door onnauwkeurigheden in de afwerking werd door ijking bepaald.

Gedurende voorloopige experimenten liet Huygen de machine licht tot zwaar belast draaien, waarbij tegendrukken tot 60 mm kwik en vacua tot 40 mm water optraden. Het verband tusschen de beide laatste bleek weer vrijwel lineair te zijn. De exhaustpijpdruk had geen invloed op den straalvorm. Herhaling der proeven met continuen straal, uitgevoerd met afgenomen stoomschuiven en regeling van den tegendruk door meer of minder knijpen van den regulateur, leverde practisch volkomen gelijkwaardige uitkomsten op.

De eigenlijke metingen werden toch met de draaiende machine verricht om een aanvulling op de standproeven van von Borries en Troske te geven. Alleen belastte Huygen verder de machine licht, waarbij de tegendruk in de buurt van 25 mm werd gehouden. Met den langen conischen schoorsteen, — welks gemiddelde diameter ongeveer gelijk was aan dien van den cylindrischen —, én den langen cylindrischen schoorsteen werden vrijwel gelijke vacua gehaald; met den korten rechten schoorsteen daalde de luchtverdunning belangrijk en met den korten tapschen slechts weinig; door den laatsten ruim 400 mm lager te plaatsen, dus gedeeltelijk in de rookkast te brengen, viel het vacuum zeer sterk. De vernauwing van het exhaust-mondstuk leverde practisch geen verandering van den hoek van uitstrooming van den stoomstraal op.

*Strahl.* — In het eerste decennium van deze eeuw maakte Strahl een aanvang met zijn buitengewoon grondige onderzoekingen (von Borries † 1906). Hij nam de langzamerhand in vergetelheid geraakte theorie van Zeuner weer op. Dat diens bijdrage zoo weinig toepassing vond, weet Strahl aan het feit, dat het proefmateriaal ontbrak in een vorm, welke het mogelijk had kunnen maken om voor de latere exhaust-schoorsteenverhoudingen de juiste coëfficiënten in Zeuner's formules vast te leggen.

In de eerste plaats was het noodig om de door Zeuner voor zijn tijd redelijk geschatte ketelweerstanden zeer nauwkeurig voor de nieuwere ketelconstructies te bepalen. Met dit doel verrichtte Strahl tusschen 1905 en '08 een uitgebreide serie proeven met verschillende, zoowel rijdende als vast opgestelde locomotieven. In de tweede plaats had Zeuner uit diens experimenten de conclusie getrokken, dat de schoorsteenlengte geen merkbaren invloed op de exhaustwerking uitoefende; het latere onderzoek van Goss was hiermede in tegenspraak. Tevens gaf de klassieke theorie geen uitsluitsel over den juisten exhaust-stand. In de negentiende eeuw waren dit nog geen problemen, omdat toen de schoorsteenen lang t.o.v. hun middellijn waren en een verandering van de instelling der hoog gelegen, d.i. dicht onder den schoorsteen geplaatste exhausten er hierbij weinig toe deed. Deze instelling zou echter bij de nieuwe kortere schoorsteenen en de lager gemonteerde mondstukken een groote rol gaan spelen. Om deze kwesties tot oplossing te brengen onderzocht Strahl van af 1908 op meerdere locomotieven den invloed van verschillende schoorsteenvormen en uiteenloopende instellingen van de stoompijpmonding op het exhaustrendement.

De resultaten van zijn onderzoekingen werden in 1911-'13 door Strahl gepubliceerd. Hij slaagde er in om een zoodanige uitbreiding aan de oude theorie van Zeuner te geven, dat nieuwe formules en coëfficiënten gevonden werden, die toegepast op het groote aantal door hem beproefde moderne machines tot een belangrijke verbetering van de exhaustwerking leidden. De wijzigingen kwamen neer op een lagere plaatsing van het mondstuk en een verruiming van den schoorsteen. Op theoretische gronden konden maximale waarden voor deze veranderingen vastgesteld worden, waarmede het gunstigst mogelijke exhaustrendement te bereiken viel. In verband met de beperkingen door de beschikbare bouwhoogte waren deze maxima echter niet altijd te verwerkelijken.

Strahl stelde, in navolging van Zeuner, een eenvoudige vergelijking op voor het nuttig effect van de exhaustwerking en wel uitgedrukt in de verhouding tusschen de hoeveelheden aangezogen rookgassen en uitstroomenden stoom. Voor de meeste locomotieven werden deze hoeveelheden ook reëel gemeten bij vaste opstelling der betreffende ketels. Hiervoor plaatste men in de luchtopening van den aschbak een pneumometer van Krell; uit de aanwijzingen hiervan werden de snelheid en dus tevens de hoeveelheid van de aangezogen verbrandingslucht afgeleid. Verder voerde men een serie rookgasanalyses uit en bepaalde men na afloop van de proef, voor het bekende gewicht verstookte brandstof, het percentage onverbrande koolstof in de aschbak- en rookkastresten. Met behulp van deze gegevens kon de hoeveelheid door den schoorsteen afgevoerde rookgassen nauwkeurig berekend worden, terwijl de hoeveelheid exhauststoom bekend was uit de gemeten stoomproductie van den ketel. Tenslotte werden de theoretische betrekkingen tusschen de andere ketelgrootheden geverifieerd aan de hand van aanvullende metingen, o.m. van de vacua en den tegendruk.

De door Strahl ontwikkelde normen zouden een blijvenden invloed op de Duitsche locomotiefconstructies uitoefenen, al bleken ook hiervoor geleidelijk met de sterk groeiende ketelafmetingen restricties noodzakelijk te worden.

*Gairns e.a.* — Tusschen 1917 en '18 verschenen bijdragen over de exhaust-schoorsteenconstructie van de hand van Gairns e.a. De hierin vervatte informaties waren niet gebaseerd op bijzondere speciaal voor dit doel verrichte onderzoekingen, doch werden gecompileerd uit een groot aantal den schrijvers ten dienste staande uitkomsten van prac-

tische beproevingen. Voor dit historisch overzicht zijn deze mededeelingen dan ook van weinig belang, omdat zij geen nieuwe gezichtspunten openden. De bijdragen bevatten echter voor de practijk waardevolle gegevens en hebben een grooten invloed op de Engelsche ketelconstructies gehad.

*Legein.* — In dit verband zijn wel van belang de in 1920 gepubliceerde onderzoekingen van Legein. Hij leverde een interessante mathematische analyse van de exhaustwerking, welke hij verifieerde aan de hand van de door Nozo en Geoffroy verkregen meet-resultaten. Voor de moderne locomotieven werd het eveneens door Legein als een bezwaar gevoeld, dat de klassieke studies van beide genoemden en Zeuner geen uitsluitsel gaven over de schoorsteenlengte en den afstand tusschen het mondstuk en den schoorsteenvoet. Strahl had later wel een besliste uitspraak gedaan over de uiterste standen, waarbinnen het mondstuk t.o.v. den schoonsteen moet staan, doch was tot geen bepaalde conclusie gekomen wat betreft de gunstigste schoorsteenlengte.

Om eenige opheldering in dit probleem te brengen voerde Legein eigen onderzoekingen uit met een kristallen ballon, omdat hij in het bijzonder den vorm van den stoomstraal wilde waarnemen. Het exhaustpijpje en de schoorsteen, beide van cylindrisch glas en in verschillende afmetingen, waren door stoppen resp. beneden en boven in den bol verschuifbaar aan te brengen. Verder was de wand van enkele doorboringen voorzien, die naar wensch af te sluiten waren en als luchtopeningen fungeerden. In de plaats van stoom werd druklucht toegepast, welke in een voorgeschakeld reservoir op constante spanning werd gehouden en door tabaksrook gekleurd was; aangezogen werd atmosferische lucht. Het voordeel van dit aanwenden van gelijksoortige media is, dat geen condensatie optreedt en ook de gelijke dichtheid van beide meer in overeenstemming is met den toestand in den schoorsteen van een locomotief, waarin eveneens de stoom en de rookgassen van ongeveer gelijke dichtheid zijn.

Legein trok uit zijn proefresultaten de volgende conclusies: voor groote schoorsteenlengten blijft het vacuum practisch constant bij vergrooting van den afstand tusschen het mondstuk en den schoorsteenvoet, totdat een punt bereikt wordt, waarna het vacuum geleidelijk vermindert; deze reductie treedt op van af het oogenblik, dat de volle stoomstraal niet meer in zijn geheel den schoorsteen binnenstroomt; — dat de afname van het vacuum daarna slechts zeer langzaam verloopt, geeft een aanwijzing, dat de randzônes van den straal minder werkzaam zijn dan de kern; — voor zeer korte schoorsteenen moet het mondstuk op een nauwkeurig bepaalden afstand van den inloop liggen om het hoogst mogelijke vacuum te trekken; deze afstand is onafhankelijk van de waarde der ketelweerstanden.

Uit de door Legein overgelegde karakteristieken volgt verder, dat voor de moderne locomotieven door een verlenging van den schoorsteen naar boven of beneden, het laatste in het bijzonder bij een kleine beschikbare bouwhoogte, een merkbare verbetering van het vacuum bereikt wordt.

Genoemde conclusies gelden voor de beproefde cylindrische schoorsteenen. Legein reproduceerde daarnaast tevens enkele karakteristieken van von Borries, uit welke blijkt, dat door een vernauwing van den schoorsteen in de keel, bij behoud van de gunstigste mondingsopening, het vacuum veel markanter op te voeren is. Dit geeft een aanwijzing, dat de conische schoorsteenen nog gevoeliger zijn voor een effect-verbetering door een verlenging naar beneden, in verband met de hiermede gepaard gaande meerdere keelvernauwing (o.m. door de Indische proeven met loc. No. 1323 bevestigd).

De door Legein ontwikkelde formules geven een bruikbaren berekeningsgrondslag voor het ontwerpen van exhaust-schoorsteenuitvoeringen en vinden bij de Belgische spoorwegen toepassing. Tenslotte beval hij op grond van theoretische beschouwingen het gebruik aan van een of meer binnenschoorsteenen; deze bijdrage heeft eenigen invloed gehad op het in zwang komen van deze „ajutages"( Am. „petticoat") bij de Fransche spoorwegen (Chapelon).

*Giesl-Gieslingen.* — In 1924-'28 verscheen een serie artikelen van Giesl-Gieslingen. Uitgaande van de proeven van Huygen bouwde hij een mathematische theorie over de exhaustwerking op. De overgelegde energievergelijking vertoonde veel overeenkomst met die van Zeuner en Strahl. Alleen vormde Giesl-Gieslingen deze in een beknoptere eindformule om. Bij toepassing van zijn formule is daardoor een schatting van enkele grootheden noodzakelijk; o.m. voor het vacuum kan dit redelijk nauwkeurig geschieden en heeft dit het voordeel, dat een berekening van de ketelweerstanden onnoodig wordt. Deze laatste door Strahl gevolgde werkwijze blijft ook benaderend in zooverre, dat men zich steeds bewust moet zijn, dat daarbij coëfficiënten ingevoerd worden, die gebaseerd zijn op experimenten met bepaalde ketelverhoudingen. In het algemeen ziet men bij de oogenschijnlijk grootere exactheid van een ingewikkeldere exhaust-theorie haar betrekkelijke waarde wel eens over het hoofd.

Giesl-Gieslingen toetste zijn berekeningsmethode aan het uitgebreide, door Sanzin († 1922) bij diens monumentale locomotiefonderzoekingen verzamelde proefmateriaal en kon op grond hiervan den te volgen weg aangeven om tot de gunstigste verhoudingen te komen. In laatste instantie zal dan uit practijkproeven moeten blijken of de vrije doorlaat van het exhaustmondstuk mogelijk nog kleine veranderingen moet ondergaan, — iets, waaraan men bij de toepassing van geen enkele exhaustformule ontkomt. Giesl-Gieslingen's arbeid werd met succes verwerkt bij de nieuwste Oostenrijksche locomotieven.

*Chapelon.* — In de twintiger jaren zou het exhaustprobleem ook in Frankrijk ernstig aangevat worden. Over de bereikte resultaten verschenen in

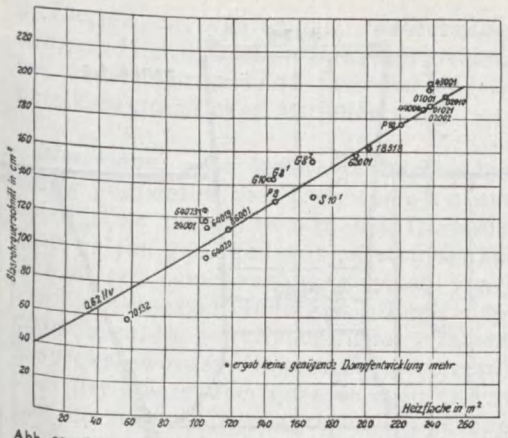



Abb. 23. Blasrohrquerschnitt in Abhängigkeit von der Heizfläche.

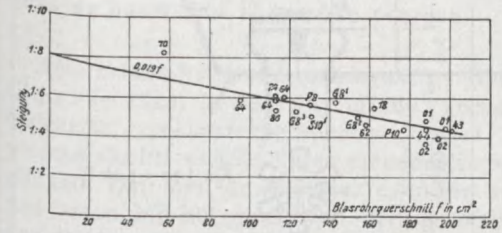



Abb. 24. Steigung des größtmöglichsten Dampfkegels (Blasrohraustritt bis Schornsteinmündung) in Abhängigkeit vom Blasrohrquerschnittf, St. $= \frac{1}{\quad}$.

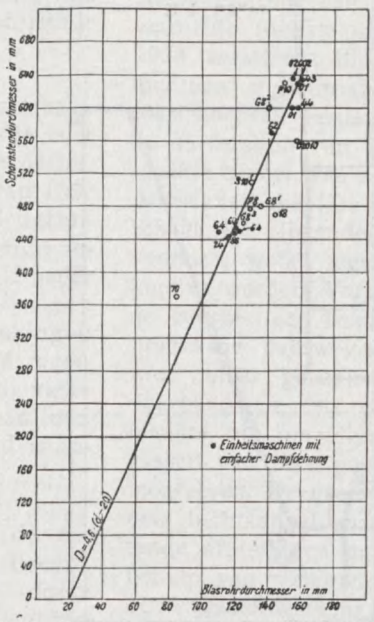


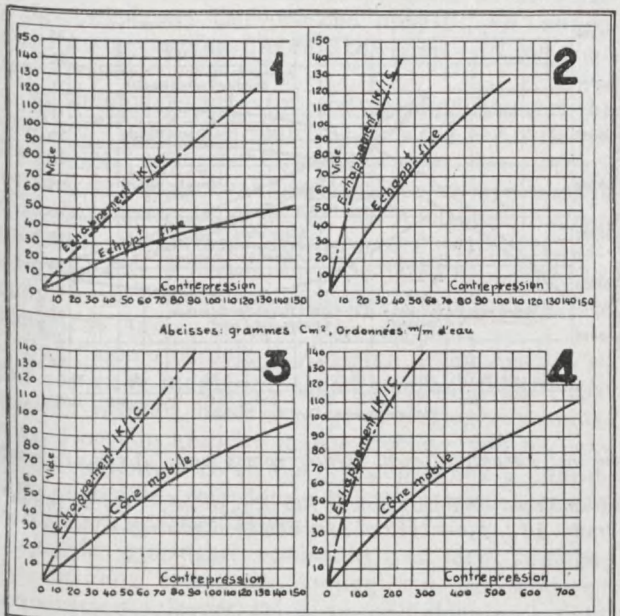

Abb. 26. Schornsteindurchmesser in Abhängigkeit vom Blasrohrdurchmesser.

*Fig. 1. Algemeene karakteristieken van beproefde Duitsche exhaust-schoorsteenconstructies. Overgenomen van N o r d m a n n, z e literatuur.*

1928 gedetailleerde mededeelingen van de hand van C h a p e l o n, die de leiding van het breed opgezette onderzoek had. Uit het overgelegde proefmateriaal blijkt, dat markante besparingen werden bereikt met de aangebrachte wijzigingen t.o.v. de oude, soms uitgesproken ongunstige rookkastverhoudingen. Met deze laatste konden bijwijlen slechts zeer beperkte grensvacua worden gehaald, als gevolg waarvan het locomotiefvermogen sterk gelimiteerd was (zie *fig. 2*).

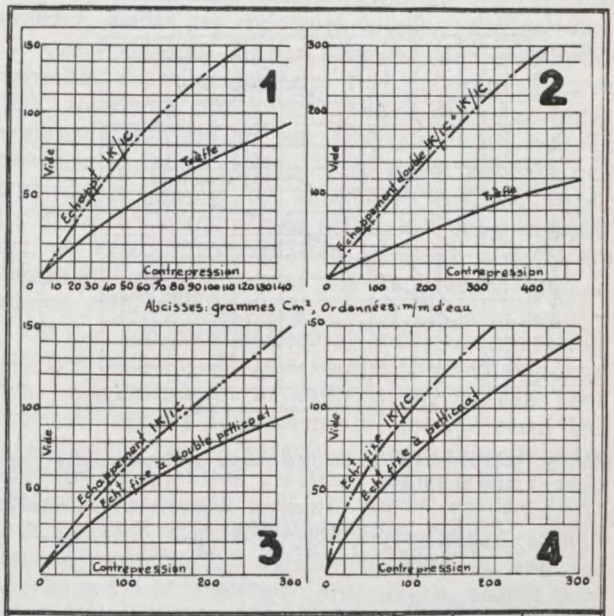
C h a p e l o n is de promotor van het zoogenaamde Kylchap-systeem met één of meer binnenschoorsteenen. De eerste, direct boven het exhaustmondstuk geplaatste „ajutage" heeft hierbij niet den normalen cylindrischen vorm, doch loopt naar boven toe in vier van elkaar wijkende tuiten uit, waardoor de oorspronkelijk volle stoomstraal in vieren wordt gedeeld. Genoemd systeem vindt steeds ruimere toepassing bij de Fransche spoorwegen, bij de grootste locomotieven tevens in com-

Planche I.



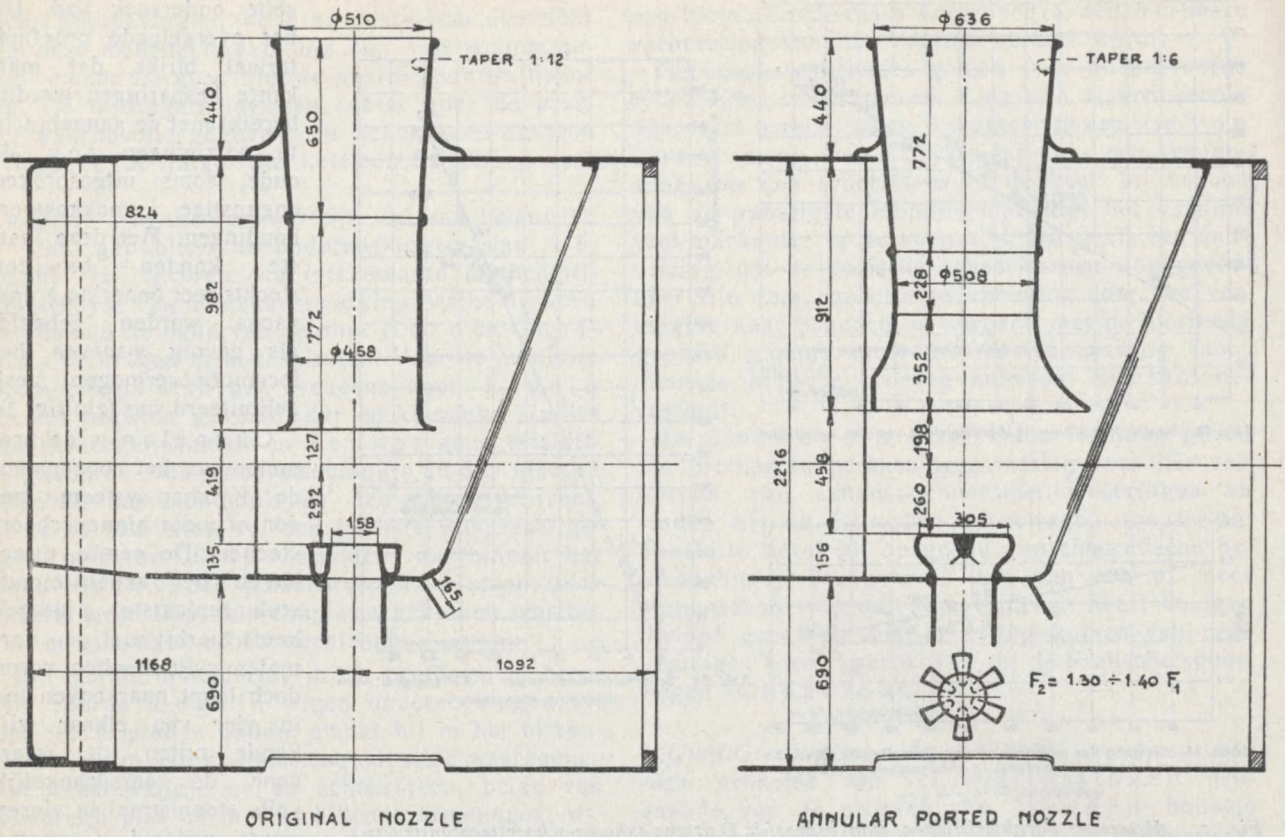

| | Type de machine | Caractéristiques | Service | Timbre | Surface de grille | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Courbes 1 | 1.4.0 | Simple expansion. | Marchandises. | 13 kgr. 5 | 3m²05 | Surchauffe. |
| Courbes 2 | 2.3.0 | Simple expansion. | Voyageurs. | 12 kgr. | 2m²40 | Surchauffe. |
| Courbes 3 | 0.3.0 + 0.3.0 | Compound. | Marchandises. | 16 kgr. | 3m²00 | Saturée. |
| Courbes 4 | 1.4.0 | Simple expansion. | Marchandises. | 12 kgr. | 3m²03 | Surchauffe. |

Planche III.




| | Type de machine. | Caractéristiques. | Service. | Timbre. | Surface de grille. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Courbes 1 | 2.3.1 | Compound. | Marchandises. | 16 kgr. | 3m²80 | Surchauffe. |
| Courbes 2 | 2.3.1 | Compound. | Rapides. | 16 kgr. | 4m²27 | Surchauffe. |
| Courbes 3 | 2.3.1 | Compound. | Rapides. | 16 kgr. | 4m²27 | Surchauffe. |
| Courbes 4 | 2.3.0 | Simple expansion 4 cylindres. | Rapides. | 14 kgr. | 3m²00 | Surchauffe. |

*Fig. 2. Vacuum-tegendruk karakteristieken van oorspronkelijke en gewijzigde Fransche constructies, vgl. Fig. 6. Overgenomen van G o d f e r n a u x, zie literatuur.*



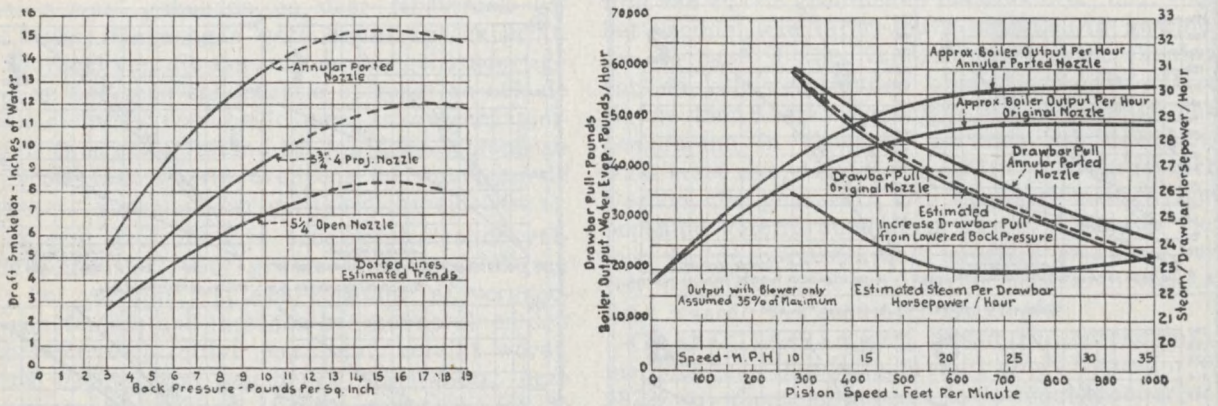




*Fig. 3. Oorspronkelijke en gewijzigde Amerikaansche constructie met karakteristieken. Overgenomen van Armstrong, zie literatuur.*
*Heavy Mikado Standard Locomotive — United States Railroad Administration. RO = 6.58 m², VOk = 398 m²; U.S.R.A. normale uitvoering — fm : RO = 1 : 32.2, xm = 1 : 5.23, f1 = 196 cm²; gewijzigde uitvoering — fm : RO = 1 : 20.8, xm = 1 : 5.47, f1 = 266 cm².*

binatie met een verdubbeling van de samengestelde exhaust-schoorsteenconstructie. Ook werden alreeds in Engeland enkele van de nieuwste zware machines met door Chapelon ontworpen duplex-schoorsteenen uitgerust (zie *fig. 6*).

Het onderzoek der wijzigingen geschiedt op de rijdende locomotief met aangekoppeld meetrijtuig, omdat dit de eenige exacte methode wordt geacht met een wetenschappelijke garantie en men langs dezen weg sneller tot een beoordeeling van de waarde van somtijds geleidelijk aan te brengen verbeteringen komt. (*Godfernaux*, 1933).

Chapelon gaf als inleiding voor zijn bespreking der eigenlijke proefresultaten, in zijn artikel

uitvoerige en waardevolle theoretische beschouwingen. Hierin werkt vooral een behandeling van het onderlinge verband tusschen de verschillende ketelkarakteristieken verhelderend.

*Nordmann.* — De laatste jaren verschijnen regelmatig publicaties van Nordmann over de zeer belangrijke prestaties van het Duitsche proefbureau. In een goed gedocumenteerd artikel van 1930 is o.m. een samenvatting gegeven van de definitieve rookkastverhoudingen bij alle beproefde locomotieven. De betreffende *figuur 1* zal sub III nader besproken worden. Ook de Duitsche resultaten zijn voor het meerendeel gebaseerd op onderzoekingen met de rijdende machines en aangekoppeld meetrijtuig, met uitzondering van inleidende, bij vaste opstelling uitgevoerde ketelexperimenten in den geest van Strahl († 1922). In dit verband is tevens de naam van *Wagner* te noemen.

*Amerikaansche onderzoekingen.* — Over de na Goss († 1923) in Amerika minder gecentraliseerd opgezette rookkastexperimenten zullen te dezer plaatse slechts enkele korte mededeelingen worden gedaan. Dat men daar echter evenmin stil is blijven staan bij het werk van den grooten voorganger, blijkt uit de tijdschriftliteratuur, die regelmatig bijdragen bevat over de, bij de meest uiteenloopende spoorweg-maatschappijen ingevoerde verbeteringen. Verwonderlijk is het alleen, dat de dubbele schoorsteen na zijn intrede in Amerika, nog vóór dat deze in België opdook, in eerdergenoemd land geen verdere navolging heeft gevonden. Het is dan ook niet bevreemdend, dat de grootste Amerikaansche locomotieven zelfs na de wijzigingen, volgens Europeesche opvattingen, abnormaal hooge tegendrukken aanwijzen (vgl. de *figuren 2* en *3*).

Vermeldenswaard zijn enkele experimenten op den proefstand te Altoona. O.m. werd een Atlantic locomotief onderzocht, waarbij door een verdere verlenging in de rookkast van den oorspronkelijk overeenkomstig de A. R. M. M. A.-standaard uitgevoerden schoorsteen, een grootere vrije exhaustdoorlaat toe te passen was. Op later beproefde locomotieven zouden gelijksoortige wijzigingen met eenzelfde succes aangebracht worden.

Daar men zich ook in Amerika ervan bewust is, dat zoo ruim mogelijke schoorsteenen nagestreefd moeten worden, heeft menige spoorweg een oplossing hiervoor gezocht in een deeling van het exhaust-mondstuk (Laydon, „pepperbox", „annular ported"), waardoor de stoomstraal van een merkbaar grooter grondvlak uitstroomt en met eenzelfde gunstigste coniciteit van den straalkegel dus nog een goede vulling van een wijderen schoorsteen oplevert. De in de „self cleaning" rookkasten reeds vrij laag geplaatste mondstukken zijn namelijk bij aanhouding van dit systeem niet voor een verdere verlaging vatbaar. Langs den genoemden weg werd in sommige gevallen een verruiming bereikt van den totalen vrijen doorlaat van de gedeelde t.o.v. de normale exhaust tusschen 30 tot 40% (zie *fig. 3*).

