

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

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:

hr. ir. H. S. van Lennep,  
ir. Ch. F. van Haeften,  
P. J. Graaff.

## Commissie van Redactie:

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

Prijs per jaargang: f 20,—

Afzonderlijke nummers: f 2,—

Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Hoogeschoolweg 3, Bandoeng.  
Adres voor administratie en abonnementen: Bragaweg 38, Bandoeng.  
Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum.

## I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Ter herdenking, † ir. C. ter Haar 1894 — 1936. — De grondmechanica, door prof. ir. J. J. I. Sprenger en dr. ir. R. W. van Bemmelen. — Eenige eenvoudige toepassingen uit de variatierekening, door V. r. — Nieuwe staalallages, door dr. James Rubinfeld. — Verslag van de Int. Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, door ir. O. Stevens. — *Berichten van allerlei aard*: Bijdragen in vreemde talen, door Redactie. — Tweede Int. Congres voor Materiaal onderzoek. — Internationale Hydrologische Bibliografie. — Normalisatie. — *Boekbespreking*. — *Personalia*. — *Kon. Instituut van Ingenieurs*: Vergadering en excursie Kring Bandoeng. — Bestuursmededeelingen.



## Ter herdenking

† ir. C. TER HAAR

1894 — 1936.

Voor de tweede maal binnen zeer korten tijd werden we in Bandoeng opgeschrikt door de droeve tijding, dat in Holland weer een der onzen was heengegaan. Den 22sten Juli overleed te Zevenaar na een langdurig ziekbed Carel ter Haar. In het laatste van het vorige jaar zou hij naar Indië zijn teruggekeerd, vol verlangen om weer aan het werk te gaan en we verheugden ons allen op de terugkomst van een trouwen vriend en prettig collega. Het heeft niet mogen zijn. Klaar voor de terugreis, werd hij op het ziekbed geworpen, waarvan hij niet meer op zou staan. Voor zijn dappere vrouw en zijn nog jonge kinderen is het een zware slag. Zij verloren in hem een liefhebbend man en vader, voor wien zijn gezin alles was en die alles was voor zijn gezin. Innig hopen wij, dat zij de kracht mogen vinden om dit smartelijk verlies te boven te komen.

Carel ter Haar werd op 11 September 1894



geboren te Wilgenboomspruit in Zuid-Afrika. Zijn jeugd bracht hij in Indië door. Op 30 Januari 1919 verwierf hij te Delft het diploma van mijnningeneur en trad kort daarna in het huwelijk. Na een studiereis gemaakt te hebben in Europa, aanvaardde hij begin Mei 1920 zijn Indische loopbaan. Na een kort verblijf op het hoofdbureau te Batavia werd hij tewerkgesteld bij het mijnbouwkundig-geologisch onderzoek met als standplaats achtereenvolgens Langsa in Atjeh, Tandjong Poera (Sumatra's Oostkust) en het afgelegen Rengat in Indragiri. Daarna volgde een korte onderbreking in het rusteloos rimboeleven door zijn overplaatsing naar de Bankatinwinning. In 1924 werd hij ter beschikking gesteld van den leider van het M. G. O. Pasir te Tanah Grogot en het daarop volgende jaar werd hij teruggeroepen naar het hoofdbureau, thans in Bandoeng gevestigd. Ter Haar werd belast met de goud-exploratie in Bantam en daarna bij de pas ingestelde Java-Kaarteering tewerkgesteld. Aan deze zeer belangrijke geologische op-

name gaf hij gedurende de rest van zijn diensttijd zijn beste krachten. Blad 58 (Boemioe) van de Geologische Kaart van Java op schaal 1 : 100 000 werd geheel door hem bewerkt en van een uitvoerige toelichting voorzien gepubliceerd. Tal van andere gegevens zijn in dienstrapporten vastgelegd.

Carel ter Haar vestigde meer in het bijzonder de aandacht op zich door het onderzoek naar de overblijfselen van den *Homo soloënsis*. Over dit belangrijke onderwerp hield hij in Januari 1934 een voordracht voor het Koninklijk Instituut van Ingenieurs. Deze werd gepubliceerd in het April-nummer van *De Ingenieur in Nederlandsch-Indië* van dat jaar. Verder had hij groote belangstelling voor sediment-petrografisch onderzoek. Zijn „Aanteekeningen over de sedimentpetrografie van Java” (*De Mijnningeneur* 1933, blz. 136 e.v.) leggen daarvan getuigenis af.

ir. A. Harting.

## De grondmechanica

door

prof. ir. J. J. I. SPRENGER en dr. ir. R. W. VAN BEMMELEN

resp. hoogleeraar aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng en geoloog bij den Dienst van den Mijnbouw te Bandoeng.

De ingenieurswetenschap van den tegenwoordigen tijd — en zij niet alleen — is gekenmerkt door een vérgaande specialisatie. Dit heeft het voordeel, dat een ontzagwekkende hoeveelheid feitenmateriaal ter beschikking komt; daar staat evenwel als groot na-deel tegenover, dat vele technische publicaties voor ingenieurs van een andere vakrichting onleesbaar zijn, terwijl het moeilijk wordt, een vak in zijn geheel — zij het dan ook slechts in de groote lijn — te kunnen overzien. Daarom achten de schrijvers van dit artikel <sup>1)</sup> het dienstig, dat het nut van een vak als de grondmechanica, hetwelk zich beweegt op een grensgebied van de werkzaamheden van den civiel-ingenieur en den geoloog, door beiden gezamenlijk wordt belicht.

De grondmechanica houdt zich bezig met het physich onderzoek van den bodem, voor zoover dat van nut kan zijn voor ingenieurswerken. Als zoodanig is de naam niet gelukkig gekozen, daar zij niet meer tot het gebied der mechanica — de leer van de wetten van evenwicht en beweging — behoort, al zal zij menigmaal van de uitkomsten dezer zuiver theoretische wetenschap gebruik moeten maken. Technische grondphysica ware een betere benaming (de Provincie Midden-Java gebruikt den naam: „Laboratorium voor

Grondonderzoek”); waar echter de aanduiding „Grondmechanica” reeds burgerrecht verkregen heeft, zal deze hier gehandhaafd blijven.

Van het vak: „Onderzoek van Bouwmaterialen” wijkt de grondmechanica in zooverre af, dat het eerstgenoemde zich bezighoudt met de studie van grondstoffen voor bouwwerken, die hetzij kunstmatig vervaardigd, dan wel aan de natuur ontleend, door bewerkingen voor de techniek bruikbaar gemaakt zijn, terwijl de bouwgrond uiteraard als regel in zijn ongerepten, in de natuur voorkomenden, toestand wordt gebruikt. Bovendien wijken de toestellen en methoden, welke de grondmechanica gebruikt, sterk af van die, voor het onderzoek van bouwstoffen toegepast, terwijl de nieuwe wetenschap in den korten tijd van haar bestaan — nog geen 15 jaren — een dusdanigen omvang heeft verkregen, dat haar recht op zelfstandigheid moeilijk betwist kan worden.

De jonge wetenschap dankt haar ontstaan aan de omstandigheid, dat de civiel-ingenieur bij de uitvoering zijner bouwwerken tal van onverwachte verschijnselen waarnam, die hij niet goed kon verklaren. Hij ging toen bij den geoloog te rade en stelde dezen de vraag, of de wordingsgeschiedenis van den bodem misschien licht kon brengen, en dat bleek inderdaad vaak het geval te zijn. Hieruit groeide de goede gewoonte, voor belangrijke werken eerst omtrent de geschiktheid van den bodem geologisch advies in te winnen. Vele lezers kennen waarschijnlijk het voorbeeld van den wandelenden berg bij de Tjisomangbrug van den spoorweg tusschen Batavia en Ban-

1) De eerste doceert het vak grondmechanica aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng; de tweede volgde gedurende het wintersemester '34 tot '35 de colleges en laboratoriumonderzoekingen van den grondlegger der Grondmechanica, Prof. Dr. Ing. K a r l v. T e r z a g h i a n de Technische Hoogeschool te Weenen.



doeng, die aan het land (c.q. de Staatsspoor) tusschen 1½ en 2 ton per jaar heeft gekost; wanneer een dergelijke lijn tegenwoordig getraceerd en aangelegd zou moeten worden, zouden dergelijke gevaarlijke punten door behoorlijk geologisch vooronderzoek van het tracé kunnen worden vermeden. In talloze gevallen konden teleurstellingen en zelfs volkomen mislukkingen van groote werken worden voorkomen door geologische preadviezen (over gevaar van onderloopshoud van stuwdammen, afschuivingen en dergelijke in verband met de gesteldheid van den bouwgrond en de naaste omgeving). De geoloog moet daartoe voor den aanvang van den bouw zich een beeld vormen van den aard en de gesteldheid van den ondergrond aan de hand van de beschikbare natuurlijke ontsluitingen, zoo noodig aangevuld door waarnemingen in kunstmatige sleuven en proefboringen. Dit is een kunst, waarbij naast de zekerheid van berekening met talloos vele factoren van vaak onbekende grootte rekening gehouden moet worden, waardoor het resultaat afhangt van het intuïtieve kunnen en de ervaring van den preadviseur. De geoloog weet derhalve wel een kwalitatief inzicht omtrent de bodemsituatie te geven, maar zelden kan hij de kwantitatieve cijfers verstrekken, welke de civiel-ingenieur juist behoeft. Of voor een bepaald gebouw 2½ kg/cm² bodemdruk nog wel toelaatbaar is; hoe groot de zaking zal zijn, indien men dezen druk tot 3 kg/cm² verhoogt; welke veiligheidscoëfficiënt tegen grondschuiving aanwezig is bij wegaanleg in schuifgronden; wat de steilste helling is, die men veilig voor de taluds van een wadoekdam mag toepassen, dat waren vragen, waarop het antwoord slechts op grond van ervaring, en dan nog slechts aarzelend, kon worden gegeven. Het is de grondmechanica, die ons thans in staat stelt, door kwantitatief grondonderzoek deze gegevens te verstrekken.

De ontwikkeling van de grondmechanica heeft geleid tot den uitbouw van haar theoretische grondslagen en de instelling van speciale leerstoelen aan technische hoogeschoolen en universiteiten. Voorts is men overgegaan tot de inrichting van talrijke laboratoria voor empirische bepaling van de bodemconstanten, welke wij in de moderne grondmechanica voor de berekeningen noodig hebben. Zulke laboratoria bestaan o.a. aan de technische hoogeschoolen te Hannover, Freiberg, Weenen, Stockholm, Zürich, Berlijn, Delft, Kaïro en ook te Bandoeng; aan de universiteiten van Harvard (Cambridge, Mass.) en Berkeley (Calif.); verder de staatslaboratoria te Berlijn, de geotechnische commissies van Zweden en Japan, het Bureau of Public Roads te Washington (D.C.); de laboratoria verbonden aan verschillende Russische diepbouw-concerns, aan de verzekeringsmaatschappijen „Veritas” en „Securitas” te Parijs, aan de Sociétés Soudages (Parijs) en Rodia & Co. te Milaan.

De zorgvuldige theoretische, experimentele en geologische voorstudies op basis van de moderne grondmechanica voor civieltechnische werken, zooals fundeeringen van groote bouwwerken, bruggen en dammen, capteeringen, tunnelbouw enz. kunnen behalve van economische beteekenis, wegens de daarmee bereikbare besparing op bouw- en onderhouds-

kosten, en het voorkomen van algeheele mislukkingen, ook van *juridisch* belang zijn.

Immers bepaalt Art. 1609 B.W.: „Indien een gebouw, „voor een bepaalden prijs aangenomen en gemaakt, geheel of gedeeltelijk vergaat door een gebrek in de samenstelling, of zelfs uit hoofde van de ongeschiktheid van „den grond, zijn de bouwmeesters en aannemers daarvoor, „gedurende tien jaren, aansprakelijk”.

Uiteraard bestaat naast de civielrechtelijke aansprakelijkheid nog een strafrechtelijke, indien de instorting van het gebouw tot ongelukken leidt, en deze aan nalatigheid van den ontwerper of aannemer kunnen worden toegeschreven. Zoodra de reeds bekende methodes voor het schattenderwijs voorspellen van de inwerking der bouwwerken op de omgeving als algemeen bekend verondersteld mogen worden, kan de benadeelde het niet uitvoeren van dergelijke voorstudies als nalatigheid aanmerken. Onder deze omstandigheden zal mettertijd de studie der grondmechanica tot een verandering op het gebied der rechtspraak over de schade bij en door den bouw ontstaan moeten leiden, doordat hierbij de vraag naar de volledigheid der grondmechanische voorstudies en de conscentieuze interpretaties van de experimenteele gegevens op den voorgrond komt.

Behalve voor de vraagstukken betreffende de fundeering van bouwwerken, bruggen en dammen en andere, zijn de resultaten van de moderne grondmechanica ook van belang voor *het ontwerpen, aanleggen en onderhouden van wegen*. Hierbij doen zich nog bijkomstige moeilijkheden voor. De fundeering van een groot bouwwerk ligt meestal op eenige diepte, waar geen invloed meer ondervonden wordt van tijdelijke uitdroging, inwerking van plantenwortels e.d. De bodem bezit hierdoor een eenvoudiger, gelijkblijvende structuur en de beoordeeling van het draagvermogen is een zuiver probleem der grondmechanica.

In tegenstelling daarmee hangt de toestand der bestrating van den aard der bovenste bodemlagen af, waarvan de structuur meestal vergaand gedifferentieerd is en de toestand door de jaargetijden en de snel voortschrijdende tropische verweering binnen wijde grenzen veranderen kan. Dit maakt het noodig voor wegenbouw een eigen technische methode van onderzoek te volgen. Dit onderzoek is bijv. in Amerika (Bureau of Public Roads, Washington, D.C.) en Sovjet Rusland op groote schaal ter hand genomen. Het zwaartepunt van het onderzoek berust op het nagaan van de betrekkingen tusschen den bodemtoestand en den toestand van het wegdek door waarnemingen ter plaatse (zgn. „toestandsanalyse”).

De ingenieurs, die voor dit werk worden opgeleid, moeten volgens Terzaghi eerst een speciale opleiding in de geologie, hydrologie en grondmechanica krijgen en zich dan eenige jaren uitsluitend bezighouden met de toestandsanalyse van bestaande wegen. Eerst daarna komen zij in aanmerking voor de bodemkundige voorstudie van nieuw aan te leggen wegen. De ervaring toont, dat de jarenlange, ter plaatse uitgeoefende studie van wegdekbeschadigingen, verbonden met de systematische registratie van alle eigenschappen van den grond, de hydrologische en klima-



tologische omstandigheden, in den waarnemer een begaafdheid ontwikkelt om een betrouwbaar oordeel over de technisch belangrijke eigenschappen der ontsloten grondsoorten in wegenbouwkundig opzicht te vellen.

In Indië heeft de Ned.-Indische Wegen Vereeniging de studie der Grondmechanica in haar programma opgenomen. Thans wordt bijv. in samenwerking met het laboratorium der Technische Hoogeschool gezocht naar eene beproevingsmethode ter beoordeeling van doseering en nuttig effect van de zgn. „Stabiliser”, dat is een asfaltemulsie, welke bestemd is om, door klei gemengd, de geschiktheid van dit materiaal om te dienen tot onderlaag voor eene wegverharding, te verbeteren.

Behoudens de uitwerking van enkele speciale funderingsproblemen (cementinjecties, draagvermogen van heipalen enz.) beweegt de jonge wetenschap zich feitelijk op drie groote, tamelijk wel af te scheiden gebieden, namelijk:

- A) de prognose van de grootte der vormveranderingen (c.q. zettingen) als gevolg van belasting;
- B) de berekening der veiligheidscoëfficiënten van grondmassa's tegen afschuiving, waarbij stroomingsdruk, capillaire spanningen enz. in rekening dienen te worden gesteld; en
- C) stabiliteitsberekeningen van grondkeerende werken.

De systematiek van het in te stellen onderzoek vertoont in zooverre een groote parallel, dat men begint met langs theoretischen weg na te gaan, welke spanningen in een aantal belangrijke punten van het grondmassief zullen ontstaan bij de kunstmatige toestandswijzigingen, door de uitvoering van het bouwwerk teweeggebracht, welke bij de reeds aanwezige spanningen worden opgeteld. Hierbij doet zich de moeilijkheid voor, dat in vele gevallen het beginsel van superpositie niet meer mag worden toegepast.

Bij deze beschouwingen worden de bodemeigenschappen door een bepaald mathematisch symbool in de formules ingevoerd. Vervolgens worden in het laboratorium de diverse bodemconstanten, welke in de formules voorkomen, gemeten bij de zelfde spanningstoestanden, die in het bepaalde geval te verwachten zijn. Daarbij dient echter steeds in aanmerking te worden genomen, dat de natuur een grens stelt aan de nauwkeurigheid van het onderzoek, omdat de natuurlijke bodem wegens wijzigingen in vochtigheidstoestand of samenstelling nooit homogeen is. Daarom kan het gebruik van bodemconstanten, welke voor een beperkt aantal grondmonsters zijn bepaald, slechts een ruw gemiddelde geven; men behoeft dus slechts met een beperkte mate van nauwkeurigheid te meten.

In bepaalde gevallen (stabiliteit van grondwerken in ophoogingen, belasting van zandgronden, zeef- en slibanalyse) kan men volstaan met het onderzoek toe te passen op geroerde grondsoorten; in andere gevallen (meting van cohesie, zettingen, doorlaatbaarheid enz.) is het noodig laboratoriumproeven met zoo min mogelijk gestoorde grondmonsters te nemen. Voor gebonden, slecht doorlaatbare gronden is een toestel

ontworpen, waarmede het probleem, om uit den bodem van een boorgat een zoo weinig mogelijk gestoord monster te steken, wel in voldoende mate is opgelost. Is het evenwel noodig, het draagvermogen en poriënvolume van een natuurlijke zandlaag te meten, dan dienen daarvoor andere methoden te worden toegepast. Hier kunnen eenerzijds proefbelastingen in de boorgaten of proefbronbemalingen tot het doel voeren, terwijl anderzijds de mogelijkheid bestaat, de zandporiën met een vaste stof (asfalt, siliciumgel, ijs) op te vullen, ten einde daarna een zandmonster in den vorm van een brok vaste stof te kunnen omhoog halen. Voor het grondonderzoek voor den tunnelbouw te Rotterdam werd bijv. in samenwerking met de Bataafsche Import Mij. door boorbuizen een snel coaguleerende asfaltemulsie in den bodem geperst, waarop na 10 dagen een cilindervormig grondmonster kon worden omhooggebracht. In het laboratorium kon dan het asfalt door middel van een mengsel van zwavelkoolstof en aceton worden geëxtraheerd, en het achterblijvende zand aan een drukproef worden onderworpen. In de gevallen, waarbij het afdiepen der mijnschachten in Limburg door de bevriesmethode geschiedde, was ijs het aangewezen bindmiddel voor de grondmonsters.

Is men er in geslaagd, op grond van theorie en laboratoriumonderzoek eene voorspelling van het gedrag van het bouwwerk (bijv. zetting) te maken, dan verdient het alleszins aanbeveling later in de practijk na te gaan, in hoeverre de prognose juist is geweest. Zulks zal de daadwerkelijke medewerking van de opdrachtgevers en het ambtelijk bouwtoezicht vragen. Dergelijke *contrôle-metingen van zakkingen* zijn nog slechts in weinig gevallen uitgevoerd. Voor eene verdere ontwikkeling der grondmechanica is het echter van het hoogste belang, materiaal te verzamelen, ten einde de werkelijke en de voorspelde zettingen met elkaar te kunnen vergelijken, om daaruit verbeteringen der toegepaste theorie, dan wel latere wijzigingen in de bodemconstanten, te kunnen afleiden.

Terzaghi liet te Weenen op een 300 punten vaste merken (bouten) aanbrengen, waarop periodiek *contrôle-metingen* worden verricht met een door hem ontworpen verbeterd fleschjeswaterpas, welk toestel tot op 0,01 mm afleesbaar is <sup>2)</sup>. Proeven met dit instrument aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng verricht, hebben aangetoond, dat dit praecisiemeeettoestel voor Indië wegens temperatuurschommelingen niet ongewijzigd bruikbaar is. Naar de noodige wijzigingen wordt een onderzoek ingesteld.

Zou men in Indië overeenkomstige *contrôlemetingen* willen uitvoeren, dan dient daarbij wel in aanmerking te worden genomen, dat het uiterst moeilijk is, een stabiel nulpunt voor de hoogtemeting te vinden. Blijkens eene mededeeling van prof. ir. J. H. G. Schepers vertoonen de *contrôlepilaren* voor de waterpassing langs den weg van Batavia naar Serang periodieke verticale bewegingen, welke afhankelijk zijn van de moessons; deze hoogteverschillen varieren tusschen 8,5 en 33,7 mm (gemiddeld 18,9 mm). Men heeft dit kunnen vaststellen, doordat de pilaren

2) Zie *Bautechnik*, 1934, No. 23.



met ruime speling zijn gebouwd rond een stalen buis van 20-25 m lengte, die in den vasten grond is geheid; de verticale beweging van den betonpilaar kan met een wijzer op een aan de buis bevestigde schaal worden afgelezen. Ter bescherming tegen gronddruk is de buis door een wijdere buis omgeven.

Nog moge worden gewezen op het nut van eene nauwkeurige bodemclassificatie in den zin der grondmechanica, d.w.z. overeenkomstig de fysische eigenschappen van den bodem, waarvoor doorlaatbaarheid en elastisch gedrag wel in de eerste plaats in aanmerking komen. In het boek: „Ingenieurgeologie” door Redlich, Terzaghi, en Kempe (1929) is zulks nader uitgewerkt.

A) *Zettingen*. Het vraagstuk, de grootte der zettingen als gevolg van een bovenbelasting (zandlaag, gebouwfundeering, wegverkeer enz.) te voorspellen is theoretisch eenvoudig. Men denkt zich de nieuwe belasting aanwezig, en gaat na, welke spanningen dienvolgt in het grondmassief worden opgewekt. Aangezien groote nauwkeurigheid geen vereischte is, zullen daarbij vereenvoudigende veronderstellingen alleszins op hun plaats zijn. Een zeer bruikbare benadering schijnt die van Fröhlich te zijn <sup>3)</sup>, volgens welke de hoofddrukspanningen zich rechtlijnig voortplanten. Men verkrijgt op deze wijze een beeld van de spanningsverhooging in een bepaalde verticaal, de waarvoor in de eerste plaats die door de as van het bouwwerk in aanmerking komt.

Ter plaatse van die verticaal wordt vervolgens eene grondboring verricht, waarbij op verschillende diepten ongestoorde grondmonsters worden opgehaald. Deze worden in het laboratorium onder den druk gebracht, die in de natuur door het gewicht der bovengelegen grondlagen er op heerschte, waarna zij aan de berekende additioneele spanningsverhooging worden onderworpen. De zakking, welke daarvan het gevolg is, wordt daarbij zeer nauwkeurig gemeten (ten minste tot op 0,01 mm). Op deze wijze verkrijgt men een inzicht in de te verwachten indrukkingen op enkele punten van de bedoelde verticaal; door daartusschen te interpoleren en over de volle hoogte te integreeren wordt het dan mogelijk, de totale zetting te schatten.

Indien de ondergrond uit klei bestaat, welk materiaal in het algemeen slecht water doorlaat, zoo heeft uitwendige drukverhooging aanvankelijk tot gevolg, dat de bovenlast door het in de poriën aanwezige water wordt gedragen. Dit stroomt dan uiterst langzaam naar plaatsen van lagere druk, waardoor de vaste korrels elkaar naderen en door contactdruk de belasting overnemen. Deze poriënwaterstrooming wordt beheerscht door de zgn. „parabolische” differentiaalvergelijking:

$$c \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} = \frac{\partial p}{\partial t}$$

dezelfde, welke voor het proces van warmtestrooming

geldt. Bij vele kleisoorten duurt deze strooming zoo lang, dat de zetting eerst na vele jaren of tientallen jaren tot staan komt. Deze tijd blijkt evenredig te zijn met het vierkant van de dikte der kleilaag; in het laboratorium wordt deze daarom tot ca. 2 cm teruggebracht, waardoor het volledige zakkingsproces zich in enkele uren, of mogelijk dagen, afspeelt.

De integratie van de bovengenoemde partieele differentiaalvergelijking is mogelijk met behulp van harmonische reeksen, en dan nog slechts in enkele eenvoudige gevallen. Voor de practijk gaat men wederom benaderend te werk door enkele vereenvoudigende veronderstellingen in te voeren, bijv. dat de isochroon, welke de drukverdeeling over de verticaal als functie van de diepte geeft, door een rechte lijn mag worden vervangen. In het recente boek van Terzaghi & Fröhlich <sup>4)</sup> zijn tal van voorbeelden van de integratie der parabolische vergelijking uitgewerkt, en het resultaat in tabellen samengevat, zoodat men in een overeenkomstig, voorkomend geval het cijferwerk niet opnieuw behoeft te verrichten. De voorbeelden strekken zich ook uit tot problemen, betrekking hebbende op belasting door kleeft van heipalen, zakking van slibafzettingen tengevolge van eigen gewicht, inwendige (adiabatische) poriënwaterstrooming enz.

Een belangrijke vraag is, in hoeverre de op deze wijze door theorie en laboratoriumonderzoek verkregen uitkomsten met de werkelijkheid zullen strooken. Terzaghi & Fröhlich deelen mede, dat de verhouding der in de practijk waargenomen zettingen tot die, op genoemde wijze geschat, tusschen 0,2 en 1,0 liggen, zoodat uitsluitend een bovengrens voor de te verwachten zakking wordt gevonden. Neemt men het dubbele der geschatte waarde, zoo ligt dus de werkelijk optredende zakking met groote waarschijnlijkheid tusschen  $\frac{1}{2}$  en 2 maal dat bedrag. Een zoodanige schatting van orde van grootte is voor de practijk voldoende nauwkeurig, omdat van de inderdaad bij bouwwerken optredende zakkingen slechts zeer weinig bekend is. De fundeeringstechniek zal hier geheel nieuwe wegen moeten zoeken; het begrip „toelaatbare spanning of belasting” bij fundeeringen op staal en heipalen moet verdwijnen, en worden vervangen door „toe te laten zetting”. En bij de beoordeeling daarvan zal wederom onderscheid dienen te worden gemaakt tusschen de zetting van het bouwwerk in zijn geheel en het verschil in zetting van verschillende onderdeelen ten opzichte van elkaar <sup>5)</sup>. Hier ligt nog een ruim terrein voor onderzoek braak.

B) *Grondschiivingen*. Voor Indië van bijzonder belang moet worden genoemd het onderzoek naar de stabiliteit tegen afschuiving van grondmassa's. Dit onderzoek is te splitsen in twee onderdeelen, te weten de meting der bodemconstanten (inwendige wrijving en cohesie) in het laboratorium en de berekening van het gevaarlijkste van een aantal hypothe-

4) Theorie der Setzung von Tonschichten, 1936.

5) Zie Terzaghi: Die Setzung der Fundierungen und ihre Wirkung auf den Oberbau. *De Ingenieur*, 1935, No. 50, B22.

3) Dr. Ing. O. K. Fröhlich: Druckverteilung im Baugrunde, 1934.



tische glijdvlakken, waaruit de aanwezige veiligheidscoëfficiënt dan onmiddellijk volgt.

Inwendige wrijving en cohaesie kunnen worden bepaald, door in een daarvoor geschikt toestel grondmonsters bij verschillende verticale drukken af te schuiven; bij de zich in de praktijk voordoende gevallen is dan de omhullende van de breukcirkels volgens Mohr een rechte lijn. Men veronderstelt dus, dat de theorie van Mohr, volgens welke de *grootste hoofdspanningscirkel* voor het breukgevaar maatgevend moet zijn, van toepassing is, welke suppositie volkomen door de uitkomsten van vele onderzoekers wordt gedekt. Uiteraard moet het grondmonster in denzelfden toestand van consolidatie en poriënwater-spanning worden gebracht, als in de natuur optreedt.

Naast deze methode heeft zich een andere ontwikkeld, volgens welke verticale grondcilinders door belasting tot breuk worden gebracht in een cel met vloeistofdruk; één hoofdspanning wordt dus constant gehouden. De toepassing van de „drukcel” maakt het mogelijk, weinig samenhangende grondsoorten (bijv. zand) op snelle wijze te onderzoeken.

Een onverwachte toepassing van de „drukcel” werd gevonden, door daarin betoncilinders tot breuk te belasten, in het eene geval aan onmiddellijke vloeistofdruk blootgesteld, anderszins na voorafgaande bekleeding met een waterdicht gummi-vlies. Uit het verschil in uitkomst kon de „effectieve vlakteporeusiteit” worden becijferd, welke van belang is voor de berekening der opdrijvende kracht bij waterkeerende werken. Practisch bleek de „effectieve vlakteporeusiteit” 100% te naderen.

Omtrent het wezen van cohaesie en schuifweerstand geeft Terzaghi de volgende verklaring. De verschillende kleikorrels worden omgeven door een dunne waterlaag, welke evenals een smeermiddelfilm werkt; de dikte dezer laag bleek een fractie van een mikron (0,001 mm) te bedragen. In deze grenslaag bezit het water eene sterk verhoogde viscositeit. Deze laag kan slechts bij zeer langdurige belasting (geologische tijd) worden doorgedrukt, waarop de contactvlakken worden samengedrukt op soortgelijke wijze, als Hertz voor metalen onderzocht. Bij schuiving herstelt zich de smeermiddelfilm en treedt dus een andere wrijvingstoestand in; de *echte cohaesie* blijkt onafhankelijk van den druk te zijn.

Naast de echte cohaesie kan *schijnbare cohaesie* optreden, welke bijv. ontstaat, indien men een kleiblokje droogt. Het poriënwater trekt zich dan in de nauwste poriën samen (waaruit het niet meer verdampen kan) en veroorzaakt door oppervlaktespanning een inwendigen druk. Bij in rekening stellen van dezen druk verloopt het schuifproces niet anders dan bij den schuifweerstand tengevolge van uitwendige belasting.

Wordt grond met echte cohaesie tot boven den schuifweerstand belast, zoo zal uiteraard eene kleine glijding optreden; dientengevolge herstelt zich de waterfilm. Daarna is de schuifweerstand niet langer de som van cohaesie en wrijving, doch wordt hij uitsluitend door de wrijving (welke haar oorzaak vindt in viscositeit van het water en evenredig met den nor-

maaldruk verloopt) geleverd. Bij de eerste beweging verkeerde de grond juist op de grens van evenwicht; dit evenwicht is thans blijkbaar verbroken, waardoor de beweging, zij het in een langzaam tempo, zich voortzet.

Dit zgn. „navloeien” kan soms pas vele jaren na het aanbrengen van de bovenbelasting aanvangen, maar dan ook lange tijden onverminderd voortgang vinden. Ook voor de tektogenese, dat is het ontstaan van deformaties in de aardkorst (c.q. de deformaties, welke nabij de oppervlakte plaats vinden), is deze kwestie van groot belang. Wanneer zich namelijk eenmaal, tengevolge van de in de aardkorst optredende spanningen, bewegingsvlakken of zones hebben ontwikkeld, waarin het korrelverband door echte cohaesie is verstoord en zich een samenhangende film van grenswater kon vormen (bijv. in verschuivingskleien, „lettenbesteg”), dan kunnen deze bewegingen ook bij kleine spanningsverschillen langzaam voortgang vinden.

In zulke kleien is natuurlijk het resultaat van de schuifproeven min of meer afhankelijk van de snelheid, waarmede de verschillende belastingstrappen worden aangewend. Men is er nog niet in geslaagd, een normalisatie van deze proeven te bereiken. Vermoedelijk zal hierbij ook rekening gehouden moeten worden met de chemische en mineralogische samenstelling van de kleien. De in de natuur zeer veel voorkomende kleimineralen, zooals montmorilloniet en kaoliniet zijn in staat watermoleculen in groote hoeveelheden reversibel in het rooster op te nemen, waardoor ééndimensionale kristallijne zwellingen ontstaan <sup>6)</sup>. Dit roosterwater en de spanningen, die door deze zwellingen ontstaan, kunnen den schuifweerstand van de kleien belangrijk verminderen.

Geheel anders verloopt het schuifproces bij korrelachtige grondsoorten (zand); daar moet een rollen en glijden der korrels (zgn. „intergranulaire structuurregeling”) optreden, voordat zich een „schuifvlak” kan vormen. De inrichting van het beproevings-toestel dient zoodanig te zijn, dat dit glijdvlak gedwongen een „plat vlak” is. De beweging, noodig voor de vorming van het glijdvlak, maakt, dat men als regel bij zand eenige schijnbare cohaesie zal vinden. Bij hogere drukken is dan de inwendige wrijvingscoëfficiënt niet constant, doch neemt met den druk toe.

Na de vaststelling der constanten volgt de berekening van het gevaarlijkste glijdvlak, hetwelk uitsluitend door probeeren kan worden gevonden. Omdat kleine verplaatsingen van het glijdvlak de uitkomst der berekening slechts weinig beïnvloeden, is het alleszins toelaatbaar, de begrenzing der normale doorsnede van de afglijdende schol door eene voor de berekening eenvoudige kromme te vervangen. Als zoodanig kwam langen tijd uitsluitend de cirkel in aanmerking; naar het oordeel van schrijvers dezes zal evenwel de logarithmische spiraal hier een grooten

6) Hofmann, U.; Endell, K.; Wilm, D.: „Röntgenographische und Kolloidchemische Untersuchungen über Ton”. *Angew. Chemie*, 47, 539, 1934.

Campen, P. van: De samenstelling en eigenschappen van klei. *Chem. Weekbl.*, 31, 42, 1934.



voortgang kunnen geven. Men teekent een aantal aannemelijke glijdvlakken, en bepaalt voor elk de verhouding van de, de beweging tegenwerkende (remmende) tot de, de afschuiving veroorzakende (drijvende) momenten. Theoretisch kan worden aangetoond, dat bij benadering van de glijdkromme door een logarithmische spiraal de inwendige vormveranderingsarbeid wegens deformatie van de afglijdende schol mag worden verwaarloosd. De veiligheidscoëfficiënt (verhouding van remmende tot drijvende momenten) moet dan boven een zeker minimum liggen (waarvoor vaak 1,25-1,50 wordt genomen).

De vorm van het glijdvlak wordt in de natuur sterk beïnvloed door voorkomende verschillen in de materiaal-constanten (aardlagen of lenzen van verschillende samenstelling, tektonische structuren); voorts zal de vorm van het oppervlakterelief door de daarmee gepaard gaande drukverschillen het verloop van de spanningstrajectoriën beïnvloeden. Het glijdvlak, dat ten slotte ontstaat, zal een zoodanigen vorm aannemen, dat de bestaande spanningen een uitweg vinden, zgn. „ins freie geführt” worden. Het is bijv. mogelijk, dat het glijdvlak over eenigen afstand vrijwel horizontaal loopt, tot het met een vrij steile helling naar buiten treedt. In dit opzicht kunnen de tektonische studies van W. Schmidt<sup>7)</sup> over het ontstaan en de verdere ontwikkeling van glijdvlakken van belang zijn voor het inzicht in het mechanisme der grondschiuvingen.

Anderzijds blijken de waarnemingen over grondschiuvingen in kunstwerken, zooals dammen, kanaalwanden e.d., bevruchtend te kunnen werken op onze tektonische inzichten. Zoo blijkt bijv. het gebergte ten Noorden van Bandoeng als een reuzendam onder zijn eigen gewicht bezwijken te zijn, waardoor het in sub-recenten tijd langs groote breuksystemen uiteen geschoven is en waarbij het aan den Noordkant zijn voet tot een concentrischen plooirug samengeperste en omhoog drukte.<sup>8)</sup> Met de mogelijkheid van het optreden van dergelijke grondschiuvingen in grooten stijl zal men hier in Indië, waar de gebergtevorming feitelijk nog in gang is, steeds rekening moeten houden bij den aanleg van groote stuwdammen, het zoeken van tracés voor wegen, kanalen enz. Ook evenwichtsverstoringen door bestaande of zich vormende ophooping van vulkanisch materiaal kunnen gevaar voor het optreden van grondschiuvingen, modder- en blokstroom (lahars) opleveren. Het is duidelijk, dat in verband met deze gevaren een geologisch praedadvies bij den aanleg van groote civieltechnische werken niet ontbreken mag.

Uiteraard zullen bij de berekeningen omtrent schuifgevaar, grondwaterdruk (ook stroomingsdruk), capillaire spanningen, alsmede de invloed van indringend regenwater in rekening dienen te worden gesteld. In het bijzonder dient in aanmerking te worden genomen het gevolg van snelle wisselingen in den grondwaterspiegel (niveauveranderingen van wadoeks).

7) Tektonik und Verformungslehre, 1932.

8) R. W. van Bemmelen: Toelichting bij blad 36 (Bandoeng) van de geologische kaart 1:100 000 van Java, 1934.

R. W. van Bemmelen: Ein Beispiel für Sekundärtektonogenese von Java. *Geol. Rundschau*, 1934.

C) *Gronddruk*. Voor de berekening van den horizontalen gronddruk op kunstwerken, zooals kaaimuren, damwanden, beschoeingen e.d., past de Engelsch sprekende ingenieurswereld meestal de theorie van Rankine toe, waarbij wordt aangenomen, dat overal in het grondmassief plastische deformatie is opgetreden, zoodat de beide hoofdspanningen een constante verhouding bezitten. Terzaghi toonde aan, dat hiervoor groote vormveranderingen noodig zijn, welke als regel in de practijk niet kunnen voorkomen. Daarom dient van het gebruik der theorie van Rankine te worden afgezien.

Beter bruikbare resultaten geeft de oudere theorie van Coulomb, waarbij wordt aangenomen, dat de muur als gevolg van den gronddruk wat zal wijken, waardoor zich een afglijdend prisma kan vormen. Dit prisma zal bij zandgronden inderdaad ontstaan; kleigronden deformeeren evenwel zuiver plastisch. Overeenkomstig berekening volgens de plasticiteitstheorie is gebleken, dat ook in dit geval de uitkomsten slechts uiterst weinig afwijken van die volgens de wigtheorie van Coulomb. Zou de wig niet volgens een plat vlak, doch volgens een gebogen vlak afglijden, zoo ontstaat wederom slechts een te verwaarloozen verschil.

Evenwel wordt de toepasselijkheid van de theorie van Coulomb beperkt door den eisch, dat de veronderstelde horizontale beweging van het grondkeerende werk inderdaad kan optreden; zoo noodig kunnen hiervoor speciale constructieve maatregelen worden getroffen. Het is de groote verdienste van Terzaghi, dat hij door meting aan een uiterst gevoelig beproevingsstoel (modelmuur), uitgevoerd aan het Mass. Institute of Technology, omtrent de grootte-orde der noodige verplaatsingen nader uitsluit kon geven. Daarbij bleken uiterst kleine bewegingen — voor dicht zand van de orde van  $1/2000$  der grondkeerende hoogte — reeds voldoende te zijn, om den gronddruk tot de waarde van Coulomb te doen dalen; dan zal echter de hoogteligging der resultante veranderen en ongeveer op de halve hoogte komen te liggen. Bij eene ongeveer tienmaal grotere verplaatsing daalt de resultante pas tot op de hoogte, welke uit de theorie van Coulomb volgt ( $1/3 \cdot H$ ). Om deze reden zal men bij gronddruk-berekeningen steeds de statisch-onbepaalde zijde van het vraagstuk in het oog dienen te houden.

In het bovenstaande zijn eenige problemen der grondmechanica aangeroerd, ten einde zeer concrete nuttige toepassingsmogelijkheden voor ingenieursbouwwerken duidelijk te kunnen belichten. Deze zijn vele en van zeer uiteenlopenden aard. Dientengevolge maakt de civiel-ingenieur in Nederland voor ontwerp en uitvoering zijner werken reeds op ruime schaal gebruik van de resultaten van dezen jongen tak van wetenschap. Het eerste deel der Verhandelingen van het in Juni van dit jaar te Cambridge (Mass., U.S.A.) gehouden Congres voor Grondmechanica bevat, naast een aantal meer theoretische publicaties, niet minder dan tien bijdragen van uiteenlopenden aard van in de practijk staande Nederlandsche ingenieurs over bij bouwwerken op dit gebied opge-



dane ervaringen. Ook in Indië begint het nut van een meer wetenschappelijke basis voor fundeeringswerken geleidelijk aan door te dringen; het jonge laboratorium der Technische Hoogeschool, hetwelk eene schenking is van het B. T. H.-Fonds, mocht reeds een viertal opdrachten tot praktijkonderzoekingen boeken, terwijl in verschillende richtingen meer wetenschappelijke metingen worden verricht.

Het verdient aanbeveling, dat in de toekomst de grondmechanische zijde van groote civieltechnische projecten vooraf behoorlijk wordt bestudeerd. De gelegenheid daartoe is reeds thans, zij het op beperkte schaal, in Indië aanwezig.

Geconcludeerd moge worden, dat de moderne grondmechanica in korten tijd is uitgegroeid tot een veelomvattenden tak van wetenschap, waarvan de beoefening niet langer als bijzaak in de ingenieurspraktijk beschouwd kan worden. Deze wetenschap sluit voornamelijk aan bij de opleiding tot civielingenieur, alhoewel zij zich beweegt op het grensgebied met de geologie (inclusief hydrologie en agrogeologie).

Haar vakkundige toepassing vereischt een grondige kennis van het arsenaal der grondmechanica en bovendien een groote ervaring op het gebied der experimenteele vaststelling der bodemconstanten.

Voor het vaststellen van het draagvermogen der grondsoorten kan niet volstaan worden met kwalitatieve terreinwaarnemingen. Voor de exacte beoordeeling zijn, behalve de geologische terreinwaarnemingen, onontbeerlijk de kwantitatieve bepaling van de bodemfactoren en de mathematische analyse van de drukverdeling in den bouwgrond. Slechts op deze wijze kan men een in cijfers uitgedrukte prognose van de zakkingsverschijnselen geven, welke dan later eventueel door waarnemingen tijdens en na den bouw te controleeren is. Het succes der grondmechanica berust juist op de exacte wijze, waarop de experimenteele gegevens mathematisch verwerkt worden, waardoor bij de constructie op doelmatige wijze met het gedrag van den grond tengevolge van de belasting van het bouwwerk rekening gehouden kan worden. Wie de factoren, waarvan de zakking van een bouwwerk afhangt, of die de spanningen in een bouwput bepalen, niet kent en hun grootte niet proefondervindelijk vaststelt, loopt altijd het gevaar uit zijn waarnemingen ontoelaatbare conclusies te trekken; op de juridische zijde van deze kwestie wizen wij reeds. Hoe grooter het aantal factoren is, dat de waarnemingen en de proefnemingen omvatten, des te hooger zal zich tenslotte het vermogen, om nieuwe situaties te beoordeelen ontwikkelen.

## Eenige eenvoudige toepassingen uit de variatierekening

Na een afleiding gegeven te hebben van de differentiaalvergelijking van Euler, worden achtereenvolgens de volgende vraagstukken in beschouwing genomen.

De kortste verbinding van twee punten, het isoperimeter-probleem van Pythagoras, het omwentelingslichaam met minimum oppervlak, de kromme met extreem gelegen zwaartepunt en de brachistochroon, terwijl als laatste toepassing het principe van Hamilton wordt afgeleid uit de bewegingsvergelijkingen van Lagrange.

1. De differentiaalvergelijking van Euler.  
Men beschouwe de bepaalde integraal:

$$I = \int_a^b F(y, y', x) \cdot dx \quad (1)$$

waarbij de *integrand* (d.i. de vorm onder het integraalteeken) een *bepaalde* functie  $F$  is van  $y = f(x)$ ,

$$y' = \frac{dy}{dx} = f'(x) \text{ en } x.$$

In tegenstelling met  $F$  zij echter de *functievorm*  $f$  *onbepaald* en wel in dezen zin, dat wanneer in een rechthoekig coördinatenstelsel (fig. 1) de punten  $A$  en  $B$  gegeven zijn met resp. de coördinaten  $(a, y_a)$  en  $(b, y_b)$ , van de kromme  $y = f(x)$  alleen gegeven is, dat zij door de punten  $A$  en  $B$  moet gaan, maar overigens *tusschen* deze punten een nog *onbepaald* verloop heeft.

Wanneer men nu de vraag stelt den vorm der functie  $f(x)$  zoodanig te bepalen m.a.w. het *verloop* der kromme  $y = f(x)$  tusschen de punten  $A$  en  $B$  zoodanig vast te stellen, dat de integraal volgens (1) een *extreme* waarde bereikt, dan heeft men het eenvoudigste probleem der variatierekening geformuleerd, waarmee wij ons in het volgende alleen zullen bezighouden.

Om de gedachte te bepalen zij b.v. gevraagd, tusschen de gegeven punten  $A$  en  $B$  een zoodanige kromme te trekken, dat bij wenteling van deze kromme om de as  $OX$  een omwentelingsoppervlak wordt verkregen, waarvan de oppervlakte *minimum* is.

De gezochte kromme  $y = f(x)$  stellende, is de oppervlakte van het omwentelingslichaam:

$$\begin{aligned} O &= \int_a^b 2 \cdot \pi \cdot y \cdot ds = 2 \cdot \pi \cdot \int_a^b y \cdot \sqrt{dx^2 + dy^2} = \\ &= 2 \cdot \pi \cdot \int_a^b y \cdot \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx \quad (2) \end{aligned}$$

De integraal, die in dit geval een minimum moet worden, is dus:

$$I = \int_a^b y \cdot \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx \quad (3)$$

Indien de kromme  $y = f(x)$  aan de integraal volgens (3) een minimale waarde geeft, dan zal de kleinste *variatie* van het *verloop* dezer kromme dus aan  $I$  een grotere waarde moeten geven.

1) Zooals sub 4 van dit opstel zal worden bewezen, blijkt de gezochte kromme  $y = f(x)$  hier een kettinglijn te zijn.



