8e JAARGANG
NUMMER 3

MAART
1941

# 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.
Tevens Orgaan van de Ned. Chemische Vereeniging in Ned.-Indië.

*Commissie van Toezicht:*
jhr. ir. H. S. van Lennep,
ir. W. Holleman,
ir. C. P. J. Suverkropp.

*Commissie van Redactie:*
Voorzitter: prof. ir. P. P. Bijlaard;
Leden: ir. G. Meesters, dr. ir. Tan Sin Hok,
ir. E. D. G. Frahm, ir. F. J. H. Davis.

Prijs per jaargang: *f* 20,— Afzonderlijke nummers: *f* 2,—

Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Huygensweg 22, Bandoeng (Tel. Bd. 2102).
Adres voor administratie en abonnementen: Bragaweg 38, Bandoeng (Tel. Bd. 2568).
Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum (Tel. Wl. 3015).

## I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Ter nagedachtenis van ir. B. C. M. van der Hoop†, door ir. H. P. Koopmans. — Het transport van vaste stoffen door stroomend water, door ir. H. Vlugter. — *Berichten van allerlei aard.* — *Personalia.* — *Kon. Inst. v. Ingenieurs:* Bestuursmededeelingen.

## Ter nagedachtenis van
## Ir. B. C. M. van der Hoop †.

Rotterdam, Mei 1896 — U.S.A., Februari 1941.

De dagbladen bevatten een der laatste dagen van Februari een uit Atlanta afkomstig Reuter-telegram, waarin melding werd gemaakt van een vliegongeluk, waarbij een zevental menschen om het leven kwamen. Daarna ontving de directie van de Gemeenschappelijke Mijnbouw Maatschappij Billiton te Batavia het bericht, dat zich een van haar meest gewaardeerde medewerkers, ir. B. C. M. van der Hoop, onder de slachtoffers bevond.

In den korten tijd, die is verloopen sedert de overweldiging van het Moederland, is dit de tweede zware slag, toegebracht aan dat deel van den staf dezer Maatschappij, dat zich buiten Europa bevindt.

Het feit, dat ik driemaal met van der Hoop in zeer nauwe samenwerking ben geweest, deed mij besluiten dit afscheidswoord te schrijven. Viel eerst onze Delftsche studietijd samen, even later ontmoetten wij elkaar in Bolivia, waar wij gedurende vijf jaren in hetzelfde bedrijf werkzaam waren. Tenslotte bracht gemeenschappelijk werk in dienst van de Billiton Maatschappij ons in de jaren 1937 tot 1939 wederom in nauw contact.

Van der Hoop, die in Rotterdam geboren werd als zoon van een bankier, bezocht aldaar zoowel lagere school als H. B. S. Vandaar kwam hij in 1916 naar Delft. De eerste wereldoorlog eischte ook van hem, dat hij zijn studie gedurende enkele jaren onderbrak. Reeds in Delft deed hij zich kennen als een man met veelzijdige belangstelling en een sterk gemeenschapsgevoel.

Dan komt van der Hoop in 1925 naar Bolivia, waar hij direct in aanraking komt met dat onderdeel van zijn vak, dat hem verder bijna gedurende zijn geheele loopbaan zal vasthouden, n.l. de metallurgie van het tin. Bij de „Compañia Minera de Oruro" begint hij zijn loopbaan als chef van het laboratorium der tinertswasscherij Machacamarca.

Velen onzer zullen zich, als hen deze regels in

Bolivia, Ned.-Indië of elders onder de oogen komen, den tijd herinneren dat dit laboratorium ons middelpunt was, waar stormachtige discussies vaak vruchtbare ideeën deden geboren worden, die weer interessante proefnemingen ten gevolge hadden. Uit dien tijd dateert zijn „Kritische beschrijving van de tinassay langs den natten weg", gepubliceerd in het Jaarboek van de Mijnbouwkundige Vereeniging te Delft 1926 — 1928.

In 1928 werd van der Hoop van de ertsverwerking naar de ertswinning geroepen en was eenigen tijd administrateur van de alluviale ontginning „Vinto", daarna tot zijn vertrek uit Bolivia van de bekende tinzilvermijn „Itos".

In 1930 terug in Holland hadden hier de plannen van ir. P. F. Bliek en prof. ir. S. J. Vermaes omtrent den bouw van een smeltbedrijf voor laaggradige Boliviaansche tinertsen vasten vorm aangenomen. De inmiddels tot Hoogleeraar te Delft benoemde ir. H. F. Grondijs stelde zijn rijke, ruim twintigjarige Boliviaansche ervaring eveneens ter beschikking en van der Hoop werd aangezocht in dienst te komen van de „Hollandsche Metallurgische Bedrijven".

Als tweede man naast ir. D. Th. Schuiling heeft hij daarna aan den opbouw van dit nu zoo machtig fabriekscomplex meegeholpen en alle moeilijkheden langzamerhand zien overwinnen.

In 1935, eenige jaren nadat de tinsmelterij door de Billiton Maatschappij is overgenomen, komt van der Hoop als mijnbouwkundig adviseur van de directie der Gemeenschappelijke Mijnbouw Maatschappij Billiton naar haar Hoofdkantoor in den Haag.

Hier had hij nu een belangrijk aandeel in de verschillende interessen der laatste jaren van de Billiton-groep, zooals: de internationale regeling van de tinproductie, de bestudeering van de fusie tusschen Banka en Billiton, de stichting van de dochteronderneming de Mijnbouw Maatschappij Celebes en de voorbereiding tot stichting van een aluminiumbedrijf bij de Asahan.

In 1936 maakte hij een reis naar Oeganda, ten einde daar de „Kagera Mines" te bezoeken en in 1937 was hij gedurende een half jaar in Nederlandsch-Indië en Siam, waar hij de verschillende bedrijven van de Billiton-groep een bezoek bracht.

Gedurende dezen Haagschen tijd echter bleef de metallurgie van het tin steeds zijn warme belangstelling hebben en zoodra hij een dag kon vrijmaken ging hij wederom gaarne naar Arnhem, ten einde steeds van de laatste verbeteringen op de hoogte te blijven.

Bij het uitbreken van den oorlog tusschen Engeland en Duitschland werd er besloten, dat van der Hoop zich voorloopig te Neuhausen in Zwitserland zou vestigen, ten einde de leiding te nemen over de inkoopcommissie, welke daar werd gevestigd met het oog op de groote bestellingen voor het in Nederlandsch-Indië op te richten aluminiumbedrijf.

Totdat de loop der gebeurtenissen in Mei van het vorig jaar zoodanig ingreep, dat het verblijf in Zwitserland niet langer eenig nut meer had en er al spoedig plannen gemaakt werden om naar de Vereenigde Staten of naar Nederlandsch-Indië te komen.

Op 20 Augustus vertrok hij met vrouw en kinderen uit Lausanne. Door het onbezette Frankrijk ging de reis per auto naar Barcelona, vandaar per vliegtuig naar Lissabon en vandaar per schip naar New-York, waar hij op 12 September aankwam. Hier begon dus weer een nieuw leven voor hem, hier vond hij nieuwe mogelijkheden voor werk en vóór alles, hier was vrede.

Al spoedig na het uitbreken van van den oorlog deed zich voor de armere Boliviaansche tinertsen de moeilijkheid van de verwerking gevoelen. Was dit probleem in Arnhem volledig opgelost, andere tinsmelterijen waren op dit erts niet ingesteld.

Ter zelfder tijd besloot de Amerikaansche Regeering een eigen smelterij op te richten, ten einde de binnen het Amerikaansche continent geproduceerde tinertsen ook op Amerikaanschen bodem tot tin te kunnen omsmelten. Er ontstond contact tusschen de Amerikaansche Regeering en de Billiton Maatschappij met betrekking tot dit smeltprobleem. De onderhandelingen over de oprichting der te bouwen fabriek, door haren Directeur, ir. J. van den Broek, geopend, werden door ir. van der Hoop succesvol beëindigd.

Welk een prachtig arbeidsveld lag hier open voor den metallurg. Hier zou hij zijn gaven volkomen kunnen ontplooien en al het in voorgaande jaren geleerde in practijk kunnen brengen. Van der Hoop werd dan ook president van de, speciaal voor het beoogde doel opgerichte, „Tin Processing Corporation".

Het was waarschijnlijk op een reis naar New Houston, waar de nieuwe industrie gevestigd zal worden, dat hij om het leven kwam.

Van der Hoop behoorde tot de steeds schaarscher wordende menschen, die naast hun dagelijksch werk af en toe omzwervingen willen maken in de groene weidevelden van het prettige stille mediteeren. Daarnaast echter bezat hij een helderen kijk op het wereldgebeuren.

Toen gedurende de laatste jaren de overgroote meerderheid van ons volk zich door een kleine groep steeds weer liet geruststellen, behoorde van der Hoop tot de enkelingen, die het gevaar dat onheilspellend naderbij kwam, nooit hebben onderschat en nooit hebben opgehouden ervoor te waarschuwen. Het is mogelijk, dat zijn verblijf in Zuid-Amerika hem reeds het ware karakter onthuld had van het volk, dat nu onze doodsvijand is.

In den gemeenschappelijken strijd, die nu gestreden wordt, is een snelle opvoering van de productie der strategische metalen van onschatbaar belang. Onder deze metalen speelt het tin een belangrijke, zoo niet de belangrijkste rol, te meer daar op het geheele Amerikaansche continent geen gelegenheid bestaat tot het uitsmelten ervan uit zijn ertsen.

Hoe volgaarne had van der Hoop deze gelegenheid aangegrepen, om door den bouw van dit smeltbedrijf te leiden, den dag te verhaasten, die ons volk zal zien opstaan en zich ontworstelen aan de zee van ellende, waarin het thans is ondergedompeld.

Zoo verliest de gemeenschap in den ontslapene een bekwaam metallurg, zijn vrienden een trouwen kameraad, zijn vrouw een liefhebbenden echtgenoot en zijn drie kinderen een goeden vader.

ir. H. P. Koopmans.

Bandoeng, 6 Maart 1941.

# Het transport van vaste stoffen door stroomend water*)

door

ir. H. VLUGTER,

Leider van het Waterloopkundig Laboratorium van het Dept. van V. en W. te Bandoeng.

## Inleiding.

„De strijd tegen opslibbing en verzanding van leidingen, tegen verhooging van rivierbeddingen en de daaruit voortvloeiende noodzakelijkheid van het maken van nieuwe of voordurend versterken van bestaande bedijkingen etc., nu grootendeels in den blinde gevoerd, eischt zeer kostbare strijdmiddelen, die toch helaas meermalen onbruikbaar of onvoldoende blijken. Talrijke leidingnetten eischen steeds weer opnieuw kostbare schoonmaakwerkzaamheden om bruikbaar te kunnen blijven".

Aldus drukte prof. ir. H. C. P. de Vos zich uit bij een voordracht, gehouden voor den Natuurkundigen Kring te Bandoeng in het jaar 1925 en aan deze uitspraak behoeft na vijftien jaar nog niets gewijzigd te worden. In het duister tasten we nu nog zoowel bij het vaststellen van het verhang en de afmetingen van irrigatiekanalen en bij het bepalen van de snelheid in spuipanden als bij de normaliseering van rivieren en het projecteeren van afvoeren.

Wel wordt daarbij dikwijls uitgegaan van de betrekking, die Kennedy aan het einde der vorige eeuw opstelde voor de verhouding tusschen de snelheid en de waterdiepte bij kanalen in Britsch-Indië, die noch aan opslibbing noch aan uitschuring onderhevig zijn, maar de juistheid van die theorie is nog steeds niet bewezen. Bovendien is niet duidelijk omschreven, welke waarden in bepaalde gevallen aan den coëfficiënt en exponent die in zijn formule voorkomen gegeven moeten worden en ook niet waar de grenzen liggen, binnen welke de formule toegepast mag worden. Het is daarom nog de vraag, of dit eene lichtpunt niet een dwaallicht is.

Zijn er dan geen waarnemingen gedaan in rivieren en kanalen of gaf de practijk op den duur niet voldoende aanwijzingen in welke richting de oplossing van de genoemde vraagstukken gevonden moet worden? Dit zal menigeen zich hebben afgevraagd, die in aanraking is gekomen met deze problemen.

Helaas is er tot heden hier te lande weinig of geen research-werk op dit gebied verricht en de ondervinding, die toch wel een dure leermeesteresse was, heeft ons in dit geval geen betrouwbare gegevens verschaft, omdat het vraagstuk van het transport van vaste stoffen door stroomend water dermate ingewikkeld is, dat het noodig is de invloeden, die verschillende factoren er op uitoefenen, te scheiden, hetgeen slechts zal kunnen geschieden bij een systematisch geleid onderzoek. Maar daarvoor zijn noodig veel studie, veel tijd en veel geld, allemaal belangrijke zaken, waaraan het ons in de irrigatiepractijk al te zeer mangelt.

*) Oorspronkelijk geschreven als praeadvies voor de afgelaste 28ste Jaarvergadering der Vereen. v. Waterstaatsingenieurs in Ned.-Indië, welke gehouden zou worden in Mei 1940.

Maar brachten waarnemingen bij modellen hier of elders gedaan, dan geen oplossing voor de moeilijkheden? Dit is een tweede vraag, die men allicht zal stellen. En het antwoord daarop is: Laboratoriumproeven kunnen zeker nuttig zijn voor het opsporen van de wetten, waaraan het materiaaltransport in stroomend water gehoorzaamt, maar daarbij doen zich, vooral bij de kleine deeltjes, groote moeilijkheden voor ten aanzien van de mechanische gelijkvormigheid, waardoor de uitkomsten zeer kritisch geïnterpreteerd dienen te worden.

Het behoefde daarom geen verwondering te wekken, dat op het in 1935 te Brussel gehouden XVIde Internationale Scheepvaartcongres het voorstel werd gedaan deze proeven op ware grootte te nemen, door in verschillende rivieren eenige strekkingen als proefvakken in te richten met diverse soorten normaliseeringswerken. Wel vond deze gedachte bestrijding, niet alleen om de kosten aan een zoo grootschen opzet verbonden, maar ook om de moeilijkheden aan het nauwkeurig waarnemen van alle verschijnselen verbonden. Nochtans werd niet ontkend, dat als de omstandigheden zich ertoe leenen, proeven in de practijk van groote waarde zijn. Dit moge den ingenieurs, die daartoe de gelegenheid hebben, dan ook een aansporing zijn, zooveel mogelijk materiaal te verzamelen, om de juistheid der opgestelde en op te stellen theorieën te kunnen toetsen aan verschillende gevallen.

In het vorenstaande werd slechts gesproken over aanzandingen en opslibbingen, in het algemeen over de hoeveelheid vaste stoffen, die stroomend water vermag te vervoeren. Een ander vraagstuk, nauw hiermede verbonden, is, hoe de snelheid van het water, dat die stoffen transporteert, daardoor wordt beïnvloed. Het is reeds lang bekend, dat de coëfficiënt, die in de diverse formules voor de gemiddelde snelheid voorkomt, niet alleen een functie is van den vorm en den aard van het bed, maar ook afhankelijk gesteld moet worden van de hoeveelheid en de soort der getransporteerde stoffen. Hoewel het niet aan pogingen ontbroken heeft dit verband op te sporen, hebben deze tot heden nog geen bruikbaar resultaat opgeleverd en bij voorkomende hydraulische berekeningen behelpt men zich nog het best door plaatselijk te experimenteeren. Daar dit dikwijls niet mogelijk is en altijd kosten en moeite met zich brengt, wordt de ruwheids-coëfficiënt in den regel geschat, onder verwaarloozing van den invloed, dien het materiaaltransport heeft. Dat hierdoor fouten gemaakt worden, ligt voor de hand. In de practijk zullen deze echter niet hinderlijk zijn, mits zij betrekkelijk gering blijven. Dat zal echter niet altijd het geval zijn.

Zoo vermeldt Schoklitsch in zijn boekje „Stauraumverlandung und Kolkabwehr" op blz. 32: „Soortgelijke resultaten leverden ook onze Laborato-

riumproeven op, bij welke bijv. de snelheid van helder water 44% grooter was dan die van water met een gehalte van 41 kg/m³ aan zweefstoffen".

Voorts berekent Chang in zijn artikel over „Flumetraction" in de *Proceedings American Society of Civil Engineers* van November 1937 voor de Weyrivier stroomsnelheidsverminderingen tot 25% en Gilbert's onderzoekingen (zie: „The Transportation of debris by running water", Prof. paper 86 U.S. Geol. Survey 1914) gaven uitkomsten met een vermindering van gemiddeld 10%.

Aan den anderen kant wordt door sommige waarnemers een zoo groote invloed in twijfel getrokken. Van veel belang is het daarom ook hier te achten, dat een ieder, die over dit probleem gegevens kan verkrijgen, deze verzamelt en publiceert.

## Wijzen waarop de vaste stoffen door het water worden getransporteerd.

Bij zijn weg over aarde naar zee neemt het water stroomend in beken, rivieren of kanalen grondbestanddeelen mee. Naar de wijze, waarop deze materie, bestaande uit steenen, grind, zand of slib vervoerd wordt, is het gebruikelijk onderscheid te maken tusschen het schuif- of sleeptransport en het zweef- of suspensietransport. In het eerste geval wordt slechts bedoeld de beweging, die plaats heeft langs den bodem van den stroom en vat men de meegevoerde stoffen samen onder de benaming rol- of schuifmateriaal. In het andere geval geschiedt het meevoeren in de verschillende waterlagen en worden tot heden willekeurig de termen zweefstoffen en zinkstoffen gebruikt.