*Young.* — Aan het slot van het historisch overzicht rest alleen nog een behandeling van de reeds eerder vermelde jongste onderzoekingen van Young. In 1933 verscheen hierover een lijvig, goed gedocumenteerd bulletin (No. 256, 179 blzn, 54 fign.). De experimenten werden verricht in het proefstation van de universiteit van Illinois. De rookkast van het gebruikte model was een volledige copie van de zware Amerikaansche 1D1 eenheidslocomotief op één kwart schaal. De zijwanden waren van afneembare platen voorzien, welke tegen glas of celluloïd omgewisseld konden worden. Verder was tusschen de rookkast en de vuurkist een ronsel met pijpennest aanwezig; uit practische overwegingen werden deze onderdeelen niet zuiver gecopieerd. De vuurkist was met een vuurbrug en een gasbrander uitgerust; de laatste maakte het mogelijk om tevens met verbrandingsgassen van elke gewenschte temperatuur te experimenteeren. De gesloten aschbak was aangesloten op een luchtkanaal, waarin stuwflenzen van verschillende afmetingen aangebracht konden worden, met behulp van welke de hoeveelheid aangezogen lucht of verbrandingslucht te meten viel. Het zal duidelijk zijn, dat op deze manier uiteenloopende ketelweerstanden te verwerkelijken waren.

De stoom werd betrokken van een 10 at ketel en geleid door een separator en een stroommeter van het type met mondstuk (D. „Düse", Eng. „nozzle"), met achtergeschakelde tank; tusschen dit reservoir en de exhaustpijp bevond zich een tweetal reduceerkleppen en een pulsator. De proeven werden genomen met vier tot zeven uiteenloopende exhaustpijpdrukken en voor het meerendeel met aanzuiging van koude lucht, dus zonder benutting van den gasbrander, omdat het onderzoek hierdoor zooveel vlotter kon verloopen. Uit een serie met den gasbrander verrichte experimenten met temperaturen tusschen 140° tot 335°C bleek het gewicht der aangezogen verbrandingsgassen in een bepaalde reden met de temperatuur af te nemen, voor welke reductie een empirische formule op te stellen was. De koude luchtproeven waren dus in ieder geval even geschikt om de relatieve verdiensten van elke onderzochte combinatie te beoordeelen als de proeven met de warme verbrandingsgassen.

De met een tweetal Pennsylvania-locomotieven op den proefstand te Altoona verkregen resultaten werden vergeleken met de uitkomsten van een serie speciaal voor dit doel opgezette modelproeven. Met in achtname van de vereischte omrekeningsfactoren voor het model bleek practisch een volkomen overeenstemming bereikt te zijn.

Onderzocht werden twaalf verschillende schoorsteenen; drie hiervan waren cylindrisch en één was opgebouwd uit meerdere afdeelingen, zoodat deze met uiteenloopende lengten beproefd kon worden; van een anderen schoorsteen was de uitwendige hoogte met conische afdeelingen te vergrooten, terwijl inwendig cylindrische afdeelingen en acht verschillende trechters aan te brengen waren om de lengte en den vorm van den inloop te varieeren. Verder werden volledige experimenten met drie en dertig verschillende exhaustmondstukken uitgevoerd.

In totaal zouden drie honderd combinaties onderzocht en 3 700 metingen verricht worden.

Bij het meerendeel der experimenten werd eenzelfde stuwflens in het luchtkanaal, d.i. een ongewijzigde ketelweerstand, toegepast, waardoor een constant verband tusschen het vacuum en de aangezogen hoeveelheid lucht bleef bestaan. Dit eenmaal bekend zijnde, kon dus verder volstaan worden met het geven van de betrekkingen tusschen den tegendruk, de hoeveelheid stoom en de hoeveelheid lucht. Voor de belangrijkste onderzoekingen zijn deze grafisch in beeld gebracht en leverden de verkregen karakteristieken een zuivere vergelijkingsbasis op voor de beproefde combinaties.

Het is niet doenlijk te dezer plaatse ook maar bij benadering alle door Young getrokken conclusies tot hun recht te laten komen. O.m. kunnen die met betrekking tot de in Amerika zeer gevarieerd toegepaste vormen van gedeeld exhaustmondstuk hier gevoegelijk buiten bespreking blijven, omdat deze nog geen actueel belang hebben voor onze Indische verhoudingen.

Verschillende coniciteiten van het cirkelvormige mondstuk hadden practisch geen invloed op de uitkomsten en de toepassing van naar binnen gebogen randen, hetzij scherp of ringvormig, alleen in zooverre, dat door een verhoogde contractie van den straal in dezen de hoeveelheid uitstroomende stoom een weinig afnam; eenzelfde effect — alsof de vrije doorlaat een weinig verkleind was — werd waargenomen bij het gebruik van keggen (brug of vier aangelaschte korte wiggen); de verhouding tusschen de hoeveelheden aangezogen lucht en stoom onderging een geringe verbetering, doch ten koste van eenige toename van den tegendruk. Conische schoorsteenen waren onder alle omstandigheden gunstiger dan cylindrische met denzelfden minimum diameter, alleen met de restrictie, dat de mondingsopening van de eerste een bepaald maximum niet overschreed, opdat de stoommantel tenminste het bovenste schoorsteengedeelte bleef opvullen; aanbevolen werd een coniciteit 1 : 10; de toepassing van de grootst mogelijke schoorsteenhoogte bleek voordeelig; de gunstigste afstand van het mondstuk tot den schoorsteenvoet lag tusschen ¾ tot 1½ maal de keelmiddellijn van den schoorsteen, waarbij voor de grootere waarden een ruimere inloop werd vereischt.

## III. Samenvatting.

Hieronder volgt een vergelijkend overzicht van de belangrijkste conclusies, welke de sub II genoemde onderzoekers uit hun experimenten trokken. Hierbij zullen tevens enkele aanvullingen op het voorafgaande gegeven worden. Een behandeling van den gang bij het ontwerp moge het een en ander verduidelijken.

(1) *Theorieën.* — De meeste onderzoekers schreven de uitwerking van den stoomstraal toe aan een inductieve actie van de oppervlaktewrijving tusschen beide media op de omringende rookgassen, waardoor deze in beweging gebracht en door een omhulling of menging medegesleurd worden. Bij langere schoorsteenen zet zich de oppervlaktewerking nog tot een belangrijke hoogte in deze voort; de naar boven medegesleurde gassen induceeren hierbij een somtijds zeer markant vacuum in de keelzône (bevestigd door de proeven met de verlengde schoorsteenen bij loc. No. 1323). Er ontstaat aldus een strooming van de rookgassen gericht naar den stoomstraal. O.m. Zeuner, Goss en Strahl spraken zich duidelijk in dien zin uit.

Troske kende uitsluitend waarde toe aan de oppervlaktewerking. Op grond daarvan beval hij een zoo ruim mogelijke ontwikkeling van den vrijen stoommantel aan. De conclusie van von Borries, dat slechts het bovenste gedeelte van den schoorsteen werkzaam is, interpreteert men dan ook volkomen onjuist, wanneer men daarbij denkt aan „zuigwerking". Goss sprak zich in deze duidelijker uit met de woorden, dat onder normale omstandigheden de stoomstraal (slechts) het bovenste schoorsteengedeelte opvult. Op de noodzaak van een goede schoorsteenvulling wordt sub (6) teruggekomen.

Daarentegen was Huygen van oordeel, dat de oppervlaktewrijving een geringe rol speelt, doch de hoofdstroom van de gassen door den schoorsteen naar boven wordt gezogen en *niet* medegesleurd. Hij steunde deze meening op de eerdergenoemde foutieve interpretatie van von Borries' conclusie. Zelf vond Huygen in de sterke drukvermindering aan den voet van zijn proefschoorsteenen, waar de gassen nog geen groote snelheid verkregen konden hebben, een verdere aanwijzing voor dit intensief zuigen. Hij beriep zich hiervoor op het door Stodola bij de diffusoren der stoomturbines waargenomen verschijnsel, dat bij kleine drukverschillen voor en achter de straalpijp, deze in zekeren zin zuigend werkzaam wordt en de hoeveelheid doorstroomende stoom daarbij snel toeneemt.

De verhoudingen van Huygen's proeflocomotief hebben misleidend gewerkt; de exhaust stond hoog en van den, op de rookkast geplaatsten langen schoorsteen met breeden voet, kwam deze laatste niet als ruime inloop tot zijn recht, omdat het gat in de ketelplaat te klein was. In feite moest dus het grootste gedeelte der gassen langs deze vernauwing medegesleurd worden en was hieraan het hooge vacuum in de keel van den schoorsteen toe te schrijven.

Ook Chapelon bestreed de meening, dat de oppervlaktewrijving van overwegenden invloed is, die andere onderzoekers er toe bracht om een zoo ruim mogelijke ontwikkeling te geven aan het manteloppervlak van den stoomstraal, dat in contact is met de omringende rookgassen. Hij deed daarbij een beroep op Legein's theoretische beschouwingen. Tevens moet de naam van Giesl in dit verband genoemd worden. Bij de behandeling van de algemeene energievergelijkingen, sub (5), is het inzicht van deze drie experimentators beter te belichten.

Young is tenslotte op grond van zijn jongste onderzoekingen waarde toe blijven kennen aan de oppervlaktewrijving, doch ontdekte vooral het belang van het hooge vacuum in de kern van den stoomstraal. Sub I (2) werd zijn nieuwste theorie reeds in woorden gebracht; hierin moet het feit van

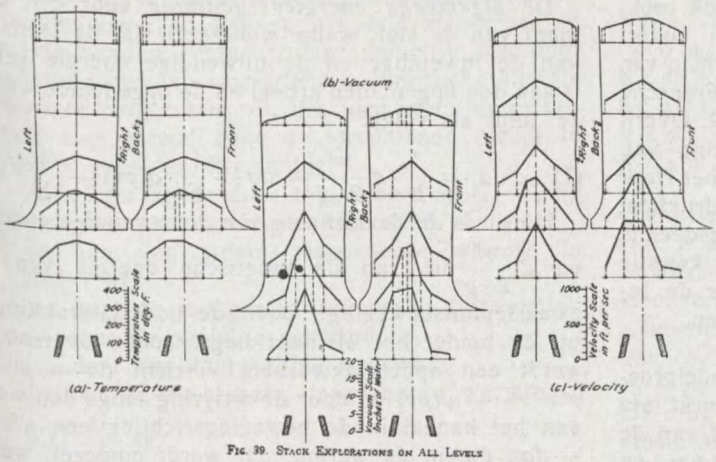



Fig. 39. Stack Explorations on All Levels

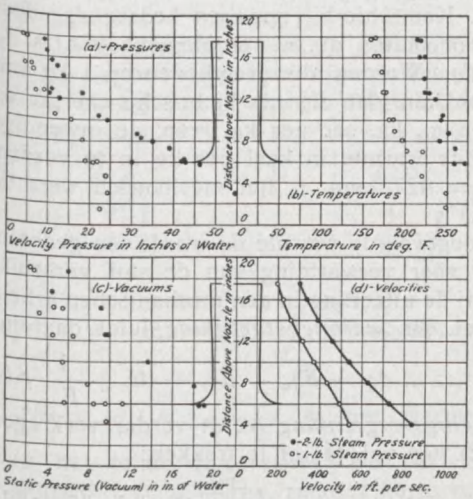



Fig. 37. Axial Exploration of Stack

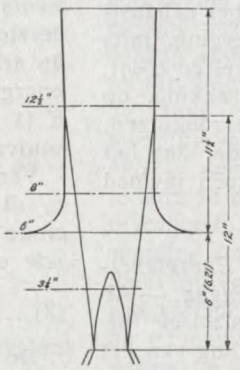



Fig. 40. Diagram of Stack, Nozzle, and Jet

*Fig. 4. Exploratie van den stoomstraal en de stoom-lucht-strooming bij een model-onderzoek. Overgenomen van Young, zie literatuur.*

dit hooge kernvacuum aanvaard worden in verband met de meetuitkomsten, al kan men dat nog niet verklaren.

In *fig. 4* zijn de belangrijkste resultaten van Young's stoomstraalexploratie in beeld gebracht. De in den stroomstraal geschetste, parabolische centrale conus werd waargenomen bij verlichte rookkast. Deze kegel was doorschijnend, waaruit te concludeeren viel, dat hier de hoeveelheid ingestroomde koude lucht zoo gering was, dat de oververhitte exhauststoom nog niet tot condensatie kwam. Ook bij splitsing van den straal door keggen of bij volledige deeling in verschillende mondstukken handhaafde zich deze conus vrijwel onveranderd.

Typisch is, dat Huygen de eenige onderzoeker is geweest, die vóór Young statische drukmetingen in de kern van den stoomstraal heeft verricht. Het door hem gebruikte instrument was echter alleen toe te passen in volkomen homogene en parallelle stroomingen, waarvan men nu weet, dat zij in den stoomstraal, kort na het verlaten van het mondstuk, nergens optreden. Toch vond Huygen het opmerkelijk, dat bij eenige van zijn snelheids- en drukmetingen in de kern van den straal een betrekkelijke depressie in het midden voorkwam. Hij liet het echter bij deze opmerking en kon de betreffende waarnemingen niet in zijn theorie verwerken. Later vond alleen Legein nog een aanwijzing, dat de randzônes van den straal minder werkzaam zijn dan de kern.

De statische en snelheidsdrukmetingen werden door Young verricht met een tweetal pijpjes van 1½ mm middellijn, welke van boven verticaal in den stoomstraal werden gebracht. Het eerste was puntig toegesoldeerd en aan den zijkant van een klein gaatje voorzien, het tweede was open tegen de stroomingsrichting. De metingen van den snelheidsdruk waren constant, die van den statischen druk moesten somtijds een enkele maal herhaald worden om een aanvaardbare gemiddelde aflezing te verkrijgen. Al is dan ook eenige twijfel aan de exactheid van de laatste metingen gewettigd, zoo kan dit toch geen afbreuk doen aan Young's algemeene conclusies.

(2) *Criteria.* — Het feit, dat de hoeveelheid aangezogen lucht of gassen het eenige juiste criterium is voor de bestudeering van de beste exhaustwerking, werd door de meeste onderzoekers erkend. Aan hun theoretische ontwikkelingen lag steeds de verhouding tusschen de hoeveelheden van het aangezogen en van het zuigend werkzame medium ten grondslag. Slechts enkelen hebben echter deze hoeveelheden reëel gemeten; de anderen voorzagen hun modellen van constante luchtopeningen, waardoor zij het gebruik van het vacuum als vergelijkingsbasis konden rechtvaardigen. Van de locomotiefexperimenten kunnen alleen de vacuumwaarden van Goss zonder voorbehoud aanvaard worden, omdat zijn onderzoekingen met een residustoker geschiedden, dus de ketelweerstand niet werd beïnvloed door de varieerende vuurdikte van een vaste brandstof.

(3) *Betrekkingen.* — Alle onderzoekers, op één na, vonden een vrijwel lineair verband tusschen het rookkastvacuum en den exhaustpijpdruk. Alleen Goss constateerde, dat het vacuum ongeveer proportioneel aan de hoeveelheid exhauststoom of den wortel uit den tegendruk was. In beide vaststellingen schuilt een beperkte waarheid. Op grond van het gepubliceerde ruime proefmateriaal met betrekking tot deze materie, zou men geneigd zijn om te beweren, dat over het geheel de eerste conclusie beter den toestand in het gebied van de lagere en de tweede in dat van de hoogere vacua benadert. Er treedt een blijkbare wetmatigheid op, die echter individueel bij

de belangrijke verschillen in de voorkomende rookkastverhoudingen nogal aan verschuivingen onderhevig is. Men beschouwe bijvoorbeeld het verloop van de vacuum-tegendrukkrommen van enkele Fransche locomotieven, die weergegeven zijn in *fig. 2*. Overigens worde voor een onderlinge vergelijking van deze karakteristieken, vooral in verband met het sterk uiteenloopen van de waargenomen tegendrukken, verwezen naar het hierover sub I (4) medegedeelde.

Een meer gedetailleerde analyse van deze kwestie zal aan de hand van latere publicaties over de Indische schoorsteenwijzigingen gegeven worden.

(4) *Continue uitstrooming.* — Bij de modelproeven werd door de experimentators steeds gewerkt met een continue uitstrooming van den stoom, of van de lucht door Legein. Alleen Symington en Young verrichtten bijzondere onderzoekingen met een pulsator om deze handelwijze te rechtvaardigen; de laatste toonde aan, dat tusschen de verwerkelijkte pulsaties van 0 tot ruim 140 per minuut het exhaustproces niet de minste verandering onderging, mits de hoeveelheid uitstroomenden stoom dezelfde bleef. Ook Huygen kwam tot deze gevolgtrekking, op grond van zijn speciale locomotiefonderzoekingen, terwijl Goss reeds vroeger constateerde, dat het aantal omwentelingen van de machine geen invloed had.

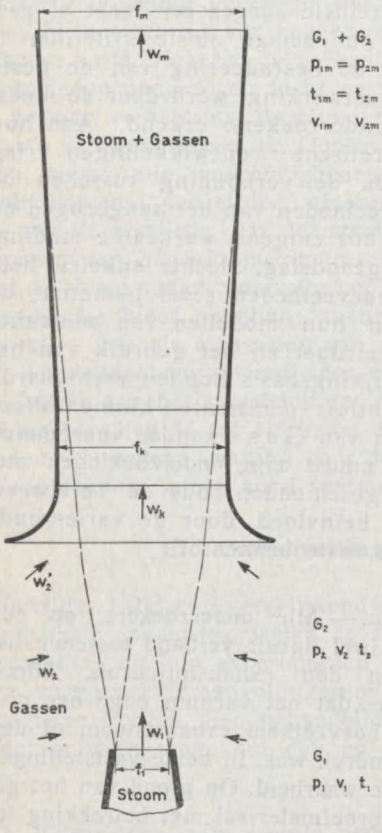



*Fig. 5.*

(5) *Energievergelijkingen.* — Alvorens tot een behandeling van het ontwerp der exhaust-schoorsteenafmetingen over te gaan, is het noodzakelijk om zich aan de hand van een theoretische analyse van het arbeidsproces in de rookkast een duidelijke voorstelling ervan te maken, langs welke wegen de meest effectieve constructie na te streven zal zijn. Tevens kan een zoodanige ontleding verhelderend werken op de door de verschillende onderzoekers bereikte resultaten.

Bij de opstelling van de energievergelijkingen voor de exhaustwerking wordt uitgegaan van de door Stodola gegeven formules voor de stroomende beweging van elastische vloeistoffen.

*De algemeene energievergelijking* voor een element van de stof, welke weergeeft, dat de toename van de inwendige en de uitwendige energie gelijk is aan den opgenomen arbeid en de opgenomen warmte, luidt als volgt:

$$(1) \ldots du + \frac{1}{E} \cdot d\frac{w^2}{2 \cdot g} = dq - \frac{1}{E} \cdot d(pv) - \frac{1}{E} \cdot da_r.$$

Hierin is $du$ de toename van de inwendige energie en $d\frac{w^2}{2 \cdot g}$ die van de kinetische energie van de zwaartepuntsbeweging. Door de normaaldrukkingen op de beide, het element begrenzende doorsneden wordt een oppervlaktearbeid verricht $do = pv - p'v' = -d(pv)$ en door de wrijving langs den wand van het kanaal in de bewegingsrichting een arbeid $-da_r$, die in de warmte $dq_r$ wordt omgezet, welke men aanneemt geheel door het element te worden opgenomen. Komt hierbij nog een bedrag $dq_a$ door geleiding van buiten af in het element, zoo is $dq = dq_a + dq_r$. Worden alle grootheden op 1 kg van de stof betrokken, dan zijn de kinetische energie en de arbeid in m, kg, sec per kg, resp. de inwendige energie en de warmte in kcal per kg in te voeren. $E$ (1 kcal = 427 kgm is het mechanisch warmte-equivalent).

Van de toegevoerde warmte $dq$ wordt een gedeelte $c_v \cdot dt = du$ voor verwarming van de stof verbruikt en de rest bij de uitzetting in den mechanischen arbeid $pdv$ omgezet. De *warmtevergelijking* luidt daarom:

$$(2) \ldots dq = dq_a + dq_r = du + \frac{1}{E} \cdot pdv.$$

De *bewegingsvergelijking* wordt verder verkregen door vgl. (2) van vgl. (1) af te trekken:

$$(3) \ldots d\frac{w^2}{2 \cdot g} = -v \cdot dp - da_r.$$

Voert men den warmte-inhoud $i$ in, waarvoor geldt: $di = du + \frac{1}{E} \cdot d(pv)$ en houdt men rekening met de identiteit $dq_r = \frac{1}{E} \cdot da_r$, dan vereenvoudigen zich de beide eerste vergelijkingen tot:

$$(1a) \ldots di + \frac{1}{E} \cdot d\frac{w^2}{2 \cdot g} = dq_a.$$

$$(2a) \ldots dq_a + dq_r = di - \frac{1}{E} \cdot v \cdot dp.$$

De bewegingsvergelijking (3) is nu toe te passen op de stoom- en gasstroomingen van af het exhaustmondstuk, resp. de rookkast tot aan de schoorsteenmonding, zie *fig. 5*.

De hoeveelheid stoom bedrage $G_1$ kg/sec, de hoeheelheid rookgassen $G_2$ kg/sec. De verschillende grootheden van den stoom bij het verlaten van het exhaustmondstuk, van de verbrandingsgassen in de rookkast en van het stoom- en rookgasmengsel in de keel en aan de monding van den schoorsteen worden resp. onderscheiden door de indices *1, 2, k* en *m*. Verondersteld wordt, dat in den schoorsteen een volkomen uitwisseling van druk en temperatuur tusschen de beide media plaats heeft. Daarbij is in aanmerking te nemen, dat een arbeidsverlies optreedt bij de plotselinge snelheidsveranderingen van den stoom en

de rookgassen bij de instrooming in den schoorsteen. Deze stootverliezen kunnen als wrijvingsverlies in rekening worden gebracht, daar namelijk ook door de werking van den stootarbeid $a_s$ kinetische energie in warmte omgezet wordt, die men weer verondersteld mag geheel door de stroomende media te worden opgenomen. Zij verder:

$A$ in kgm/kg de door 1 kg stoom op $G_2/G_1$ kg rookgassen overgedragen kinetische energie;
de aan den stoom toegevoerde warmte in kcal/1 kg:
$q_{a2}$ door de rookgassen afgegeven (uitwendig),
$q_{r1}$ door de wrijving gevormd,
$q_{s1}$ door de stootwerking gevormd;
de aan de rookgassen toegevoerde warmte in kcal/$\frac{G_2}{G_1}$ kg:
$-q_{a2}$ aan den stoom afgegeven (uitwendig),
$q_{r2}$ door de wrijving gevormd,
$q_{s2}$ door de stootwerking gevormd;

dan is de bewegingsvergelijking voor 1 kg stoom en $G_2/G_1$ kg rookgassen als volgt uit te schrijven:

$$\frac{1}{E}\cdot\frac{w_m^2-w_1^2}{2\cdot g}+\frac{1}{E}\cdot\frac{G_2}{G_1}\cdot\frac{w_m^2-w_2^2}{2\cdot g}=$$

$$=-\frac{1}{E}\cdot A-q_{r1}-q_{s1}-\frac{1}{E}\cdot\int_{p_1}^{p_m} v_1\cdot dp+$$

$$+\frac{1}{E}\cdot A-q_{r2}-q_{s2}-\int_{p_2}^{p_m} v_2\cdot dp.$$

Nu is $q_{s1}+q_{s2}=\frac{1}{E}\cdot A_s$ het warmte-equivalent van het totale stootverlies. De wrijvingsverliezen kunnen bij de moderne, relatief korte schoorsteenen buiten beschouwing blijven, zie sub (6). De snelheid van de verbrandingsgassen in de volumineuse rookkast is zeer gering, zoodat de kinetische energie $\frac{w_2^2}{2\cdot g}$ van deze gevoegelijk verwaarloosd mag worden. De *bewegingsvergelijking* vereenvoudigt zich hierdoor tot:

(4) ..... $\frac{w_1^2}{2\cdot g}=\underbrace{\left(1+\frac{G_2}{G_1}\right)\cdot\frac{w_m^2}{2\cdot g}}_{\text{schoorsteen-uittrede-verlies}}+\underbrace{A_s}_{\text{stootverlies}}+$

$$+\underbrace{\int_{p_1}^{p_m} v_1\cdot dp+\frac{G_2}{G_1}\cdot\int_{p_1}^{p_m} v_2\cdot dp}_{\text{verdichtings-arbeid}},$$

dus in woorden:

De kinetische energie van den stoom bij het verlaten van het exhaustmondstuk moet in de eerste plaats de uitstroomingsenergie aan de monding van en het stootverlies in den schoorsteen dekken, en zal in de tweede plaats benut worden om den mechanischen arbeid te leveren, welke benoodigd is om den stoom en de verbrandingsgassen tegen het drukverschil tusschen het mondstuk, resp. de rookkast en de schoorsteenmonding naar buiten te werpen.

Bij beneden-kritischen drukval in het exhaustmondstuk is de mondingsdruk $p_1$ gelijk te stellen aan den rookkastdruk $p_2$. Alleen voor slechte exhaust-schoorsteenverhoudingen zal bij geforceerde belasting in de exhaustpijp een overdruk grooter dan den kritischen van ca. ¾ at op kunnen treden en de gelijkstelling $p_1=p_2$ niet meer waar zijn. Verder wijkt blijkbaar bij drogen of overhitten stoom het volume van den stoom en de rookgassen bij het verlaten van den schoorsteen weinig af van dat in de rookkast, dus geldt $v_1+\frac{G_2}{G_1}\cdot v_2=$ constant; dit volgt uit een berekening van $i_{1m}$ met toepassing van de algemeene energievergelijking (**1a**) op de exhaustwerking, en de daaruit af te leiden mengtemperatuur $t_{1m}$ en de soortelijke volumina $v_{1m}$ en $v_{2m}$. Tenslotte is bij voldoende lange en ruime schoorsteenen de druk aan de monding van deze $p_m=p_a$, d.i. die van de atmosfeer aan te nemen. Zou de schoorsteen te kort zijn of te lang en nauw met cylindrisch verloop of te geringe divergentie naar boven toe, dan kan de druk aan de monding soms merkbaar beneden dien van de buitenlucht blijven en treedt boven den schoorsteen nog een verdichtingsstoot op. Rekent men echter niet met de genoemde ongunstige gevallen, dan is bij benadering de *verdichtingsarbeid:*

(5) ..... $A_v=(v_1+\frac{G_2}{G_1}\cdot v_2)\cdot(p_a-p_2)$ kgm/kg.

De waarden $p$ hebben de dimensie kg/m² absolute druk of mm water, zoodat $(p_a-p_2)$ het vacuum in in de rookkast in mm water weergeeft.

Het uittredeverlies aan de schoorsteenmonding werd gelijk gesteld aan de kinetische energie van het in de atmosfeer weggeworpen stoom- en rookgasmengsel. Met $w_m$ als gemiddelde snelheid van uitstrooming was dus het *schoorsteenuittredeverlies:*

(6) ..... $A_m=(1+\frac{G_2}{G_1})\cdot\frac{w_m^2}{2\cdot g}$ mkg/kg.

Dit is weer een benadering. In de eerste plaats zal van het midden naar den wand van den schoorsteen toe de uitstroomsnelheid bijwijlen merkbaar afnemen, als gevolg van het medesleuren der door den stoommantel binnenvallende gasdeeltjes. In de tweede plaats kwam Young op grond van zijn exploratie van de straalwerking tot de conclusie, dat in de moderne, betrekkelijk korte schoorsteenen de menging en de versnelling van de rookgassen aan de monding allerminst beëindigd is. De gemeten snelheidsdrukken temperatuurwaarden resulteeren uit de botsing van de zich nog met een belangrijk kleinere gemiddelde snelheid dan die van de stoomdeeltjes voortbewegende gasdeeltjes — bij eveneens nog onvolkomen temperatuuruitwisseling. De werkelijke uitstroomenergie aan den schoorsteenmond kan dan ook de uit $w_m$ berekende somtijds gevoelig overschrijden.