Een zeer kleine variatie in het verloop van een bepaalde kromme door de punten  $A$  en  $B$  kan men nu als volgt aanbrengen. Men neme een andere kromme  $\eta = \varphi(x)$ , die voor  $x=a$  en  $x=b$  aan  $\eta$  de waarde nul geeft, maar overigens een willekeurig verloop heeft <sup>2)</sup> (fig. 2). Alle ordinaten van deze kromme vermenigvuldige men met een constanten factor  $\varepsilon$ , waarbij  $\varepsilon$  zoo klein kan genomen worden als men zelf wil. In fig. 2 is zoowel de kromme  $\eta = \varphi(x)$  als de „gereduceerde” kromme  $\eta = \varepsilon \cdot \varphi(x)$  geteekend waarbij  $\varepsilon = \frac{1}{10}$ .

Superponeert men nu de ordinaten  $\eta = \varepsilon \cdot \varphi(x)$  op de ordinaten  $y = f(x)$ , dan krijgt men de kromme:

$$y_1 = f(x) + \varepsilon \cdot \varphi(x) = y + \varepsilon \eta \quad (4)$$

die als een mogelijke variatie van de kromme  $y = f(x)$  kan worden beschouwd (fig. 1).

Is de integraal  $I$  een minimum, dan moet dus de integraal  $I_1$ , waarbij in plaats van  $y$  en  $y'$ , de nieuwe functies  $y_1$  en  $y_1'$  worden gesubstitueerd, een grootere waarde opleveren en wel voor ieder willekeurig verloop van  $\varphi(x)$  en een willekeurig kleine waarde van  $\varepsilon$ .

Men beschouwe nu in de integraal:

$$I_1 = \int_a^b F(y_1, y_1', x) \cdot dx = \int_a^b F(y + \varepsilon \cdot \eta, y' + \varepsilon \cdot \eta', x) \cdot dx \quad (5)$$

en  $\eta$  als gegeven functies en  $\varepsilon$  als variabele. Ontwikkelt men  $I_1$  in een reeks volgens  $\varepsilon$ , zoo krijgt men bedenkende, dat  $I_1 = I$  voor  $\varepsilon = 0$ :

$$I_1 = I + \varepsilon \cdot \left[ \frac{\partial I_1}{\partial \varepsilon} \right]_{\varepsilon=0} + \frac{\varepsilon^2}{2} \cdot \left[ \frac{\partial^2 I_1}{\partial \varepsilon^2} \right]_{\varepsilon=0} + \dots$$

$$\text{of:}$$

$$I_1 - I = \varepsilon \cdot \left[ \frac{\partial I_1}{\partial \varepsilon} \right]_{\varepsilon=0} + \frac{\varepsilon^2}{2} \cdot \left[ \frac{\partial^2 I_1}{\partial \varepsilon^2} \right]_{\varepsilon=0} + \dots \quad (6)$$

Daar voor een zeer kleine waarde van  $\varepsilon$  het teken van het tweede lid van (6) wordt bepaald door dat van den eersten term en voor het bestaan van een maximum of minimum het eerste lid niet van teken mag veranderen bij omkeering van het teken van  $\varepsilon$ , vindt men als noodzakelijke voorwaarde voor een extreme waarde van  $I$ :

$$\left[ \frac{\partial I_1}{\partial \varepsilon} \right]_{\varepsilon=0} = 0 \quad (7)$$

Nu is:

$$\left[ \frac{\partial I_1}{\partial \varepsilon} \right]_{\varepsilon=0} = \int_a^b \frac{\partial F}{\partial y} \cdot \eta \cdot dx + \int_a^b \frac{\partial F}{\partial y'} \cdot \eta' \cdot dx =$$

2) Stilzwijgend worde ook verondersteld, dat  $\eta = \varphi(x)$  in het interval tusschen  $x=a$  en  $x=b$ , continue, eindig en differentieerbaar is.

$$= \int_a^b \frac{\partial F}{\partial y} \cdot \eta \cdot dx + \int_a^b \frac{\partial F}{\partial y'} \cdot d\eta \quad (8)$$

Het tweede lid van (8) verder uitwerkende, vindt men door toepassing van partieele integratie en bedenkende, dat  $\eta$  zoowel voor  $x=a$  als  $x=b$  nul wordt:

$$\begin{aligned} & \int_a^b \frac{\partial F}{\partial y} \cdot \eta \cdot dx + \int_a^b \frac{\partial F}{\partial y'} \cdot d\eta = \\ &= \int_a^b \frac{\partial F}{\partial y} \cdot \eta \cdot dx + \left[ \eta \cdot \frac{\partial F}{\partial y'} \right]_a^b - \int_a^b \eta \cdot d \frac{\partial F}{\partial y'} = \\ &= \int_a^b \left( \frac{\partial F}{\partial y} - \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial y'} \right) \cdot \eta \cdot dx \end{aligned}$$

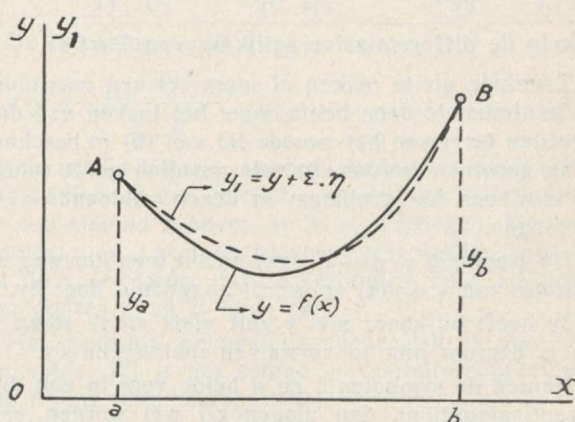


Fig. 1.

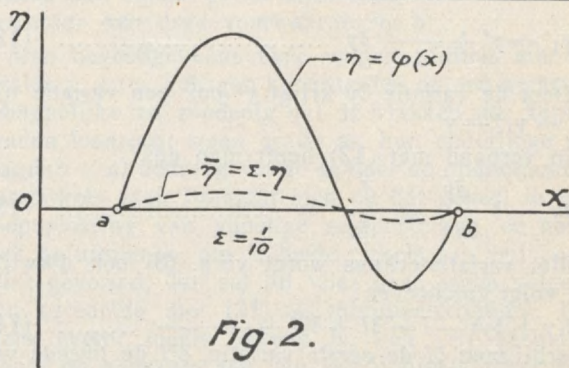


Fig. 2.

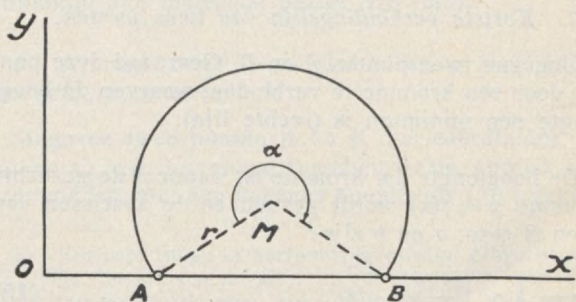


Fig. 3.



Volgens (7) is dus de noodzakelijke voorwaarde voor een maximum of minimum:

$$\int_a^b \left( \frac{\partial F}{\partial y} - \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial y'} \right) \cdot \eta \cdot dx = 0 \quad (9)$$

en wel voor ieder willekeurig verloop van  $\eta$ .

Blijkbaar kan dit alleen het geval zijn, wanneer de vorm tusschen haakjes gelijk nul wordt, hetgeen leidt tot de voorwaarde:

$$\frac{\partial F}{\partial y} = \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial y'} \quad (10)$$

of het tweede lid uitwerkende:

$$\frac{\partial F}{\partial y} = \frac{\partial^2 F}{\partial y'^2} \cdot y'' + \frac{\partial^2 F}{\partial y' \cdot \partial y} \cdot y' + \frac{\partial^2 F}{\partial y' \cdot \partial x} \dots \quad (11)$$

zijnde de differentiaalvergelijking van Euler.

Teneinde uit te maken of men met een maximum of minimum te doen heeft, moet het teken van den tweeden term van het tweede lid van (6) in beschouwing genomen worden. In vele gevallen geeft echter de aard van het probleem in dezen voldoende aanwijzingen.

De grootheid  $\varepsilon \cdot \eta = \varepsilon \cdot \varphi(x)$  noemt men kortweg de variatie van  $y = f(x)$  en wordt aangeduid door  $\delta y$ .

$\delta y$  heeft blijkbaar met  $y$  zelf niets uit te staan<sup>3)</sup> en is daarom niet te verwarren met  $dy$  en  $\partial y$ .

Komen de symbolen  $\delta$  en  $d$  beide voor in een differentiaalquotient, dan mogen zij wel worden verwisseld. Dit kan als volgt worden bewezen:

$$y_1 = y + \delta y$$

$$y_1' = y' + \frac{d}{dx} \delta y \quad (12)$$

Door de variatie  $\delta y$  krijgt  $y'$  ook een variatie n.l.  $\delta y' = y_1' - y'$ .

In verband met (12) heeft men dus:

$$\delta y' = \delta \frac{dy}{dx} = \frac{d}{dx} \delta y \quad (13)$$

Met variatietekens wordt verg. (6) ook dikwijls als volgt geschreven:

$$I(y + \delta y) - I = \delta I + \delta^2 I + \dots \quad (14)$$

waarbij men  $\delta I$  de eerste variatie,  $\delta^2 I$  de tweede variatie enz. van  $I$  noemt.

## 2. Kortste verbindingslijn van twee punten.

Gegeven twee punten A en B. Gevraagd deze punten door een kromme te verbinden, waarvan de booglengthe een minimum is (rechte lijn).

De booglengthe der kromme is, wanneer de gezochte kromme  $y = f(x)$  wordt gesteld en de abscissen van A en B resp.  $a$  en  $b$  zijn:

$$s = \int_a^b \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx \quad (15)$$

3) Het symbool  $\delta$  werd door Lagrange ingevoerd.

$F$  is hier dus  $\sqrt{1 + y'^2}$ . Daar in  $F$  geen  $y$  voorkomt is  $\frac{\partial F}{\partial y} = 0$ . Verder heeft men:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial y'} &= \frac{y'}{(1 + y'^2)^{1/2}} \\ d \frac{\partial F}{\partial y'} &= \frac{y'' \cdot (1 + y'^2)^{1/2} - y'^2 \cdot y'' \cdot (1 + y'^2)^{-1/2}}{1 + y'^2} = \\ &= \frac{y'' \cdot (1 + y'^2) - y'^2 \cdot y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} = \frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} \end{aligned}$$

De Euler'sche differentiaalvergelijking die moet worden opgelost is dus:

$$\frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} = 0 \quad (16)$$

Blijkbaar is de oplossing hiervan

$$y = c_1 \cdot x + c_2$$

De gezochte kromme is derhalve een rechte lijn gaande door A en B, welk resultaat natuurlijk tevoren kon worden verwacht.

## 3. Figuur met grootste oppervlakte bij gegeven omtrek.

Gegeven twee punten A en B op de X-as met abscissen  $a$  en  $b$  (fig. 3). Tusschen beide punten een kromme lijn van een gegeven booglengthe  $l$  te leggen, zoodanig dat de oppervlakte, begrensd door deze kromme en de X-as maximaal wordt (cirkel).

Alzoo moet  $\int_a^b y \cdot dx$  maximaal zijn, echter onder voorwaarde dat  $\int_a^b \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx = l$ .

Dan moet dus ook:

$I = \int_a^b \left[ y + r \cdot \sqrt{1 + y'^2} \right] \cdot dx$  extreem zijn, wanneer  $r$  een nog nader te bepalen constante voorstelt.

$$\begin{aligned} F &= y + r \cdot \sqrt{1 + y'^2} \\ \frac{\partial F}{\partial y} &= 1 \text{ en } \frac{\partial F}{\partial y'} = \frac{r \cdot y'}{(1 + y'^2)^{1/2}} \\ d \frac{\partial F}{\partial y'} &= \frac{r \cdot y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} \text{ (verg. vorige toepassing).} \end{aligned}$$

De Euler'sche vergelijking geeft:

$$1 = \frac{r \cdot y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} \text{ of: } \frac{(1 + y'^2)^{3/2}}{y''} = r = \text{constant} \quad (17)$$

Daar het eerste lid van (17) niets anders voorstelt dan de algemeene formule voor den kromtestraal, is de gezochte kromme er dus een, waarvan de kromtestraal constant is d.i. een cirkel met straal  $r$ . De groot-



te van dezen straal is blijkbaar te bepalen uit de betrekkingen:

$$\left. \begin{aligned} l &= r \cdot \alpha \\ b - a &= 2 \cdot r \cdot \sin \frac{1}{2} \alpha \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

wanneer  $\alpha$  de middelpuntshoek is in fig. 3.

Vallen de punten  $A$  en  $B$  samen, dan heeft men de oplossing gekregen van één der oudste isoperimetrische problemen, welke reeds door Pythagoras in studie moet zijn genomen n.l. de figuur te vinden, die bij een gegeven omtrek de grootste oppervlakte heeft. (Zie ook lit. 4 blz. 410 en lit. 6 noot 1) <sup>4)</sup>.

Men kan ook tot de oplossing van dit probleem komen door het aldus te stellen: gevraagd een kromme van gegeven lengte te trekken, die van een gegeven punt  $O$  uitgaat en ergens op een door dit punt gaande rechte lijn eindigt, zoodanig dat het oppervlak tusschen kromme en rechte lijn maximaal is. Men vindt dan voor deze kromme een halven cirkel. De oplossing verloopt echter minder eenvoudig dan boven gegeven, doordat de zgn. Euler'sche kunstgreep moet worden toegepast (zie lit. 3 blz. 49 en 50).

#### 4. Omwentelingslichaam met minimum oppervlak.

Gegeven twee punten  $A$  en  $B$  met resp. de coördinaten  $(a, y_a)$  en  $(b, y_b)$ . Gevraagd tusschen deze punten een zoodanige kromme te trekken, dat bij wenteling om de as  $OX$  een minimaal oppervlak wordt beschreven (catenoïde).

Zooals reeds sub 1 werd uiteengezet (zie verg. 3 en fig. 1) leidt dit vraagstuk tot een extremaal voorwaarde der volgende integraal:

$$I = \int_a^b y \cdot \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Alzoo: } F = y \cdot \sqrt{1 + y'^2}$$

$$\frac{\partial F}{\partial y} = (1 + y'^2)^{1/2} \text{ en } \frac{\partial F}{\partial y'} = \frac{y \cdot y'}{(1 + y'^2)^{1/2}}$$

$$\frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial y'} = \frac{(1 + y'^2)^{1/2} \cdot (y \cdot y'' + y'^2) - y \cdot y'^2 \cdot y''}{1 + y'^2}$$

$$\frac{(1 + y'^2)^{-1/2} \cdot y'^2 \cdot (1 + y'^2) + y \cdot y''}{(1 + y'^2)^{3/2}}$$

De Euler'sche differentiaalvergelijking geeft:

$$(1 + y'^2)^{1/2} = \frac{y'^2 \cdot (1 + y'^2) + y \cdot y''}{(1 + y'^2)^{3/2}}$$

$$(1 + y'^2)^2 = y'^2 \cdot (1 + y'^2) + y \cdot y''$$

en tenslotte:

$$y \cdot y'' - y'^2 = 1 \dots\dots\dots (18)$$

Deze vergelijking kan als volgt worden opgelost.

<sup>4)</sup> De achter de afkorting lit. geplaatste getallen verwijzen naar de literatuurlijst aan het slot.

Door beide leden nog één maal te differentieeren vindt men:

$$y \cdot y''' + y' \cdot y'' - 2 \cdot y' \cdot y'' = 0$$

$$\frac{d}{y} \frac{y''}{y} = 0$$

$$y'' = \mu^2 \cdot y \dots\dots\dots (19)$$

waarbij  $\mu^2$  een constante is.

De oplossing van (19) kan zooals bekend is, geschreven worden in den vorm:

$$y = p \cdot \cosh \mu \cdot (x - q) \dots\dots\dots (20)$$

waarbij  $p$  en  $q$  nieuwe constanten zijn.

Door substitutie van (20) in (18) blijkt echter  $\mu$  geen onafhankelijke constante te zijn. Men vindt:

$$p^2 \cdot \mu^2 \cdot \cosh^2 \mu \cdot (x - q) - p^2 \cdot \mu^2 \cdot \sinh^2 \mu \cdot (x - q) = 1$$

$$\mu = \frac{1}{p}$$

De oplossing wordt dus:

$$y = p \cdot \cosh \frac{x - q}{p} \dots\dots\dots (21)$$

zijnde een *kettinglijn*, waarvan de as evenwijdig loopt aan de  $Y$ -as op een afstand  $q$ , terwijl het laagste punt op een afstand  $p$  boven de  $X$ -as is gelegen. De constanten  $p$  en  $q$  kunnen desgewenscht worden bepaald uit de voorwaarde, dat de kettinglijn door de gegeven punten  $A$  en  $B$  moet gaan.

Het gezochte omwentelingsoppervlak is dus een *catenoïde*. Zij is het eenige omwentelingsoppervlak, dat tevens minimaaloppervlak is.

Bekend is, dat in ieder punt van een minimaaloppervlak de beide hoofdkrommingen, behoudens het teken aan elkaar gelijk zijn. Inderdaad voldoet de *catenoïde* aan deze voorwaarde <sup>5)</sup>.

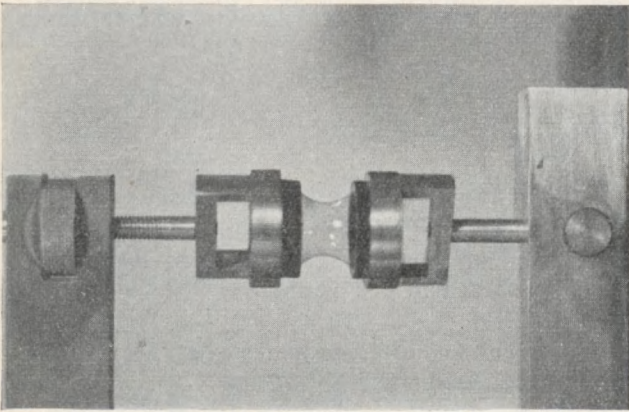
Men bevestigte eens twee volgens cirkels met de stralen  $y_a$  en  $y_b$  gebogen koperdraden op een gemeenschappelijke as, zoodanig dat de vlakken der koperdraden loodrecht staan op de as, hun onderlinge afstand  $(b - a)$  bedraagt en de as door de middelpunten der cirkels gaat. Dompelt men nu het geheel in een zeepoplossing van gunstige samenstelling en heeft zich na uitnemen, om de beide cirkels een vrij *zeepvlies* gevormd, dan zal dit vlies gaan staan volgens een *catenoïde* met (21) als meridiaankromme. Immers neemt zooals bekend is, een vrij *zeepvlies* steeds de gedaante aan van een minimaaloppervlak, daar de Natuur voor de vorming van het vlies een minimum aan materiaal bezigt (zie foto).

#### 5. Kromme in verticaal vlak met zoo laag mogelijke gelegen zwaartepunt.

Gegeven twee punten  $A$  en  $B$  met coördinaten  $(a, y_a)$  en  $(b, y_b)$ . Gevraagd tusschen beide punten een kromme lijn met een *gegeven* booglengte  $l$  te trekken,

<sup>5)</sup> Terloops moge in herinnering worden gebracht, dat de beide hoofdkromtestralen in een punt van een omwentelingsoppervlak, wat hun grootte betreft resp. gelijk zijn aan den kromtestraal der meridiaankromme en de tot aan de omwentelingsas gemeten normaal. De kromming is de reciproke waarde van den kromtestraal.





*Zeepvulies in den vorm eener catenôïde.*

zoodanig dat het zwaartepunt van die kromme zoo dicht mogelijk bij de X-as is gelegen (kettinglijn).  
De gezochte kromme  $y = f(x)$  stellende, heeft men dus dat:

$$y_z = \frac{\int_a^b y \cdot \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx}{l} \text{ minimum moet zijn onder}$$

voorwaarde dat:

$$\int_a^b \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx = l \dots\dots\dots (22)$$

Alzoo moet ook:  
 $\int_a^b (y + c) \cdot \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx$  extreem zijn, waarbij  $c$  een nog nader te bepalen constante voorstelt.

De oplossing verloopt analoog met die der vorige toepassing.  
Men vindt:  
 $y + c = p \cdot \cosh \frac{x - q}{p} \dots\dots\dots (23)$

De gezochte kromme is dus wederom een *kettinglijn*. De constanten  $c$ ,  $p$  en  $q$  kunnen worden bepaald uit de voorwaarden, dat de kromme door de gegeven punten  $A$  en  $B$  moet gaan en een booglengte  $= l$  moet hebben volgens (22).

Dit resultaat was reeds den gebroeders Bernoulli <sup>6)</sup> bekend. Tijdens een gesprek over mathematische onderwerpen op een wandeling in *Bazel* kwamen zij n.l. tot de vraag, welke gedaante een aan beide uiteinden bevestigde, vrij hangende ketting wel zou aannemen. Spoedig kwamen beide tot de conclusie, dat de ketting een zoodanigen evenwichtsvorm zal aannemen, waarbij het zwaartepunt zoo laag mogelijk is gelegen. Immers stabiel evenwicht bestaat alleen „wanneer zooveel geschied is, als geschieden kan” (lit. 4 blz. 66). Dwingt men b.v. door vingerdruk de vrij hangende ketting volgens een andere kromme

te hangen, dan zal het zwaartepunt *hooger* komen te liggen. Neemt men den vinger weer weg, dan kunnen de massadeeltjes van de ketting gezamenlijk dus positieven arbeid verrichten, hetgeen ook zal geschieden. Alleen als het zwaartepunt zoo laag mogelijk is gelegen, kan geen positieve arbeid meer worden verricht.

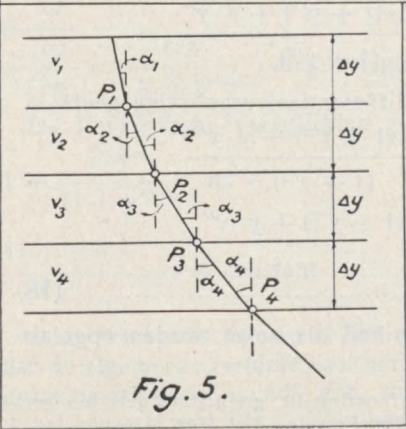
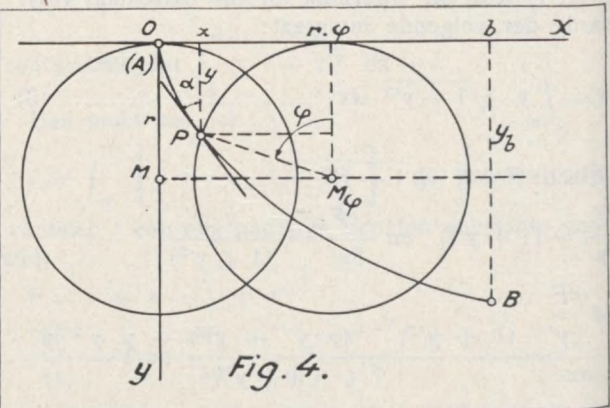
6. *De brachistochroon.*

In een verticaal vlak bevinden zich twee punten  $A$  en  $B$  met daar doorheen een kromme, die eveneens in dat vlak is gelegen.  $A$  is hooger gelegen dan  $B$ . Langs de kromme beweegt zich van  $A$  naar  $B$  met een beginsnelheid  $= 0$  en zonder wrijving een stoffelijk punt alleen onder invloed van de zwaartekracht (versnelling  $= g$ ). Gevraagd den vorm dier kromme zoodanig te bepalen, dat het stoffelijk punt in den kortst mogelijken tijd het punt  $B$  bereikt (gewone cycloïde).

In fig. 4 zij het vlak van teekening het verticale vlak, terwijl het punt  $A$  in den oorsprong van het coördinatenstelsel  $OXY$  wordt gekozen. De positieve  $Y$ -richting wijze naar beneden.

In een punt  $P$  van de gezochte kromme  $y = f(x)$  is de snelheid van het stoffelijk punt  $v = \frac{ds}{dt} =$

$$\sqrt{2 \cdot g \cdot y} \text{ en dus:}$$
$$dt = \frac{ds}{\sqrt{2 \cdot g \cdot y}} \dots\dots\dots (24)$$



6) Jakob Bernoulli 1654 — 1705;  
Johan Bernoulli 1667 — 1748.



Geïntegreerd geeft dit voor den tijd, dien het stof-felijk punt noodig heeft om van  $A$  naar  $B$  te komen:

$$t = \int_0^b \frac{ds}{\sqrt{2 \cdot g \cdot y}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot g}} \cdot \int_0^b \left( \frac{1 + y'^2}{y} \right)^{1/2} \cdot dx \quad (25)$$

Men heeft dus den eisch dat:

$$\int_0^b \left( \frac{1 + y'^2}{y} \right)^{1/2} \cdot dx \text{ minimum moet worden.}$$

$$\text{Alzoo: } F = (1 + y'^2)^{1/2} \cdot y^{-1/2}$$

$$\frac{\partial F}{\partial y} = -\frac{1}{2} \cdot (1 + y'^2)^{1/2} \cdot y^{-3/2} \text{ en } \frac{\partial F}{\partial y'} = \frac{y^{-1/2} \cdot y'}{(1 + y'^2)^{1/2}}$$

$$\frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial y'} = \frac{(1 + y'^2)^{1/2} \cdot (y^{-1/2} \cdot y'' - \frac{1}{2} \cdot y^{-3/2} \cdot y'^2) - y^{-1/2} \cdot y'^2 \cdot y'' \cdot (1 + y'^2)^{-1/2}}{1 + y'^2}$$

De vergelijking van Euler geeft:

$$y^{-1/2} \cdot y'' \cdot (1 + y'^2)^{-1/2} - \frac{1}{2} \cdot y^{-3/2} \cdot y'^2 \cdot (1 + y'^2)^{-1/2} - y^{-1/2} \cdot y'^2 \cdot y'' \cdot (1 + y'^2)^{-3/2} = -\frac{1}{2} \cdot (1 + y'^2)^{1/2} \cdot y^{-3/2}$$

Na eenige uitwerking vindt men:

$$2 \cdot y \cdot y'' + (1 + y'^2) = 0 \quad (26)$$

$$\text{Daar } y'' = \frac{dy'}{dy} \cdot y' = \frac{1}{2} \cdot \frac{dy'^2}{dy} = \frac{1}{2} \cdot \frac{d(1 + y'^2)}{dy}$$

kan (26) worden geschreven:

$$\frac{d(1 + y'^2)}{1 + y'^2} = -\frac{dy}{y}$$

Geïntegreerd geeft dit met een constante  $c$ :

$$1 + y'^2 = \frac{c}{y} \quad (27)$$

$$\frac{dy}{dx} = \left( \frac{c - y}{y} \right)^{1/2}$$

$$dx = \left( \frac{y}{c - y} \right)^{1/2} \cdot dy \quad (28)$$

Stel nu  $y = \frac{1}{2} \cdot c \cdot (1 - \cos \varphi) = r \cdot (1 - \cos \varphi)$ , waarbij  $\varphi$  een nieuwe variabele is en  $r = \frac{1}{2} \cdot c$

$$\frac{y}{c - y} = \frac{1 - \cos \varphi}{1 + \cos \varphi} = \left( \frac{1 - \cos \varphi}{\sin \varphi} \right)^2$$

Verder is  $dy = r \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi$

Alzoo wordt (28)

$$dx = r \cdot (1 - \cos \varphi) \cdot d\varphi$$

$$x = r \cdot (\varphi - \sin \varphi) + c_1$$

Daar de kromme door  $O$  moet gaan is  $c_1 = 0$ .

De gezochte kromme voldoet dus aan de volgende parametervergelijkingen:

$$\left. \begin{aligned} x &= r \cdot (\varphi - \sin \varphi) \\ y &= r \cdot (1 - \cos \varphi) \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

Blijkbaar is dit een gewone cycloïde, gevormd door een cirkel met een straal  $r$ , rollende tegen de  $X$ -as als looppijn met de lijn  $y = r$  als centraallijn (fig. 4).

De straal  $r$  der cycloïde kan worden berekend uit de voorwaarde, dat de kromme door  $B$  moet gaan zoodat  $x = b$  en  $y = y_b$  aan (29) moeten voldoen.

Grafisch kan men op zeer eenvoudige wijze den straal  $r$  van den rolcirkel bepalen, door n.l. te bedenken, dat alle cycloïden gelijkvormig zijn. Men trekke in fig. 4 de lijn  $OB$  en construeere eerst een willekeurige cycloïde met het beginpunt in  $O$ , die de lijn  $OB$  in  $B'$  moge snijden (in fig. 4 niet geteekend). De straal van den rolcirkel van deze willekeurige cycloïde zij  $r'$ . De gezochte straal  $r$  is dan blijkbaar  $\frac{OB}{OB'} \cdot r'$ .

## 7. Bepaling van de brachistochroon volgens Johan Bernoulli.

Het vraagstuk van de brachistochroon, dat voor het eerst door Johan Bernoulli werd gesteld, werd door hem zelf op de volgende origineele wijze tot oplossing gebracht, zonder daarbij van variatierekening gebruik te maken.

Hij denkt zich de ruimte te bestaan uit een oneindig aantal opvolgende horizontale lagen van verschillende geleidelijk veranderende lichtdoorlatende media. De optische dichtheid van ieder laagje  $dy$  zij zoodanig, dat het licht daarin een voortplantingssnelheid  $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot y}$  heeft, wanneer  $y$  de afstand is van het laagje beneden de  $X$ -as. De brachistochroon zal dan volgens het beginsel van Fermat de kromme zijn volgens welke een lichtstraal wordt gebroken, die van  $O$  uitgaande in  $B$  terecht komt!

In fig. 5 is een viertal van deze laagjes voorgesteld met een gebroken lichtstraal  $P_1 P_2 P_3 P_4$ .

Blijkbaar gelden dan de volgende betrekkingen:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2}, \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_3} = \frac{v_2}{v_3}, \frac{\sin \alpha_3}{\sin \alpha_4} = \frac{v_3}{v_4} \text{ enz.}$$

of anders geschreven:

$$\frac{\sin \alpha_1}{v_1} = \frac{\sin \alpha_2}{v_2} = \frac{\sin \alpha_3}{v_3} \text{ enz.} \Rightarrow k = \text{constant} \quad (30)$$

Overgaande tot de limiet, waarbij de dikten der laagjes oneindig klein zijn geworden, wordt  $\alpha$  de hoek, dien de raaklijn aan de lichtstraal in het beschouwde punt  $P$  maakt met de  $Y$ -as (zie fig. 4), terwijl  $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot y}$ , wanneer  $y$  de ordinaat van  $P$  is. Alzoo wordt de differentiaalvergelijking van de brachistochroon in verband met (30):

$$\sin \alpha = \frac{dx}{ds} = k \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot y} \quad (31)$$

Dus heeft men:

$$\frac{1}{(1 + y'^2)^{1/2}} = k \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot y}^{1/2}$$

hetgeen met  $\frac{1}{2 \cdot g \cdot k^2} = c$  kan worden geschreven:

$$1 + y'^2 = \frac{c}{y} \quad (32)$$



zijnde dezelfde differentiaalvergelijking als (27), zoo dat de oplossing weer door (29) wordt gegeven.

Na Johan Bernoulli werd het vraagstuk van de kromme met den kortsten valtijd, later ook in gewijzigden vorm, nog door tal van wiskundigen bestudeerd, zooals Leibniz, l'Hôpital, Newton, Jakob Bernoulli, Euler, Lagrange, Legendre, Borda en Todhunter (lit. 4 blz. 413, lit. 2 blz. 449). Het is dan ook nauwelijks overdreven, wanneer men beweert, dat de variatierekening ontstaan is uit, althans de ontwikkeling daarvan sterk gestimuleerd werd door, het vraagstuk van de brachistochoon.

Hoe problemen van dezen aard in de tweede helft der 17<sup>de</sup> eeuw de gemoederen bezighielden, moge nog blijken uit het feit, dat door een isoperimeter-vraagstuk <sup>7)</sup> de gebroeders Bernoulli in heftigen strijd met elkaar geraakten, die tot den dood van Jakob heeft voortgeduurd.

8. Het principe van Hamilton.

Tot dusver werd alleen beschouwd de extreme waarde van de integraal  $I = \int_a^b F(yy'x) \cdot dx$ .

Indien echter in de integrand behalve  $y$ , nog andere functies van  $x$  voorkomen en hun eerste afgeleiden dus b.v.  $(z, z')$  en  $(u, u')$ , dan moet voor een extreme waarde der integraal:

$$I = \int_a^b F(yy', zz', uu', x) \cdot dx \dots\dots\dots (33)$$

voldaan zijn aan een drietal Euler'sche vergelijkingen, die ieder op soortgelijke wijze is gebouwd als (10) n.l.:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial y} &= \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial y'} \\ \frac{\partial F}{\partial z} &= \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial z'} \\ \frac{\partial F}{\partial u} &= \frac{d}{du} \frac{\partial F}{\partial u'} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (34)$$

Het bewijs kan op analoge wijze worden gegeven als sub 1 voor één functie  $y$  werd uiteengezet (zie ook lit. 1 blz. 621 e.v.).

Beweegt zich nu een stoffelijk punt met massa  $m$  in een krachtveld, waarvoor een krachtfunctie (potentiaal)  $U$  bestaat; zijn verder  $\vartheta$ ,  $\varphi$  en  $\psi$  de alge-

meene coördinaten, die de plaats van het punt als functie van  $t$  bepalen en  $T$  de levende kracht  $= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ , dan gelden zooals bekend is de volgende bewegingsvergelijkingen van Lagrange :

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{\partial T}{\partial \vartheta'}\right)' - \frac{\partial T}{\partial \vartheta} &= \frac{\partial U}{\partial \vartheta} \\ \left(\frac{\partial T}{\partial \varphi'}\right)' - \frac{\partial T}{\partial \varphi} &= \frac{\partial U}{\partial \varphi} \\ \left(\frac{\partial T}{\partial \psi'}\right)' - \frac{\partial T}{\partial \psi} &= \frac{\partial U}{\partial \psi} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (35)$$

Daar hier de tijd de onafhankelijk veranderlijke is, stelt in (35) een accent dus een differentiatie naar  $t$  voor.

Bedenkt men dat  $U$  een functie is van de coördinaten en niet van hun afgeleiden <sup>8)</sup>, zoo kan men de verg. (35) ook als volgt schrijven:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial (T + U)}{\partial \vartheta} &= \frac{d}{dt} \frac{\partial (T + U)}{\partial \vartheta'} \\ \frac{\partial (T + U)}{\partial \varphi} &= \frac{d}{dt} \frac{\partial (T + U)}{\partial \varphi'} \\ \frac{\partial (T + U)}{\partial \psi} &= \frac{d}{dt} \frac{\partial (T + U)}{\partial \psi'} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (36)$$

Stelt men:  
 $T + U = F(\vartheta\vartheta', \varphi\varphi', \psi\psi', t)$  en beschouwt men de baan van het stoffelijk punt in het tijdsinterval van  $t_1$  tot  $t_2$ , dan volgt uit de verg. (36) in verband met (34) dat:

$$\delta I = \delta \int_{t_1}^{t_2} (T + U) \cdot dt = 0 \dots\dots\dots (37)$$

of wel:

$$I = \int_{t_1}^{t_2} (T + U) \cdot dt \longrightarrow \text{extreem} \dots\dots\dots (38)$$

Door onderzoek van het teeken der tweede variatie  $\delta^2 I$  blijkt, dat het extreem een minimum moet zijn (lit. 5 blz. 595).

Men heeft hier het zgn. principe van Hamilton voor de beweging van een stoffelijk punt in een potentiaalkrachtveld, die dus zoodanig plaats heeft, dat tusschen twee gegeven punten der baan de tijds-integraal van de som van levende kracht en potentiaal een minimum wordt (verg. ook lit. 6).

8) In herinnering wordt gebracht, dat de krachtfunctie of potentiaal  $U$  een zoodanige functie van de coördinaten  $x, y$  en  $z$  is, dat de componenten van de beweegkracht  $K$  resp. zijn  $K_x = \frac{\partial U}{\partial x}$ ,  $K_y = \frac{\partial U}{\partial y}$  en  $K_z = \frac{\partial U}{\partial z}$ .

7) Isoperimeter = gelijke omtrek.  
Specifieke isoperimetrische vraagstukken zijn de toepassingen sub 3 en 5 gegeven, waarbij een bepaalde integraal extreem moet worden, terwijl daarbij aan de bijconditie moet zijn voldaan, dat een andere bepaalde integraal een voorgeschreven waarde moet aannemen.



9. *Algemeene opmerkingen.*

Men kan zeggen dat de *variatierekening* is de leer van de maxima en minima van bepaalde integralen, die onder het integraalteeken één of meer onbekende functies en hare afgeleiden bevatten, welke zoodanig te bepalen zijn, dat de integraal een extreme waarde aanneemt.

Ieder vraagstuk uit de variatierekening voert tot een differentiaalvergelijking, die geïntegreerd moet worden. Dit werd het eerst grondig onderkend door *L a g r a n g e*, die zooals reeds onder *noot 3* werd opgemerkt, ook het begrip der variatie aangeduid door het teeken  $\delta$  heeft ingevoerd.

Hoe groot destijds voor de beoefenaren der variatierekening de moeilijkheden waren om zich de denkwijze van *L a g r a n g e* eigen te maken, moge o.a. hieruit blijken, dat zelfs *E u l e r* geen juist begrip had van het onderscheid tusschen een variatie en een differentiaal (lit. 4 blz. 421).

Reeds werd er op gewezen, hoe het vraagstuk van *J o h a n B e r n o u l l i* over de brachistochroon den eigenlijken stoot heeft gegeven tot de ontwikkeling der variatierekening. *J a k o b B e r n o u l l i* ontwikkelde voor de oplossing van analoge problemen een meetkundige methode, die *E u l e r* in algemeener vorm bracht evenals de op te lossen problemen.

*L a g r a n g e* eindelijk gaf de zuiver analytische methode en heeft daardoor van de Variatierekening een *hoofdstuk der Differentiaal- en Integraalrekening* gemaakt.

In het voorgaande zijn slechts enkele van de *eenvoudigste* toepassingen der variatierekening gegeven, ten einde den lezer eenig begrip te geven van de gevolgde werkwijze. In de technische literatuur wordt bovendien wel eens van variatierekening gebruikt gemaakt bv. bij toepassingen van de wet van den

minimum vormveranderingsarbeid (zie b.v. lit. 7 blz. 68 en lit. 8).

Bij de gegeven toepassingen werd het mathematisch bewijs, dat men werkelijk met een maximum of minimum te doen heeft, achterwege gelaten. In het algemeen is een dergelijk onderzoek natuurlijk noodzakelijk.

Verder moet er op worden gewezen, dat in den regel de resultaten der variatierekening slechts *relatieve geldigheid* hebben in dezen zin, dat de extremaal (d.i. een oplossing van de vergelijking van *E u l e r*) haar minimum- of maximumeigenschap alleen bezit, indien men haar vergelijkt met krommen van *dezelfde soort*, die bovendien *niet te veel* van de gevondene afwijken.

Het vaststellen van de grenzen van het geldigheidsgebied is dikwijls een veel moeilijker en veel subtieler werk dan het vinden van de oplossing zelve.

## Literatuur.

1. *H o r t*, Die Differentialgleichungen des Ingenieurs; Berlin, Springer, 1925.
2. *D e V r i e s*, Leerboek der differentiaal- en integraalrekening, 3e deel; Groningen, Noordhoff, 1922.
3. *K n e s e r*, Lehrbuch der Variationsrechnung; Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1925.
4. *M a c h*, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig, Brockhaus, 1921.
5. *L o r e n z*, Technische Mechanik starrer Systeme; München/Berlin, Oldenbourg.
6. *De Ingenieur in Ned.-Indië* 1936 — No. 2, „Joseph Louis Lagrange” door *V r.*
7. *A. und L. F ö p p l*, Drang und Zwang deel I; München/Berlin, Oldenbourg 1924.
8. *H e n c k y*, „Zur Theorie plastischer Deformationen enz.”, *Proceedings* 1st International Congress for Applied Mechanics blz. 312; Delft, Waltman 1925.

*V r.*

## Nieuwe staalalliages.

Behalve de gewone legeringen van metalen bestaan, zooals bekend is, ook bijzondere staalalliages, welke in het algemeen daar toepassing vinden, waar het er op aankomt, oxydeeringen, breuken enz. te voorkomen. In den laatsten tijd heeft de techniek der staallegeringen buitengewoon belangrijke vorderingen gemaakt, welke van verstrekkenden invloed zullen zijn voor de praktijk. De producenten hebben zich groote uitgaven voor laboratorium-onderzoek en propaganda getroost, om speciale legeringen met koper, nikkel, aluminium, wolfram, molybdeen, chroom, tantaal enz. te fabricceeren en in den handel te brengen. Als een voorbeeld kan genoemd worden *The International Nickel Corp.* of *Canada*, welke niet minder dan duizend verschillende nikkelalliages in den handel brengt. Hierbij kan worden opgemerkt, dat de staalfabrikanten om begrijpelijke redenen in het algemeen de samenstelling der alliages geheim houden.

Alvorens in een kort bestek op de geschiedenis der staallegeringen in te gaan, zal het beginsel van het harden van staal op beknopte wijze belicht worden. Het is bekend, dat ijzer- en metaalcarbide een hoogen graad van hardheid bezitten, alsmede van weerstand tegen groote hitte. Ijzercarbide is daardoor een belangrijke factor bij het proces van het harden en temperen van staal. In den loop van het smeltproces van het ijzer worden de koolstofelementen in het gesmolten ijzer verdeeld. Wanneer de afkoeling van het gesmolten ijzer vlug geschiedt, wordt de carbide in oneindig fijne korreltjes verdeeld en er ontstaat een bijzonder harde oppervlakte; deze is minder hard naarmate de afkoeling minder plotseling plaats heeft. De gewone of zgn. handelsstalen worden, zooals bekend, in water of met het oog op grooter weekheid in olie getemperd, maar tengevolge van de snelheid, waarmede dit geschiedt, is de geharde oppervlakte niet diep genoeg voor een goede mechanische bewerking en om



de toepassing van het afgewerkte stuk mogelijk te maken in gevallen, waarbij het materiaal moet voldoen aan bijzondere eischen, zooals weerstand tegen corrosie (oxydeering), stoot, trek, druk. De moderne bouw van bruggen, van belangrijke gedeelten van scheepsmachines, zooals ventielen en andere aan chemische of temperatuurinvloeden blootstaande deelen (zeewater!), van motoren, waarvan de onderdeelen aan frequente stooten of drukken zijn blootgesteld, enz. vereischen natuurlijk groote betrouwbaarheid bij het gieten, walsen, of trekken van het materiaal. Dit geldt vooral bij den bouw van oorlogschepen, luchtschepen en vliegtuigen. Aanvankelijk nam men in den regel in deze bijzondere gevallen zijn toevlucht tot legeringen uit niet-ijzer-metalen, en wijdde onvoldoende aandacht aan de uitstekende staallegeringen. De edelstaal-industrie stelt alle pogingen in het werk, om na wetenschappelijk onderzoek zoodanige alliages te fabriceren, dat zooveel mogelijk aan de gestelde bijzondere eischen wordt voldaan. Hierbij bleek de mogelijkheid door toevoeging van vreemde elementen de temperatuur van het gesmolten metaal zoover te verlagen, dat door afkoeling in water of het temperen in olie gewijzigde eigenschappen werden verkregen, n.l. een harding tot grootere diepte en een betere mechanische verwerkbaarheid, een en ander al naar gelang van de variatie der gebezigde legeringsmetalen of gassen (stikstof, waterstof). Dergelijke edelstalen toonen een zekere plooibaarheid ten aanzien van de vele technische eischen, indien reeds gedurende het smeltproces door zorgvuldige desoxydatie, scheppen enz. gezorgd wordt voor een zoo zuiver mogelijke behandeling. Het is begrijpelijk, dat goed wetenschappelijk inzicht in de eigenlijke metallurgische problemen van het legeringsproces de ontwikkeling van de staallegeringen zeer ten goede is gekomen. Door de t.b.v. desoxydatie en betere walsbaarheid gebruikelijke toevoeging van ca.  $1\frac{1}{2}\%$  mangaan te varieren en met andere „legeringselementen” te vermengen, zijn de kosten voor deze „veredeling” niet langer buitensporig hoog te noemen. In verband met de voornaamste eischen, welke aan staallegeringen worden gesteld, n.l.: 1. groote weerstand tegen breuk, 2. groote weerstand tegen slijtage en tegen mechanische inwerking van belasting, druk enz., 3. groote weerstand tegen oppervlakte-aantasting (corrossie, enz.), worden bij de fabricage die elementen toegevoegd, welke (met kool) carbide vormen, zooals chroom, wolfram, silicium, molybdeen, vanadium enz. Hierbij kan worden opgemerkt, dat b.v. nikkel een dergelijke verbinding met het element koolstof niet vormt. De toevoeging van nikkel aan het gesmolten stuk beoogt weliswaar een hooger weerstand tegen stootwerkingen te verkrijgen, doch deze maakt het afgekoelde metaal tevens taaier, terwijl de harde carbide, welke anders

neerslaat, een hooger weerstand tegen afslijting geeft. Er zijn hierbij verschillende ingewikkelde fysisch-chemische problemen op te lossen. Chroomstalen voor drijfwerken (transmissies) worden vaak nog met stikstof gelegeerd, waardoor de slijtage verminderd wordt; handwerktuigen behoeven in den regel niet zoo hard te zijn als machinewerktuigen, vandaar dat zij meestal uit gewoon staal bestaan.