Op grond van waarnemingen (zie *foto's 1* t/m *4*) o.a. bij het Sidoardjovoorkanaal, een aftapping van de K. Brantas, wier bedding gevormd is door zand, dat deze stroom zelve heeft meegevoerd en bij de K. Ngasinan in het Toeloengagoengsche komt het mij voor, dat er nog een principieel verschil bestaat bij de laastgenoemde wijze van vervoer. Het is wel een algemeen bekend verschijnsel dat de onderste waterlagen als regel een hooger percentage en ook grovere stoffen bevatten dan de bovenste. Bij nadere beschouwing van de zeefanalyses van de vele getrokken monsters viel het mij op, dat er steeds een korrelgrootte is aan te wijzen, zoodanig dat het gehalte aan deeltjes met kleineren diameter gelijkmatig over de hoogte verdeeld voorkomt, terwijl de concentratie van de grootere deeltjes van de wateroppervlakte naar den bodem toeneemt.

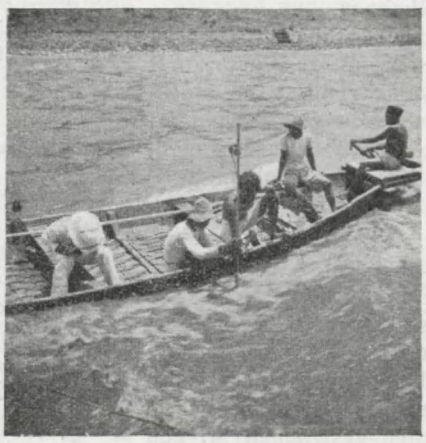
Als typische voorbeelden kunnen de slibconcentratie-diagrammen geteekend in *fig. 1* dienen. Het bovenste daarvan kwam voor in de K. Ngasinan in het drijfvak te Semaroem, terwijl de overige afkomstig zijn van de K. Brantas vlak bovenstrooms stuw Lengkong en van twee opeenvolgende profielen in het Sidoardjo-voorkanaal. Duidelijk geven de laatste twee diagrammen het neerslaan van zand weer. Maar bovendien zien we hoe alle diagrammen samengesteld zijn uit een parallelogram van deeltjes met een korreldiameter kleiner dan ± 0,07 mm en eenige driehoekige vlakken voor verschillende categorieën grovere bestanddeelen.

Dat elders soortgelijke bevindingen werden ver-

1

2

3



4

*Foto 1. Het personeel en het instrumentarium voor een volledige snelheids-, verhang- en slibmeting.*

*Foto 2. Watermonsters worden getrokken op verschillende diepten en plaatsen in een raai, door de vlet langs een staaldraad over te trekken.*

*Foto 3. Pa Moenti toont zijn bruikbaarheid in het hanteeren van het slibmonstertoestel bij waarnemingen in het Sidoardjo-voorkanaal.*

*Foto 4. Een debietmeting met een Ottmolentje bij groote stroomsnelheid.*

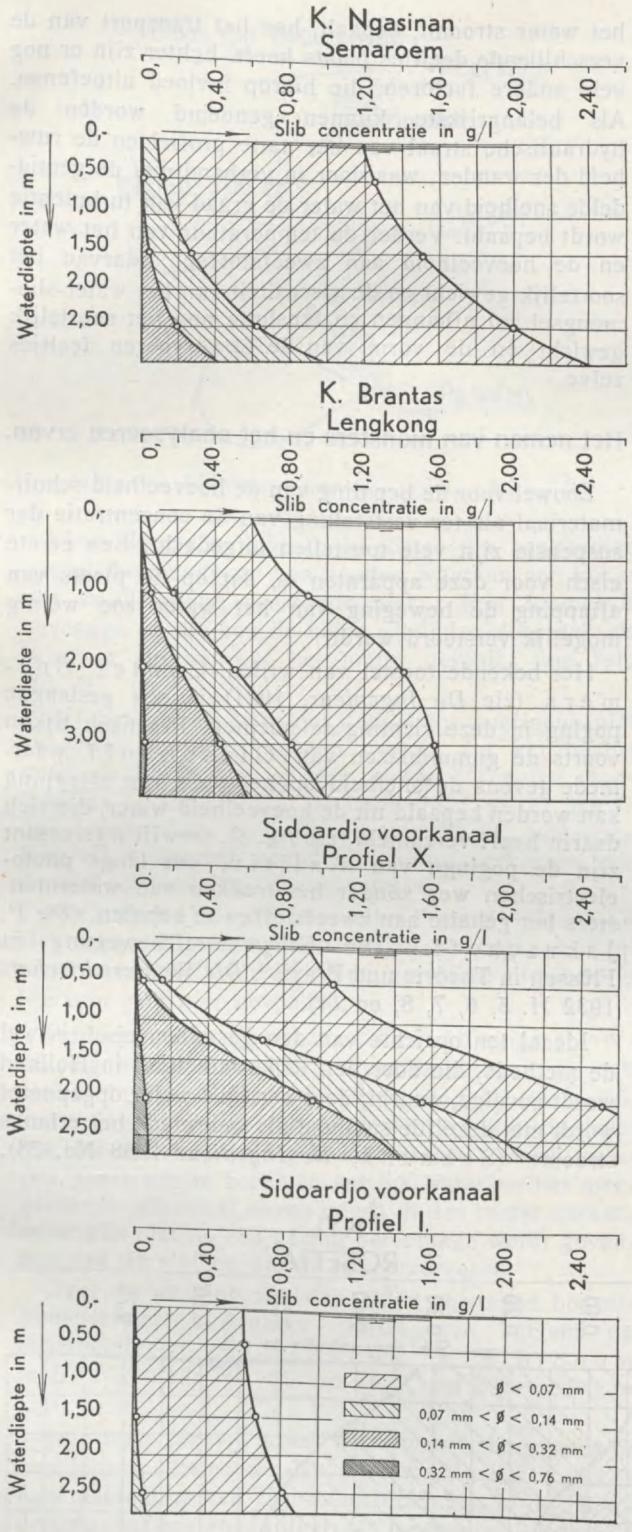



*Fig. 1. Voorbeelden van slibconcentratie-diagramen.*

kregen blijkt overigens uit de *figuren 2, 3* en *4*, resp. voorstellende een analyse van monsteropnamen van Missouriwater, eenige diagrammen waargenomen in de groote proefgoot van het Hydrodynamisch Laboratorium te Zürich en een slibverdeeling in het Nijlwater.

Aangezien het nu bij het verdere onderzoek van belang zal blijken een scheiding te treffen tusschen deze fijne en grovere stoffen zal het verschil door passende benamingen tot uitdrukking worden gebracht. Die deeltjes, waarvan het gehalte in alle waterlagen nagenoeg constant is, zullen in het vervolg zweefstoffen genoemd worden, terwijl voor de andere soort de naam zinkstoffen het meest geëigend schijnt.

Na deze definieering rijst de vraag, hoe groot de deeltjes moeten zijn willen we ze respectievelijk beschouwen als sleep-, zink- of zweefstoffen.

Een ruwe indeeling naar de grootte zou als volgt kunnen zijn:

Sleepmateriaal bestaat uit steenen en grind, zinkmateriaal uit grof en fijn zand en zweefstoffen uit stofzand en slib.

Hierbij is dan te verstaan onder:

grof zand, deeltjes waarbij 2 mm > ø > 0,5 mm;
fijn zand, „ „ 0,5 mm > ø > 0,05 mm;
stofzand, „ „ 0,05 mm > ø > 0,02 mm;
slib „ „ ø < 0,02 mm.

Meer dan een algemeene beteekenis is echter aan deze indeeling niet toe te kennen, daar afhankelijk van allerlei omstandigheden eenzelfde deeltje in verschillende bewegingstoestanden kan geraken. Zoo is bijvoorbeeld bekend, dat in modderstroomen (lahars) zeer groote steenen tot aan de oppervlakte voorkomen, dus dan als zweef- of als zinkstoffen zijn te beschouwen. Dit is echter wel een zeer bijzonder geval te

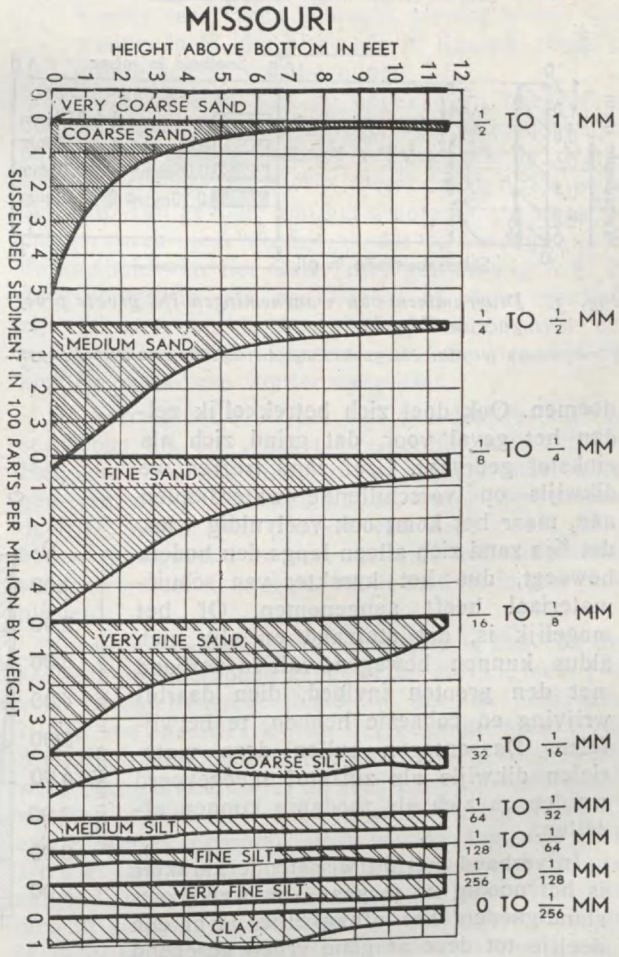



*Fig. 2. Analyse van monsteropnamen van Missouriwater.*
*(Overgenomen uit Int. Ass. for Hydraulic Structures Research, Berlin 1937).*

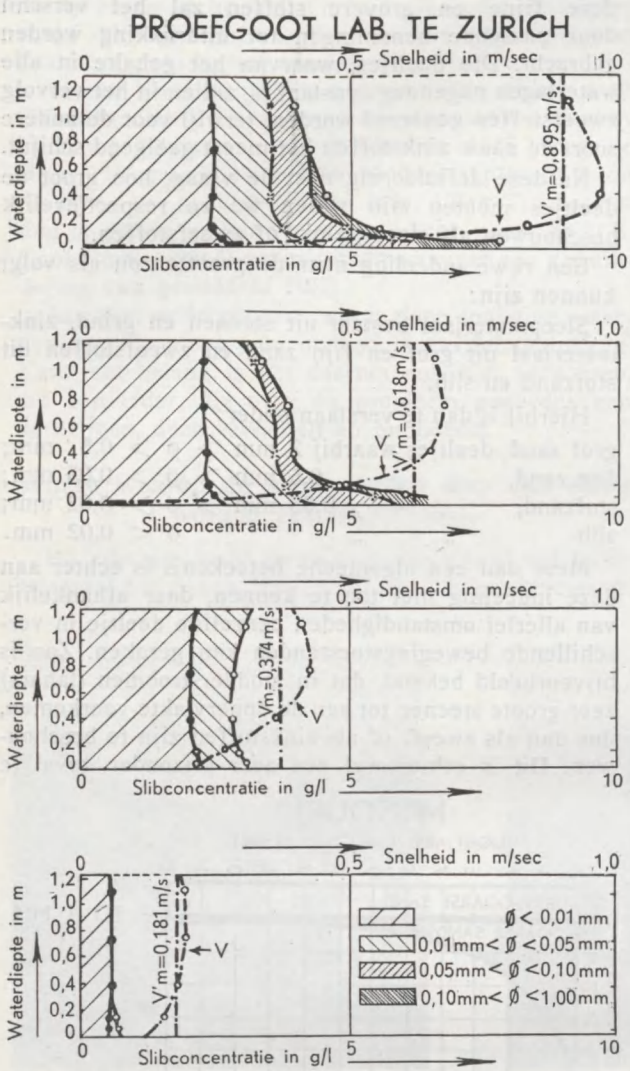



*Fig. 3. Diagrammen van waarnemingen i/d groote proefgoot te Zürich.*

*(Overgenomen uit Mitt. No. 31 des Eidg. Amtes f. Wasserwirtschaft, 1932).*

noemen. Ook doet zich betrekkelijk zelden het geval voor, dat grind zich als zinkstof gedraagt. Grof zand treffen we dikwijls op verschillende waterdiepten aan, maar het komt ook veelvuldig voor, dat fijn zand zich alleen langs den bodem beweegt, dus het karakter van schuifmateriaal heeft aangenomen. Of het mogelijk is, dat stofzand en slib zich aldus kunnen bewegen, valt in verband met den grooten invloed, dien daarbij wrijving en cohaesie hebben, te betwijfelen. Daarentegen zullen deze materialen dikwijls als zinkstof meegevoerd worden en zich als zoodanig kunnen afzetten.

In verband met dit wisselende karakter is het noodig na te gaan van welke omstandigheden het afhankelijk is of een deeltje tot deze of gene groep gerekend moet worden. Aangenomen kan wel worden, dat primair de snelheid, waarmee het water stroomt, bepaalt, hoe het transport van de verschillende deeltjes plaats heeft. Echter zijn er nog vele andere factoren, die hierop invloed uitoefenen. Als belangrijkste kunnen genoemd worden de hydraulische straal van het natte profiel en de ruwheid der wanden, waardoor in verband met de gemiddelde snelheid van het water de graad van turbulentie wordt bepaald. Verder de temperatuur van het water en de hoeveelheid aan zweefstoffen, waarvan het soortelijk gewicht en de viscositeit van het water-slibmengsel zal afhangen en tenslotte nog het soortelijk gewicht en de vorm van de te vervoeren deeltjes zelve.

## Het nemen van monsters en het analyseeren ervan.

Zoowel voor de bepaling van de hoeveelheid schuifmateriaal als ter vaststelling van de concentratie der suspensie zijn vele toestellen uitgedacht. Een eerste eisch voor deze apparaten is, dat op de plaats van aftapping de beweging van het water zoo weinig mogelijk verstoord wordt.

Het bekende toestel van wijlen Canter Cremers (zie *De Ingenieur,* 1921) is een geslaagde poging in deze richting te noemen. Practisch lijken voorts de gummiblazen van Gluschkoff, waarmede tevens de snelheid op het punt van aftapping kan worden bepaald uit de hoeveelheid water, die zich daarin heeft verzameld (zie *fig. 5*), terwijl interessant zijn de pogingn van Kalitin, om langs photo-electrischen weg zonder het trekken van watermonsters het gehalte aan zweefstoffen te bepalen. (Zie P. Jakuschoff „Die Schwebestoffbewegung in Flüssen in Theorie und Praxis", *Die Wasserwirtschaft* 1932 H. 5, 6, 7, 8, en 11).

Ideaal ten opzichte van den gestelden eisch is wel de methode, die door den Rijkswaterstaat in Holland wordt gevolgd, waarbij door een buis water opgepompt wordt met dezelfde snelheid als waarmede het erlangs stroomt. (Schaank, *De Ingenieur* 1938 No. 28).

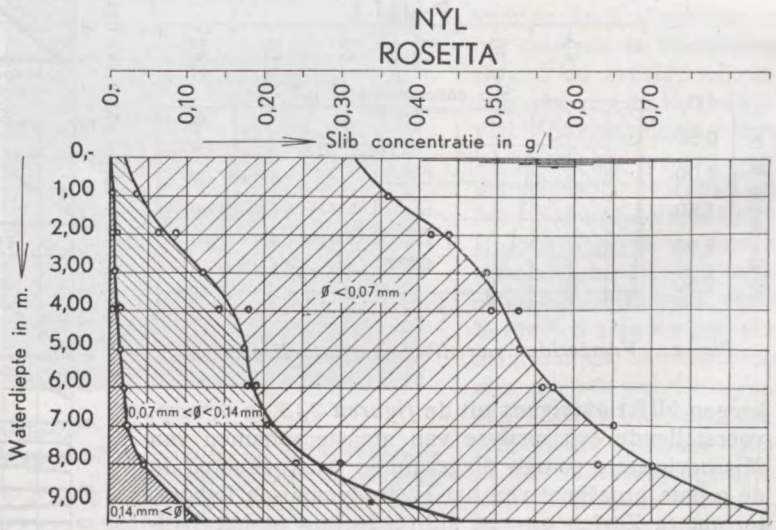



*Fig. 4. Diagram van de slibverdeeling in Nijlwater.*

*(Overgenomen uit Min. of Proc. Inst. C.E. Vol. 216 Dec. 1923).*

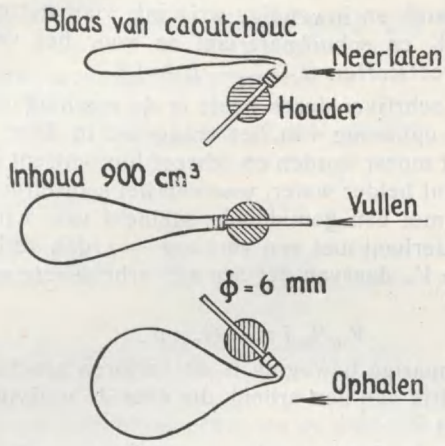



*Fig. 5. Slibvanger van W. Gluschkoff.*

Voor algemeen gebruik is echter het eenvoudige toestel, bestaande uit een houder, waaraan een koker van kwadratische doorsnede met 1 liter inhoud is bevestigd en die aan de beide uiteinden door deksels is af te sluiten, wel het meest geschikt (zie *foto No. 3*).