In verband met de hooger omschreven restricties zal het verder duidelijk zijn, dat vooral de stootverliezen moeilijk exact omgeslagen kunnen worden. Giesl-Gieslingen voert deze als breuk van de kinetische energie van den exhauststoom in en wel zoodanig, dat het *totale stootverlies:*

$$(7a) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad A_s = (1-\varepsilon) \cdot \frac{{w_1}^2}{2 \cdot g} \text{ kgm/kg.}$$

De bewegingsvergelijking gaat daardoor over in den eenvoudigen vorm:

$$(4a) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \varepsilon \cdot \frac{{w_1}^2}{2 \cdot g} = A_m + A_v.$$

De voor de versnelling van de gasdeeltjes te leveren stootarbeid hangt hoofdzakelijk af van $w_2'/w_1'$, d.i. de verhouding tusschen de snelheden van de gassen en den stoom bij de menging, en de waarde van $\varepsilon$ zal des te grooter zijn, naarmate deze verhouding meer de eenheid nadert. Dit verklaart het gunstige rendement van de ver naar beneden verlengde schoorsteenen. De rookgassen worden hierbij gedwongen om een hooge snelheid aan te nemen, alvorens zich met den stoom te mengen, waardoor het stootverlies belangrijk afneemt. Dit is vooral van kracht voor het groote percentage van de verbrandingsgassen, dat langs de sterke insnoering in de keel van de lange conische schoorsteenen medegesleurd wordt, onder inductie van een hoog vacuum ter plaatse. Het was op grond van deze voorstelling, dat Giesl de meening o.m. van Troske bestreed, dat een zoo ruim mogelijke ontwikkeling van den stoomstraal in de rookkast effectief zou zijn.

Voor het ontwerp is $\varepsilon$ tusschen 0,45 tot 0,75 te schatten, d.z. de grenswaarden, welke door Giesl gevonden werden bij narekening van bekend gunstige rookkastconstructies. De benedenwaarde geldt voor korte en ook overigens te nauwe schoorsteenen met een hoog uittredeverlies, de bovenwaarde voor de beste verhoudingen. In het algemeen zal men zelfs bij hooggelegen ketels de waarde $\varepsilon = 0{,}55$ kunnen nastreven, waarbij de schoorsteen constructief tenminste met een zoodanige middellijn uit te voeren moet zijn, dat $A_m$ van dezelfde grootte-orde is als $A_v$.

In dit verband is hier tevens een kleine uitweiding op haar plaats over Chapelon's inzicht met betrekking tot de door hem toegepaste binnenschoorsteenen of „ajutages", waardoor de vrije ontwikkeling van den stoommantel tot een minimum wordt teruggebracht. Ook Chapelon was zich bewust, dat door het gedwongen opleggen van een groote snelheid aan de rookgassen, voordat deze met den stoom in menging komen, het stootverlies afneemt, en paste daarom de afzonderlijke binnenschoorsteenen weer toe. Hij beriep zich op de theoretische beschouwingen van Legein, die echter aangevochten kunnen worden. Legein ging namelijk uit van de premisse, dat in de in het rookkastvacuum gedompelde „ajutages" van toenemende middellijn de menging van beide media volledig tot stand komt en wel zonder verdichting, terwijl in den eigenlijken schoorsteen alleen de verdichting zonder verdere menging plaats grijpt en concludeerde, dat het nuttig effect van de exhaustwerking met het aantal toegepaste binnenschoorsteenen moet stijgen. Wat echter o.m. weersproken wordt door de proefresultaten van Goss met een paar binnenschoorsteenen en een korten buitenschoorsteen, welke opvallend slechter waren dan die met een enkelen schoorsteen met een groote verlenging in de rookkast. In Amerika is men daarom juist geleidelijk van het gebruik van „petticoats" afgestapt.

Dat Chapelon met zijn „ajutages" toch gelijk gunstige resultaten bereikt als bijvoorbeeld op de Duitsche locomotieven met hun lange schoorsteenen en laag gemonteerde exhaustmondstukken verkregen worden, is hoofdzakelijk toe te schrijven aan het feit, dat, ondanks de geringere uitgenutte bouwhoogte bij de Fransche locomotieven, door de meerdere spreiding van den stoomstraal met behulp van de Kylchap-„ajutage" even ruime schoorsteenen aan te wenden zijn. Bij de Indische S.S. werden proeven met het Kylchap-systeem genomen zonder vergrooting van de schoorsteenmiddellijn; er trad geen effectsverbetering op in vergelijking met den oorspronkelijk langen schoorsteen. De „ajutage" was echter aan een zeer snelle slijtage onderhevig, op grond waarvan de schrijver van een verdere toepassing afzag en de gunstigste oplossing liever zoekt in een zoo laag mogelijke plaatsing van het exhaustmondstuk om toch de ruimste schoorsteenen van voldoende lengte aan te kunnen brengen.

Wat de andere onderzoekers betreft, zijn ook Strahl en Legein van hoogergenoemde bewegingsvergelijking (4) uitgegaan. Beiden gaven echter formules voor de *stootverliezen* van de gedaante bij Strahl:

$$(7b) \quad \ldots\ldots\ldots \quad A_s = \frac{(w_1 - w_k)^2}{2 \cdot g} + \frac{G_2}{G_1} \cdot \frac{{w_k}^2}{2 \cdot g} \text{ kgm/kg,}$$

waarin $w_k$ de gemiddelde snelheid van den stoom en de rookgassen in de keel van den schoorsteen weergeeft, en bij Legein voor cylindrische schoorsteenen:

$$(7c) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad A_s = \frac{(w_1 - w_m)^2}{2 \cdot g} \quad \text{kgm/kg.}$$

De grondvergelijking is dan verder door hen ontwikkeld, om tot een eindvorm te komen voor de berekening van den benoodigden vrijen doorlaat van het exhaustmondstuk, nadat de drukkingen hieruit geëlimineerd waren door invoering van het verband tusschen het vacuum en de aangezogen hoeveelheid rookgassen. Voor dit laatste geldt, op grond van de theorie van de stroomende beweging van gassen, de betrekking $(p_a - p_2) = k \cdot {G_2}^2$, waarin $k$ een constante voorstelt, die afhankelijk is van de zoogenaamde ketelweerstanden. Strahl leidde uit het groote aantal door hem verrichte experimenten een empirische formule voor deze grootheid af. Legein werkte met het begrip „tempérament" van den ketel $T = G_2 : \sqrt{p_a - p_2} = \sqrt{1/k}$. Hierbij moge ten overvloede herinnerd worden aan het vroeger medegedeelde over den invloed van de variabele dikte van de brandstoflaag op het rooster.

Te dezer plaatse zal niet dieper op de beschouwingen van de laatstgenoemde onderzoekers worden ingegaan. Echter, gelet op de verschillen in de vgln.

(7b) en (7c), en aan de hand van het eerder neergeschrevene over het nog niet beëindigd zijn van het mengings- en versnellingsproces in de moderne schoorsteenen, moet wel verstaan worden, dat geen van hun methoden exact is. Strahl en Legein redden zich uit deze moeilijkheid door invoering van empirisch vastgestelde coëfficiënten in hun berekeningsgrondslagen, om die tenminste bruikbaar te maken voor de door hen onderzochte constructieverhoudingen. Er moet dan ook gewaarschuwd worden tegen een niet kritische toepassing van hun methoden.

In het in 1911 verschenen „Theoretisches Lehrbuch des Lokomotivbaues" leverde von Borries een theoretische bijdrage over de exhaustwerking, welke veel overeenkomst met de hooger ontwikkelde vertoonde. Naar aanleiding van een toetsing aan het experiment, schreef hij toen reeds de volgende woorden neer: „Wir haben gesehen, dass hier die Theorie für die praktischen Bedürfnisse nicht ausreicht und dass zu ihrer Ergänzung Versuche unerlässlich sind", — een conclusie, die na alles wat tot dezen dag gepubliceerd werd, gehandhaafd moet blijven. Von Borries raadde zelfs voor elke nieuwe locomotief, eenmaal uitgerust zijnde met de gunstigst mogelijke schoorsteenafmetingen, de beproeving bij volle machinebelasting aan met vijf verschillende exhaustdoorsneden; hij zeide: „Ich habe solche Versuche stets angestellt" — en dat na de grootsch opgezette onderzoekingen van hem en Goss! In genoemd boek is dan ook de vroeger door von Borries reeds een paar malen in gewijzigde gedaante opgestelde formule voor de berekening van de exhaustmiddellijn wijselijk weggelaten en werd alleen nog een uitdrukking gegeven voor de keeldoorsnede van den schoorsteen met een, voor afwijkende ketelverhoudingen variabelen coëfficiënt, die gebaseerd was op de voortgezette onderzoekingen van Troske.

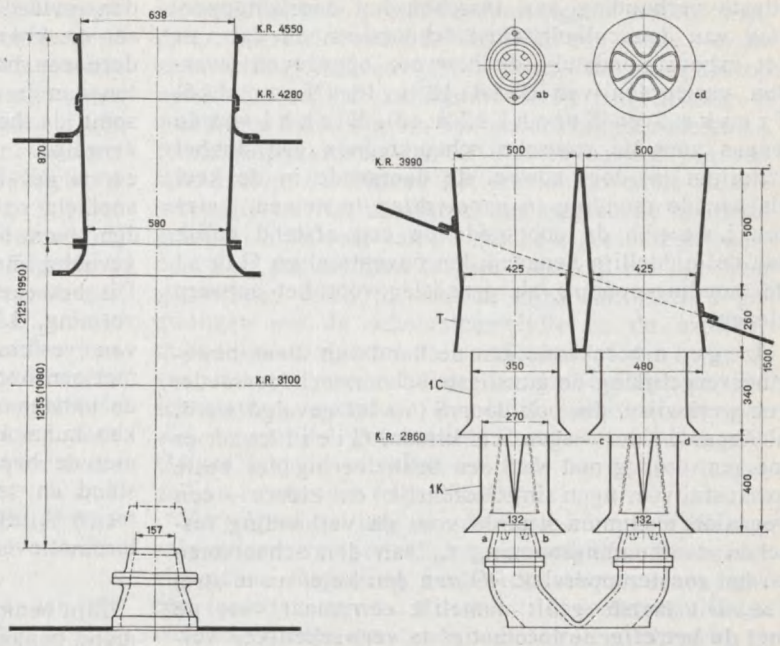



*Fig. 6. Schwere 2 C 1 Einheits-Schnellzuglokomotive, Reichsbahn : 01, Zwillingsbauart — 02, Vierzylinderverbund. RO = 4.5 m², VOk = 247 m², fm : RO = 1 : 14.1, xm = 1 : 4.42/4 05, f1 = 194 cm². „Cock o' the North" — 2-8-2 three cylinder locomotive, L.N.E.R. RO = 4 65 m², VOk = 252 m², 2 · fm : RO = 1 : 11.8, xm = 1 : 4.08, 2 · f1 = 2 · 105/15 = 210/30 cm² ? (Kylchap).*

Nadien is bij het ontwerp de schoorsteen het punt van uitgang gebleven. Met behulp van de door de latere onderzoekers gegeven berekeningsgrondslagen kunnen dan verder de exhaustafmetingen bij meer of minder groote benadering gevonden worden. De definitief gunstigste vrije doorlaat van het exhaustmondstuk zal tenslotte steeds experimenteel te bepalen zijn. Sub (6) wordt deze gang nader uitgewerkt.

Hier rest nog slechts de aanteekening, dat van de nieuwste onderzoekers alleen Chapelon een van de boven weergegevene afwijkende theoretische afleiding gaf, die, hoewel zeker waardevol, te dezer plaatse gevoegelijk buiten bespreking kan blijven, omdat zij voor het aan dit artikel gestelde doel geen beter inzicht brengt. De schrijver hoopt in een latere publicatie gelegenheid te vinden om wat dieper in te gaan op Chapelon's beschouwingen.

(6) *Het ontwerp.* — Wat betreft de gunstigste schoorsteenafmetingen loopen de conclusies van de verschillende experimentators nogal uiteen. Dit moge uit de onderstaande compilatie blijken. Men redt zich uit de hieruit voortvloeiende impasse door zich in het bijzonder te richten naar de nieuwste onderzoekingen.

De theoretische ontwikkelingen, waarbij de wrijvingsweerstanden verwaarloosd worden, geven geen uitsluitsel over de meest effectieve schoorsteenlengten. Deze laatste zal men daarom af moeten leiden uit het experiment. Nu voerden de proefnemingen unaniem tot de gevolgtrekking, dat bij de tegenwoordige schoorsteenen een verlenging altijd voordeelig is; dit geldt dan vooral voor de conische schoorsteenen. Door eenige onderzoekers werd nadrukkelijk een gunstigste verhoudingscijfer aangegeven voor de lengte ten opzichte van de middellijn en wel door Zeuner van 3—30 ?, Nozo 7—8, Gairns e.a. 4—6 en Legein 6—8 diameters. Hierin ligt opgesloten, dat de wandwrijving eerst bij grootere lengten van den schoorsteen een afname van het exhaustrendement zal veroorzaken. Bij de moderne locomotieven met hooggelegen ketels zullen de genoemde grenswaarden nooit te verwerkelijken zijn, zoodat voor deze het criterium van de wandwrijving vervalt, omdat dit blijkbaar van weinig beteekenis is.

Een belangrijke maatstaf voor het ontwerp is de *mondingsdoorsnede van den schoorsteen.* Enkele van de oudere onderzoekers bevalen een bepaalde gun-

stigste verhouding aan tusschen het doorlaatoppervlak van den cylindrischen schoorsteen en dat van het exhaustmondstuk; de hiervoor opgegeven waarden varieerden van 9 tot 12 à 13 (Nozo 11,5, Troske 9 en Strahl 12 à 13). Strahl voerde tevens voor de conische schoorsteenen een dubbel criterium in, door zoowel de doorsnede in de keel als aan de monding in aanmerking te nemen. Later zou Legein de doorsnede op een afstand gelijk aan de middellijn beneden den bovenrand en Giesl de mondingsopening als grondslag voor het ontwerp kiezen.

Legein berekende aan de hand van diens bewegingsvergelijking de gunstigste schoorsteendoorsnede, een werkwijze, die ook door Strahl gevolgd werd, al liepen beider wegen iets uiteen. Giesl kwam er toe om — op grond van een bestudeering der beste exhaustuitvoeringen in Oostenrijk en elders — een bepaalde maximum waarde voor de verhouding tusschen de mondingsopening $f_m$ van den schoorsteen en het roosteroppervlak *RO* van den ketel na te streven. Dit laatste geeft namelijk een maat voor de met de betreffende locomotief te verwerkelijken verbranding en stoomproductie, d.z. de hoeveelheden rookgassen en stoom, welke door den schoorsteen afgevoerd moeten worden. Het energieverlies in de buitenlucht is dus binnen redelijke grenzen te houden door de schoorsteenopening aan te passen aan het roosteroppervlak. Giesl gaf waarden voor $f_m : RO$ tusschen 1 : 12 en 1 : 15, — de laagste voor groote hooggelegen ketels. Deze verhoudingscijfers zijn, evenals de door Strahl en Legein ontwikkelde berekeningswijzen, theoretisch gefundeerd, echter reeds met inachtname van de beperking, die met de beide laatste methoden noodzakelijk wordt, wanneer de gevonden gunstigste schoorsteenopening te ruim zou blijken om nog te voldoen aan den eisch van een goede opvulling door den stoomstraal met een constructief niet laag genoeg te plaatsen exhaustmondstuk.

Is nu de gunstigste schoorsteenopening langs een der genoemde wegen bepaald, dan kan verder met behulp van de algemeene energievergelijkingen (von Borries, Strahl, Legein, Giesl, Chapelon) de voor een goede stoomvorming vereischte *vrije doorlaat van het exhaustmondstuk* met benadering berekend worden. Hierbij is het o.m. noodig om een gemiddelde waarde in te voeren voor de verhouding tusschen de hoeveelheden aangezogen verbrandingsgassen en exhauststoom. Men kan daarvoor gebruik maken van door anderen gepubliceerde cijfers of zelf een waarde berekenen. Dit zijn zeker belangrijke detailkwesties, die echter te dezer plaatse buiten bespreking kunnen blijven. Uit het sub (5) medegedeelde moge het namelijk duidelijk zijn geworden, dat een exacte oplossing van dit probleem niet uitvoerbaar is. Voor den algemeenen gang van het ontwerp zal het ook reeds voldoende zijn, wanneer de middellijn van het exhaustmondstuk met redelijke nauwkeurigheid vastgesteld kan worden. De definitieve instelling moet tenslotte plaats hebben op grond van een beproeving in het bedrijf.

Hier is alleen een opmerking in te lasschen over den invloed van de temperatuur van den stoom. Bij een merkbare oververhitting van den exhauststoom zal deze een belangrijk grooter soortelijk volume bezitten dan in het geval, dat hij als natstoom met een somtijds hoog vochtgehalte uit zou stroomen. Bij eenzelfde mondstuk en ketelproductie zal in het eerste geval een grootere exhaustpijpdruk en stoomsnelheid optreden, d.w.z. de kinetische energie van den stoom bij het verlaten van de monding bijwijlen gevoelig meer bedragen dan in het tweede geval. Dit beteekent, dat voor een gelijkwaardige stoomvorming, d.i. voor ongeveer elkaar dekkende graden van verbrandingssnelheid, de locomotieven, welke met een oververhitter zijn uitgerust, ten opzichte van de natstoommachines met ruimere exhaustmondstukken kunnen rijden. Uit de praktijk is gebleken, dat, met de beperkingen door de veranderde ketelweerstand en verdamping, deze verruiming toch nog 10 tot 15 % uit kan maken ten gunste van de heetstoomlocomotieven.

Zijn eenmaal de schoorsteenopening en de exhaustmond bepaald, dan zal daarna te onderzoeken zijn of deze laatste laag genoeg gemonteerd kan worden om nog een goede *schoorsteenvulling* door den uitstroomenden stoomstraal op te leveren. Men kan hierbij gevoegelijk de proefresultaten uit de negentiende eeuw terzijde stellen, omdat zich bij de toenmaals in zwang zijnde lange schoorsteenen practisch het geval van een te ruime opening niet heeft voorgedaan. Eerst von Borries en Goss zouden dit probleem meer bewust in onderzoek nemen en de gunstigste coniciteit van den stoomstraal trachten vast te leggen. Zij wilden in het bijzonder te weten komen, welk maximum toelaatbaar was, opdat bij de in hoofdafmetingen groeiende locomotieven met de ruimst mogelijke schoorsteenen gereden kon worden, d.i. met de kleinste uittredeverliezen, zonder dat door een overdrijving in de schoorsteenwijdte, met als gevolg een onvoldoende snelheid van den stoom en de gassen langs den wand, de gunstigste zuigwerking weer benadeeld zou worden door om den rand inwervelende buitenlucht.

Behalve von Borries en Goss gaven ook de latere onderzoekers — op grond van hun proefuitkomsten — verschillende werkwijzen aan om de meest effectieve instelling van het exhaustmondstuk ten opzichte van den schoorsteen te bepalen. Met benadering komen deze daarop neer, dat de fictieve kegel tusschen den omtrek van het mondstuk en de schoorsteenopening, respectievelijk met de middellijnen $d_1$ en $d_m$ — en een onderlingen afstand $h$, een coniciteit $x_m$ van circa 1 : 5 moet bezitten, of in een formule uitgedrukt: $(d_m - d_1) : h = 1 : 5$.

In werkelijkheid stroomt de stoomstraal met een coniciteit van 1 : 2,5 à 3 uit het mondstuk en gaat hoogerop vrij markant over in een conus van ca. 1 : 6, om bij de gunstigste exhaustinstelling het bovenste gedeelte van den schoorsteen op te vullen. Strahl leidde deze waarden af uit fotografische opnamen van het verloop van den stoommantel in de rookkast.

Troske raadde aan om met het lager plaatsen van het mondstuk zoover te gaan, totdat de volgens hem met een coniciteit van 1 : 2,5 uitstroomende

stoomstraal juist de keel van den tapschen schoorsteen opvult. Strahl koos een instelling tusschen twee grenswaarden; de gemiddeld door hem aanbevolen montage dekt vrijwel het voor het boven neergeschreven criterium benaderend aangenomen cijfer 1 : 5. Giesl gaf hiervoor waarden op tusschen 1 : 4,5 en 1 : 5. Bij de gunstigste schoorsteenen van Young varieerden deze verhoudingscijfers van 1 : 4,5 tot 1 : 4,8. Passen wij tenslotte dit criterium toe op de nieuwste door Chapelon voor eenige Engelsche locomotieven ontworpen exhaust-schoorsteenuitvoeringen, dan vinden wij daarvoor waarden tot 1 : ruim 4. Legein nam als maatstaf de doorsnede van den schoorsteen aan op een afstand $d_m$ onder den bovenrand en stelde den eisch, dat de fictieve kegel tusschen den omtrek van het exhaustmondstuk en deze doorsnede 1 : 5 zou bedragen, hetgeen ongeveer overeenkomt met een verhoudingscijfer van 1 : 6 à 7 volgens hooger vermeld criterium, afhankelijk van de meerdere of mindere coniciteit van den schoorsteen.

Beschouwen wij hiernaast de als *fig. 1* aan dit artikel toegevoegde karakteristieken van het groote aantal in het bedrijf beproefde en definitief gewijzigde Duitsche locomotieven, dan blijkt uit *Abb. 24*, dat met een toename van den vrijen doorlaat van het exhaustmondstuk de stoomkegel zich bij de experimenteel bepaalde gunstigste exhaustinstelling meer uitbreidt. Aan de hand van deze figuur zijn nu de volgende conclusies te trekken: Strahl's methode blijft aanvaardbaar voor exhaustdiameters tusschen 130 en 160 mm, — bij de door hem onderzochte ketels lagen de exhaustmiddellijnen grootendeels binnen de genoemde grenzen. De door Giesl en Young gevonden waarden strekken zich uit over het gebied van de grootste ketelafmetingen. Het feit, dat Chapelon relatief ten opzichte van de hoogte zeer ruime schoorsteenopeningen toepast, is te verklaren uit de groote spreiding van den stoomstraal met behulp van de zoogenaamde Kylchap-„ajutages". Ook Young bereikte met de door hem beproefde gedeelde exhaustmondstukken de beste resultaten met een verwijding van de schoorsteenmonding. De door Legein uit diens experimenten afgeleide kleine coniciteit van den stoomstraal is begrijpelijk, omdat hij met een zeer klein model werkte; zijn berekeningsmethode zal voor exhaustdiameters grooter dan 80 — 100 mm te ongunstige schoorsteenafmetingen opleveren.

Op grond van de bovenstaande en de nog volgende overwegingen moet het dan ook afgeraden worden om de door de experimentators voorgeschreven werkwijzen consequent te volgen, doch beroepe men zich hiernaast vooral op de nieuwste resultaten van de proefbureau-onderzoekingen, — die meestal een veel ruimer arbeidsveld bestrijken, dan de laboratoriumexperimenten, — wil men de zekerheid hebben, dat de gunstigste afmetingen ingevoerd worden. Zoo is reeds gebleken, dat voor de Indische locomotiefverhoudingen een dankbaar gebruik te maken zal zijn van de gereproduceerde Duitsche karakteristieken.

Wij nemen nu aan, dat bij het ontwerp van de meest effectieve schoorsteenopening en exhaustmonding constructief aan den eisch van een goede schoorsteenvulling voldaan kan worden, wat dus daarop neerkomt, dat het exhaustmondstuk laag genoeg te monteeren moet zijn om den noodzakelijken afstand $h$ te verwerlijkelijken van af den bovenrand van den schoorsteen, die binnen het profiel van vrije ruimte moet blijven. Het mondstuk mag volgens de nieuwste practijk in de voet van de rookkast gemonteerd worden. Zou ook bij deze laagste plaatsing niet aan den genoemden eisch te voldoen zijn, dan is men gedwongen om de schoorsteenwijdte en de exhaustmiddellijn eenigszins te verkleinen of om over te gaan tot een verdubbeling van den exhaust en den schoorsteen, waardoor de individueele afmetingen van de parallel geschakelde constructies belangrijk kleiner kunnen uitvallen en toch het hoogst mogelijke rendement te realiseeren is.

Vervolgens zal nog de gunstigste *coniciteit van den schoorsteen* vastgesteld moeten worden. De meest algemeene toepassing vinden de schoorsteenen met een coniciteit van 1 : 10 tot 1 : 12, welke o.m. aanbevolen worden door von Borries, Symington, Strahl, Giesl en Young. Een verkleining van de divergentie tot 1 : 15 heeft practisch geen invloed op de exhaustwerking, mits men hiermede dan niet verder gaat. Voor de korte schoorsteenen laat Giesl een grootere coniciteit tot 1 : 8 toe.

Voor de sterk tapsche schoorsteenen, tot 1 : 6, constateerde von Borries, dat deze vooral bij een zwaardere belasting van de locomotief een stootende zuigwerking opleveren, en wel in combinatie met een normaal exhaustmondstuk met volle opening. Hierdoor ontstaat een belangrijke overgang van sintels, d.i. onverbrande steenkooldeeltjes naar de rookkast, dus een sterke afname van het ketelrendement.

Niettemin vinden deze schoorsteenen een ruime toepassing in Amerika en Frankrijk. In laatstgenoemd land zijn zij reeds van oudsher in zwang. Hun succes zal toegeschreven moeten worden aan het feit, dat de Fransche locomotieven langen tijd uitgerust waren met vrij korte schoorsteenen en met hooggeplaatste exhaustmondstukken, waarvan de vrije doorlaat met behulp van verstelbare konussen of wiggen binnen ruime grenzen regelbaar was; door deze in de mondstukken aanwezige onderdeelen werd een grootere spreiding aan den stoomstraal gegeven. Eenzelfde effect wordt tegenwoordig bereikt met de zoogenaamde Kylchap-„ajutages", welke eveneens een geleidelijk optredend contact tusschen den stoommantel en den wand van het bovenste, sterk conische schoorsteengedeelte bewerkstelligen (constructie van Chapelon, zie *fig. 6*). In Amerika werd door de A. R. M. M. A., onder medewerking van Goss, een coniciteit van 1 : 6 aanbevolen in het standaardmodel voor de rookkast. In dit land vinden de regelbare exhausten weinig toepassing. Het gesignaleerde nadeel van de sterk tapsche schoorsteenen is daar blijkbaar ondervangen door een ruim gebruik van vaste wiggen, hetzij als enkele brug, hetzij als vier aangelaschte keggen langs den omtrek van de exhaustmonding. Tevens treft men bij vele Amerikaansche schoorsteenen de groote coniciteit alleen in het bovenste gedeelte van den schoorsteen aan, met een voorgescha-

keld langer of korter cylindrisch stuk (zie voor den bedoelden vorm *fig. 3*).

In ieder geval verdient een coniciteit tot 1 : 6 geen aanbeveling voor normale uitvoeringen, — zoodanige schoorsteenen zijn ook zeer gevoelig voor één bepaalde gunstigste exhaustinstelling —, doch passe men bij voorkeur coniciteiten toe van 1 : 10 tot 1 : 12, waarbij nog een merkbare speling in den exhauststand toelaatbaar is, zonder dat de beste zuigwerking geschaad wordt. Om laatstgenoemde reden zijn zelfs de Duitsche eenheidsketels met gelijkvormige schoorsteenen met een divergentie van 1 : 15 uitgerust, wanneer deze zoowel op tweeling-, als op drie- of vierlingmachines toepassing vinden; bij de meercylinderlocomotieven moet het spruitstuk van de exhaustpijp in de rookkast aangebracht worden en zal hierdoor de exhauststand noodgedwongen iets hooger uitvallen (zie *fig. 6*).

Tenslotte rest dan in het ontwerp de bepaling van de gunstigste *lengte van den schoorsteen*. Tevoren werd verschillende malen het feit gestipuleerd, dat vooral sedert de eeuwwisseling, met de toename van de ketelhoogten en de daarmede gepaard gaande sterke verkorting der buitenschoorsteenen, het vraagstuk van de meer of mindere verlenging in de rookkast aan de orde kwam. Enkele van de nieuwere onderzoekers spraken zich met betrekking tot deze materie zeer gedecideerd uit ten gunste van zoo lang mogelijke schoorsteenen, slechts met de beperking, dat de afstand tusschen den schoorsteenvoet en het exhaustmondstuk niet beneden een bepaald minimum komt. Goss, Symington en Troske concludeerden uit hun proefnemingen, dat de meest effectieve exhaustwerking wordt verkregen, wanneer deze afstand van 1,2 tot maximaal 1,5 maal de keelmiddellijn van den schoorsteen bedraagt. Voor de beste door Yonug verkregen resultaten varieerde dit verhoudingscijfer tusschen 0,9 en 1,5, waarbij de hoogere waarden sloegen op de schoorsteenmodellen met een toenemende afronding van den inloop.