De eigenlijke commercieele fabricatie van edelstaal, waarvan een classificatie bezwaarlijk kan worden gegeven, is niet veel ouder dan 30 jaren. Typeerend is b.v. dat de Vereenigde Staten, waar in het jaar 1909 niet meer dan 200 000 ton of 0,75% der totale staalfabricatie geproduceerd werd, in 1929 rond 4 miljoen ton of 7% van de totale staalproductie leverden. De edelstaal-consumptie aldaar heeft in de laatste jaren groote verschuivingen ondergaan; zoo verwerkte in het jaar 1928 de automobiellindustrie bijna 80%, terwijl dit percentage voor die industrie in het jaar 1934 nog slechts 53,38 bedroeg. Het aandeel van de werktuigmachines was 2,65% in 1928, 8,95% in 1930 en 4,38% in 1934. Ook het verbruik t.b.v. de scheepvaart, de spoorwegen en in het bouwbedrijf is belangrijk toegenomen. In Europa is de consumptie belangrijk toegenomen na de vervaardiging van „roestvrij” staal voor snij-gereedschappen, n.l. in Sheffield (Engeland) en Essen (Duitschland). De „stainless steels” van Sheffield zijn chroom-ijzer-verbindingen, welke door B re a r l e y ontdekt werden, terwijl de chroom-nikkel-ijzer-verbindingen van K r u p p een uitvinding van S t r a u s s e n M a u r e r waren. In Engeland werd later naast chroom ook koper, nikkel en kobalt toegepast. In het jaar 1924 werd tusschen K r u p p e n de fabriek in Sheffield een overeenkomst gesloten, waardoor de K r u p p -stalen ook in Engeland kunnen worden geproduceerd. De oorspronkelijke Engelsche chroomstalen zijn minder veranderd dan de Duitsche; slechts zij vermeld, dat (o.m. voor electrotechnische doeleinden) het chroomgehalte gedeeltelijk tot 35% werd opgevoerd, terwijl voorts het „silchrome” genoemd moet worden. Op grond der door de Admiralty gestelde eischen, alsmede voor „vredes-doeleinden” zijn talrijke geslaagde experimenten gedaan met de reductie van het koolstofgehalte door de bijvoeging van wolfram, molybdeen, titaan, vanadium, en, naar het voorbeeld door de V. S. gegeven, met columbium, tantaal en niobium. Steeds nieuwe uitvindingen zijn echter in de laatste jaren aan de orde van den dag geweest, en het onderzoek van dit wetenschappelijk en practisch zoo buitengewoon belangrijke gebied is nog niet afgesloten, daar talloze vraagstukken zich nog dagelijks voordoen ten aanzien van de „interference” van twee gelegeerde stalen, de mogelijkheid van doelmatig lasschen enz.

Dr. J a m e s R u b i n f e l d, Zandvoort.



# Verslag over de Internationale Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering,

gehouden van 22 — 26 Juni 1936 te Cambridge, Massachusetts, U. S. A.

Dit Eerste Congres voor Grondmechanica vormde een onderdeel van de herdenking van de stichting, drie honderd jaar geleden, van de oudste en thans meest bekende Universiteit in de Vereenigde Staten, en wel de *Harvard University* te *Cambridge, Massachusetts*.

Uitnoodigingen waren gezonden naar verschillende landen, met het verzoek om Nationale Comité's te vormen, bijdragen in te zenden en afgevaardigden te sturen. Hieraan werd gehoor gegeven door een groot aantal landen. Voor het Nederlandsche Comité belastte prof. ir. A. S. Keverling Buisman zich met het voorzitterschap.

Het Hoofdbestuur was als volgt samengesteld:

Eere President: James Bryant Conant, President of Harvard University;

President: Karl von Terzaghi, Professor, Technische Hochschule, Wien;

Vice-President: Oscar Faber, President of the British Institution of Structural Engineers;

Vice-President: Daniel E. Moran, Consulting Engineer, U. S. A.;

Vice-President: Giovanni Rodio, Consulting Engineer, Italy;

Vice-President: Lazarus White, Consulting Engineer, U. S. A.;

terwijl in het Organisatie Comité zitting hadden:

Voorzitter: Harry E. Clifford, Dean of the Graduate School of Engineering, Harvard University;

Secretaris: Arthur Casagrande, Graduate School of Engineering, Harvard University;

Penningmeester: Philip C. Rutledge, Graduate School of Engineering, Harvard University.

Het doel der Conferentie kan samengevat worden in de volgende vier punten:

1. Het verkrijgen van een overzicht van de onderzoekingen, welke voortgang hebben in de verschillende laboratoria voor Grondmechanica.
2. Het verzamelen van zooveel mogelijk gegevens over de jongste vorderingen van de ingenieurswetenschap op het gebied van grond en fundeeringen en het ter beschikking stellen hiervan aan alle betrokken ingenieurs.
3. Het vergelijken en in onderling verband brengen van de resultaten van het onderzoekingswerk.
4. Het inleiden van een nauwere samenwerking met het doel de wetenschappelijke methoden der ingenieurswetenschap op het gebied van grond en fundeeringen te bevorderen.

Dat de Conferentie een succes werd, moge blijken uit het feit, dat er door 19 landen 47 afgevaardigden gezonden werden, terwijl het totale aantal „participating members” dus met inbegrip van de Vereenigde Staten 212 bedroeg, en het aantal „absentee members” 109. Het aantal ingezonden bijdragen bedroeg in totaal 152, waarvan 100 uit het buitenland.

De volgende tabel geeft een overzicht van de aantallen door de verschillende deelnemende landen ingezonden bijdragen.

| L a n d     |    | L a n d     |                 |
|-------------|----|-------------|-----------------|
| U. S. A.    | 52 | Br.-Indië   | 1               |
| België      | 1  | Japan       | 1               |
| Cadana      | 1  | Mexico      | 2               |
| China       | 7  | Nederland   | 16              |
| Denemarken  | 4  | Ned.-Indië  | 2 <sup>1)</sup> |
| Duitschland | 8  | Oostenrijk  | 19              |
| Egypte      | 7  | Polen       | 1               |
| Engeland    | 3  | Rusland     | 12              |
| Estland     | 2  | Zweden      | 3               |
| Frankrijk   | 5  | Zwitserland | 1               |
| Hawai       | 1  |             |                 |
| Hongarije   | 3  | Totaal      | 152             |

Aangezien de meeste buitenlandsche afgevaardigden te New York aankwamen, werd door de New York Sections of the American Society of Civil Engineers en van the Harvard Engineering Society, een program opgesteld, waarbij op Vrijdag, 19 Juni, des avonds een officieele receptie gehouden werd in de Shell Oil Dining Room op de 64e verdieping van de Rockefeller Center, alwaar de voorzitter van het receptie-comité Mr. Robert Ridgway, een van de vooraanstaande ingenieurs in de Vereenigde Staten, een welkomstrede hield. Na afloop hiervan had een officieel diner plaats in de Rainbow Grill op de 65e verdieping, waarbij de buitenlandsche afgevaardigden de gasten waren van de beide genoemde vereenigingen. Als een bijzonderheid moge vermeld worden, dat het uitdrukkelijk „verboden” was redevoeringen te houden, hetgeen trouwens onmogelijk geweest zou zijn, aangezien in de Rainbow Grill voor het diner slechts een aantal tafels gereserveerd was, terwijl voor het overige de zaal gevuld was met New Yorkers, die daar gekomen waren om te dansen, zoodat de jazzband onophoudelijk doorspeelde om de stemming er in te houden. Jammer genoeg was er een vrij dichte mist, zoodat het bewonderen van het verlichte New York vanaf deze hoogte, waarop allen gehoopt hadden, een teleurstelling bleek.

1) 1. „Electric investigation of underground water „flow nets” door prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh en ir. O. Stevens.

2. „On the steady flow of water percolating through soils with homogeneous-anisotropic permeability” door prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh.

Zie *Proceedings*, Volume I, Section K: Ground-water movement and Seepage, blz. 219 — 225.



Den volgenden dag, Zaterdag, 20 Juni, had een excursie plaats in autobussen over de beroemde Westchester County Parkways, langs de Kensico Dam en Croton Lake. Daarna ging het over de Hudson over de Bear Mountain Bridge, naar West Point, de militaire academie der Vereenigde Staten. De lunch werd gebruikt in de Thayer-West Point Inn, waarna verschillende gebouwen, behoorende bij de academie, waaronder het oorlogsmuseum en de kerk, bezocht werden. Het uur van aankomst bij West Point was zodanig geregeld, dat dit samenviel met het oogenblik, waarop de cadetten zich juist met muziek voorop naar de eetzaal begaven. In hunne witte broeken en grijze jassen leverden de keurig marcheerende cadetten een bezienswaardig schouwspel. De terugtocht werd aanvaard langs de westzijde van de Hudson en over de George Washington Bridge, op het oogenblik nog de grootste hangbrug in de wereld, met een vrije overspanning boven de rivier van 3 500 feet, en waarvoor de bouw  $4\frac{1}{2}$  jaar eischte, terwijl de kosten \$ 60 000 000,— bedroegen. Op deze bijzonder interessante tocht werd den buitenlandschen vertegenwoordigers eer bewezen door de autobussen door politie op motoren te doen begeleiden langs de geheele route.

Op Zondag, 21 Juni, begaven de buitenlandsche gedelegeerden zich des namiddags per spoor naar Boston in een specialen voor hen gereserveerden wagon. Bij aankomst in Boston stonden bussen gereed om het gezelschap naar de studententehuizen van de Harvard University te brengen, alwaar zij onder dak gebracht werden gedurende het congres. De maaltijden konden tegen vaste tarieven genuttigd worden in Harvard Union, alwaar de studenten gedurende het cursusjaar gewoonlijk hunne eetzaal hebben.

Het eigenlijke congres werd op Maandag, 22 Juni, ingeleid met een rede, welke uitgesproken werd door Mr. James Bryant Conant, President of Harvard University en door een rede van Prof. Karl von Terzaghi, waarna de Vice-President Mr. Daniel E. Moran een welkomstrede hield.

In den namiddag werd een voordracht gehouden door Mr. Daniel E. Moran en Mr. Carlton S. Proctor (New York) over de fundeering van de Francisco-Oakland Bay Bridge.

Aangezien de stof, die op de conferentie ter tafel gebracht werd, ingedeeld was in een veertiental secties, werd na de lezing de discussie geopend door Mr. Lazarus White (New York) voor Sectie N, namelijk: „Modern Methods of Design and Construction of Foundations”. Na deze inleiding werd de algemeene discussie geopend. Afgevaardigden, die zulks wenschten, konden zich schriftelijk opgeven bij den secretaris en kregen een zekeren spreektijd.

De hier gevolgde gang van zaken gold evenzeer voor de volgende dagen.

Het merkwaardige was, dat er van een eigenlijke discussie geen sprake was, daar over de ingediende bijdragen niet gedebatteerd werd, maar men zich beperkte tot het maken van persoonlijke opmerkingen over een of ander probleem op de sectie betrekking hebbende. In hoeverre deze gang van zaken vrucht dragend kan worden genoemd, valt niet zonder meer te zeggen. Men veronderstelde blijkbaar, dat alle toehoorders de twee lijvige boekdeelen, waarin de bijdra-

gen samengevat zijn, bestudeerd hadden, hetgeen in het algemeen natuurlijk niet te verwachten is. In plaats van de verschillende secties afzonderlijk te laten vergaderen en de verschillende bijdragen voor te laten dragen, waarna een discussie plaats zou kunnen hebben, had hier steeds een algemeene vergadering plaats met als gevolg de onmogelijkheid van het houden van eigenlijke voordrachten door de leden, die een bijdrage ingediend hadden, gevolgd door een discussie hierover.

In den namiddag had een druk bezochte receptie plaats ten huize van den President van Harvard University, waarna een Welcome Dinner gehouden werd in Harvard Union; de leden waren hierbij de gasten van de Faculty of Engineering.

Tusschen de uren, die gereserveerd waren voor de voordrachten en discussies, werd gelegenheid gegeven tot het bezoeken van de verschillende bezienswaardigheden, gelegen op het uitgestrekte terrein der Universiteit, onder leiding van daarvoor speciaal aangestelde gidsen, waarvoor een aantal studenten zich beschikbaar gesteld hadden.

Op Dinsdag, 23 Juni, werd de tweede congresdag ingeleid door een algemeene lezing over de „Foundations of Modern Bridges in Denmark” door Mr. A. E. Bretting (Denemarken). Vervolgens had een filmvertooning plaats over „Soil Testing Procedures at the U. S. Army Engineers Soil Mechanics Laboratory” te Zanesville (Ohio), waarna de discussies geopend werden door Mr. D. W. Taylor (Cambridge, Mass.) voor Sectie C, namelijk: „Regional Soil Studies for Engineering Purposes”, en voor Sectie D: „Soil Properties”.

Hierop volgde de algemeene discussie, welke hetzelfde karakter droeg als den vorigen dag.

De namiddagzitting werd nu ingeleid door een lezing door Mr. José A. Cuevas (Mexico) over de „Foundation Conditions in Mexico City”, en door een lezing van Mr. W. S. Hanna en Mr. G. Tschebotareff (Egypte) over de „Settlement Observations in Cairo”. De discussies werden daarna geopend door Prof. Karl von Terzaghi voor Sectie F, namelijk „Settlement of Structures”, waarna weer de algemeene discussie volgde.

Des avonds woonden de leden een Symphonie Concert bij in Boston Symphony Hall als gasten van Harvard University.

Op Woensdag, 24 Juni, werd des voormiddags de derde congresdag ingeleid met een algemeene lezing door Prof. A. Agatz (Duitschland) over „Experiences in the Construction of Harbeur Works in Bremen and Bremerhaven”, waarna de discussie geopend werd door Mr. F. Kögler (Duitschland) voor Sectie E: „Stress Distribution in Soils” en door Mr. J. S. Crandall (Cambridge, Mass.) voor Sectie H en I: „Bearing Capacity of Piles and Pile Loading Tests”, gevolgd door de algemeene discussie. Des namiddags werd een algemeene voordracht gehouden door Mr. G. Rodio (Italië) over „The Foundation of the Building La Basilese Vita” in Lugano (a description of modern methods of deep foundation construction), gevolgd door een lezing door Mr. W. Loos (Duitschland) over „Comparative Studies of the Effectiveness



of *Different Methods for Compacting Cohesionless Soils*". Deze voordrachten werden gevolgd door een film over „*Modern Methods of Earth Dam Construction*” met toelichtingen door Mr. T. T. Knappen en Mr. R. R. Philippe (Zanesville, Ohio), waarna de discussie geopend werd door Mr. H. A. Mohr (Cambridge, Mass.) voor Sectie B: „*Exploration of Soil Conditions and Sampling Observations*” en door Prof. Karl von Terzaghi (Oostenrijk) voor Sectie A: „*Soil Mechanics Laboratories*” en voor Sectie M: „*Methods for Improving the Physical Properties of Soils for Engineering Purposes*”. Hierna volgde wederom een algemeene discussie. Dien zelfden middag had ook een vergadering plaats van het „*Committee on Bearing Value of Pile Foundations of the American Society of Civil Engineers*”. Des avonds had een bezoek plaats aan de laboratoria voor Grondmechanica van de Massachusetts Institute of Technology en van de Harvard University, alwaar verschillende demonstraties gegeven werden voor grondonderzoek.

De vierde dag, Donderdag 25 Juni, ving aan met een lezing door Mr. F. E. Winsor en Mr. K. R. Kennison (Boston, Mass.) over „*The Quabbin Project of the Metropolitan District Water Supply Commission*”, als inleiding voor de excursie, welke den volgenden dag gehouden zou worden. Daarna werd een film vertoond over de „*Construction of the largest hydraulic Fill Dam in the World, at Fort Peck (Montana)*”. De discussies werden vervolgens geopend door Mr. J. D. Justin (Philadelphia) voor Sectie K: „*Ground Water Movement and Seepage*”, en door Mr. F. A. Marston en Mr. Glennon Gilboy (Cambridge, Mass.) voor Sectie G: „*Stability of Earth and Foundation Works and of natural Slopes*”. Hierop volgde de algemeene discussie. Des namiddags werd een voordracht gehouden door Mr. G. Beskow (Zweden) over: „*Frost Action in Soils and its Relation to Highway Engineering*”, waarna een film vertoond werd over: „*Irrigation in Mexico*”. De daarop volgende discussie werd geopend door Mr. A. Casagrande voor Sectie J, namelijk: „*Earth Pressure*”, en voor Sectie L: „*Problems in Highway Engineering*”.

Hiermede was het eigenlijke congres afgelopen en werd den volgenden dag, Vrijdag 26 Juni, een excursie ondernomen naar „*the Quabbin Project of the Metropolitan District Water Supply Commission*”, waarbij de „*hydraulic fill dams*” in uitvoering bezocht werden. Op den terugweg naar Cambridge werd een afscheidsdiner gegeven in de „*Banquet Hall*” van het historische „*Longfellow's Wayside Inn*”, eigendom van Henry Ford, te Sudbury, Mass. Na afloop van het diner volgden toespraken door Mr. F. E. Schmitt (New York) en door Prof. von Terzaghi.

Tenslotte had op Zaterdag, 27 Juni, een vergadering plaats van de „*Committee on Foundations and Soil Mechanics of the Society for the Promotion of Engineering Education*”, terwijl daarna vergaderde de „*Committee on Standardization of Symbols and Conventions*”.

In het voorgaande is een recapitulatie gegeven van de gehouden voordrachten en van de onderwerpen,

welke op de conferentie ter sprake kwamen, met de bedoeling het bestudeeren van de handelingen bij den lezer te stimuleeren.

De handelingen van het congres zijn samengevat in drie boekdeelen en zijn verkrijgbaar gesteld tegen betaling bij den secretaris.

Resumeerende kan zeker worden gezegd, dat het doel, dat de conferentie zich gesteld had, volkomen is bereikt. Het zoo zeer gewenschte persoonlijk contact tusschen de wetenschappelijke onderzoekers der verschillende landen, die aldaar vertegenwoordigd waren, was voor dit gebied der ingenieurswetenschap tot stand gebracht, hetgeen voor de toekomst, zooals trouwens op elk gebied, ongetwijfeld zijn groot nut zal bewijzen.

Het groote succes dezer conferentie kwam tot uitdrukking in de behoefte, die gevoeld werd om nu ook den grondslag te leggen voor verdere conferenties op dit gebied. Daartoe werd een Internationale Commissie gevormd, door welke, naast eenige andere resoluties, ook de volgende resolutie werd aangenomen op hare vergadering van 25 Juni en die hieronder moge worden afgedrukt.

„In order that the International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering may continue as a permanent organization, be it resolved:

- a. That Dr. Karl von Terzaghi continue in office as President of the permanent organization.
- b. That Dr. Arthur Casagrande continue in office as Secretary and also fill the office of Vice President.
- c. That all who are members of the present Conference be entitled to membership in the permanent organization; that additional members be admitted under requirements established by the International Committee.
- d. That the President take steps for the formation of an International Committee. Such a Committee would be elected by National Committees where such Committees exist, and where no such Committees exist, the President would appoint provisional members, and such members would be urged to take appropriate steps within their own countries to organize local National Committees in cooperation with existing societies or organizations, or otherwise to advise the President what steps, if any, are suggested for him to take to encourage the formation of such National Committees.
- e. That the President appoint an Executive Committee of which the President and the Secretary shall be members, consisting of a total membership of five and whose headquarters shall for the time being be in Boston (Cambridge) Mass, or New York (N. Y.), and that the Executive Committee shall be responsible for the conduct of the business of the Conference until a Constitution is adopted or the Conference shall direct otherwise.
- f. That the second meeting of the International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering be called to meet at a time and place to be selected by the President with the advice of the International Committee.
- g. That each member pay annual dues to be fixed by the International Committee. That provision be made



for membership in the Conference of organized bodies with dues as fixed by the International Committee.

- h. That the President be authorized to accept contributions for the support of the Conference in addition to dues of members.
- i. That the Secretary have custody of the funds of the Conference, to be expended for the purposes of the Conference as authorized by the President or by the Executive Committee until a permanent Constitution may provide otherwise.
- j. That at the next meeting of the International Conference the International Committee, or a sub-committee thereof as the President may appoint, present for the consideration of the Conference a Constitution and By-laws for the permanent organization and government of the Conference.
- k. That conflicting clauses and cases not covered by the foregoing clauses be left to the initiative of the Executive Committee with the approval of the International Committee for decision.

Ir. O. Stevens, Den Haag.

## BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

### Bijdragen in vreemde talen.

Over bovenstaand onderwerp ontving de Redactie van het instituutslid ir. H. Th. Bakker m.i. een schrijven, waarin bezwaar wordt gemaakt tegen het gebruik van vreemde talen in het tijdschrift, met verzoek het standpunt van de Commissies van Toezicht en Redactie, in dezen bekend te willen stellen.

Naar aanleiding van dit verzoek en van de door den Groepsvoorzitter ter jaarvergadering te Soerabaja gedane toezegging <sup>1)</sup>, werd deze aangelegenheid opnieuw onder de oogen gezien met het Groepsbestuur en de Commissie van Toezicht.

Mede op grond van de motieven, uiteengezet op de in Jan. 1935 te Bandoeng gehouden jaarvergadering <sup>2)</sup>, werd besloten geen wijziging te brengen in het destijds door de ledenvergadering goedgekeurde standpunt, n.l. om publicatie in een vreemde taal toe te laten voor schrijvers van vreemde nationaliteit, alsmede voor artikelen, welke anders slechts een te beperkten lezerskring zouden vinden.

Redactie.

### Tweede International Congres voor Materiaal-onderzoek.

Bovengenoemd congres zal van 19 tot 24 April 1937 te London worden gehouden, onder het algemeen voorzitterschap van Sir William Bragg, President van de Royal Society \*) en Directeur van de Royal Institution of Great Britain.

Deelname aan het congres staat open voor ieder, die belang stelt in materiaalonderzoek en de contributie heeft voldaan, waarvan het bedrag nog nader zal worden vastgesteld.

1) Zie *De Ingenieur in N.-I.*, 1936, pg. I 35.

2) *Idem*, 1935, pg. I 28.

\*) Te vergelijken met de Kon. Academie van Wetenschappen in Nederland.

De te behandelen onderwerpen zijn in de volgende vier groepen onderverdeeld:

#### A. Metalen.

Voorzitter: Prof. C. Benedicks, Zweden; Vice-voorzitter: Dr. H. J. Gough, Engeland.

1. Het gedrag van metalen, zoowel van uit een mechanisch als chemisch oogpunt beschouwd, bij hooge temperaturen.
2. Vorderingen der metallografie.
3. Lichte metalen en hun verbindingen.
4. Slijtage en bewerking.

#### B. Anorganische materialen.

Voorzitter: Prof. E. Suenson, Denemarken; Vice-voorzitter: dr. P. K. van der Wallen, Nederland.

1. Beton en gewapend beton.
2. Erosie en corrosie van natuur- en kunststeen.
3. Beproevingmethoden van keramische materialen.

#### C. Organische materialen.

Voorzitter: Dr. Ing. R. Barta, Tsjecho Slowakye; Vice-Voorzitter: Prof. Roos-af-Hjelmsäter, Zweden.

1. Textielstoffen.
2. Hout-celstof.
3. Beschermingsmiddelen van hout.
4. Verandering van organisch materiaal door ouderdom.
5. Verfstoffen en lakken.

#### D. Onderwerpen van algemeen belang.

Voorzitter: M. H. Rabozée, België, Vice-voorzitter: Prof. Dr. M. Röss, Zwitserland.

1. Verband tusschen laboratoriumproeven en practijk.
2. De beteekenis van nieuwe gezichtspunten in de Physica en Chemie voor de materialenkennis.
3. De eigenschappen van stoffen voor isolatie van gebouwen tegen warmte en geluid.

De congresbijdragen mogen een omvang van 1000 woorden niet overschrijden.

Alle correspondentie is te richten aan:

The Honorary Secretary of the International Association for Testing Materials, K. Headlam-Morley, 28 Victoriastreet, London, S. W. 1.

### Internationale Hydrologische Bibliografie.

De Nationale Raad voor Nederland van de Internationale Geodetische en Geophysische Unie heeft gevolg gegeven aan een desbetreffend voorstel van Tsjecho-Slowakije door een Commissie in te stellen voor de bewerking van de Nederlandsche Afdeeling van een jaarlijks uit te geven Internationale Hydrologische Bibliografie.

In deze bibliografie zullen de titels met verkorten inhoud van de in de verschillende landen verschenen hydrologische publicaties worden opgenomen, zoowel in de landstaal als in het Fransch.



De bovenbedoelde Commissie voor Nederland is als volgt samengesteld:

ir. V. J. P. de Blocq van Kuffeler, hoofd-ingenieur-directeur van den Algemeenen Dienst van den Rijkswaterstaat te 's-Gravenhage (Voorzitter);  
W. F. J. M. Krul, directeur van het Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening te 's-Gravenhage (Lid);  
prof. ir. J. H. Thallarsen, hoogleeraar aan de Landbouwhoogeschool te Wageningen (Lid);  
ir. J. Th. Thijssen, directeur van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft (Lid);  
dr. ir. J. H. Steggewentz, hydroloog bij het Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening te 's-Gravenhage (Secretaris).

De Nederlandsche Afdeeling zal in Nederland worden gedrukt en exemplaren er van zullen worden geruild tegen exemplaren van de andere landen, die aan de samenstelling van de bibliografie deelnemen.

In de Nederlandsche Afdeeling zullen worden vermeld alle belangrijke in Nederland, Nederlandsch-Indië, Curaçao en Suriname sinds 1 Januari 1934 verschenen publicaties, die betrekking hebben op de hydro-meteorologie en de kennis van waterlopen, meren, gletschers, grondwater en bronnen. Bovendien zullen — zoolang nog niet alle landen aan de samenstelling van de bibliografie deelnemen — ook de in het buitenland verschenen publicaties van Nederlanders worden opgenomen.

Daar het bij de uitgebreidheid van de vakliteratuur nooit uitgesloten behoort te zijn, dat sommige belangrijke publicaties niet ter kennis van de Commissie komen, worden auteurs op het gebied der bibliografie bij dezen verzocht de titels van hun publicaties ter kennis te brengen van het Secretariaat (Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening te 's-Gravenhage, Mauritskade 7), zoo mogelijk onder bijvoeging van eenige exemplaren of overdrukken (bij voorkeur 4), welke alsdan behouden zullen worden door de instellingen, die aan de samenstelling van de bibliografie deelnemen.

Titels van artikelen, welke in dit tijdschrift zijn opgenomen, behoeven niet te worden opgegeven, daar dergelijke artikelen uiteraard niet aan de aandacht van de Commissie kunnen ontgaan; ook van dergelijke artikelen zal echter de toezending van overdrukken ten eerste op prijs worden gesteld.

Het ligt in de bedoeling in de eerste aflevering, die 1 December 1936 ter perse gaat, de in 1934 en 1935 verschenen publicaties op te nemen.

### Normalisatie.

Bij het Secretariaat van den Normalisatieraad — Bragaweg 38, Bandoeng zijn verkrijgbaar gesteld de navolgende op ondergeschikte punten gewijzigde normaalbladen:

- N 64: Trottoirbanden van natuursteen (4e druk).
- N 65: Wijzigingen: Van redactioneelen aard.
- N 70: Ronde betonbuizen (3e druk).
- N 71: Eivormige betonbuizen (3e druk).
- N 131: Rioleeringsonderdeelen. Betonbakken voor straat- en trottoirkolk (klein model) 3e druk.

Wijzigingen: Toegevoegd werd de opmerking dat betonbuizen en betonbakken in aanmerking komen

voor het aanbrengen van het woordmerk Nenorm ter aanduiding van genormaliseerde waren. Voorts slechts wijzigingen of aanvullingen van ondergeschikt belang.

### BOEKBESPREKING.

A. W. de Goey,

„Het stalen raam”.

Met een voorwoord van prof. ir. J. G. Wattjes b.i., hoogleeraar aan de Technische Hoogeschool te Delft.

Uitg. N. V. Uitgevers Maatschappij „Kosmos” Amsterdam.

Prijs geb. f 4,90.

In dit werkje is een vakman aan het woord, die op beknopte, duidelijke en methodische wijze de grondbeginselen van de constructie en toepassing van stalen ramen en deuren uiteenzet. Zijn betoog is steeds op de practijk gericht. Na een korte bespreking van de eigenschappen en het vervaardigen van het materiaal volgt een overzichtelijke indeeling der gebruikelijke profielen, welke in 4 series onderscheiden worden. De keuze van de toe te passen profielserie wordt bepaald door de afmetingen en den vorm der beweegbare deelen. Een en ander is toegelicht door duidelijke grafiekjes. Voor de teekenkamer is de gegeven wijze van aanduiding op teekeningen van de verschillende soorten der ramen practisch.

Aan de hand van teekeningen worden verder de constructies der verschillende soorten ramen en deuren behandeld.

Van veel belang zijn de in een afzonderlijk hoofdstuk gegeven wenken over de aansluiting tegen muren en wanden en de bevestiging aan staalconstructies.

Het in de verschillende gevallen toe te passen hang- en sluitwerk, waaraan in de practijk, vooral in Indië, nog te weinig aandacht wordt besteed, vindt bespreking met goede toelichting van het hoe en waarom en waarop bij de uitvoering gelet moet worden.

Over de afwerking van de ramen wordt het noodige medegedeeld. Belangrijk is het hoofdstuk: „Prijzen”, waarin helder uiteengezet wordt door welke factoren de prijzen bepaald worden. Van veel nut voor bestek of bestelbrief zijn de in dit hoofdstuk medegedeelde gegevens voor het aanvragen van prijzen.

De mededeelingen over de behandeling op de bouwplaats en de voorschriften voor het stellen, waarbij op tal van factoren gelet moet worden, bij verwaarloozing waarvan later allerlei onaangename gebreken kunnen optreden, zijn zeer nuttig.

In een afzonderlijk hoofdstuk wordt aan de hand van voorbeelden van uitgevoerde ramen, deuren en puiken de behandelde stof nog nader toegelicht en aangevuld, waarbij o.m. schuiframen, schuif- en opvouwbare deuren behandeld worden. Een slothoofdstuk over toepassing in tropische landen, waarin ook verschillende practische wenken gegeven worden, maakt het boek tevens aantrekkelijk voor gebruik in deze gewesten. Een in laatstgenoemd hoofdstuk aanbevo-



len constructie met toepassing van geperststalen kozijn ter betere aansluiting aan de meestal brooze baksteenmuren zal wegens de hoge kosten waarschijnlijk slechts zelden aanwending kunnen vinden.

Stalen jalouzieën, die zonder verdere toelichting genoemd worden, hebben door het spoedig heet worden in dit klimaat weinig voldaan. Zooals overigens ook is vermeld, is toepassing van houten jalouzieën in stalen omranding zeer wel uitvoerbaar. Wanneer in een gebouw, waarin stalen glasramen toepassing vinden, ook jalouzieramen noodig zijn, dan is laatstgenoemde oplossing te prefereren.

Wat tenslotte, toegelicht door een duidelijke tekening, medegedeeld wordt over het weren van muskieten is zeker waard toegepast te worden, hoewel de oplossing vrij kostbaar lijkt.

Alles bijeen genomen vult dit practische boek, zoals prof. Wattjes in zijn voorwoord terecht opmerkt, een bestaande lacune in de vakliteratuur.

B r.

Ir. H. E. Boer en J. A. Kielman.

„Weg- en Waterbouwkunde”, Deel III: Rivieren, Rijsthoutconstructies, Dijken, Duinen en stranden, Waterschappen, polders en droogmakerijen. 239 Blz., 147 teekeningen en foto's.

Uitg. N. V. Uitgevers Mij. „Kosmos”, Amsterdam. Prijs geb. f 5,50.

Onder redactie van ir. A. P. Potma, adj. directeur van de M. T. S. te Haarlem, zal bij de uitgeverij *Kosmos* een nieuw werk verschijnen over „Weg- en Waterbouwkunde”.

Daar de vaderlandsche literatuur over dit onderwerp vrij beperkt, en ten deele verouderd of niet meer verkrijgbaar is, zal deze nieuwe uitgave zeer zeker in een behoefte kunnen voorzien.

Blijkens de, bij het thans (als eerste onderdeel) verschenen Deel III door ir. Potma geschreven inleiding, is deze uitgave in de eerste plaats bestemd voor het gebruik bij het onderwijs aan de middelbaar technische scholen en heeft derhalve het leerplan voor die scholen als leidraad gediend bij de samenstelling, doch is tevens gestreefd naar een zoodanige behandeling van de stof, dat dit werk tevens van nut zal kunnen zijn als studieboek en vraagbaak voor hen, die in de practijk werkzaam zijn.

De stof wordt verdeeld over 5 deelen van ongeveer gelijken omvang, welke ieder een afgerond geheel zullen vormen en afzonderlijk verkrijgbaar zullen worden gesteld.

Over den opzet van het werk wordt vermeld, dat naast eene behandeling van de moderne constructiemethoden en -mogelijkheden, tevens besproken zullen worden de oudere constructiewijzen, welke kunnen leiden tot verruiming van constructief inzicht.

Bij dezen opzet, vormt de lijst van auteurs een waarborg, dat aan het gestelde doel, n.l. de samenstelling van een up-to-date studieboek voor onderwijs en practijk, zal worden voldaan.

Met belangstelling zien wij dan ook de verschijning der verdere deelen tegemoet.

Het thans verschenen Deel III behandelt op over-

zichtelijke en methodische wijze de, in den hierbovenstaanden ondertitel vermelde onderwerpen, terwijl geen kosten voor reproductie van teekeningen en foto's, welke het geheel zeer verduidelijken, zijn gespaard.

Het onderwerp „Polders en droogmakerijen” is meer uitvoerig besproken, omdat de literatuur over de inrichting dezer werken, zooals de schrijvers opmerken, in verband met den tegenwoordigen stand der techniek, schaarsch is.

Van enkele in den laatsten tijd uitgevoerde groote werken, zooals de Maaskanalisatie en de afsluiting en drooglegging der Zuiderzee, is voorts een korte bespreking opgenomen.

Ofschoon deze uitgave in de eerste plaats betrekking heeft op in de Nederlandsche waterbouwkunde toegepaste constructies en werkwijzen — de hier te lande gebruikelijke afvoerbepalingen van rivieren en stuwconstructies vinden b.v. geen behandeling — meenen wij toch, dat het bezit daarvan ook voor den Indischen waterbouwkundige van veel waarde zal zijn.

Voor de verzorging van tekst en plaatwerk komt den uitgevers allen lof toe.

H.

Prof. ir. J. G. Wattjes,

„Nieuwe Bouwconstructies” I. 76 Blz., 129 foto's en teekeningen.

Uitg. N. V. Uitgevers Mij. „Kosmos”, Amsterdam.

Prijs: f 3,90; voor koopers van: „Constructie van Gebouwen” f 2,90.

In het voorwoord bij deze uitgave wordt opgemerkt, hoe de snelle en intensieve ontwikkeling, die de bouwtechniek in de laatste jaren toont, tot gevolg heeft, dat ieder handboek over bouwconstructies reeds spoedig na de verschijning niet meer geheel up-to-date is. Dit ernstige bezwaar, dat den schrijver eerst frappant duidelijk werd bij de bewerking van de tweede uitgave van het van zijn hand verschenen werk „Constructie van Gebouwen”, zal worden opgeheven door jaarlijks op dit handboek een supplement te doen verschijnen, waarin de nieuwe of verbeterde constructiewijzen worden behandeld, welke eerst na de verschijning van de voorgaande publicaties bekend zijn geworden. Door deze jaarlijkse supplementen aan te schaffen, zal de bezitter van de 2e uitgave van „Constructie van Gebouwen” ten allen tijde beschikken over een in principe up-to-date handboek. Voor degenen, die niet in het bezit zijn van dit handboek, vormt de reeks supplementen een op zichzelf bruikbare inlichting omtrent de nieuwste constructiewijzen en de ontwikkeling der bouwtechniek.

Het thans verschenen werkje is het eerste in deze reeks van supplementen. De behandelde stof is in een 5-tal hoofdstukken verdeeld, welke resp. betrekking hebben op nieuwere constructiewijzen en bouwmaterialen voor Buitenmuren, Fundeeringen, Gewapend beton en gewapend metselwerk, Deurkozijnen en Dakconstructies.

Vooral de hoofdstukken betreffende Fundeeringen en Gewapend beton en gewapend metselwerk bieden veel nieuws, dat ook buiten den kring van de meer speciaal bouwkundigen alle belangstelling waard is, in het bijzonder b.v. het behandelde inzake de nieuwe-



re grondonderzoekmethoden, de verwerkingswijze van beton, zand- en betonpaalttypen enz.

De aanschaffing van dit werkje, dat door een groot aantal foto's en teekeningen is verduidelijkt, kan dan ook in alle opzichten worden aanbevolen.

De verzorging van tekst en plaatwerk blijkt bij de maatschappij *Kosmos* in goede handen te zijn geweest.

H.

ir. W. Gerritsen,

„Leer Lasschen”.

Tweede omgewerkte druk.

*Uitgave* N. V. Uitgevers Mij. *Æ. E. Kluwer*, Deventer, Prijs f 1,75.

Van dit beknopt handboek voor het electrisch lasschen ten dienste van de algemeene practijk en het onderwijs op ambachtscholen en vakcursussen bleek na ongeveer een jaar reeds een herdruk noodig te zijn, zoodat wel kan worden aangenomen, dat het doel van den schrijver om op eenvoudige en voor velen toegankelijke wijze de theorie en de practische toepassingen van het electrisch lasschen te behandelen, is bereikt.

De behandelde stof is overzichtelijk en methodisch gerangschikt, waardoor het boekje zeer geschikt is voor zelfstudie en onderwijs.

d. G.

A. H. W. Hellemans.

„Waterpijpketels”.

*Uitgave* der Vereeniging „Krachtwerktuigen” bij de N. V. Uitgevers Mij. *Æ. E. Kluwer*, Deventer, Prijs f 1,—.

Door den directeur der Vereeniging „Krachtwerktuigen” wordt een critisch overzicht gegeven van de ontwikkeling van den industrieelen waterpijpketel in de voorafgaande twintig jaar. Van de verschillende keteltypen wordt een groot aantal gegevens, geput uit de onderzoekingen van de vereeniging „Krachtwerktuigen” zoowel van verouderde als moderne ketels, vermeld, zoodat aan allen, die met waterpijpketels te maken hebben de bestudeering van dit boekje kan worden aanbevolen.

d. G.

## PERSONALIA.

Ir. Ch. F. van Haeften, afdeelingshoofd bij het dept. van V. & W., is met ing. van 19 Oct. 1936 belast met de functiën van directeur van V. & W.

Ir. H. Grondijs, ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw, is op verzoek eervol uit 's Lands Dienst ontslagen met ing. van ult. Oct. 1936.

Ir. H. A. Molenbroek, ingenieur b/h Dept. van V. en W., is wegens beëindiging der werkzaamheden met ing. van ult. Aug. 1936 als zoodanig eervol ontheven.

Ir. Tjoeng Tin Fong is als volontair werkzaam-

gesteld bij het 1ste telegraaf- en telefoondistrict te Batavia-C.

Aan ir. M. P. L. G. Hansen, ingenieur b/h Laboratorium voor Materiaalonderzoek te Bandoeng, is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ing. 16 Nov. 1936.

Aan ir. E. J. G. Schermerhorn, hoofdamt. b/h dept. van O. en E., idem wegens acht-jarigen dienst tien maanden, ing. 7 Nov. 1936.

Ir. W. G. R. de Jager, kapitein der artillerie, uit Nederland terugverwacht, is geplaatst bij de Projectiefabriek te Bandoeng.

Ir. E. Rademaker, ambt. op non-act., is herbenoemd tot ingenieur bij 's Lands Waterstaat en t/b gesteld van de prov. W.-Java met standplaats Batavia.

Ir. H. A. M. van Dungen, ingenieur bij de B. P. M., is na ommekomst van Eur. verlof geplaatst te P. Brandan.

Ir. H. M. Boers, idem, idem te Pernis.

Irs. A. J. de Jager en J. Salm, idem, zijn overgeplaatst van P. Brandan naar Balikpapan.

Aan ir. N. J. van Rossum, ingenieur 2de kl. bij de Zuster-Mijen te Semarang, is met ing. van 28 Juli 1936 verlof verleend naar Europa voor den duur van acht maanden.

Ir. J. P. de Zoeten, ingenieur bij de B. P. M., is van Tjepoe met verlof naar Europa vertrokken.

Aan ir. M. G. Fabius, ingenieur bij den Prov. Wat. van M.-Java, is verlof naar Europa verleend, ing. 17 Aug. 1936.

Ir. D. H. de Herder is herbenoemd tot ingenieur bij den Prov. Wat. van W.-Java en geplaatst te Cheribon.

Irs. Th. D. van Maanen en D. W. Brand, ing. bij 's Lands Waterst. t/b Prov. O.-Java, zijn overgeplaatst resp. van Modjokerto naar Bondowoso en van Bondowoso naar Modjokerto.

## KON. INST. VAN INGENIEURS.

### Groep Ned.-Indië.

#### Vergadering en excursie Kring Bandoeng.

Op 15 Augustus hield de Kring Bandoeng zijn honderdste vergadering. Het bestuur heeft gemeend er goed aan te doen deze bijeenkomst te houden op den Papandajan.

Een meer koninklijke viering van dit vergaderjubiläum kan men zich moeilijk denken. In de majestueuse natuur nabij de Hoogbert-hut ontving het bestuur ongeveer dertig leden van den kring, een twintigtal dames en enkele genoodigden.

Was de rit naar de plaats van samenkomst in de vroege ochtenduren reeds een feest, het machtige tafereel, dat zich voordoet aan den toeschouwer op het hoogte-punt, waar de Hoogbert-hut is gelegen, had al zonder meer deze bijeenkomst gestempeld tot een gebeurtenis een jubileum waardig.

Nadat de heer ir. W. F. Einthoven, voorzitter van den Kring, de aanwezigen had welkom geheeten,





*De deelnemers voor de Hoogbert-hut.*

gaf dr. Stehn een korte uiteenzetting van de „geschiedenis” van het geweldige Papandajancomplex. Hij memoreerde de bekendste en meest recente uitbarstingen, en wees de wijzigingen aan, welke deze veroorzaakt hadden in de structuur van het aanschouwde indrukwekkende stuk natuur.

Na gebruik van eenige sandwiches en een kop koffie werd door het meerendeel der aanwezigen een wandeling gemaakt over den Tegal Boengbroeng naar het Nangklakzadel en vandaar naar den Tegal Aloen-Aloen. Met volle teugen konden de wandelaars genieten van de genoegens, welke het verblijf in het Indische hooggebergte kan schenken; de klim- en wandeltocht vond zijn belooning in onvergetelijk schoone vergezichten.

Van den Tegal Aloen-Aloen op 2550 meter hoogte, werd afgedaald naar den waarnemingspost van den Vulkaandienst op 2325 meter, waar een oogenblik werd gerust. Via het uitkijkpunt, waarvandaan men een schitterend uitzicht heeft over het imponeerende krater-complex, werd de afdaling begonnen naar de Kawah Mas via het spookachtige boschcomplex, dat vernield werd bij de uitbarsting van het jaar 1923. In het eigenlijke kratergebied gaf dr. Stehn toelichtingen en uitleggingen. Langs onheilspellend kokende sulfatoren, door met zwaveldamp verzadigde lucht en langs borrelende zwavelmeertjes vond het gezelschap onder dr. Stehn's leiding zijn weg naar de plaats waar het monument verrijst, dat werd opgericht ter herdenking van de totstandkoming van den autoweg, welke de Vereeniging „Bandoeng Voor-

uit” heeft doen aanleggen, om dit meest geweldige stuk natuur te ontsluiten voor allen, die de natuur liefhebben en haar in haar volle majesteit willen genieten.

Van dit punt werd gereden naar Tjiteré, waar een frissche drank en een heerlijke lunch wachtten.

Aan tafel werd door verschillende deelnemers het woord gevoerd, waarbij o.m. dank werd uitgesproken aan allen, die hadden bijgedragen tot het welslagen van deze vergadering.

Terwijl de zon ter ruste ging achter den bergketen, welke de Penglengansche en de Bandoensche hoogvlakten omsluit, keerden de deelnemers aan dezen zeer geslaagden tocht huiswaarts, met zich meevoerende de herinnering aan een schoonen dag doorgebracht in de onvolprezen schoonheid van Priangans machtige natuur.

#### BESTUURSMEEDEDELINGEN.

##### *Voorgestelde en aangenomen nieuwe leden.*

De in nummer 8 van dezen jaargang voorgestelde candidaatleden zijn aangenomen.

Als gewone leden worden voorgesteld:

ir. A. J. Dijkstra Jr., ingenieur b.d. G. M. B. te Billiton,

ir. L. L. J. van Loenen, ingenieur b.d. N. V. Mijnbouwmij. „Moea Sipongi” te Tapanoeli,

ir. W. Chr. Bedding, Chemisch-adviseur der Klatensche Cult. Mij. te Klaten,

ir. J. G. D. Birnie, procuratiehouder b.d. N. V. Landbouwmij. „Oud Djember” te Djember,

ir. F. H. Ch. Barkhuysen, perkenier en koopman te Banda-Neira.

Als Junior-leden worden voorgesteld:

Tan Hwa Tjia, student a.d. Technische Hoo-  
geschool te Bandoeng,

J. W. te Kolsté, idem idem,

E. Warlicht, idem idem.

Eventueele bezwaren tegen deze candidaatstelling worden vóór 10 November a.s. ingewacht bij den Secretaris, Bragaweg 38, Bandoeng.



# IN NEDERLANDSCH-INDIË

## IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

### „DE MIJNINGENIEUR”

INHOUD: De geologie van een gebied in Noord Koetai (Oost Borneo) gekenmerkt door *Spiroclypeus*-houdend Eoceen, door ir. J. G. H. Ubaghs. — Het onderzoek der zware mineralen en de prospectie naar alluviale ertsafzettingen, door ir. H. Terpstra. — Opmerkingen van prof. dr. ir. C. H. Edelman. — Economische Mededeelingen. — Personalía.