Bij het nemen van monsters dient overigens niet over het hoofd te worden gezien, dat het beslist noodzakelijk is, dat op één plaats òf eenige monsters na elkaar worden genomen (bijv. 5), òf dat de duur, waarin het te bezigen vat volloopt, voldoende lang zij, opdat een gemiddelde wordt verkregen van de niet-stationnaire slibconcentratie.

Het bepalen van de hoeveelheid vaste stoffen, die zich langs of vlak bij den bodem beweegt, stuit op veel meer moeilijkheden. Een geschikte methode is hiervoor nog niet gevonden.

De oorspronkelijk door Ehrenberger vervaardigde bodemtransportmeter, beschreven in een artikel in *Die Wasserwirtschaft* 1932 H. 33 u. 36, onderging zoowel door het werken ermee in de practijk, als door beproeving in laboratoria, vele wijzigingen, ten einde te bereiken dat het water en het meegevoerde materiaal ongehinderd in den meter komen, en er niet slechts een gering percentage wordt gevangen van de stoffen die de rivier vervoert.

Over de werking van den aldus ontstanen bodemtransportmeter „Arnhem" blijkt men volgens de mededeelingen van Schaank en Slotboom in *De Ingenieur* No. 51 van 1937 niet ontevreden te zijn.

Op deze plaats is het zeker van belang eens te overdenken hetgeen Joh. van Veen schrijft naar aanleiding van zijn onderzoekingen in de Hoofden met het zoo goed uitgeruste meetschip „Oceaan":

> ..... Het doel van de onderzoekingen met de „Oceaan" is dus feitelijk het mechanisme van de water- en zandbeweging voor onze kusten en in onze zeegaten grondig te leeren kennen. Een door den hoofdingenieur-directeur van den Belgischen Waterstaat, tevens voorzitter der Belgische Ingenieursvereeniging, Tobie Claes in zijn aanval op van Mierlo's „Mécanisme des Alluvions" (1926) geuite bewering, dat de tijd nog niet rijp zou zijn voor een onderzoek naar de zandverplaatsingen, kan natuurlijk niet worden aanvaard. Al spreekt het vanzelf, dat deze tak van wetenschap niet in een handomdraai kan worden vervolmaakt, zoo is het toch noodig dat er althans een begin mee wordt gemaakt. Feitelijk is het beschamend, dat men anno 1927 nog te hooren moet krijgen — grootendeels terecht — dat „behalve in enkele zeer grove trekken nog vrijwel niets van het algemeen mechanisme van stroomen bekend is". (Tobie Claes).
>
> Bij het omstreeks 1931 door den Rijkswaterstaat begonnen onderzoek is tot nog toe niet gebleken, dat de zandverplaatsingsvraagstukken, al spelen zij zich ook bij den bodem, dus buiten het direkt bereik van het oog af, ontoegankelijk zouden zijn voor studie en onderzoek in natura, of dat het te voorbarig zou zijn daarmede „reeds thans" te willen aanvangen. Integendeel, men moet zich er over verwonderen, dat niet reeds veel eerder met een onderzoek der zandproblemen is begonnen.
>
> Een belangrijk geluid werd vernomen uit Rusland tijdens het in 1935 te Brussel gehouden Internationaal Scheepvaartcongres. De noodzakelijkheid van een uitgebreid onderzoek in natura, door den vertegenwoordiger der U.S.S.R. met hydrogeologie aangeduid, werd hierbij naar voren gebracht, terwijl tevens werd medegedeeld, dat hiermede in Rusland reeds op groote schaal was begonnen. .....

Het analyseeren van de opgevangen hoeveelheid materiaal geschiedt ook op zeer verschillende wijzen en jammer genoeg meestal zeer onvolledig. Het is zeer gewenscht, dat hierin meer uniformiteit wordt betracht. Ten gevolge van het groote aantal monsters, dat genomen moet worden, omdat de concentratie en de snelheid van het water niet gelijkmatig over de dwarsdoorsnede van een kanaal of rivier verdeeld zijn, moeten we de beschikking hebben over een wijze van verwerken der monsters, die niet veel tijd kost en overal kan worden toegepast.

De korrelgrootte en het s.g. der deeltjes interesseert ons bij dit vraagstuk eigenlijk niet zoozeer. Hetgeen we weten willen, is het gewicht onder water gemeten en de valsnelheid in water der diverse deeltjes, omdat het product van deze twee grootheden maatgevend is voor de aan het stroomende water te ontleenen energie, wil de materie in suspensie blijven.

Voor het analyseeren der monsters is dus één der sedimentatie-methoden aangewezen en m.i. leent zich voor dit doel hier te lande het best de pelometer, zijnde een modificatie van het bekende toestel van Sven Oden, zooals dat door mij te Modjokerto werd geconstrueerd met de zeer gewaardeerde medewerking van irs. R. J. Klein en W. N. G. Claasz en te Kediri beproefd door wijlen Ing. Chang Tung. De werking van dit apparaat zal in een volgend artikel worden beschreven. Natuurlijk kan men in goed ingerichte laboratoria ook gebruiken de in Amerika en Europa vrij algemeen in zwang zijnde aerometer-methode volgens Boujoucos (zie Casagrande: Die Aräometer-methode zur Bestim-

mung der Kornverteilung von Böden, Berlin 1934), of het toestel van Wiegner voorzien van een film om de niveauverschillen te registreeren (zie Gessner: „Die Schlammanalyse", Kolloidforschung in Einzeldarstellungen, Band 10). Zoo gewenscht kan men het percentage van de allerfijnste deeltjes ($\phi < 5\,\mu$) door middel van centrifuge bepalen. Voor de laatstgenoemde twee methoden zijn de apparaten aanwezig resp. in het Laboratorium voor Grondmechanica en dat voor Materiaalonderzoek, beide aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng.

## Theorieën.

Van de natuurkundige wetten, die reeds afgeleid zijn voor de beweging van vaste stoffen in stroomend water, kan gezegd worden, dat er daarbij drie richtingen bestaan. In de eerste plaats zijn er de empirische wetten, ontstaan door het doen van vele waarnemingen in kanalen en rivieren. Kennedy is hiervan de voorlooper. Reeds in 1895 gaf hij zijn formule $h = c\,v^{1,56}$ voor de diepte aan kanalen te geven, willen deze niet opslibben noch uitschuren. Hierin zou $c = 2{,}54$ genomen moeten worden in omstandigheden als bij de Punjabkanalen aanwezig zijn. Dikwijls heeft deze formule goede diensten bewezen, maar het gewicht, dat eraan is toegekend, heeft helaas jarenlang verdere ontwikkeling in den weg gestaan. Buckley, Lindley, Bottomley, Lacey, Lane, Griffith zijn eenige namen van ingenieurs, die later soortgelijke formules opstelden. Een algemeen geldende wet is echter nog niet gevonden voor het suspensietransport.

Van de wetten, waaraan het sleeptransport gehoorzaamt, weten we iets meer, vooral door de proeven van Gilbert, Schoklitsch, Kramer, Meyer-Peter, Indri, Casey en de contrôlewaarnemingen in de practijk gedaan door Mülhofer, Ehrenberger, Maris, Schaank, Slotboom, Nesper e.a. Voorloopig boezemt ons de formule van Meyer-Peter, die het voordeel heeft te voldoen aan de gelijkvormigheidswet van Froude, het meeste vertrouwen in. Deze formule luidt:

$$\frac{q^{\frac{2}{3}}\,i}{d} = 17 + 0{,}4\,\frac{g^{\frac{2}{3}}}{d}$$

waarin:

$q$ = waterhoeveelheid in kg/sec m,
$g$ = hoeveelheid schuifmateriaal in kg/sec m,
$d$ = gemiddelde korreldiameter in m.

Een tweede categorie personen tracht de wetten, die dit vraagstuk beheerschen, af te leiden uit de wet van het behoud van arbeidsvermogen.

Aanstonds dient hier de naam van prof. ir. de Vos genoemd te worden, die in *De Waterstaatsingenieur* van 1925 No. 7 afleidde: $G = \alpha\,i\,v$, of in woorden; het gewicht aan vaste stof per m³ water is recht evenredig met het product van verhang en snelheid.

Verder heeft ir. A. Segond von Banchet hier te lande in dezen zin gewerkt. Hij geeft aan, dat de in een stroom aanwezige energie verbruikt wordt voor wand- en inwendige wrijving, voor het transport van rol- en schuifmateriaal en voor het vervoeren van zweefstoffen ($i = i_w + i_s + i_z$).

Ook schrijver dezes heeft in de meening verkeerd, dat de oplossing van het vraagstuk in deze richting gezocht moest worden en schreef hieromtrent in 1936: „Stroomt helder water, waarvan het soortelijk gewicht $S_w$ is, met een gemiddelde snelheid van $v$ m/sec in een waterloop met een verhang $= i$, dan verliest een volume $V_w$ daarvan per sec aan arbeidsvermogen van plaats:

$$V_w\,S_w\,i\,v = G_w\,i\,v\,.$$

Bij eenparige beweging is dit verloren arbeidsvermogen gelijk aan den arbeid, die door de wrijving wordt verricht.

Is nu in dezen stroom aanwezig per watervolume $V_w$ een volume gronddeeltjes $V_s$ met soortelijk gewicht $S_s$, waarvan de korrelgrootte gelijkmatig en zoo groot is, dat de valsnelheid in water van die deeltjes $w$ m/sec bedraagt, dan zal de gemiddelde snelheid van het water bezwangerd met deze stof in het algemeen een andere zijn dan die van helder water; noemen we deze nieuwe snelheid $v'$.

Om de deeltjes in suspensie te houden is een hoeveelheid arbeidsvermogen per sec noodig groot: $V_s\,(S_s - S_{w'})\,w$, waarin $S_{w'}$ het s.g. van het waterslibmengsel is.

Het arbeidsvermogen van plaats dat deze deeltjes en de beschouwde hoeveelheid water per sec verliezen is resp:

$$V_s\,S_s\,i\,v' \quad \text{en} \quad V_w\,S_w\,i\,v'\,.$$

Dit verlies van potentieele energie wordt verbruikt voor het in suspensie houden van de deeltjes en ter dekking van de wrijvingsverliezen.

Bij helder water hebben we alleen te maken met de laatste verliezen, welke bij beschouwing van een weglengte $v'$ bedragen:

$$V_w\,S_w\,i\,v'.$$

De optredende stroomsnelheid is daarbij echter $v$. Voor het geval van de met slib bezwangerde watermassa, welke stroomt met een snelhied $v'$, zullen de wrijvingsverliezen groot zijn:

$$V_w\,S_w\,i\,v'\,\frac{v'^2}{v^2}\,,$$

welke gevolgtrekking gebaseerd is op de wet van Chézy, onder aanname dat de meegevoerde hoeveelheid slib het product $R\,C^2$ niet te veel wijzigt en de wrijvingsverliezen slechts verandering ondergaan als de snelheid waarmee het water stroomt een andere wordt en dus niet ten gevolge van verandering in viscositeit, snelheidsverdeeling en turbulentie.

Eventueel zou om deze invloeden in rekening te brengen een correctie ingevoerd kunnen worden.

Volgens de wet van het behoud van arbeidsvermogen is nu:

$$(V_s\,S_s + V_w\,S_w)\,i\,v' =$$

$$= V_s\,(S_s - S_w)\,w + V_w\,S_w\,i\,v'\,\frac{v'^2}{v^2} =$$

$$= G_s\,\frac{S_s - S_w}{S_s}\,w + G_w\,i\,v'\,\frac{v'^2}{v^2}\,.$$

Indien $\frac{S_s - S_w}{S_s}$ gelijk gesteld wordt aan 0,6 gaat bovenstaande vergelijking over in:

$$G_w\, i\, v' - G_w\, i\, v' \frac{v'^2}{v^2} = 0{,}6\ G_s\, w - G_s\, i\, v'$$

$$\text{of } \frac{G_s}{G_w} = \frac{i\, v' \left(1 - \frac{v'^2}{v^2}\right)}{0{,}6\, w - i\, v'} = \frac{1 - \frac{v'^2}{v^2}}{\frac{0{,}6\, w}{i\, v'} - 1} \quad \ldots\ldots\ldots\ (\mathbf{I})$$

$\frac{G_s}{G_w}$ stelt het gehalte aan zinkstoffen voor.

$\frac{v'}{v}$ is de verhouding tusschen de gemiddelde snelheid van het water met en zonder zinkstoffen. Dit quotient geeft den invloed weer, dien het zinkstoftransport heeft op den coëfficiënt in de formules voor de gemiddelde snelheid, want:

$$\frac{v'}{v} = \frac{C'}{C} = \frac{k'}{k}$$

resp. voor de formules van Chézy en Manning-Gauckler. Uit vergelijking (I) volgt verder, dat voor het geval $0{,}6\ w = i\, v'$ zal gelden, $\frac{G_s}{G_w} = \frac{0}{0}$, want dan is ook $v' = v$, m.a.w. er kunnen een onbepaald aantal van die deeltjes vervoerd worden, zonder dat de snelheid daarbij verandering ondergaat. Dit resultaat stemt goed overeen met allerlei waarnemingen en verklaart waarom vele auteurs schrijven, dat er geen verband tusschen de snelheid en de hoeveelheid zweefstoffen bestaat. Bijv. zegt Paul Neményi in „Wasserbaulische Strömungslehre" op blz. 130:

„Met zekerheid kunnen we echter slechts vaststellen, dat het gehalte aan zweefstoffen op een bepaalde plaats in een rivier zeker niet als een functie van de waterstand alleen is uit te drukken".

Voorts is in het reeds boven genoemde boekje van Schoklitsch op blz. 31 te lezen:

„Als van buiten af zweefstoffen aan een stroom worden toegevoerd, dan treedt er geen verzadiging van het water met het slib op; van dat van helder water tot dat van een brijachtige massa is dan ieder gehalte aan zweefstof mogelijk".

Hetzelfde verschijnsel werd geconstateerd bij de proeven te Zürich, welke beschreven zijn in *Mitteilung* No. 31 des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirschaft, „Wasserführung, Sinkstoffführung und Schlammablagerung des Alten Rheins", 1932.

Een der conclusies op blz. 23 luidt n.l.:

„De proeven, die tot een maximum concentratie van 20 g/l werden genomen, toonden duidelijk aan dat een verzadiging niet optreedt. Er kan dus niet gezegd worden, dat water bij een bepaalde snelheid slechts een bepaalde concentratie kan hebben."

Is ten slotte $0{,}6\ w < i\, v'$, dan wordt $v' > v$. Of in woorden: door toevoeging van zeer fijn materiaal aan een stroom kan de snelheid daarvan vergroot worden. Dit feit moet ook meerdere malen geconstateerd zijn. De deeltjes, waarvoor $0{,}6\ w < i\, v'$, zijn in het voorgaande gedefinieerd als zweefstoffen, die waarbij $0{,}6\ w > i\, v'$ zijn zinkstoffen genoemd. Bij de eerste soort treedt geen verzadiging op, maar voor de tweede soort is het gehalte wel als functie van de gemiddelde snelheid en het verhang uit te drukken.

Hebben we niet te maken met een homogene stof, maar met een mengsel van verschillende korrelgrootten, dan kan daarvoor in de plaats treden een materiaal met een z.g. aequivalente valsnelheid $w_o = \frac{1}{n} w$, indien de stof verdeeld wordt gedacht in $n$ categorieën van eenzelfde gewicht. Grafisch is de waarde $w_o$ op eenvoudige wijze te bepalen uit de karakteristiek of sommeeringskromme van het materiaal en de lijn, die het verband aangeeft tusschen de korrelgrootte en de valsnelheid $w$.

De vraag, of in alle leidingpanden van een irrigatienet $i\, v$ even groot zou moeten zijn om geen zand- of slibafzetting te krijgen, zooals de theorie van prof. de Vos aangeeft, zal alleen dan in bevestigenden zin kunnen worden beantwoord, als aangetoond kan worden dat $\frac{v'}{v}$ een functie is van het product $i\ v'$ of constant voor de diverse leidingen en mits er bij de aftappingen voor gezorgd wordt, dat de aequivalente valsnelheid van de zinkstof in de verschillende panden gelijk wordt.

Het zier er niet naar uit, dat deze voorwaarden spoedig aannemelijk gemaakt en verwezenlijkt zullen kunnen worden."

Gaan we nu aan de hand van enkele voorbeelden na bij welke korrelgrootte $0{,}6\ w = i\, v$, dan vinden we:

| Q in m³/sec. | $v$ in m/sec | $b$ in m | $h$ in m | $i$ in ‰ | $\frac{v\, i}{w} = 0{,}6$ | $w$ in mm/sec | ∅ in mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 500,— | 3,— | 41,— | 4,1 | 1,008 | 3,— | 5,— | 0,076 |
| 100,— | 2,— | 22,2 | 2,22 | 1,45 | 2,9 | 4,9 | 0,076 |
| 100,— | 1,50 | 26,— | 2,6 | 0,58 | 0,87 | 1,45 | 0,04 |
| 100,— | 1,— | 31,60 | 3,16 | 0,20 | 0,20 | 0,35 | 0,02 |
| 2,5 | 0,50 | 3,15 | 1,05 | 0,19 | 0,095 | 0,15 | 0,013 |
| 0,3 | 0,35 | 1,06 | 0,53 | 0,29 | 0,10 | 0,16 | 0,013 |

Uit dit staatje is te zien dat voor de veel voorkomende gevallen de grens tusschen zweef- en zinkstoffen theoretisch zou moeten varieeren van ∅ 0,01 tot ∅ 0,1 mm.