Giesl raadde een langen inloop met een zeer geleidelijke convergentie aan en voelde zich hierbij niet gebonden aan een bepaalden afstand van het mondstuk, al erkende hij, dat met een slechts geringe afronding van den inloop deze afstand beslist klein moest zijn om een goede natuurlijke strooming van de gassen te verkrijgen (typisch Amerikaansche uitvoering, zie linker schoorsteen van *fig. 3*). Ook Legein en Strahl waren minder gedecideerd in hun uitspraak; wel achtte Strahl een zekere schoorsteenlengte noodig, wilde een niet te plotselinge, met wervelingen verbonden overgang van het vacuum in de rookkast tot op den atmosferischen druk aan de schoorsteenmonding plaats grijpen.

Door het Indische proefbureau verrichte experimenten met toenemende verlengingen van den schoorsteen in de rookkast bij locomotief No. 1323 bevestigden hoogergenoemde waarnemingen. Toegepast werd een exhaust met een vrijen doorlaat van 150 cm², welke 1 865 mm onder de schoorsteenmonding was gemonteerd. De stoomvorming was met de schoorsteenlengten van 850, 1 200 en 1 450 mm respectievelijk onvoldoende, uitmuntend en bij wijlen overdadig. De winst in de vacuum — tegendruk karakteristiek was tuschen de beide laatste lengten slechts onbelangrijk. De grenswaarde is dan ook alleen van theoretisch belang, omdat men met het oog op een goede ontwikkeling van den verplichten vonkenvanger de afstand tusschen het exhaustmondstuk en den schoorsteenvoet ruimer zal kiezen, waarbij de onbelangrijke afname in het vacuum binnen den vonkenvanger, door eenige verkorting van den schoorsteen, gecompenseerd wordt door een verminderden stroomingsweerstand in het grootere vonkennet. Om deze reden heeft het proefbureau, o.m. in navolging van de Duitsche uitvoeringen, een schoorsteenlengte als norm genomen, voor welke de inloop op de hoogte van den bovenrand van het nest vlambuizen ligt. Op genoemden grondslag laten zich bij de S.S. locomotieven nog schoorsteenlengten van 1 000 tot 1 100 mm verwerkelijken (zie *fig. 7*, vgl. met Duitsche constructie *fig. 6*).

*SLOT.* — Gemotiveerd door de in dit artikel overgelegde studies, volgt de schrijver, als leider van het Indische proefbureau, bij diens onderzoekingen naar de gunstigste exhaust-schoorsteenverhoudingen voor de S.S. locomotieven, de hieronder beschreven geabstraheerde werkwijze.

Nagestreefd worden schoorsteenen met een mondingsopening $f_m$, welke zich verhoudt tot het roosteroppervlak *RO* van den betreffenden ketel als 1 : 13 tot 1 : 15. In verband met de beperkte bouwhoogte in het S.S.-profiel van vrije ruimte, kan hierbij slechts voor de locomotieven met roosteroppervlakken tot ruim 3 m² nog met enkelvoudige schoorsteenen voldaan worden aan den eisch, dat het exhaustmondstuk constructief laag genoeg te plaatsen is om een goede schoorsteenvulling op te leveren. Daar met meerdere reeds uitgevoerde wijzigingen de verbetering in den

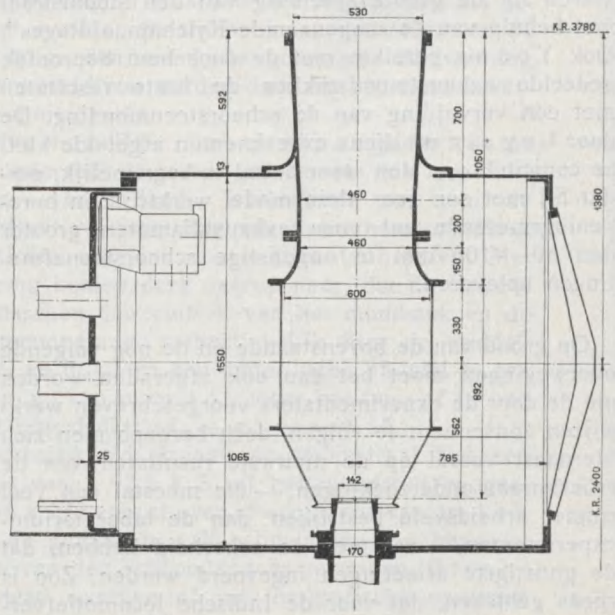



*Fig. 7. 2 C 2 tweeling sneltrein-tenderlocomotief, serie 1300 der S.S. RO = 3 m², VOk = 130.5 m², fm : RO = 1 : 13.6, xm = 1:5, f1 = 150 cm².*

vrijen doorlaat $f_1$ van het exhaustmondstuk tusschen 35—45% bedroeg ten opzichte van den oorspronkelijken toestand, is voor elk ontwerp de middellijn $d_1$ van de nieuwe exhaust met groote benadering in te voeren en wel afgeleid uit de bestaande, in het bedrijf beproefde afmeting. De afstand $h$ beneden de schoorsteenmonding, met de middellijn $d_m$, is te bepalen aan de hand van *fig. 1;* wordt de gunstigste coniciteit $x_m$ van den fictieven kegel $(d_m - d_1) : h$, als functie van de exhaustdoorsnede $f_1$, uit *Abb. 24* overgenomen, dan is een nog goede schoorsteenvulling door den uitstroomenden stoomstraal gewaarborgt. Toegepast wordt voor den schoorsteen een coniciteit van 1 : 10. Door verder den voet van den schoorsteen gelijk te leggen met den bovenrand van het nest vlambuizen zijn schoorsteenlengten van 1 000 tot 1 100 mm te verwerkelijken. Zij worden uitgevoerd met een ruim afgeronden inloop van 150 mm met een cylindrischen overgang van 100 tot 200 mm lengte naar den conischen uitloop.

Tenslotte kunnen bij een grondig onderzoek door het proefbureau van de volgens bovenstaande normen ontworpen exhaustschoorsteenverhoudingen slechts kleine veranderingen in den vrijen doorlaat $f_1$ van het exhaustmondstuk en in den afstand $h$ vanaf de schoorsteenmonding noodzakelijk blijken, om de best mogelijke stoomvorming te verkrijgen.

In latere bijdragen hoopt de schrijver respectievelijk alle bij de S.S. locomotieven tot stand gebrachte schoorsteenverbeteringen aan een meer gedetailleerde analyse te onderwerpen. Te dezer plaatse zijn alleen een paar korte opmerkingen te maken bij de *figuren 7* en *8*.

*Fig. 7* heeft betrekking op de dit jaar bij alle — in het bijzonder voor de nieuwe sneldiensten benutte — 2 C 2 tweelinglocomotieven der serie 1300 aan te brengen exhaustschoorsteenwijziging, die tevens voor het lage S.S.-bouwprofiel het grensgeval uitmaakt, waarbij nog met een enkelen schoorsteen de gunstigste exhaustwerking te realiseeren is; de ketels van deze machines bezitten een roosteroppervlak van 3 m². Men vergelijke hiernaast de Duitsche uitvoering, *fig. 6*, waaruit volgt, dat een hooger bouwprofiel veel ruimere mogelijkheden biedt.

*Fig. 8*, welke de in 1928 beproefde en in 1930—'31 volledig afgebouwde wijziging bij de 1 D + D Mallet-compound locomotieven der series 1200/50 — met een roosteroppervlak van 4,1 m² — weergeeft, moge als typisch voorbeeld gelden voor de noodzaak van de toepassing van een dubbelen schoorsteen (vgl. de Engelsche uitvoering, *fig. 6*). Bij het ontwerp hiervan werd de afstand $h$ bepaald volgens Strahl's methode, d.i. uitgegaan werd van $x_m = 1 : 5$. Het onderzoek leverde de beste resultaten op met een verruiming van het exhaustmondstuk en de toepassing van vier wiggen met een breedte van 20 mm — later vergroot tot 25 mm bij geringe verkorting —, wat erop wees, dat een te ruime schoorsteenopening was verwerkelijkt. Constructief waren de exhaustmondingen niet lager te plaatsen en moest dus de meest effectieve schoorsteenvulling tot stand worden gebracht door het geven van een grootere spreiding aan de stoomkegels met behulp van keggen. Genoemde ervaring, die dus een beperking van Strahl's

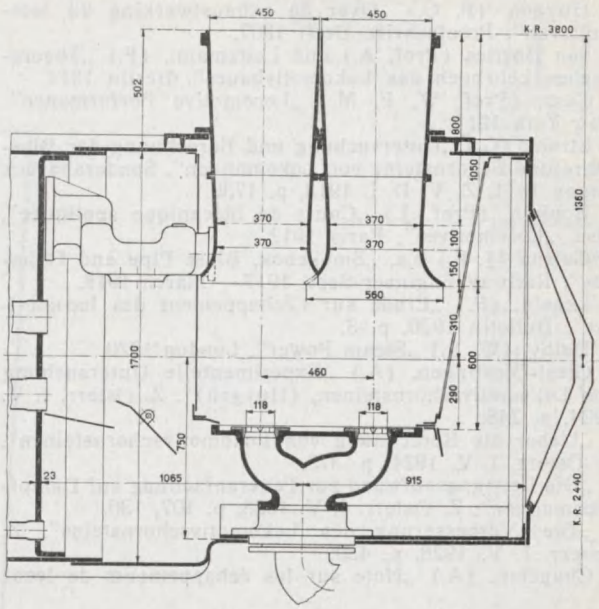



*Fig. 8. 1 D + D Mallet-compound-locomotief, serie 1200/50 de, S.S. RO = 4.1 m², VOk = 195 m², 2 · fm : RO = 1 : 12.9, xm = 1 : 4.97, 2 · f1 = 2·90 = 180 cm².*

methode inhield, dekt zich volkomen met de later, in 1930, door Nordmann gepubliceerde karakteristiek *Abb. 24*, weergegeven in *fig. 1*. Bij toepassing van de volle opening van 90 cm² zonder wiggen, of $d_1 = 107$ mm, hadden de exhaustmondstukken minstens 2 m onder de schoorsteenopeningen moeten liggen ($x_m = 1$ : ruim 6).

## LITERATUUR.


Zeuner. (Prof. Dr. G.) „Das Lokomotivenblasrohr". Zürich 1863.

Nozo (A.) et Geoffroy. (O.). „Essais sur l'échappement des locomotives". Mémoires de la Société des ingénieurs civils, 1864.

Prüsmann. (A.) „Die Konstruktion der Lokomotiv-Essen". Organ 1865, p. 97.

Zeuner. (Prof. Dr. G.) „Die Wirkung des Blasrohr-Apparates bei Lokomotiven mit konisch-divergenter Esse". Zivilingenieur 1871, p. 1.

Grove. „Die Zugwirkung des Blasrohres". Handbuch für spezielle Eisenbahn-Technik. Leipzig 1875, Bd. III, p. 138.

Troske. „Die vorteilhaftesten Abmessungen des Lokomotiv-Blasrohres und -Schornsteines". Glaser's Annalen 1895, p. 24, 47, 61, 81, 101, 117, 130, 139, 180 en 193. 1896, p. 55.

Goss. (Prof. W. F. M.) „A glimpse on the exhaust jet". Railroad Gazette 1895, p. 737. American Railway Master Mechanic's Association. „Report on exhaust and steam passages". Reports of Proceedings 1896. Railroad Gazette 1894, p. 516. 1896, p. 196, 304 en 466.

von Borries. (A.) „Versuche mit Blasrohren und Schornsteinen der Lokomotiven". Organ 1896, p. 14, 29, 49 en 140. Bulletin 1897, p. 897.

Sauvage. (Ed.) „De la question de l'échappement et du tirage dans les locomotives". Bulletin 1900, p. 3.

Goss. (Prof. W. F. M.) „Tests on front-end arrangements at the University of Purdue". American Engineering and Railroad Journal 1901, p. 318, 335. 1902, p. 4, 33. 1903, p. 71, 149, 327.

Symington. „Tests on a front-end model". Paper abstracted in Railroad Gazette 1903, p. 774.

von Borries (Prof. A.) „Versuche mit Lokomotiv-Schornsteinen und Blasrohren, ausgeführt an der Purdue Hochschule". Organ 1903, p. 246. 1904, p. 33.

Huygen. (F. C.) „Over de exhaustwerking bij locomotieven". Proefschrift. Delft 1907.

von Borries (Prof. A.) und Leitzmann. (F.) „Theoretisches Lehrbuch des Lokomotivbaues". Berlin 1911.

Goss. (Prof. W. F. M.) „Locomotive Performance". New York 1911.

Strahl. (G.) „Untersuchung und Berechnung der Blasrohre und Schornsteine von Lokomotiven". Sonderabdruck Organ 1911. Z. V. D. I. 1913, p. 1739.

Boulvin. (Prof. J.) „Cours de Mécanique appliquée", fasc. „Locomotives". Paris 1912.

Gairns (J. F.) e.a. „Smokebox, Blast Pipe and Chimney". Railway Engineer Sept. 1917 — March 1918.

Legein. (F.) „Etude sur l'échappement des locomotives". Bulletin 1920, p. 3.

Dalby. (W. E.) „Steam Power". London 1920.

Giesl-Gieslingen. (A.) „Experimentelle Untersuchung von Lokomotivschornsteinen, (Huygen)". Z. Österr. I. V. 1924, p. 248.

„Ueber die Berechnung von Lokomotivschornsteinen". Z. Österr. I. V. 1924, p. 373.

„Die Leistungsaufwand zur Feueranfachung auf Dampflokomotiven". Z. Österr. I. V. 1928, p. 107, 130.

„Die Verbesserung des Lokomotivschornsteins". Z. Österr. I. V. 1928, p. 439.

Chapelon. (A.) „Note sur les échappements de locomotives". Revue générale des Chemins de Fer 1928 II, p. 191, 283.

Wagner. (R. P.) „Die neuere Entwicklung des Lokomotivkessels bei der Deutschen Reichsbahn". Z. V. D. I. 1929, p. 1217.

Nordmann. (Prof. H.) „Die Zugerzeugung im Lokomotivkessel". Organ 1930, p. 234.

Godfernaux. (R.) „Progrès réalisés dans l'échappement des locomotives". Bulletin 1933, p. 347.

Armstrong. (Geo. W.) „Improving Draft Efficiency". Railway Mechanical Engineer 1930, p. 499. Monatsschrift 1933, April.

Young. (E. G.) „A Study of the Locomotive Front End, including Tests of a Front-End Model". University of Illinois, Bulletin No. 256, 1933.

Afkortingen: Organ = Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

Bulletin = Bulletin de l'Association Internationale du Congrès des Chemins de Fer.

Monatsschrift = Monatsschrift der Internationalen Eisenbahn-Kongress-Vereinigung.

Z. Österr. I. V. = Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines.

Z. V. D. I. = Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.

2e JAARGANG
NUMMER 7

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JULI
1935

## IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

## „DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: Bemerkungen zur fossilen Säugetierfauna Javas. I, von Dr. G. H. R. von Koenigswald. — Economische mededeelingen.

# Bemerkungen zur fossilen Säugetierfauna Javas. I

von

Dr. G. H. R. VON KOENIGSWALD, Bandoeng.

(mit 4 Textfiguren).

Der schlechte ökonomische Zustand und andere Umstände haben zu einer erheblichen Einschränkung des geologischen Dienstes in Niederländisch-Indien geführt, der auch die Stellung des Verf. zum Opfer gefallen ist. Dass er seine Arbeiten wenn auch auf sehr beschränkter Basis abschliessen und fortsetzen konnte, ist ihm nur möglich gewesen durch eine Unterstützung, die ihm die Koninklijke Akademie van Wetenschappen (Insulindefonds), Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap und die Maatschappij tot Bevordering van het Natuurkundig Onderzoek der Nederlandsche Koloniën zu Teil werden liessen. Den genannten Gesellschaften und insbesonders Herrn prof. dr. L. M. R. Rutten spricht Verf. auch an dieser Stelle seinen ergebensten Dank für ihre selbstlose Hilfe aus.

Unter dem oben genannten Titel beabsichtigt Verf. einige Arbeiten zu veröffentlichen, deren Resultate von Bedeutung sind für die Kenntnis der Stratigraphie Javas und für die im Gange befindliche Kartierungsarbeit.

### Über das Vorkommen von *Nestoritherium* und *Hyaena* in der Djetis-Fauna Mittel-Javas.

Eine genauere Kenntnis der Schichtenfolge in Mittel- und Ost-Java und ein systematisches horizontiertes Aufsammeln von Resten fossiler Säugetiere hat es möglich gemacht, verschiedene gut unterscheidbare Säugetierhorizonte fest zu legen, die nicht nur von palaeozoologischer, sondern in erster Linie von stratigraphischer Bedeutung sind, sind doch gerade fossile Säugetiere besonders gute Leitfossilien. Von allen javanischen Säugetierfaunen darf gerade die kürzlich vom Verf. aufgestellte Djetis-Fauna besonders Interesse beanspruchen, da sie von allen vielleicht die weiteste Verbreitung besitzt und zudem noch aus Schichten stammt, die von den jüngeren tektonischen Bewegungen mit betroffen sind und die bei der Stratigraphie der Petroleumgebiete z.B. bei Soerabaja eine hervorragende Rolle spielen.

In dieser Zeitschrift (I, pag. 185 (IV)) hat Verf. bereits früher eine vorläufige Liste der bisher aus dem Djetishorizont bekannten Säugetierarten publizieren können und darauf hinweisen müssen, dass diese Fauna im Vergleich mit den Säugetierfaunen Asiens auf Altpleistocän weist, während die aus den gleichen Schichten bei Modjokerto stammende marine Molluskenfauna auf Grund der hypothetischen Prozentzahlen nach Martin ins allerjüngste Pliocän zu stellen wäre.

So ist diese Fauna aufs engste mit dem Problem der Grenzziehung Pliocän-Pleistocän verknüpft. Aus neueren Funden liegen nun dem Verf. Reste zweier bisher von Java noch nicht bekannter Säugetierarten vor, die nicht nur unsere palaeozoologische Kenntnis erweitern, sondern auch im Zusammenhang mit dem eben aufgeworfenen Problem von Bedeutung sind, und die darum hier kurz besprochen werden sollen.

Wir beginnen mit den Resten von *Nestoritherium*. Diese Gattung gehört zu den Chalicotherien, einer völlig erloschenen Gruppe der Perissodactyla, die heute noch durch Tapir und Rhinoceros in der Fauna unserer Sundainseln vertreten ist. Die Chalicotherien — *Nestoritherium* unterscheidet sich von *Chalicotherium s. str.* lediglich durch das Fehlen eines Protoconulus an den oberen Molaren — waren etwa pferde-grosse Tiere, die durch den Besitz von gewaltigen Scharrkrallen ausgezeichnet waren. Diese Krallen erinnern ausserordentlich an die von *Manis* (sie dürften etwa Grösse und Form von denen von *Manis palaeojavanica* Dubois aus den gleichen Schichten besessen haben), so dass die ersten Funde von *Chalicotherium*-Endphalangen auch tatsächlich verwechselt und als Edentatenreste beschrieben worden sind. Doch geht die Ähnlichkeit zwischen beiden nicht über die Phalangen und Endphalangen hinaus. Die grossen Krallen dienten wohl wie bei *Manis* zum Ausscharren von Wurzeln, vielleicht auch zum Festklammern an umgestürzten Bäumen in Morastgebieten. Ein Kletterer ist *Chalicotherium* sicher nicht gewesen.

Die Chalicotherien waren weit verbreitet, doch sind die Reste dieser merkwürdigen Tiere immer grosse Seltenheiten. Von Java liegen bisher nur sehr fragmentäre Funde vor, doch lassen sich diese mit Sicherheit einer bereits bekannten Art zuweisen, dem

*Nestoritherium sivalense* Falc. & Cautl.

1837 *Anoplotherium sivalense* Falconer & Cautley Trans. Geol. Soc. London. Ser. II, Vol. V, pag. 502.
1843 *Anoplotherium sivalense* Falconer Proc. Geol. Soc. London, No. 98, Taf. II, Fig. 1, 2.
1847 *Chalicotherium sivalense* Falconer & Cautley Fauna antiqua Sivalensis, Taf. 80.
1859 *Nestoritherium sivalense* Kaup Beiträge etc. pag. 3.
1906 *Chalicotherium* sp. aff. *sivalense* Schlosser Bayr. Akad. Wiss. pag. 76, Taf. III, Fig. 7.
1914 *Circotherium sivalense* Holland & Peterson Mem. Carneg. Mus. Vol. III.
1932 *Nestoritherium sivalense* v. Koenigswald Palaeontographica, Supl. VIII, pag. 20.

Von Sangiran besitzt der Opsporingsdienst schon seit längerer Zeit aus der Sammlung von dr. van Es ein sehr schlecht erhaltenes Schädelbruchstück ohne Zähne, das lange als unbestimmbar zur Seite gelegt werden musste. Vor einigen Monaten erhielt Verf. nun durch Herrn Resident W. Maurenbrecher-Solo, dem er an dieser Stelle bestens danken möchte, den unteren Praemolaren eines Chalicotheriiden, und später gelang es Verf., noch einen weiteren unteren Molaren zu erhalten. Diese Zähne ermöglichten endlich eine Bestimmung.

Der Schädelrest ist so fragmentär, dass wir nur kurz auf ihn einzugehen brauchen. Die Schnauzenpartie fehlt, die Nasalia sind eingedruckt, und gleich hinter den Orbiten ist der Schädel durchgebrochen. Der ziemlich flache Schädel steigt nach hinten zu recht stark an; der höchste erhaltene Teil (etwa zwischen den Augen) liegt etwa 15 cm über dem Gaumen. So weit man sich ein Bild machen kann, scheinen die Jugalia sehr mächtig und die relativ kleinen Orbiten sehr hochgelegen gewesen zu sein.

Von den Zähnen sind wenigstens die Alveolen von $M^3$ — $P^3$ links und des rechten $M^3$ noch zu erkennen; der vor diesem gelegene, von den Zähnen eingenommene Teil der Maxilla ist weggebrochen. Die Länge der drei Molaren ist, in den Alveolen (aussen) gemessen, 92 mm.

Ein Vergleich unseres Stückes mit dem Schädel von *„Chalicotherium sivalense"* aus den Sivaliks ist leider nur sehr beschränkt möglich, da aus Indien vom Schädel ausser den Zahnreihen nur der vorderste Schnauzenteil bekannt ist (siehe: Fauna Antiqua Sivalensis, Tafel 80, Fig. 1), doch lässt dieses Stück schon durch die starke Neigung der Nasalia auf einen relativ hochgebauten Schädel schliessen. Die dort auf Fig. 3 nachgemessene Länge für die drei Molaren beträgt ebenfalls 92 mm.

Die Unterkieferzähne stimmen völlig mit denen überein, die Falconer abgebildet hat (loc. cit. Fig. 4). Die niedrigkronigen Zähne sind sehr einfach gebaut; sie bestehen im Grunde nur aus zwei halbmondförmig gebogenen Jochen. Diese bilden an ihrer Berührungsstelle eine Art flachen Pfeiler, sehr schwach an den Praemolaren, stärker an den Molaren. Das vorderste Joch zieht von der Aussenspitze zur vorderen Innenecke des Zahnes hinab, so dass der Zahn vier mehr oder weniger alternierende Spitzen aufweist. Der $M_3$ besitzt ausserdem ein umlaufendes schwaches, nur am Hinterende leicht verstärktes Basalband. Der $M_3$ ist 32 mm lang und 18 mm breit, bei $P_4$ sind die entsprechenden Masse 20 mm und 13 mm. Auch diese Zähne stimmen in der Grösse ganz mit Falconer's Originalen überein.

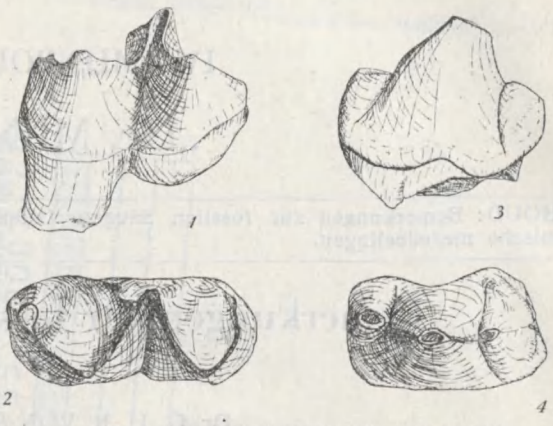


*Abb. 1—2. Nestoritherium sivalense Falc. en Cautl. letzter unterer rechter Molar.*
*Abb. 1. schräg von aussen*
*Abb. 2. von oben.*
*Abb. 3—4. Hyaena sinensis Owen. letzter unterer linker Praemolar.*
*Abb. 3. von aussen.*
*Abb. 4. von oben.*
*Aus dem Djetis-Horizont von Sangiran. 1/1 nat. Gr.*

Die zweite Art, mit der wir uns hier beschäftigen wollen, ist eine grosse Hyäne. Von ihr liegen nur zwei isolierte untere letzte Praemolaren ($P_4$) vor, ein rechter und ein linker, beide recht verschieden konserviert und sicher von zwei Individuen stammend. Beide Zähne lassen die gleichen Eigenheiten erkennen und gehören sicher zur gleichen Art.

Der grosse plumpe Haupthöcker ist etwas nach hinten geneigt und fällt steil nach hinten ab. Der kleine Vorderhöcker ist niedrig und kegelförmig, an den Haupthöcker sich anschmiegend, der ebenfalls kleine Hinterhöcker ist relativ niedrig und schneidend. Ein Basalband bildet eine schräge, den Zahn hinten abgrenzende Kante. Am linken vorliegenden $P_4$ bildet es noch hinter dem Hinterhöcker eine kleine selbständige Spitze (Tetartoconid). Vorder- und Hinterhöcker sind vom Haupthöcker deutlich abgegrenzt, als wären sie angesetzt.

Der Grösse nach können wir unsere *Hyaena* mit drei asiatischen Formen vergleichen: mit *Hyaena sivalensis* Falconer & Cautley aus den indischen Sivaliks, und mit *H. ultima* Matsumoto und *H. sinensis* Owen aus China. Von der erstgenannten Art unterscheiden sich unsere Zähne direkt dadurch, dass bei der indischen Art der Hinterhöcker einfach schneidend ist und ein hinteres Basalband fehlt, auch sind Hinter- und Vorderhöcker nicht so scharf vom Haupthöcker abgegrenzt. Die chinesischen Arten sind wichtiger für uns; ein ausgezeichnetes, erst kürzlich von Zdansky und Pei abgebildetes Material erleichtert den Vergleich. Auf Grund ihrer Arbeiten finde ich für diese untereinander sehr ähnlichen chinesischen Arten für den Bau des $P_4$ die folgenden Unterschiede: bei *Hyaena ultima* (Zdansky 1927, Taf. II, Figs. 4, 5; Pei 1934, Fig. 36) ist der Haupthöcker relativ niedriger, und sein Abfall nach hinten viel

weniger steil als bei *H. sinensis* (Zdansky 1925, Taf. III, Figs. 1, 2; 1928, Taf. IV, Figs. 4, 5). Besonders mit der erstgenannten Abbildung von *Hyaena sinensis* stimmen unsere Zähne völlig überein; der entsprechende Zahn der Arbeit von 1928 hat wohl einen etwas höheren Vorderhöcker, doch ist dieses Merkmal offensichtlich variabel, ebenso wie die Ausbildung eines Tetartoconids, der ja bei dem einen der vorliegenden Zähne ausgebildet ist, und beim anderen fehlt. Ein dergleicher überzähliger Höcker wird von Zdansky auch für *Hyaena ultima* angegeben.

Wir dürfen unsere Zähne ohne Bedenken der

*Hyaena sinensis* Owen.