## De geologie van een gebied in Noord Koetai (Oost Borneo) gekenmerkt door *Spiroclypeus*-houdend Eoceen

door

ir. J. G. H. UBAGHS,

ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw, Bandoeng.

**Samenvatting.** Behandeld wordt de geologie van een gebied in Noord Koetai, omvattend den bovenloop van S. Senjioer en het gedeelte van S. Atan in de omgeving van Mra. Poh, waar *Spiroclypeus* te samen met eoceene foraminiferen werd aangetroffen. In tegenstelling met enkele andere vindplaatsen in den Indischen Archipel van waar een dergelijke fossielcombinatie reeds bekend is, doch waar de autochthonie der eoceene fossielen betwijfeld wordt, kon hier het autochthone karakter van het geheele fossielgezelschap worden aangetoond.

De gedetailleerde opname, die hiervoor noodzakelijk was, verschaftte voldoende gegevens voor een poging tot constructie eener structuurkaart, waardoor eerst een juist inzicht in den bouw van dit gebied verkregen werd.

### Inhoud.

- I. Inleiding.
- II. Topografisch-morfologische beschrijving.
- III. Geologie.
  - A. Stratigrafie 1).
  1. Het Praetertiair.
  2. Het Tertiair.
    - a. De basale conglomeraat-zandsteenafdeeling.
    - b. De oudste mergelafdeeling.
    - c. De zandsteenafdeeling.
    - d. De kalksteen-mergelafdeeling.
    - e. De platige mergelafdeeling.
    - f. De kalksteen-conglomeraatafdeeling.
  3. Kwartaire afzettingen.
  - B. Eruptiva.
  - C. Overzicht over de geologische geschiedenis.
  - D. Tektoniek.
  - E. Over het autochthone karakter der onderzochte fauna's.
  - F. De gevolgde werkwijze bij het samenstellen van de structuurkaart.

### I. Inleiding.

Het hieronder behandelde gebied is gelegen in het noordelijk deel van het landschap Koetai in de residentie der Zuider- en Oosterafdeeling van Borneo (zie fig. 1).

De noordgrens wordt gevormd door de S. Poh een groote linker zijrivier van S. Atan, welke een rechter zijtak is van S. Klindaju. Deze laatste vormt met

de Telen bij Moeara Antjaloeng de Kedang Kepalah, de belangrijkste zijrivier van de Mahakam.

Van de S. Poh af strekt dit gebied zich over een afstand van ongeveer 26 km in zuidoostelijke richting uit langs de S. Senjioer, een rechter zijrivier van de Kedang Kepalah welke benedenstrooms van Moeara Antjaloeng haar monding heeft en langs de S. Tendjeu, welke dicht bij Pk. Long Wai in de Klindjau uitmondt. Het is geheel onbewoond.

De eerste gegevens over deze streek zijn door Witkamp in een tweetal publicaties (1925 en 1925a) vermeld. In één daarvan (1925a) wordt slechts de geografie behandeld; in de tweede (1925) worden ook eenige geologische waarnemingen langs de beneden Senjioer beschreven, welke echter buiten het hier behandelde gebied liggen, terwijl eenige veronderstellingen worden geuit over het bestaan van een kratermeer bij den oorsprong van deze rivier.

Schrijver dezes heeft in het eind van het jaar 1929 van de Tabang (is S. Belajan) komende een verkenningstocht langs Atan en Klindjau gemaakt, welke het karakter van een globale eerste verkenning droeg. Bij die gelegenheid werd in de Atan fossielmateriaal verzameld uit een gesteenteserie van palaeogenen ouderdom. Daarbij bevonden zich foraminiferen welke voor nog niet beschreven nieuwe soorten werden gehouden.

Door Tan Sin Hok werd dit vermoeden bevestigd terwijl door hem tevens in dit materiaal *Spiroclypeus* werd aangetroffen. Waar het hier een

1) Opgemerkt zij dat deze stratigrafie alleen voor het hier behandelde gebied werd opgesteld; er mag niet uit worden afgeleid dat deze meer dan locale bcteeenis heeft.



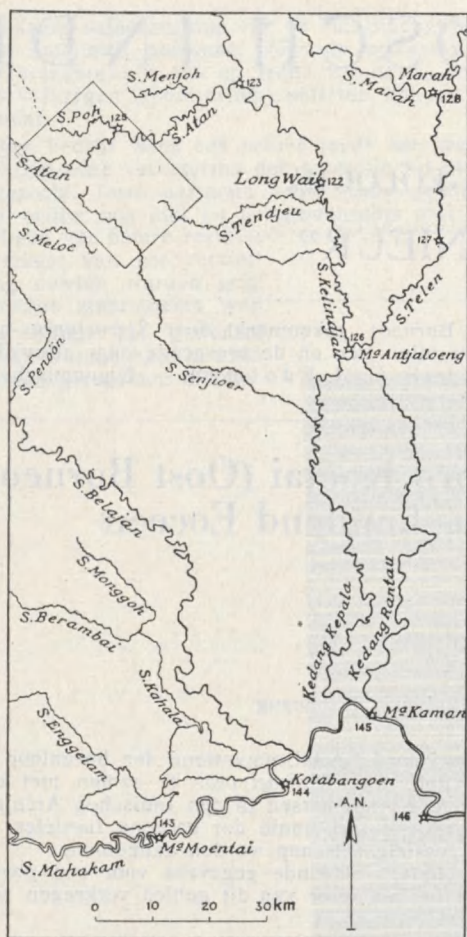


Fig. 1.

vondst van *Spiroclypeus* in lagen ouder dan Neogeen betref leek het gewenscht nadere gegevens te verzamelen omtrent de juiste stratigrafische positie en ter beantwoording der vraag of deze fauna al dan niet als autochthoon moet worden beschouwd.

Dit nadere onderzoek kon eerst in de jaren 1933 en 1934 plaats hebben, toen begonnen werd met de meer systematische kaarteering van den noordwesten noordrand van het Merengebied.

Het groote aantal fossielvindplaatsen en het veelvuldig voorkomen van verschuivingen maakte het noodzakelijk, teneinde met eenige zekerheid aantal en verloop der kalksteenbanken te kunnen aangeven, deze opname vrij gedetailleerd uit te voeren. Bovendien was in het begin de positie van de zandsteenafdeeling (ten zuiden van de Atan) niet duidelijk. Oorspronkelijk meende schrijver dezès hier met de zuidelijke voortzetting der basale conglomeraat-zandsteenafdeeling te maken te hebben welke uit zuidelijke richting op de jongere mergels, welke in de Atan zijn ontsloten, zou zijn geschoven. Ook voor het oplossen van deze vraag, n.l. of langs den rand van het Praetertiair dergelijke belangrijke opschuivingen voorkomen, was een groote mate van gedetailleerdheid noodzakelijk.

Tenslotte is het aantal verzamelde gegevens zoo groot geworden dat een poging kon worden gedaan van dit gebied een structuurkaart samen te stellen.

### De verrichte metingen.

Uitgangspunt voor de opname was het Astronomisch Station Long Poh (nr. 125). Van dit station af werd door het M. G. O. Oost-Borneo een boussole-tranchemontagne-meting verricht langs de Atan, die bij den mond van het meest westelijke op de hierbij gevoegde kaart voorkomende rechter zijriviertje van de Atan werd aangesloten op een boussolemeting uitgevoerd door den Dienst van het Boschwezen in Zuid-Oost Borneo. Deze laatste meting, door het Boschwezen bereidwillig aan het M. G. O. afgestaan, heeft tot uitgangspunt het Astronomisch Station Long Iram (nr. 109) aan de Mahakam.

Een tweede boussolemeting van het M. G. O. volgt de S. Senjioer, waarvan de mond door een meting van het Boschwezen langs de Kedang Kepala aan het Astronomisch Station Moeara Antjaloeng (nr. 126) is vastgelegd, en is langs een Oost-West verloopende rintis bij Moeara Meladjan <sup>2)</sup> aangesloten aan de eerstgenoemde groote boussolemeting van het Boschwezen.

De overige op deze kaart voorkomende rivieren en voetpaden zijn opgemeten met kompas en meetrotan met uitzondering echter van de S. Atan bovenstrooms van het eindpunt der boussolemeting en van S. Poh, welke riviergedeelten met afstandsschatting zijn opgenomen.

### II. Topografisch-morfologische beschrijving.

Het noordwestelijke deel van het kaartblad (fig. 2) behoort tot het stroomgebied van de S. Atan; het zuidoostelijke deel tot het stroomgebied van S. Senjioer en S. Tendjeu. Beide zijn van elkaar gescheiden door een waterscheiding welke zeer laag is voor zoover zij in de mergels verloopt (tusschen S. Heleng en S. Senjioer is de hoogte  $\pm 130$  m). Naar het westen, in het zandsteenheuvelland ten zuiden van de Atan, wordt de waterscheiding hooger terwijl het westelijke verlengde, dat de stroomgebieden van Atan en Pedohon scheidt, in den Goenoeng Ang een hoogte van 416 m bereikt.

S. Atan is de grootste rechter zijrivier van S. Klindjau en bij de samenvloeiing ongeveer van gelijke grootte. Boven den mond van de Poh is de Atan nog ongeveer 60 m breed en hoewel vooral langs de talrijke rolsteenbanken in de rivier de stroomsnelheid vrij groot is, ook voor groote prauwen nog goed bevaarbaar. Eerst daar waar de rivier de basale zandsteenafdeeling doorbreekt wordt de prauwvaart zeer bemoeilijkt door stroomversnellingen, terwijl deze geheel onmogelijk wordt bij het einde van de door schrijver dezès uitgevoerde verkenning waar de rivier het Praetertiair verlaat. Volgens Witkamp ligt de oorsprong van de Atan op den G. Menjapa (Koetaische naam), een berg met zeer markant profiel (1925a).

Van de overige op het kaartje voorkomende riviertjes is de Poh tot het eindpunt der verkenning voor middelmatig groote prauwen nog goed bevaarbaar, de S. Senjioer gedeeltelijk voor kleine prauwen.

2) Niet op de kaart.



Niet ver ten noorden van het hier behandelde gebied begint het praetertiaire bergland, dat volgens Witkamp tusschen de beide linker zijrivieren van de Atan, S. Menjoh en S. Poh een hoogte bereikt van meer dan 1000 m. Veel minder hoog is het in het zuiden daaraan grenzende tertiaire heuvelland waarvan een gedeelte binnen het hier besproken kaartblad valt. De verschillen in topografische gesteldheid in dit heuvelland kunnen gemakkelijk uit den geologischen bouw verklaard worden. Het zijn n.l. de tegen erodeerende krachten meest resistente zandsteenafdeelingen welke de hoogste terreinverheffingen veroorzaken.

Ten noorden van de Atan vormt de basale conglomeraat-zandsteenafdeeling een hoog heuvelterrein, waarin plaatselijk ook nog praetertiaire gesteenten in de diepe rivierdalen onder de zandsteenkap te voorschijn komen. De grootste gemeten hoogte bedraagt 430 m. Een heuvelland van ongeveer gelijke hoogte (gevormd door de zandsteenafdeeling) verheft zich op den zuidelijken oever van de Atan. Tusschen beide ligt een smalle door kleimergels ingenomen topografische depressie waarin de Atan stroomt. Het laatstgenoemde heuvelland eindigt naar het noorden zeer steil, terwijl het in oostelijke en zuidelijke richtingen langzaam daalt als gevolg van het wegduiken der zandsteenafdeeling onder de mergels. Het westelijke deel is tamelijk geaccidenteerd; hier ligt het hoogste punt, de Goenoeng Ang (416 m). Het oostelijke deel is door een jongen basaltstroom overdekt welke het hier zwak in zuidwestelijke richting hellende terrein min of meer het karakter van een plateau heeft gegeven.

Het verschil in topografische gesteldheid van deze heuvelterreinen tegenover het veel lagere door mergels ingenomen gebied, dat veel geringere terreinhellingen vertoont, is zeer markant. De zandsteenafdeeling wigt in oostnoordoostelijke richting snel uit om daarna weer in dikte toe te nemen. Waar zij de grootste dikte bereikt blijkt dit ook weer uit de topografie al blijft hier de grootste hoogte beneden de 200 m.

De aanwezigheid van Praetertiair langs de Beneden Poh blijkt topografisch door een boven de omgeving uitstekend heuvelland.

Binnen het mergelgebied worden de hoogste punten bepaald door stollingsgesteenten en contactzones, welke een grooteren weerstand tegen de erosie bieden. Meer geaccidenteerd wordt het landschap dan eerst weer in het uiterste zuidoosten, waar de kleimergels worden bedekt door de uit conglomeraten, kleisteenen en kalksteenbanken bestaande neogene sedimentafdeeling waarvan de grens met de mergels op vele plaatsen, o.a. in de Tabang <sup>3)</sup>, ten zuiden van de Pedohon <sup>3)</sup> en in de Klindjau, door een heuvelreeks gemarkeerd is.

### III. Geologie.

#### A. Stratigrafie.

##### 1. Het Praetertiair.

Het in het Praetertiair verzamelde materiaal is nog slechts voor een deel petrografisch bewerkt,

<sup>3)</sup> Niet op de kaart.

zoodat het hieronder volgende onder voorbehoud wordt medegedeeld.

In de Atan zijn twee in lithologisch opzicht verschillende gesteentegroepen te onderscheiden. De eerste bestaat in hoofdzaak uit lichtgrijzen tot donkergroenen arkosezandsteen welke plaatselijk met dunne lagen van donkere schalies afwisselen. Zij liggen onmiddellijk onder het tertiaire basaalconglomeraat, waaraan zij afbraakmateriaal geleverd hebben.

Tot de tweede groep behooren intensief verkieselde, rood en groen gekleurde, soms fijn gelaagde, jaspisachtige gesteenten. Lenzen van in marmer veranderden kalksteen zijn ingeschakeld. Verder behooren hiertoe groene en roode (gelimonietiseerde) gesteenten van vulkanischen oorsprong. Volgens het door Gisolff uitgevoerde petrografische onderzoek zijn zij verkalkt en verkieselde en dikwijls in sterke mate geëpidotiseerd. Een enkel monster werd beschreven als porfieriet, een ander als basisch effusiefgesteente. De combinatie van bonte kiezelien met basische eruptiva is karakteristiek voor de Danaufornatie waartoe ook deze gesteenten gerekend worden.

De eerstgenoemde groep heeft een jongeren habitus; de metamorfose schijnt minder intensief te zijn, getuige het voorkomen van een niet in marmer veranderden kalksteen met radiolariën (determinatie Tan). Een cretaceïsche ouderdom, op grond van analogiën met gesteenten van andere cretaceïsche gebieden van Borneo, lijkt voor deze sedimenten niet onwaarschijnlijk.

De praetertiaire gesteenten zijn aan een sterken plooiingsdruk onderworpen geweest, waarbij zij ten deele werden gemylonietiseerd.

Het praetertiaire massief, dat o.a. in de Meng-geng ontsloten is, bestaat in hoofdzaak uit ultrabasische stollingsgesteenten, n.l. serpentijn en peridotiet; echter komen ook dynamometamorfe veldspaaathoudende stollingsgesteenten en kristallijne schisten, o.a. amfiboliet, voor.

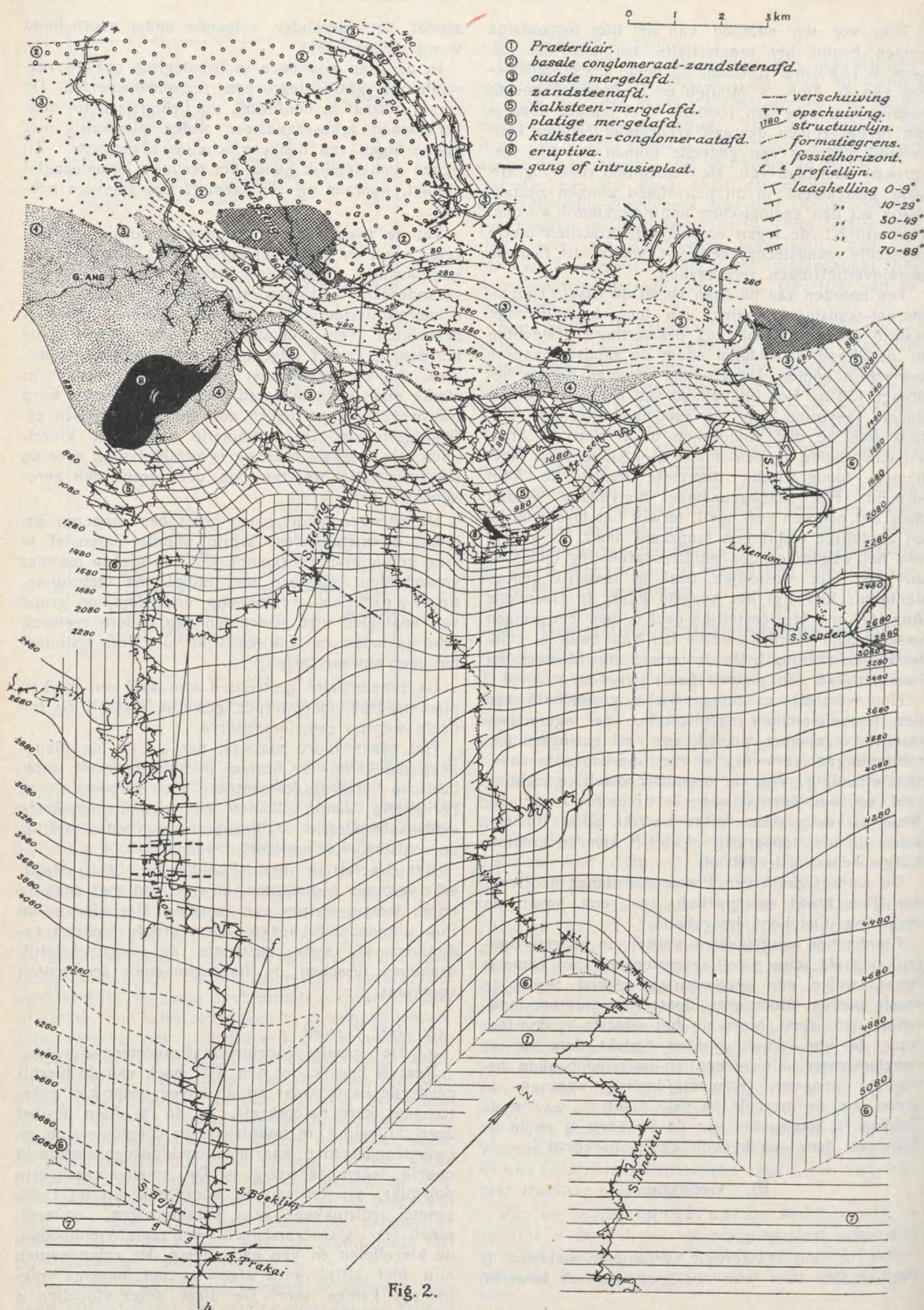
Het Praetertiair in de Poh bestaat uit fijnklastische groene sedimenten, afwisselend met donkere leien, waarin lenzen van marmer. Het hier in de Poh uitmondende beekje voert groote blokken radiolariet af, welk gesteente dus waarschijnlijk eveneens tusschen de bovengenoemde sedimenten voorkomt.

##### 2. Het Tertiair.

###### a. De basale conglomeraat-zandsteen-afdeeling.

Deze is beperkt tot den NW. hoek van de hierbij gevoegde kaart, waar zij de boven besproken praetertiaire kernen omgeeft. In de S. Atan bestaat deze afdeeling in hoofdzaak uit conglomeraten en kwartszandsteen waartusschen kleisteen slechts in enkele lagen aanwezig is. De conglomeraten zijn polymikt; zij bestaan in hoofdzaak uit tot 1 dm groote rolstukken van lichtkleurigen, cretaceïschen (?) arkosezandsteen, van radiolariënhoudende kiezelien en van kwartsieten. De componenten zijn niet altijd goed afgerond, ook hoekige fragmenten komen voor. De dikte dezer afdeeling is hier ongeveer 270 m.







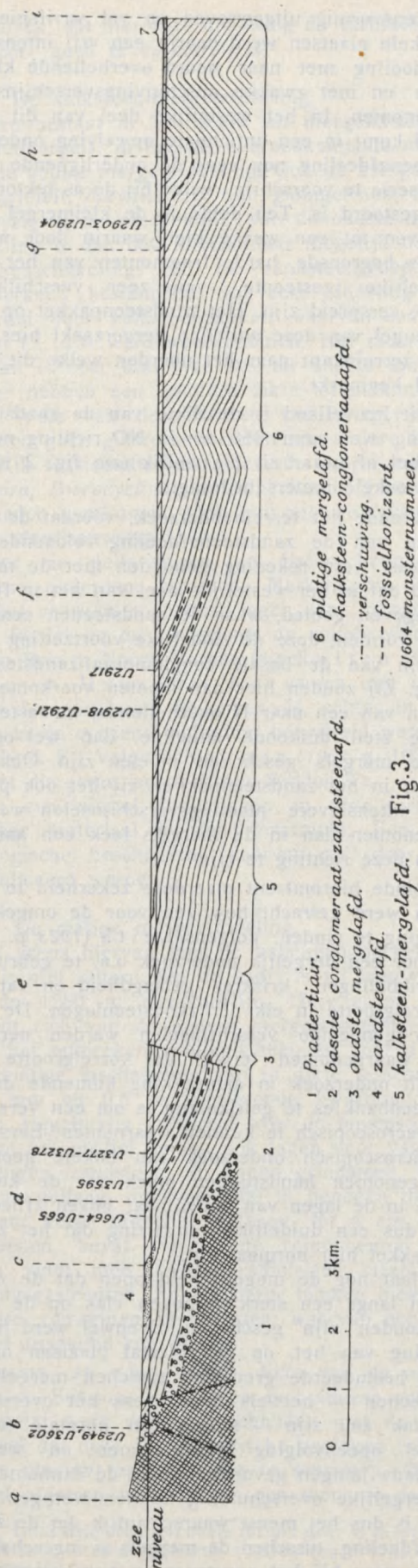


Fig. 3.

Ten Oosten van de S. Menggeng zijn psiefieten in veel mindere mate aanwezig. Zij bestaan uit detritus van kiezellei, lei, kwarts en praetertiaire stollingsgesteenten; de grootte der componenten is hoogstens 2 cm. In hoofdzaak bestaat dit pakket hier uit fijn- tot grofkorrelige, dikwijls rulle kwartszandsteenen, welke in dik gebankte series voorkomen of door tusschenschakeling van kleizandsteen, zandkleisteen en kleisteen dunplatig zijn ontwikkeld. In de fijnklastische gesteenten zijn verkoolde bladresten algemeen verbreid; soms zijn kleine glanskoollenzen aanwezig. Het materiaal waaruit de psammieten zijn opgebouwd is wel voor het grootste deel kwarts, echter komt ook detritus van radiolriet voor. Veelvuldig zijn in de zandsteenen onregelmatig verspreide kleine grindkorrels aanwezig. Plaatselijk zijn de zandsteenen kalkhoudend en bevatten zij onduidelijke resten van foraminiferen, waarschijnlijk operculinen en mogelijk ook camerinen. Onmiddellijk op het Praetertiair ligt grofkorrelige zandsteen waarin wat kwartsgrind, naar boven opgevolgd door een conglomeraatlaag welke in hoofdzaak bestaat uit rolsteentjes van kwarts, voor een klein deel ook uit korrels van radiolriet en wit verweerde kiezelleyen. Deze basale lagen bevatten geen detritus der hier aanwezige kristallijne schisten en dynamometamorfe intrusiegesteenten waarover zij transgredeeren. Blijkbaar was het Praetertiair hier reeds ver gepeneplainiseerd, waardoor het dicht bij de kust gelegen gedeelte weinig of niet heeft kunnen bijdragen tot den opbouw der tertiaire afzettingen, wier materiaal dus in hoofdzaak door rivieren van eenigen afstand werd aangevoerd. De op verschillende plaatsen waargenomen kriskras gelaagdheid en de slechte sorteering (snelle variatie in korrelgrootte van vele zandsteenbanken) wijzen op afzetting uit stroomend water, terwijl de tusschengeschakelde banken met resten van foraminiferen een submariene ontstaanswijze bewijzen. Het zijn dus typische deltavormingen.

#### b. De oudste mergelafdeeling.

Deze ligt op de conglomeraat-zandsteenen; de bovengrens wordt gevormd door de zandsteenafdeeling. Aan de basis ligt een kalksteenbank welke over grooten afstand vervolgd kon worden. Daarin is een rijke foraminiferenfauna aanwezig, waarin de stratigrafisch belangrijke *Camerina*, *Pellatispira*, *Discocyclus*, welke den eoceenen ouderdom bewijzen. De bank bevat veel terrestrisch materiaal dat in hoeveelheid naar beneden toeneemt; de kalksteen gaat daar over in zandkalksteen en grindkalksteen, welke in het bindmiddel dezelfde fossielen bevatten als hierboven opgesomd. Het klastische materiaal bestaat uit kwarts, radiolriet, terwijl ook een enkel vrij groot korreltje toermalijn aanwezig is. Een zeer duidelijke kriskras gelaagdheid werd in die banken waargenomen.

Deze afdeeling bestaat vrijwel geheel uit mergelkleisteen en kleimergels welke dikwijls fijn zandig zijn en op de laagvlakken bladhaksel en glimmer bevatten. Over het algemeen zijn ze ongelaagd, plaatselijk echter zijn ze fijn gestreept door dunne zandsnoertjes of dunplatig door inscha-



kelingen van zandsteen, kalkzandsteen of zandkalksteen. In de op enkele plaatsen aanwezige ophooping van zandsteenblokken is een aanwijzing dat ook dikkere zandsteenbanken (mogelijk snel uitwiggend) aanwezig zijn. Kalkrijke harde concreties en concretonaire lagen komen voor. Vermelding verdient dat in het beekbed van één der linker zijriviertjes van de Atan dergelijke concreties werden gevonden, welke een duidelijke oliereuk bezitten en die bij bevochtigen van een frisch breukvlak met de loupe zichtbare oliesporen toonen.

Vulkanisch materiaal is van deze serie een zeer ondergeschikt bestanddeel. Slechts enkele tuffogene lagen werden waargenomen.

Op eenige plaatsen werden globigerinen gevonden in harde, grijze of bonte (rood en groen gekleurde), dikwijls door pyriet donker gevlekte kleimergel.

Wrijfspiegels zijn veelvuldig in deze mergelafdeeling; soms zijn tusschen harde mergels dunne geheel verwreven lagen aanwezig of lagen welke uiteen vallen in eenigszins verbogen, door wrijfspiegels begrensde, parallelpipeda welke scheef staan op de laagvlakken. Een zone van dergelijke storingen ligt bij de bovengrens van deze afdeeling; een tweede valt samen met de groote Menggengverschuiving.

#### c. De zandsteenafdeeling.

Deze is het best ontwikkeld in het hooge heuvelterrein ten zuiden van de S. Atan. Zij bestaat in hoofdzaak uit fijn- tot grofkorreligen kwartzandsteen welke dunplatisch tot dikbankig ontwikkeld is. De zandsteen bevat dikwijls mica en verkoolde bladresten welke laatsten soms een fijne gelaagdheid doen ontstaan en waarvan het gehalte zoo kan toenemen dat het gesteente een koligen habitus verkrijgt. Plaatselijk komen in de zandsteen en kleizandsteen tot 8 cm groote kleilenzen voor, die vermoedelijk als „Tongallen” opgevat moeten worden. Enkele dikke zandsteenbanken uit deze serie bevatten op onregelmatige wijze ingestrooide grindkorrels.

Verder bestaat deze afdeeling uit kleimergel (weinig) en kleisteen, welke sedimenten als regel, door afwisseling met fijnkorreligen zandsteen in dunne lagen, dunplatische pakketten vormen. In het algemeen is de kleisteen ondergeschikt aan den zandsteen, hij kan echter in dunne pakketten overheerschen. Op de laagvlakken komen glimmerblaadjes voor en verder vooral verkoolde bladresten, waardoor de kleisteen plaatselijk in koolklei met koolsnoeren overgaat. Deze gesteenten zijn door corcordant ingeschakelde intrusiva (welke later besproken zullen worden) plaatselijk contactmetamorf, waardoor de kleisteen in harde pyriethoudende contactlei is overgegaan.

De pelietische sedimenten zijn het veelvuldigst in het onderste deel der zandsteenafdeeling hoewel ook hier nog ondergeschikt aan de psammieten; het bovenste deel is méér overheerschend zandig ontwikkeld.

De dunplatische, tegen druk minst weerstandbiedende laagpakketten zijn dikwijls sterk gestoord,

soms lensvormig uitgewreven en vol wrijfspiegels. Op enkele plaatsen werd daarin een vrij intensieve ineenplooïing met naar noord overhellende kleine plooïen en met zwakke opschuivingsverschijnselen waargenomen. In het westelijke deel van dit heuvelland komt in een anticlinale opwelling onder de zandsteenafdeeling nog eens de onderliggende kleimergelserie te voorschijn, welke bij de as tektonisch sterk gestoord is. Ten deele is de kleimergel hier verwreven tot een weke klei, waarin door wrijfspiegels begrensde, harde fragmenten van het oorspronkelijke gesteente, van zeer verschillende grootte, verspreid zijn. Het zandsteenpakket op den zuidvleugel van deze anticline veroorzaakt hier den steilen terreinkant naar het noorden welke dit heuvelland kenmerkt.

In dit heuvelland is de dikte van de zandsteenafdeeling wel ruim 250 m; in NO richting neemt deze snel af, waar zij plaatselijk (zie fig. 2 en 3) slechts enkele meters bedraagt.

Gedurende het terreinonderzoek, vóórdat de verbreiding van de zandsteenafdeeling voldoende bekend was, werd rekening gehouden met de mogelijkheid dat in het westelijke deel van het in fig. 2 weergegeven gebied, waar de zandsteen een dik pakket vormen, deze de zuidelijke voortzetting zouden zijn van de basale conglomeraat-zandsteenafdeeling. Zij zouden hier dan moeten voorkomen in de kern van een naar N overhellende, in oostelijke richting steil duikende anticline, dan wel op de jongere mergels geschoven moeten zijn. Ook het feit, dat in het zandsteenpakket, zij het ook plaatselijk, intensievere plooïingsverschijnselen werden waargenomen dan in de mergels leek een aanwijzing in deze richting te zijn.

Teneinde hieromtrent meerdere zekerheid te verkrijgen werd getracht bewijzen voor de omgekeerde ligging te vinden. Volgens Leith (1923 p. 187) zijn voor een dergelijk onderzoek o.a. te gebruiken strandribbelingen, kriskras gelaagdheid en variatie in korrelgrootte in elk der zandsteenlagen. De beide eerstgenoemde verschijnselen werden nergens zeker waargenomen terwijl de korrelgrootte der voor dit onderzoek in aanmerking komende dunne zandsteenbankjes te gelijkmatig is om een verandering macroscopisch te kunnen waarnemen. Eerst bij het microscopisch onderzoek van enkele georiënteerd genomen handstukken bleek dat de korrelgrootte in de lagen van onder naar boven afneemt; dit is dus een duidelijke aanwijzing dat het zandsteenpakket hier normaal ligt.

Dit laat nog de mogelijkheid open dat de zandsteen langs een sterk verbogen vlak op de mergels zouden zijn geschoven. Evenwel werd in de omgeving van het, op een viertal plaatsen nauwkeurig bestudeerde grensvlak tusschen mergels en zandsteen — hetwelk dan tevens het overschuivingsvlak zou zijn — steeds een normale (ongestoorde) opeenvolging waargenomen en werden geen aanwijzingen gevonden welke de aanname van een dergelijke overschuiving kunnen wettigen.

Het is dus het meest waarschijnlijk dat de zandsteenafdeeling tusschen de mergels is ingeschakeld, temeer waar bij het construeeren van structuurlij-



nen bleek, dat met deze opvatting de verbreiding er van zeer goed te verklaren is.

d. De kalksteen-mergelafdeeling.

Deze bestaat in hoofdzaak uit mergelkleisteen en kleimergels, in habitus overeenkomende met die van de oudste mergelafdeeling. Ook de bontgekleurde variëteit, dikwijls rijk aan globigerinen, is hier aanwezig. Een afscheiding van de oudste mergelafdeeling is dan ook alleen maar mogelijk door de tusschenschakeling van de zandsteengroep. Een kenmerkend bestanddeel van deze afdeeling wordt gevormd door kalksteenbanken waarvan een groot aantal ( $\pm 13$ ) werd waargenomen. Het meerendeel hiervan is zeer dun (van 0,5 tot enkele dm dik); eenige hebben een grotere dikte tot maximaal  $\pm 2$  m. Vele van deze banken, vnl. de zeer dunne, bevatten geen gidsforaminiferen; de andere hebben een rijk fossielmateriaal geleverd, waarin vnl. *Pellatispira*, *Discocyclus* en *Camerina* in groote hoeveelheden voorkomen. Ook zijn nieuwe foraminiferensoorten aanwezig <sup>4)</sup>.

Door de pellatispiren en discocyclusen is de eoceene ouderdom bewezen. Merkwaardig is dan ook het voorkomen in deze lagen van *Spiroclypeus*, welk fossiel tot dusver slechts op enkele vindplaatsen in Britsch Noord Borneo (zie Rutten 1925 en Yabe en Hanzawa 1926) samen met oudtertiaire foraminiferen gevonden is, echter in lagen waarvan de eoceene ouderdom betwijfeld wordt (zie hoofdstuk E). Volgens Krijnen (1931 p. 100) verschijnt dit genus eerst in het Midden Te.

Uit een viertal fossiellagen in deze serie kon slibbaar materiaal worden verzameld. Een palaeontologische beschrijving daarvan zal door Tan gepubliceerd worden.

e. De platige mergelafdeeling.

De grens hiervan met de kalksteen-mergelafdeeling is niet scherp. Op de kaart is zij aangenomen bij de 1280 m structuurlijn. Deze groep onderscheidt zich van de oudere mergelafdeelingen vnl. door het ontbreken van kalksteen en door de zeer regelmatige inschakeling van in dikte tusschen enkele mm en 0,5 m variërende kwartzandsteenlagen. Regelmatig verspreid over de bovenste 2000 m van het profiel komen ook lagen voor van grofkorreligen zandsteen en fijnen grindsteen, terwijl een mergellaag, ongeveer 400 m beneden den bovenkant dezer afdeeling gelegen, tot 4 cm groote rolstenen bevat. Onder de componenten dezer lagen vindt men kwarts, radiolriet, kiezel en stollingsgesteenten. Enkele dezer banken bleken reticulat camerinen te bevatten, waarvan een klein aantal uitgeslibd kon worden.

Wegens de zeer groote dikte van de mergels langs de Senjoer vergeleken met andere gebieden in Koetai werd rekening gehouden met de mogelijkheid dat deze aan tektonische oorzaken (o.a. liggende plooien) zou zijn toe te schrijven. Op een aantal plaatsen werd echter een toename der kor-

4) Deze behooren ten deele tot het door Umbgrove in een zeer recente publicatie (1936) beschreven nieuwe geslacht *Heterospira*.



Fig. 4. Foraminiferenkalksteen van S. Atan, Oost Borneo (no. 665). Vergroting  $9 \times$ .  
D: *Discocyclus*; H: *Heterospira*; S: *Spiroclypeus*; P: *Pellatispira*.

relgrootte naar de onderkant der lagen geconstateerd, n.l. op 1750 m, 2250 m, 2700 m, 3150 m, 3400 m, 3500 m, 3800 m en 4300 m stratigrafische hoogte, waarin een aanwijzing gezien mag worden voor de normale ligging dezer sedimenten op die plaatsen, zoodat het niet waarschijnlijk is dat een verdubbeling der lagen door liggende plooien heeft plaats gehad.

Concreties zijn vooral in het bovenste deel dezer serie zeer verbreid; dikwijls bezitten zij een kern van pyriet. Pyriet en (of) markassiet zijn verder in den vorm van platte cirkelvormige concreties op de laagvlakken afgezet. Globigerinen werden in deze afdeeling alleen langs de Meleseu dicht bij de basis waargenomen.

Vermelding verdient nog het volgende, vrij algemeen voorkomende verschijnsel. Vele der fijnkorrelige zandsteenbankjes vertoonen een fijne soms intensieve plooïng, kenbaar aan de talrijke laagjes bladresten, terwijl de mergels er boven en er onder vlak gelaagd zijn. Het werd vooral waargenomen in de minstens eenige dm dikke lagen; het moet zonder twijfel worden toegeschreven aan subaquatische glijding in het nog losse materiaal kort na de afzetting daarvan op den zeebodem.

f. De kalksteen-conglomeraat-afdeeling <sup>5)</sup>.

In deze serie wisselen met elkaar af polymikte zandsteen en grindsteen (ten deele grofklastisch), dikwijls lichtblauw of groen gekleurde kleisteen

5) Deze afdeeling behoort geheel tot het Neogeen, de platige mergelafdeeling mogelijk ten deele.



welke nog klastisch (mogelijk ten deele effusief) materiaal bevat, kalkmergel met veel koralen en ten deele met uitslibbare foraminiferen, grindkalksteen met koolsnoertjes, lamellibranchiaten en foraminiferen en koralligene kalksteen plaatselijk eveneens met foraminiferen.

De diepste kalksteenbank in deze serie, waarvan een slibmonster kon worden verzameld, bevat *Lepidocyclus* en *Spiroclypeus*.

De grofklastische afbraakproducten zijn polymikt; ze bestaan o.a. uit rolsteenen van radiolriet, van groene, praetertiaire eruptiva, van dynamometamorfe gesteenten en van donkeren praetertiairen zandsteen. Soms hebben zij een kalkrijk bindmiddel en zijn dan tot harde gesteenten verkit.

De grens tusschen de mergels en de kalksteenconglomeraatafdeeling kan over groote deelen van Koetai scherp vastgesteld worden. Terwijl de sedimentatie van de mergelafdeeling over het algemeen in zeer rustig milieu plaats had, waarbij uit het achterland als regel slechts fijn slib werd aangevoerd, wijst de snelle wisseling in korrelgrootte en in karakter van het afgezette materiaal der sedimenten in het Oudneogeen op snel veranderende sedimentatie-omstandigheden. Nauwkeurig werd deze afdeeling bestudeerd in de S. Marah, een rechter zijrivier van de Telen (zie fig. 1). Grove conglomeraten (tot 5 cm groote componenten van praetertiaire gesteenten), ontstaan in een tijd van zeer krachtigen aanvoer van terrigeen detritus, liggen hier onmiddellijk op koraalkalkbanken die slechts gegroeid kunnen zijn in een tijd dat de aanvoer van terrestrisch materiaal zeer gering was. De zich hier voordoende sedimentatie-omstandigheden zijn slechts te verklaren door de aanname van oscillerende bewegingen. De gedurende een periode van daling gegroeide kalkriffen werden tijdens een daarop volgende rijzing geheel of gedeeltelijk vernield. Men kan zich voorstellen dat, al naar gelang het tempo der rijzing, de van de kalkriffen afkomstige brokken werden ingebed in kleimateriaal of vermengd met fijn- tot zeer grofklastisch terrestrisch detritus. Aldus ontstonden resp. conglomeratische mergels, conglomeratische kalksteenen en grove conglomeraten met componenten o.a. uit dezen kalksteen bestaande. Het kalkrijke bindmiddel dier conglomeraten bevat dan ook dikwijls dezelfde fossielen als de kalksteencomponenten.

### 3. Kwartaire afzettingen.

Deze kunnen onderverdeeld worden in:

- 1° oude rivierrassen.
- 2° alluviale afzettingen.

1° Oude rivierrassen werden op talrijke plaatsen langs S. Poh en S. Atan, in mindere mate ook langs S. Senjoer waargenomen. Zij komen op zeer verschillende hoogten voor; deze werden slechts geschat t.o.v. den waterstand in de rivier welke uiteraard ook aan groote schommelingen onderhevig is. Maar ook zonder meer nauwkeurige metingen is het wel duidelijk dat hier 3 à 4 terrassen onderscheiden kunnen worden, n.l.:

|        |     |                     |           |                       |
|--------|-----|---------------------|-----------|-----------------------|
| terras | I   | op een hoogte $\pm$ | 15 — 20 m | } boven water-niveau. |
| „      | II  | „ „ „               | 10 — 12 m |                       |
| „      | III | „ „ „               | 5 — 8 m   |                       |
| „      | IV  | „ „ „               | 1 — 5 m   |                       |

Er heeft dus ook in kwartairen tijd nog een geringe opheffing van het land plaats gehad welke opheffing schoksgewijze moet zijn verlopen.

In den regel bestaan deze terrassen uit grof rolsteen materiaal van praetertiaire gesteenten, n.l. radiolrietten, stollingsgesteenten, kristallijne schisten, enz.

2° Alluviale afzettingen. Hiertoe behooren alle afzettingen langs de rivieren tot een hoogte welke bij de hoogste waterstanden nog overstroomd worden. Dit zijn de rolsteenbanken in de bovenlopen en de fijner klastische sedimenten als zanden en kleien welke langs de rustigere stroomgedeelten worden afgezet.

### B. Eruptiva.

Op vele plaatsen zijn de boven beschreven sedimenten doorbroken door basaltgangen. Intrusieve platen komen eveneens voor, o.a. zeer fraai in de zandsteenafdeeling. De contactwerking heeft bestaan in een verharding en impregnatie met pyriet van het nevengesteente.

Basaltische lava's werden o.a. gevonden dicht bij de Meleseu, waar een vlakke, discordante ligging op steilstaande mergels werd waargenomen.

Een stroom van grootere afmeting werd aange troffen in het heuvelland ten Z van de Atan waar een basaltische lava of eruptiefbreccie is uitgevloeid en blijkbaar daarbij een voormalig dal heeft opgevuld. Het tegenwoordig hier stroomende riviertje heeft zich hierin kloofvormig ingesneden maar den vroegeren dalbodem nog niet bereikt. Dit wijst op een zeer geringen, mogelijk subrecenten, ouderdom der erupties.

De topografie wordt hier echter door de zandsteenafdeeling beheerscht zoodat vermoedelijk de vulkanische werkzaamheid niet lang genoeg geduurd heeft om vulkanen van eenige beteekenis op te bouwen.

Het is mogelijk dat door een petrografisch en chemisch onderzoek de vraag betreffende een genetisch verband tusschen gangen en uitvloeiingen beantwoord zal kunnen worden.

Een deel der gangen is echter zeker ouder dan de uitvloeiingen daar b.v. de basalt, welke in den bovenloop van de Atan de basale conglomerat-zandsteenafdeeling gangvormig doorbreekt, de sporen (verbroken en vlekkelig unduleus uitdoovende pyroxeenfenokristen) vertoont van een sterke beïnvloeding door druk. De intrusie heeft dus waarschijnlijk vóór de plooiing plaats gehad.

### C. Overzicht van de geologische geschiedenis.

Bij het begin der tertiaire transgressie moet het praetertiaire gebergte reeds voor een deel zijn gepeneplainiseerd daar niet overal in het tertiaire basaalconglomeraat detritus van de onmiddellijk



daaronder liggende praetertiaire gesteenten werd gevonden. Soms bestaan deze basislagen vnl. uit kwartsmateriaal dat van eenigen afstand door rivieren moet zijn aangevoerd. Deze rivieren hebben in zee een delta van zandige afzettingen gevormd.

Op afzetting uit stroomend water wijzen de kriskras gelaagdheid en de slechte sorteering in de zandsteen, waardoor korrels van zeer verschillende grootte naast elkaar voorkomen. Op mariene sedimentatie wijst de aanwezigheid van foraminiferen (vnl. *Operculina's*).

Een tijdperk van uitbreiding der zee wordt dan ingeleid door de vorming van een over grooten afstand te vervolgen kalksteenbank welke in het onderste deel nog sterk grindig is en daar een duidelijke kriskras structuur bezit. De aanvoer van terrestrisch materiaal hield daarna op waardoor het bovenste deel der kalksteenbank als een meer zuivere foraminiferenkalksteen werd afgezet.

Boven dezen kalksteenhorizont ontwikkelde zich vervolgens een dik mergelplakket. Slechts tijdelijk en plaatselijk werd ook grover materiaal in den vorm van lensvormige zandsteenbanken en -series afgezet.

Er zijn geen aanwijzingen dat tijdens deze periode de zee een groote diepte heeft bereikt. De ligging der mergels tusschen twee zandsteenpakketten, die ten deele zelfs litoraal zijn ontstaan, wijst op hun vorming in ondiepe zee (dus in de nerietische zone). Waarschijnlijk geldt dit voor de geheele onderste mergelafdeeling, daar zij over haar geheele profiel nergens lithologische verschillen vertoont.

Er volgt dan weer een tijdperk van toevoer van groverkorrelig materiaal, hetwelk kan zijn toe te schrijven aan een negatieve strandverschuiving. In dit tijdperk werd een delta van vnl. zandige sedimenten over de mergels verder in zee uitgebouwd. Op nabijheid van het land wijst het zeer groote gehalte aan plantenresten zoowel in zandsteen- als in kleisteenlagen. Verder bevatten eenige zandsteen- en kleizandsteenbanken plaatselijk lenzen van kleisteen, welke vermoedelijk als „Tongallen” zijn op te vatten die alleen ontstaan op plaatsen die tijdelijk (b.v. bij eb) droogvallen. Het voorkomen in enkele lagen van middelmatig korreligen zandsteen van fijne grindkorrels is verder een aanwijzing op nabijheid van het land. Aan den anderen kant is de gelaagdheid als regel goed, dikwijls mooi platig en werd nergens kriskras gelaagdheid waargenomen. De dikste afzettingen werden bij dezen hernieuwden aanvoer van grover materiaal in het westelijke gedeelte van dit gebied gevormd. De dikte is daar ongeveer 250 — 300 m, zij neemt in westelijke richting toe en bedraagt in de Pedohon <sup>6)</sup>  $\pm 400$  m. In oostelijke richting neemt zij snel af; de zandsteenafdeeling is daar alleen nog plaatselijk lensvormig verdikt aanwezig. We bevinden ons hier dus nabij het oostelijke einde dezer delta.