Merkwaardig is echter dat reeds herhaaldelijk is geconstateerd dat het materiaal met een diameter kleiner dan ± 0,07 mm gelijkmatig over de hoogte verdeeld voorkomt. Straub tracht dit verschijnsel te verklaren uit het feit, dat deze grootte ongeveer de bovenste grens is tot waar de wet van Stokes geldig is. Maar zeer aannemelijk lijkt dit niet, omdat de gecorrigeerde lijn Stokes — Oseen althans voor deeltjes tot 0,2 mm maar betrekkelijk geringe afwijkingen aangeeft.

Het is zeker van belang de ware oorzaak van het bijzondere gedrag van deeltjes met ∅ < ± 0,07 mm op te sporen.

Nemen we in afwijking van de bovengegeven theorie voorloopig aan, dat het transport van dit materiaal geen energie kost in water met een gemiddelde snelheid van 0,50 m/sec of meer, dan kunnen we het gewicht daarvan verwaarloozen en het verband zoeken tusschen de snelheid en de hoeveelheid grovere bestanddeelen. Aldus is gehandeld met de monsters getrokken in het Sidoardjo-voorkanaal en in de kali Ngasinan.

Het resultaat is geteekend resp. in de *fig. 6* en 7. Ondanks de groote strooiing der waarnemingspunten, welke uiteraard optreedt, is een bepaalde betrekking tusschen de gemiddelde snelheid en het luchtdroog gewicht van de deeltjes met $\phi > 0{,}07$ mm onmiskenbaar. Indirect volgt hieruit, dat het toepassen van de wet van het behoud van arbeidsvermogen nog niet tot een bruikbaar resultaat heeft gevoerd. Dit komt omdat daarvoor allerlei aannamen gedaan moesten worden, o.a. dat de viscositeit en daarmede de graad van turbulentie niet verandert, dat de snelheidsverdeeling dezelfde blijft enz., enz. Geen rekening werd dus gehouden met de inwendige energie-huishouding, waaromtrent ons nog te weinig bekend is.

Er is dan ook een derde groep van onderzoekers, die het vraagstuk tracht op te lossen door het bestudeeren van turbulentieverschijnselen en wat daaraan inhaerent is. Terloops mogen hier de namen genoemd worden van Prandtl, von Kármán, Tollmien, Taylor, Reynolds, Dryden, Burgers, Schiller, Schmidt, Tchikoff, Slade, Kalinske, van Driest, Velikanov, O'Brien, Hunter Rouse, Shields, Lipple-Orsoy, Makkaveef, Leighly, Straub, Hazen, Hurst en Rubey om een indruk te geven van de belangstelling, die dit onderwerp allerwegen heeft.

Het practische resultaat van al dit werk is helaas echter nog gering, maar het belooft in de naaste toekomst wel van beteekenis te zullen worden. Zeker

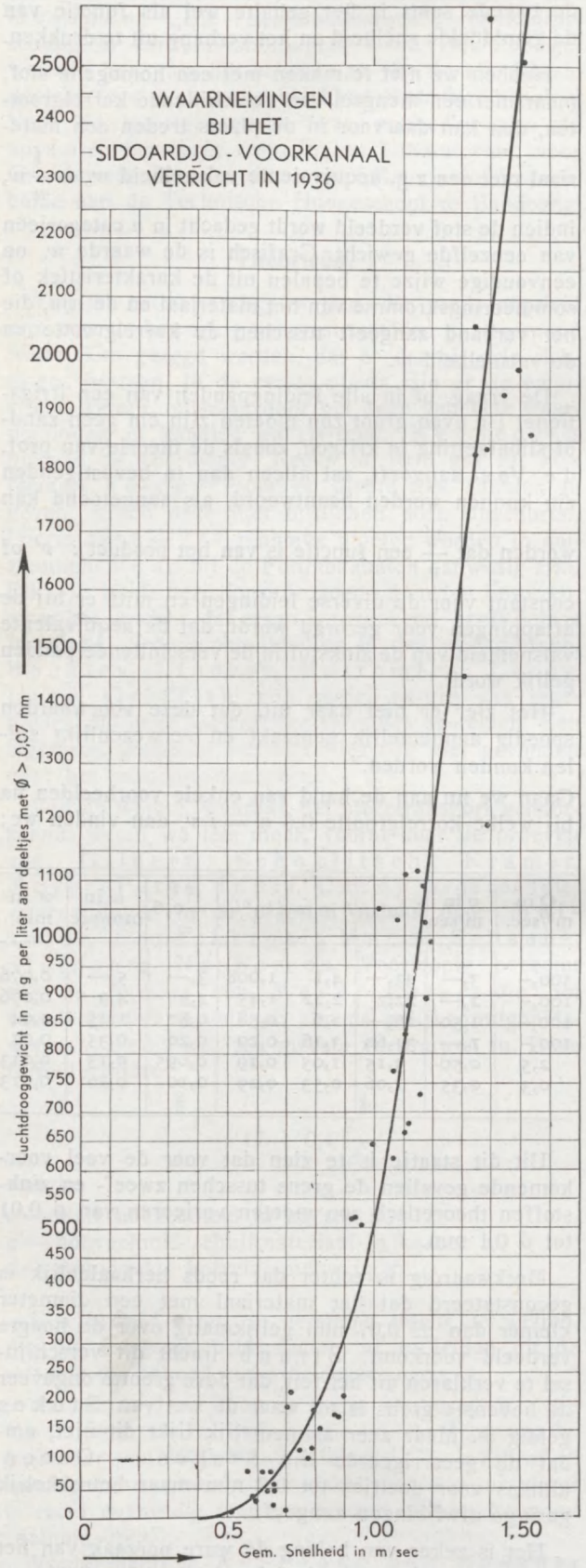



*Fig. 6. Verband tusschen gemiddelde snelheid en zweefstofgehalte in het Sidoardjo-voorkanaal.*

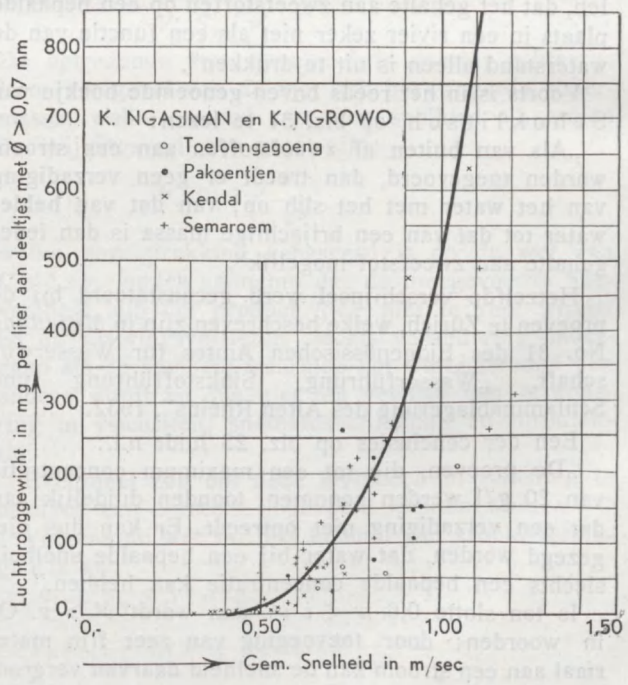



*Fig. 7. Verband tusschen gemiddelde snelheid en zweefstofgehalte in de K. Ngasinan en K. Ngrowo.*

zullen daarbij de ingenieurs in de practijk hun medewerking moeten verleenen om de noodige gegevens te verkrijgen, waaraan de theorieën getoetst kunnen worden. Het zal dan wel noodig zijn, behalve het slibgehalte en de snelheid op vele punten van de doorsnede, ook de mate van turbulentie te bepalen. Hiertoe is reeds een toestel, de z.g. hittedraadhydrometer ontworpen en beproefd door Gogulapati Gangadharan en Triguna Charan Sen (zie Mitt. d. Hydr. Inst. d. T. H. München, H. 4 u. 7). In ieder geval ware het zeer nuttig, indien in Indië begonnen werd met een systematisch onderzoek naar het transport van vaste stoffen in onze irrigatiekanalen.

Om doelmatig te kunnen werken zal daarvoor een centrale organisatie in het leven geroepen dienen te worden, in welk verband het Waterloopkundig Laboratorium van het Dept. V. en W. de aangewezen plaats lijkt voor het geven van advies bij het meten en het verwerken van de verkregen gegevens.

## Beteekenis van de kennis der schuif-, zink- en zweefstofbeweging voor de practijk.

Eenige vragen, die zich in de irrigatiepractijk herhaaldelijk voordoen, luiden:

a. Hoe spuipanden doelmatig te ontwerpen?
b. Hoe dienen verdeelwerken en vrije aftappingen geconstrueerd te worden?
c. Hoe behooren leidingen en afvoeren berekend te worden?

Hierbij is in het bijzonder van belang de vraag, welke de verhouding tusschen de waterdiepte en de bodembreedte moet zijn, opdat bij een gegeven verhang en debiet zooveel mogelijk vaste stoffen worden getransporteerd (zie: Habekost: „Flussquerschnitt und Geschiebefracht", Bericht über die vierte Mitglieder-Sammlung vom 14 Nov. 1936 der Gesellschaft der Hannoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau).

Het spreekt vanzelf, dat het antwoord op deze en soortgelijke vragen alleen gegeven kan worden, indien we weten welke factoren de beweging van de vaste stoffen in stroomend water beïnvloeden, m.a.w. de natuurkundige wetten kennen, waaraan het materiaaltransport gehoorzaamt.

Voorloopig kan, als resultaat van de tot heden verrichte onderzoekingen, als recept worden neergeschreven:

1e. Voor het schuif- of roltransport gebruik maken van de in het vorenstaande aangehaalde formule van de „Versuchsanstalt für Wasserbau an der E. T. H. Zürich".
(Zie het artikel: „Neuere Versuchsresultate über den Geschiebetrieb", door E. Meyer — Peter, H. Favre und A. Einstein, *Schweizer. Bauzeitung*, 31 Maart 1934 Bd. 103 en „Beitrag zur Berechnung der Geschiebeführung und der Normalprofilbreite von Gebirgsflüssen", door E. Meyer — Peter, H. Favre en R. Müller, *Schw. Bauz.*, 10 Maart 1935 Bd. 105).

2e. Voor het zinkstoftransport, waaronder voorloopig verstaan wordt de beweging van deeltjes met diameter grooter dan 0,07 mm, kan gebruikt worden de verhouding tusschen de gemiddelde stroomsnelheid en het luchtdroog gewicht aan zinkstof, zooals deze grafisch is aangegeven door de lijn van *fig. 6*.

3e. Er bestaat geen betrekking tusschen de hoeveelheid deeltjes met een middellijn kleiner dan 0,07 mm (zweefstof) en de gemiddelde stroomsnelheid, indien deze grooter is dan ± 0,50 m/sec.

Het behoeft na het voorgaande wel geen betoog, dat het in de waterbouwkunde zoo belangrijke vraagstuk omtrent het transport van vaste stoffen door stroomend water nog lang niet opgelost is. Er is echter wel eenig inzicht verkregen door de proeven die genomen werden en verwacht mag worden dat onze kennis van deze materie zich spoedig zal uitbreiden, indien de ervaringen, die in de practijk van het irrigatiewezen in zoo ruimen getale kunnen worden verkregen, eens nauwkeurig worden omschreven.

Bandoeng, Januari 1941.

### Literatuurlijst.


de Vos. Transport van vaste stoffen door stroomend water.
*De Waterstaatsingenieur* 1925 No. 7.

Canter Cremers. Waterbeweging en beweging van vaste stoffen in benedenrivieren.
*De Ingenieur* 1921 blz. 48.

Jakuschoff. Die Schwebestoffbewegung in Flüssen in Theorie und Praxis.
*Die Wasserwirtschaft* 1932 H. 5, 6, 7, 8 en 11.

Kennedy en Higham. The Prevention of Silting in Irrigation Canals.
*Proc. Inst. Civ. Eng.* 1894/95 p. 281.

Kennedy. Kennedy's Laws of Silting.
*Eng. News* 1911 Bd. 65 S. 701.

Buckley. Influence of silt on the velocity of water flowing in open channels.
*Engineering* 1923 p. 311.
*Min. of Proc. Inst. Civ. Eng.* Vol. 216 II p. 1813 1922 — 1923.

Lindley. Stable Channels in erodible Material.
*Proc. Am. Soc. Civ. Eng.* April 1936.

Bottomley. A new Theory of Silt and Scour.
*Engineering* 1928, Vol. 125 p. 307.

Lacey. Stable Channels in Alluvium.
*Min. of Proc. Inst. Civ. Eng.* Vol. 229.

Lane. Stable channels in erodible Material.
*Proc. Am. Soc. Civ. Eng.* Nov. 1935 en Mei 1937.

Griffith. A Theory of Silttransportation.
*Proc. Am. Soc. Civ. Eng.* Mei 1938.

Stevens. The siltproblem.
*Proc. Am. Soc. Civ. Eng.* Oct. 1934 en Nov. 1935.

Gilbert. The Transportation of débris by running water.
*Professional Paper 86.* U. S. Geological Survey 1914.

Schoklitsch. Über Schleppkraft u. Geschiebebewegung. Leipzig u. Berlin 1914.

Schoklitsch. Der Geschiebetrieb und die Geschiebefracht.
*Wasserkraft und Wasserwirtschaft* 1934 H. 4.

Kramer. Sand mixtures and sand movement in fluvial models.
*Transactions Am. Soc. Civ. Eng.* 1935 p. 798.

Meyer-Peter, Favre en Einstein. Neuere Versuchsresultate über den Geschiebetrieb.
*Schw. Bauz.* Bd. 103 1934, 31 März.

Indri. Sulla forza di trascinamento delle correnti liquide.
*Energ. Elett.* Dicembre 1934.

Casey. Über Geschiebebewegung.
*Mitt. d. Preussischen Versuchsanstalt f. Wasserbau u. Schiffbau.* Berlin H. 19 1935.

Mühlhofer. Schwebestoff- und Geschiebemessung am Inn bei Kirchbichl.
*Wasserkraft und Wasserwirtschaft* H. 4 1933.

Ehrenberger. Geschiebemessungen an Flüssen mittels Auffanggeräten und Modellversuche mit letzteren.
*Die Wasserwirtschaft* H. 33 u. 36 1932.

Maris. Zand- en waterbeweging op de Lek bij Wijk-bij-Duurstede. *De Ingenieur* 11 Juni 1937 No. 24 B. 83.

Schaank en Slotboom. Enkele mededeelingen betreffende de zandbeweging op den Neder-Rijn.
*De Ingenieur* 17 Dec. 1937 B. 167.

Meyer-Peter. Wasserführung, Sinkstoffführung und Schlammablagerung des Alten Rheins.
*Mitteilung No. 31 des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft.*

Prandtl. Neuere Ergebnisse der Turbulenzforschung.
*Z. d. V. D. I.* 1933 H. 5.

Prandtl. Eine Untersuchung über erodierende Stromgeschwindigkeiten.
*Wasserkraft und Wasserwirtschaft* 1932 H. 17.

v. Kármán. Some Aspects of the turbulence Problem.
*Proc. Fourth Int. Congr. f. applied Mech.* Cambridge, Engl. 1934.

Tollmien. Handbuch für Experimentalphysik.
Bd. 4, T. 1, 1931 Leipzig.

Schmidt. Der Massenaustausch in freier Luft und verwandte Erscheinungen.
*Probleme der kosmischen Physik* Bd. VII Hamburg 1925.

Tchikoff. Practical River Laboratory Hydraulics.
*Proc. Am. Soc. Civ. Eng.* April 1934.

Slade. Sedimentation in quiescent and turbulent Basins.
*Proc. A. S. C. E.* Dec. 1935.

Kalinske en van Driest. Application of statistical Theory of Turbulence to Hydraulic Problems.
*Am. Soc. Civ. Eng.*; *Proc. Fifth Int. Congr. for Applied Mechanics* 1938.

Kalinske. Relation of the statistical Theory of Turbulence to Hydraulics.
*Proc. Am. Soc. Civ. Eng.* Vol. 65 Oct. 1939.

Velikanov. Theory of Probability applied to Analysis of Sedimentation of Silt in turbulent Streams.
*Transactions Scientific Research Inst. of Hydrotechnics.* Leningrad 1936 p. 50.

O'Brien. Review of theory of turbulent Flow and its Relation to Sediment transportation.
*Transactions Am. Geophysical Union* 1933 p. 487.

Shields. Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung.
*Mitt. der Pr. Vers. f. W. u. S.* H. 26 Berlin 1936.

Lipple-Orsoy. Über Turbulenz, Randgeschwindigkeit und Schleppwiderstand 1936 *Ww.* H. 12, 13, 14, 18 u. 19.

van Veen. Onderzoekingen in de Hoofden in verband met de gesteldheid der Nederlandsche kust.
's-Gravenhage 1936.

Makkaveef. Over de methoden van de theoretische oplossing van eenige speciale vraagstukken welke rijzen bij het ontwerpen van bedijkingen van niet-gekanaliseerde rivieren.
*XVIe Internationaal Scheepvaartcongres* Brussel 1935.

Leighly. Turbulence and the Transportation of Rock-Débris by Streams.
*Geographical Review* Vol. 24 1934 pp. 433 — 464.

Straub. Transportation of Sediment in Suspension.
*Civ. Engineering* May 1936 p. 321.

Hazen. On Sedimentation.
*Transactions Am. Soc. Civ. Eng.* Vol. LIII Dec. 1904 p. 45.