1870 *Hyaena sinensis* Owen
Quart. Journ. Geol. Soc. London (XXVI) pag. 422, Taf. 28, Figs. 5-7.
1885 *Hyaena sinensis* Koken
Fossile Saugetiere Chinas. Palaeont. Abh. 3, Heft. 2, pag. 72-78, Taf. 6, Figs. 5-12.
? 1892 *Hyaena felina* Dubois
Natk. Tijdschr. Ned.-Indië, (LI), pag. 95.
? 1907 *Hyaena* Dubois
T. Kon. Ned. Aardr. Gen. (XXIV), pag. 454.
? 1908 *Hyaena bathygnatha* Dubois
T. Kon. Ned. Aardr. Gen. (XXV), pag. 1269.
1925 *Hyaena sinensis* Zdansky
Pal. Sinica, Ser. C, Vol. II, Fasc. 2, pag. 22, Taf. III, Figs. 3-5.
1925 *Hyaena ultima* Zdansky
Ibid. pag. 14-21, Taf. III, Figs. 1-2.
1927 *Hyaena sinensis* Zdansky
Pal. Sinica, Ser. C, Vol. IV, Fasc. 4, pag. 22-24.
1928 *Hyaena sinensis* Zdansky
Pal. Sinica, Ser. C, Vol. V, Fasc. 4, pag. 42-47, Taf. III, Figs. 10-21.
1934 *Hyaena sinensis* Pei Wen-Chung
Pal. Sinica, Ser. C, Vol. VIII, Fasc. 1, pag. 91-110, Taf. XIV, Fig. 1, Taf. XV, Figs. 3-5, Taf. XVI. Figs. 2-6, Taf. XVII, Fig. 1. Taf. XVIII, Fig. 1, Taf. XIX, Figs. 1-3, Taf. XX, Figs. 1-6, Taf. XXI, Figs. 1-8.

zuweisen. Die Masse sind:

| $P_4$ | *Java* | | *China.* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | r. | l. | (nach Zdansky 1925) | | | | |
| Länge | 25,7 | 27,5 | 25,8 | 28,6 | 25,7 | 27 | |
| Breite | 16,5 | 16,5 | 16,8 | 17,4 | 17,7 | 18,6 | mm. |

War *Nestoritherium* auf Java bisher noch nicht beobachtet worden, so trifft dies für *Hyaena* nicht zu. Bereits in der ersten Übersicht, die Dubois über seine javanischen Funde geben konnte, finden wir eine „*Hyaena felina*" angeführt, die 1908 von ihm den Namen *Hyaena bathygnatha* erhält. Seine Beschreibung lautet: „Diese riesige Art, von Löwengrösse, stand der pliocänen südeuropäischen *H. brevirostris* sehr nahe, kam ihr an Grösse gleich und hatte unter den Siwalik-Hyänen ihren nächsten Verwandten in *H. felina*. Ich nenne sie *Hyaena bathygnatha* n. sp, da sie sich in der grossen Höhe ihres Unterkiefers von dieser Siwalikart unterscheidet, obgleich sie in dieser Eingenschaft der europäischen Art nicht überlegen war. Von letzterer unterscheidet sie sich durch die etwas grössere Länge des vorderen Kieferteiles (dessen Kürze *H. brevirostris* ihren Namen verdankt), also durch mindere Kurzschnauzigkeit und infolgedessen die weniger steile Symphyse des Unterkiefers, weiter durch das etwas weniger nach vorne gelegene Foramen mentale".

Dubois gibt weder Abbildungen noch Masse. Mit *Hyaena sinensis* hat er seine Funde nicht verglichen, und die Selbständigkeit des von ihm gegebenen Namens darf um so mehr zweifelhaft erscheinen, als er in dieser Arbeit unter Nichtbeachtung aller nomenklatorischer Regeln alle javanischen Säugetiere einfach neu benannt hat, auch selbst solche, deren Beschreibung durch K. Martin ihm bekannt sein musste.

Da Dubois auch keinerlei Literaturangaben macht, so kann nicht genau nachgegangen werden, auf welche Abbildungen er sich bezieht. Bei „*Hyaena felina*" handelt es sich vermutlich um den schönen Unterkiefer, den Lydekker (1884, Taf. XVIII, Fig. 1, Taf. XIX, Fig. 1) unter diesem Namen abgebildet hat und der neuerdings von Pilgrim (1932, pag. 34) zu *Hyaena sivalensis* gestellt wird. Dieser Kiefer ist tatsächlich etwas niedriger als der von *H. sinensis*, so dass wenigstens dieses Merkmal zutrifft, und ich somit auch die Hyänenreste der Sammlung Dubois unter Vorbehalt zu *H. sinensis* stelle.

Stratigraphisch sind beide oben beschriebenen Arten von Wichtigkeit. *Hyaena sinensis* wird als fraglich aus dem obersten Pliocän Chinas angegeben, und ist im *älteren Pleistocän* dort weit verbreitet. Sie kommt u.a. auch in Choukoutien vor. Wichtiger als *Hyaena*, die ja mit *Hyaena hyaena* L. noch heute in Asien heimisch ist, ist *Nestoritherium*. Sind die völlig erloschenen Chalicotherien auch in der Hauptsache tertiär, so haben sich doch an verschiedenen Stellen ihre Reste noch im *ältesten Pleistocän* gefunden: in Afrika ein *Chalicotherium* sp. (Dietrich 1933, pag. 303), in Indien im *altpleistocänen Boulder-Conglomerate* unser *Nestoritherium sivalense*, in China (Lössfauna) *Nestoritherium sinense* Owen; und in Choukoutien ein *Postschizotherium* (Teilhard & Pei, 1934, pag. 377, Figs. 4 — 5) mit hochkronigen Zähnen. Die beiden javanischen Arten weisen somit deutlich auf *älteres Pleistocän*, und wenn sie auch jüngstes Tertiär nicht ganz ausschliessen, so fällt diese Tatsache nicht so sehr ins Gewicht, da *rein pliocäne Säugetiere der Djetisfauna fehlen*. Der primitive, noch nicht näher bestimmbare *Elephas* sp. (v. Koenigswald, 1934, Taf. IV, Figs. 8 — 9) hat sicher keine stratigraphisch ausschlaggebende Bedeutung, da in der älteren Kali Glagah-Fauna bereits ein hochspezialisiertes *Stegodon*, und in der jüngeren Trinil-Fauna ein ebenfalls hochspezialisierter *Elephas* vorkommen. Alle drei ausgestorbenen Gattungen:

*Epimachairodus, Nestoritherium und Leptobos,*

durch deren Vorkommen sich die Djetis-Fauna von der jüngeren Trinil-Fauna unterscheidet, sind aus dem älteren Pleistocän bekannt. Dazu kommt, dass die Trinil-Fauna durch das Vorkommen von *Elephas* ex aff. *namadicus* unmöglich dem älteren Pleistocän zuzurechnen ist. Alles dieses spricht dafür, dass wir die Djetis-Fauna als rein altpleistocän betrachten dürfen, und ihr eventuell noch jüngstpliocänes Alter unwahrscheinlich wird.

Das Vorkommen einer chinesischen *Hyaena* auf Java ist von besonderem Interesse. *Nestoritherium* gehört ebenfalls zur chinesischen Fauna, *N. sivalense*

wird von Schlosser, wenn auch fraglich, von China angegeben, wo indessen eine andere Art, *N. sinense,* heimisch ist. Bereits an anderer Stelle hat Verf. darauf hingewiesen, dass sich immer mehr Anzeichen für eine Faunengemeinschaft und wohl auch direkte Verbindung mit Südchina ergeben. *Merycopotamus,* in der Tji Djolang-Fauna Javas vorhanden, wird auch aus dem südlichen China vermeldet (Young, 1931, pag. 385, Fig. 2); *Tapirus,* ebenfalls aus der Djetis-Fauna, ist fossil wohl aus China und Japan, aber nicht aus Indien bekannt. Unser „*Tapirus pandanicus* Dubois" stand *Tapirus sinensis* Owen aus dem Pleistocän Chinas sicher sehr nahe, vielleicht sind beide sogar identisch, doch fehlt es vorläufig noch an Vergleichsmaterial. In diesem Zusammenhang ist ferner sehr wichtig, dass es kürzlich gelungen ist, den Orangutan (*Simia*) fossil auch in Südchina nachzuweisen, worüber Verf. an anderer Stelle noch berichten wird. Eine genaue Analyse der „sinomalayischen Fauna" wird uns hoffentlich bald besser zeigen können, welche Arten wir mit China gemein haben. Jedenfalls wird es immer deutlicher, dass unsere Säugetierwelt Elemente der *indischen* wie der *chinesischen* Fauna enthält, und dass der letztgenannten ein grösserer Anteil zukommt als bisher angenommen werden konnte.

### LITERATUR.


W. O. Dietrich Zur Altersfrage der Oldowaylagerstätte. Centralbl. f. Min. etc. Abt. B. 1933, pag. 303.

E. Dubois Voorloopig bericht omtrent het onderzoek naar de pleistocene en tertiaire vertebratenfauna van Sumatra en Java gedurende het jaar 1890. Natk. Tijdschr. v. Ned.-Indië, LI (1892), pag. 93.

id. Eenige van Nederlandschen kant verkregen uitkomsten tot de kennis der Kendeng-fauna (fauna van Trinil). Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen. XXIV (1907), pag. 449-458.

id. Das geologische Alter der Kendeng- oder Trinil-Fauna. Ibid. XXV (1908), pag. 1235-1270.

H. Falconer & P. T. Cautley Fauna antiqua sivalensis. London 1847.

G. H. R. von Koenigswald Die tertiären Wirbeltiere des Steinheimer Beckens (*Metaschizotherium fraasi* n. g. n. sp.) Palaeontographica Supl. VIII (1932).

id. Zur Stratigraphie des javanischen Pleistocän. De Ing. in Ned.-Indië I (1934), pag. 185-201 (IV).

id. Die fossilen Säugetierfaunen Javas. Proc. Kon. Akad. van Wetenschap. Amsterdam XXXVIII (1935), pag. 185-198.

R. Lydekker Siwalik and Narbada Carnivora. Pal. Indica, Ser. X, Vol. II, 1884.

Pei Wen-Chung On the Carnivora from locality 1 of Choukoutien. Pal. Sinica, Ser. C. Vol. VIII, Fasc. 1. 1934.

G. E. Pilgrim The fossil Carnivora of India. Pal. Indica, New Ser. XVIII, 1932.

M. Schlosser Die fossilen Säugetiere Chinas. Abh. Bayr. Akad. d. Wiss. math.-phys. Kl. XXII (1906).

Teilhard de Chardin & W. E. Pei New discoveries in Choukoutien. Bull. Soc. Geol. China. 13 (1934), pag. 377.

C. C. Young On some fossil mammals from Yünnan. Ibid. 11(1932), pag. 384.

O. Zdansky Quartäre Carnivoren aus Nord-China. Pal. Sinica, Ser. C. Vol. II, Fasc. 2, 1925.

id. Weitere Bemerkungen über fossile Carnivoren aus China. Ibid. Ser. C. Vol. IV, Fasc. 4, 1927.

id. Die Säugetiere der Quartärfauna von Choukoutien. Ibid. Ser. C. Vol. V. Fasc. 4, 1928.


## ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

### Productiecijfers van Aardolie in kgtonnen.

| | 1935 | | 1934 | |
|---|---|---|---|---|
| | Mei | t/m Mei | Mei | t/m Mei |
| Java en Madoera. | 36 354,7 | 191 015,– | 44 139,7 | 215 164,7 |
| Noord-Sumatra.. | 75 776,– | 429 654,1 | 90 090,6 | 404 123,5 |
| Palembang ..... | 204 141,4 | 974 589,3 | 190 194,5 | 916 721,8 |
| Djambi ..... | 27 688,4 | 134 140,9 | 25 829,4 | 122 454,1 |
| Oost-Borneo..... | 86 526,5 | 440 820,2 | 94 782,9 | 460 229,7 |
| Tarakan..... | 67 761,7 | 345 278,6 | 66 828,9 | 332 541,6 |
| Boenjoe..... | 699,1 | 3 476,– | 821,8 | 4 131,3 |
| Ceram..... | 3 500,–[1]) | 15 731,3 | 3 159,– | 15 125,– |
| Nederlandsch-Indië..... | 502 447,8 | 2 534 705,4 | 515 846,8 | 2 470 491,7 |

1) Geschat.

Werkelijke productie vorige opgave: 3 611,4 kgtonnen.

### Productiecijfers van Steenkolen in kgtonnen.

| | 1935 | | 1934 | |
|---|---|---|---|---|
| | Mei | t/m Mei | Mei | t/m Mei |
| Gouvernements-mijnen ..... | 55 674,– | 283 252,– | 52 918,– | 253 991,– |
| Steenkolen Mij. „Parapattan" | 22 790,– | 106 920,– | 19 040,– | 96 355,– |
| Oost-Borneo Maatschappij.. | 5 800,–[1]) | 28 132,– | 9 042,– | 43 977,– |

1) Geschat.

### Mijnbouw Maatschappij Redjang-Lebong.

Gedurende de maand Mei 1935 werden:

8 300 tons erts vermalen van gemiddeld } 4,51 dwts. goud per ton. 26,80 „ zilver „ „

2 080 „ sands en

6 260 „ slimes behandeld.

Geëxtraheerd werden: ca. 1 598 ozs. goud en ca. 8 863 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 89 000,—. Bovenstaande taxatie is gebaseerd op een zilverprijs van *f* 0,90 per ons.

De bedrijfskosten over Mei bedroegen ± *f* 72 000,—, terwijl voor prospecteeren werd uitgegeven ± *f* 5 000,—.

### Mijnbouw Maatschappij Simau.

Gedurende de maand Mei 1935 werden:

7 665 tons erts vermalen van gemiddeld } 10,2 dwts. goud per ton. 126,– „ zilver „ „

2 990 „ sands,

4 476 „ slimes en

280 „ concentraten behandeld.

Geëxtraheerd werden: ca. 4 059 ozs. goud en ca. 47 644 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 248 000,—. Bovenstaande taxatie is gebaseerd op een zilverprijs van *f* 0,90 per ons.

De bedrijfskosten over Mei bedroegen ± *f* 108 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven ± *f* 3 000,— en voor prospecteeren der nieuwe vergunningen ± *f* 4 000,—.

2e JAARGANG
NUMMER 7

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JULI
1935

## V. VERKEERSWEZEN.

INHOUD: Complicaties bij het onderzoek van vloeibare asphalten, door ir. L. Meulemans.

# Complicaties bij het onderzoek van vloeibare asphalten

door

ir. L. MEULEMANS,

scheikundig-ingenieur bij de N. I. Wegenvereeniging.

### 1. Over vloeibare asphalten in het algemeen en de twee daarvoor gecodificeerde destillatie-methoden.

De vloeibare asphalten (afgezien van asphaltemulsies) werden aanvankelijk in de navolgende twee groepen onderscheiden:

*1e*) de „cutbacks", en

*2e*) de „road-oils" of wegenoliën.

Het principieele verschil tusschen de beide soorten lag in hunne bereidingswijze. De cutbacks werden verkregen door asphaltbitumen samen te brengen met de kerosine-fractie van aardolie, terwijl de road-oils over het algemeen verkregen werden door directe destillatie van aardolie. Bij de cutbacks was dientengevolge een scherpe scheiding aanwezig tusschen asphalt en lichtere olie. Bij de road-oils was deze scherpe scheiding niet aanwezig. Hier had men meer een geleidelijken overgang van lichtere olie tot asphalt, omdat de tusschen liggende fracties nog aanwezig waren.

Bovenstaande indeeling is thans echter niet scherp meer vol te houden; tegenwoordig worden materialen, die naar hun aard grootendeels met bovenbedoelde road-oils overeenkomen, eveneens vervaardigd door het mengen van asphalt met verschillende fracties van aardolie. In verband hiermede zullen wij dan ook in het vervolg onder de term „cutbacks", alle vloeibare asphalten willen verstaan.

Het beoordeelingsschema der cutbacks omvat naast de bepaling van soortelijk-gewicht, viscositeit bij verschillende temperaturen, vlampunt en oplosbaarheid in zwavelkoolstof, ook nog de *destillatie* van het materiaal en de *analyse van het residu*.

Ten aanzien van het vlampunt dezer materialen, dient te worden opgemerkt, dat dit voor Indië voorloopig van minder belang schijnt, daar bijna alle bedoelde vloeibare asphalten wegens de hooge Indische temperatuur geen verwarming noodig hebben om verwerkbaar te zijn. Geheel anders is echter de situatie in de gematigde luchtstreken, waar gedurende een zeker deel van het jaar de viscositeit der cutbacks door de lage temperatuur ongetwijfeld te hoog zou zijn, om hen zonder eenige verwarming te kunnen toepassen, in verband waarmede dan ook een vlampuntsbepaling dáár op haar plaats zou zijn.

De destillatie beoogt de bepaling van de hoeveelheid en den aard van de lichtere bestanddeelen, waarvan verwacht kan worden, dat zij geheel of althans grootendeels in het werk door verdamping en absorptie verloren zullen gaan. De analyse van het residu zou aanwijzingen kunnen geven over gedrag en aard van het tenslotte in het wegdek achterblijvende eindproduct.

Voor de destillatie-proef bestaan twee gecodificeerde methoden, welke onderling een principieel verschil in uitvoering vertoonen, zoodat dus bij de opgave der resultaten dient te worden aangegeven, welke methode daarbij gevolgd is.

Wij onderscheiden nl. de destillatie-methode volgens:

*1e*) de A.S.T.M. (American Society for Testing Materials D 20-30) en

*2e*) het Asphalt Institute.

Deze laatste is in 1933 in de Rijkswaterstaat-voorschriften voor wegenoliën opgenomen.

Hierbij wordt als eindtemperatuur bij de destillatie van cutbacks 680° F (= 360° C) aangenomen, waarschijnlijk in verband met de op den weg heerschende temperatuur in Amerika. Voor cutbacks t.b.v. de Indische wegen is daarom door onderzoekers de destillatie-proef wel voortgezet tot aan een hoogere temperatuur dan 360° C teneinde te verkrijgen, dat het restant van het aan de proef onderworpen materiaal zoo goed mogelijk overeenkomt met het product, dat uiteindelijk op den weg gevormd wordt. Deze eindtemperatuur van de verder doorgevoerde destillatie, welke wij in het vervolg met *D III* zullen aanduiden, werd voor Indië op 395° C gesteld. Echter dient wel te worden nagegaan, of een verhitting tot op een zoo hooge temperatuur als 395° C wellicht niet van invloed zou kunnen zijn op bepaalde eigenschappen van het residu, waardoor dit tenslotte onvergelijkbaar zou blijken te zijn met het eindproduct op den weg.

Voorloopig echter blijft het voor ons van primair belang, om eens na te gaan, in hoeverre de resultaten der onderscheidene destillatie-methoden onderling van elkander verschillen.

Het principieele verschil tusschen de A.S.T.M.- en Asphalt Institute-methode ligt in de plaatsing van den thermometer t.o.v. het te destilleeren materiaal.

Het voorschrift van de A.S.T.M. geeft aan, dat

de thermometer daarbij zoodanig *boven* de vloeistof geplaatst moet zijn, dat het boveneinde van zijn kwikbol op dezelfde hoogte komt als de onderzijde van de zijbuis van de daarbij te bezigen fractioneerkolf. Bij de methode van het Asphalt Institute echter wordt de thermometer *in* de vloeistof gedompeld en wel tot op eene zoodanige diepte, dat het ondereinde van zijn kwikbol op 6,3 mm boven den bodem van de destillatie-kolf uitkomt. Uit- en inwendige afmetingen van de apparatuur zijn daarbij vastgelegd en voor beide methoden identiek.

Uit den aard der zaak zullen de twee methoden geheel verschillende resultaten geven. In het eerste geval immers heeft men met een damp-temperatuur te maken, terwijl in het laatste geval men de vloeistof-temperatuur afleest. Damp- en vloeistof-temperatuur kunnen, — zooals uit onderstaande proeven blijkt —, bij de destillatie der cutbacks nogal belangrijk verschillen.

Evenals het smeltpunt eener vaste stof identiek is met het stolpunt van haar vloeibare phase, zoo is ook het kookpunt van een vloeistof identiek met de condensatie-temperatuur van haar damp onder denzelfden druk. Het is nl. de temperatuur, waarbij vloeistof en damp onder bepaalden druk (1 at) met elkander in evenwicht zijn.

De bruikbaarheid van het kookpunt ter identificatie van stoffen en contrôle op hunne zuiverheid berust principieel op de navolgende omstandigheden:

*1e*) dat alle zuivere enkelvoudige chemische stoffen eene constante kook-temperatuur hebben, d.w.z. dat van het begin tot het einde van de verdamping de temperatuur onveranderd blijft en verschillend is bij verschillende stofsoorten;

*2e*) dat oplossingen, waarvan de componenten in alle verhoudingen met elkander mengbaar zijn (onbegrensde oplosbaarheid), in het algemeen geen bepaald kookpunt bezitten, doch *een continue reeks van kookpunten.*

Er treedt dan bij de destillatie van zulk een oplossing een kook*traject* op, waarvan de grootte afhankelijk is van de wijze van bepaling en van den vorm en de ligging der kookpuntscurve.

Brengt men dus een dergelijke oplossing aan de kook, dan zal in het algemeen haar damp een andere samenstelling hebben dan de vloeistof. Het verschil moet noodzakelijkerwijze in die richting liggen, dat het residu door de verdamping een hooger kookpunt krijgt. Men pleegt dit ook zoo uit te drukken, door te zeggen, dat het gemakkelijker vluchtige bestanddeel het eerst in damp overgaat. Want, wanneer door het verdampen het kookpunt daalde, dan zou spoedig de dampdruk bij de voorhanden temperatuur meer dan 1 atmosfeer bedragen en de verdere verdamping zou op explosieve wijze geschieden.

Plaatst men nu voor de bepaling van het kookpunt den thermometer met zijn bol in de kokende vloeistof, dan zal dit kookpunt om twee redenen iets te hoog uitvallen:

*1e*) omdat dan de thermometer onder invloed komt der bestraling door de heetere vlam of het verwarmingsbad; en

*2e*) omdat een vloeistof steeds eenigermate in kookvertraging verkeert.

Deze kan overigens door kookprikkelaars worden verminderd.

Ter vermijding dezer foutbronnen doet men beter den thermometer in den damp te plaatsen. Hij is dan onttrokken aan de stralende werking van de warmtebron, terwijl ook oververhitting van de vloeistof geen invloed heeft. Over het algemeen zal reeds op geringen afstand boven de kokende vloeistof in den damp weer voldoende condensatie plaats vinden door afkoeling van buiten af. Men bepaalt op deze wijze dus feitelijk het condensatiepunt van den damp.

Overigens kan de bepaling van het kookpunt van een vloeistof geschieden in een open kookbuis of in een fractioneerkolf. In het laatste geval wordt de vloeistof tevens overgedestilleerd.

In de cutbacks is het bitumen over het algemeen niet opgelost in een enkelvoudige zuivere chemische verbinding, doch veelal in een mengsel van lager- en hooger-kokende koolwaterstoffen. Dientengevolge zal een cutback geen bepaald kookpunt bezitten, doch wij zullen bij de destillatie ervan een kook*gebied* vinden. Bovendien zal het resultaat der destillatie beïnvloed worden door de *snelheid,* waarmede deze wordt uitgevoerd (onderzoekingen van Sidney Young over destillatie-snelheid in het algemeen). De destillatie-snelheid is dan ook, teneinde vergelijkbare uitkomsten te krijgen, in alle gevallen bij het onderzoek der cutbacks vastgelegd en bedraagt 50—70 druppels per minuut.

Ten aanzien hiervan hebben wij echter geconstateerd, dat een dergelijke destillatie-snelheid over het algemeen voor de lager kokende fracties vrij gemakkelijk is te onderhouden, doch dat bij de hooger kokende fracties, deze practisch niet is vol te houden. O.i. is het van veel meer belang, dat de destillatie *ononderbroken* wordt doorgevoerd, met dien verstande echter, dat bij het begin der proef zooveel mogelijk aan de voorgeschreven druppelings-snelheid de hand wordt gehouden.

Als beginpunt der destillatie van cutbacks wordt die temperatuur aangenomen, waarbij de eerste druppel vanaf het einde van den koeler in de verzamelkolf valt. Het resultaat wordt opgegeven als de som van de cumulatieve vol. % van het uitgangsproduct, dat overgegaan is tot aan de navolgende grenstemperaturen:

tot 190° C.
„ 225° „
„ 316° „
„ 360° „
„ 395° „ (D III).

Daar kookpunten zonder meer steeds worden opgegeven bij den normalen barometerstand van 760 mm, zullen voor een hiervan afwijkenden barometerstand bovengenoemde grens-temperaturen eene nadere correctie behoeven. De daling van het kookpunt tengevolge van een lageren en de stijging ervan tengevolge van een hoogeren barometerstand is niet bij alle stoffen gelijk, doch in het algemeen grooter, naarmate de kook-temperatuur hooger ligt en ongeveer evenredig met het kookpunt in absolute maat uitgedrukt. De correcties voor meergenoemde grenstemperaturen kunnen dan bij benadering met behulp van de volgende formule worden berekend:

$$T_c = T_n—(760—H) \cdot 0{,}00012 \cdot T_n$$

waarin:

$H$ = de barometerstand, uitgedrukt in mm.

$T_n$ = de gecodificeerde absolute grens-temperatuur.

$T_c$ = de gecorrigeerde absolute grens-temperatuur.

Voor Bandoeng, waar de barometerstand gemiddeld op 700 mm kan worden aangenomen, vinden wij dus gecorrigeerde grens-temperaturen:

$T_c = T_n—(760—700) \cdot 0{,}00012 \cdot T_n = 0{,}9928 \cdot T_n$

waaruit volgt:

| $t_n$ | $t_c$ (Bandoeng) |
|---|---|
| tot 190° C. | tot 187° C. |
| „ 225° „ | „ 221° „ |
| „ 316° „ | „ 312° „ |
| „ 360° „ | „ 355° „ |
| „ 395° „ | „ 390° „ |

Gebleken is echter, dat deze correcties practisch geen invloed hebben op de destillatie-resultaten van de tot dusverre hier te lande in den handel gebrachte cutbacks. De optredende verschillen lagen bij de door ons onderzochte materialen nog binnen de grenzen, waarop de diverse destillaat-fracties volgens de bestaande voorschriften mogen worden afgerond. Hierbij dient echter te worden opgemerkt, dat bij laag kokende koolwaterstoffen (benzinen), de verschillen nogal belangrijk kunnen zijn, zoodat het wel degelijk aanbeveling verdient, er steeds rekening mede te houden.

Wanneer wij nu de destillatie-methode volgens de A.S.T.M. eens nader in beschouwing nemen, dan valt het niet moeilijk in te zien, dat juist door de plaatsing van den thermometer op een bepaalden afstand boven den vloeistofspiegel, de door dezen thermometer aangegeven temperatuur steeds lager moet zijn dan die van de kokende vloeistof. Het deel van de kolf boven het vloeistof-oppervlak tot aan den thermometer zal immers als een dephlegmator werken, waardoor de hooger kokende fracties door afkoeling gelegenheid krijgen om te condenseeren en terug te druppelen in de vloeistof.

Teneinde eenig inzicht te krijgen in de optredende verschillen in de resultaten bij de onderscheidene destillatie-methoden, werden door ons twee materialen, *Cutback F* en *Socomix* op de drie bovenbeschreven wijzen gedestilleerd. De proef toont ons bovendien, hoe groot het temperatuurverschil wel bedraagt tusschen damp- en vloeistof-phase bij de A.S.T.M.-methode. Als resultaat kregen wij bij:

| | *Cutback F.* gedestilleerd volgens: | | | *Socomix*, gedestilleerd volgens: | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *A.S.T.M.* | *ASPH. INST.* | *DIII* | *A.S.T.M.* | *DIII* |
| eerstedruppel | 92°C | 132°C | 132°C | 200°C | 255°C |
| tot 190° C. | 14,0 | 5,5 | 5,5 | — | — vol.% |
| 225° „ | 16,0 | 10,0 | 10,0 | 7,0 | — „ |
| 316° „ | 21,0 | 16,0 | 16,0 | 30,0 | 20,5 „ |
| 360° „ | 25,5 | 17,5 | 17,5 | 44,0 | 27,5 „ |
| 395° „ | — | — | 19,0 | — | 31,0 „ |

Deze proeven werden genomen met 100 cc materiaal, terwijl de verschillende fracties steeds werden afgerond tot op geheele cc. Bovenvermelde uitkomsten zijn gemiddelden van telkens twee bepalingen.

Wanneer wij nu de verkregen resultaten in een grafiek samenvatten (*fig. 1*), dan valt daaruit te concludeeren, dat het verschil tusschen damp- en vloeistof-temperatuur bij de A.S.T.M.-methode voor de verschillende cutbacks niet hetzelfde is, doch hoogstwaarschijnlijk bepaald wordt door aard en hoeveelheid der daarbij toegepaste flux-middelen. Bij cutback F bv. varieert dit verschil vanaf 40° C bij het begin der proef tot zelfs 120° C bij het einde. Bij Socomix echter is dit verschil over het algemeen kleiner, nl. 50—70° gedurende de geheele destillatie.