Daarna volgt weer een periode van transgressie waarin een  $\pm 600$  m dik pakket van mergels met een aantal kalksteenbanken ontstaat. Het voorkomen in enkele dezer kalksteenlagen van vrij grof terrestrisch materiaal en op een enkele plaats in de

mergels van nog mooi bewaarde bladresten, welke dus geen lang transport in zeewater hebben kunnen doorstaan (Grabau 1932, p. 519) wijst op de nabijheid van het land tijdens deze sedimentatieperiode. Ook zijn de in deze serie zoo veelvuldig voorkomende foraminiferen volgens Grabau (1932, p. 1007) vnl. tot de nerietische zone beperkt. Hieruit mag wel geconcludeerd worden dat ook deze afdeeling in ondiepe zee is ontstaan, zoodat de lokaal voorkomende pelagisch levende globigerinen ook voor dit gebied geen argument voor meer bathyale facies vormen.

Naar boven ontwikkelt zich deze kalksteen-mergelafdeeling tot de platige mergelafdeeling waarin een aantal grofklastische lagen en het voorkomen van kruipsporen duiden op het nerietische (plaatselijk zelfs litorale) karakter dezer afzettingen. De aanvoer van slib schijnt in dit gebied zeer groot geweest te zijn, waardoor het geheele Oudtertiair langs de Senjioer een dikte van meer dan 5000 m bezit. Zoowel in westelijke als in oostelijke richting wordt de dikte veel geringer.

Gedurende de vorming dezer sedimenten heeft blijkbaar de kustlijn zich meer en meer in zuid-oostelijke richting verplaatst, getuige het voorkomen van grofklastische volkomen concordant ingeschakelde lagen. Deze regressie kan waarschijnlijk niet toegeschreven worden aan een geleidelijke opvulling van het bekken, doordat de snelheid der sedimentatie die van de geosynclinale daling overtrof, daar in dat geval ook de verandering in het gesedimenteerde materiaal geleidelijk zou zijn geschied. Deze fijne grindlagen wijzen eerder op een vergrooten aanvoer door min of meer schoksgewijze opheffingen van het achterland.

Deze bodembewegingen krijgen nog grootere beteekenis bij het begin van de vorming van het Neogeen, waarin grove conglomeraten, waarvan de componenten door rivieren tot het punt van afzetting moeten zijn aangevoerd, veel voorkomen. De kust kan in dien tijd dus niet ver van de grens tusschen mergels en conglomeraatserie hebben verlopen. Zooals reeds eerder is uiteengezet wijst de groote variatie in sedimenten, aantoonende een sterk wisselend afzettingsmilieu op oscillerende bewegingen — en daarmee gepaard gaande groote verschuivingen van de strandlijn — in dit tijdperk.

De vraag of deze oscillaties het gevolg zijn van reeds in dien tijd werkzame plooiende krachten, kan niet beantwoord worden. Er zijn in het geheele Koetaitertiair nergens aanwijzingen te vinden dat er eenige orogenese vóór het Pliocéen zou hebben plaats gehad. Het meest waarschijnlijk is dan ook dat we hier met epirogenetische bewegingen te maken hebben, dan wel met plooiing van zeer groote golf lengte.

#### D. Tektoniek.

De strekkingsrichtingen in het onderhavige gebied zijn overheerschend WZW-ONO tot ZW-NO, in het noordwestelijke kaartgedeelte ombuigend naar O-W tot plaatselijk WNW-OZO. In het NW is een vlak koepelvormige anticline aanwezig, waar in de kern Praetertiair aan den dag komt. Zij duikt

6) Niet op de kaart.



vrij steil in oostnoordoostelijke richting. De koepel is door talrijke verschuivingen gestoord waarvan de belangrijkste is de Menggeng-breuk. Het gebied ten Z van deze breuk is daarlangs afgeschoven waardoor lokaal de mergelafdeeling onmiddellijk tegen het Praetertiair grenst. Een tweede loopt op korten afstand ten N daarvan en evenwijdig aan de eerste, waarlangs het noordelijke segment is afgeschoven. Dit zijn typische lengtebreuken. Ook het oostelijke uiteinde van deze anticline is door een aantal WZW-ONO gerichte verschuivingen gestoord, waarvan eenige konden worden waargenomen. Andere, waarvan de aanwezigheid werd afgeleid uit het verloop der formatiegrenzen, werden van een vraagteken voorzien.

Een kleine opwelling van de as heeft verder oostelijk nog eens plaats. De basale zandsteenafdeeling is hier echter niet meer ontsloten. Deze anticlinale opwelling is in het westen door een NW-ZO gerichte verschuiving begrensd.

Een tweede anticline vindt men in de zandsteenafdeeling, welke eveneens in oostelijke richting snel onderduikt waarna zij iets verder oostwaarts nog een kleinen samengestellten koepel vormt.

In het westelijke deel ligt ten N van deze anticline een vrij diepe syncline waarin plaatselijk steile hellingen werden gemeten. In detail is de tektoniek hier nogal gecompliceerd. In een dunplattige kleisteen-zandsteenserie zijn plaatselijk sterk gestoorde zones met naar noord overhellende plooien en een enkel opschuivinkje aanwezig, welke in het voorgaande reeds beschreven zijn. Het is begrijpelijk dat de orogenese op deze meer plastisch vervormbare serie een grootere uitwerking heeft gehad dan op de veel stuggere dikke zandsteenpakketten.

Het verloop der formatiegrenzen dwong hier tot de aanname van een tweetal ongeveer NNW-ZZO gerichte verschuivingen welke van een vraagteken zijn voorzien.

Overigens is het hier besproken gebied, afgescheiden van enkele weinig beteekenende plooien, monoclinaal gebouwd met een naar het ZO gerichte helling welke slechts zelden de  $35^\circ$  overschrijdt. De kalksteen-mergelafdeeling is op vele plaatsen zwak golvend geplooid terwijl in de plattige serie een meer constante zuidoosthelling werd gemeten.

Het Neogeen is intensiever geplooid; er is daar een aantal plooien ontwikkeld welke op beide flanken steilere hellingen, plaatselijk zelfs (buiten het op het kaartje voorkomende gebied) tot  $80^\circ$ , vertoonen.

In het Palaeogeen zijn behalve de reeds vermelde nog vele verschuivingen waargenomen, waarvan slechts een gedeelte op de kaart is ingetekend.

Op de overige talrijke drukverschijnselen in de mergels werd reeds gewezen. Of deze wrijfspiegels als indicaties op de aanwezigheid van verschuivingen en opschuivingen moeten worden opgevat is zeer de vraag. Bij het gegeven voorbeeld van de laag, welke in door wrijfspiegels begrensde parallellepipedalen uiteenvalt, is het wel zeker dat zeer kleine differentieele bewegingen deze wrijfspiegels hebben veroorzaakt.

Ook in de jonge zandsteenafdeeling komen, behalve de op de kaart voorkomende, nog meerdere verschuivingen voor welke vermoedelijk van geringe beteekenis zijn. De richting der beweging kon in enkele gevallen op de aanwezige wrijfkrassen worden gemeten.

### E. Over het autochthone karakter der onderzochte fauna's.

Door Rutten (1925 p. 415-427) zijn van Britsch Noord Borneo kalksteenen beschreven waarin *Spiroclypeus* en *Lepidocyclina* tezamen met typisch oudtertiaire foraminiferen, n.l. *Camerina*, *Discocyclina* en *Pellatispira* voorkomen. Yabe en Hanzawa (1926) beschreven een kalksteen van het Klias schiereiland met dezelfde fossielcombinatie.

Rutten beschouwde de door hem bewerkte fauna in haar geheel als autochtoon op grond van de volgende overwegingen:

- 1e de fossielen komen alle los in den kalksteen voor en niet in fragmenten van ouderen kalksteen;
- 2e de betrekkelijke schaarschte aan eoceene kalksteenen op het Bengkoka schiereiland (veel minder is dat het geval op het Kudat schiereiland).

Deze schaarschte aan eoceenen kalksteen zou voor het eerstgenoemde gebied voor een inspoeling van oude foraminiferen in jonge gesteenten een reeks toevalligheden noodig maken, terwijl toch van een drietal plaatsen met zekerheid (waarvan twee op Bengkoka) en van drie andere met waarschijnlijk het samen voorkomen van eogene met neogene vormen, hier *Lepidocyclina* met *Discocyclina*, bekend is (in een enkele dezer gesteenten komt bovendien nog *Spiroclypeus* voor).

Umbgrove (1928, p. 56) evenals Tan (1930, p. 182) betwijfelen de juistheid dezer conclusie; zij meenen dat inspoeling der eoceene foraminiferen uit een mergelig gesteente mogelijk is. De autochthonie dezer fauna staat dus nog geenszins vast. Het bewijs daarvoor is ook moeilijk met de weinige bekende geologische gegevens te leveren.

Van het door schrijver dezes verzamelde fossielmateriaal kon door een gedetailleerd geologisch onderzoek, waarvan de resultaten hiervan zijn beschreven en in de bijgevoegde kaart zijn verwerkt, het autochthone karakter worden aangetoond.

De overwegingen waarop de conclusie berust, dat geen samenspoeling van eoceene met neogene vormen heeft plaats gehad zijn de volgende:

- 1e De palaeogene mergelafdeeling (omvattende de afdeelingen b, c, d en e), welke in Koetai een zeer groote verbreiding heeft en gemakkelijk is te herkennen, heeft op vele plaatsen een voor het Eoceen typisch fossielgezelschap opgeleverd en slechts in dit gebied bovendien nog *Spiroclypeus* (en geen zekere lepidocyclinen).

- 2e Het groote aantal individuen van *Pellatispira* en *Discocyclina* dat in deze lagen aanwezig is tegenover het betrekkelijk geringe aantal spirocyl-



peën. Weliswaar is volgens Senn (1935a, p. 370) ook bij samengespoelde fauna's het verschijnsel waargenomen dat de allochthone vormen overheerschen, echter is het niet aannemelijk dat dit zoo regelmatig en in zoo'n groot aantal horizonten als hier het geval is, zou optreden.

3e De foraminiferen komen als regel los in den kalksteen voor.

Uit het onderzoek der slijpplaatjes blijkt dat zij dikwijls gebroken zijn; echter is dat zoowel bij de zeker eoceene vormen *Discocyclina* (hiervan werden fragmenten ter grootte van 5 mm gemeten) en *Pellatispira* (grootte  $\pm 5$  mm) het geval als bij *Spiroclypeus*. Daar staat tegenover dat ook van de gemakkelijk breekbare discocyclinen gawe exemplaren voorkomen en zelfs zulke waarvan de dunne kraag is bewaard gebleven. T a n maakte er op opmerksaam dat van niet weinige pellatispiren en heterospiren (hiervan komen individuen van 4,5 mm

voor) de spirale kam der laatste winding, de dunwandige laatste kamers en de z.g. oppervlaktekamers bewaard zijn gebleven; voorts dat talrijke uit monster U 665 (laag 7) uitgeslibde asterocyclinen nog hun aanhangsels toonen en dat de dunne kraag van de spiroclypeën vaak intact gebleven is.

Een dergelijke conservatietoestand is bij foraminiferen op secundaire ligplaats alleen dan te verwachten als de fossiellaag zich dicht boven een discordantievlak bevindt. Deze fossielhorizont ligt evenwel  $\pm 1000$  m boven de basis van het Tertiair, in welk pakket geen discordanties konden worden waargenomen.

4e De aanwezigheid van minstens 10 kalksteenbanken in het profiel tusschen 0 en 1200 m boven den top der conglomeraat-zandsteenafdeeling, die alle het eoceen kenmerkende foraminiferen bevatten (zie tabel I).

Tabel I.

| No. kalksteen-bank | Fossielinhoud 7)                                                                                                                                                                            | Hoogte in profiel t. o. v. de basale congl. zdst. | Aard van het gesteente en monsternummers   |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1                  | <i>Discocyclina</i> , <i>Pellatispira</i> , <i>Camerina</i> , milioliden, amphisteginen, zeeëgelstekels.                                                                                    | 0 m                                               | U 3602 kalksteen                           |
| 4                  | <i>Discocyclina</i> , <i>Pellatispira</i> , <i>Camerina</i> , <i>Heterospira</i> , <i>Heterostegina</i> , globigerinen.                                                                     | + 755 m                                           | U 3627 kalksteen                           |
| 5                  | <i>Discocyclina</i> , <i>Pellatispira</i> , <i>Heterospira</i> , <i>Spiroclypeus</i> , kleine foraminiferen.                                                                                | + 790 m                                           | U 2969 kalksteen                           |
| 7                  | <i>Discocyclina</i> sp., <i>Pellatispira</i> , <i>Heterospira</i> , <i>Spiroclypeus</i> .                                                                                                   | + 830 m                                           | U 665 slibbare mergel<br>U 664 kalksteen   |
| 9                  | <i>Discocyclina</i> (waarbij polygonaal ontwikkelde vormen), <i>Pellatispira</i> , <i>Heterospira</i> , <i>Spiroclypeus</i> ?, koralen, kalkalgen.                                          | + 880 m                                           | U 3590 kalksteen<br>U 3591 slibbare mergel |
| 10                 | <i>Discocyclina</i> , milioliden, kalkalgen, zeeëgelstekels, <i>Textularidae</i> .                                                                                                          | + 930 m                                           | U 3592 kalksteen                           |
| 11                 | <i>Discocyclina</i> (w. o. polygonaal gebouwde vormen), <i>Pellatispira</i> , <i>Camerina</i> , <i>Heterospira</i> , <i>Vacuolispira</i> , <i>Spiroclypeus</i> , kalkalgen, zeeëgelstekels. | + 980 m                                           | U 3595 kalksteen en slibbare mergel        |
| 13                 | <i>Discocyclina</i> , milioliden, <i>Amphistegina</i> , <i>Rotalia</i> , kalkalgen, echinidenstekels.                                                                                       | + 1040 m                                          | U 3283 kalksteen                           |
| 14                 | <i>Discocyclina</i> , <i>Pellatispira</i> , <i>Heterospira</i> , gastropoden, kalkalgen, bryozoën, echinidenstekels, milioliden.                                                            | + 1160 m                                          | U 3282 kalksteen                           |
| 16                 | <i>Discocyclina</i> (w. o. polygonaal gebouwde vormen), <i>Pellatispira</i> , <i>Heterospira</i> , milioliden, kalkalgen.                                                                   | + 1210 m                                          | U 3277 kalksteen<br>U 3278 slibbare mergel |

7) Orienteerende determinaties van T a n, behalve die van kalkbank 5. Voor *Vacuolispira*, zie T a n: Over verschillende paleontologische criteria voor de geleding van het Tertiair, dit Tijdschr. 1936, IV. p. 177, voetnoot 5.

5e De concordante inschakeling der fossielhorizonten in een serie mergels van marien karakter. Het klastische materiaal (tot 5 mm diameter) in enkele der kalksteenlagen (o.a. laag 4) wijst op de nabijheid van het land. Het detritus bestaat uit verkiezelden veldspaat, verkiezelde stukjes stollingsgesteente, kwarts, kwartsiet (?); het is dus zeer waarschijnlijk afkomstig van praetertiaire gesteenten. Wel van tertiaire lagen afkomstig zijn brokjes mergel — waarvan eenige heterospiren en discocyclinen bevatten — welke in enkele banken (o.a. laag 7) bij microscopisch onderzoek werden aangetroffen. Het ontbreken van eenige aanwijzing

op plooiing vóór de vorming der fossiellagen maakt het echter weinig waarschijnlijk dat deze stukjes mergel van belangrijk oudere lagen afkomstig zouden zijn.

6e Het feit dat de kalksteen-mergelafdeeling concordant wordt bedekt door een  $\pm 4000$  m dik pakket van mergelkleisteen, waarin op een stratigrafische hoogte van 1800 — 2100 m boven de eerstgenoemde afdeeling enkele grindmergels zijn ingeschakeld welke een aantal reticulate *Camerina*'s bevatten (door T a n bevestigd).

Deze laatste banken zijn ten deele grofklastisch



(het detritus is van praetertiaire formaties afkomstig) en wel zeker ontstaan tijdens een regressie van de zee. Hoewel het dus *à priori* niet uitgesloten is dat hierin ook ingespoelde tertiaire fossielen kunnen voorkomen, maakt echter het volledig ontbreken van aanwijzingen op intrapalaeogene orogeenen het weinig waarschijnlijk dat inspoeling kan hebben plaats gehad uit tertiaire lagen die belangrijk ouder zijn dan die waarin zij gevonden werden. Men kan dan ook met groote zekerheid concluderen dat ook deze grindmergels nog van palaeogenen ouderdom zijn.

7e Eerst 4500 m boven de kalksteenbank met *Spiroclipeus* en eoceene foraminiferen werd in dit profiel *Lepidocyclina* gevonden in een ten deele slibbare kalksteenbank waarin ook *Spiroclipeus* aanwezig is. Dit werd bevestigd door Tan. Deze lagen kunnen dus niet jonger zijn dan het Oudneogeen (Aquitaniën).

8e Het feit dat de *Spiroclipeus* in de eoceene lagen tot een nieuwe soort behoort (mededeeling van Tan).

Hoewel het palaeontologische onderzoek nog niet is afgesloten mag reeds thans gezegd worden, dat in verband met de groote diepte (stratigrafisch) waarop de kalksteen-mergelafdeeling zich t.o.v. het Oudneogeen bevindt, het niet noodzakelijk lijkt aan de gidswaarde voor het Eoceen van de discocyclinen en pellatispiren te twijfelen. Voorloopig is dan ook de conclusie gewettigd dat *Spiroclipeus* in Koetai reeds in het Eoceen optreedt.

Hiermede wordt dus ook een steun verkregen voor de juistheid van Rutten's meening dat de door hem beschreven fauna's autochthoon zijn. Hij veronderstelde dat deze afkomstig zouden zijn uit een overgangszone tusschen Eoceen en Oligoceen (1925 p. 427).

Yabe en Hanzawa (1926) vinden dat die ouderdomsbepaling eenigszins weersproken wordt door het feit dat kleine nephrolepidinen overheerschen over eulepidinen. Dit kan echter geen bezwaar zijn, daar volgens Senn (1935a p. 369) in Marokko en West Indië in goed bestudeerde profielen nephrolepidinen reeds in het Boveneoceen gevonden zijn terwijl in geen enkel goed bekend profiel, ook in Amerika niet, eulepidinen in lagen ouder dan Onderoligoceen zijn waargenomen (1935a p. 370).

Het blijkt dus dat volgens de nieuwere opvattingen niet de nephrolepidinen maar de eulepidinen het bezwaarlijk maken om ook aan de gesteenten van Britsch Noord Borneo een eoceenen ouderdom toe te kennen. Weliswaar geven Yabe & Hanzawa hun determinatie als *Eulepidina* onder zeer groot voorbehoud en alleen op grond van de afmeting (1926 p. 5), doch ook Rutten vermeldt uit zijn materiaal lepidocyclinen van het eulepidine type (naast *Isolepidina* <sup>8)</sup>).

8) Vermeld zij dat de door Osimo en Provale beschreven afwijkende foraminiferen-gezelschappen hier buiten beschouwing worden gelaten, daar deze auteurs omtrent de geologie geen gegevens verstrekt hebben.

De vraag of ook *Lepidocyclina* in den Indischen Archipel reeds in het Eoceen optreedt is dus nog niet bevredigend opgelost. Bij het microscopisch onderzoek van enkele der eoceene kalksteenen van Koetai werden aanduidingen op het voorkomen van *Lepidocyclina* gevonden. Een bevestiging daarvan zal eerst bij de bestudeering van de slibbare monsters verkregen kunnen worden. In dit verband zij nog herinnerd aan de recente publicatie van Tan (1936) waarin een *Lepidocyclina* beschreven wordt uit lagen van mogelijk eoceenen ouderdom in Centraal Borneo.

## F. De gevolgde werkwijze bij het samenstellen van de structuurkaart.

Bij de samenstelling van de structuurkaart konden als goede gidslagen gebruikt worden:

- 1e De kalksteenhorizont aan de basis van de oudste mergelafdeeling, welke kalkbank naar beneden in kriskras gelaagden zand- en grindkalksteen overgaat.
- 2e De jonge zandsteenafdeeling, daar waar deze dunplaatig ontwikkeld is en slechts geringe dikte bezit.
- 3e Een ruim 1 m dikke kalksteen- en mergelbank met slibbaar gedeelte waarvan de monsters U 664 en U 665 afkomstig zijn. (Deze laag bleek door talrijke verschuivingen gestoord te zijn, maar zij kon toch over grooten afstand vervolgd worden).

De structuurlijnen op de bijgevoegde kaart zijn de snijlijnen van denkbeeldige vlakken evenwijdig aan de gesteentelagen met het aardoppervlak. Voor dat deel van de kaart waar de gegevens het dichtst zijn, zijn deze vlakken op onderlinge afstanden van 100 m (stratigrafisch gerekend) aangenomen, voor een ander deel op onderlinge afstanden van 200 m. De cijfers bij deze lijnen geven aan de stratigrafische hoogten in meters boven den top van de basale zandsteenafdeeling.

Bij het construeeren moest worden aangenomen dat voor dit beperkte gebied in gelijke tijden op alle plaatsen waar overeenkomstig sedimentmateriaal werd afgezet, laagpakketten van gelijke dikten werden gevormd. Deze praemisse is natuurlijk niet juist; de sedimenten hebben het karakter van nerietische landbije afzettingen zoodat de materiaaltoevoer niet overal dezelfde behoeft te zijn geweest. Bovendien kunnen stroomingen in bepaalde gedeelten de bezinking hebben verhinderd of vertraagd. Waar, mede door het geringe aantal gidslagen, het aantal gegevens uiteraard veel te gering is om eenig inzicht te kunnen geven in deze variaties in sedimentatiesnelheid, kon daarmee bij het samenstellen der structuurkaart geen rekening worden gehouden; de bouw van dit gebied zal dus in werkelijkheid in details nog groote verschillen kunnen vertoonen met de voorstelling daarvan in fig. 1 gegeven. De beteekenis der constructie van de structuurlijnen is gelegen in het feit dat het eerst daardoor mogelijk is geworden een bevredigende verklaring te vinden van de verbreiding der zandsteenafdeeling en daarmee van den geologischen bouw van dit gebied.



Bij het samenstellen der profielen door de oudste mergelafdeeling bleek de stratigrafische afstand tusschen de gidslagen te varieeren, welke verschillen niet alleen met de bovengenoemde ongelijke sedimentatiesnelheden verklaard moeten worden maar ten deele kunnen worden toegeschreven aan onvoldoende kennis van de tektoniek door een te gering aantal laagmetingen en de aanwezigheid van onbekende verschuivingen. Zoo was het noodig ten einde het profiel langs de S. Po Loë in overeenstemming te brengen met de profielen ten O en W daarvan, in een gedeelte, waar weinig waarnemingen konden worden gedaan, een tegenhelling aan te nemen. De syncline en anticline dicht bij den mond van dit riviértje (verkend door een mantri) berusten dus niet op waarnemingen. De betreffende structuurlijnen zijn hier dan ook gestippeld. Met de aanname van een verschuiving zou natuurlijk hetzelfde te bereiken zijn geweest.

Aanvankelijk waren de waarnemingen in de dunplatige zandsteenserie, verricht in S. Atan tusschen twee punten ongeveer 1,5 en 4 km stroomop van den mond van S. Heleng, zeer moeilijk te interpreteren totdat dit gebied als een kleine anticlinale opwelling van de zandsteenafdeeling werd opgevat. De laagmetingen in het westelijke deel dezer opwelling wijzen daar ook op; die in het oostelijke deel zijn daarmee minder in overeenstemming daar hier vrijwel alleen zuidoosthellingen werden gemeten. De zandsteenserie in de Atan is echter nogal sterk verbogen zoodat elke laagmeting slechts over zeer geringen afstand geldt. Het is overigens ook mogelijk dat hier verschuivingen nog een rol spelen. Een verdere steun voor de op de kaart weergegeven opvatting vormt nog de omstandigheid dat de kalksteenlagen in het zuidwestelijke deel van het blad nu zeer mooi geparalleliseerd kunnen worden met die tusschen S. Meleseeu en S. Atan.

In de S. Senjioer is nog eens een tegenhelling aangenomen, n.l. dicht bij de grens met de kalksteen-conglomeraatafdeeling, daar waar een gering aantal metingen beschikbaar is. Dit geschiedde in de eerste plaats om dit profiel beter in overeenstemming te brengen met het noordoostelijk daarvan gelegene.

Bij het construeeren der structuurlijnen werd, waar noodig, rekening gehouden met de topografie; dit was vnl. voor de zandsteengebieden het geval. In de mergelafdeelingen zijn de hoogteverschillen gewoonlijk zoo gering dat deze op het verloop dezer lijnen weinig invloed uitoefenen.

Daar waar in de mergels dikke zandsteenpakketten optreden (n.l. de zandsteenafdeeling) is aangenomen dat de afzettingssnelheid drie maal die van de mergels bedroeg. Daar voor de verhouding der sedimentatiesnelheden bij beide gesteentesoorten schrijver dezes geen gegevens bekend zijn, is weliswaar deze aanname willekeurig, doch vermoedelijk zal hiermede een geringere fout gemaakt worden dan wanneer in het geheel geen verschil in sedimentatiesnelheid in rekening zou zijn gebracht.

Ten NO van het kaartgebied, in de S. Menjoh, is de dikte van het Palaeogeen veel geringer dan

langs de Senjioer. De zandsteenafdeelingen ontbreken geheel terwijl slechts een enkele kalksteenbank aanwezig is. Waarschijnlijk rust hier de platige mergelafdeeling onmiddellijk op het Praetertiar in welk geval de transgressie in dit gebied op een later tijdstip begonnen is dan in de S. Atan. Op de kaart is dit aangegeven door het uitwijken der onderste afdeelingen van het Palaeogeen in oostelijke richting. Vooral de schaarsheid aan kalksteenintercalaties in de Menjoh is een steun voor die opvatting, welke de andere mogelijkheid, n.l. dat het Palaeogeen van de Menjoh aequivalent zou zijn met het geheele Atan-Senjioer Palaeogeen — de geringere dikte zou dan aan minder snellen slibaanvoer moeten worden toegeschreven — minder waarschijnlijk maakt.

#### Literatuurlijst.

- 1930 A n o n y m u s — Jaarverslag van het Mijnbouwkundig Geologisch Onderzoek Oost Borneo. Jaarb. Mijnwezen 1930. Algemeen Gedeelte p. 55.
- 1932 B a k x L. A. J. — De genera *Fasciolites* en *Neovalcolina* in het Indo-Pacifische gebied. Verh. Geol. Mijnb. Gen. Ned. en Kol. (Geol. Serie) 9, p. 205.
- 1932 G r a b a u A. W. — Principles of Stratigraphy.
- 1931 K r i j n e n W. F. — Het genus *Spiroclypeus* in het Indo-Pacifische gebied. Verh. Geol. Mijnb. Gen. Ned. en Kol. (Geol. Serie) 9, p. 77.
- 1928 L e i t h C. K. — Structural Geology.
- 1931 L e u p o l d W. & I. M. v a n d e r V l e r k. — The Tertiary. Feestbundel Prof. Dr. K. Martin. Leidsche Geol. Meded. 5, p. 611.
- 1925 R u t t e n L. — Over fossielhoudende tertiaire Kalksteenen uit Britsch Noord Borneo. Gedenkboek Dr. R. D. M. V e r b e e k. Verh. Geol. Mijnb. Gen. Ned. en Kol. (Geol. Serie) 8, 1925, p. 415-427.
- 1927 R u t t e n L. M. R. — Voordrachten over de Geologie van Nederlandsch Oost-Indië.
- 1935 S e n n A. — Die stratigraphische Verbreitung der tertiären Orbitoiden. Eclog. geol. Helv. Vol. 28, No. 1, 1935.
- 1935a S e n n A. — Nachtrag zu: Die stratigraphische Verbreitung der tertiären Orbitoiden. Eclog. geol. Helv. Vol. 28, No. 1, 1935 p. 369.
- 1930 T a n S i n H o k — Over *Spiroclypeus*, met opmerkingen over zijn stratigrafische verspreiding. „De Mijningenieur”, 1930, p. 180-184.
- 1936 ..... — *Lepidocyclina zeylmani* nov. sp. eine polylepideine Orbitoide von Zentral-Borneo, nebst Bemerkungen über die verschiedenen Einteilungsweisen der Lepidocyclinen. „De Ing. in Ned.-Indië”; IV. Mijnb. en Geol. 3, 1936 p. 7.
- 1928 U m b g r o v e J. H. F. — Het genus *Pellatispira* in het indo-pacifische gebied. Wetensch. Meded. 10. Dienst v. d. Mijnbouw in Ned. Indië.
- 1931 ..... — Tertiary Foraminifera. Feestbundel Prof. Dr. K. Martin. Leidsche Geol. Meded. 5, p. 35.
- 1936 ..... — *Heterospira*, a new foraminiferal genus from the Tertiary of Borneo. Leidsche Geol. Meded. 8, 1936, p. 155-159.
- 1927 v a n d e r V l e r k I. M. en J. H. F. U m b g r o v e — Tertiaire gidsforaminiferen van Nederlandsch Oost Indië. Wetensch. Meded. 6. Dienst v. d. Mijnbouw in Ned.-Indië.
- 1925a W i t k a m p H. — Bij een voorloopige schets der Klindjau en Atan (Borneo). Tijdschr. Kon. Ned. Aard. Gen. 2de Serie, 42, 1925.
- 1925 ..... — De Soengai Senjioer (Borneo) van hare monding tot Moeara Lompa. Ibidem.
- 1926 Y a b e H. and S. H a n z a w a — A foraminiferous limestone with a questionable fauna from Klias Peninsula, British North Borneo. Sci. Rep. Tohoku Imperial Univ. Sendai, Japan, 9, No. 1, 1926.



# Het onderzoek der zware mineralen en de prospectie naar alluviale ertsafzettingen

door

ir. H. TERPSTRA.

ingenieur bij „Erdmann & Sielcken”, Tjipitjoeng bij Pelaboean Ratoe (W.-Java).

Het sediment-petrologisch onderzoek heeft den laatsten tijd, vooral door de methode, die door Edelman & Doeglas (lit. 1) toegepast werd, fraaie resultaten opgeleverd bij het vervaardigen van structuurkaarten van verschillende petroleumterreinen en bij de studie van het Nederlandsche Tertiair en Kwartair.

Het bleek toch mogelijk te zijn den relatieven ouderdom van verschillende sedimenten in een sediment-petrologische provincie te bepalen, door het vaststellen van de percentages der zware mineralen, juist daar waar andere methodes gefaald hadden.

Echter vermoed ik dat menig mijnningenieur, die waardebeoordelingen voor alluviale goud- en diamantafzettingen uitgevoerd heeft, Edelman's uitspraak, dat „de zware fracties (dank zij hunne rijke schakeering in samenstelling) ons in den regel de sleutel geven tot het herkomstprobleem en ons bovendien in staat stellen de verschillen tusschen de provincies op te stellen”, (lit. 2, p. 5) niet verwacht zal hebben, vooral als men rekening houdt met de gevolgde werkwijze bij de monsternamen en met het aantal mineralogische analyses, waarop de conclusies gebaseerd zijn.

Het materiaal was toch afkomstig van oppervlakte-grijpmonsters, door verschillende personen genomen, of van boormonsters welke niet steeds een gelijke hoogte representeerden. Dat er moeilijkheden waren, speciaal door de „toevallige en abnormale” variaties, blijkt o.a. uit de bespreking der publicatie over de granaatzanden van de kust van Northumberland. Edelman schrijft toch: „Waar natuurlijke concentraten een samenstelling hebben, niet zonder meer vergelijkbaar met die van normale zware fracties, is het niet wel mogelijk de gegeven samenstellingen te vergelijken met die van andere Noordzee-zanden” (lit. 2, p. 27).

Echter, hoe werd dan bijv. de monsternamen bij Schoorl uitgevoerd? Daar waren toch bij de „systematische monsternamen bij elke km paal aan den duinvoet” reeds op een afstand de granaatrijke zandlagen te herkennen. En 64% van de zware mineralen van dit monster bleek granaat te zijn (zie: tabel XXB)!

Wat het aantal analyses betreft, kunnen we uit de verschillende publicaties de volgende gegevens halen. Het onderzoek op het Nederlandsche Kwartair berust op 511 monsters. Daarvan waren 193 boormonsters uit 11 verschillende boorgaten (totaal een 1600 m diep) en 318 oppervlakte-monsters, dus minder dan 1 waarnemingsplaats per 100 km<sup>2</sup> (zie lit. 1).

Voor het onderzoek van het Nederlandsche Tertiair gebruikte Edelman 9 oppervlakte-monsters en 218 boormonsters van 21 verschillende boorgaten (met een totale diepte van een 2300 m). Dus  $\pm 1$  waarnemingsplaats per 1000 km<sup>2</sup> (zie lit. 2)! En dit was reeds voldoende om een Petrologisch Sedimentatie-schema op te stellen, waar „in principe, de petrologische interpretatie van de zware mineralen van ons Nederlandsche Tertiair” in aanwezig is. (zie lit. 1, p. 29-30).

Voor het onderzoek der recente rivieren, over een lengte van 650 km, gebruikte hij 1 monster per 4 km (zie lit. 3, 4).

Van grooten invloed op de resultaten is m.i. niet alleen het geringe verschil in sg. der zware fracties (n.l. tusschen 3,1 en 4,3 met uitzondering van zirkoon met 4,7), maar vooral de interpretatie der gegevens. Deze is toch niet mathematisch, maar berust op ervaring. Het is te hopen, dat men in Indië ook buiten de petroleumterreinen, waar Edelman reeds belangrijk werk verrichtte, de methode bij den Geologischen Dienst zal toepassen, speciaal daar waar andere methodes faalden, bijv. voor de bepaling der eruptie-volgorde der verschillende eruptiva (van groot belang voor de gangprospectie), hoewel men daar misschien meer de Engelsche school zal moeten volgen, dus direct meer op rariteiten zal moeten letten.

In Holland zal men nu, na het globale onderzoek, een meer gedetailleerd onderzoek beginnen (lit. 2, p. 98). Men zal dus rekening moeten gaan houden met de „toevallige” en „abnormale” variaties en dan zullen m.i. de ervaringen der alluviale prospectie op den voorgrond treden, daar we hierbij vaak met de toevallige variaties te doen hebben. En dan neemt de methode van het nemen der monsters een voorname plaats in! Men krijgt den indruk, dat Edelman genoemde ervaringen over het hoofd gezien heeft. Hoe kan hij anders schrijven: „De belangstelling, gewijd aan het detritisch materiaal, is zooals overal elders, afhankelijk van de korrelgrootte van de bestanddeelen. Hoe grooter de steenen, hoe meer ze de aandacht hebben getrokken” (lit. 2, p. 86, ook p. 2).

Dit geldt zeker niet voor het materiaal, waar naar diamant of goud gezocht werd. Ik vermoed zelfs, dat de alluviale prospectie den eersten stoot heeft gegeven tot het mineralogisch onderzoek. Inlandsche prospectoren kenden reeds honderden jaren verschillende mineralen en ook het begrip „mineralogische associatie”. (zie bijv. lit. 6, p. 212). En het wetenschappelijke onderzoek van zanden begon toch reeds een 50-tal jaren terug, bijv. door Husak in Brazilië. Soms is men zelfs te ver gegaan



en heeft het rolsteenmateriaal geen waarde voor de prospectie toegekend.

Volledigheidshalve moge hier nog gewezen worden op het werk van Freise in Brazilië. Hij bepaalde toch van honderden pannen diamanthoudend zand de percentages der „begeleiders” (lit. 6, p. 204), en wees op den invloed van het soort gesteente, dat in de rivier ontsloten is, op de slijtage der vergezellende mineralen. Verder zijn de Algonkische Pyritische Kwartsieten en de bekende „Bankets” van Afrika mooie voorbeelden van uitvoerig onderzochte natuurlijke concentraten van oude formaties.

#### Literatuur.

1. C. H. Edelman & D. J. Doeglas. Bijdrage tot de Petrologie van het Nederlandsche Tertiair. Verhand. Geol. Mijnb. Gen. Ned. en Kol., Geol. Serie, 10, 1933, p. 1-38.
2. C. H. Edelman. Petrologische Provincies in het Nederlandsche Kwartair. Amsterdam 1933.
3. .... Sedimentpetrologische Onderzoekingen, I. Die Petrologie der Sande der Niederländische Flüsse: Rijn, Lek, Waal, Merwede, Geldersche IJssel. Wageningen 1934.
4. .... & F. A. van Baren. Sedimentpetrologische onderzoekingen II. La pétrographie des sables de la Meuse Néerlandaise. Wageningen 1935.
5. W. C. B. Koolhoven. Het Primaire voorkomen van den Zuid-Borneo-Diamant. Verhand. Geol. Mijnb. Gen. Ned. en Kol., Geol. Serie 11, p. 189-230.
6. Fr. Freise. The Diamond deposits of the Upper-Araguaya River, Brazil. Econ. Geol. 25, p. 201-207.

Bekende handboeken voor de alluviale prospectie zijn:  
C. Raeburn & H. B. Milner. Alluvial Prospecting, London 1927.

W. E. Thorne & A. W. Hooke. Mining of Alluvial Deposits by dredging and hydraulicking. London 1929.

#### Opmerkingen van Prof. dr. ir. C. H. Edelman.

Inderdaad hebben mijn leerlingen en ik in onze geschriften geen gebruik gemaakt van de sedimentpetrographische ervaringen, welke door prospecteurs naar alluviale ertsafzettingen zijn verkregen.

Onze methode is ontworpen voor de bestudeering van de verhoudingen in de groote huidige en voormalige sedimentatie-gebieden. Het Noordzee-gebied, de glaciële afzettingen van Noord-Europa en een aantal petroleum-gebieden konden dan ook met succes door onze werkwijze worden benaderd.

Onderzoekt men echter andere objecten, in het bijzonder afzettingen, bestaande uit materiaal, dat geen ver transport heeft ondergaan, dan kan men op een betrekkelijk klein oppervlak een zoo groot aantal van elkaar onafhankelijke mineraal-associaties aantreffen, ieder voor zich van onbeduidende regionale verbreiding, dat het begrip sedimentpetrologische provincie in onze formuleering zijn betekenis verliest. Zelfs in een omvangrijke afzetting als de Zwitsersche Molasse trof von Moos (Diss. Zürich 1935, Schweiz. Petr. Min. Mitt. 1935), nog verwarde verhoudingen aan, in overeenstemming met het feit, dat een zeer groot aantal riviersysteempjes moet hebben bijgedragen tot den aanvoer van het klastische materiaal.

In dergelijke gevallen is een overzicht van de petrologische verhoudingen slechts te verkrijgen op

grond van een zeer uitgebreid waarnemingsmateriaal.

Prospecteurs naar alluviale afzettingen staan voor een nog specialere opgave. De concentratie, dus de in economisch opzicht aantrekkelijke afwijking van het statistisch gemiddelde van een mineraalassociatie, is het voornaamste vraagstuk voor de betrokken ertskundigen.

Echter is deze voor den prospecteur zoo belangrijke concentratie als extreemste „toevallige” variatie voor ons doel, dus voor het verkrijgen van een regionaal petrologisch inzicht, niet meer dan een weinig storend nevenverschijnsel, zoodat de op de concentratie slaande literatuur voor ons werk geen groote beteekenis heeft.

Gaarne erken ik echter, dat ertsgeologen den stoot tot de moderne sediment-petrologie hebben gegeven.

De toepassing van de sedimentpetrologie in de ertsgeologie zal andere wegen moeten gaan, dan wij hebben gekozen. Slechts de tegenstelling toevallige variatie — abnormale variatie lijkt mij ook voor de studie van alluviale erts van beteekenis.

### ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

#### Productiecijfers van Aardolie in kgtonnen.

|                | 1936      |             | 1935      |             |
|----------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
|                | Aug.      | t/m Aug.    | Aug.      | t/m Aug.    |
| Java en Ma-    |           |             |           |             |
| doera.....     | 34 472,4  | 272 208,5   | 43 650,—  | 306 013,—   |
| Noord-Suma-    |           |             |           |             |
| tra.....       | 53 731,8  | 444 129,9   | 79 709,8  | 628 890,5   |
| Palembang ...  | 234 889,2 | 1 817 035,— | 217 771,1 | 1 589 776,4 |
| Djambi .....   | 56 790,7  | 407 807,3   | 27 948,7  | 216 864,—   |
| Oost-Borneo... | 89 065,2  | 664 450,9   | 82 776,4  | 680 593,3   |
| Tarakan.....   | 56 389,3  | 493 524,7   | 72 483,1  | 546 156,8   |
| Boenjoë.....   | 348,2     | 3 975,5     | —         | 4 516,1     |
| Ceram.....     | 5 154,3   | 30 657,4    | 3 809,3   | 27 201,2    |
| Nederlandsch-  |           |             |           |             |
| Indië.....     | 530 841,1 | 4 133 789,2 | 528 148,4 | 4 000 011,3 |

Van de over 1935 in Nederlandsch-Indië geproduceerde hoeveelheid benzine ad 1 694 278 (zie het j.l. Aprilnummer) werden 186 155 kgtonnen verkregen uit de behandeling van aardgassen.

#### Productiecijfers van Steenkolen in kgtonnen.

|                 | 1936                  |           | 1935     |           |
|-----------------|-----------------------|-----------|----------|-----------|
|                 | Aug.                  | t/m Aug.  | Aug.     | t/m Aug.  |
| Gouverne-       |                       |           |          |           |
| mentsbedrijven  | 58 090,—              | 488 990,— | 60 988,— | 466 231,— |
| Steenkolen Mij- |                       |           |          |           |
| „Parapattan”    | 18 560,—              | 168 680,— | 22 280,— | 171 380,— |
| Oost-Borneo     |                       |           |          |           |
| Maatschappij    | 6 500,— <sup>1)</sup> | 50 989,—  | 5 474,—  | 45 310,—  |
| Loa-Boekit      |                       |           |          |           |
| kolenmijnen..   | 1 807,5               | 21 368,—  | 3 639,—  | 25 038,—  |

1) Geschat.



**Mijnbouw Maatschappij „Redjang Lebong”.**

Gedurende de maand Augustus werden:

|            |                   |   |                          |
|------------|-------------------|---|--------------------------|
| 8 280 tons | vermalen van      | { | 3,49 dwts. goud per ton. |
|            | gemiddeld         |   | 22,- „ zilver „ „        |
| 2 320 „    | sands en          |   |                          |
| 5 960 „    | slimes behandeld. |   |                          |

Geëxtraheerd werden ca. 1 430 ozs. goud en ca. 8 386 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van  $\pm f$  77 000,—.

De bedrijfskosten over Aug. bedroegen  $\pm f$  54 000,—, terwijl voor geologische onderzoekingen werden uitgegeven  $\pm f$  1 000,—.

**Mijnbouw Maatschappij „Simau”.**

Gedurende de maand Augustus werden:

|            |                         |   |                         |
|------------|-------------------------|---|-------------------------|
| 7 690 tons | vermalen van            | { | 9,3 dwts. goud per ton. |
|            | gemiddeld               |   | 107,- „ zilver „ „      |
| 2 990 „    | sands,                  |   |                         |
| 4 423 „    | slimes en               |   |                         |
| 284 „      | concentraten behandeld. |   |                         |

Geëxtraheerd werden ca. 3 624 ozs. goud en ca. 40 177 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van  $\pm f$  207 000,—.

De bedrijfskosten over Aug. bedroegen  $\pm f$  105 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven  $\pm f$  3 000,— en voor prospecteeren der nieuwe vergunningsterreinen  $\pm f$  4 000,—.

**PERSONALIA.**

Verleend wegens langdurigen dienst zes maanden verlof naar Europa aan ir. H. P o m e s, ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw (Banka Tinwinning), met ingang van 16 Maart 1936.

Aan dr. ir. Tan Sin Hok, paleontoloog bij den Dienst van den Mijnbouw, is wegens acht-jarigen dienst tien maanden verlof naar Europa verleend, ingaande 16 Juni 1937.



## V. VERKEERSWEZEN.

INHOUD: Vliegvelden in Malakka, door irs. A. M. Harthoorn en W. Lemei.

### Vliegvelden in Malakka

(met 6 bijlagen)

door

irs. A. M. HARTHOORN en W. LEMEI,

resp. hoofd van de afdeling Luchtvaart en van de onderafdeling Gebouwen van het dept. van V. & W. te Bandoeng.  
Verslag van een studiereis naar Malakka, gepubliceerd met toestemming van den Directeur van Verkeer en Waterstaat.

#### Inleiding.

In verband met de voorgenomen verbetering van bestaande en den aanleg van nieuwe vliegvelden voor de burgerlijke luchtvaart hier te lande, werd de behoefte gevoeld zich op de hoogte te stellen van hetgeen terzake is of wordt verricht in de Maleische Staten. Aan schrijvers dezes is daarom opdracht gegeven tot het maken van een studiereis naar Malakka, teneinde ter plaatse de oplossingen te kunnen onderzoeken, welke aldaar gekozen werden voor de vraagstukken, die zich voordoen bij den aanleg van vliegvelden in de tropen. Begonnen werd met een bezoek, aan Mr. N u n n, Deputy Director of Public Works of the Straits Settlements, welk bezoek een algemeen orienteerende strekking had.

Wij verkregen de noodige introducties voor het bezichtigen van het nieuwe vliegveld te Singapore en het verbeterde veld te Penang.

Voorts werden ons de plannen getoond van eerstgenoemd vliegveld en het daarop te bouwen stationsgebouw. Van de teekeningen mochten wij copieën ontvangen.