Dryden. Turbulence and the Boundary Layer.
*Journal of the Aeronautical Science* Vol. 6 No. 3 Januari 1939.

Taylor. Statistical theory of turbulence.
*Proc. R. S. of London.* Vol. 151 A 1935 p. 421.

Bakhmeteff. Hydraulics by Open Channels p. 64.

Hurst. The Suspension of sand in water.
*Proc. Roy. Soc. London* (A) 124, 196 — 201, 1929, No. 793.

Rubey. Equilibrium Conditions in débris-laden streams.
*Transact. Am. Geoph. Union* 1933.

Hunter Rouse. Experiments on the Mechanics of sediment suspension. *Proceedings of the fifth International Congress for Appliet Mechanics,* Cambridge, Massachusetts Sept. 12 — 16, 1938.

## BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

### Leerboek Grondmechanica.

Binnenkort verschijnt het Leerboek der Grondmechanica door prof. ir. A. S. Keverling Buisman. Degenen, die een exemplaar wenschen te koopen kunnen reeds nu hunne bestellingen doen bij den Secretaris van de Technische Hoogeschool te Bandoeng.

### De verdeeling van delfstoffen over de aarde als factor in de wereldeconomie.

Van de onder bovenstaanden titel en daarbij aansluitend onder den titel „De delfstoffenpositie van Oost-Azië, in het bijzonder die van Japan" in *Koloniale Studiën* No. 5 — 1940 en het *Economisch Weekblad van Nederlandsch-Indië* No. 46 — 1940 verschenen beschouwingen van dr. ir. R. W. van Bemmelen zijn bij de Administratie van *De Ingenieur in Nederlandsch-Indië,* Bragaweg 38, Bandoeng, gecombineerde overdrukken verkrijgbaar. De prijs hiervan bedraagt *f* 0,45 per exemplaar (bij vooruitbetaling) voor toezending per post, of *f* 0,40 per stuk afgehaald aan genoemd adres.

## PERSONALIA.

Ir. Ch. H. F. Monteiro, ingr. bij 's Lands Wat., toegevoegd a. d. Gouverneur v. Sumatra, is ter besch. gest. v. d. Prov. O.-Java.

Ir. H. A. O. W. Geesink, idem, toegevoegd a. d. Gouverneur v. d. Groote Oost, is toegev. a. d. Gouverneur v. Sumatra.

Ir. A. M. J. van der Most, idem, toegev. a. d. Gouverneur v. Sumatra, is ter besch. gest. v. d. Groepsgemeenschap Bandjar.

Ir. M. M. C. Posno, idem, is met gelijkt. ontheffing v. zijn ter besch. stell. v. d. Groepsgemeenschap Bandjar, ter besch. gest. v. d. Prov. W.-Java.

Ir. E. Rademaker, idem, is met gelijkt eerv. ontheffing v. zijn ter besch. stell. v. d. Prov. W.-Java, gepl. bij het Dept. v. V. en W.

Ir. K. J. Léatemia, idem, idem, toegev. a. d. Gouverneur v. Sumatra.

Ir. R. Soerjomihardjo, idem, toegev. a. d. Resident v. Benkoelen, is toegev. a. d. Gouverneur v. d. Groote Oost.

Ir. D. van Riemsdijk, idem, toegev. a. d. Gouverneur v. Sumatra, is ter besch. gest. v. d. Prov. M.-Java.

Ir. R. van den Bout, tijd. bel. m. d. waarn. v. d. betr. v. ingr. 2de kl. bij 's Lands Wat., is benoemd tot ingr. 2de kl. en blijft toegev. a. d. Directeur der Haven Tandjong Priok.

Ir. Ong Ping Liang, part., is op maandg. werkz. gesteld b. h. Waterloopk. Laboratorium v. h. Dept. v. V. en W. te Bandoeng.

Ir. R. Ahja, tijd. op maandg. werkz. bij 's Lands Wat., is tijd. bel. m. d. waarn. der betr. v. ingr. 2de kl. bij 's Lands Wat. en blijft ter besch. gest. v. d. Prov. O.-Java.

Ir. G. E. J. S. L. Voitus van Hamme, op maandg. werkz. bij 's Lands Wat. (Dept. v. V. en W., Bandoeng), is toegev. a. d. Gouverneur v. d. Groote Oost.

Ir. P. K. Termijtelen, ingr. bij 's Lands Wat., ter besch. gest. v. d. Prov. M.-Java, is op verzoek wegens volbrachten diensttijd met ingang v. 31 Maart 1941, eervol en met recht op pensioen uit 's Lands dienst ontslagen.

Ir. L. P. van der Meulen, ingr. b. d. Prov. Wat. v. W.-Java, is overgepl. van Batavia naar Serang.

Ir. P. Westbroek, idem, is overgepl. van Serang naar Batavia.

Ir. A. van Gessel, ingr. 2de kl. b. d. S.S., is overgepl. v. h. Insp. ktr. III te Bandoeng naar Insp. ktr. I te Batavia-Benedenstad en toegev. a. d. E.A.W.J. v. Weg en Werken I te Batavia.

Mr. ir. E. Geldorp, adj. insp. b. d. S.S., is benoemd tot ingr. 2de kl. en overgepl. v. d. Expl. W.L. (Batavia) naar het Dienstonderdeel Tractie, Mat. en Werkpl. (Werkpl. Madioen).

Ir. Soepardi, ingr. 2de kl. op maandg. b. d. S.S., is overgepl. v. d. Expl. W.L. (Batavia-Benedenstad) naar Expl. Z.S.S.S. (Palembang) en toegev. a. d. Ingr. v. W. en W. aldaar.

Mr. ir. J. G. Sissingh, insp. b. d. S.S., fd. Insp. v. Vervoer der Z.S.S.S., is overgepl. v. d. Expl. S.S. in Z.-Sumatra (Palembang) naar Expl. W.L. (Insp. ktr. I Batavia-Benedenstad) en toegev. a. d. Insp. v. Vervoer I (Batavia-Benedenstad).

Ir. Th. A. Aussems, adj. insp. b. d. S.S., is overgepl. v. Tandjoeng Karang naar Palembang en belast m. d. functie v. Insp. v. Vervoer der S.S. in Z.-Sumatra.

Ir. J. W. te Kolsté, ingr. 2de kl. b. d. S.S., is overgepl. v. d. Expl. W.L. (Batavia-Benedenstad) naar Expl. Z.S.S.S. (Palembang) en toegev. a. d. E.A.W.I. v. Weg en Werken aldaar.

Ir. A. P. Mioulet, ingr. b. d. S.S., is overgepl. v. d. S.S. ter Sum. W.-kust (Padang) naar het Hoofdkantoor (bureau Hfd. Weg en Werken) te Bandoeng.

Ir. J. F. Bish, ingr. 2de kl. b. d. S.S., is overgepl. v. d. S.S. in Z.-Sumatra (Palembang) naar de S.S. ter Sum. W.-Kust. (Padang).

Ir. J. Wildschut, ingr. b. d. S.S., is overgepl. v. h. Dienstonderd. Tractie Mat. en Werkpl. (Werkpl. Manggarai) naar Expl. O.L. (Soerabajakotta).

Ir. E. Krijthe, idem, is overgepl. van Expl. ktr. Palembang der Z.S.S.S. naar Dienstonderdeel Tractie, Mat. en Werkpl. (Werkpl. Manggarai).

Ir. J. G. Boerma, idem, is overgepl. v. h. Hoofdktr. te Bandoeng naar Expl. S.S. in Z.-Sum. (Expl. ktr. Palembang).

## KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS, Groep Nederlandsch-Indië.

### BESTUURSMEDEDEELINGEN.

#### Aangenomen leden.

De in No. 1 van dezen jaargang voorgestelde leden zijn aangenomen.

#### Betrekking gezocht door:

*Civiel ingenieur,*

diploma Delft 1935, oud 28 jaar. Wenscht bij voorkeur in dienst te treden bij Aannemersfirma. Over eenige maanden beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*

diploma Bandoeng 1937. Direct beschikbaar.

*Werktuigkundig ingenieur,*

diploma Delft 1926, oud 41 jaar. Wenscht bij voorkeur een technisch-administratieven werkkring. Direct beschikbaar.

*Mijningenieur,*

diploma Delft 1928. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*

diploma Bandoeng 1937, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*

diploma Bandoeng 1936, oud 29 jaar. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*

diploma Bandoeng 1939, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

*Mijningenieur,*

diploma Delft 1921. Zoekt een werkkring, bij voorkeur in organisatorische richting, eventueel buiten het gebied van den mijnbouw. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*

diploma Delft 1932, oud 33 jaar. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*

diploma Bandoeng 1940, oud 23 jaar. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*

diploma Bandoeng 1937.

*Scheikundig ingenieur,*

diploma Delft 1936, oud 30 jaar. Zoekt eventueele positieverbetering. Liefst zooveel mogelijk op chem.-techn. research gebied. 4½ jaar (groot-) industrie praktijk in Indië. Direct beschikbaar.

Inlichtingen bij het Secretariaat van de Groep Ned.-Indië van het Kon. Instituut van Ingenieurs, Bragaweg 38, Bandoeng.

---

Ir. E. A. Neeb m.i., Oud-Hoofdingenieur van de Banka Tinwinning en van den Dienst van den Mijnbouw in N.O.I., p/a dr. G. Kloosterhuis, Ternatestraat 8, Bandoeng,

stelt zich beschikbaar voor het verleenen van diensten aan:

1e. de Overheid;

2e. Particulieren in een leidende positie, liefst mijnbouw.

8e JAARGANG
NUMMER 3

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

MAART
1941

## II. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Evenwichtsslibdracht in irrigatiekanalen, door ir. E. W. H. Clason en ir. R. W. Trense. — Enige theoretische beschouwingen betreffende het slibvervoer in stroomend water, door ir. R. W. Trense.

# Evenwichtsslibdracht in irrigatiekanalen

door

ir. E. W. H. CLASON en ir. R. W. TRENSE.

Hecht men van landbouwkundige zijde groote waarde aan een bevloeiingsmethode, waarbij het vruchtbare slib met het bevloeiingswater op de sawahs gebracht wordt, de irrigatie-ingenieur zal geneigd zijn te streven naar methoden om opslibbingen der leidingen en dus de onderhoudskosten van het bevloeiingsstelsel zoo veel mogelijk te beperken. Het doel van onderstaand artikel is het inzicht te verdiepen in doelmatige berekeningen van aanvoerleidingen, teneinde zoo goed mogelijk aan beide eischen te kunnen voldoen.

Ter stimuleering van verdere waarnemingen elders zal een zoo volledig mogelijk overzicht gegeven worden van de bij de Serajoewerken ingestelde onderzoekingen en van de wijze waarop verkregen gegevens zijn verwerkt.

Bij het ontwerpwerk der Serajoe-bevloeiingswerken is bij het vaststellen van de afmetingen der verschillende kanaalpanden het standpunt ingenomen, dat vaste drempels bij de verdeelwerken moeten worden vermeden en dat de in elk pand optredende gemiddelde snelheid nagenoeg gelijk moet zijn aan een door prof. de Vos in *de Waterstaats-Ingenieur* 1925 No. 7 voorgestelde kritische snelheid $V = 0{,}05\ \sqrt[3]{RC^2}$, waarbij verwacht wordt dat geen opslibbing zal optreden. In deze formule is $R$ de hydraulische straal en $C$ de coëfficiënt van Bazin. Als maximum snelheid werd echter 0,50 m/sec aangenomen. Overigens werden de leidingen berekend met de formule van Strickler. Voor het vaststellen van den profielvorm werd uitgegaan van onderstaand schema.

| Leidinggrootte | $k$ | Taluds | $b/h$ | Waking | Kruinsbreedte dijken |
|---|---|---|---|---|---|
| Tert. + kwart. leidingen | 40 | 1 : 1 | ± 1 | 0,30 | 1,– m |
| Sec. leid. $Q <$ 0,50 m³/sec | 40 | 1 : 1 | ± 1 | 0,40 | 1,– ,, |
| Hoofd- en sec. leidingen: | | | | | |
| $Q$ = 0,5 — 1 m³/sec | 45 | 1 : 1½ | ± 2 | 0,50 | 1,5 ,, |
| $Q$ = 1 — 2 ,, | ,, | ,, | ± 2½ | 0,60 | ,, ,, |
| $Q$ = 2 — 3 ,, | ,, | ,, | ± 3 | ,, | ,, ,, |
| $Q$ = 3 — 4 ,, | ,, | ,, | ± 3½ | ,, | ,, ,, |
| $Q$ = 4 — 5 ,, | ,, | ,, | ± 4 | ,, | ,, ,, |
| $Q$ = 5 — 10 ,, | 47,5 | ,, | ± 4 | 0,75 | 2,– ,, |
| $Q >$ 10 ,, | 50 | 1 : 2 | ± 4 of > 4 | 0,75 | 2,– ,, |

Het feit dat naderhand uit metingen gebleken is, dat de gekozen $k$-waarde in de formule van Strickler te hoog is en dat de formule van Bazin uitkomsten geeft, welke meer met de werkelijkheid overeenstemmen, doet in onderstaande beschouwingen niet ter zake *).

In April 1939 kon op den linker Serajoe-oever een ruim 5 000 ha groot gebied van de secundaire leidingen Maos en Doplang in volledige exploitatie worden genomen. Het benoodigde bevloeiingswater werd met een vrije aftapping uit de K. Serajoe ingelaten in een ± 500 m lang voorkanaal (toekomstig slibbekken); daarna werd het water opgepompt en bereikte vervolgens via een 4 000 m lang onverdeeld hoofdkanaal het te bevloeien gebied. Een spuipand werd in eersten aanleg niet gemaakt, daar in verband met landbouwkundige eischen gepoogd zou worden met behulp van practijkwaarnemingen een oplossing voor de ontslibbingsinstallatie te vinden, waarbij zonder hinderlijke opslibbingen der leidingen zooveel mogelijk vruchtbaar vulkanisch slib naar de sawahs gebracht wordt. Na ruim twee maanden exploitatie bleek het slibbezwaar evenwel reeds dusdanige afmetingen te hebben aangenomen, dat een voorstel werd opgemaakt voor een electro-mechanische slibbaggerinstallatie langs het voorkanaal.

Het langzaam aanslibbende hoofdkanaal, zoowel als de panden der daarop aansluitende secundaire en tertiaire leidingen leverden als het ware een laboratoriumobject op natuurlijke schaal, waarvan een dank-

*) De waarnemingen zullen in een volgend nummer worden gepubliceerd (Red.).

baar gebruik is gemaakt door in de maanden Mei en December 1939 en Januari 1940 reeksen waarnemingen te verrichten, waarvan de laatste het meest volledig waren.

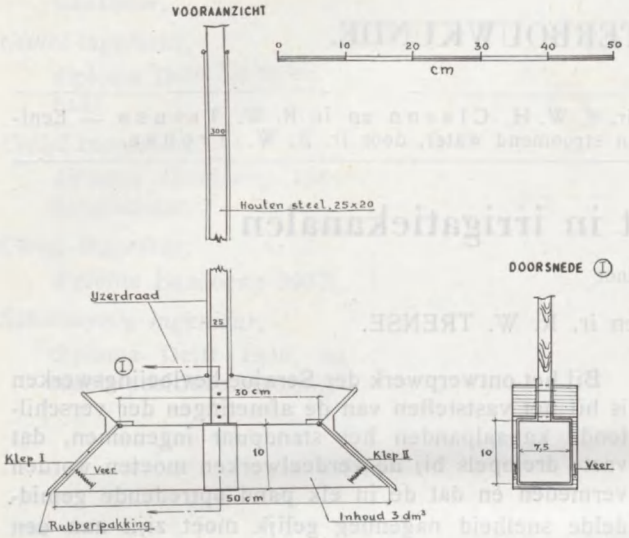



*Fig. 1. Monstersteker.*

Een tweetal profielen van het hoofdkanaal op een onderlingen afstand van ongeveer 1 800 m werden om de 2 à 3 dagen volledig opgemeten wat snelheids- en slibdrachtsverdeeling betreft, d.w.z. in verticalen op afstanden van 2,— m werden van den kanaalbodem af om de 50 cm de snelheden gemeten met molentjes van Ott en direct daarop slibmonsters getrokken met het in *fig. 1* afgebeelde instrument. De metingen werden zoo ingericht, dat het benedenstrooms gelegen profiel (*B*) ongeveer gemeten werd op het tijdstip dat de watermassa van het bovenliggend profiel (*A*) met een bepaalde gemiddelde snelheid aldaar verwacht kon worden. Op deze wijze bleek het mogelijk te beoordeelen of tijdens de meting de slibdracht toe- of afnam, dan wel constant bleef. De slibmonsters werden nog denzelfden dag onderzocht, daar gebleken was dat bij verwerking van monsters die langeren tijd gestaan hebben andere uitkomsten worden verkregen dan bij versche monsters. Analyse op korrelgrootte vond plaats volgens de methode van Leppik, welke in het kort op het volgende neerkomt.

Van het slibmonster wordt na goed omschudden in een gecalibreerd maatglas een bepaalde hoeveelheid (200 cc) uitgegoten. Van het eerste moment af beginnen de aanwezige deeltjes slib te zakken en vormen onder in de buis een neerslag. Hiervan wordt de volume-grootte als functie van den tijd bepaald en grafisch uitgezet; het laatste echter met dien verstande, dat van het neerslag geen absolute hoeveelheden worden uitgezet, maar het percentage van de totale neergeslagen hoeveelheid aan het einde van de proef. Men krijgt op deze wijze neerslagskrommen als in *fig. 2* aangegeven.