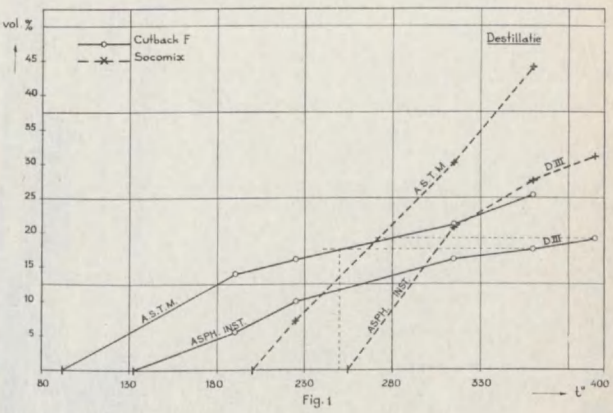


Fig. 1

In beide gevallen echter wordt bij de destillatiemethode van de A.S.T.M. het residu tot op een temperatuur ver boven de 400° C verhit. Hier treedt dan weer de hooger door ons reeds gestelde vraag aan den dag, of zulk een intensieve verhitting niet van invloed zou kunnen zijn op bepaalde eigenschappen van het residu. Geheel ondenkbaar is het in elk geval niet, gezien het feit, dat asphalt een zeer gecompliceerd materiaal is, waarvan nog maar heel weinig definitiefs bekend is inzake zijn temperatuurgevoeligheid.

In verband hiermede zouden wij dan ook de vraag, aan welke der twee destillatie-methoden de voorkeur gegeven moet worden, willen beantwoorden *ten gunste van die van het Asphalt Institute* (*Rijkswaterstaat*), *omdat hierbij juist door de plaatsing van den thermometer in de vloeistof, een contrôle aanwezig is op de temperatuur van het residu gedurende de destillatie.*

Tot welke eind-temperatuur de destillatie moet worden doorgevoerd is een kwestie, die pas kan worden opgelost, indien de eigenschappen van het residu zijn nagegaan in vergelijking met die van het eindproduct, dat een cutback op den weg geeft.

*(Wordt vervolgd).*

2e JAARGANG
NUMMER 7

DE INGENIEUR
IN NEDERLANDSCH-INDIË

JULI
1935

## VI. WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Voorloopige gegevens betreffende de exploitatie van het reservoir Pendjalin, door ir. L. J. Polderman.

# Voorloopige gegevens betreffende de exploitatie van het reservoir Pendjalin

door

ir. L. J. POLDERMAN,

hoofdingenieur, hoofd van de Prov. Waterstaatsafd. „Pemali-Tjomal" te Tegal.

Beschouwingen naar aanleiding van de exploitatie-periode 1934—1935; voorloopige bepaling van een „vullingscoëfficiënt" en van coëfficiënten voor jaren van verschillenden droogtegraad.

### Inleiding.

Op de 21e jaarvergadering der Vereeniging van Waterstaatsingenieurs te Poerwokerto (zie *De Waterstaats-Ingenieur* No. 12 — 1933) is in een korte inleiding over de landbouweconomische beteekenis van den wadoek Pendjalin in het vooruitzicht gesteld, dat de oostmoesson 1935 de eerste exploitatie-resultaten zou geven. Een bijzonder vlot verloop van het in 1933 in locomotieftractie omgezet grond- en steentransport, mogelijk ook door de daarvoor door de betrokken instanties toegestane extra fondsen, bracht echter reeds in April 1934 practisch de beëindiging der werkzaamheden en op den 4den dier maand de afsluiting van de hoofdschuif, waarmede dus de vulling van den wadoek aanving.

Vanwege dezen zeer laten aanvangsdatum kon in dat jaar natuurlijk slechts gerekend worden op een zeer beperkten nuttigen wadoekinhoud voor de verstrekking in de daarvoor reeds bij het ontwerp aangewezen oostmoessonmaanden Augustus, September en October. Deze laatste maand is in het bijzonder voor den maalrietaanplant in het Pemaligebied een zeer moeilijke, omdat op 15 October de eerste golongan der westmoessonbevloeiïng wordt aangezet en normaal in deze periode de debieten bij de stuw Notok nog zoo krap zijn, dat zij voor den uitgebreiden 2en polowidjoaanplant en het maalriet maar zeer schaars ruimte bieden. De maximum wadoekvulling bedroeg medio Juli 1934 bij een peil van + 332,21 rond 2 500 000 m³, terwijl op 25 Augustus de suppletie der evenbedoelde vlaktedebieten aanving.

Als een rationeel uitgangspunt voor de bepaling van de daarvoor periodiek af te laten hoeveelheden had de sectiechef te Tegal ir. W. Swaan een ingenieuze en overzichtelijke suppletietabel ontworpen, waarin, voorloopig op de basis van een wadoekinhoud van 2,4 millioen m³, voor de opvolgende perioden van een week, een in verband met het karakter (de droogtegraad) van de debietcijfers der voorafgaande week en de daarbij becijferde theoretische suppletiegrens, de dagelijksche verstrekking bij de bedrijfsaftappingen werd berekend. Het exploitatieschema, dat later meer volledig is uitgewerkt voor een geheel gevulden wadoek en dus het probleem van de nuttige aanwending van den reservoirinhoud behandelt, zal in een volgend artikel meer uitgebreide toelichting vinden. Allereerst zal worden aangevangen met een nadere beschouwing van de factoren, die de vulling van den wadoek Pendjalin beïnvloeden, welke thans aan een jaar exploitatieervaring kunnen worden getoetst.

Voor de oriëntatie van den lezer van dit artikel wordt volstaan met een wadoeksituatie en een dwarsprofiel van den dam in het diepste punt, benevens een enkele overzichtsfoto, zie *figuren 1, 2* en *3* *).

Wanneer men zich nu een indruk wil vormen, omtrent de vulling van een jaarreservoir en de daarmede samenhangende, voor de bevloeiïng beschikbare waterhoeveelheid wenscht te bepalen, zal men moeten uitgaan van den totalen neerslag op het stroomgebied en vervolgens dienen na te gaan, welk percentage hiervan in den wadoek tot afstrooming

*) De redactie hoopt binnenkort van den interessanten bouw van dezen reservoirdam een beschrijving in dit tijdschrift te kunnen publiceeren.

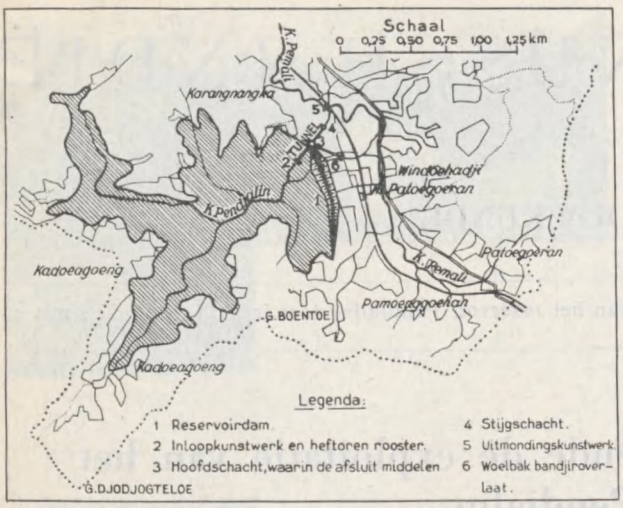



*Fig. 1.*

komt, tevens rekening houdende met de verdampings- en kwelverliezen, die in het reservoir zelf optreden.

Het spreekt vanzelf, dat reeds vóór het totstandkomen van het werk men zich hierover moest bezinnen, teneinde in staat te zijn de verwachtingen van het plan op redelijke basis te stellen.

Bij het ontwerp van den wadoek Pendjalin is dit dan ook geschied en het is van belang na te gaan, in hoeverre de toenmaals gemaakte veronderstellingen blijken te strooken met de werkelijkheid. Aangezien slechts over de gegevens van een exploitatieperiode van één jaar wordt beschikt en deze periode bovendien niet eens als normaal kan worden aangemerkt, behoeft het wel geen betoog, dat de hieronder uitgewerkte gegevens een voorloopig karakter dragen, doch niettemin algemeene richtlijnen zullen bevatten, welke voor de eerstkomende exploitatiejaren van belang kunnen blijken te zijn.

## Aannamen van het ontwerp.

Bezien we dan eerst de aannamen van het ontwerp.

Nadat is nagegaan, van welken jaarregenval dient te worden uitgegaan, komt men in de betreffende nota van toelichting tot de bepaling van den zgn. afstroomings- of afvloeiïngscoëfficiënt. Hieronder wordt verstaan, dát gedeelte van den totalen jaarneerslag, dat in het reservoir terecht komt. Daartoe is het stroomgebied verdeeld in twee gedeelten, n.l. het reservoir en het overig deel. De afvloeiïngscoëfficiënten verschillen voor deze twee deelen n.l. aanzienlijk. Bij een reservoir met een groot stroomgebied is deze onderscheiding weinig beteekenend; in het onderhavige geval, waarin het reservoiroppervlak bij vol peil ± 30% van het stroomgebied bedraagt, is zij echter van veel belang.

Voor het gedeelte „reservoir" bedraagt de afstrooming, wanneer de wadoek geheel of nagenoeg geheel gevuld is practisch 100%. Dit percentage wordt dan teruggebracht tot 90% in verband met de wegzakking van water door den reservoirbodem. Deze reductie is slechts klein gehouden, omdat verwacht werd, dat spoedig een dichte sliblaag den bodem zou bedekken.

Voor het overige (dus niet reservoir) gedeelte is op grond van metingen elders bij stroomgebieden zonder reservoir voor den westmoesson een afvloeiingscoëfficiënt aangehouden van 48% en idem voor den oostmoesson van 40%, zoodat dan de totale afvloeiïngscoëfficiënten bedragen:

| | | |
|---|---|---|
| In de maanden December t.m. | $0{,}3 \times 0{,}90$ | $= 0{,}27$ |
| Mei | $0{,}7 \times 0{,}48$ | $= 0{,}33$ |
| | | $0{,}60$ |
| In de maanden Juni t.m. Augustus | $0{,}3 \times 1{,}-$ | $= 0{,}30$ |
| | $0{,}7 \times 0{,}40$ | $= 0{,}28$ |
| | | $0{,}58$ |
| In de maanden September t.m. October | $0{,}3 \times 0{,}90$ | $= 0{,}27$ |
| | $0{,}7 \times 0{,}40$ | $= 0{,}28$ |
| | | $0{,}55$ |

Ten einde te komen tot de voor de bevloeiïng beschikbare waterhoeveelheid is het met behulp van bovengenoemde factoren berekende, op den wadoek afstroomende quantum verminderd met de in den

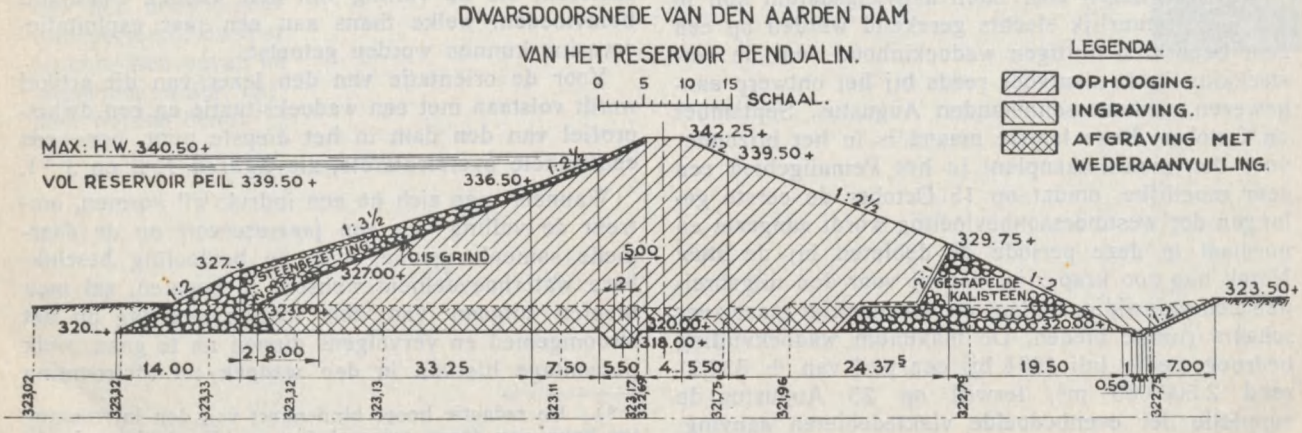



*Fig. 2.*

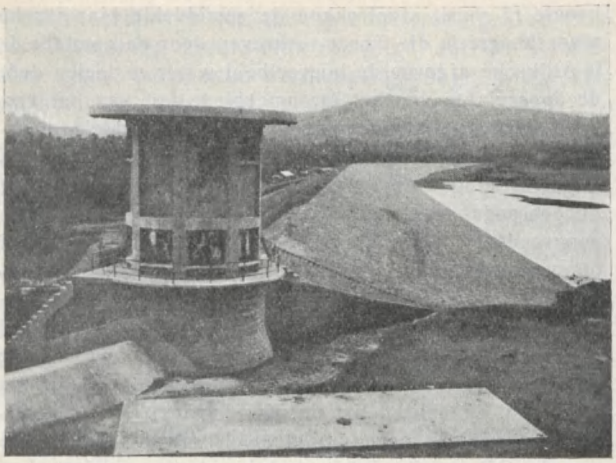


*Fig 3.*

wadoek zelf optredende verliezen, welke zijn onderscheiden in:

*a*) verdampingsverliezen;
*b*) kwelverliezen door het damlichaam.

Voor *a*) is aangenomen 4 mm per etmaal in den westmoesson en 6 mm per etmaal in den oostmoesson.

Voor *b*) is, bij gebrek aan beter, gebruik gemaakt van de formule uit Friedrichs: Kulturtechnischer Wasserbau, n.l.

$Q = 0{,}35 \times b \times h$ m³ per etmaal, waarin:
$Q$ = de hoeveelheid kwelwater in m³ per etmaal;
$b$ = de gemiddelde lengte van den dam in m;
$h$ = de gemiddelde hoogte van idem in m.

Verwacht werd echter, dat — gezien de gebruikte grondsoort — deze hoeveelheid van weinig beteekenis zal zijn.

Gaan we thans na, in hoeverre deze aannamen bij het ontwerp aan de practijk beantwoorden.

## Beschikbare gegevens te Pendjalin.

De gegevens, waarover men bij het reservoir Pendjalin beschikt, zijn de regencijfers van 2 dagregenmeters, geplaatst resp. aan het Noord- en Zuideinde van den dam en van een maandregenmeter in den wadoek, de peilschaalstanden van het reservoir, de middels venturimeters met kwikbuisaflezing bepaalde afgetapte hoeveelheden en tenslotte de oppervlakte- en inhoudskrommen van het reservoir.

Hieruit blijkt reeds dadelijk, dat een verdampingsmeter nog ontbreekt. Het is dus niet mogelijk hieromtrent cijfers te produceeren, want zelfs de in een regenlooze periode gemeten dalingen van het reservoirpeil zijn voor dit doel niet zoo nauwkeurig bepaald, dat hierop conclusies zijn te bouwen.

Ook omtrent de kwel heeft men zich nog geen helder beeld kunnen vormen. In de eerste plaats, omdat de wadoek nog nimmer geheel gevuld is geweest en voorts, omdat de gemeten hoeveelheid kwelwater gesuppleerd wordt door reeds gedurende den wadoekbouw geobserveerde en gemeten kleine bronnetjes, die mogelijk wel verhoogde werking bij hoog reservoirpeil zullen vertoonen, doch waarvan het water niet direct uit den wadoek afkomstig is. Tenslotte voegt zich bij deze hoeveelheid ook nog het regenwater, dat op het luchtzijdig talud gevallen, door dit talud heen door het filter tot afstrooming komt, zoodat de gegevens van het gemeten kwelwater nog nadere beschouwing behoeven.

*Vullingscoëfficiënt.* Ten einde echter reeds dadelijk te komen tot voor de practijk bruikbare cijfers is voorshands overgegaan tot de bepaling van een grootheid, waaraan de naam van *vullingscoëfficiënt* is gegeven. Deze factor wordt gevonden door de vermeerdering van den wadoekinhoud te deelen door den totalen regenval in de betreffende periode. Die inhoudstoename, — vermeerderd ev. met de op den venturimeters afgelezen verstrekte debieten — wordt berekend uit de peilschaalstanden aan de hand der inhoudskromme, zoodat hierin is verdisconteerd verdamping, wegzakking door den reservoirbodem, kwel e.d.

Zooals reeds boven medegedeeld, werd op 4 April 1934 de wadoek gesloten en kon de exploitatie een aanvang nemen.

Vanaf 23 April van dat zelfde jaar wordt beschikt over de benoodigde exploitatiegegevens. Op 23 April 1935 kon dus juist een vol jaar worden afgesloten. We zullen nu eerst bepalen, hoe groot gedurende die periode de vullingscoëfficiënt is geweest.

De gemiddelde maandregencijfers zijn de volgende:

| | | |
|---|---|---|
| Van 23 tot en met 30 April 1934 | 247 | mm |
| Mei | 215 | „ |
| Juni | 36 | „ |
| Juli | 30 | „ |
| Augustus | 1 | „ |
| September | 12 | „ |
| October | 887 | „ |
| November | 603 | „ |
| December | 552 | „ |
| Januari 1935 | 275 | „ |
| Februari | 708 | „ |
| Maart | 502 | „ |
| vanaf 1 tot en met 22 April 1935 | 490 | „ |
| Totaal | 4 558 | mm |

Aangezien de grootte van het stroomgebied met inbegrip van het reservoiroppervlak 4,417 km² bedraagt, is de totale regenval dus in 1 jaar 20,13 millioen m³ geweest.

Ten einde dit cijfer te kunnen vergelijken met de totale hoeveelheid water, die in het reservoir beschikbaar is geweest, dient men in het oog te houden, dat in verband met den in de vlakte zeer vroeg ingetreden westmoesson reeds op 18 October 1934 de hoofdafsluiter van den wadoek is geopend, het reservoir is geledigd en de jaarlijksche schouw is begonnen, welke tot en met 31 October heeft geduurd. De in die periode op den wadoek afgestroomde hoeveelheid water is dus onbekend, zoodat het beter is het in diezelfde periode gevallen regenquantum eveneens van het jaartotaal af te trekken. Bedoelde hoeveelheid bedraagt 694 mm (er komt in die periode

juist een etmaalregenval voor van *245* mm), overeenkomende met een totale op het stroomgebied gevallen hoeveelheid regen van 4 417 000 × 0,694 = *3,07* millioen m³, zoodat overblijft ongeveer *17* millioen m³.

Op 23 April 1934 bedroeg het wadoekpeil + 329,70, overeenkomende met een reservoirinhoud van 1 150 000 m³. Op 18 October d.a.v., toen de laatste hoeveelheid zou worden afgespuid was nog in het reservoir aanwezig 850 000 m³. In den oostmoesson 1934 is afgetapt 1 737 216 m³, zoodat in totaal uit het reservoir is afgelaten *2,59* millioen m³. Verminderen we dit bedrag nu met de bovengenoemde 1,15 millioen m³, dan krijgen we de hoeveelheid, die gedurende de 1ste exploitatieperiode (op 1 November 1934 na de schouw werd de wadoek wederom gesloten en begon de 2e periode) na 22 April 1934 op het reservoir moet zijn afgestroomd met inbegrip van de verliezen in het reservoir. Deze bedraagt dan *1,44* millioen m³.

Voor de 2e exploitatieperiode krijgen we dan het volgende:

Op 1 November is bij de sluiting nog aanwezig 50 000 m³ (peil + 324,27). Op 22 April 1935 is het peil gestegen tot + 337, overeenkomende met een wadoekinhoud van 6,6 millioen m³. De toename is dus 6,55 millioen m³. Inmiddels was echter afgetapt 3,55 millioen m³, zulks vanwege den gestelden eisch, dat in het eerste jaar na den snellen dambouw geen hooger stuwpeil dan rond + 337 (2/3 der maximumvulling) zou worden toegelaten. De totale beschikbaar gekomen wadoekvulling bedroeg dus van 23 April 1934 tot en met 22 April 1935 (met uitsluiting van de 2e helft van October) 1,44 + 6,55 + 3,55 = 11,54 millioen m³. De *vullingscoëfficiënt* is dus in dat jaar geweest: $\frac{11{,}54}{17{,}—}$ = ca. *0,68*.

*Nadere beschouwing van den vullingscoëfficiënt, berekend over een vol jaar aan de hand van de beschouwingen van ir. van Kooten.*

Reeds dadelijk moet hierbij worden opgemerkt, dat deze juistgevonden coëfficiënt geenszins constant is. O. m. is hij afhankelijk van den droogtegraad van het beschouwde jaar. Willen we onze beschouwingen omtrent de vulling van het reservoir dus zoover uitstrekken, dat we met dien droogtegraad rekening houden, dan zal moeten worden gezocht naar het verband tusschen beide.

Hiervoor geeft ons het bekende boekje van ir. F. H. van Kooten „Eenige empirische methoden tot het berekenen van den maximum afvoer eener rivier uit de grootte van den regenval" een niet onbelangrijke aanwijzing. Op blz. 43 e.v. vindt men daar het volgende:

„Dr. H. Keller vond *), dat zich in het algemeen „het volgende verschijnsel voordoet. Indien voor een „stroomgebied van de gemiddelde jaarlijksche regen„hoogte *H* wordt afgetrokken de gemiddelde jaarlijksche „afvoerhoogte *h*, die wordt verkregen door de gemiddelde „jaarlijksche afgevoerde hoeveelheid water te deelen door „de oppervlakte van het stroomgebied, dan kan het ver„schil $V = H - h$ genoemd worden de gemiddelde jaar„lijksche verdampingshoogte, omdat, hetgeen van den „regenval niet wordt afgevoerd, hetzij bovengronds of „ondergronds, tenslotte moet verdampen, hetzij door bo„vengrondsche verdamping, door bodemverdamping of „plantenverdamping. Wordt nu deze gemiddelde jaarlijk„sche verdampingshoogte *V* voor een aantal stroomge„bieden, waarvan de gemiddelde jaarlijksche regenval „*H* verschilt, maar waarvan de gemiddelde temperatuur „ongeveer dezelfde is, als ordinaat uitgezet op de *H* als „abscissen, dan blijkt, dat de eerste geleidelijk met aan„groeiïng van *H* toeneemt, maar zoodra *H* een zekere „waarde *OB* bereikt heeft, weinig meer verandert, hoe „groot *H* ook wordt. De lijn die door de zoo verkregen „punten kan getrokken worden heeft dan den vorm als „in nevenstaande figuur aangegeven, waarbij het ge„deelte *CD* evenwijdig met de abscissen loopt. De grens„waarde $H = OB$ is meestal ongeveer gelijk aan 1,4 — 1,5 „maal de constante verdampingshoogte $V_m = BC$. Die „constante verdampingshoogte $V_m$ kan dus gevonden wor„den door alleen voor *die* stroomgebieden, waarvoor de „gemiddelde jaarlijksche regenvallen gelijk of grooter „dan *OB* zijn, het gemiddelde te nemen van de verdam„pingshoogten $V = H - h$".

*) Niederschlag, Abflusz und Verdünstung in Mittel Europa, Band 1, No. 4 en: Ursprung und Verbleib des Festland Niederschlags, Bd. 2, No. 7.

Na nog opgemerkt te hebben, dat voor Java de kleinste gemiddelde jaarlijksche regenval, die in een stroomgebied voorkomt, nog juist bij de bovengenoemde grens (punt *B* van *fig. 1*) is gelegen, zoodat dit land wel bij uitstek geschikt is voor een onderzoek naar de grootte van $V_m$, komt de schrijver tot een gemiddelde $V_m$ voor deze streken van 1 271 mm. Hij heeft zijn berekening toegepast op een 5 tal stroomgebieden groot resp. 1 418, 863, 541, 897 en 1 196 km².

Alvorens we uit het bovenstaande conclusies gaan trekken voor den wadoek Pendjalin met z'n stroomgebied van slechts 4,417 km² nog het volgende.

In de eerste plaats wordt in het bovenaangehaalde steeds gesproken over de *gemiddelde* jaarlijksche verdampingshoogte. Er bestaat goede reden om aan te nemen, dat ook over de verschillende droogtejaren dit cijfer weinig verschilt, aangezien blijkbaar boven een zekere grens (n.l. voorbij *OB* in *fig. 4*)

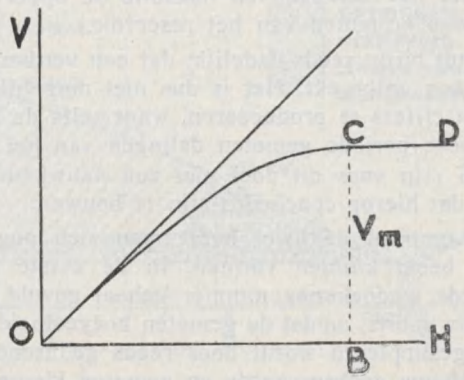



*Fig. 4.*

al het meerdere water, dat op een stroomgebied valt tot afstrooming komt. Hieruit volgt, dat de in een zeker jaar berekende verdampingshoogte niet veel van het gemiddelde zal verschillen.

In de tweede plaats behandelt van Kooten *groote* stroomgebieden. Men kan dus aannemen, dat regenwater, dat in de hoogere streken in den grond verdwijnt, toch weer op lagere punten te voorschijn treedt en op die wijze meewerkt aan de voeding van de verschillende affluenten. In het geval van Pendjalin kan het echter best gebeuren, dat een niet onbelangrijk quantum door grondlagen onder het reservoir door tot afstrooming zou komen. Dit feit brengt met zich, dat het door van Kooten gevonden cijfer van 1 271 mm in geen geval voor Pendjalin mag worden overgenomen. Evenwel blijft toch ook hier het principe van kracht, dat boven een zekere grens de verdampingshoogte (waarin dan in dit geval ook het door bodemfiltratie verdwenen quantum water is begrepen) constant zal blijven.

*Toepassing op den wadoek Pendjalin.*

Zijn deze veronderstellingen juist — en in de komende jaren zal dit zeker nader onderzoek vragen — dan zal dus de verdampingshoogte kunnen worden berekend uit den hierboven gevonden vullingscoëfficiënt 0,68 en den daarbij behoorenden jaarregenval van 4 558 mm. Deze bedraagt dan n.l. $0{,}32 \times 4558 = 1\,460$ mm.

*Bepaling vullingscoëfficiënten voor de onderscheiden droogtejaren.*

Thans kunnen we overgaan tot de berekening van de vullingscoëfficiënten voor de onderscheiden droogtejaren.

In *staat 1* zijn de totale maand- en jaarregencijfers opgenomen van het station (halte) Patoegoeran over de jaren 1900 t.m. 1934. Dit regenstation is vlak bij den wadoek gelegen, zoodat dit bruikbaar materiaal levert voor verdere berekeningen.