#### Het nieuwe vliegveld voor de burgerluchtvaart te Singapore.

Uit de bij deze publicatie gevoegde tekening van Singapore's vliegveld (*bijlage I*) blijkt, dat dit een ronden vorm heeft met een diameter van  $\pm 900$  m. Het terrein, waarop het wordt aangelegd, is gewonnen land, verkregen door inpoldering en opvulling van de door de Geylang-, Kallang- en Roehore-rivieren gevormde delta. De ligging is zeer gunstig, ongeveer 2 mijlen van het centrum der stad, terwijl weinig obstakels het binnen- en uitvliegen belemmeren. In een accommodatie voor watervliegtuigen is voorzien. Uitbreidingsmogelijkheden biedt het terrein slechts in geringe mate.

De gebouwen worden zooveel als mogelijk uit de heerschende windrichting geplaatst.

De opvulling geschiedt na inpoldering en drooglegging van de delta met kleihoudend zand; een poreus materiaal, dat tevens sterken samenhang vertoont en dat bij inwalsing in lagen van  $\pm 1\frac{1}{2}'$  een groote vastheid verkrijgt. Het wordt op  $\pm 5$  mijlen afstand van het vliegveld uit de heuvels gewonnen en per decauville-spoor met stoomtractie aangevoerd.

De bovenste laag der aanvulling wordt ter bespoediging van den grasgroei gemaakt van het afruimingsmateriaal van den ophoogingsgrond, hetwelk voor dit doel ter zijde is gelegd.

Aan de zeezijde wordt het terrein opgesloten met een zwaren kademuur, ter lengte van bijna  $2\frac{1}{2}$  km.

De afwerking van het terrein is koepelvormig met een peilverschil van  $\pm 2,25$  m ter bevordering van de natuurlijke afwatering naar den omtrek. Behalve deze voorzorg wordt het veld kunstmatig op intensieve wijze gedraineerd om verzekerd te zijn, dat alle oppervlaktewater in den kortst mogelijken tijd afgevoerd wordt. Voor de wijze, waarop de drains worden aangebracht, wordt verwezen naar de *bijlagen I en II*.

Het geheele terrein wordt voorzien van een voor de grondsoort geëigende grassoort, afkomstig uit Australië.

De verlichting van het veld zal geschieden zooals aangegeven is op *bijlage I*. Ze bestaat uit 6 floodlights, boundary-lights op onderlinge afstanden van  $\pm 90$  m, de noodige schijnwerpers voor verlichting van platforms en gebouwfronten, obstakellichten en boven op het station het Neonbaken, alles centraal bedienbaar uit den contrôletoren van het station.

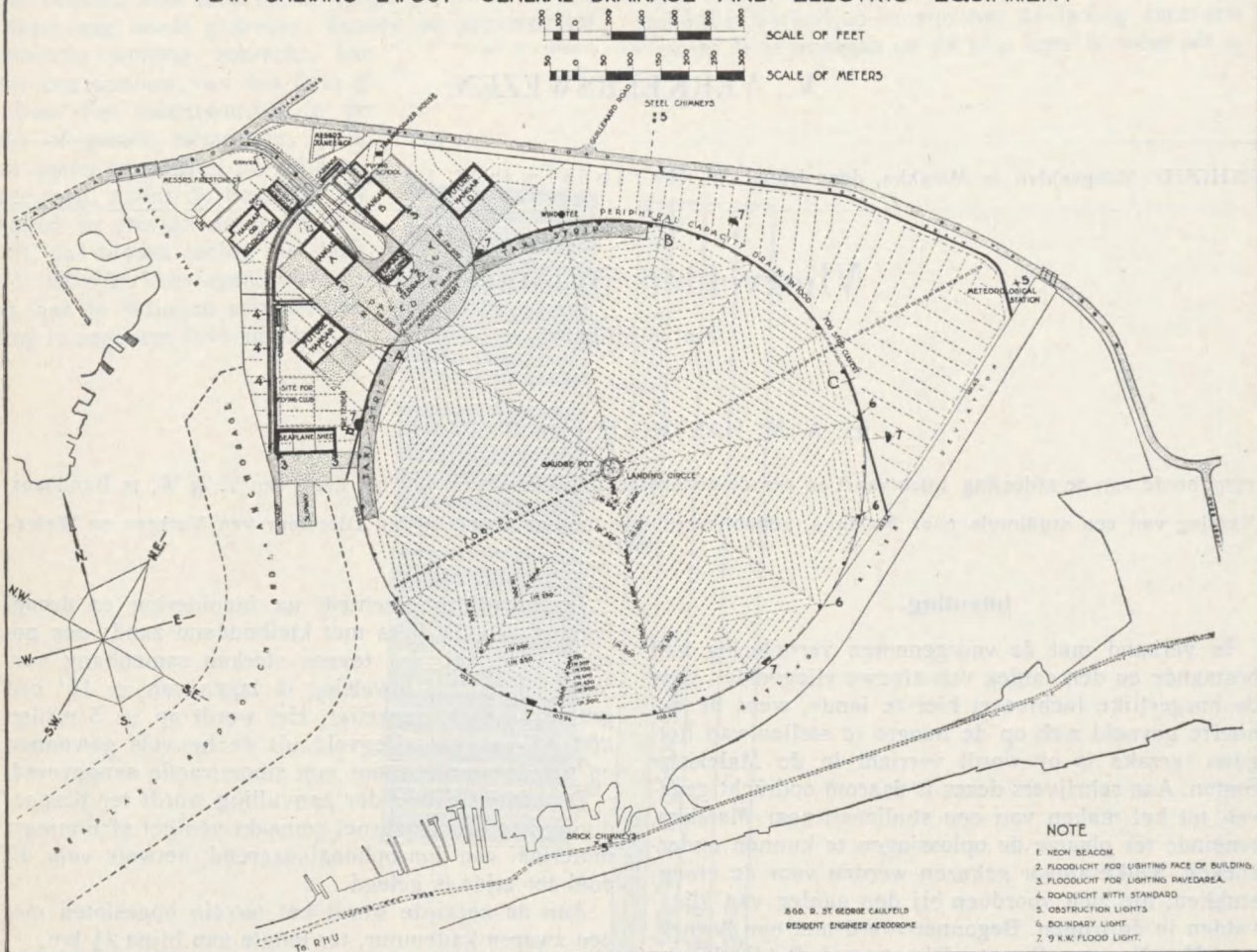
In het midden van den landingscirkel, met een buitendiameter van 30 m en ringbreedte van 1,80 m, wordt een electrisch verhitte „smudge-pot” gemaakt (rook is nl. de meest ideale windrichtingaanwijzer). De detaillering van deze installatie (electrisch verhitte stookolie, die onvolledig verbrandt) baart, zooals de executive-engineer ons mededeelde, veel zorg. Behalve deze installatie krijgt het veld ook een electrisch verlichte wind-T.



## BYLAGE I

## SINGAPORE CIVIL AERODROME

PLAN SHEWING LAYOUT—GENERAL DRAINAGE AND ELECTRIC EQUIPMENT



Dwars over het terrein wordt een fogline gemaakt met uitloop over de plaatselijk overdekte randgoot, in de richting van het weerberichtenstation. Deze bestaat uit 1,80 m breede en 6 m lange merkteekens op onderlingen afstand van 6 m. In een volledige radio-installatie wordt voorzien.

Het plan van het stationsgebouw (*bijlage III*) vertoont een logische indeeling der verschillende ruimten. De in het midden van het naar de stad gekeerde front, binnenkomende passagiers vinden in de hal de plaatsbureaux van de verschillende luchtvaart-Mijen. Rechts van deze hal is de doorgang (met bar en restaurant) naar het vliegveld; links de passencontrole en douane voor per vliegtuig aankomende passagiers. De verdieping is hoofdzakelijk gereserveerd voor bureaux, weerberichtendienst, piloten enz. Ter rechterzijde is een lounge met terras voor het publiek.

In het midden van het naar het vliegveld gekeerde front van het gebouw is de toren met controlekamer geprojecteerd, uit welke laatste het geheele vliegveld-bedrijf geleid wordt.

De hangars, waarvan er voorloopig twee gebouwd worden, hebben een afmeting van  $90 \times 45$  m bij een vrije hoogte van 10,50 m. Ze zullen in ijzer worden geconstrueerd.

De platforms worden met betonplaten geplaveid,

de aansluitende taxibanen voor de binnenkomende machines worden daarentegen van geasfalteerde verhardingen voorzien. Voor de constructie dezer platforms en taxibanen wordt verwezen naar *bijlage II*. In het bijzonder wordt de aandacht gevestigd op de getroffen maatregelen ter verzekering van een snellen regenwaterafvoer.

Voor de watervliegtuigen wordt een beschutte ankerplaats met gewapend beton slipway gemaakt ter breedte van 30 m, uitgerust met, een elektrisch bedienbaar, bewegend platform. De zwaarste machines kunnen hiermede in de speciaal voor dit doel te bouwen hangar gebracht worden.

De indruk werd verkregen, dat vaststelling van alle details, zoowel als de uitvoering zelve met bijzonder grooten zorg geschiedt. Het werk wordt in eigen beheer uitgevoerd; de kosten zijn op rond 7 miljoen Straits-dollars geraamd.

### Militair vliegveld Selletar.

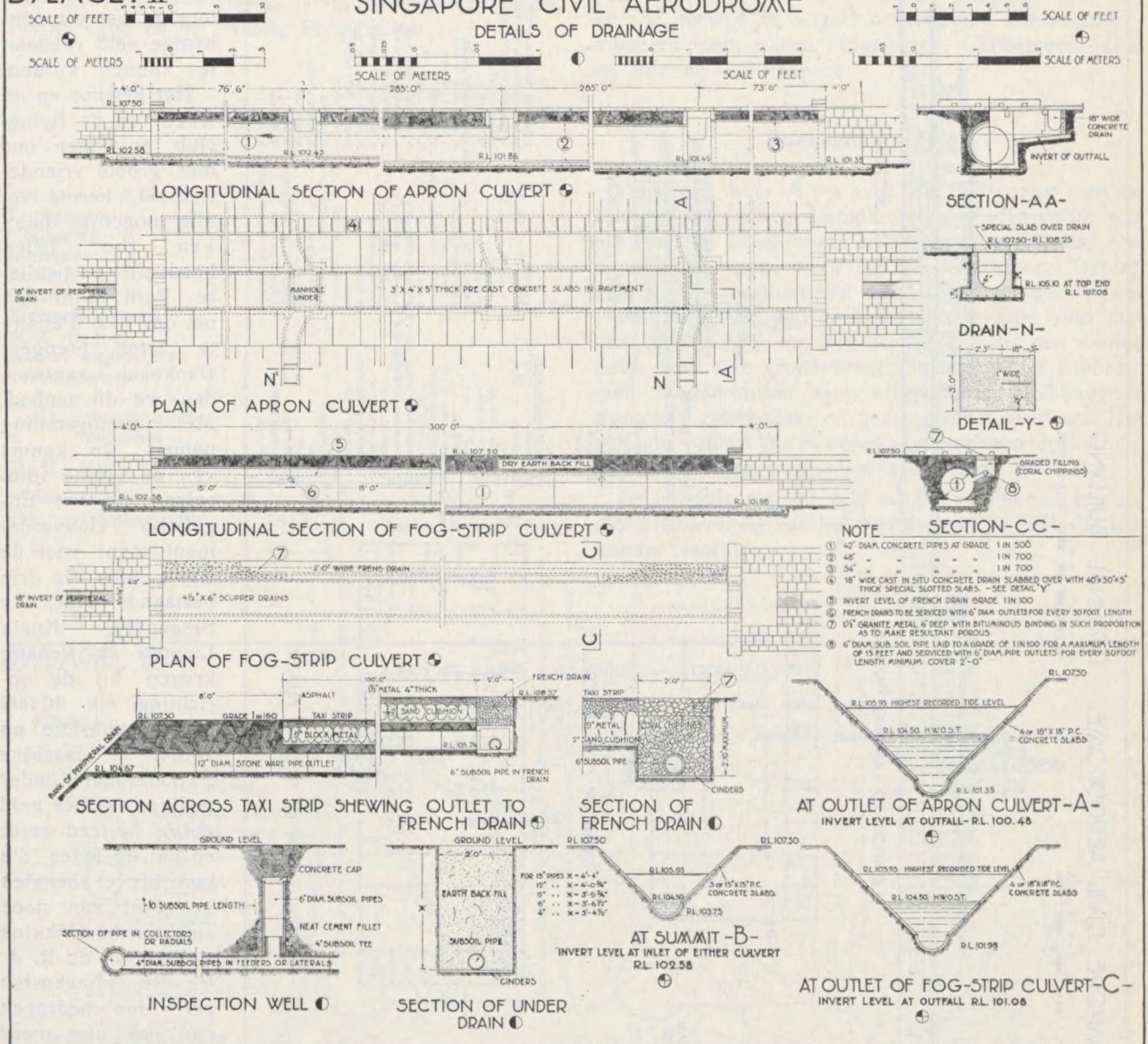
Door Mr. Wood, leider der R.A.F.-werken, die een ruim 10-jarige ervaring op het gebied van vliegveld-aanleg heeft, werden ons allereerst mededeelingen gedaan aangaande de, op de velden te Penang en Alor-Star, ondervonden moeilijkheden om de laag gelegen vette kleigronden in den regentijd voldoende draag-



## BYLAGE. II

## SINGAPORE CIVIL AERODROME

## DETAILS OF DRAINAGE



krachtig te houden. Indien ophoogingen met poreus materiaal te kostbaar zijn, is volgens hem de oplossing alleen te zoeken in den aanleg van verharde startbanen. Mr. W o o d verduidelijkte zijn betoog met de noodige teekeningen, waarvan copieën (*bijlagen V en VI*) hierbij gevoegd zijn. De door hem betoonde hulpvaardigheid was groot.

Na dit onderhoud bezichtigden wij het militaire vliegveld Selletar, dat eivormig is met een afplatting aan een zijde, grootste afmetingen  $\pm 750 \times 800$  m, en dat overigens veel overeenkomst vertoont met het boven beschreven in aanleg zijnde veld voor de burgerluchtvaart. Ook hier de koepelvormige ronding, het fraaie poreuze vaste ophoogingsmateriaal en de vischgraatvormige aanleg der drains. De welving van het veld is echter bijzonder sterk, niet minder dan ongeveer 6 m. Voor de natuurlijke afwatering is dit voortreffelijk; op het uitzicht werkt deze groote ronding echter belemmerend. De machines verdwijnen geheel uit het zicht.

Vliegveld te Kuala Lumpur.

Dit veld, gelegen in de onmiddellijke nabijheid van de stad en voorloopig vrijwel uitsluitend gebruikt door de „flying-club”, is aangelegd op tinmijnzand. Het vertoont zwakke plekken, welke hun oorzaak vinden in plaatselijke modderkuilen. Deze worden uitgegraven en laagsgewijze aangevuld met zand. Het aanstampen geschiedt uit de hand. Het geheel wordt gedraineerd met gesloten drains naar een diep liggenden open drain aan een der langzijden van het veld. De hoofddrain, voorzien van buizen, wijd 8", bij de monding diep  $\pm 1,50$  m en op onderlinge afstanden van  $\pm 50$  m, hebben vischgraatvormig gelegde zijdrains op  $\pm 20$  m onderlingen afstand. De buizen dezer zijdrains zijn 4" wijd. Na voltooiing van de verbeteringen en uitbreidingswerken zal het vliegveld een afmeting van  $\pm 180 \times 850$  m hebben en dus slechts geschikt zijn voor landen en starten in twee richtingen. In verband met de ligging tusschen

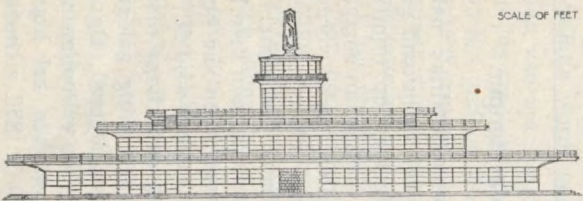


## BYLAGE. III

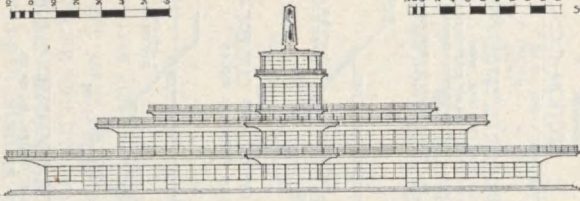
## SINGAPORE CIVIL AERODROME TERMINAL BUILDING

SCALE OF FEET 0 10 20 30 40

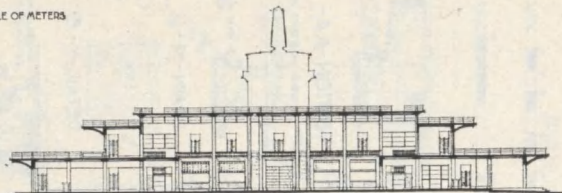
SCALE OF METERS 0 10 20 30 40



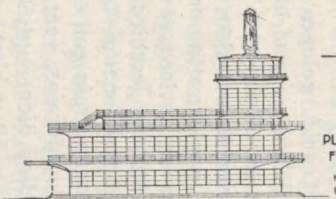
ELEVATION TO ROAD



ELEVATION TO LANDING GROUND



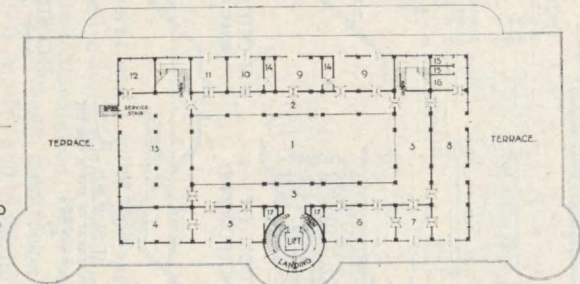
LONGITUDINAL SECTION



SIDE ELEVATION



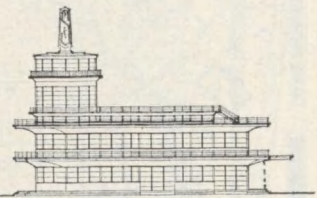
PLAN OF SECOND FLOOR AT TOWER

NOTE  
1. PRIVATE STAIR TO TOP

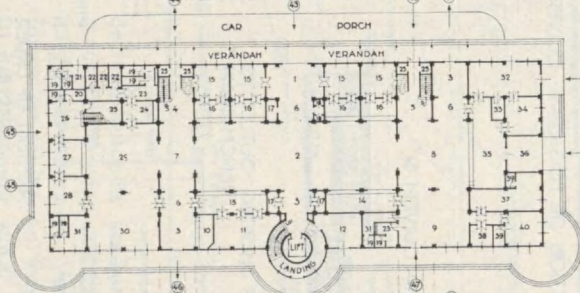
PLAN OF FIRST FLOOR



PLAN OF CONTROL ROOM IN TOWER

NOTE  
1. WIRELESS  
2. MAPS  
3. DESK  
4. LIGHTS  
5. SWITCH  
6. PHONE

SIDE ELEVATION

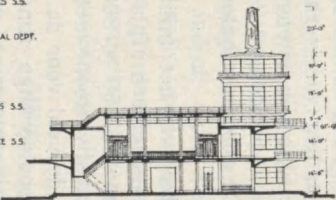


PLAN OF GROUND FLOOR

NOTE  
PLAN OF GROUND FLOOR  
1. ENTRANCE HALL 15'x26'  
2. MAIN HALL 30'x90'  
3. HALL  
4. PUBLIC STAIR HALL  
5. STAFF STAIR HALL  
6. LOBBY  
7. VESTIBULE  
8. CUSTOMS HALL 30'x32'  
9. PASSPORT HALL 25'x32'  
10. PASSPORTS OUT  
11. COMPANY OFFICE APPROX. 26'x15'  
12. COMMUNICATIONS OFFICE APPROX. 16'x15'  
13. BOOKINGS 10'x32'  
14. POST OFFICE 10'x32'  
15. COMPANY OFFICE 15'x16'  
16. BOOKINGS 10'x16'  
17. ATTEND  
18. TELEPHONE  
19. W.C.  
20. BATH  
21. LAV STAFF  
22. DRESSING ROOMS  
23. LAV. MALE24. CLOAKS  
25. STORE  
26. SERVANTS  
27. SERVICE  
28. KITCHEN  
29. BAR 30'x32'  
30. RESTAURANT 52'x33'  
31. FEMALE LAV  
32. FREIGHT EXAMINATION 15'x32'  
33. SAFE  
34. CUSTOMS OFFICE 17'x16'  
35. BAGGAGE 16'x40'  
36. LOADING AREA  
37. MEDICAL OFFICER  
38. SEARCH  
39. LAV  
40. PASSPORT OFFICER  
41. INCOMING PASSENGERS -EXIT-  
42. STAFF ENTRANCE  
43. MAIN ENTRANCE  
44. PILOTS ENTRANCE AND -EXIT-  
45. SERVICE ENTRANCE  
46. OUTGOING PASSENGERS -EXIT-47. INCOMING PASSENGERS -EXIT-  
48. PROPOSED COVERED WAY TO PLANE  
49. PROPOSED COVERED WAY FROM PLANE  
50. FREIGHT -EXIT-  
51. BAGGAGE IN  
NOTE. PLAN OF FIRST FLOOR  
1. UPPER PART OF HALL  
2. PRIVATE CORRIDOR  
3. CORRIDOR  
4. STAFF OFFICE  
5. METEOROLOGIST 15'x32'  
6. SUPERINTENDENT 15'x32'  
7. WAITING ROOM  
8. GENERAL STAFF OFFICE  
9. PILOTS BED ROOM  
10. NIGHT DUTY ROOM  
11. MESS ROOM  
12. SERVICE  
13. PUBLIC LOUNGE  
14. BATH LAV  
15. W.C.  
16. STAFF LAV  
17. LAV

## APPROVED

- 5d. D. L. MUNN, A.L.C.E.  
FOR DIRECTOR OF PUBLIC WORKS S.S.
- 5d. C. D. STEWART  
SUPERINTENDENT METEOROLOGICAL DEPT.
- 5d. W. W. S. PURCELL  
A.G. INSURANCE OFFICER S.S.
- 5d. W. M. CHAMBERS  
A.G. DIRECTOR OF MEDICAL SERVICES S.S.
- 5d. B. ONDAET  
A.G. INSPECTOR GENERAL OF POLICE S.S.
- 5d. F. BLACKWELL 21.3.35  
CONTROLLER POST-TELEGRAPH
- 5d. J. P. COE 25.3.35  
A.G. DIRECTOR GENERAL POST-TELEGR. MALAYA
- 5d. W. E. PEPYS 24.3.35  
SUPERINTENDENT GOVT. MONOPOLIES S.S.
- 5d. F. DOUGLASSON WARD, F.R.I.B.A., A.R.S. and I  
GOVERNMENT ARCH. S.S.



CROSS SECTION

twee heuvelnugen schijnt, althans voorloopig, met dit éenbanige veld volstaan te kunnen worden. Het bestuur en de leden van de flyingclub ontvingen ons met groote vriendelijkheid, bereid tot alle mogelijke hulp. Een der leden bood zijn particuliere Puth Moth aan om ons naar Penang te laten brengen. Dankbaar aanvaardden we dit aanbod. Met belangstelling namen we kennis van de groote interesse, die het Engelsche Gouvernement toont voor de flying-clubs. De drie bestaande clubs te Singapore, Kuala Lumpur en Penang kregen bij de oprichting elk 40 000 dollars subsidie en verder jaarlijks 24 000 dollars, onder beding, dat het geld nuttig besteed wordt en dat de leden, die hun brevet behalen in geval van nood zich ter beschikking stellen van de R. A. F. De vliegekosten per uur bedragen dan ook niet meer dan ongeveer 9 dollar, waarvan bovendien na behaald brevet nog de helft gerestitueerd wordt door het Gouvernement. Deze maatregel heeft tot gevolg, dat de flying-clubs bloeiend zijn en goede instructeurs kunnen aanstellen, terwijl in geval van nood het Gouvernement beschikt over een groep menschen, die reeds een zekere vliegervaring bezitten.

Hieronder volgen de nieuwste ge-



vens omtrent de vliegclubs aan den Overwal t.w.: de Royal Singapore Flying Club, de Kuala Lumpur Flying Club en de Penang Flying Club.

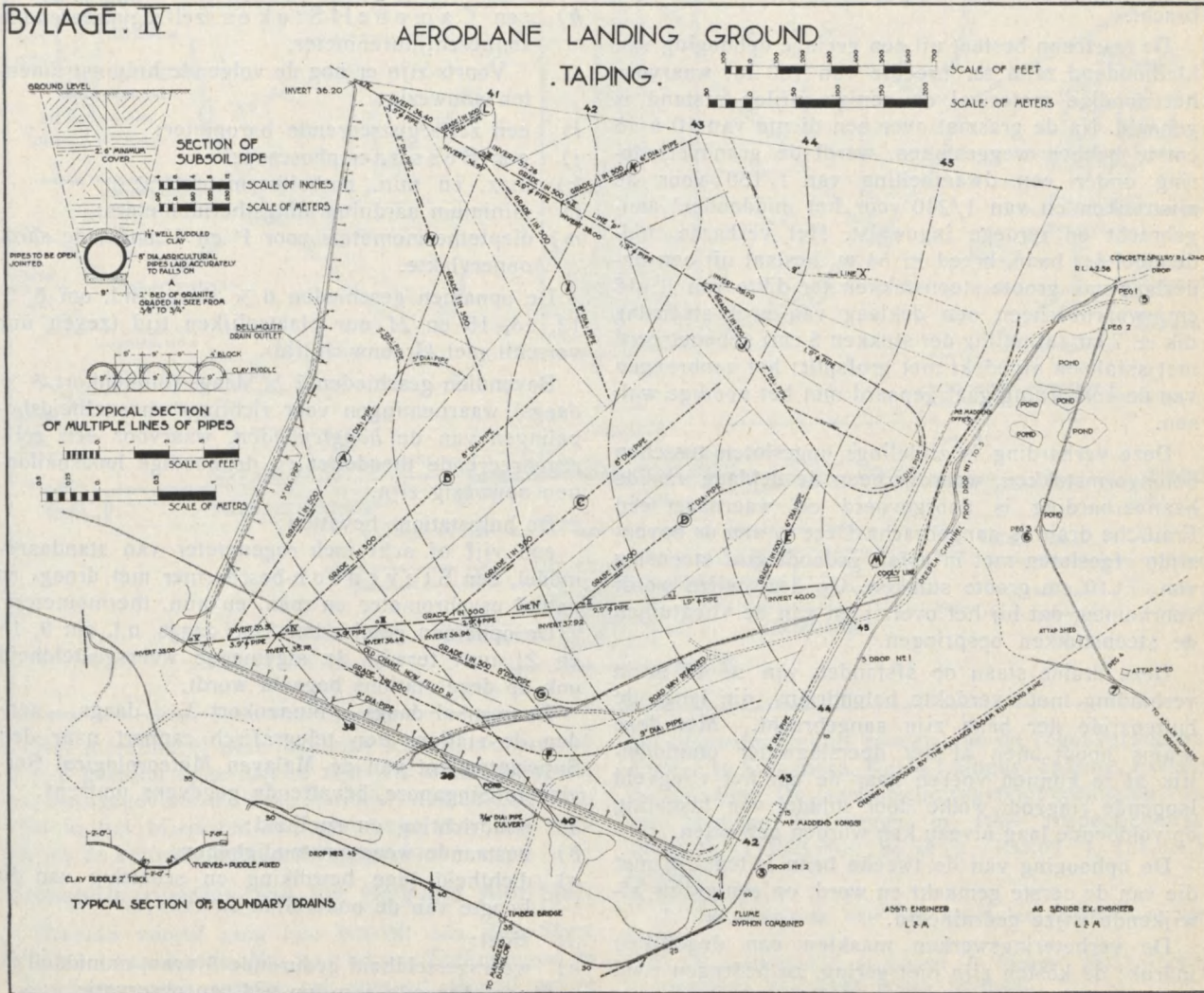
Het gemidd. aantal vliegreuen per maand bedroeg voor deze clubs in bovenstaande volgorde 110, 140 en 135, terwijl de langste ondernomen cross-country-vluchten resp. waren Singapore — Tobameer, idem en Penang — Singapore.

|                                | R. S. F. C.               | K. L. F. C. | P. F. C.  |
|--------------------------------|---------------------------|-------------|-----------|
| Totaal aantal leden            | 279                       | 237         | 148       |
| Europeanen                     | 238                       | 134         | 128       |
| Chineezen                      | —                         | 18          | 17        |
| Maleiers                       | —                         | 2           | 2         |
| Indians                        | —                         | 4           | —         |
| Dames                          | 18                        | 4           | 1         |
| Eigenaar piloten               | —                         | 3           | —         |
| Niet-vliegers                  | 23                        | 72          | —         |
| Aantal uitgereikte A-licencies | 117                       | 81          | 22        |
| In gebruik zijnde machines     |                           |             |           |
| D. H. Moth biplane             | { 3 watervl.<br>2 landvl. | 3 landvl.   | 3 landvl. |
| Miles Hawk monoplane           | 1 landvl.                 | 1 landvl.   | —         |
| Jaar oprichting club:          | 1928                      | 1931        | 1934      |

Vliegveld Taiping.

Door den heer Newark, de instructeur van de flying-club te Kuala Lumpur, die zoo vriendelijk was ons met het beschikbaar gestelde vliegtuig naar Penang te brengen, werd op ons verzoek te Taiping geland. We maakten een wandeling over het vrijwel vlakke, op mijnzand aangelegde vierkante veld met afmetingen van rond 730 × 630 m. Bij den aanleg heeft men vele grondverbeteringen moeten aanbrengen. Modderkuilen zijn uitgegraven, kleihoudende gedeelten zijn bedekt en gemengd met zand enz. Het geheele veld is gedraineerd met gesloten drains, die in een ringsloot uitmonden (zie bijlage IV).

De conditie van dit veld schijnt uitstekend te zijn, met uitzondering van het noordwestelijk deel, dat iets minder vast is.





### Verbeteringswerken aan het vliegveld Penang.

Aan de bezichtiging der verbeteringswerken ging een bezoek aan den Senior Engineer of Public-works vooraf. Mr. Macclelland toonde ons de teekeningen van het vliegveld, bevestigde Mr. Wood's mededeeling, dat inpoldering, bemaling en drainage geen afdoende verbetering hadden gebracht en verwees ons voorts naar den uitvoerenden ingenieur.

Het vliegveld Penang Bayan Lepas, op 12 mijlen van de stad op de Zuidoost punt van het eiland gelegen, is cirkelvormig met één tot het vierkant verruimd quadrant (*bijlage V*). Het terrein gelegen op sawahpeil is ingepolderd en deze polder wordt in den natten tijd bemalen. De bodem bestaat uit vette klei. Draineering met gesloten drains heeft niet het gewenschte resultaat opgeleverd, zoodat het vorige jaar besloten werd tot het aanleggen van startbanen. Volledige ophooging van het terrein tot een voldoende hoog peil om afdoende draineering mogelijk te maken, zou voor het onderwerpelijke vliegveld belangrijk meer gekost hebben dan de aanleg van de genoemde banen. Bij ons bezoek werd de laatste hand gelegd aan de eerste baan in de overheerschende windrichting; terwijl de kruising van een naderhand aan te leggen tweede baan met de eerste tevens werd tot stand gebracht.

De startbaan bestaat uit een geringe ophooging van kleihoudend zand ter breedte van 180 m, waarvoor het noodige materiaal op eenige mijlen afstand is gehaald. Na de grasmat over een diepte van 10 à 15 cm te hebben weggestoken, wordt de grondverbetering onder een dwarshelling van 1/150 voor de zijstrooken en van 1/240 voor het middendeel aangebracht en terdege ingewalst. Het verharde middendeel der baan, breed  $\pm 54$  m, bestaat uit een onderlaag van groote steenstukken ter dikte van  $\pm 16$  cm, waaroverheen een deklaag van grof steenslag dik  $\pm 7$  cm (afmeting der stukken 5 cm) gepenetreerd met asfalt en afgedekt met grofsplit; het aanbrengen van de verharding gaat gepaard met het noodige wal-sen.

Deze verharding is zijdelings opgesloten tusschen betonvormstukken, waaroverheen de deklaag van de baanverharding is doorgevoerd en waarnaast een Fransche drain is aangebracht. Deze is aan de bovenzijde afgesloten met in asfalt gedoopt grof steenslag van  $\pm 10$  cm groote stukken. Op deze wijze wordt voorkomen, dat bij het overrijden van de vliegtuigen de steenstukken opspringen.

Deze drains staan op afstanden van  $\pm 45$  m in verbinding met overdekte betondrains, die langs de buitenzijde der baan zijn aangebracht. Met deze drains hoopt men al het neerslagwater onmiddellijk af te kunnen voeren naar de om het vliegveld loopende ringgoot, welke door middel van bemaling op voldoende laag niveau kan worden gehouden.

De ophooging van de tweede baan is tegelijk met die van de eerste gemaakt en wordt op eenigszins afwijkende wijze gedraineerd.

De verbeteringswerken maakten een degelijken indruk; de kosten zijn niet gering, ze bedragen rond 400 000 dollars.

Voor het overzicht van het oorspronkelijk drainstelsel en de aangelegde startbaan wordt verwezen naar *bijlage V* en de daarin aangegeven details.

In de onmiddellijke nabijheid van het vliegveld bevindt zich het weerberichtenstation, dat voor zoover door ons kon worden beoordeeld, uitmuntend uitgerust is. Dit station behoort tot de zgn. meteorological branch stations, waarvan niet minder dan 18 stuks in Malakka aanwezig zijn, terwijl er bovendien nog een 48-tal auxiliary stations zijn. De branch- of main-stations zijn alle met de volgende instrumenten uitgerust:

- a) een Mercury-barometer;
- b) een Stevenson-beschermer met droog- en natbol psychrometer en max. en min. thermometers;
- c) een vijf-inch-regenmeter van standaardmodel;
- d) een zelfregistreerenden luchtdrukbuismeter voor richting en snelheidsbepaling;
- e) een zelfregistreerenden temperatuurmeter met dubbele spiraalveer;
- f) een zelfregistreerenden haarvochtigheidsmeter;
- g) een zelfregistreerenden regenmeter  $5 \frac{1}{16}$  inch,

Casella-type;

- h) een Campbell-Stokes zelfregistreerenden zonnenschijnummeter.

Voorts zijn er nog de volgende hulpinstrumenten aanwezig:

- i) een zelfregistreerende barometer;
- j) een Besson-nephoscoop;
- k) max. en min. natbolthermometers;
- l) minimum aarduitstralingsthermometers;
- m) dieptethermometers voor 1' en 4' onder de aardoppervlakte.

De opnamen geschieden 6  $\times$  daags, n.l. om 6, 9, 12, 13, 15 en 21 uur plaatselijken tijd (zeven uur verschil met Greenwich-tijd).

Bovendien geschieden 2  $\times$  daags (binnenkort 3  $\times$  daags) waarnemingen voor richting- en snelheidsbepalingen van de *hoogtenwinden*, waarvoor een zelfregistreerende theodoliet en de noodige loodsballonnen aanwezig zijn.

De hulpstations bevatten:

een vijf of acht inch regenmeter van standaardmodel, een Stevenson-beschermer met droog- en natbol psychrometer en max. en min. thermometers.

De opnamen geschieden 3  $\times$  daags, n.l. om 9, 15 en 21 uur, terwijl de algemeene weersgesteldheid ook op deze stations bepaald wordt.

Twee maal daags — binnenkort 3  $\times$  daags — zenden de stations een telegrafisch rapport naar den Superintendent van de Malayan Meteorological Service te Singapore, bevattende gegevens omtrent:

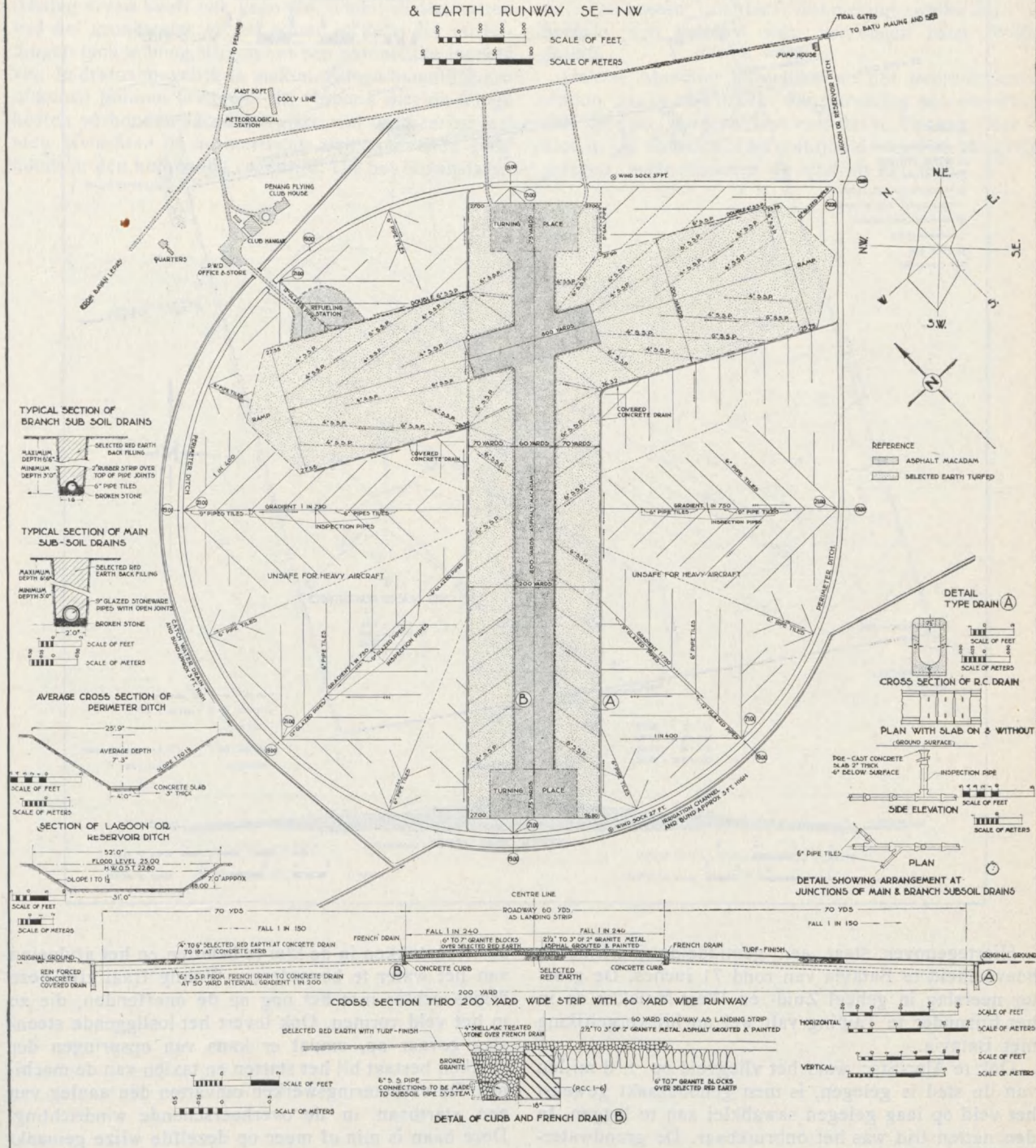
- a) windrichting en snelheid;
- b) bestaande weersomstandigheden;
- c) dichtheid lage bewolking en schatting van de hoogte van de onderzijde daarvan;
- d) zicht;
- e) weersgesteldheid gedurende 3 uren, onmiddellijk voorafgaande aan den tijd van observatie.



## BYLAGE. V

## PENANG CIVIL AERODROME

SHOWING ORIGINAL DRAINAGE SYSTEM  
AND THE NEW METAL RUNWAY NE-SW  
& EARTH RUNWAY SE-NW



Het meerendeel dezer stations schijnt een jaar of 5 à 6 geleden opgericht te zijn. De windrichting en snelheidsgegevens, die deze stations verzameld hebben, zijn in het bijzonder van groot nut voor den aanleg en de verbetering van de vliegvelden.

## Verbeteringswerken aan het vliegveld Alor-Star.

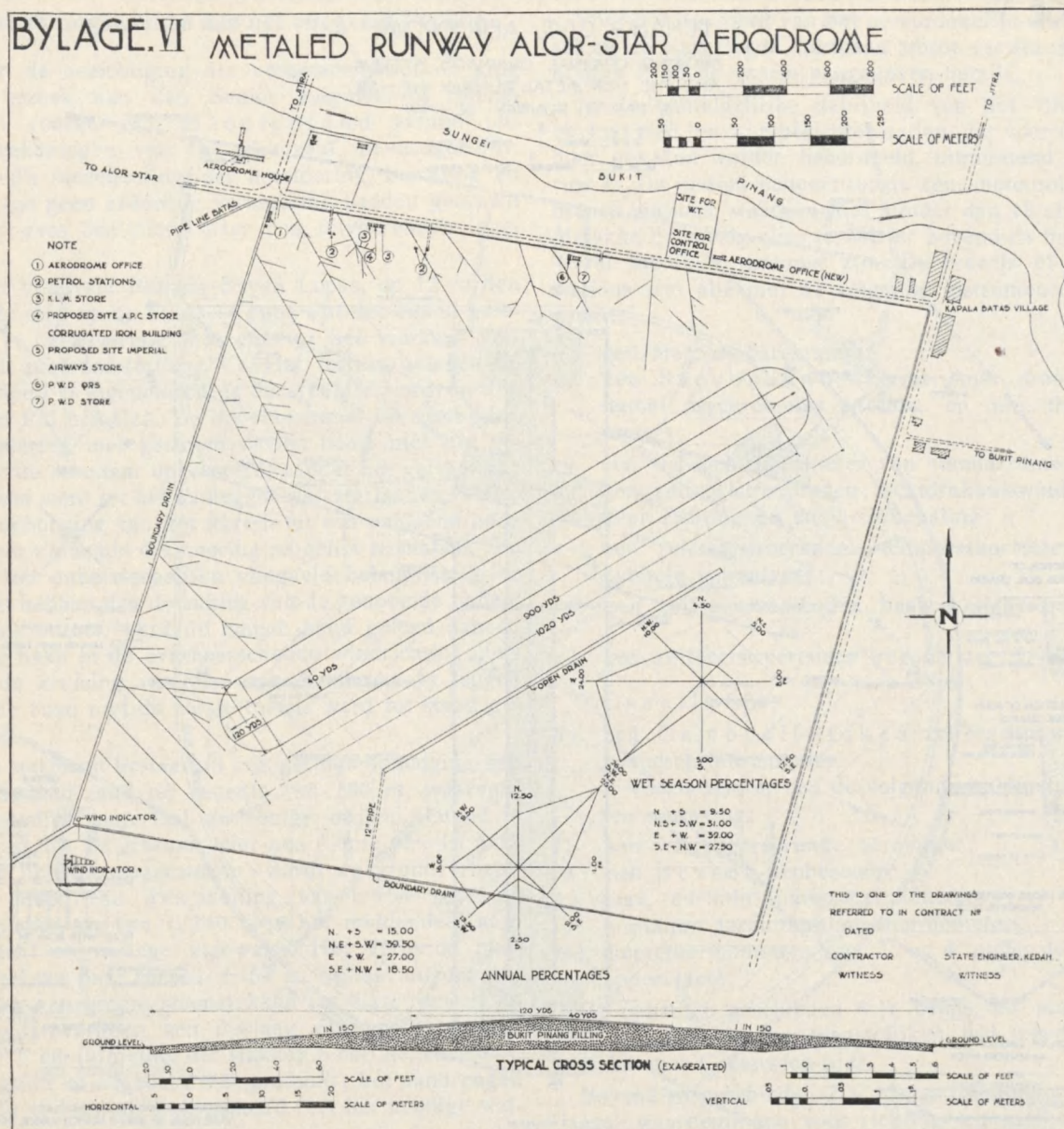
Hieraan vooraf ging een bezoek aan den State Engineer van Kedah, Mr. J e n k i n s. Teekeningen en winddiagrammen werden ons getoond, terwijl we in

het bijzonder kennis namen van de regenvalwaarnemingen te Singapore, Kuala Lumpur, Taiping, Penang en Alor-Star. De jaarlijksche regenhoeveelheden voor die plaatsen bedroegen in 1934 respectievelijk: 106,9 <sup>1)</sup>, 111,03 <sup>2)</sup>, 184,74 <sup>2)</sup>, 133,69 <sup>2)</sup>, 104,99 <sup>1)</sup> inches.

1) De afwijking van den normalen regenval is niet bekend.

2) Respectievelijk ongeveer 8 inches, 18,51 inches en ongeveer 30 inches boven normaal.





Hiertegenover staat een gemiddelde jaarlijksche hoeveelheid te Batavia van rond 71 inches. De grooter neerslag in geheel Zuid- en West-Malakka en in het bijzonder te Taiping valt wel op bij vergelijking met Batavia.