Door nu in de punten $t_1$, $t_2$, $t_3$ enz., raaklijnen te trekken, vindt men op de *Y*-as de waarden $a_1$, $a_2$, $a_3$, of ook $b_1$, $b_2$, $b_3$. Hierin stelt $b_1$ het percentage aan slib voor, dat een korrelgrootte heeft kleiner dan de korrels welke in den tijd $t_1$ de totale valhoogte van het maatglas doorloopen; $b_2$ is de procentueele

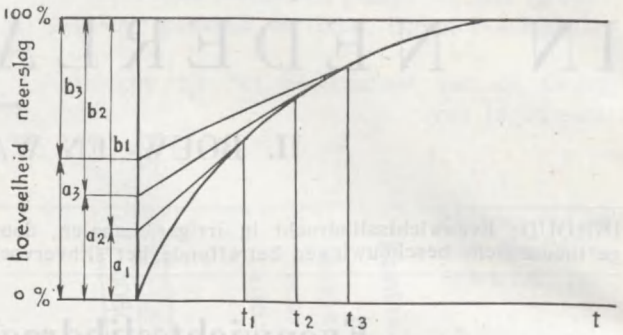



*Fig. 2.*

hoeveelheid van het slib met een korrelgrootte kleiner dan de korrelgrootte hoorende bij den valtijd $t_2$ enz. Op deze wijze is dan verder gemakkelijk de gradatiekromme te bepalen.

Daar de volumehoeveelheid afhankelijk is van pakking en grootteverdeeling der korrels, krijgt men op deze wijze enkel een globale verdeelingskromme. De methode is echter te verfijnen door in plaats van de volumehoeveelheden de gewichtshoeveelheden te bepalen, zooals direct geschiedt bij de methoden van Sven Oden en Wiegner.

Verder werd per 100 cc het gehalte aan droge stof bepaald in mg.

Van elke opgemeten verticaal van het kanaalprofiel werden de resultaten opgeteekend als in *fig. 3* bij wijze van voorbeeld is aangegeven. Naast elkaar geeft de figuur de snelheidslijn *A* en de waargenomen concentratie-lijn *C* in mg/100 cc. Door de snelheden te vermenigvuldigen met de bijbehoorende concentraties wordt de slibdrachtslijn *E* gevonden.

In de concentratie- en slibdrachtslijnen is verder op overzichtelijke wijze tot uitdrukking te brengen het resultaat der slibanalysen.

Daar immers uit deze analysen voor ieder meetpunt de gradatiekromme bekend is, kunnen zoowel de concentratie als de slibdrachten worden onderverdeeld naar de voorkomende categorieën. Door hierna de grenspunten van die categorieën te verbinden verkrijgt men de in de figuren aangegeven grenskrommen. Het allereerste interesseert ons de totale slibdracht, welke in elke verticaal voorgekomen is.

In de afzonderlijke door den tweeden onderteekenaar geleverde theoretische beschouwing (pag. 23 e.v.) wordt betoogd, dat deze slibdracht evenredig moet zijn met $v^2_{max.}$ en onafhankelijk is van de hooge. Door nu op logarithmisch papier voor al de verticalen van een doorgemeten profiel, langs de horizontale as, de max. snelheid uit te zetten en langs de verticale as de hierbij behoorende totale slibdracht, kan nagegaan worden of inderdaad de slibdracht onafhankelijk is van de hoogte en kan tevens worden vastgesteld hoe de betrekking is met $v_{max.}$. Inderdaad vindt men op deze wijze voor ieder profiel telkens rechte lijnen, welke een hellingshoek bezitten waarvan de tangens 2 is.

De in de theoretische beschouwingen afgeleide kwadratische wet vond alzoo in de proeven een bevestiging.

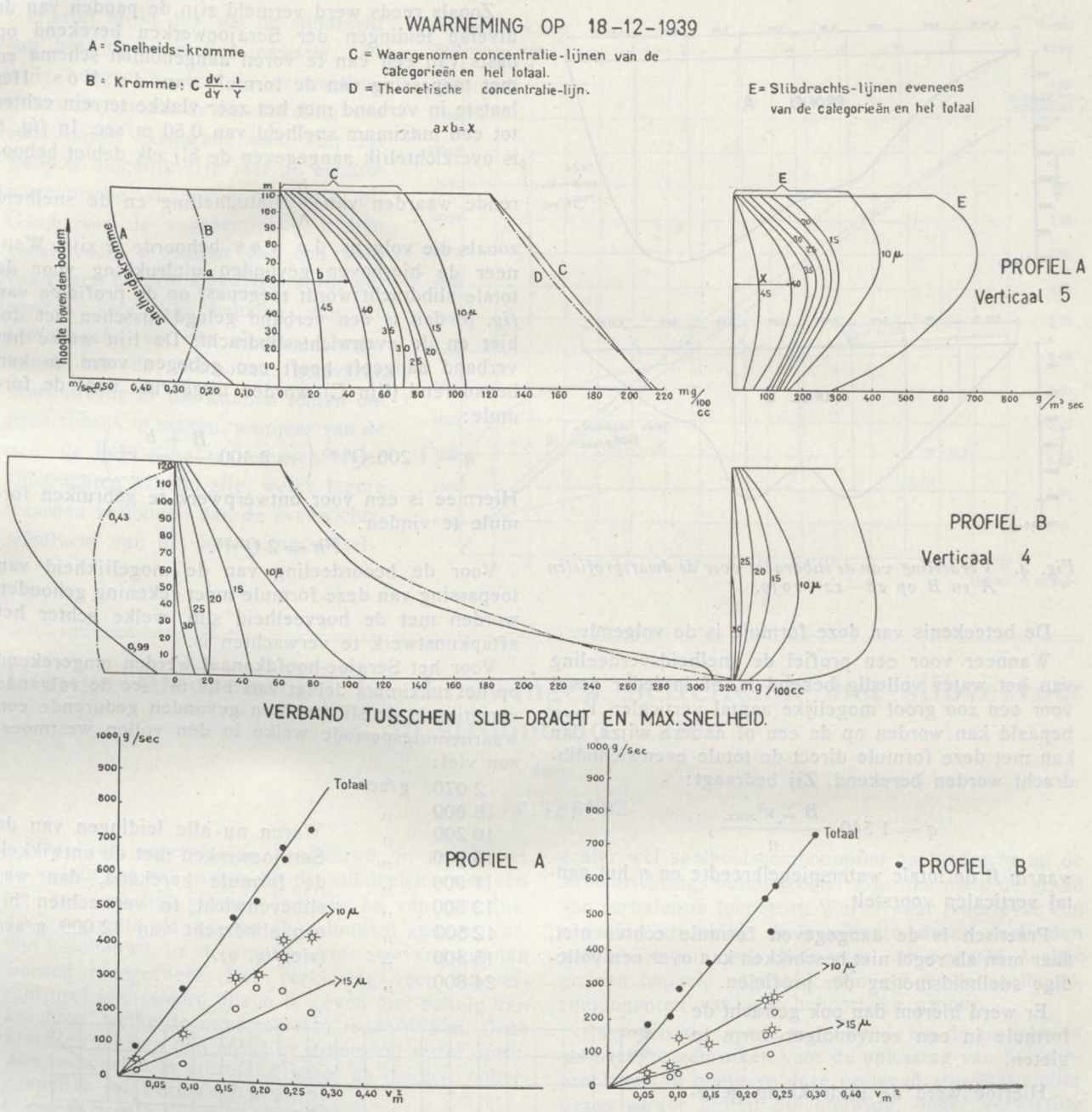



*Fig. 3.*

Het inzicht werd nog verscherpt door voor elk profiel van alle gemeten verticalen volgens *fig. 3* het verband voor te stellen tusschen $v^2_{max.}$ van de verticaal en de totale slibdracht van elke verticaal.

Niet enkel werden de totale slibdrachten uitgezet maar ook die van de categorieën $> 10\ \mu$ en $> 15\ \mu$.

De kwadratische wet blijkt nu over het algemeen ook voor de afzonderlijke categorieën op te gaan, Voor die gevallen, dat ze hiervoor niet opging, gold ze echter wel voor de totale slibdracht. Voor deze laatste werd dan ook geen enkele uitzondering gevonden. In *fig. 3* ziet men verder naast de lijnen van het bovenstroomsche profiel *A* die van het benedenstroomsche profiel *B*, volgende uit de waarnemingen van een bepaalden meetdag.

Het is duidelijk, dat hier slibneerslag heeft plaats gehad. In *fig. 4* zijn echter nog de totale slibverdeelingslijnen voor beide geheele profielen uitgezet en geplanimetreerd. De totale slibdracht blijkt bij *A* inderdaad grooter dan bij *B*.

Nadat voor elke serie waarnemingen bovenbeschreven grafiekjes waren samengesteld, werden de resultaten verzameld in *fig. 5*. Door de pijltjes wordt aangegeven of slibneerslag plaats vond dan wel of er slib werd opgenomen.

Op deze wijze is de evenwichtszône aan te wijzen, welke analytisch weergegeven wordt door de formule:

$$q = 1\,540\ v^2_{max.}$$

($q$ in g/sec, $v_{max.}$ in m/sec).

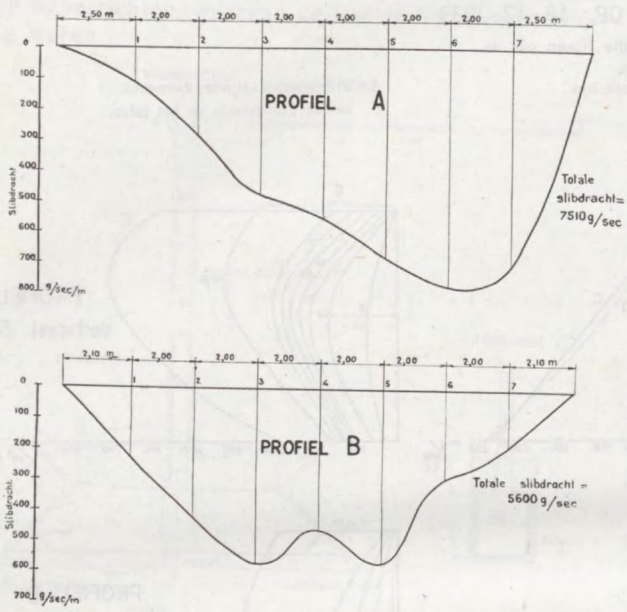



*Fig. 4. Verdeeling van de slibdracht over de dwarsprofielen A en B op 18—12—1939.*

De beteekenis van deze formule is de volgende.

Wanneer voor een profiel de snelheidsverdeeling van het water volledig bekend is, of in ieder geval voor een zoo groot mogelijke aantal verticalen $V_{max.}$ bepaald kan worden op de een of andere wijze, dan kan met deze formule direct de totale evenwichtslibdracht worden berekend. Zij bedraagt:

$$q = 1\,540 \cdot \frac{B \Sigma v^2_{max.}}{n},$$

waarin $B$ de totale waterspiegelbreedte en $n$ het aantal verticalen voorstelt.

Practisch is de aangegeven formule echter niet, daar men als regel niet beschikken kan over een volledige snelheidsmeting der profielen.

Er werd hierom dan ook getracht de formule in een eenvoudiger vorm te gieten.

Hiertoe werd de uitdrukking gekozen:

$$q_{tot.} = 1\,540 \cdot \frac{B+b}{2} \cdot (v^1_{max.})^2$$

waarbij $v^1_{max.} = \sqrt{\frac{2B}{B+b} \cdot \frac{\Sigma v^2_{max.}}{n}}$

en voorts $B$ = waterspiegelbreedte en $b$ = bodembreedte.

Uit een zeer groot aantal debietmetingen in allerlei mogelijke kanaalprofielen bleek nu, dat benaderend $v^1_{max.}$ gelijk te stellen is aan 1,25 $v_{gem.}$.

De gevonden uitdrukking wordt hiermee:

$$q_{tot.} = 2\,400 \cdot \frac{B+b}{2} \cdot v^2_{gem.}.$$

Zooals reeds werd vermeld zijn de panden van de diverse leidingen der Serajoewerken berekend op basis van een van te voren aangenomen schema en met toepassing van de formule van de Vos. Het laatste in verband met het zeer vlakke terrein echter tot een maximum snelheid van 0,50 m/sec. In *fig. 6* is overzichtelijk aangegeven de bij elk debiet behoorende waarden van $\frac{b}{h}$, taludhelling en de snelheid zooals die volgens de Vos behoorde te zijn. Wanneer de hierboven gevonden uitdrukking voor de totale slibdracht wordt toegepast op de profielen van *fig. 6*, dan is een verband gelegd tusschen het debiet en de evenwichtsslibdracht. De lijn welke het verband aangeeft heeft een gebogen vorm en kan benaderend (lijn C) worden uitgedrukt door de formule:

$$q = 1\,200\ Q^{0,85} \left( = 2\,400 \frac{B+b}{2} v^2 \right).$$

Hiermee is een voor ontwerpwerk te gebruiken formule te vinden:

$$Fh = 2\,Q^{1,15}.$$

Voor de beoordeeling van de mogelijkheid van toepassing van deze formule moet rekening gehouden worden met de hoeveelheid slib, welke achter het aftapkunstwerk te verwachten is.

Voor het Serajoe-hoofdkanaal werden omgerekend op het maximum debiet van 14,6 m³/sec de volgende variaties in de slibdrachten gevonden gedurende een waarnemingsperiode welke in den vollen westmoesson viel:

| | | |
|---|---|---|
| 2 070 | g/sec | |
| 6 600 | ,, | |
| 10 200 | ,, | Waren nu alle leidingen van de |
| 10 300 | ,, | Serajoewerken met de ontwikkel- |
| 11 900 | ,, | de formule berekend, dan was |
| 12 500 | ,, | slibevenwicht te verwachten bij |
| 12 500 | ,, | een slibdracht van 12 000 g/sec |
| 15 300 | ,, | (zie *fig. 6*). |
| 24 800 | ,, | |

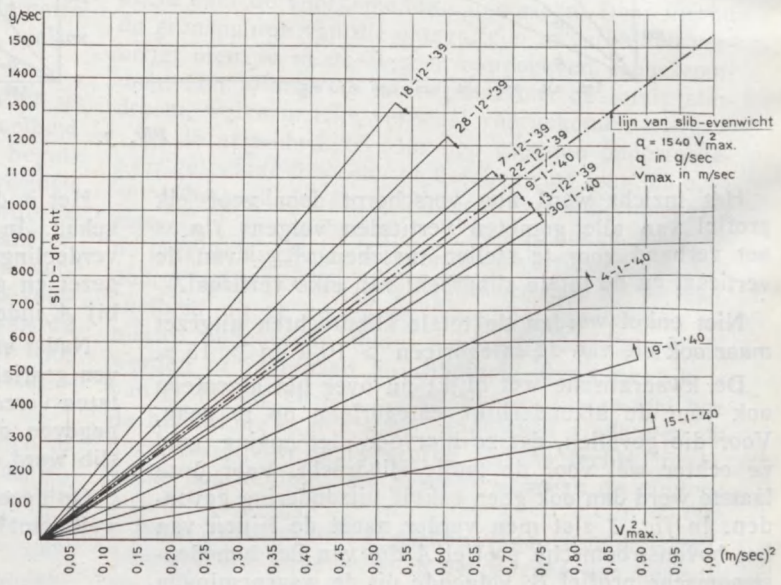



*Fig. 5. Lijn van slib-evenwicht afgeleid uit de waarnemingen.*

Hieruit blijkt dus, dat de slibdracht van het ingelaten Serajoewater dikwijls hooger is dan de evenwichtsslibdracht, zoodat de inschakeling van een slibzak raadzaam was. Het zal wellicht mogelijk zijn met de electromechanische slibbaggerinstallatie bij Gambarsari de waarnemingen in dien geest voort te zetten dat een aanvaardbare berekeningswijze wordt gevonden voor het bepalen van de afmetingen van een slibzak. Omgekeerd zal de hierboven geleverde beschouwing er toe kunnen leiden om geen slibzak te maken, wanneer van de voor de bevloeiing te benutten rivier slibdrachten bekend zijn, welke lagere waarden vertoonen dan de evenwichtsslibdracht van het bevloeiingsstelsel.

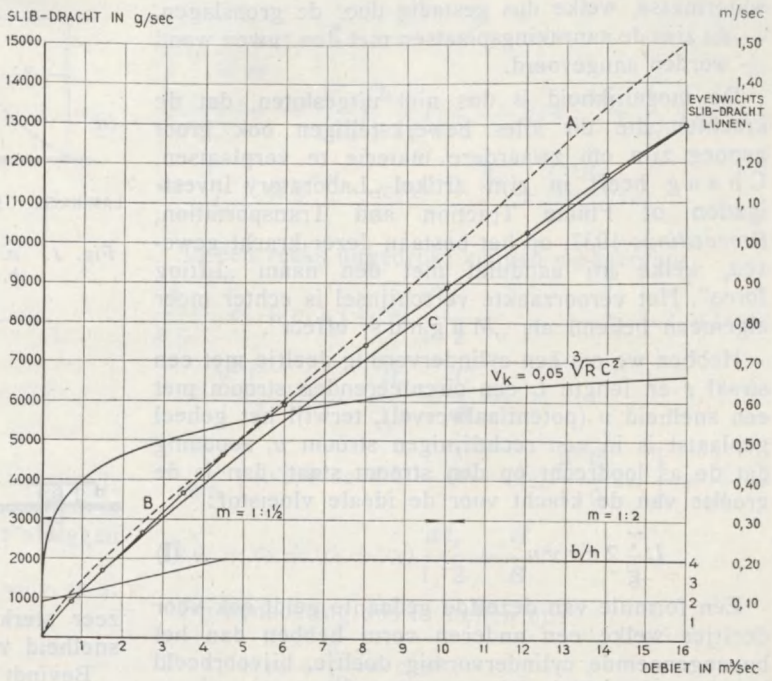



*Fig. 6.*

# Eenige theoretische beschouwingen betreffende het slibvervoer in stroomend water

door

ir. R. W. TRENSE.