In *staat 2* zijn de jaartotalen gerangschikt volgens de grootte. In kolom 3 is met behulp van *staat 3* achter iederen term het bijbehoorende droogtejaar ingevuld. Kolom 4 geeft dan de bovenaangenomen constante verdampingshoogte van 1 460 mm, terwijl kolom 5 de op de wadoek afstroomende waterhoe-

**Regenwaarnemingen van het station Patoegoeran over de jaren 1900—1934.**
**(mm regenhoogte).** **STAAT 1.**

| Jaar | Jan. | Febr. | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Jaar-totalen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1900 | 578 | 643 | 695 | 881 | 737 | 742 | 531 | 517 | 535 | 658 | 970 | 610 | 8 097 |
| 1901 | 602 | 304 | 729 | 396 | 148 | 286 | 324 | 68 | 14 | 482 | 921 | 639 | 4 913 |
| 1902 | 487 | 547 | 524 | 321 | 368 | 94 | 23 | 33 | 0 | 0 | 1 040 | 598 | 4 035 |
| 1903 | 399 | 561 | 475 | 547 | 330 | 210 | 196 | 115 | 286 | 1 432 | 598 | 436 | 5 585 |
| 1904 | 489 | 226 | 708 | 300 | 347 | 242 | 216 | 161 | 691 | 1 196 | 819 | 600 | 5 995 |
| 1905 | 887 | 552 | 596 | 674 | 560 | 157 | 114 | 114 | 324 | 426 | 832 | 464 | 5 700 |
| 1906 | 317 | 431 | 643 | 527 | 198 | 110 | 189 | 463 | 914 | 807 | 136 | 209 | 4 926 |
| 1907 | 314 | 297 | 354 | 518 | 396 | 114 | 537 | 90 | 299 | 1 324 | 1 184 | 512 | 5 939 |
| 1908 | 491 | 507 | 216 | 587 | 172 | 168 | 219 | 462 | 350 | 939 | 523 | 343 | 4 977 |
| 1909 | 641 | 331 | 421 | 322 | 259 | 442 | 222 | 304 | 509 | 628 | 375 | 479 | 4 933 |
| 1910 | 503 | 377 | 579 | 494 | 332 | 274 | 622 | 761 | 748 | 627 | 500 | 716 | 6 533 |
| 1911 | 480 | 343 | 505 | 394 | 740 | 383 | 203 | 209 | 350 | 858 | 1 007 | 743 | 6 215 |
| 1912 | 490 | 688 | 622 | 783 | 206 | 388 | 435 | 52 | 236 | 1 071 | 886 | 659 | 6 516 |
| 1913 | 359 | 349 | 511 | 574 | 213 | 22 | 0 | 51 | 261 | 665 | 983 | 705 | 4 693 |
| 1914 | 586 | 329 | 593 | 480 | 268 | 126 | 0 | 0 | 0 | 62 | 588 | 482 | 3 514 |
| 1915 | 625 | 438 | 383 | 296 | 477 | 405 | 289 | 11 | 260 | 724 | 760 | 391 | 5 059 |
| 1916 | 280 | 357 | 501 | 448 | 276 | 193 | 390 | 955 | 963 | 676 | 384 | 421 | 5 844 |
| 1917 | 581 | 483 | 339 | 742 | 528 | 317 | 151 | 530 | 1 196 | 777 | 436 | 550 | 6 630 |
| 1918 | 354 | 260 | 237 | 477 | 247 | 195 | 0 | 0 | 56 | 136 | 1 052 | 656 | 3 670 |
| 1919 | 515 | 264 | 282 | 350 | 730 | 357 | 43 | 10 | 191 | 122 | 712 | 638 | 4 214 |
| 1920 | 529 | 258 | 303 | 749 | 271 | 182 | 112 | 231 | 951 | 219 | 606 | 492 | 4 903 |
| 1921 | 787 | 252 | 820 | 120 | 76 | 84 | 215 | 130 | 410 | 739 | 753 | 320 | 4 606 |
| 1922 | 523 | 412 | 444 | 564 | 344 | 294 | 61 | 64 | 43 | 1 445 | 506 | 369 | 5 069 |
| 1923 | 444 | 314 | 275 | 467 | 368 | 271 | 566 | 0 | 0 | 413 | 344 | 1 145 | 4 607 |
| 1924 | 380 | 441 | 388 | 380 | 596 | 323 | 30 | 0 | 69 | 582 | 636 | 469 | 4 294 |
| 1925 | 382 | 151 | 555 | 415 | 227 | 4 | 14 | 0 | 20 | 94 | 379 | 806 | 3 047 |
| 1926 | 639 | 300 | 804 | 445 | 513 | 13 | 12 | 84 | 19 | 190 | 649 | 787 | 4 455 |
| 1927 | 532 | 256 | 398 | 258 | 262 | 171 | 190 | 37 | 111 | 1 136 | 654 | 725 | 4 730 |
| 1928 | 545 | 550 | 426 | 290 | 270 | 392 | 90 | 361 | 221 | 453 | 816 | 863 | 5 277 |
| 1929 | 561 | 493 | 568 | 291 | 50 | 72 | 0 | 18 | 224 | 87 | 943 | 506 | 3 813 |
| 1930 | 228 | 503 | 436 | 620 | 778 | 77 | 15 | 69 | 139 | 641 | 609 | 800 | 4 915 |
| 1931 | 949 | 657 | 573 | 413 | 544 | 359 | 392 | 81 | 209 | 602 | 444 | 353 | 5 576 |
| 1932 | 315 | 362 | 586 | 365 | 349 | 288 | 141 | 49 | 212 | 369 | 880 | 370 | 4 286 |
| 1933 | 721 | 273 | 217 | 522 | 415 | 452 | 64 | 345 | 414 | 1 009 | 391 | 533 | 5 356 |
| 1934 | 498 | 316 | 289 | 725 | 230 | 52 | 53 | 0 | 13 | 887 | 554 | 609 | 4 226 |

STAAT 2.

| Rangnummer der waarnemingen. | Jaarregenvallen in mm | Droogtejaren volgens staat 3 | Jaarverdamping in mm | Afstroomende hoeveelheid in mm | Vullingscoëfficiënt. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 3 047 | 98 57 | 1 460 | 1 587 | 0,52 |
| 2 | 3 514 | 95,71 | 1 460 | 2 054 | 0,55 |
| 3 | 3 670 | 92,86 | 1 460 | 2 210 | 0,60 |
| 4 | 3 813 | 90,— | 1 460 | 2 353 | 0,62 |
| 5 | 4 035 | 87,14 | 1 460 | 2 575 | 0,64 |
| 6 | 4 214 | 84,29 | 1 460 | 2 754 | 0,65 |
| 7 | 4 226 | 81,43 | 1 460 | 2 766 | 0,655 |
| 8 | 4 286 | 78,57 | 1 460 | 2 826 | 0,66 |
| 9 | 4 294 | 75,71 | 1 460 | 2 834 | 0,66 |
| 10 | 4 455 | 72,86 | 1 460 | 2 995 | 0,67 |
| 11 | 4 606 | 70,— | 1 460 | 3 146 | 0,68 |
| 12 | 4 607 | 67,14 | 1 460 | 3 147 | 0,68 |
| 13 | 4 693 | 64,29 | 1 460 | 3 233 | 0,69 |
| 14 | 4 730 | 61,43 | 1 460 | 3 270 | 0,69 |
| 15 | 4 903 | 58,57 | 1 460 | 3 443 | 0,70 |
| 16 | 4 913 | 55,71 | 1 460 | 3 453 | 0,70 |
| 17 | 4 915 | 52,86 | 1 460 | 3 455 | 0,70 |
| 18 | 4 926 | 50,— | 1 460 | 3 466 | 0,705 |
| 19 | 4 933 | 47,14 | 1 460 | 3 473 | 0,705 |
| 20 | 4 977 | 44 29 | 1 460 | 3 517 | 0,705 |
| 21 | 5 059 | 41,43 | 1 460 | 3 599 | 0,71 |
| 22 | 5 069 | 38,57 | 1 460 | 3 609 | 0,71 |
| 23 | 5 277 | 35,71 | 1 460 | 3 817 | 0,72 |
| 24 | 5 356 | 32,86 | 1 460 | 3 896 | 0,73 |
| 25 | 5 576 | 30,— | 1 460 | 4 116 | 0,74 |
| 26 | 5 585 | 27,14 | 1 460 | 4 125 | 0,74 |
| 27 | 5 760 | 24,29 | 1 460 | 4 300 | 0,75 |
| 28 | 5 844 | 21,43 | 1 460 | 4 384 | 0,75 |
| 29 | 5 939 | 18,57 | 1 460 | 4 479 | 0,755 |
| 30 | 5 995 | 15,71 | 1 460 | 4 535 | 0,755 |
| 31 | 6 215 | 12,86 | 1 460 | 4 755 | 0,765 |
| 32 | 6 516 | 10,— | 1 460 | 5 056 | 0,775 |
| 33 | 6 533 | 7,14 | 1 460 | 5 073 | 0,78 |
| 34 | 6 630 | 4,29 | 1 460 | 5 170 | 0,78 |
| 35 | 8 097 | 1,43 | 1 460 | 6 637 | 0,82 |

| Rangnummer der waarnemingen | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10,00 | 8,33 | 7,14 | 6,25 | 5,56 | 5,00 | 4,55 | 4,17 | 3,85 | 3,57 | 3,33 | 3,13 | 2,94 | 2,78 | 2,63 | 2,50 |
| 2 | 30,00 | 25,00 | 21,43 | 18,75 | 16,70 | 15,00 | 13,67 | 12,50 | 11,54 | 10,71 | 10,00 | 9,38 | 8,82 | 8,33 | 7,89 | 7,50 |
| 3 | 50,00 | 41,67 | 35,71 | 31,25 | 27,83 | 25,00 | 22,78 | 20,83 | 19,23 | 17,86 | 16,67 | 15,62 | 14,71 | 13,89 | 13,16 | 12,50 |
| 4 | 70,00 | 58,33 | 50,00 | 43,75 | 38,96 | 35,00 | 31,89 | 29,17 | 26,92 | 25,00 | 23,33 | 21,87 | 20,59 | 19,44 | 18,42 | 17,50 |
| 5 | 90,00 | 75,00 | 64,29 | 56,25 | 50,10 | 45,00 | 40,10 | 37,50 | 34,62 | 32,14 | 30,00 | 28,12 | 26,47 | 25,00 | 23,68 | 22,50 |
| 6 | | 91,67 | 78,57 | 68,75 | 61,04 | 55,00 | 50,11 | 45,83 | 42,31 | 39,29 | 36,67 | 34,37 | 32,35 | 30,56 | 28,95 | 27,50 |
| 7 | | | 92,26 | 81,25 | 72,17 | 65,00 | 59,90 | 54,17 | 50,00 | 46,43 | 43,33 | 40,62 | 38,24 | 36,11 | 34,21 | 32,50 |
| 8 | | | | 93,75 | 83,30 | 75,00 | 68,11 | 62,50 | 57,69 | 53,57 | 50,00 | 46,87 | 44,12 | 41,67 | 39,47 | 37,50 |
| 9 | | | | | 94,44 | 85,00 | 77,22 | 70,83 | 65,38 | 60,71 | 56,67 | 53,12 | 50,00 | 47,22 | 44,74 | 42,50 |
| 10 | | | | | | 95,00 | 86,33 | 79,17 | 73,08 | 67,86 | 63,33 | 59,37 | 55,88 | 52,78 | 50,00 | 47,50 |
| 11 | | | | | | | 95,45 | 87,50 | 80,77 | 75,00 | 70,00 | 65,62 | 61,71 | 58,38 | 55,26 | 52,50 |
| 12 | | | | | | | | 95,83 | 88,46 | 82,14 | 76,67 | 71,87 | 67,65 | 63,89 | 60,53 | 57,50 |
| 13 | | | | | | | | | 96,15 | 89,29 | 83,33 | 78,12 | 73,53 | 69,44 | 65,79 | 62,50 |
| 14 | | | | | | | | | | 96,43 | 90,00 | 84,37 | 79,41 | 75,00 | 71,05 | 67,50 |
| 15 | | | | | | | | | | | 96,67 | 90,62 | 85,29 | 80,56 | 76,32 | 72,50 |
| 16 | | | | | | | | | | | | 96,87 | 91,18 | 86,11 | 81,58 | 77,50 |
| 17 | | | | | | | | | | | | | 97,06 | 91,67 | 86,84 | 82,50 |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | 97,22 | 92,11 | 87,50 |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | 97,37 | 92,50 |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | 97,50 |

TABEL AANGEVENDE WELK PERCENTAGE NAT JAAR
EEN BEPAALDE TERM IN EEN GECLASSIFICEERDE REEKS
WAARNEMINGEN VERTEGENWOORDIGT.
DUS B.V. WAARNEMING 21 IN EEN REEKS VAN 34 TERMEN,
KOMT OVEREEN MET EEN 60,29% NAT JAAR



veelheid in mm (met inbegrip van de verdamping van het oppervlak) aangeeft. Door de cijfers van kolom 5 te deelen door die van 2 krijgt men de in kolom 6 aangegeven vullingscoëfficiënten.

Uit kolom 3 en 6 kan dan de in *fig* 5 uitgewerkte grafiek worden samengesteld.

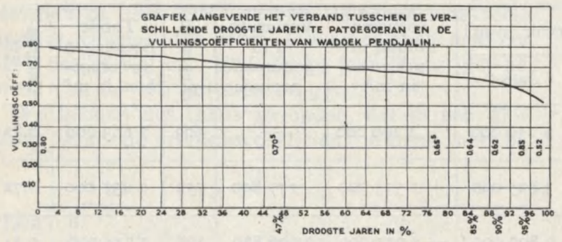



*Fig. 5.*

*Onderzoek naar de bruikbaarheid van een vullingscoëfficiënt over een vol jaar voor jaargedeelten.*

De thans gevonden cijfers zijn echter nog ongeschikt voor de berekening van de vulling van het reservoir in de verschillende droogtejaren, omdat inzonderheid tusschen oost- en westmoessonmaanden zeer belangrijke fluctuaties in de vullingscoëfficiënten van eenzelfde droogtejaar voorkomen. Het begrip *vullingscoëfficiënt* brengt dit in hooge mate met zich. Valt er b.v. geen regen gedurende een bepaalde periode, doch wordt wel door verdamping een daling van het reservoirpeil waargenomen, dan zou meergenoemde coëfficiënt zelfs - ∞ worden. Dit maakt dan ook, dat voor deze perioden het begrip vullingscoëfficiënt onbruikbaar is. Anders is het echter met den westmoesson. Aangezien de verdamping dan klein is t.o.v. den neerslag verkrijgt men reëele grootheden, die als basis voor de vullingsberekening van den wadoek kunnen dienen.

Uit bovenstaand betoog volgt echter, dat de te gebruiken vullingscoëfficiënt in de natte periode steeds hooger zal zijn dan die berekend over een vol jaar.

*Bepaling vullingscoëfficiënt en droogtejaar over de periode 1 November 1934 t.m. 30 April 1935.*

In *staat 4* zijn voor de exploitatieperiode van 1 November 1934 tot en met 30 April 1935 voor de verschillende maanden aan de hand van de wadoekpeilen en de verstrekkingsdebieten de maandgemiddelden der vullingscoëfficiënten bepaald. Het gemiddelde over de geheele periode wordt dan $\alpha_{gem.} = 0,75$.

STAAT 3.

| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,38 | 2,27 | 2,17 | 2,08 | 2,00 | 1,92 | 1,85 | 1,79 | 1,72 | 1,67 | 1,61 | 1,56 | 1,52 | 1,47 | 1,43 | 1,39 | 1,35 | 1,32 | 1,28 | 1,25 |
| 7,14 | 6,82 | 6,52 | 6,25 | 6,00 | 5,77 | 5,56 | 5,36 | 5,17 | 5,00 | 4,84 | 4,69 | 4,55 | 4,41 | 4,29 | 4,17 | 4,05 | 3,95 | 3,85 | 3,75 |
| 11,90 | 11,36 | 10,87 | 10,42 | 10,00 | 9,62 | 9,26 | 8,93 | 8,62 | 8,33 | 8,06 | 7,81 | 7,58 | 7,35 | 7,14 | 6,94 | 6,76 | 6,58 | 6,41 | 6,25 |
| 16,67 | 15,91 | 15,22 | 14,58 | 14,00 | 13,46 | 12,96 | 12,50 | 12,07 | 11,67 | 11,29 | 10,94 | 10,61 | 10,29 | 10,00 | 9,72 | 9,46 | 9,21 | 8,97 | 8,75 |
| 21,43 | 20,45 | 19,57 | 18,75 | 18,00 | 17,31 | 16,67 | 16,07 | 15,52 | 15,00 | 14,52 | 14,06 | 13,64 | 13,24 | 12,86 | 12,50 | 12,16 | 11,84 | 11,54 | 11,25 |
| 26,19 | 25,00 | 23,91 | 22,92 | 22,00 | 21,15 | 20,37 | 19,64 | 18,97 | 18,33 | 17,74 | 17,19 | 16,67 | 16,18 | 15,71 | 15,28 | 14,86 | 14,47 | 14,10 | 13,75 |
| 30,95 | 29,55 | 28,26 | 27,09 | 26,00 | 25,00 | 24,07 | 23,21 | 22,41 | 21,67 | 20,97 | 20,31 | 19,70 | 19,12 | 18,57 | 18,06 | 17,57 | 17,11 | 16,67 | 16,25 |
| 35,71 | 34,09 | 32,61 | 31,25 | 30,00 | 28,85 | 27,78 | 26,79 | 25,86 | 25,00 | 24,19 | 23,44 | 22,73 | 22,06 | 21,43 | 20,83 | 20,27 | 19,14 | 19,23 | 18,75 |
| 40,48 | 38,64 | 36,96 | 35,42 | 34,00 | 32,69 | 31,48 | 30,36 | 29,31 | 28,33 | 27,42 | 26,56 | 25,76 | 25,00 | 24,29 | 23,61 | 22,97 | 22,37 | 21,79 | 21,25 |
| 45,24 | 43,18 | 41,30 | 39,58 | 38,00 | 36,54 | 35,19 | 33,93 | 32,76 | 31,67 | 30,65 | 29,69 | 28,79 | 27,94 | 27,14 | 26,39 | 25,68 | 25,00 | 24,36 | 23,75 |
| 50,00 | 47,73 | 45,65 | 43,75 | 42,00 | 40,38 | 38,89 | 37,50 | 36,21 | 35,00 | 33,87 | 32,81 | 31,82 | 30,88 | 30,00 | 29,17 | 28,38 | 27,63 | 26,92 | 26,25 |
| 54,76 | 52,27 | 50,00 | 47,92 | 46,00 | 44,23 | 42,59 | 41,07 | 39,66 | 38,33 | 37,10 | 35,94 | 34,85 | 33,82 | 32,86 | 31,94 | 30,08 | 30,26 | 29,49 | 28,75 |
| 59,52 | 56,82 | 54,35 | 52,08 | 50,00 | 48,08 | 46,30 | 44,64 | 43,10 | 41,67 | 40,32 | 39,06 | 37,88 | 36,76 | 35,71 | 34,72 | 33,78 | 32,89 | 32,05 | 31,25 |
| 64,29 | 61,36 | 58,70 | 56,25 | 54,00 | 51,92 | 50,00 | 48,21 | 46,55 | 45,00 | 43,55 | 42,19 | 40,91 | 39,71 | 38,57 | 37,50 | 36,49 | 35,53 | 34,62 | 33,75 |
| 69,05 | 65,91 | 63,04 | 60,42 | 58,00 | 55,77 | 53,70 | 51,79 | 50,00 | 48,33 | 46,77 | 45,31 | 43,94 | 42,65 | 41,43 | 40,28 | 39,19 | 38,16 | 37,18 | 36,25 |
| 73,81 | 70,45 | 67,39 | 64,58 | 62,00 | 59,62 | 57,41 | 55,36 | 53,45 | 51,67 | 50,00 | 48,44 | 46,97 | 45,59 | 44,29 | 43,06 | 41,89 | 40,79 | 39,74 | 38,75 |
| 78,57 | 75,00 | 71,74 | 68,75 | 66,00 | 63,46 | 61,11 | 58,93 | 56,90 | 55,00 | 53,23 | 51,56 | 50,00 | 48,53 | 47,14 | 45,83 | 44,59 | 43,42 | 42,31 | 41,25 |
| 83,33 | 79,55 | 76,09 | 72,92 | 70,00 | 67,31 | 64,81 | 62,50 | 60,35 | 58,33 | 56,45 | 54,69 | 53,03 | 51,47 | 50,00 | 48,61 | 47,30 | 46,05 | 44,87 | 43,75 |
| 88,10 | 84,09 | 80,43 | 77,08 | 74,00 | 71,15 | 68,52 | 66,07 | 63,79 | 61,67 | 59,68 | 57,81 | 56,06 | 54,41 | 52,86 | 51,39 | 50,00 | 48,68 | 47,44 | 46,25 |
| 92,86 | 88,64 | 84,78 | 81,25 | 78,00 | 75,00 | 72,22 | 69,64 | 67,24 | 65,00 | 62,90 | 60,94 | 59,09 | 57,35 | 55,71 | 54,17 | 52,70 | 51,32 | 50,00 | 48,75 |
| 97,62 | 93,18 | 89,13 | 85,42 | 82,00 | 78,85 | 75,93 | 73,21 | 70,69 | 68,33 | 66,13 | 64,06 | 62,12 | 60,29 | 58,57 | 56,94 | 55,41 | 53,95 | 52,56 | 51,25 |
| | 97,73 | 93,48 | 89,58 | 86,00 | 82,69 | 79,63 | 76,79 | 74,14 | 71,67 | 69,35 | 67,19 | 65,15 | 63,24 | 61,43 | 59,72 | 58,11 | 56,58 | 55,13 | 53,75 |
| | | 97,83 | 93,75 | 90,00 | 86,54 | 83,33 | 80,36 | 77,59 | 75,00 | 72,58 | 70,31 | 68,18 | 66,18 | 64,29 | 62,50 | 60,81 | 59,21 | 57,69 | 56,25 |
| | | | 97,92 | 94,00 | 90,38 | 87,04 | 83,93 | 81,03 | 78,33 | 75,81 | 73,44 | 71,21 | 69,12 | 67,14 | 65,28 | 63,51 | 61,84 | 60,26 | 58,75 |
| | | | | 98,00 | 94,23 | 90,74 | 87,50 | 84,48 | 81,67 | 79,03 | 76,56 | 74,24 | 72,06 | 70,00 | 68,06 | 66,22 | 64,47 | 62,82 | 61,25 |
| | | | | | 98,08 | 94,44 | 91,07 | 87,93 | 85,00 | 82,26 | 79,69 | 77,27 | 75,00 | 72,86 | 70,83 | 68,92 | 67,11 | 65,38 | 63,75 |
| | | | | | | 98,15 | 94,64 | 91,38 | 88,33 | 85,48 | 82,81 | 80,30 | 77,94 | 75,71 | 73,61 | 71,62 | 69,74 | 67,95 | 66,25 |
| | | | | | | | 98,21 | 94,83 | 91,67 | 88,71 | 85,94 | 83,33 | 80,88 | 78,57 | 76,39 | 74,32 | 72,37 | 70,51 | 68,75 |
| | | | | | | | | 98,28 | 95,00 | 91,94 | 89,06 | 86,36 | 83,82 | 81,43 | 79,17 | 77,03 | 75,00 | 73,08 | 71,25 |
| | | | | | | | | | 98,33 | 95,16 | 92,19 | 89,39 | 86,76 | 84,29 | 81,94 | 79,73 | 77,63 | 75,64 | 73,75 |
| | | | | | | | | | | 98,39 | 95,31 | 92,42 | 89,71 | 87,14 | 84,72 | 82,43 | 80,26 | 78,21 | 76,25 |
| | | | | | | | | | | | 98,44 | 95,45 | 92,65 | 90,00 | 87,50 | 85,14 | 82,89 | 80,77 | 78,75 |
| | | | | | | | | | | | | 98,48 | 95,59 | 92,86 | 90,28 | 87,84 | 85,53 | 83,33 | 81,25 |
| | | | | | | | | | | | | | 98,53 | 95,71 | 93,06 | 90,54 | 88,16 | 85,90 | 83,75 |
| | | | | | | | | | | | | | | 98,57 | 95,87 | 93,24 | 90,79 | 88,46 | 86,25 |
| | | | | | | | | | | | | | | | 98,61 | 95,95 | 93,42 | 91,03 | 88,75 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 98,65 | 96,05 | 93,59 | 91,25 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 98,68 | 96,15 | 93,75 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 98,72 | 96,25 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 98,75 |

Het droogtejaar, waarbij dit cijfer behoort, kan op de volgende wijze worden gevonden.

Op *staat 5* zijn de reeds bovengebruikte regencijfers van het station Patoegoeran op zulk een wijze gegroepeerd (ook voor later gebruik was dit noodig), dat telkens voor ieder jaar is berekend welke totale hoeveelheid regen resp. in de perioden Juni; Mei en Juni; April — Juni; enz. tot November tot en met Juni is gevallen.

**Westmoesson-periode.** **STAAT 4.**

| Waarnemingsperiode | | Waterstand in reservoir | | Inhoud reservoir in m³ | | Toename inhoud in periode in m³ | Verbruikt in m³ gedurende periode | Regenval | Totale neerslag in stroomgebied in m³ | Vullingscoëff. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| begin | eind | begin | eind | begin | eind | | | | | |
| 1 Nov. '34 | 30 Nov. | 324,57 | 331,79 | 50 000 | 2 250 000 | + 2 200 000 | — | 603 | 2 663 000 | 0,83 |
| 1 Dec. '34 | 31 Dec. | 331,79 | 333,99 | 2 250 000 | 3 825 000 | + 1 575 000 | 177 800 | 552 | 2 438 000 | 0,72 |
| 1 Jan. '35 | 31 Jan. | 333,99 | 332,62 | 3 825 000 | 2 800 000 | — 1 025 000 | 2 006 820 | 275 | 1 215 000 | 0,81 |
| 1 Febr. '35 | 28 Febr. | 332,62 | 334,60 | 2 800 000 | 4 325 000 | + 1 525 000 | 811 040 | 708 | 3 127 000 | 0,75 |
| 1 Maart'35 | 31 Maart | 334,60 | 335,90 | 4 325 000 | 5 500 000 | + 1 175 000 | 421 200 | 502 | 2 217 000 | 0,72 |
| 1 April '35 | 30 April | 335,90 | 336,94 | 5 500 000 | 6 550 000 | + 1 050 000 | 466 560 | 492 | 2 173 000 | 0,70 |

De gemiddelde vullingscoëfficiënt wordt dan:

$$0{,}83 \times 2\,663\,000 = 2\,210\,000$$
$$0{,}72 \times 2\,438\,000 = 1\,751\,000$$
$$0{,}81 \times 1\,215\,000 = 985\,000$$
$$0{,}75 \times 3\,127\,000 = 2\,342\,000$$
$$0{,}72 \times 2\,217\,000 = 1\,594\,000$$
$$0{,}70 \times 2\,173\,000 = 1\,521\,000$$

$$\alpha_{gem} \times 13\,833\,000 = 10\,403\,000$$

$$\text{dus } \alpha_{gem} = 0{,}75$$

**Regenwaarnemingen Patoegoeran**

| Maand | 00/01 | 01/02 | 02/03 | 03/04 | 04/05 | 05/06 | 06/07 | 07/08 | 08/09 | 09/10 | 10/11 | 11/12 | 12/13 | 13/14 | 14/15 | 15/16 | 16/17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Juni | 286 | 94 | 210 | 242 | 157 | 110 | 114 | 168 | 442 | 274 | 383 | 388 | 22 | 126 | 405 | 193 | 317 |
| Mei | 148 | 368 | 330 | 347 | 560 | 198 | 396 | 172 | 259 | 332 | 740 | 206 | 213 | 268 | 477 | 276 | 528 |
| Mei — Juni | 434 | 462 | 540 | 589 | 717 | 308 | 510 | 340 | 701 | 606 | 1 123 | 594 | 235 | 394 | 882 | 469 | 845 |
| April | 396 | 321 | 547 | 300 | 674 | 527 | 518 | 587 | 322 | 494 | 394 | 783 | 574 | 480 | 296 | 448 | 742 |
| April — Juni | 830 | 783 | 1 087 | 889 | 1 391 | 835 | 1 028 | 927 | 1 023 | 1 100 | 1 517 | 1 377 | 809 | 874 | 1 178 | 917 | 1 587 |
| Maart | 729 | 524 | 475 | 708 | 596 | 643 | 354 | 216 | 421 | 579 | 505 | 622 | 511 | 593 | 383 | 501 | 339 |
| Maart — Juni | 1 559 | 1 307 | 1 562 | 1 597 | 1 987 | 1 478 | 1 382 | 1 143 | 1 444 | 1 679 | 2 022 | 1 999 | 1 320 | 1 467 | 1 516 | 1 418 | 1 926 |
| Februari | 304 | 547 | 561 | 226 | 552 | 431 | 297 | 507 | 331 | 377 | 343 | 688 | 349 | 329 | 438 | 357 | 483 |
| Febr. — Juni | 1 863 | 1 854 | 2 123 | 1 823 | 2 539 | 1 909 | 1 679 | 1 650 | 1 775 | 2 056 | 2 365 | 2 687 | 1 669 | 1 796 | 1 999 | 1 775 | 2 409 |
| Januari | 602 | 487 | 399 | 489 | 887 | 317 | 314 | 491 | 641 | 503 | 480 | 490 | 359 | 586 | 625 | 280 | 581 |
| Januari — Juni | 2 465 | 2 341 | 2 522 | 2 312 | 3 426 | 2 226 | 1 993 | 2 141 | 2 416 | 2 559 | 2 845 | 3 177 | 2 028 | 2 382 | 2 624 | 2 055 | 2 990 |
| December | 610 | 639 | 598 | 436 | 600 | 464 | 209 | 512 | 343 | 479 | 716 | 743 | 659 | 705 | 482 | 391 | 421 |
| December — Juni | 3 075 | 2 980 | 3 120 | 2 748 | 4 026 | 2 690 | 2 202 | 2 653 | 2 759 | 3 038 | 3 561 | 3 920 | 2 687 | 3 087 | 3 106 | 2 446 | 3 411 |
| November | 970 | 921 | 1 040 | 598 | 819 | 832 | 136 | 1 184 | 523 | 375 | 500 | 1 007 | 886 | 983 | 588 | 760 | 384 |
| November — Juni | 4 045 | 3 901 | 4 160 | 3 346 | 4 845 | 3 522 | 2 338 | 3 837 | 3 282 | 3 413 | 4 061 | 4 927 | 3 573 | 4 070 | 3 694 | 3 206 | 3 795 |
| November — April | 3 611 | 3 439 | 3 620 | 2 757 | 4 128 | 3 214 | 1 828 | 3 497 | 2 581 | 2 867 | 2 938 | 4 333 | 3 338 | 3 676 | 2 812 | 2 737 | 2 950 |

Aangezien onze exploitatieperiode loopt van 1 November tot eind April is tenslotte van het cijfer voor November tot en met Juni dat van Mei + Juni afgetrokken. De 34 cijfers voor de periode November — April zijn in *staat 6* naar hun grootte gerangschikt. De op Patoegoeran gemeten regenval in de zelfde periode bedraagt 3 149 mm. Deze waarneming valt tusschen de 18de en 19de van evengenoemde reeks in, wat volgens den *staat 3* overeenkomt met een 53% nat of wel een 47% droog jaar (d.w.z. dat het in 53 van de 100 gevallen droger is).