Ook te Alor-Star, waar het vliegveld op  $\pm 8$  mijlen van de stad is gelegen, is men genoodzaakt geweest het veld op laag gelegen sawahklei aan te leggen. In den natten tijd was het onbruikbaar. De grondwaterstand en de waterstanden in aangrenzende rivier en leidingen zijn dan te hoog en het oppervlaktewater is diensgevolge niet snel genoeg af te voeren. Zelfs nu, tegen het einde van den drogen tijd, was het terrein niet vrij van natte plekken. De vegetatie wees ook op een moerassige gesteldheid. Drainage heeft weinig effect gehad. Het meeste resultaat leverden nog ondiepe drains op, die opgevuld zijn met groote steenstukken aan de onderzijde en met 2" steenslag aan den bovenkant. De bodems van deze drains zijn voorzien van een betonvloertje om het indringen van

de steenstukken in de klei te beletten en het afvloeien van het water te bevorderen. Weinig fraai zijn deze drains echter met het oog op de oneffenden, die ze in het veld vormen. Ook levert het losliggende steenslag gevaar op, omdat er kans van opspringen der stukken bestaat bij het starten en taxiën van de machines. De verbeteringswerken omvatten den aanleg van een startbaan in de overheerschende windrichting. Deze baan is min of meer op dezelfde wijze gemaakt als te Penang. Ze is totaal 108 m breed en 810 m lang, de verhardingsbreedte bedraagt 36 m (zie bijlage VI). De R. A. F. vindt deze breedte gering, maar Mr. Jenkins prefereert een tweede baan in de O. W.-richting boven verbreiding van de eerste. De verharding heeft geen onderlaag maar bestaat slechts uit een  $\pm 10$  cm dikke, met asphalt gepeneetste steenslaglaag, aangelegd op een tonvormige ophooging van hetzelfde materiaal, als te Penang gebruikt is. De tonronde is te Alor-Star doorlopend 1/150 gemaakt in stede van 1/150 voor de zijstrooken



en 1/240 voor het verharde gedeelte van de baan, zooals te Penang. Terzijde van de verharde baan bevinden zich geen Fransche drains, de zijstrooken zijn niet gedraineerd en de overdekte drains ontbreken. Aanleg ervan heeft ook geen zin, omdat in den natten tijd het grondwater en het water in de rivier en leidingen toch te hoog stijgen om een natuurlijke loozing van de drains mogelijk te maken. Alleen bemaling zou uitkomst kunnen brengen. In verband met de hooge kosten verbonden aan deze wijze van draineering wil men afwachten of de startbaan zich voldoende goed houdt in den komenden regentijd. Uit het bovenstaan-

de blijkt, dat de verbeteringswerken in Alor-Star, welke door het sultanaat Kedah worden bekostigd, een belangrijk eenvoudiger karakter vertoonen dan die te Penang (Straits Settlements). Ze zijn meer speculatief. De kosten van deze verbetering, welke bij ons bezoek juist voltooid was, bedroegen rond 70 000 dollars.

Ook te Alor-Star bezochten we het weerberichtenstation, dat in hoofdzaak, wat uitrusting en verrichtingen aangaat, overeenkomt met dat te Penang. Het is niet in de onmiddellijke nabijheid van het vliegveld gelegen, maar tusschen de stad en het veld.



# **SHELMAC - ASFALT - CONSTRUCTIE**

**IN DE  
GEMEENTE  
CHERIBON**



**in aanleg**

**gereed**



Foto's met welwillende toestemming van  
de gemeente Cheribon

**Tapijt - Constructies**  
met  
**SHELMAC**  
en  
**CUTBACKS F en FFA**



# IN NEDERLANDSCH-INDIË

## VI. WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Cavitatieverschijnselen bij waterstromingen, door V r. — Varia.

### Cavitatieverschijnselen bij waterstromingen.

De snelle aantasting van materialen bij cavitatie wordt primair veroorzaakt door een voortdurende stootwerking tengevolge van waterslag, waarbij zeer groote plaatselijke drukkingen kunnen optreden. Ze is alzoo van *mechanischen* aard. *Micro-cavitatie* kan reeds ontstaan bij geringe onderdrukken. De aantasting concentreert zich op de vaste begrenzingen der strooming, waar de cavitatie ophoudt. *Macro-cavitatie* dient in ieder geval te worden voorkomen. Waar aantasting door cavitatie is te verwachten, verdient het aanbeveling een materiaal te bezigen met grooten weerstand tegen „straalslag”.

Bekend is, dat men vooral bij gesloten waterstromingen er op heeft te letten, dat in geen enkel deel van het stroomingsveld een vacuum van zoodanige grootte kan optreden, dat de maximale dampspanning van het water bij de heerschende temperatuur zou kunnen worden bereikt.

In dat geval zal n.l. de strooming worden verstoord, doordat holle ruimten worden gevormd, die met waterdamp en lucht zijn gevuld. Dampbellen, die met den waterstroom worden medegevoerd, komen echter in de gebieden van hooger druk vrij plotseling tot condensatie, waardoor de holle ruimten als het ware ineenklappen. Het een en ander gaat gepaard met beduidende energieverliezen, duidelijk hoorbare waterslagen en heftige trillingen.

Een dergelijk geval van groote holtevorming of *macro-cavitatie* <sup>1)</sup> kon b.v. optreden bij het leeghevelen van het *Kloetmeer*. Het maximaal toelaatbare vacuum bedroeg hier 8,60 m (lit. 2) <sup>2)</sup>, waarvan de overschrijding werd voorkomen door regeling van het debiet met behulp van een afsluiter, die was aangebracht aan het benedeneinde van de gemiddeld 40 m lange, verticaal afhingende hevelbuis aan de landzijde (lit. 3). Reeds wanneer deze afsluiter iets te veel was geopend, ontstonden in de verticale buis heftige trillingen door cavitatie.

Ook bij waterturbines en centrifugaalpomp, alsmede bij schroeven van snelvarende schepen kan *macro-cavitatie* optreden. In het laatste geval wordt de holtevorming nog in de hand gewerkt door de scheepstrillingen.

Merkwaardig is, hoe tengevolge van cavitatie het materiaal in zeer korten tijd kan worden aangetast.

Zoo vermeldt van I t e r s o n (lit. 10) dat de schroeven van het bekende Fransche mailschip „Normandie”,

1) Het lijkt gewenscht, verschil te maken tusschen deze cavitatie, waarbij dampbellen voorkomen, waarvan de grootte kan varieeren van eenige mm<sup>3</sup> tot vele liters, en de straks te noemen *micro-cavitatie*, die reeds bij een vacuum van enkele meters kan ontstaan en waarbij de belletjes microscopisch klein zijn.

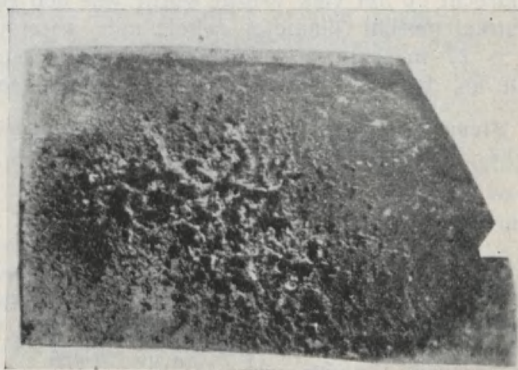
2) Beteekent No. 2 der literatuuropgave achterin.

telkens na twee of drie reizen van nieuw metaal moeten worden voorzien. Bij snelle kruisers en torpedojagers moeten gevallen bekend zijn, dat de schroeven zelfs in eenige uren onbruikbaar waren geworden! Ook bij waterturbines, turbopompen, spuiafsluiters van dalstuwen enz. zijn frappante voorbeelden te noemen.

Typisch is hierbij de lavaachtige, sponsachtige aantasting van het metaal, die vrij plaatselijk voorkomt (zie foto).

Tot een jaar of tien geleden, bestond er nog geen zekerheid omtrent de eigenlijke oorzaak van deze aantasting. Behalve aan mechanische dacht men ook aan chemische en electrolytische invloeden.

Op een bijeenkomst in 1925 te Göttingen gehouden, van vooraanstaande professoren en ingenieurs in Duitschland, werd echter door F ö t t i n g e r in een helder betoog er op gewezen, dat de snelle corrosie van het materiaal geheel kon worden verklaard door den invloed eener mechanische slag- of stootwerking van het water, die ontelbare keeren wordt herhaald. De dampbellen langs het materiaal, die in de gebieden van overdruk in een tijd van  $\frac{1}{100}$  tot



Typische aantasting door cavitatie van een bronzen propeller (Foto uit lit. 4, blz. 29).



$\frac{1}{1000}$  sec in elkaar storten, kunnen plaatselijke drukken geven van duizenden  $\text{kg/cm}^2$  (lit. 4).

Een aanwijzing, dat chemische en galvanische processen bij de aantasting door cavitatie slechts een zeer ondergeschikte rol spelen, werd mede gevonden in het feit, dat ook glas bij sterke cavitatie binnen één uur tijds volledig gecorrodeerd kon worden.

Door de groote plaatselijke drukken wordt het materiaal eerst min of meer gekneusd. Naarmate echter de oneffenheden van het oppervlak grooter worden, zal ook de verwoestende werking der waterstooten toenemen om maximaal te worden wanneer het water tusschen de voegen der kristallen kan dringen.

Men bedenke hierbij dat de maximale waterstoot, welke in een buis kan ontstaan, wanneer het water plotseling tot stilstand wordt gebracht, wordt voorgesteld door de formule van Joukowski — Allievi n.l.:

$$\Delta h = \frac{a \cdot v}{g} \dots\dots\dots (1)$$

waarbij  $\Delta h$  de druktoename is in vloeistofhoogte,  $a$  de voortplantingssnelheid van het geluid in het water,  $v$  de oorspronkelijke watersnelheid en  $g$  de versnelling van de zwaartekracht (lit. 1). In  $\text{kg/cm}^2$  wordt de druktoename met  $a = 1425$  m/sec en  $v$  in m/sec:

$$\Delta p = 14,5 \cdot v \dots\dots\dots (2)^3.$$

Het is duidelijk, dat door de groote eindsnelheden, die bij het plotseling ineensstorten der dampbellen optreden, reeds zeer groote plaatselijke drukken kunnen ontstaan. Wanneer echter het water nog in een wigvormige spleet wordt gedrongen, wordt de watersnelheid nog vele malen grooter en daarmee ook de druk in het bijzonder in den hoek van de wig. Voorts bedenke men, dat deze drukstooten ontelbare keeren worden herhaald.

In 1927 gelukte het aan Honegger zeer snelle aantastingen van metalen te bewerkstelligen, met behulp van een *straalslagapparaat* (lit. 6). Hierbij werden eenige proefstaafjes radiaal bevestigd aan den omtrek van een cirkelvormige schijf, die door een electromotor in snelle rotatie werd gebracht. Bij het max. toerental bedroeg de snelheid der proefstaafjes 225 m/sec.

Loodrecht op het vlak van de schijf was een fijne waterstraal gericht (diameter enkele mm, watersnelheid  $\pm 27$  m/sec) en wel op zoodanigen afstand van de as, dat de waterstraal door elk proefstaafje

3) Brengt men ook de elasticiteit van het metaal in rekening, dan wordt deze formule:

$$\Delta p = \frac{v}{\frac{1}{\rho_1 \cdot a_1} + \frac{1}{\rho_2 \cdot a_2}}$$

waarin  $\rho_1$  en  $a_1$  resp. voorstellen de dichtheid van en de geluidssnelheid in water en  $\rho_2$  en  $a_2$  deze grootheden voor

den metaalwand. Met  $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{1}{8}$  en  $\frac{a_1}{a_2} = \frac{1425}{5000} = 0,28$

vindt men dan  $\Delta p = 14 \cdot v$ .

bij iedere omwenteling van de schijf, één maal werd „doorgeslagen”. De afstanden tusschen de proefstaafjes langs den omtrek van de schijf waren zoo groot, dat ieder staafje op een ongestoord gedeelte van den waterstraal sloeg.

Reeds na een half uur waren duidelijk aantastingen waar te nemen, zelfs van de hardste staalsoorten zooals Nikkelstaal met een breukvastheid van 93  $\text{km/mm}^2$ , terwijl deze aantastingen geheel van den zelfden aard waren als die bij cavitatie waargenomen.

Ten einde den weerstand van verschillende metalen tegen dezen straalslag te vergelijken, werd het gewichtsverlies der proefstaafjes bepaald. Dit bleek progressief toe te nemen zoowel met het grooter worden der slagsnelheid als met den tijdsduur van de proef.

De straalslagproeven werden o.m. voortgezet door de Haller, die in 1933 de verkregen resultaten publiceerde (lit. 7). Het gebruikte toestel was soortgelijk als dat van Honegger. De omtreksnelheid van de schijf (slagsnelheid) was echter kleiner n.l. 77 m/sec, terwijl de straal een diameter had van 8 mm bij een watersnelheid van 6,25 m/sec.

Onder dezelfde beproevingsomstandigheden werden proefstaafjes van verschillende metalen en legeringen onderzocht. Chroom-Vanadiumstaal en genitreeerd staal bleken de kleinste gewichtsverliezen te hebben. Bovendien bleek de aard (bewerking) van het metaaloppervlak een veragenden invloed te hebben op de aantasting. Zoo zal een gepolijst oppervlak nog zoo goed als geen corrosie vertoonen, wanneer een ruw oppervlak reeds diep is aangevreten. Wanneer echter bij de gepolijste staaf de aantasting een bepaalden graad heeft bereikt, verloopt het verdere proces even snel als bij het ruwe oppervlak.

Volledigheidshalve moge nog worden vermeld, dat de Haller ook heeft gepoogd de drukverdeling te meten met behulp van een piëzo-kwartscel, waarbij gebruik gemaakt wordt van de eigenschap, dat een op bepaalde wijze geslepen kwartskristal door een uitwendige kracht electrisch geladen wordt, welke lading met de kracht evenredig is. De stift, waarmede de plaatselijke drukken werden gemeten, had hierbij een diameter van  $\pm 1\frac{1}{2}$  mm.

Daar volgens de jongste onderzoekingen de plaatselijke drukken zich echter concentreeren op een oppervlakte van eenige duizendste  $\text{mm}^2$ , zijn de door de Haller gemeten drukkingen van 200 à 300  $\text{kg/cm}^2$  dus bij lange na niet de maximale.

Hierop werd terecht gewezen door v. Schwarz en Mantel (lit. 9), die bij een proefstaaf uit messing bij een slagsnelheid van 72 m/sec reeds na 30 seconden (d.i. 1300 slagen) mikroskopisch kleine vormveranderingen (verhoogingen en verdiepingen) der oppervlakte konden waarnemen met een gemiddelde grootte van 0,004  $\text{mm}^2$ . In verband hiermede zijn de schrijvers dan ook van meening, dat de zeer plaatselijke maximale drukkingen bij cavitatie 10 000  $\text{kg/cm}^2$  en hooger moeten zijn.



Groote waarde wordt toegekend aan de breukvastheid na overschrijding van de vloeigrens, alsmede aan den weerstand tegen herhaalde belasting. Het roestvrij *Kruppstaal* V2A bleek een veel grooteren weerstand tegen straalslag te hebben dan andere metalen, hetgeen trouwens reeds door Schröter werd gevonden (lit. 8).

Kan door bovenvermelde proeven het dus wel als vaststaand worden beschouwd, dat de primaire oorzaak der snelle aantasting der metalen van mechanischen aard is, zoo waren tot dusver alle schrijvers van meening, dat cavitatie alleen kon optreden, wanneer de absolute druk in de waterstrooming den dampdruk bereikt of daar beneden wil komen.

Het was van Iterson, die er op wees, dat cavitatie met de daardoor veroorzaakte aantasting reeds kan optreden bij veel kleinere onderdrukken (lit. 10). Hij beschrijft deze cavitatie, die hij nauwkeurig waarnam in glazen buizen, waarvan de doorsnede eerst sterk convergeert om daarna langzamer te divergeeren, als volgt. Kleine belletjes gevuld met lucht of damp verschijnen aan den begrenzingswand. Ze worden langs de metaalwanden medegevoerd en verdwijnen plotseling, alsof zij door dien wand worden geabsorbeerd. Bij het optreden der cavitatie vermindert de stroomweerstand een weinig, waardoor het debiet iets toeneemt.<sup>4)</sup> Verder wordt een karakteristiek geruisch hoorbaar, dat gelijkt op het bekende „zingen” van water, voordat het aan de kook komt. Bij deze cavitatie, die de schrijver „oppervlakte-cavitatie” noemt, wordt het materiaal aangetast op de plaats waar de belletjes verdwijnen.

Daar het hier om zeer kleine belletjes gaat, zullen wij in tegenstelling met de macro-cavitatie liever spreken van *micro-cavitatie*.

Van Iterson vond nu, dat de micro-cavitatie bij zuiver water, dat met atmosferische lucht is verzadigd, begint bij een vacuum van ongeveer 5 meter. Bij water, dat verontreinigd is met  $\frac{1}{2}$  g koolpoeder, begint het verschijnsel echter reeds bij een vacuum van 1 m. In tegenstelling met de groote holten bij macro-cavitatie zijn de kleine belletjes bij micro-cavitatie vnl. gevuld met lucht, welke op de plaatsen van onderdruk uit het water is ontweken.

Beschouwt men een dergelijk belletje, dan is het duidelijk, dat de luchtdruk daarin evenwicht moet maken met de oppervlaktespanning van het belletje en den vloeistofdruk daarom heen. In verband hiermede kan worden berekend, dat de belletjes bij hun ontstaan een diameter hebben van 6 — 30 microns, alzoo inderdaad microscopisch klein zijn. Natuurlijk kunnen meerdere belletjes zich wel vereenigen tot grootere, terwijl alle belletjes tezamen

4) Dit verschijnsel werd ook door Thoma en Schilhansl opgemerkt bij waterturbines. Bij het begin der cavitatie neemt het nuttig effect merkwaardigerwijze iets toe (zie *Hydraulische Probleme* — lit. 4 en 5 — blz. 105 en 110). Door de laag van zeer kleine luchtbelletjes aan den wand wordt de wrijvingsweerstand, dien het water hier ondervindt, blijkbaar verminderd, terwijl het energieverlies door waterstooten nog zeer klein is.

langs den wand een soort grenslaag vormen met een schuimachtig aanzien.

In een bepaalde doorsnede, waar het vacuum in overdruk overgaat, verdwijnen de belletjes echter plotseling, doordat het evenwicht verbroken wordt. Daar thans voor de vloeistofstrooming weer het geheele profiel beschikbaar is in tegenstelling met den toestand daar voor, waarbij een gedeelte van het profiel door de grenslaag van belletjes is ingenomen, zal ter plaatse van bedoelde kritische doorsnede de gemiddelde watersnelheid plotseling afnemen, waardoor een drukverhooging ontstaat, die het plotseling ineenvallen der belletjes natuurlijk in de hand werkt.

Wanneer men met van Iterson aanneemt, dat bij de contractie van een belletje de daarin opgesloten lucht zonder weerstand weer door het water wordt geabsorbeerd, wordt de eindsnelheid van contractie (wanneer het belletje dus een straal  $r = 0$  heeft gekregen) oneindig groot en in verband met formule (2) dus ook de plaatselijke druk in het middelpunt van contractie, waarmede een alleszins aannemelijke verklaring is gegeven van de zeer groote plaatselijke drukken, die ook bij de micro-cavitatie kunnen optreden<sup>5)</sup>.

De aanwezigheid van verontreinigingen werkt de vorming der luchtbelletjes in de hand dus ook de micro-cavitatie. Een zelfde „katalytische” werking vertoonen oliedeeltjes, die in het water of op den wand aanwezig zijn.

Zoo deelt van Iterson mede, dat een viertal pompen, die in Holland zeer goed functioneerden, bij gebruik door een petroleumraffinaderij op Curaçao sterke cavitatieverschijnselen vertoonden. De oliedeeltjes werken echter nog in een ander opzicht nadeelig, doordat de belletjes zich als *halve belletjes* aan den wand hechten, waardoor de waterstoot bij contractie rechtstreeks op het materiaal wordt overgebracht. Bij zuiver water en een gepolijst oppervlak hecht het belletje zich nagenoeg *rakend* aan het metaal (lit. 10, fig. 12 en 13).

In dit opstel werd eenvoudigheidshalve een onderscheid gemaakt tusschen macro- en micro-cavitatie. Het spreekt echter van zelf, dat beide vormen ook tegelijkertijd kunnen optreden waarbij nu eens de eene vorm, dan weer de andere meer op den voorgrond zal treden.

Macro-cavitatie kan men tegengaan door het bereiken van den dampdruk zooveel mogelijk te voorkomen, hetzij door een hydrodynamisch juiste dimensionering van de begrenzingen der strooming, hetzij door bepaalde exploitatievoorschriften als bij den *Kloethevel*.

Micro-cavitatie is bij constructies als pompen, Francisturbines, hevelleidingen enz. niet te vermijden, daar ze reeds bij zulke geringe onderdrukken optreedt. Wel dient men te bedenken, dat de aantasting van het materiaal in het algemeen geringer

5) Zie ook de berekeningen van Föttinger (lit. 4, blz. 21) en van Honegger (lit. 6, blz. 103), waarbij echter de invloed der oppervlaktespanning buiten beschouwing wordt gelaten. Verder de berekening, voorkomende in Lamb, *Lehrbuch der Hydrodynamik*, 2. Auflage, blz. 130.



zal zijn, althans langzamer zal geschieden, naarmate de snelheden kleiner zijn.

Van groot belang blijft het echter om overal, waar cavitatie is te verwachten, een materiaal te bezigen met grooten weerstand tegen straalslag.

#### Literatuur.

1. Vreedenburgh, „De waterstoot in buisleidingen bij lineaire snelheidsveranderingen”, *De Waterstaats-Ingenieur* No. 8 — 1921.
2. Vreedenburgh, „De hydraulische eigenschappen van den Kloethevel”, *Mededeelingen B. S. C.* October 1926.
3. Zorn, „Die Spiegelabsenkung des Kratersees Kloet (Java) mittels Heberleitungen”, *Zeitschr. Oesterr. Ing. Arch. Ver.* 1927 Heft 1/2.
4. Föttinger, „Untersuchungen über Kavitation und Korrosion bei Turbinen, Turbopumpen und Pro-

pellern”, *Hydraulische Probleme*, V. D. I. — Verlag 1926.

5. Thoma, „Die Kavitation bei Wasser-Turbinen”, *Hydraulische Probleme V. D. I* — Verlag 1926.
6. Honegger, „Über Erosionsversuche”, *B. B. C. Mitteilungen* April 1927.
7. de Haller, „Untersuchungen über die durch Kavitation hervorgerufenen Korrosionen”, *Schweiz. Bauz.* 1933 Bd. 101 Nrs. 21 en 22 (met uitgebreide literatuurlijst).
8. Schröter, „Werkstoffzerstörung bei Kavitation”, *Zeitschr. V. D. I.* 1934 No. 11.
9. v. Schwarz en Mantel, „Zerstörung metallischer Werkstoffe durch Wasserschlag”, *Zeitschr. V. D. I.* 1936 No. 28.
10. van Iterson, „Cavitation et Tension superficielle”, *Proc. Kon. Akademie van Wetenschappen Amsterdam*, Vol. XXXIX Nos. 2 en 3, 1936.

V r.

#### VARIA.

### Grondonderzoek t.b.v. het Muskingumplan.

In *Engineering News Record* van 26 Maart, van 9 en 23 April en van 7 Mei 1936 komt een serie artikelen voor van de hand van T. T. Knappen en R. R. Philippe, waarin de schrijvers belangwekkende mededeelingen doen betreffende de uitkomsten der grondonderzoekingen, welke verricht zijn ten behoeve van den bouw van een aantal aarden dammen in het stroomgebied van de Muskingumrivier. Deze dammen, waarvan de kosten geraamd werden op rond 40 000 000 dollar, beoogden de regulering van den afvoer in verband met de aanzienlijke schade, welke door hoog water bij herhaling werd aangericht in de Muskingumvallei. Het algemeene plan omvatte den bouw van 14 dammen met bijkomende werken, als de gedeeltelijke verlegging van negen spoorlijnen en 250 km weg, de aanleg van dijken en pompstations e.d. Behalve de Dover-dam, welke van beton zou worden geconstrueerd, zouden de dammen bestaan uit aarden damconstructies met een ondoorlatende kern en aan beide zijden aansluitende steenstortingen (zie de in *fig. 1* gegeven doorsnede van een der dammen).

Ten aanzien van de bouwwijze wordt medegedeeld, dat het in verband met de hooge kosten daarvan uitgesloten was de dammen op te spoelen (hydraulisch), zoodat besloten werd tot de gewone wijze van ophoogen en walsen.

De geologische gesteldheid van den ondergrond maande tot groote voorzichtigheid, in verband waarmee uitgebreide grondonderzoekingen noodig wer-

den geacht, welke centraal verricht werden in een daartoe ingericht laboratorium te Zanesville.

Op grond van de uitkomsten der laboratoriumonderzoekingen bleek het mogelijk, in deze dammen species van zeer verschillend geologisch karakter te verwerken, terwijl niettemin de te verwachten resultaten vrij nauwkeurig konden worden voorspeld.

Sinds de belangrijke studies terzake van R. R. Proctor (vgl. *De Ingenieur in N.-I.* Nos. 5 en 8 — 1934), is door dit onderzoek opnieuw een belangrijke schrede voorwaarts gedaan inzake de praktische toepassing van de beginselen der grondmechanica bij de constructie van aarden dammen, zoodat men bij het ontwerpen daarvan steeds minder afhankelijk is van empirische gegevens.

Aan bovengenoemde artikelenserie is het volgende ontleend.

#### WIJZE VAN ONDERZOEK EN CLASSIFICATIE.

Het probleem, dat de constructie van aarden dammen als reguleeringswerken in het dal van de Muskingumrivier bood, hield in hooge mate verband met de geologie van het stroomgebied van deze rivier. In het Noorden en Westen treft men moraine-afzettingen aan; in het Zuidoosten eluviale gronden (ter plaatse verweerde gronden) met diep geërodeerde valleien, opgevuld met weinig geconsolideerde zanden en kleibanken; tusschen deze beide gebieden in ligt tenslotte een zone van afgespoeld gletschermateriaal.

In elk dezer gebieden zouden dammen worden gebouwd. Als gevolg van de geologische zeer uiteenlopende omstandigheden zijn de in deze gebieden aangetroffen grondsoorten van verschillend karakter, zoowel wat betreft hunne geschiktheid om in het damlichaam te worden verwerkt als om tot fundeering daarvan te dienen. In het algemeen kan

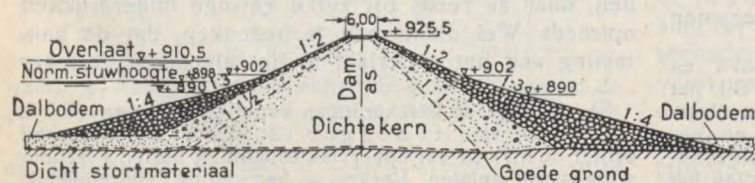


Fig. 1. Damdoorsnede.



worden gezegd, dat men in elke zone één bepaald grondtype aantreft, echter met plaatselijke afwijkingen.

Het volgende moge een algemeen overzicht betreffende de dammen geven.

1. De Mohicanville-, Charles Mill- en Pleasant Hill-dammen, welke in de glaciale zone liggen, zijn gefundeerd op gletscherafzettingen; de grondslag is voldoende sterk en ondoorlatend. Een uitzondering hierop moet alleen worden gemaakt voor den Charles Mill-dam, waarbij een recente ongeconsolideerde „silt”-laag <sup>1)</sup> moest worden verwijderd. Ofschoon de bouw dezer dammen in verband met den aard van den ondergrond wat het hoofdwerk betreft geen moeilijkheden opleverde, was zulks wel het geval voor enkele bijkomende werken, daar deze moesten worden gefundeerd op ca. 20 ft. dikke veenlagen.

2. De Bolivar-, Beach City- en Mohawk-dammen liggen in het gebied van afgespoeld morainemateriaal. De grondslag is gekenmerkt door sterk waterdoorlatende, 100 à 200 ft. dikke zand- en grindlagen, welke afgedekt zijn door een dunne, plaatselijk sterk doorlatende zanderige kleilaag. Voor het ontwerp van deze dammen waren de grootte en de invloed van den te verwachten kwel op de stabiliteit maatgevend. Teneinde tegen den ongunstigen invloed van doorsijpeling op de stabiliteit doelmatige voorzieningen te kunnen treffen, was het noodig deze kwel te bepalen.

3. De grondslag van de dammen in de zuidoostelijke zone bestaat uit ongeconsolideerde „silt”- en kleilagen, welke in dikte varieren van 5 tot 70 ft., en waaronder in den regel afzettingen worden aangetroffen van fijn zand of ander stabiel materiaal. In verband met deze omstandigheden deed zich voor deze dammen in de eerste plaats de vraag voor, in hoeverre de grondslag voldoende sterk zou zijn om de dambelasting te dragen. Daarnaast moest voor de gevallen, waarin de bovenliggende „silt”- of kleilaag betrekkelijk dun was, de invloed van de kwel worden nagegaan. Tot laatstbedoelde categorie behooren de Leesville-, Tappen- en Clending-dammen, terwijl bij de Piedmont- en Senecaville-dammen uitsluitend de sterkte van den grondslag diende te worden onderzocht. De Wills Creek-dam bood beide problemen, daar deze dam ten deele rust op doorlatende zanden grindlagen en overigens op secundaire „silt”- en kleilagen.

Onder de bovenbeschreven omstandigheden kwam het aangewezen voor een voorloopig grondonderzoek in te stellen op de plaatsen, waar volgens het algemeen verbeteringsplan de bouw van een dam wenschelijk werd geoordeeld. Bij dit voorloopig onderzoek bleek al spoedig, dat zich verschillende belangrijke problemen voordeden. Zoo zou b.v. de uit ongeconsolideerde „silt”- en klei bestaande grondslag vermoedelijk onvoldoenden weerstand hebben tegen de door de bovenbelasting opgewekte schuifspanningen. Uitsluitel hieromtrent te verkrijgen was o.m. daarom van groote betekenis, omdat, indien door deze oorzaak een ongeval zou plaats hebben, een andere bouwplaats zou moeten worden gekozen, het-

geen een ernstig geldelijk verlies zou medebrengen. Anderzijds zouden de bouwkosten wellicht onnoodig hoog worden, indien men door onvoldoende inzicht in de verschillende van invloed zijnde factoren een overmatig veilige constructie zou kiezen.

Twee van de geplande dammen, welke op een doorlatenden grondslag moesten worden gefundeerd, zouden zeer hoog worden; een dezer dammen, de Mohawk-dam, zou 115 ft. hoog worden en wellicht de hoogste, ooit op een uit zand en grind bestaanden grondslag geprojecteerden dam zijn.

Het zou dan ook niet verantwoord zijn tot den bouw dezer dammen over te gaan, alvorens een bevredigend inzicht was verkregen in het gedrag van den grondslag na voltooiing van den dam. Daar uit economische overwegingen de uit de ontgravingen voor de aflaten, overlatten enz. verkregen grond zooveel mogelijk in de dammen zou moeten worden verwerkt, was bij de varieerende gesteldheid der uit die ontgravingen beschikbare grondsoorten een juiste kennis van hunne eigenschappen van groot belang.

Een veilig en economisch opgezet ontwerp zou dan ook slechts verkregen kunnen worden door toepassing van de nieuwste inzichten der grondmechanica en door, waar noodig, aanvullende onderzoekingen te verrichten. In verband hiermede werd een laboratorium voor grondonderzoek ingericht, dat uitgerust werd ten behoeve van:

- 1e) een snelle analyse en classificatie van grond, teneinde een basis te verkrijgen voor verder onderzoek;
- 2e) de bepaling van de doorlatendheid zoowel van geroerde als van ongeroerde grondmonsters resp. van den dam en van de fundeering;
- 3e) de bepaling van consolidatie- en schuifspanningskarakteristieken van grondmonsters van den ongeroerden grondslag en in zekere mate ook van in den dam te verwerken geroerde specie;
- 4e) de bepaling van de last-zettingsdiagrammen van het dammateriaal en van het vereischte vochtgehalte.

Nadat het laboratorium in gebruik was gesteld, kon worden begonnen met een orienteerend veld- en laboratoriumonderzoek inzake de mogelijkheid van dambouw op de voorloopig uitgekozen bouwplaatsen. Daarbij werd tevens nagegaan, welke voorzieningen vermoedelijk noodig zouden zijn om de stabiliteit der dammen te waarborgen, en werden de benodigde gegevens verzameld betreffende de ontgravingen, grondslag enz. ten behoeve van een voorontwerp en van het opmaken van een kostenraming.

### Grondmonsters.

Het aantal boringen werd zoodanig gekozen, dat een inzicht werd verkregen in het geologisch profiel der bouwplaats. Gewoonlijk kon worden volstaan met twee of drie boringen in den dalbodem en een gelijk aantal in elk der beide dalwanden. Indien de aldus verkregen gegevens de mogelijkheid aanwezen om op de onderzochte plaats een dam te bouwen, werd een aanvullend onderzoek ingesteld naar geschikte bouwplaatsen voor de overlaat- en aflaatconstructies

1) Onder „silt” verstaat men in de U. S. A. recente aluvia met het karakter van zanderige klei. Vertaler.



en werden gegevens verzameld betreffende de mogelijke grondwinplaatsen en de beschikbare materialen.

De meeste boringen in de vermoedelijke ontgraving- en winplaatsen werden verricht met gewone handboren. Voor nader onderzoek van het geroerd materiaal werden monsters van 1 tot 5 lb. verzameld. Uit de hand verrichte boringen in de rivierdalen dienden ook voor gedetailleerd onderzoek betreffende omvang, diepte enz. van natuurlijke deklagen, welke op meer doorlatende onderlagen rusten. Voor zoover de monsters zouden dienen voor de bepaling van het vochtgehalte werden zij verzameld in afgesloten flesschen.

Tevens was het noodig monsters te nemen van het ongeroerde materiaal van den grondslag. Deze monsters kunnen in twee typen worden onderscheiden, n.l. die bestemd voor onderzoek op de doorlatendheid en die bestemd voor onderzoek op consolidatie en schuifweerstand. Voor eerstgenoemd onderzoek is het niet noodig, dat de grondmonsters bij de ontvangst in het laboratorium hun oorspronkelijk vochtgehalte hebben behouden, doch wel dat zij niet geroerd zijn. Voor het onderzoek op consolidatie en schuif mag bovendien het vochtgehalte der monsters geen wijziging hebben ondergaan. Dit laatste maakte het noodig deze grondmonsters onmiddellijk na de monsternamen met paraffine af te sluiten. Beide soorten monsters werden genomen uit proefputten op de uitgekozen bouwplaats.

### Grondclassificatie.

De voorloopige classificatie in het Zanesville laboratorium betrof de bepaling van het vochtgehalte en de korrelsamenstelling. Deze twee factoren tezamen geven n.l. een globaal beeld van het materiaaltipe en het vermoedelijk gedrag daarvan. De korrelsamenstelling alleen geeft geen uitsluitsel omtrent den waarschijnlijksten graad van consolidatie van het materiaal, doch wanneer van met water verzadigd materiaal de korrelsamenstelling bekend is, geeft het watergehalte een uitstekende indicatie voor de stabiliteit. Het vochtgehalte is overigens ook van belang voor de beoordeeling van de geschiktheid van het materiaal voor directe verwerking in den dam.

Nadat een monster in het laboratorium was ontvangen, werd daarvan een zekere hoeveelheid genomen en gewogen, vervolgens werd dit gedeelte in een elektrische oven gedroogd bij een temperatuur van 98° C. en opnieuw gewogen. Hieruit was dan het drooggewicht van het proeflichaampje en van de hoeveelheid water, dat het bevatte, bekend, en kon dus het vochtgehalte in procenten van het drooggewicht worden berekend. Vervolgens diende de classificatie van de korrelsamenstelling plaats te vinden. Dit kon bij eenige ervaring globaal vrij benaderend geschieden, doch niettemin was herhaalde analyseering van het materiaal (ongeveer 1 monster op de 10) noodig voor controle en om een zeefkromme samen te stellen.

De classificatie van de grondsoorten geschiedde door zeefanalyse, door slibanalyse met behulp van een areometer en door een combinatie van beide. Voor nauwkeurige onderzoeken bij verschillende dichtheden werden areometers van varieerende grootten gebezigd. De korrelsamenstelling vereischte meestal een combinatie van beide methoden van analyse.

De te onderzoeken grond werd eerst met water grof uitgezeefd door een zeef met 200 mazen per inch<sup>2</sup>; het gedeelte, dat op deze zeef bleef liggen, werd nu verder onderzocht door zeefanalyse en het gedeelte, dat de 200-mazen zeef passeerde, door slibanalyse. Het zeven door de 200-mazen zeef behoefde in eerste instantie niet nauwkeurig te geschieden, omdat het slechts beoogde voldoende fijne deelen uit te zeven om aankoeking bij het drogen te voorkomen, zoodat de nadere analyse van de korrelgrootten kon plaats hebben door met de standaard-zeven de fracties verder te scheiden. Er moest dan echter voor worden zorggedragen, dat het, bij dit verder zeven door de 200-mazen zeef, passeerende overschot werd toegevoegd aan het door slibanalyse te onderzoeken gedeelte.

De gecombineerde onderzoeksmethode gaf tevens eene controle op elke analyse afzonderlijk, omdat de beide daarbij verkregen krommen voor de korrelsamenstelling, geteekend op semi-logarithmisch papier tot een vloeiende lijn zonder knik moeten aansluiten.

Geclassificeerd werd naar de volgende standaards:

|                               |              |          |              |              |           |       |         |        |                       |         |      |                |  |  |
|-------------------------------|--------------|----------|--------------|--------------|-----------|-------|---------|--------|-----------------------|---------|------|----------------|--|--|
| 2,0                           | 1,651        | 1,0      | 0,833        | 0,5          | 0,417     | 0,208 | 0,1     | 0,074  | Alle diameters in mm. |         |      |                |  |  |
| 10 mazen                      | 20 mazen     | 35 mazen | 65 mazen     | 100 mazen    | 200 mazen |       |         |        |                       |         |      |                |  |  |
| Zeef<br>grof                  | Grof         | Middel.  | Fijn         | Grof         | Fijn      | Grof  | Fijn    | Grof   | Fijn                  | Grof    | Fijn | Ultra<br>klei. |  |  |
| Zand                          |              |          |              | Mo           |           | Silt  |         | Klei.  |                       |         |      |                |  |  |
| Internationale Classificatie. |              |          |              |              |           |       |         |        |                       |         |      |                |  |  |
| 2,0                           | 1,0          | 0,5      | 0,25         | 0,1          | 0,05      | 0,005 |         |        |                       |         |      |                |  |  |
| Fijn<br>grind                 | Grof<br>zand | Zand     | Fijn<br>zand | Zeef<br>zand | Silt      |       |         | Klei   |                       |         |      |                |  |  |
| Bureau of Soils U. S. D. A.   |              |          |              |              |           |       |         |        |                       |         |      |                |  |  |
| 2,0                           | 0,6          |          | 0,2          | 0,06         | 0,02      | 0,006 | 0,002   | 0,0006 | 0,0002                |         |      |                |  |  |
| Grof                          | Middel.      | Fijn     | Grof         | Middel.      | Fijn      | Grof  | Middel. | Fijn   | Grof                  | Middel. | Fijn |                |  |  |
| Zand                          |              |          |              | Silt         |           |       |         | Klei   |                       |         |      |                |  |  |



### Voorontwerp.

Na de beëindiging van de classificatie der beschikbare grondmonsters en van de bepaling van het watergehalte daarvan, alsmede van het geologisch onderzoek naar de aanwezige rotsformaties, kan over de damas een geologisch profiel geteekend worden. In sommige gevallen blijkt het dan nog noodig ter aanvulling loodrecht op de damas eveneens doorsneden te teekenen, alsook ter plaatse van de te bouwen aflat- en overlaatconstructies.

Hierna kunnen voorontwerpen voor de dammen worden opgemaakt, waarbij er rekening mede dient te worden gehouden, dat de uit de ontgravingen voor aflat- en overlaatkanalen te verkrijgen, bruikbaren grond zooveel mogelijk in den dam moet worden verwerkt, zoodat de grondontleening aan aparte, in de nabijheid gelegen grondwinplaatsen tot een minimum kan worden beperkt. De damdoorsnede moet worden ontworpen in verband met de geologische doorsnede van den ondergrond, waarbij in het bijzonder zal moeten worden gelet op de factoren, welke van invloed zijn op de stabiliteit en de kwel.

Het kan in dit verband noodig blijken, flauwere taluds of een meer afdoende drainage toe te passen; ook kan het gewenscht zijn in verband met den toestand van den grondslag om een aan de ondoorlatende damkern aansluitende bekleeding van den grondslag aan te brengen, welke zoover bovenstrooms reikt, dat een toelaatbare verhouding tusschen drukhoogte en lengte van den kwelweg wordt verkregen. Soms zal een voorziening getroffen dienen te worden, bestaande uit verbetering van den grondslag door gedeeltelijke ontgraving daarvan en vervanging door andere grondsoorten, door cementinjectie of door inheien van stalen damwanden.

Wellicht zullen aanvullende onderzoeken op het terrein niet kunnen worden gemist om een inzicht te krijgen in:

- a. de eigenschappen van dam en grondslag, wat betreft doorlatendheid en kwel, en weerstand tegen verweking en afschuiving;
- b. de eigenschappen van het materiaal van den ondergrond inzake de mate en de snelheid van consolidatie, de door de dambelasting veroorzaakte schuifspanningen en den weerstand van de fundeeringen daartegen;
- c. de geschiktheid als damspecie van het materiaal uit de ontgravingen en de winplaatsen.

### ONDERZOEK NAAR DOORLATENDHEID EN KWEL.

De kwel door het damlichaam en den ondergrond vereischte, blijktens het voorloopig grondonderzoek, een zorgvuldige, nadere bestudeering. Ten aanzien van de kwel bij aarden dammen is het van belang te weten: 1e de hoeveelheid syfelwater, en 2e den destabiliseerenden invloed daarvan. De toelaatbare verliezen door kwel houden verband met het type van den dam en het doel, waarvoor deze zal dienen. Zoo is b.v. een groot kwelverlies bij een dam t.b.v. een krachtwerk van meer belang dan bij een dam, welke gebouwd wordt ter reguleering van rivierafvoeren.

De reservoirs van het Muskingumproject behooren in de eerste plaats tot laatstgenoemde categorie van

werken. Wel ligt ook in enkele gevallen de opzame-ling van groote waterhoeveelheden in de bedoeling, doch ook in die gevallen kan de waarde van het water niet zoodanig geacht worden, dat het financieel verantwoord zou zijn tegen kwelverliezen andere voorzieningen te treffen, dan strikt noodig zijn tot verzekering van de stabiliteit der constructies. De bouw van verzamelreservoirs werd dan ook slechts overwogen, wanneer de minimumafvoeren groot-er waren dan de in verband met de stabiliteit toelaat-bare kwelverliezen.

Het onderzoek inzake de kwelverliezen was hier-door zeer beperkt en omvatte slechts de bepaling van de toelaatbaarheids grenzen m.h.o. op de stabiliteit der constructies. Van groot belang is hierbij het vraag-stuk van welvorming.

### Welvorming.

Voor een juiste oplossing van dit probleem is een goed begrip van de oorzaken, welke een wel tot ge-volg hebben, noodzakelijk. Dit verschijnsel treedt op, wanneer de door het syfelwater uitgeoefende druk grooter is dan de weerstand van den grond daarte-gen. Een cohesieloos materiaal, waarin een naar boven gerichte strooming plaats vindt, zal in bewe-ging komen, zoodra het drukverlies over een be-paalden afstand in de richting van den stroom gelijk of grooter is dan het ondergedompeld gewicht van het materiaal over den beschouwden afstand.

Een voorbeeld moge dit verduidelijken.

Wanneer we een grondkubus met zijden van 10 cm beschouwen, waarvan het gewicht bij een poreusi-teit van 0,41 bedraagt 2 kg, dan zal het gewicht daar-van onder water 1 kg zijn. Wordt door deze grond-massa nu een opwaarts gerichte waterstroom ge-leid, waarvan het drukverlies over 10 cm hoogte (richting van den stroom) 10 cm bedraagt, dan zal de op de kubus door het water uitgeoefende kracht bedragen 1 kg, zoodat de grondmassa in labiel even-wicht verkeert en er derhalve kans bestaat, dat de grond zal worden doorbroken. Hieruit blijkt, dat bij een naar boven gerichten waterstroom verweking van dergelijken grond mag worden verwacht, indien de hydraulische gradiënt 1 op 1 of steiler is. In dit verband is het tevens duidelijk, dat voorzieningen daartegen in de eerste plaats getroffen kunnen wor-den door den stroomingsweg te verlengen.

Voor grondwaterstroomingen geldt, zooals bekend mag worden verondersteld, in het algemeen de wet van Darcy:  $Q = k \cdot i \cdot A$ . Hierin beteekent:

$Q$  = de hoeveelheid syfelwater in  $\text{cm}^3/\text{sec}$ ;

$i$  = de hydraulische gradiënt = het drukverlies in cm, gedeeld door de lengte van den door het water afgelegden weg in cm;

$A$  = de oppervlakte van de beschouwde doorsnede in  $\text{cm}^2$ , gemeten loodrecht op de stroomrichting.

De bepaling van de hoeveelheid syfelwater op deze wijze komt neer op de oplossing van een wiskundig probleem, dat practisch echter alleen is opgelost voor enkele gevallen, waarin het materiaal homogeen is. Voor de aarden dammen van het Muskingumproject was dit laatste niet het geval en werd de oplossing van het gestelde probleem gevonden door het ver-richten van modelproeven en toepassing van de ge-lijkvormigheids wetten.



### Bepaling van den doorlaatcoëfficiënt.

Teneinde de doorlatendheid vast te stellen, werden in het laboratorium onderzoeken verricht inzake de doorlaatcoëfficiënten van de grondsoorten van dam en fundeering van het prototype.

Het onderzoek komt hierop neer, dat een stroomingstoestand in het te onderzoeken monster wordt opgewekt door daarboven een waterkolom te plaatsen en den achterwaterstand constant te houden. De zakking van den bovenwaterspiegel als functie van den tijd geeft dan bij bekende temperatuurscondities de gegevens voor de berekening van den coëfficiënt  $k$  van Darcy's wet voor die condities. Deze oplossing kan als volgt worden geschreven:

$$k = \frac{a \cdot L}{A \cdot t_1} \text{ l.n. } \frac{H_0}{H_1},$$

waarin  $a$  = de doorsnede van de standpijp,  $A$  = de doorsnede van het grondmonster loodrecht op de stroomrichting,  $L$  = de lengte van het grondmonster in de richting van den stroom,  $H_0$  = de oorspronkelijke overdruk en  $H_1$  = de overdruk na den tijd  $t_1$ .