Het lijkt, oppervlakkig beschouwd, in strijd met de wetten der zwaartekracht, dat slibdeeltjes met een s.g. aanmerkelijk grooter dan één en van een dusdanige grootte, dat ze niet als colloïdaal kunnen worden beschouwd, in stroomend water zwevend kunnen worden meegevoerd. Een verklaring voor dit verschijnsel is uiteraard alleen te geven met behulp van krachten, welke de zwaartekracht tegenwerken. Deze krachten moeten dan enkel in stroomend water optreden, aangezien in stilstaand water de materie onherroepelijk tot bezinking komt.

De te stellen vraag, waarvan de beantwoording naar stellers oordeel in dit artikel wordt gegeven, is, op welke wijze die opwaartsche krachten kunnen ontstaan.

Alvorens hierop verder in te gaan, is het gewenscht het begrip stroomen nader te definieeren. Men onderscheidt hierbij twee hoofdgroepen:

1e. de laminaire stroomtoestand,
2e. de turbulente stroomtoestand.

In het eerste geval bewegen de waterdeeltjes zich evenwijdig aan elkaar in de stroomrichting, zoodat de snelheidscomponenten loodrecht daarop ten allen tijde nul zijn. De wet van de inertie in aanmerking nemend, kan er in dit geval niet worden verwacht, dat er krachten ontstaan, noodig voor het in zwevenden toestand houden der slibdeeltjes.

Bij den turbulenten stroom, waarmee men in de practijk zoo goed als steeds te doen heeft, treden echter wèl snelheidscomponenten op loodrecht op de stroomrichting, welke grooter zijn naarmate de graad van turbulentie toeneemt. Wel is waar moet over een bepaalde strekking de resultante dezer snelheden gelijk zijn aan nul, doch voor een bepaald deeltje en een bepaald oogenblik zijn genoemde snelheidscomponenten van een behoorlijke grootte.

Pogingen zijn reeds aangewend, om de turbulentie als basis te gebruiken voor de oplossing van het slibprobleem. In hoeverre deze geslaagd zijn laat steller dezes verder buiten beschouwing, onder verwijzing naar het boekwerk: „Wasserführung, Sinkstofführung und Schlammablagerung des alten Rheins", Mitteilung nr. 31 des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, Bern. 1932.

In deze verhandeling wordt echter niet gerept over de grenslaag, ofschoon, zooals het zich laat aanzien, deze van het grootste belang is.

Ongeacht het feit, dat in den aanvang het getransporteerde materiaal afkomstig is van de onderste lagen, is uit de hydromechanica bekend, dat het optreden van wervels in een niet-ideale vloeistof slechts mogelijk is, als deze aan de begrenzingen worden gevormd.

In de vloeistof zelf ontbreken de factoren voor het ontstaan er van, zelfs zullen daar wervels door oorzaken van buiten ontstaan, spoedig uitsterven. De turbulente stroomtoestand kenmerkt zich echter door de voortdurende aanwezigheid van wervelingen in de

watermassa, welke dus gestadig door de grenslagen, — dit zijn de aanrakingsplaatsen met den ruwen wand — worden aangevoerd.

De mogelijkheid is dus niet uitgesloten, dat de krachten die dit alles bewerkstelligen ook groot genoeg zijn om zwaardere materie te verplaatsen. Chang heeft in zijn artikel „Laboratory Investigation of Flume Traction and Transportation, *Proceedings* 1937, op het bestaan dezer kracht gewezen, welke hij aanduidt met den naam „lifting force". Het veroorzaakte verschijnsel is echter meer algemeen bekend als „Magnus effect".

Hebben we om een cylindervormig deeltje met een straal $r$ en lengte $L$ een circuleerenden stroom met een snelheid $v$ (potentiaalwervel), terwijl het geheel geplaatst is in een rechtlijnigen stroom $u$, zoodanig dat de as loodrecht op den stroom staat, dan is de grootte van de kracht voor de ideale vloeistof:

$$L \frac{\gamma}{g} 2 \pi r v u \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(I)}$$

Een formule van dezelfde gedaante geldt ook voor deeltjes welke een anderen vorm hebben dan het bovengenoemde cylindervormig deeltje, bijvoorbeeld lamelvormige slibdeeltjes.

Als we ons nu een slibdeeltje in de vloeistof denken, dat met den stroom meebeweegt, dan zal ten gevolge van het snelheidsverloop in de vloeistof aan de bovenzijde van het deeltje een andere snelheid heerschen dan aan de onderzijde.

Het verschil tusschen beide snelheden bedraagt d$v$ als we onder d$v$ de snelheidsverandering van de vloeistof verstaan, welke ter plaatse over een hoogteverschil gelijk aan de correspondeerende afmeting van het deeltje optreedt. Dit snelheidsverschil zou de oorzaak kunnen zijn van een circulatie, welke gelijk te stellen is aan $c\, b\, \mathrm{d}v$, als $b$ de afmeting van het deeltje is evenwijdig aan den stroom.

Van eenigen impuls kan nu enkel sprake zijn als het zwaartepunt van het deeltje een andere snelheid heeft dan het water in hetzelfde punt zou hebben als er geen deeltje was. Zij het verschil tusschen beide snelheden d$u$, dan bedraagt de kracht:

$$\frac{\gamma}{g} c\, b\, L\, \mathrm{d}u\, \mathrm{d}v\,.$$

Daar in de *vloeistof* d$v$ en d$u$ zeer klein zijn, kan er dus nooit aanleiding bestaan tot het optreden van zoodanig groote krachten, dat het in evenwicht blijven van het slibdeeltje hiermee zou kunnen worden verklaard.

In de *begrenzingen* zijn de verhoudingen echter anders, althans bij den turbulenten stroom, waar men te maken heeft met de z.g. grenslaagjes van Prandtl. Het bestaan van deze grenslaagjes beredeneert men op volgende wijze.

Bij een turbulenten stroom zal tengevolge van de impuls-uitwisselingen het snelheidsverloop veel geringer zijn dan bij den laminairen stroom, zooals op *fig. 1b* in tegenstelling met *fig. 1a* is aangegeven.

Daar de aanwezigheid van een bodemsnelheid echter uit hydraulisch oogpunt voor onmogelijk wordt gehouden, besluit men tot het bestaan van de grenslaag van Prandtl, een laagje waarin een

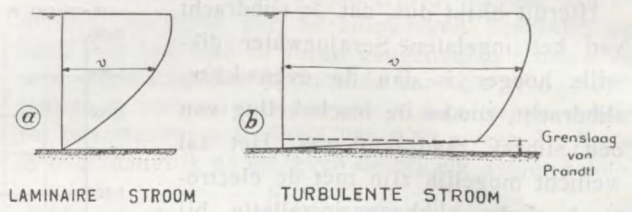



*Fig. 1. a. Snelheidsverdeeling in een laminairen stroom. b. Idem in een turbulenten stroom, met grenslaag van Prandtl.*

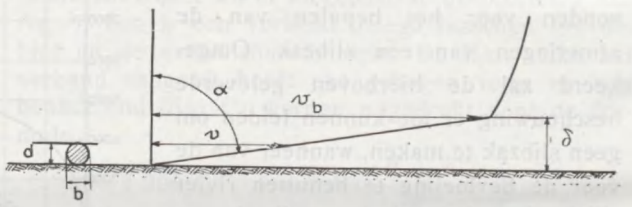



*Fig. 2.*

zeer sterk snelheidsverloop optreedt van 0 tot de snelheid vlak boven den bodem.

Bevindt zich nu in dit laagje van Prandtl een stilliggend slibdeeltje met een hoogte $d$, dan zal het snelheidsverschil tusschen de bovenzijde en onderzijde $d$ tg $\alpha = v$ bedragen. De snelheid van het omstroomende water bedraagt voor het geval dat het deeltje op den bodem ligt (*fig 2*): $\frac{1}{2} d$ tg $\alpha = \frac{1}{2} v$. Daar het snelheidsverschil $v$ een circulatie tengevolge zal hebben welke evenredig te stellen is met $b\, v$, is de grootte van de omhoogdrijvende kracht volgens de algemeene formule (I):

$$\tfrac{1}{2} c \frac{\gamma}{g} c\, \mathrm{d}L\, v^2 =$$

$$= \tfrac{1}{2} c\, M\, v^2 = c_o\, v^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(II)}$$

De grootte van dit krachtje is nu van die orde, dat het zeer wel mogelijk is, dat slibdeeltjes hierdoor snel omhoog gedreven worden en uit het laagje van Prandtl in de vloeistof worden gestooten. Door de betrekkelijk groote verticale snelheid welke het deeltje dan bezit, zal in het bedoelde laagje nog weinig sprake zijn van meesleeping door den stroom.

Is het beschouwde slibdeeltje nu zoover omhoog gedreven, dat de grootte van de snelheid in het zwaartepunt niet meer $\frac{1}{2} v$, maar in het algemeen $u$ bedraagt, dan vindt men voor de grootte van de kracht:

$$2\, c_o \cdot u \cdot v \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(III)}$$

Aan de grens van het laagje zal deze kracht

$2\, c_o \cdot v_b \cdot v$ bedragen.

In een grafiek uitgezet krijgt men het verloop van *fig. 3*. Hierbij is de tijd ($t$) in abscisrichting, de kracht ($K$) in ordinaatrichting uitgezet.

De snelheid, welke het deeltje op een bepaald tijdstip $t_1$ in verticalen zin bezit, bedraagt tengevolge van de werking van het Magnus-effect en het eigen gewicht:

$$v_z = \int_o^{t_1} a\, \mathrm{d}t = \int_o^{t_1} \frac{K - c}{m}\, \mathrm{d}t,$$

waarin $K$ de Magnus-kracht en $c$ het eigen gewicht verminderd met den opwaartschen druk voorstelt.

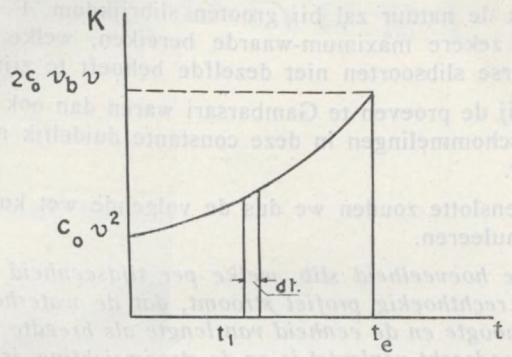



*Fig. 3.*

In het tijdsdeeltje $dt$ volgende op dit tijdstip $t_1$ wordt een weg afgelegd, welke gelijk te stellen is aan $v_z\,dt$. De snelheid $u$ verandert bij het afleggen van dezen weg met: $du = v_z\,dt\,\mathrm{tg}\,\alpha$ dus $\frac{du}{dt} = v_z\,\mathrm{tg}\,\alpha$.

Uit $K = 2\,c_o\,u\,v$ krijgt men:

$$dK = 2\,c_o\,v\,du$$

$$\frac{dK}{dt} = 2\,c_o\,v\,\frac{du}{dt}$$

$$\frac{dK}{dt} = 2\,c_o\,v\ \mathrm{tg}\ \alpha \cdot v_z = A \cdot v_z\,.$$

$$\frac{dK}{dt} = A\int_o^{t_1}\frac{K-c}{m}\,dt$$

$$\frac{d^2K}{dt^2} = BK - C.$$

Als particuliere oplossing van de differentiaalvergelijking $\frac{d^2K}{dt^2} = BK$ kan men schrijven: $K = e^{rt}$.

Invullende vindt men:

$r^2\,e^{rt} = B\,e^{rt}$

$r^2 = B \qquad r_1 = +\sqrt{B} = +a$

$r_2 = -\sqrt{B} = -a.$

De algemeene oplossing van de differentiaalvergelijking $\frac{d^2K}{dt^2} = BK - C$ luidt dus:

$$K = c_1\,e^{+at} + c_2\,e^{-at} + \frac{C}{B}\,.$$

Ten tijde $t = 0$ bedraagt:

$$K = c_1 + c_2 + \frac{C}{B} = c_o\,v^2.$$

Bij onze verdere beschouwingen houden we er nu rekening mee, dat $t_e$ zeer klein is.

Verder gaat het ons niet zoo zeer om de kracht, maar om de Magnus-kracht welke per tijdseenheid werkt.

We berekenen hierom de grootheid

$$\frac{\int_o^{t_e} K\,dt}{t_e} \quad \text{voor } t_e \text{ zeer klein.}$$

Nu is:

$$\frac{\int_o^{t_e} K\,dt}{t_e} = \frac{1}{t_e}\int_o^{t_e}\left(c_1\,e^{at} + c_2\,e^{-at} + \frac{C}{B}\right)dt =$$

$$= \frac{1}{a\,t_e}\left[c_1\,e^{+at} - c_2\,e^{-at}\right]_o^{t_e} + \frac{C/B\,t_e}{t_e}\,.$$

In een reeks uitgedrukt krijgen we hiervoor:

$$\frac{1}{a\,t_e}\left[c_1 + c_1\,a\,t + c_1\frac{a^2t^2}{1\cdot 2} + \ldots\ldots - c_2 + c_2\,a\,t - c_2\frac{a^2t^2}{1\cdot 2} + \ldots\ldots\right]_o^{t_e} + \frac{C}{B} =$$

$$= \frac{1}{a\,t_e}\left[(c_1 + c_2)\,a\,t_e + (c_1 - c_2)\frac{a^2t^2}{1\cdot 2}\ldots\right] + \frac{C}{B} =$$

$$\cong c_1 + c_2 + (c_1 - c_2)\frac{a\,t_e}{1\cdot 2} + \frac{C}{B}\,.$$

Bij benadering dus te stellen op:

$$c_1 + c_2 + \frac{C}{B} = c_o\,v^2\,.$$

Uit *fig. 3* ziet men, dat

$$v = \frac{d}{\delta}\cdot v_b\,.$$

De kracht per tijdseenheid bedraagt dus:

$$c_o\left(\frac{d}{\delta}\right)^2 v_b^2 = c_o\,d^2\left(\frac{v_b}{\delta}\right)^2\,.$$

De door deze krachtwerking in het water gedreven deeltjes zullen, zoolang nog geen meesleeping plaats vindt, een omhoogwerkende kracht blijven ondervinden van:

$$c_o\,v\,dv\,.$$

De orde van grootte van deze kracht is al veel kleiner dan die welke werkt in de grenslaag van Prandtl; bij meesleeping wordt ze, zooals boven reeds betoogd, practisch nul. Daar dit meesleepen zeer snel plaats vindt, is dan ook aan te nemen, dat de omhoogwerkende krachtjes, welke het slibevenwicht bewerkstelligen, vrijwel alleen werken in het Prandtl-laagje.

De door deze krachtjes in het water gestooten deeltjes beschrijven nu flauw gebogen banen; nadat ze hun hoogste punt bereikt hebben, dalen ze weer totdat ze in het Prandtl-laagje opnieuw aan het Magnus-effect worden onderworpen of wel tegen een omhoog komend deeltje botsen, waardoor ze hun reis door het water opnieuw beginnen, terwijl ze het andere deeltje weer in het Prandtl-laagje terugstooten.

Voor de kracht per tijdseenheid werd voor een slibdeeltje gevonden:

$$\int_o^1 K\,dt = c_o\,d^2\left(\frac{v_b}{\delta}\right)^2\,.$$

Het is raadzaam, daar $v_b$ zeer lastig te meten is, $v_b$ te vervangen door $v_m$.

Voor het verband tusschen $v_b$ en $v_m$ zou men uit de gegevens van van der Hegge Zijnen en prof. Burgers kunnen afleiden dat:

$$\frac{v_b}{\partial} = c\, v_m^{\frac{3}{2}}$$

Dit zou dan voeren tot de formule $\int_0^1 K\, dt = c\, v^3_m$, welke echter geldt voor zeer snelle luchtstroomen.

Dit resultaat, getoetst aan de proefnemingen te Gambarsari, schijnt niet te voldoen voor langzaam stroomend water. Noodig is het dus om deze formule zoodanig te corrigeeren, dat ze meer in overeenstemming is met de gedane proeven. Gekomen is tot:

$$\frac{v_b}{\partial} = c\, v_{max.},$$

waaruit volgt:

$$\int_0^1 K\, dt = c\, v^2_{max}.$$

Hierin is de constante $c$ afhankelijk van de afmetingen van het slibdeeltje. Voor het geval men te maken heeft met een slibmengsel zou hiervoor een gemiddeld cijfer van de verschillende korreldiameters genomen moeten worden.

Heeft men een bepaald slibmengsel in het Prandtl-laagje, dan zal hierop per oppervlakte- en tijdseenheid een totale kracht omhoog werken van:

$$\int_0^1 K\, dt = \Sigma\, c\, v^2_{max.} = A\, v^2_{max.},$$

waarin $A = \Sigma\, c$.

In de natuur zal bij grooten slibrijkdom $A = \Sigma\, c$ een zekere maximum-waarde bereiken, welke voor diverse slibsoorten niet dezelfde behoeft te zijn.

Bij de proeven te Gambarsari waren dan ook kleine schommelingen in deze constante duidelijk merkbaar.