We hebben dus thans gevonden, dat in een 47% droog jaar de vullingscoëfficiënt tijdens het beschouwde deel der vullingsperiode van den wadoek gemiddeld 0,75 bedraagt.

**STAAT 6.**

**Geclassificeerde totale regenvallen**

(jaren 1900—1934)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 828 | 18 | 3 119 |
| 2 | 2 314 | 19 | 3 189 |
| 3 | 2 375 | 20 | 3 190 |
| 4 | 2 425 | 21 | 3 214 |
| 5 | 2 581 | 22 | 3 236 |
| 6 | 2 608 | 23 | 3 338 |
| 7 | 2 737 | 24 | 3 373 |
| 8 | 2 752 | 25 | 3 439 |
| 9 | 2 757 | 26 | 3 497 |
| 10 | 2 812 | 27 | 3 592 |
| 11 | 2 867 | 28 | 3 597 |
| 12 | 2 880 | 29 | 3 611 |
| 13 | 2 938 | 30 | 3 620 |
| 14 | 2 950 | 31 | 3 676 |
| 15 | 2 983 | 32 | 4 061 |
| 16 | 3 016 | 33 | 4 128 |
| 17 | 3 078 | 34 | 4 333 |

*Bepaling van de grootte van den vullingscoëfficiënt gedurende de westmoessonmaanden in afhankelijkheid tot de onderscheiden droogtejaren.*

Het spreekt wel vanzelf, dat het ons voor de vullingsberekening van den wadoek bijzonder zal interesseeren, hoe groot die coëfficiënt nu wordt voor de veel drogere jaren, (b.v. 90% — 80%) aangezien we dan kunnen zien, wanneer de wadoek niet meer vol wordt.

Teneinde nu hiertoe te geraken is aangenomen, dat de verhouding der vullingscoëfficiënten voor een vol jaar in verschillende droogtejaren gelijk is aan die voor de westmoessonperiode in dezelfde droogtejaren. Dit wil dus het volgende zeggen:

Uit de grafiek van *fig. 5* volgt: dat over een vol jaar gerekend in een 47% droog jaar $\alpha = 0{,}705$. Voor een 90% droog jaar is dit cijfer 0,62. Boven vonden we $\alpha$ gedurende den westmoesson in een 47% droog jaar gelijk aan 0,75. Dit laatste cijfer wordt dan in een 90% droog jaar $\frac{62}{70{,}5} \times 0{,}75 = 0{,}66$. Op de zelfde wijze vinden we dan voor een 85, resp. 80% droog jaar $\frac{64}{70{,}5} \times 0{,}75 = 0{,}68$ en $\frac{65{,}5}{70{,}5} \times 0{,}75 = 0{,}70$.

Volledigheidshalve worde hieraan direct toegevoegd, dat de evengevolgde gedachtengang aanvechtbaar is. Gemeend wordt echter, dat op die wijze voor-

**STAAT 5.**

**November — Juni 1900 — 1934 in mm**

| Maand | 17/18 | 18/19 | 19/20 | 20/21 | 21/22 | 22/23 | 23/24 | 24/25 | 25/26 | 26/27 | 27/28 | 28/29 | 29/30 | 30/31 | 31/32 | 32/33 | 33/34 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Juni | 195 | 357 | 182 | 84 | 294 | 271 | 323 | 4 | 13 | 171 | 392 | 72 | 77 | 359 | 288 | 452 | 52 |
| Mei | 247 | 730 | 271 | 76 | 344 | 368 | 596 | 227 | 513 | 262 | 270 | 50 | 778 | 544 | 349 | 415 | 230 |
| Mei — Juni | 442 | 1 087 | 453 | 160 | 638 | 639 | 919 | 231 | 526 | 433 | 662 | 122 | 855 | 903 | 637 | 867 | 282 |
| April | 477 | 350 | 749 | 20 | 564 | 467 | 380 | 415 | 445 | 258 | 290 | 291 | 620 | 413 | 365 | 522 | 725 |
| April — Juni | 919 | 1 437 | 1 202 | 180 | 1 202 | 1 106 | 1 299 | 646 | 971 | 691 | 952 | 413 | 1 475 | 1 316 | 1 002 | 1 389 | 1 007 |
| Maart | 237 | 282 | 303 | 820 | 444 | 275 | 388 | 555 | 804 | 398 | 426 | 568 | 436 | 573 | 586 | 217 | 289 |
| Maart — Juni | 1 156 | 1 719 | 1 505 | 1 620 | 1 646 | 1 381 | 1 687 | 1 201 | 1 775 | 1 089 | 1 378 | 981 | 1 911 | 1 889 | 1 588 | 1 606 | 1 296 |
| Februari | 260 | 264 | 258 | 252 | 412 | 314 | 441 | 151 | 300 | 256 | 550 | 493 | 503 | 657 | 362 | 273 | 316 |
| Febr. — Juni | 1 416 | 1 983 | 1 763 | 1 872 | 2 058 | 1 695 | 2 128 | 1 352 | 2 075 | 1 345 | 1 928 | 1 474 | 2 414 | 2 546 | 1 950 | 1 879 | 1 612 |
| Januari | 354 | 515 | 529 | 787 | 523 | 444 | 380 | 382 | 639 | 532 | 545 | 561 | 228 | 949 | 315 | 721 | 498 |
| Januari — Juni | 1 770 | 2 498 | 2 292 | 2 659 | 2 581 | 2 139 | 2 508 | 1 734 | 2 714 | 1 877 | 2 473 | 2 035 | 2 642 | 3 495 | 2 265 | 2 600 | 2 110 |
| December | 550 | 656 | 638 | 492 | 320 | 369 | 1 145 | 469 | 806 | 787 | 725 | 863 | 506 | 800 | 353 | 370 | 533 |
| December — Juni | 2 320 | 3 154 | 2 930 | 3 151 | 2 901 | 2 508 | 3 653 | 2 203 | 3 520 | 2 664 | 3 198 | 2 898 | 3 148 | 4 295 | 2 618 | 2 970 | 2 643 |
| November | 436 | 1 052 | 712 | 606 | 753 | 506 | 344 | 636 | 379 | 649 | 654 | 816 | 943 | 609 | 444 | 880 | 391 |
| November — Juni | 2 756 | 4 206 | 3 642 | 3 757 | 3 654 | 3 014 | 3 997 | 2 839 | 3 899 | 3 313 | 3 852 | 3 714 | 4 091 | 4 964 | 3 062 | 3 850 | 3 034 |
| November — April | 2 314 | 3 119 | 3 189 | 3 597 | 3 016 | 2 375 | 3 078 | 2 608 | 3 373 | 2 880 | 3 190 | 3 592 | 3 236 | 4 061 | 2 425 | 2 983 | 2 752 |

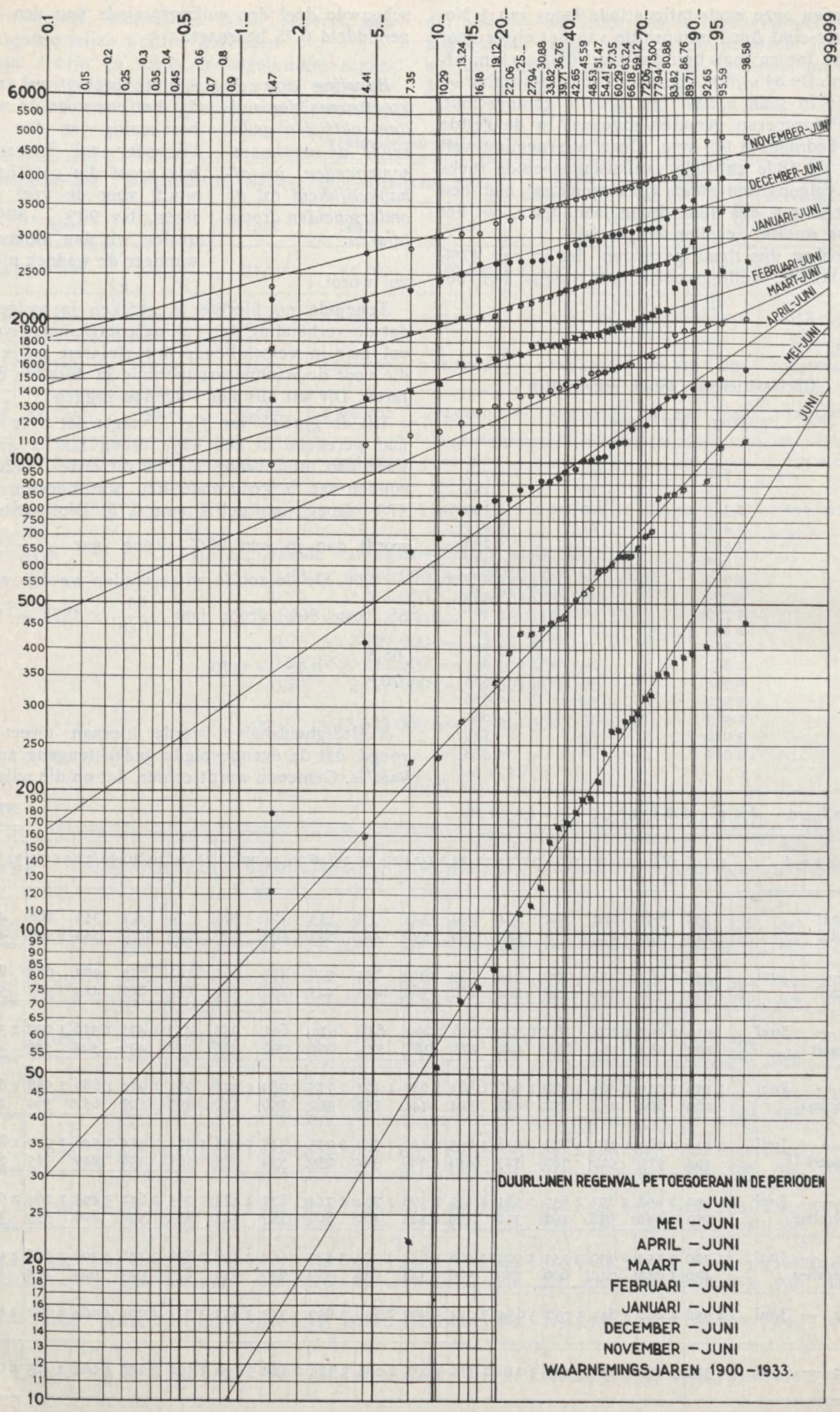

0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.-
1.47
2.-
4.41
5.-
7.35
10.-
10.29
13.24
15.-
16.18
19.12
20.-
22.06
25.-
27.94
30.88
33.82
36.76
39.71
40.-
42.65
45.59
48.53
51.47
54.41
57.35
60.29
63.24
66.18
69.12
70.-
72.06
75.00
77.94
80.88
83.82
86.76
89.71
90.-
92.65
95
95.59
98.58
99.999
NOVEMBER-JUNI
DECEMBER-JUNI
JANUARI-JUNI
FEBRUARI-JUNI
MAART-JUNI
APRIL-JUNI
MEI-JUNI
JUNI
DUURLIJNEN REGENVAL PETOEGOERAN IN DE PERIODEN
JUNI
MEI – JUNI
APRIL – JUNI
MAART – JUNI
FEBRUARI – JUNI
JANUARI – JUNI
DECEMBER – JUNI
NOVEMBER – JUNI
WAARNEMINGSJAREN 1900 – 1933.

*Fig. 6.*

loopig voor de practijk bruikbare cijfers worden verkregen.

*Vullingsverloop van den wadoek in een 80 — 85 en 90% droog jaar.* Uitgaande van bovengevonden vullingscoëfficiënten is nu, teneinde een indruk te krijgen omtrent het verloop van de vulling van den wadoek gedurende den westmoesson, de methode gevolgd, welke door ir. S. H. A. Begemann in *De Waterstaats-Ingenieur* Nos. 1, 2 en 3 — 1932 is aangegeven door toepassing n.l. van de waarschijnlijkheidsleer op hydrologische waarnemingen.

Hiertoe is wederom een vruchtbaar gebruik gemaakt van de regencijfers van het station Patoegoeran over de jaren 1900 tot en met 1933.

In meergenoemden *staat 5* zijn voor elk jaar berekend, welke de totale regenvallen zijn geweest in de perioden Juni; Mei en Juni; April tot en met Juni enz. tot November tot en met Juni.

In *fig. 6* zijn deze waarnemingen op Goodrichpapier uitgezet. Het blijkt, dat de duurlijnen rechte lijnen vormen, zoodat rectificatie achterwege kan blijven.

Uit deze lijnen vinden we nu voor een 90%, een 85% en een 80% droog jaar den te verwachten regenval in de beschouwde perioden.

Gevonden wordt:

**Te verwachten regenval in mm in verschillende droogte jaren en regenperioden te Patoegoeran:**

| Periode | Droogtejaar | | |
|---|---|---|---|
| | 90% | 85% | 80% |
| Juni | 57 | 78 | 98 |
| Mei — Juni | 245 | 300 | 344 |
| April — Juni | 630 | 710 | 780 |
| Maart — Juni | 1 090 | 1 175 | 1 250 |
| Februari — Juni | 1 500 | 1 580 | 1 650 |
| Januari — Juni | 1 930 | 2 030 | 2 110 |
| December — Juni | 2 440 | 2 550 | 2 650 |
| November — Juni | 3 050 | 3 200 | 3 300 |

STAAT 7a.

**Berekening maandsgewijze toename van den inhoud en het peil in den wadoek Pendjalin in een 90% droog jaar.**

| Maand | Regenval in mm | Neerslag in stroomgebied in $m^3$ | Vullingscoëff. | Toename reservoirinhoud in $m^3$ | Benoodigde wadoekinhoud aan 't einde van iedere maand in $m^3$ voor volledige vulling op ultimo Juni | Peil v.d. wadoek aan het einde van iedere maand |
|---|---|---|---|---|---|---|
| November | 610 | 2 694 000 | 0,66 | 1 778 000 | 2 506 600 | + 332,25 |
| December | 510 | 2 253 000 | 0,66 | 1 487 000 | 3 993 600 | 334,20 |
| Januari | 430 | 1 899 000 | 0,66 | 1 252 000 | 5 245 600 | 335,60 |
| Februari | 410 | 1 811 000 | 0,66 | 1 194 000 | 6 439 600 | 336,80 |
| Maart | 460 | 2 032 000 | 0,66 | 1 340 000 | 7 779 600 | 338,05 |
| April | 385 | 1 700 000 | 0,66 | 1 122 000 | 8 901 600 | 339,— |
| Mei | 188 | 830 000 | 0,66 **) | 548 000 | 9 449 600 | 339,45 |
| Juni | 57 | 252 000 | 0,20 *) | 50 400 | 9 500 000 | 339,50 |

Oppervlakte stroomgebied *4,417* $km^2$

Bij sluiting op 1 November komt de wadoek dus *niet* vol.

Het watertekort op 1 Juli bedraagt dan **728 600** $m^3$.

*) en **): zie hiervoor onderaan staat 7c., blz. 102.

**Idem in een 85% droog jaar.** **STAAT 7b.**

| Maand | Regenval in mm | Neerslag in stroomgebied in $m^3$ | Vullings-coëff. | Toename reservoir-inhoud in $m^3$ | Benoodigde wadoekinhoud aan 't einde van iedere maand in $m^3$ voor volledige vulling op ultimo Juni | Peil v.d. wadoek aan het einde van iedere maand |
|---|---|---|---|---|---|---|
| November | 650 | 2 871 000 | 0,68 | 1 951 000 | 2 010 000 | + 331,40 |
| December | 520 | 2 297 000 | 0,68 | 1 560 000 | 3 570 000 | 333,65 |
| Januari | 450 | 1 988 000 | 0,68 | 1 351 000 | 4 921 000 | 335,25 |
| Februari | 405 | 1 789 000 | 0,68 | 1 216 000 | 6 137 000 | 336,50 |
| Maart | 465 | 2 054 000 | 0,68 | 1 396 000 | 7 533 000 | 337,80 |
| April | 410 | 1 811 000 | 0,68 | 1 231 000 | 8 764 000 | 338,90 |
| Mei | 222 | 981 000 | 0,68 **) | 667 000 | 9 431 000 | 339,45 |
| Juni | 78 | 345 000 | 0,20 *) | 69 000 | 9 500 000 | 339,50 |

Bij sluiting op 1 November komt de wadoek dus *niet* vol.
Het watertekort op 1 Juli bedraagt dan *59 000* $m^3$.

**Idem in een 80% droog jaar.** **STAAT 7c.**

| Maand | Regenval in mm | Neerslag in stroomgebied in $m^3$ | Vullings-coëff. | Toename reservoir-inhoud in $m^3$ | Benoodigde wadoekinhoud aan 't einde van iedere maand in $m^3$ voor volledige vulling op ultimo Juni | Peil v.d. wadoek aan het einde van iedere maand |
|---|---|---|---|---|---|---|
| November | 493 | 2 178 000 | 0,70 | 1 524 400 | 1 524 400 | + 330,50 |
| December | 540 | 2 385 000 | 0,70 | 1 670 000 | 3 194 400 | 333,20 |
| Januari | 460 | 2 032 000 | 0,70 | 1 421 000 | 4 615 400 | 334,95 |
| Februari | 400 | 1 767 000 | 0,70 | 1 237 000 | 5 852 400 | 336,25 |
| Maart | 470 | 2 076 000 | 0,70 | 1 451 000 | 7 303 400 | 337,60 |
| April | 436 | 1 926 000 | 0,70 | 1 348 000 | 8 651 400 | 338,80 |
| Mei | 246 | 1 087 000 | 0,70 **) | 762 000 | 9 413 400 | 339,45 |
| Juni | 98 | 433 000 | 0,20 *) | 86 600 | 9 500 000 | 339,50 |

Wanneer de wadoek op 8 November wordt gesloten, komt deze dus op eind Juni vol, $\left(\frac{493}{650} \times 30 = 23\right.$ Novemberdagen).

*) Voor deze Oostmoessonmaand is veiligheidshalve een vullingscoëff. van slechts 0,2 aangenomen.
**) De vullingscoëfficiënt bepaald voor November t.m. April is ook voor Mei aangenomen.

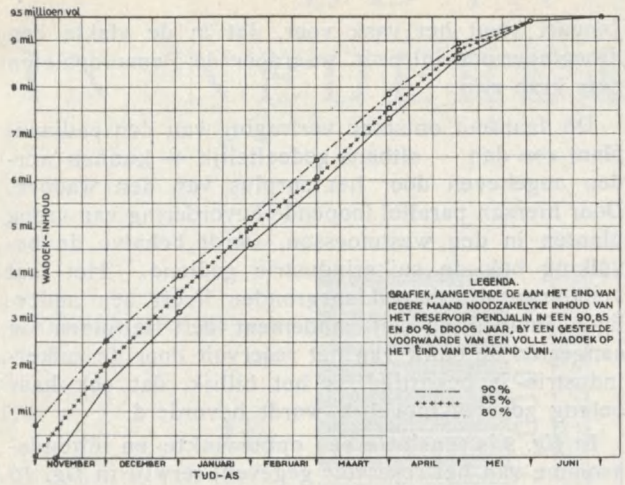



*Fig. 7.*

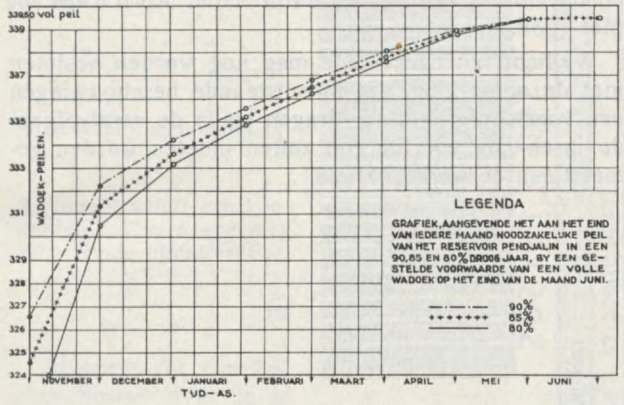



*Fig. 8.*

Met deze gegevens is nu de in de beschouwde droogtejaren in iedere maand te verwachten regenval berekend; de uitkomsten zijn verzameld in de *staten 7a, b* en *c*.

Door vermenigvuldiging met het oppervlak van het stroomgebied (4,417 km$^2$) vinden we den te verwachten neerslag en door dit cijfer op zijn beurt weer te vermenigvuldigen met den betrokken vullingscoëfficiënt wordt gevonden de hoeveelheid die aan het reservoir ten goede komt. In de op één na laatste kolom van de staten is vermeld, welke hoeveelheid aan het eind van iedere maand in de wadoek aanwezig behoort te zijn bij een gestelde voorwaarde van een vollen wadoek op eind Juni, terwijl de laatste kolom de bijbehoorende peilschaalstanden aangeeft.

De *figuren 7* en *8* geven van één en ander nog een grafisch beeld.

Bij nadere bestudeering blijkt nog, dat in een 90% droog jaar de wadoek bij sluiting op 1 November *niet* vol komt. Het ontbrekende quantum bedraagt 2 506 000 — 1 778 000 = rond 0,7 millioen m$^3$. In een 85% droog jaar komt de wadoek maar nauwelijks vol (becijferd is een tekort van 59 000 m$^3$). In een 80% droog jaar echter behoeft niet de volle Novembermaand voor de vulling te worden benut. Een gelijkmatige verdeeling van den regenval over de heele maand aannemende zou men dus op 8 November de schuiven kunnen sluiten.

In die zeer droge jaren zou men dus, zoo men van een vol reservoir verzekerd wilde zijn, vóór 1 November moeten beginnen. In verband met de jaarlijksche inspectie, die zoo eenigszins mogelijk, indien de waterbehoefte in het Pemaligebied dit op dat tijdstip toelaat, juist met het oog op een mogelijke volledige vulling, in de tweede helft van October ware te kiezen, is dit niet wel doenlijk. Men zou dus als regel kunnen aannemen, dat op 1 November de nieuwe exploitatieperiode aanvangt.

## Slotbeschouwingen.

Tenslotte nog een enkele opmerking:

In *fig. 8* is grafisch weergegeven het in de verschillende droogtejaren noodige peil van het reservoir. Het spreekt wel van zelf, dat de werkelijk optredende peilschaalstanden zelfs bij een gemiddeld aangegeven droogtejaar zich om de geproduceerde lijnen zullen bewegen. Richt men zich nu op de veiligheid van een 90% droog jaar, dan zou men dus reeds vóór de normale verstrekkingsperiode Augustus tot en met October water kunnen aflaten, mits men er voor zorgt dat tusschen het op ieder oogenblik aanwezige peil en de 90% lijn een marge in positieven zin aanwezig is.

Die af te laten waterhoeveelheden kunnen n.l. een goed gebruik vinden. In de maanden December en

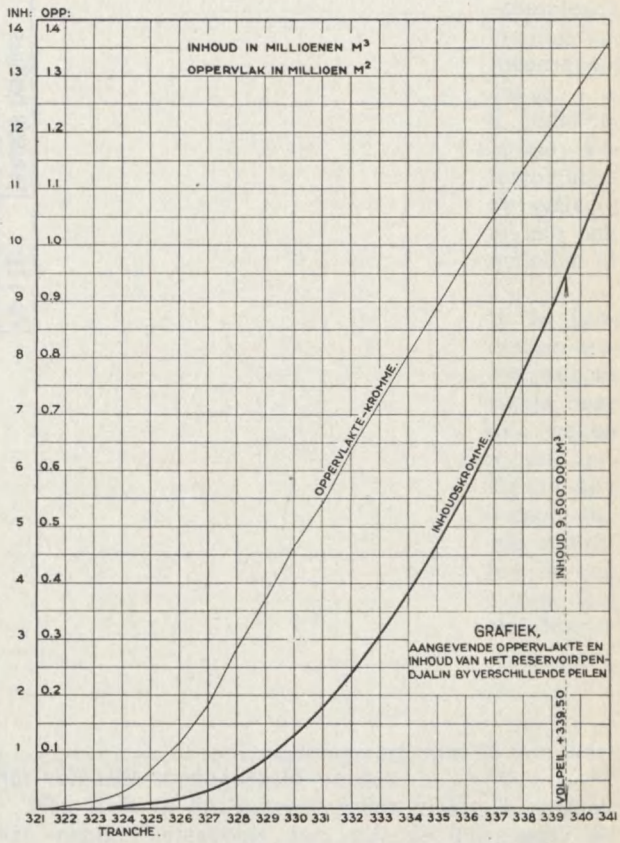
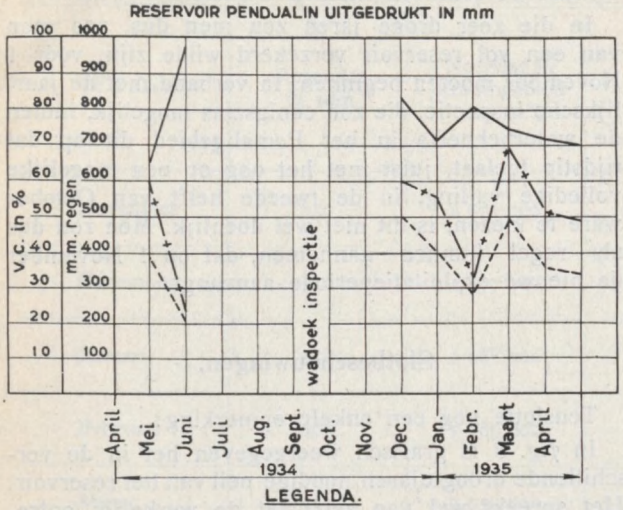



*Fig. 9.*

GRAFIEK AANGEVENDE DE MAANDS-GEWIJZE BEREKENDE VULLINGS COËFF. ALSMEDE DE REGENVAL EN DE VULLING VAN HET RESERVOIR PENDJALIN UITGEDRUKT IN mm




LEGENDA.

——— Vullingscoëfficient. —+—+— Totaal regenval in mm gedurende de maand.

------ Vulling van het reservoir met inachtname der afgelaten debieten, uitgedrukt in mm over het geheele stroomgebied (4.417 km²) gelijkmatig verdeeld gedacht.

*Fig 10.*

Januari komt het vaak voor, dat in de vlakte een droogteperiode intreedt, waardoor de Pemalidebieten zeer krap zijn.

De daardoor ontstane vertraging van den padiaanplant zou dan — althans gedeeltelijk — kunnen worden opgeheven door het surplus van den wadoek. Door hieraan parallel loopende bevordering van vroeg planten in den westmoesson, wordt behalve de bevolking ook de suikerindustrie gediend. Het laat vrijkomen der bevolkingsgronden heeft een nadeeligen invloed op het rendement der riettuinen en aangezien de bouw van het reservoir door de suikerindustrie is bekostigd, is het billijk, dat ook haar belang zooveel mogelijk wordt bevorderd.

In *fig. 9* is tenslotte een oppervlakte- en inhoudskromme van het reservoir gegeven, terwijl in *fig. 10* een grafiek gegeven is van den maandsgewijze berekenden vullingscoëfficiënt, alsmede van den regenval en de vulling van het reservoir vanaf April 1934 tot Mei 1935.

Wellicht ten overvloede mag nog worden besloten met de opmerking, dat bovenstaande beschouwingen een voorloopig karakter dragen en in de eerstvolgende jaren nog voortdurend zullen moeten worden getoetst aan de werkelijkheid.