De doorlaatcoëfficiënt is o.a. afhankelijk van de dichtheid en de structuur van het beschouwde materiaal. Om van de materialen van het prototype de doorlatendheid op deze wijze te kunnen bepalen, is het daarom noodig, ongeroerde grondmonsters van dam en fundeering te onderzoeken.

Daar dergelijke proeven gedaan worden, voordat met den bouw van een dam een aanvang wordt gemaakt, kan de doorlatendheid van den dam voorts alleen bepaald worden door de in den dam te verwerken materialen uit te zoeken en te mengen in de verhouding als waarin ze in den dam zullen worden verwerkt. Voor de bepaling van de doorlatendheid van den grondslag zijn ongeroerde monsters noodzakelijk, welke beproefd dienen te worden zoo mogelijk onder dezelfde condities, als waarin het fundeeringsmateriaal na voltooiing van den dam zal verkeeren.

Voor het onderzoek van geroerd materiaal uit de grondwinplaatsen werden doorlatendheidsmeters gebruikt van verschillende typen <sup>2)</sup>. Het te onderzoeken monster werd droog in het toestel gebracht en kon zich daarna verzadigen door capillaire opzuiging; vervolgens werd een overdruk uitgeoefend en begint de meting.

Bij verschillende dichtheden werden de proeven herhaald, zoodat het verband tusschen dichtheid en doorlatendheid kon worden vastgesteld. Dit verband bleek op logarithmische schalen uitgezet rechtlijnig te verlopen.

Daar de specie in een dam wordt verwerkt ongeveer bij haar vloeigrens, geeft het vochtgehalte daarbij een aanwijzing voor de dichtheid.

De vereischte nauwkeurigheid bij de vaststelling daarvan hangt af van omstandigheden. Zoo zal b.v. de vereischte nauwkeurigheid bij de bepaling van de doorlatendheid van een waterdichten dam, gefundeerd op een doorlatenden grondslag, niet groot behoeven te zijn, daar de kwelstroom grootendeels door den ondergrond zijn weg zal vinden; in dit geval is voor de

fundeering groote nauwkeurigheid bij de vaststelling van de doorlatendheid noodig.

Voor de oplossing van specifieke fundeeringsproblemen moet, zooals boven werd opgemerkt, een nauwkeurige bepaling plaats vinden van de werkelijke doorlatendheid van het ongeroerde materiaal. Om dit te bereiken, werden voor het onderzoek te Zanesville monsters van den ongeroerden grondslag verzameld door ter plaatse proefputten te maken en het monster te nemen door den grond weg te graven rondom een  $12' \times 12'$  groote kist met losneembare zijwanden, welke daardoor zonk en bij dat zinken het ongeroerde materiaal omsloot. De aldus verzamelde monsters werden in het laboratorium gebracht, waar de wanden van de kist werden losgenomen en de vier zijden van het monster met paraffine werden afgesloten. Het grondmonster werd daarna opgesloten in een proefbak, welke aan beide zijden open is, filters van zand en grind werden op deze open einden aangebracht en de bak vervolgens in een tank met water gezet, zoodat het grondmonster met water werd verzadigd. Nadat dit geschied was, werd op de kist een standpijp aangebracht en deze gevuld met water. De dwarsdoorsnede van de standpijp moest bij grof materiaal groot en bij fijner materiaal klein genomen worden. De variatie bedroeg van 100 sq. inch tot 0,06 sq. inch. De snelheid, waarmede het water in de standpijp zakte, werd opgeteekend en gaf de gezochte gegevens voor de oplossing van  $k$  voor de formule van Darcy.

### Bepaling van de kwel.

In het bovenstaande zijn de grondbeginselen besproken voor de bepaling van den coëfficiënt  $k$  voor de doorlatendheid in Darcy's formule. Zooals hiervoor is opgemerkt, is een zuiver analytische toepassing van Darcy's formule bezwaarlijk mogelijk voor niet homogeen materiaal, doch kan daarvoor de bepaling van de kwel experimenteel geschieden. Hiervoor zijn modelonderzoeken onder toepassing van de gelijkvormigheidswetten noodig. Voor dat doel werden twee typen van modeltanks gebruikt. Het eene was een stalen tank, aan een zijde voorzien van glaswanden, 40 ft. lang, 3 ft. breed en 6 ft. diep; het andere bestond uit een goot met glazen zijwanden 14 ft. lang, 2 ft. diep en  $1\frac{1}{2}$  inch wijd <sup>3)</sup>.

Eerstgenoemde tank was voorzien van standpijpverbindingen om de potentiaal in vele punten van het model te kunnen meten. Het doen van proeven in de groote tank leverde echter eenige moeilijkheden op, waardoor haar gebruik beperkt bleef tot enkele gevallen. Het groote volume van de tank vereischte n.l. betrekkelijke groote hoeveelheden materiaal, en het zorgvuldig inbrengen dier materialen kostte veel tijd en was zoo kostbaar, dat het gebruik van de tank in de meeste gevallen niet economisch was. Dikwijls was bovendien de tijd, benoodigd voor het voorbereiden en doen van een serie proeven zoodanig, dat de resultaten niet tijdig bekend waren, om daarmede bij het opmaken van het ontwerp rekening te kunnen houden. Voorts bleek bij vergelijking der uitkomsten van de in de tank en in de glazen goot gedane proefnemingen, dat deze uitkomsten zeer goed

2) In het oorspronkelijk artikel komt een tekening voor, waarnaar verwezen moge worden.

3) Zie noot 2.



overeenstemden, zoodat besloten werd de proeven in hoofdzaak te doen in de glazen goot.

Bij deze proeven in de glazen goot zijn voor den grondslag en het dammodel materialen gebezigd, welke eenzelfde verhouding van doorlatendheid hebben ten opzichte van elkander als de overeenkomstige materialen in de natuur. Materialen, waarvan de waarde van den doorlaatcoëfficiënt  $k$  kleiner is dan  $20 \cdot 10^{-4}$  cm/sec zijn in de glazen goot niet toegepast, teneinde beïnvloeding van de uitkomsten door capillaire werking uit te sluiten. Bij het inbrengen in de goot werden de fijnere materialen in dunne lagen gestampt, waarbij de waterstand in de goot gehouden werd ongeveer op het niveau van de vorige laag, al naar gelang van de capillariteit; hierdoor werd het water in de nieuw opgebrachte laag opgezogen en alle lucht daaruit geperst. De grovere materialen (grover dan de 65-mazen zeef) werden onder water ingebracht en geroerd om de lucht er uit te drijven en een uniform mengsel te verkrijgen. Door een overloop-syphonstelsel kon de waterstand in de goot boven en beneden het model van den dam op constant niveau worden gehouden, terwijl voorts de hoeveelheid water, welke aan de benedenzijde van het model wegvloede, kon worden gemeten.

Om de eigenschappen inzake doorsypeling van een geprojecteerden dam en van de fundeering te onderzoeken, moet de doorlatendheid van het model van dam en fundeering evenredig zijn aan die in de natuur, opdat op schaal een zuiver beeld verkregen wordt van den toestand na voltooiing van den dam. Tijdens het onderzoek zijn de boven- en de benedenwaterstand constant gehouden en wel op de niveau's (op schaal), die in de natuur verwacht werden.

Bij een modelonderzoek zal kunnen blijken, of er kans op welvorming of neiging daartoe bestaat; zoo dit het geval is, bestaat dit gevaar ook bij den te bouwen dam en dienen voorzieningen te worden getroffen. Voorts kan de phreatische lijn in het model worden bepaald door met een verfstreep de wateroppervlakte aan te geven, zooals nader zal worden besproken. Om de uitkomsten van het modelonderzoek echter quantitatief te interpreteren, is het teekenen van een stroomnet met toepassing van de wet van Darcy noodzakelijk.

Een stroombeeld bestaat, zooals bekend is, uit de lijnen van gelijk potentiaalverschil en de bijbehorende stroomlijnen; op een plat vlak afgebeeld krijgt men 2 bundels van lijnen, welke loodrecht op elkaar staan en rechthoeken vormen, waarvoor de verhouding der zijden steeds dezelfde blijft. Zooals hierboven is vermeld, bleek het mogelijk in de groote tank de potentiaallijnen direct te bepalen, daar in den stalen wand openingen voor standpijpverbindingen waren aangebracht.

In de nauwe glazen goot kon zulks niet worden gedaan, doch konden daarentegen de stroomlijnen worden vastgesteld door kleurstof in te brengen en langs den wand den afgelegden weg aan te teekenen.

Uit het stroombeeld kan bij bekende doorlatendheid van de materialen en bekende hoogte van boven- en benedenwater, de sypelhoeveelheid voor het prototype worden berekend uit de formule:

$$Q = k_b \cdot \frac{N_1}{N_2} \cdot H,$$

waarin  $Q$  = hoeveelheid sypelwater in den tijd  $t$ ,  $k_b$  = is de basis-doorlatendheid,  $N_1$  = aantal stroombuizen,  $N_2$  = het aantal potentiaal intervallen en  $H$  = de hoogte van het net.

Ten behoeve van deze onderzoeken werd de doorlatendheid van ca. 700 ongeroerde grondmonsters bepaald, voor elk dezer monsters was ook een volledige mechanische analyse gedaan. Na bestudeering bleek, dat de zgn. 20%-korrel grootte — d.i. de korrelgrootte, waarbij 20% van het monster fijner is — een betere maatstaf is voor de doorlatendheid dan een grovere grens.

Een kleinere korrelbegrenzing werd niet beschouwd, omdat voor de meeste materialen de 20% korrelgrootte ongeveer de kleinste is, welke op de hierboven beschreven wijze kan worden onderzocht.

Fig. 2 geeft de verkregen uitkomsten grafisch weer. Opgemerkt wordt, dat de geteekende lijn een gemiddelde is van vele uitkomsten, welke onderling echter groote verschillen toonen en ook belangrijk van het gemiddelde kunnen afwijken. Deze lijn is dan ook alleen bruikbaar, voor zoover de 20%-afmeting bepaald is uit een groot aantal monsters van de fundeering. Indien men hiermede rekening houdt, is eene dergelijke grafiek een waardevol hulpmiddel bij het onderzoek naar de doorlatendheid, in het bijzonder voor een voorloopige bepaling daarvan.

Voor meer nauwkeurig onderzoek verdient het ech-

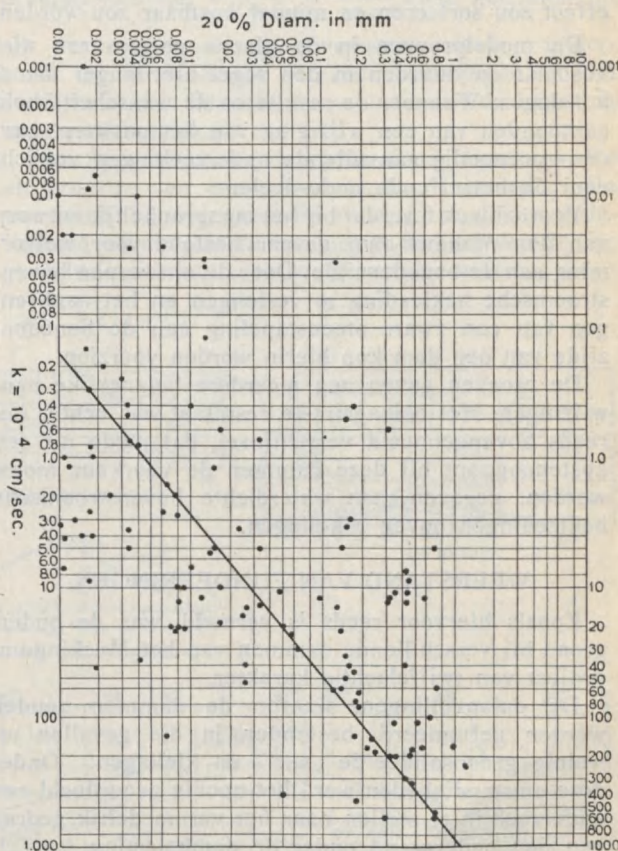


Fig. 2. Uitkomsten van het onderzoek op de doorlatendheid van ongeroerde grondmonsters; de groote spreiding valt op.



ter aanbeveling op de bovenbeschreven wijze de doorlatendheid te bepalen van een aantal ongeroerde grondmonsters.

De uit de grafiek bepaalde doorlatendheid werd in verschillende gevallen getoetst aan de uitkomsten van in proefputten verrichte pompproeven; daarbij bleek, dat een goede overeenstemming bestond in de op beide wijzen verkregen waarden voor de doorlatendheid.

Voor het onderzoek t.b.v. den 115 ft. hoogen Mohawk-dam, welke op 120 ft. diepe zand- en grindlagen zou worden gefundeerd, zijn acht dergelijke modelproeven gedaan, op grond van welke uitkomsten de vereischte voorziening tegen kwel, bestaande uit een bovenstroomsche bekleeding en een benedenstroomsch drainage-systeem, werd ontworpen.

### Waarde van modelonderzoekingen.

De waarde van modelonderzoekingen naar de doorlatendheid kan voor damconstructies niet licht worden overschat. De doelmatigheid van voorzieningen in den vorm van damwanden, bekleedingen, draineringen enz. en van de ontworpen damdoorsnede kan door dergelijke proeven worden aangetoond.

Zoo lag het b.v. bij de onderhavige ontwerpen oorspronkelijk in de bedoeling tegen lekverliezen afheiningen toe te passen. Bij het modelonderzoek bleek echter, dat een dergelijke voorziening, behoudens in één enkel geval, niet tegen redelijke kosten zou kunnen worden tot stand gebracht, terwijl daarentegen een bovenstroomsche waterdichte bekleeding meer effect zou sorteerden en minder kostbaar zou worden.

De modelproeven in de glazen goot waren niet kostbaar en duurden in den regel niet langer dan 2 à 3 dagen. Wanneer de resultaten de wenschelijkheid aantoonde van een wijziging van het ontwerp, werden zoo noodig aanvullende onderzoekingen verricht voor de betreffende onderdeelen.

Voorts bleek b.v., dat bij het oorspronkelijk ontwerp van den Mohawk-dam gevaar bestond voor welvorming aan de benedenzijde. Door de ontworpen bovenstroomsche bekleeding te verlengen en het aanbrennen van een zware steenstapeling aan de benedenzijde van den dam kon hierin worden voorzien.

De proeven gaven nog meerdere belangrijke aanwijzingen. Het belangrijkste resultaat was echter het reeds bovengenoemd verschijnsel, dat mede uit een kostenooipunt bij deze dammen de voorkeur moest worden gegeven aan waterdichte bovenstroomsche bekleedingen boven afheiningen.

### WEERSTAND VAN FUNDEERINGEN.

Zooals hiervoor reeds is vermeld, was de ondergrond bij verschillende dammen van het Muskingum-project van twijfelachtig karakter.

De dalopvullingen, waarop de dammen zouden worden gefundeerd, bestonden in die gevallen uit weinig geconsolideerde „silt”- en kleilagen. Onder deze omstandigheden werd het noodig geoordeeld een onderzoek in te stellen naar het vermoedelijk gedrag van den ondergrond onder de dambelasting.

Bij de bespreking van de doorlatendheid en de kwel hierboven, is reeds gewezen op de nauwe betrekking tusschen laboratoriumonderzoek en ontwerpwerk.

Hetzelfde geldt ten aanzien van het onderzoek naar de sterkte der fundeeringen. Met dit onderzoek toch wordt beoogd bij de constructie van de fundeering van een rationeele basis uit te gaan, door van de uitkomsten van het onderzoek gebruik te maken voor een praktische oplossing der te verwachten problemen. Opgemerkt wordt, dat hierbij de photo-elastische methode van spanningsonderzoek van groot nut is. Ofschoon aangenomen mag worden, dat elk fundeeringsprobleem op rationeele of experimenteele wijze zal kunnen worden opgelost, moet worden toegegeven, dat het in dit opzicht verrichte werk nog slechts in zijn beginselstadium verkeert. Thans doen zich ten aanzien van de constructie van dam en fundeering nog vraagstukken voor, welke nog niet opgelost zijn, doch aan de oplossing waarvan in de verschillende laboratoria wordt gewerkt. De fundamenteele vraagstukken, welke zich bij dambouw voordoen, zijn thans echter reeds alle in beginsel tot een oplossing gebracht.

### Zakking.

Tot deze hoofdproblemen behoort in de eerste plaats, dat betreffende de consolidatie. Onder consolidatie wordt verstaan het proces van verdichting van een grondsoort onder belasting. Wanneer men een belasting aanbrengt en het poriënwater wordt uitgedreven, heeft het volume neiging tot vermindering. Indien het materiaal verzadigd is, hetgeen in fundeeringen veelal het geval zal zijn, hangt de snelheid, waarmede de consolidatie plaats vindt af van de drainage-eigenschappen van het materiaal en de fundeering in het algemeen. Bij het Muskingumproject werd gevonden, dat voor sommige fundeeringen volledige consolidatie reeds had plaats gehad, in andere gevallen nog jaren zouden verlopen, alvorens dat stadium zou zijn bereikt (in een geval werd die periode geschat op 99 jaar).

Het is van belang, den totalen omvang te kennen van de onder een bepaalde belasting te verwachten consolidatie van de fundeering, alsook de mate van consolidatie tijdens de uitvoering, daar de ontworpen damhoogte bij de uitvoering verhoogd moet worden met het verschil tusschen beide waarden, teneinde uiteindelijk de geprojecteerde damhoogte te verkrijgen. Ook is het noodig, de wijze van consolidatie tijdens de uitvoering te weten om tevoren te kunnen bepalen, welke schuifspanningen in het materiaal van den grondslag zullen optreden, wanneer een bepaalde belasting wordt aangebracht. Granulair materiaal als zand en grind kan hierbij gewoonlijk buiten beschouwing blijven, omdat de deformatie van zulk materiaal relatief klein is en derhalve ook de consolidatie, welke overigens snel plaats vindt tijdens de uitvoering. Van belang zijn daarom alleen materialen van het „silt”- en kleitype.

De constanten voor een fundeering, welke in de consolidatie-formules voorkomen, kunnen worden bepaald door het onderzoek van ongeroerde monsters van de verschillende grondlagen der fundeering. Ten behoeve van de Muskingumdammen werden de proeven gedaan met toestellen, die voor dit doel speciaal ontworpen en gebouwd zijn; voor practisch gebruik waren deze toestellen, welke niet kostbaar waren,



zeer geschikt <sup>4)</sup>. Het toestel is zoodanig geconstrueerd, dat op het grondmonster een uniforme en constante druk kan worden uitgeoefend gedurende een willekeurigen tijdsduur, soms enkele dagen, terwijl voorts de belasting desgewenscht kan worden gewijzigd. De te onderzoeken grond werd geplaatst in een bronzen ring,  $1\frac{1}{4}$  inch diep en  $4\frac{1}{4}$  inch in diameter, en is gesneden precies op de maat van den ring uit een ongeroerd grondmonster (de ring werd daarbij als mal gebruikt).

Uit de proeven werd het verband tusschen consolidatie en tijd en tusschen spanning en deformatie gevonden voor de beschouwde grondmonsters. Ter illustratie diene dat, indien een monster van een bepaalde grondlaag ter dikte van b.v. 10 ft. 5% consolideerde onder een belasting gelijk aan de belasting van die laag, die laag uiteindelijk zou consolideeren onder de dambelasting met 5% van 10 ft. derhalve met 0,5 ft. Door de consolidatie voor elke grondlaag op deze wijze te bepalen en de uitkomsten bij elkaar op te tellen, werd de totale consolidatie van den ondergrond onder de dambelasting gevonden. Daar voorts de mate van consolidatie binnen zekere grenzen evenredig is met het kwadraat van den afstand tusschen de drainagegrenzen, en aannemende, dat de 10 ft. dikke laag rust op volledig draineerend materiaal, zal de consolidatie van deze laag plaats hebben in

$\frac{120^2}{1,25^2} = 9\ 210$  maal den tijd, welke gevonden werd voor het grondmonster. Indien de consolidatie hiervoor bedroeg 10 uur, zal de consolidatie van de beschouwde fundeeringslaag 92 100 uur of rond  $10\frac{1}{2}$  jaar vorderen. Op overeenkomstige wijze kan de consolidatie op een willekeurig tijdstip worden bepaald. Derhalve kan uit deze resultaten de omvang van de zakking tijdens en na den bouw van een dam met bevredigende nauwkeurigheid worden bepaald.

### Verhouding tusschen belasting en weerstand.

De volgende factor, welke beschouwd moet worden, is het verband tusschen belasting en weerstand van de damfundeering. In de eerste plaats dient de schuifweerstand van de materialen van den grondslag te worden bepaald. Nadat zulks is geschied, moet de dam zoodanig worden ontworpen, dat de toelaatbare spanningen niet worden overschreden. Bij het onderzoek van een grondslag, waarin materiaal van het klei- of „silt“-type met hoog vochtgehalte voorkomt, moeten schuifproeven worden genomen met de verschillende grondsoorten van de fundeering. Deze proeven moeten evenals de consolidatieproeven, gedaan worden met ongeroerd materiaal. Gewoonlijk wordt voor beide soorten proeven materiaal van hetzelfde grondmonster gebruikt. Grind en zanderige materialen zijn in dit verband in het algemeen van geen belang, omdat zij consolideeren direct bij het opbrengen van de belasting

en een grooten weerstand bezitten. Van materiaal van het klei- of „silt“-type kan betrekkelijk gemakkelijk een ongeroerd monster worden genomen, omdat deze materialen ondoorlatend zijn en daarin derhalve proefputten gegraven kunnen worden, zonder dat belangrijke drooghouding is vereischt.

Een speciale machine voor het onderzoek op den schuifweerstand werd in het laboratorium geconstrueerd <sup>5)</sup>. Bij de constructie van een dergelijke machine zijn twee punten van belang: 1e de verticale belasting moet gedurende de proef uniform plaats vinden, 2e de wijze, waarop de schuifbelasting wordt aangebracht en gemeten. Evenals voor het consolidatietoestel werd ook bij de constructie van dit toestel zooveel mogelijk gebruik gemaakt van in den handel verkrijgbare normale onderdelen, waardoor de kosten niet meer bedroegen dan 400 dollar.

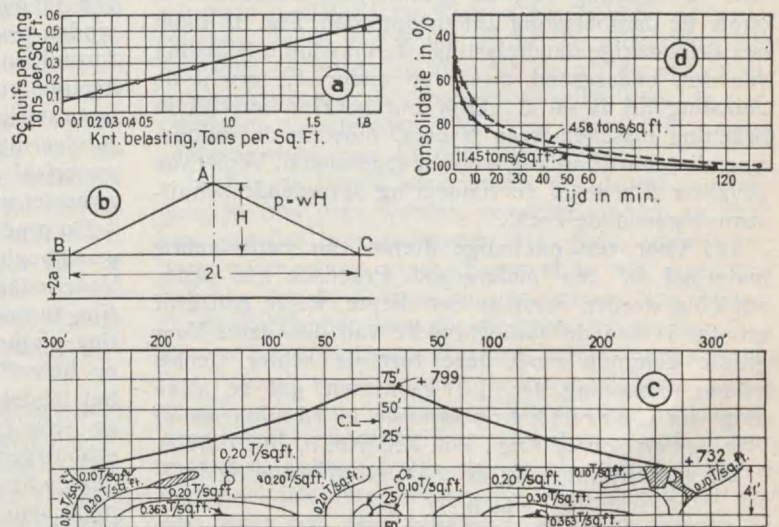
Het onderzoek naar den schuifweerstand komt in het kort hierop neer, dat men den te onderzoeken grond plaatst in een doos, welke uit twee helften bestaat, die niet met elkander in contact komen; op de onderste dooshelft wordt nu een schuifkracht uitgeoefend. De daardoor in het grondmonster opgewekte schuifspanningen worden van de bovenste helft der doos overgebracht naar een blaasbalg, waarvan de druk met een manometer wordt gemeten.

Bij de proeven werd zorggedragen voor een snelle aanbrenging der belastingen en een snel verloop van de proefneming teneinde consolidatie tijdens het onderzoek zooveel mogelijk te vermijden. Meerdere

proefstukjes van  $4 \times 4 \times \frac{9}{16}$  inch, genomen uit elk der ongeroerde grondmonsters, werden onderzocht bij verschillende verticale belastingen, zoodat de variatie van den schuifweerstand met de belasting kon worden bepaald.

Fig. 3a geeft een schuifspanningskromme, welke uit proeven van één grondmonster is bepaald. De weerstand bij een verticale nul-belasting, kan gedefinieerd worden als de cohesie; de helling van de lijn geeft blijkbaar den hoek van inwendige wrijving weer.

5) Zie noot 2.





Opgemerkt moge worden, dat tijdens de uitvoering van een dam de consolidatie van den grondslag in zekere mate zal toenemen, hetgeen eveneens een toename van den schuifweerstand ten gevolge zal hebben.

Er is nog geen onderzoekmethode bekend, welke met deze omstandigheid volledig rekening houdt; een benadering wordt gevonden door het onderzoek te verrichten, onder aanname, dat tijdens de uitvoering geen consolidatie plaats heeft, en vervolgens den invloed van de consolidatie in rekening te brengen door eene overeenkomstige boven-belasting uitgeoefend gedurende een bepaalden tijd.

Op deze wijze krijgt men de minimum toename van den weerstand, welke als gevolg van consolidatie kan worden verwacht, en is daarmee dus aan den veiligen kant.

Wanneer het verband tusschen belasting en schuifweerstand eenmaal bekend is, is het dus van belang op een bepaald tijdstip de werkelijk optredende belasting van de beschouwde laag te schatten.

Er wordt op gewezen, dat, terwijl op het tijdstip onmiddellijk na het opbrengen van de belasting deze geheel wordt gedragen door het poriën-water (aannemende, dat het materiaal verzadigd is), de resulterende schuifweerstand door de korrels moet worden geleverd. Na verloop van tijd zal het water, dat onder druk staat, worden uitgeperst in een hoeveelheid, welke afhangt van de dikte en de doorlatendheid van het materiaal, en zal als gevolg hiervan de belasting door contactdruk worden overgebracht op de grondkorreltjes zelve. Wanneer de daardoor opgewekte spanningen belangrijk zijn, zal het materiaal diensten-gevolge een grooteren schuifweerstand verkrijgen.

Voor een exact onderzoek zou het eigenlijk noodig zijn eerst de consolidatie te bepalen, alsmede de te verwachten doorlatendheid van het prototype, en die factoren bij het onderzoek der monsters na te bootzen. Op de bovenbeschreven wijze wordt echter een veilige benadering verkregen.

### Bepalingen van de spanningen in de fundeering.

Nadat de eigenschappen van de materialen van den grondslag proefondervindelijk zijn vastgesteld, rest de bepaling van de spanningen, welke daarin onder de dambelasting zullen optreden. Fig. 3b toont een driehoekige dambelasting; de maximum belasting van den ondergrond treedt op onder A, terwijl de belasting bij B en C gelijk nul is. Het verschil in belasting tusschen A en B en C moet in de fundeering als schuifspanning worden opgenomen. Voor twee gevallen zijn de in de fundeering optredende schuifspanningen onderzocht.

1e) Voor een oneindige diepte van twijfelachtig materiaal in den ondergrond. Practisch kan onder oneindig worden verstaan een diepte, welke gelijk of grooter is dan de aanlegbreedte van den dam. Voor groote dammen vindt deze formule echter slechts zelden toepassing. Dr. Jürgenson, gaf de afleiding van Corruthers formule in *The Journal of The Boston Soc. of Eng.*, Vol. XXI No. 3, Juli 1934 <sup>6)</sup>.

De vergelijking voor de max. schuifspanning is:

$$c = 0,256 \cdot p$$

6) Zie *Verhandelingen van het Grondmechanica-congres te Cambridge*, Deel II.

waarin  $c$  de max. schuifspanning beteekent en  $p$  de drukintensiteit in de as.

2e) Voor het meer algemeene geval, dat de diepte van het twijfelachtig materiaal belangrijk kleiner is dan de dambasis. Voor het geval, dat deze diepte niet grooter is dan  $1/10$  gedeelte dambasis van den dam, geeft Jürgenson de formule:

$$c = \frac{p \cdot a}{L},$$

waarin  $c$  = de schuifspanning,  $p$  = de uitgeoefende druk bij de max. hoogte van den dam,  $a$  = de helft van de diepte van den twijfelachtigen grond en  $L$  = de helft van de aanlegbreedte van den dam.

Tusschen de door bovengenoemde vergelijkingen bepaalde grenzen is voor de bepaling van de schuifspanning in den ondergrond geen eenvoudige analytische oplossing bekend. Wel is kort geleden door Jürgenson een oplossing ontwikkeld uit de grondvergelijking van Corruthers, doch deze is zoo ingewikkeld, dat zij onbruikbaar is voor practisch gebruik en slechts kan dienen om de experimenteele methoden te toetsen. De formule van Jürgenson voor het geval *sub 2* geeft niet de ligging van de zone van de max. schuifspanning aan. Om bij de toepassing van deze formule aan den veiligen kant te zijn, moet worden aangenomen, dat de max. spanning optreedt, daar waar het twijfelachtig materiaal het zwakst is. Om de max. spanning te leeren kennen, moeten dan slechts in de bovenstaande formule de afmetingen van den dam worden ingevuld. Indien de schuifweerstand van het materiaal bekend is, kan de beschikbare veiligheidscoëfficiënt tegen ongevallen bij een ongunstigen samenloop van omstandigheden gemakkelijk worden afgeleid.

### Photo-elastisch spanningsonderzoek.

Er moet de aandacht op worden gevestigd, dat de bovengegeven formules slechts gelden voor bepaalde gevallen en bij dammen van driehoekigen vorm. De analytische oplossing voor dammen van anderen vorm en voor afwijkende gevallen is nog niet opgesteld. Teneinde de analytische toepassing van de formule van Jürgenson te toetsen en om de oplossing te vinden voor de gevallen, waarop de evengenoemde formule niet toepasselijk is, werd de spanningsverdeling volgens de photo-elastische methode in het laboratorium bepaald. Gelatine werd daarbij voor de fundeering gebruikt en voor den dam hagel, daar dit materiaal het eenige handelsartikel van voldoende zwaarte was, dat geschikt was voor het doel.

De proefnemingen geschieden volgens de bekende grondbeginselen van het photo-elastisch onderzoek. Voor ieder geval is het noodig een proef ter calibrering te doen; hierbij wordt een bekende schuifbelasting uitgeoefend op een monster van de gelatine, dat op hetzelfde tijdstip gegoten is als de gelatine van het model, zulks teneinde de omtrek-intervallen van de schuifspanning te kunnen bepalen bij den beschouwden ouderdom van het materiaal. Wanneer deze omtrek-intervallen eenmaal bekend zijn, kan de max. spanning worden bepaald door het aantal contouren te tellen tot het punt van de grootste spanning en dit aantal te vermenigvuldigen met het spannings-



interval. De uitkomsten worden vastgelegd door het beeld van het model, gevormd door gepolariseerd licht, te fotografeeren; tegelijkertijd kan een kleurenschets worden gemaakt, waaruit de spanningsverdeling kan worden opgemaakt (zie fig. 3c).

Uit de grootte en de ligging van de maximum schuifspanning in het model, kunnen de grootte en ligging daarvan in het prototype worden bepaald. Teneinde de uitkomsten van het modelonderzoek te toetsen aan de analytische oplossing volgens Jürgenson, werden een aantal gevallen onderzocht van dammen van driehoekigen vorm. Bij ongeveer een dozijn controleproeven bleek de maximum variatie in de uitkomsten der beide methoden niet meer dan 19% te bedragen en de gemiddelde variatie 6%. Daar deze variatie binnen de grenzen van den gebruikelijken veiligheidsfactor ligt, wordt gemeend, dat met het experimenteel onderzoek volledige betrouwbare resultaten kunnen worden bereikt, indien dit zorgvuldig en door ervaren personeel geschiedt. Gelatine was het eenige photo-elastische materiaal, dat volgens de schrijvers geschikt was voor het modelonderzoek. De moeilijkheid bij het gebruik van andere materialen is daarin gelegen, dat die materialen een te grooten weerstand hebben, waardoor onvoldoende spanningscontouren ontstaan bij de in het laboratorium toepasbare belastingen. Het was bij gelatine toch reeds noodig voor het dammodel het zwaarste materiaal, n.l. hagel, te kiezen.

De toegepaste methode van spanningsonderzoek is gebaseerd op het gebruik van een volkomen elastisch materiaal; het valt buiten het bestek van dit artikel op de geldigheid dezer aanname bij toepassing van gelatine verder in te gaan. Volstaan kan worden met mede te deelen, dat de uitkomsten der onderzoekingen een voldoende betrouwbaar beeld gaven van hetgeen in de beschouwde gevallen kon worden verwacht, daar de door deze aanname gemaakte fout bleef binnen de toelaatbare grenzen van nauwkeurigheid. Ook inzake de eventuele overbelasting van een gedeelte van den ondergrond werd een inzicht verkregen. Wanneer zich het geval voordoet, dat op de plaats van maximum belasting het materiaal juist voldoende weerstand bezit, en de rest van de fundeering is nog niet volbelast, dan kan dit gedeelte nog verder worden belast. Daarbij zal door vloeien een herverdeling van de spanningen plaats hebben naar het minder belaste gedeelte van de fundeering toe. Slechts een overbelasting van zoodanige grootte, dat de weerstand van de geheele fundeering onvoldoende wordt om deze op te nemen, kan een ongeval veroorzaken. Aan een dergelijk ongeval gaan een overmatige zakking en karakteristieke golvingen aan de voor- en achterzijde van den dam vooraf. Het ongeval wordt tenslotte gekenmerkt door een zich plotseling geheel begeven van de fundeering en een plotselinge zakking van den dam.

Bij het ontwerpen werd een veiligheidscoëfficiënt van 1,5 in rekening gebracht tegen overbelasting en van 2,6 tegen breuk. Deze veiligheid moge klein lijken, maar daar een progressieve toename van den weerstand der fundeering plaats vindt na beëindiging van de uitvoering als gevolg van consolidatie, neemt deze veiligheid met den tijd toe; indien dus de dam

zonder ongelukken kan worden voltooid, behoeft ook geen vrees voor de toekomst te bestaan.

Het zal dikwijls voorkomen, dat bij de proeven blijkt, dat het fundeeringsmateriaal een te kleine veiligheidscoëfficiënt heeft, onmiddellijk na het opbrengen der belasting.

In de practijk zal dit echter meevallen; indien de lagen betrekkelijk dun zijn en gedraineerd worden door lagen zand of grind, zal het materiaal onder de belasting min of meer snel consolideeren en een ver grooten weerstand tegen afschuiving toonen. Fig. 3d geeft een consolidatie-tijd kromme, welke gebruikt kan worden voor de bepaling van de mate van consolidatie en de toename van den weerstand bij bepaalde constructiewijze; door in sommige gevallen de snelheid van uitvoering te beperken kan de verlangde veiligheid worden bereikt. Voor den Clendenningdam, waarop deze figuur betrekking heeft, werd de snelheid van den opbouw beperkt tot 4 ft. per week.

Teneinde de consolidatie van de fundeering tijdens de uitvoering te kunnen nagaan, opdat de gewenschte veiligheidscoëfficiënt gehandhaafd zal blijven, moeten de zakkingen worden gemeten. Bij de dammen van het Muskingumproject geschiedde zulks aan de hand van een tijd-consolidatie diagram, dat de berekende consolidatie aangaf. Er moest nu bij de uitvoering voor worden gezorgd, dat de werkelijke consolidatie op zijn minst gelijk was aan de berekende.

#### KEUZE EN CONTRÔLE VAN DAMSPECIE.

Een van de belangrijkste punten bij het ontwerpen van aarden dammen is de juiste keuze en verwerking van de damspecie. Op grond van economische overwegingen is het geboden, de uit de vereischte ontgravingen verkregen materialen zoo veel mogelijk in den dam te verwerken, opdat de grondhaling uit afzonderlijke winplaatsen tot een minimum wordt beperkt. Waar de grond uit de ontgravingen geheel kan worden benut, verdienen uit een kostenooqpunt ruime ontgravingen van de af laatkanalen veelal aanbeveling. De hiervoor beschreven modelonderzoekingen betreffende de doorsypeling waren van groot nut bij de uitwerking van het ontwerp, in dezen zin, dat de uit de ontgravingen verkregen grond zooveel mogelijk voor de verschillende doeleinden, waarvoor deze het meest geëigend was, kon worden aangewend.

In het algemeen kan iedere grondsoort wel ergens in een dam worden verwerkt, indien er voor kan worden zorggedragen, dat geen verweeking door water plaats vindt. Evenwel is het, o.m. met het oog op de doelmatige verwerking, van belang de eigenschappen van elk materiaal te kennen. Zoo zal het b.v. gewenscht zijn om, indien met „sheeps-foot rollers” wordt gewalst, te weten bij welk watergehalte de max. verdichting zal worden verkregen. Een tekort aan water kan verholpen worden door vóór het walsen water toe te voegen; indien het materiaal daarentegen een overmaat aan water bevat, moet het watergehalte vóór de verwerking in den dam worden gereduceerd. Dit laatste is dikwijls bezwaarlijk, waardoor de bruikbare diepte der ont-



gravingen wordt beperkt. Indien groote grondhoeveelheden hierdoor verloren zouden gaan, zal een wijziging van het ontwerp moeten worden overwogen.

### Damconsolidatie.

In de laatste jaren zijn de methoden voor de bepaling van de consolidatie van aarden dammen kritisch onderzocht. In het bijzonder is daarbij aandacht besteed aan de consolidatie tijdens de uitvoering. Proctor gaf in een serie artikelen in *Eng. News Record* (zie ook *De Ing. in N.-I.* Nos. 5 en 8 — 1934) eenige richtlijnen voor het verkrijgen van de optimumverdichting van aarden dammen. Daarbij stelde hij de betrekking vast tusschen vochtgehalte, gewicht der „sheepsfoot“-walsen en het aantal tanden daarvan, waaraan de voor een bepaald materiaal te bereiken graad van verdichting afhangt.

In het algemeen is er bij de onderwerpelijke dammen naar gestreefd de specie in de dammen te verwerken bij zoodanigen verdichtingsgraad, dat na de uitvoering geen verdere inklinking was te verwachten. Deze verdichtingsgraad kon worden bepaald door een geroerd grondmonster in het consolidatiestel onder toenemende belasting samen te drukken. Het droog-gewicht van den grond kon dan worden bepaald voor iedere willekeurige hoogte van de bovenbelasting. Door een correctie aan te brengen voor het vochtgehalte kon vervolgens het minimum toelaatbare damgewicht worden vastgesteld. Tijdens de uitvoering werden de gewichten gecontroleerd door het nemen van ongeroerde grondmonsters. In het algemeen bleek het niet moeilijk, er voor zorg te dragen, dat deze gewichten niet kleiner werden dan den minimum eisch. De monsternamen geschiedde met een stuk naadloze, aan een einde afgeschuinde buis, met een volume van precies 1/10 cu. ft. Het toestel <sup>o)</sup> werd met den afgeschuinden kant in den grond gedrukt, terwijl de grond daaromheen werd weggegraven. Ter toetsing van deze methode, alsmede in gevallen, waar steenen, grind en rotsstukken aanwezig waren, geschiedde de monsternamen door plaatselijk den grond waterpas af te werken en daaruit nauwkeurig een monster te steken, dit te wegen en het volume te meten door in het gat droog zand te storten van bekend soortelijk gewicht. In het algemeen bleken de beide wijzen van monsternamen goed overeenstemmende uitkomsten te geven.

### Bepaling van het vochtgehalte.

Om het juiste vochtgehalte, waarbij de max. verdichting kan worden verkregen, te bepalen, werd in het laboratorium een toestel geconstrueerd, waarin het walsen door een „sheepsfoot roller“ werd geïmiteerd. De grond met uniform en bekend watergehalte, werd aangebracht in lagen ter dikte van 3 inch en iedere laag drie maal gestampt met een stampertand. De bovenkraag werd weggenomen en het monster op de juiste afmetingen van den cylinder afgesneden en vervolgens gewogen. Door het

gewicht van den cylinder af te trekken, kon bij bekend watergehalte uit het totale gewicht het droog-gewicht van den grond worden afgeleid. Voor verschillende vochtgehalten had dit onderzoek plaats; de in *fig. 4* gegeven krommen konden daaruit worden samengesteld. Er zij op gewezen, dat voor grond van het klei- of „silt“-type het optimum vochtgehalte maar weinig minder is dan het vochtgehalte bij de vloeigrens volgens Atterberg.

Voor het gebezigde walsmateriaal — „sheepsfoot rollers“ — geeft dit een snelle methode voor de controle van den toestand van het materiaal.

Bij homogeen materiaal van het klei- of „silt“-type varieert het gewicht van den dam gewoonlijk tusschen 118 en 125 lb. per cu. ft. (s.g. 1,9 à 2); bij goed gegradeerd materiaal (van steenstukken tot klei) varieert dit gewicht van 125 tot 145 lb. per cu. ft. (s.g. 2 à 2,35), een enkele maal zelfs tot 156 lb. per cu. ft. (s.g. 2,5). Materialen met groot percentage „silt“ en meer dan 25% kleiafmetingen zijn bezwaarlijk te gebruiken en dienen te worden vermeden.

In verband met de groote variatie in de uit de ontgravingen en de grondwinplaatsen verkregen specie, werd toevoeging van water op de winplaatsen niet wenschelijk geacht, terwijl het voorts niet wel doenlijk was een voorgeschreven hoeveelheid water bij verwerking in den dam toe te voegen.

De watertoevoeging geschiedde voor iedere voorgaande laag onmiddellijk vóór het storten en spreiden. De grond werd vóór het walsen uitgespreid in lagen ter dikte van 6 inch; toegezien werd, dat zooveel water werd toegevoegd, dat een vochtgehalte werd bereikt, hetwelk de maximum verdichting waarborgde. Na eenigen tijd was terzake de vereischte ervaring verkregen; controle werd uitgeoefend door frequente weging van monsters der damspecie. Een aanwijzing hierbij is de meting der grens volgens Atterberg en het gedrag van den grond onder de walsen. Gebleken is, dat verwerde leiaarde bij dergelijke verwerking een bevredigend

waterticht dammateriaal is.

Het optimum vochtgehalte varieerde voor de materialen in de onderwerpelijke dammen bij de toegepaste wijze van walsen (6 gangen van een met water gebalaste „sheepsfoot roller“) van 10% voor zanderig materiaal tot 35% voor materiaal met ca. 25% kleideelen.

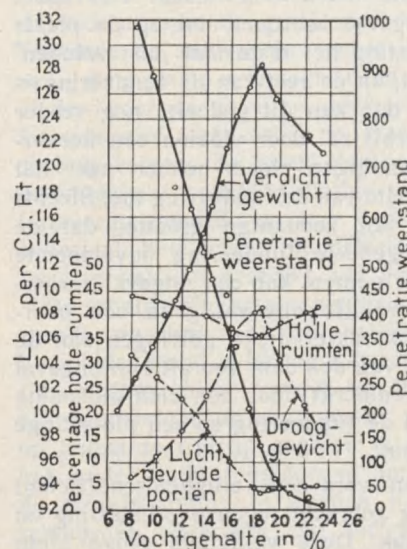


Fig. 4. Proctorkromme; verdichtingskarakteristiek van grond bij bepaalde belasting en wijze van walsen.

7) Zie noot 2.



De besproken methode van onderzoek op consolidatie geldt voor betrekkelijk weinig doorlatende grondsoorten, als goed gegradeerde grond en materiaal met een hoog klei- of „silt”-gehalte. Voor de goede consolidatie van zanderige materialen en grind, welke aan den buitenkant van dammen worden verwerkt, kan meer water toegevoegd en kunnen vlakke walsen gebruikt worden. „Rock fill”-dammen worden in Amerika over den kop gestort in lagen van 5 ft.; het toevoeren van een flinken waterstroom kan voor het verkrijgen van een grootere dichtheid nuttig zijn.

De aandacht wordt erop gevestigd, dat indien de specie over-verdicht is, er een neiging bestaat tot ontspanning, welke zich kan uiten in den vorm eener zijdelingsche expansie. Bij materialen, welke een hoogen uitzettingscoëfficiënt bezitten, zooals die met hoog kleigehalte, kunnen daarvan ernstige gevolgen worden verwacht. Tenzij steen- of grind-bekleedingen van voldoende dikte worden aangebracht, moet bij de verdichting van dergelijk materiaal de grootste omzichtigheid worden betracht. Deze grondsoorten zijn zeer ondoorlatend, zelfs bij weinig walsen, zoodat volledige consolidatie bij een goede damconstructie niet noodig is.

### Kosten.

Als slot van het artikel geven de schrijvers een overzicht van de organisatie en de kosten van het laboratorium, waarvoor wij meenen te mogen verwijzen naar hun oorspronkelijke artikelen <sup>8)</sup>.

Slechts zij in het kort vermeld, dat de totale kosten van de inrichting van het laboratorium 9 000 dollar bedroegen, terwijl voor de exploitatie tot aan de beëindiging van het projectwerk noodig was een bedrag van 23 000 dollar en voor geologische onderzoekingen 12 000 dollar. Hierbij moet er op gewezen worden, dat deze bedragen dienen te worden beschouwd in verband met het doel, waarvoor het laboratorium diende, n.l. om een juiste constructie mogelijk te maken van een aantal dammen, waarvan de aanlegkosten op 40 000 000 dollar waren geraamd; de kosten bedroegen dus iets meer dan 1<sup>0</sup>/<sub>100</sub> van de bouwsom. De schrijvers merken nog op, dat voor de inrichting van een laboratorium ten behoeve van den bouw van een of twee dammen vermoedelijk volstaan zal kunnen worden met een bedrag van 4 500 dollar.

H.

8) Deze zijn in extenso opgenomen in Deel II der *Verhandelingen* van het Grondmechanica-congres te Cambridge.