Tenslotte zouden we dus de volgende wet kunnen formuleeren.

*De hoeveelheid slib, welke per tijdseenheid door een rechthoekig profiel stroomt, dat de waterhoogte als hoogte en de eenheid van lengte als breedte heeft en loodrecht geplaatst is op de stroomrichting, is voor een bepaald slibmengsel evenredig aan* $v^2_{max.}$.

Immers voor een eenheidskolom van prismatische gedaante, met een hoogte $h$ en een vierkant grondvlak van $1 \times 1$, waardoorheen water stroomt met een snelheid $v$ en een slibconcentratie van gemiddeld $k$ geldt:

$$\int_0^1 h\, k\, v\, dt = \int_0^1 K\, dt = A\, v^2_{max.}$$

$$k\, h\, v = A\, v^2_{max.}.$$

Uit de hierboven gegeven afleiding blijkt verder het merkwaardige feit, dat de evenwichtsslibdracht onafhankelijk is van de waterdiepte, hetgeen in de wet ook ten volle tot uitdrukking komt, daar hierin de waterdiepte niet wordt genoemd.

Zoowel de hierboven afgeleide wet, als het feit van de onafhankelijkheid van de waterdiepte, vonden hun bevestiging bij de slibproeven te Gambarsari.

8e JAARGANG
NUMMER 3

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

MAART
1941

## III. ELECTROTECHNIEK EN WERKTUIGBOUW.

INHOUD: De locomotiefbrandstof der Staatsspoorwegen, door ir. P. de Gruyter.

# De locomotiefbrandstof der Staatsspoorwegen

door

ir. P. DE GRUYTER, w.i.

Hoofd van het Proefbureau voor Rollend Materieel der S. S. te Bandoeng.

**Korte inhoud.**

In het eerste gedeelte wordt iets medegedeeld over de kenmerkende stooktechniek in het locomotiefbedrijf. Zij wordt volledig beheerscht door de daarbij toegepaste, zeer geforceerde verbrandingssnelheden, welke somwijlen met abnormaal groote vliegcokesverliezen gepaard gaan. Wil dan ook de brandstof nog rendabel verstookt kunnen worden, zoo zullen bijzondere eischen aan haar stukgehalte en vercooksingseigenschappen gesteld moeten worden. Bovendien spelen de neiging tot vergruizing en de gedragingen der aschresten van het product een rol. De hoogste ketelbelastingen laten zich hier slechts verwerkelijken door een briketteering van het typisch jongere Indische materiaal. Onder alle omstandigheden behooren zelfs de te jonge steenkoolsoorten met onvoldoende smeltingstendenzen van hun cokesresidu afgekeurd te worden. Tenslotte verdient het aanbeveling om verhoogde zeefeischen aan de meest algemeen benutte nootjeskolen op te leggen. Voor het een en ander zijn zoo scherp mogelijk gedefinieerde begrenzingen ontwikkeld.

Het tweede gedeelte bevat meer uitvoerige beschouwingen over de moderne visie op het verbrandingsproces der humuskolen. Hieruit volgt de belangrijke functie van de eigenlijke verbrandingsruimte. Dit inzicht leidde tot invoering van een nieuwe belastingseenheid als berekeningsgrondslag, welke zoogenaamde „verbrandingsruimtebelasting" van verhelderenden invloed was op de ontwikkeling van het poederkoolstoken. Tevens laat zich door de toepassing van genoemd criterium op onze huidige Indische locomotieven verklaren, waarom deze met hun relatief kleine vuurkistafmetingen een veel ongunstiger ketelrendement opleveren, dan de beste buitenlandsche constructies. Op grond van een verdergaand onderzoek moet tensotte het poederkoolstoken en het olieresidustoken als mogelijkheid voor de S.S. afgewezen worden. Met de gestelde andersoortige stookwijzen zouden onze locomotieven tot veel te beperkte arbeidsprestaties uit te buiten zijn. De hoogste vermogens laten zich hier slechts met goede stukkolen of briketten realiseeren.

Het geheel sluit aan op schrijver's publicatie: „Een voorloopige classificatie der Indische steenkolen, gericht op hun technische toepassing" in de nummers van Dec. 1940 en Jan. 1941 van dit tijdschrift, die verder aangehaald wordt als **publ. 1940/41.** Nadrukkelijk zij te dezer plaatse aangeteekend, dat de den laatsten tijd ondervonden moeilijkheden in het locomotiefbedrijf der S. S. niet alleen aan schommelingen in de kwaliteit der steenkool te wijten zijn. Enkele treinloopen werden op veel te hooge, langdurig vol te houden verbrandingssnelheden gebaseerd, met als gevolg abnormale sintelverliezen en den over het algemeen zeer nadeeligen invloed daarvan op de regelmaat van den treindienst en op het onderhoud. Dit uitte zich dan in een te groot kolenverbruik, een onbevredigende stoomhouding, ongewone vlampijplekkages en andere bezwaren. Onderstaande analyses beoogen eenige opheldering te geven omtrent de uiterste grenzen, welke zich hierbij niet ongestraft laten overschrijden.

## I. DE ALGEMEENE STOOKTECHNIEK BIJ LOCOMOTIEVEN.

Karakteristiek voor het locomotiefbedrijf zijn de buitengewoon hooge verbrandingssnelheden van de steenkool op het rooster. Deze worden bewerkstelligd door een *zeer geforceerde aanzuiging van primaire lucht* door de brandstoflaag heen en wel met behulp van den afgewerkten stoom uit de machine in de typische rookkastuitvoering van den ketel, t.w. door de ejecteerende werking van den uitgeworpen stoomstraal in de kenmerkende exhaust-schoorsteenconstructie. De stoom verdwijnt tenslotte door den schoorsteen, vermengd met de overmaat aan meegesleurde verbrandingsgassen. Slechts langs genoemden weg zijn in de relatief kleine locomotiefketels de vereischte groote hoeveelheden water te verdampen, benoodigd voor een zoo hoog mogelijke arbeidsprestatie in de stoomcilinders.

Door ingrijpende technische verbeteringen van den laatsten tijd liet zich het bewuste proces nog belangrijk opvoeren. O.m. leidde een perfectionneering van de exhaust-schoorsteenconstructie tot de mogelijkheid eener verwerkelijking van steeds hoogere vacua in de rookkast, i.c. van *welhaast ongelimiteerde verbrandingssnelheden.* Daarbij bleek tevens de aanwezigheid van een lange vuurbrug in de vuurkist of de eigenlijke verbrandingsruimte noodzakelijk, die een merkbare verlenging en een betere dooreenwerveling van de gas-luchtstroomingen boven het vuur veroorzaakt. Tevens bewerkstelligt het vuurvaste materiaal van de vuurbrugsteenen door zijn warmteaccumuleerende vermogen een meer gelijkmatig hooge temperatuur in deze zeer beperkte verbrandingsruimte.

Het een en ander waarborgt een practisch volledige vlamverbranding van de na elk opgooien allereerst uit de steenkool ontwijkende, zoogenaamde *vluchtige bestanddeelen.* Alleen vereischen de brandstofsoorten met een hoog gasgehalte bovendien een suppletie van

*secondaire lucht* boven het vuur door de, gedurende de inleidende hevigste gasontwikkeling een weinig geopend te houden stookdeur, wil ook deze periodieke overmaat met de geringst mogelijke rookvorming verbrand worden. De vluchtige bestanddeelen moeten namelijk in het uiterst korte tijdsbestek, dat zij door de vuurkist gezogen worden, snel kunnen ontbranden en afbranden, alvorens in de ketelpijpen te sterk, d.i. beneden de ontstekingstemperatuur hunner ontledingsproducten af te koelen.

Daarentegen is de afbrandduur van de op het rooster achterblijvende *vaste koolstof* niet aan grenzen gebonden, voor zoover tenminste de fijnste tot grovere stukken hieruit niet door de gesignaleerde abnormale windsnelheden van de primaire lucht als *vliegcokes* meegesleurd worden. Deze zoogenaamde sintelovergang naar de rookkast speelt nu in feite een overheerschende rol bij de eischen, welke men aan een goede locomotiefbrandstof behoort te stellen. Vooral het moderne streven, gericht op de verwerkelijking van steeds hoogere verbrandingssnelheden en stoomproducties van den ketel, dwingt tot het gebruik van geleidelijk meer geselecteerde steenkoolsoorten.

**a.** — Het moge uit het voorafgaande duidelijk zijn, dat in de eerste plaats **de stukgrootte van het gestookte materiaal** van invloed moet zijn op diens rentabiliteit in het spoorwegbedrijf. Bevat de steenkool een groot percentage aan fijnkool, dan zal bij toenemende verbrandingssnelheid dit fijngehalte door de sterke luchtstroomingen in de brandstoflaag volledig uitgezeefd en meegesleurd kunnen worden in den vorm van meer of minder ontgaste vliegcokes. De hierin nog latent aanwezige, zeer belangrijke verbrandingswarmte, gaat daarbij geheel verloren als bijdrage voor de stoomvorming. Het ketelrendement kan dusdanig sterk afnemen, dat bereids onder betrekkelijk gelimiteerde — voor de gemoderniseerde locomotieven middelmatig te noemen — belastingsomstandigheden, een slechts beperkte maximale stoomproductie, i.c. arbeidsontwikkeling van de machine bereikt wordt, bij benutting van de betreffende steenkool tot aan haar laagste economische grens.

In dit verband zijn waardevolle gegevens te putten uit de proefstand-resultaten van door Schmidt, c.s. (1917) verrichte experimenten met eenzelfde steenkoolsoort van uiteenloopende stukgrootten; *fig. 3* bevat o.m. haar gemiddelde technische analyse, terwijl *fig. 1* de respectievelijke zeefkarakteristieken weergeeft [1]). Opvallend is de progressieve afneming van het verdampingscijfer en het ketelrendement voor het kleinere materiaal en bij toenemenden belastingstoestand. De markante vermindering van het nuttig effect (*fig. 2*) of de specifieke verdamping van den ketel (*fig. 3*, vergelijk met *tabel 1*) blijkt hoofdzakelijk beheerscht te worden door de sintelverliezen (*fig. 4*). Men leest bijv. uit de laatste grafiek af, dat voor de toenmalig als hoog gesignaleerde belasting (high rate) reeds ruim 50% van de fijnere kooldeeltjes beneden $\frac{1}{4}''$ uit de 2″ en $1\frac{1}{4}''$ screenings als vliegcokes (cinders) weggesleurd werd, t.w. resp. 15,5/27 en 19/37,5% van het gewicht, hetgeen een verlies aan verbrandingswarmte van resp. 13 en 16% vertegenwoordigde.

De door het S.S.-proefbureau vóór 1936 verzamelde gegevens met betrekking tot de stooktechnische gedragingen van de Indische (fijn) nootjeskolen en briketten, leverden onderlinge verschillen op, welke zich globaal dekten met die tusschen de screenings en de egg- of nut-coals uit de genoemde Amerikaansche

1) Met uitzondering van de lump- en mine run-coals werden alle soorten tijdens de proeven benut in de condities, waaronder zij op den proefstand arriveerden. De grootste brokken van de beide eerste werden echter tevoren nog gebroken en wel op grond van de ervaring, dat stukken grooter dan 5 tot 6 inch rond zich moeilijker regelmatig en economisch laten verstoken. Ook het Fuel Test Committee raadt een zoodanige verkleining aan. Verder is bekend, dat eveneens in Engeland aanbevolen wordt om geen stukken grooter dan „half a brick" te gebruiken.

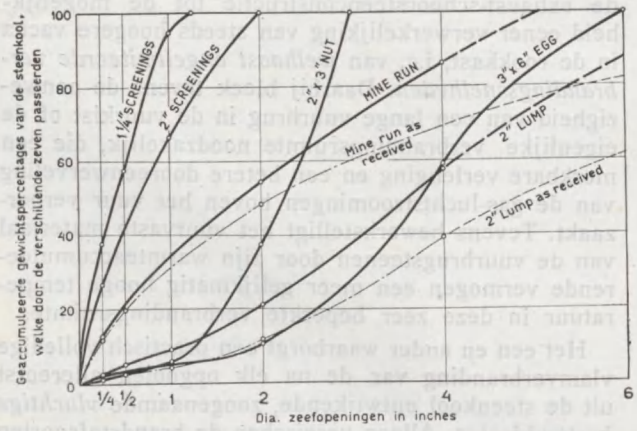



*Fig. 1.*

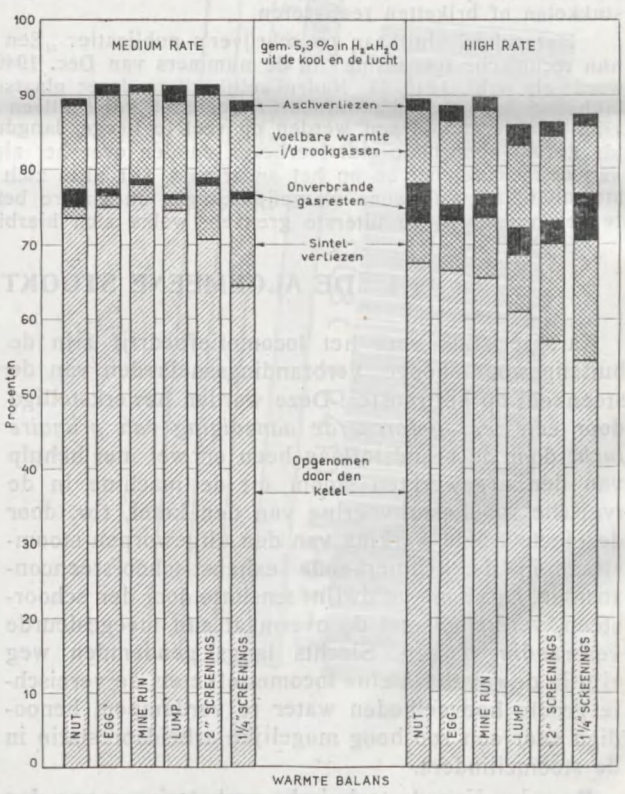



*Fig. 2.*

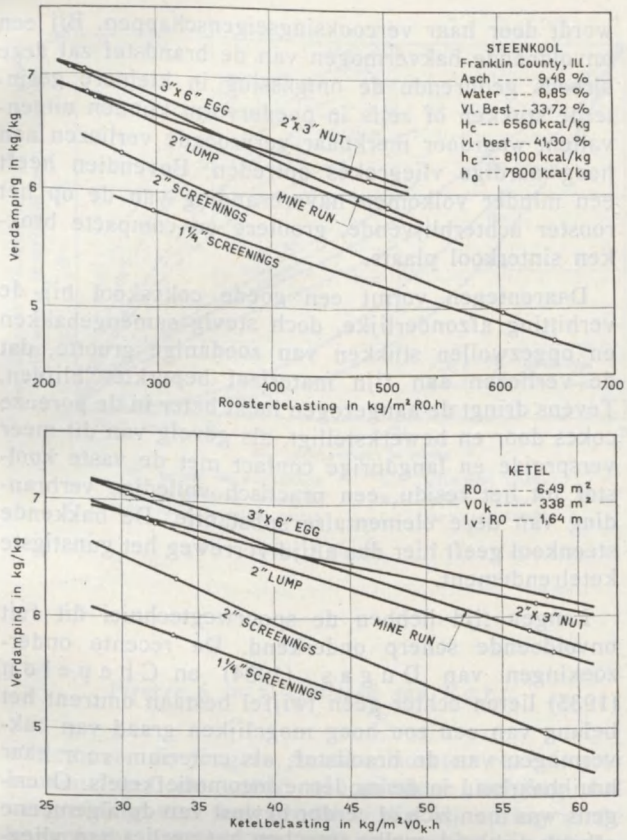



*Fig. 3.*

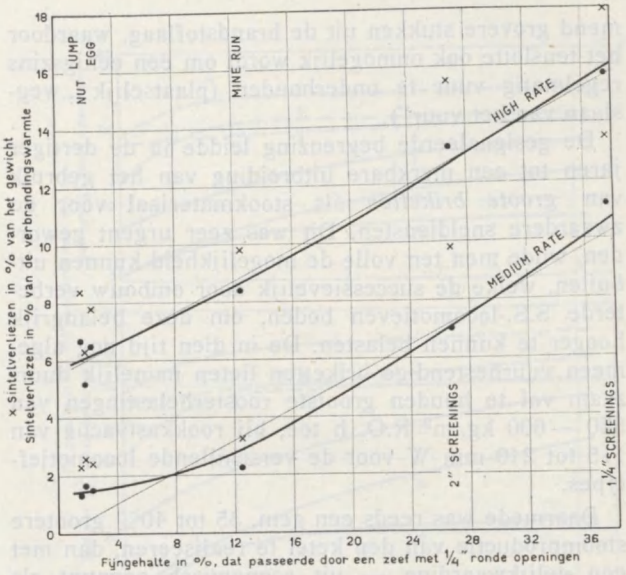



*Fig. 4.*
*(Figuren 1 t/m 4. Ontleend aan Schmidt, c. s.)*

experimenten. Op grond van deze onderzoekingen viel te concludeeren, dat het voor onze *gebruikelijke nootjeskolen* geen zin heeft, om hun verbrandingssnelheid op te voeren boven 550 — 600 kg per m² roosteroppervlak (R.O.) en per uur (h), bij grensvacua van ca 100 tot 190 mm water (W), resp. voor het kleinste tot grootste locomotieftype met toenemende stroomingsweerstanden van de gassen in de progressief langere vuurkisten en vlampijpen.

De daarmede te verwerkelijken, vrij beperkte stoomcapaciteit van den ketel, heeft dan practisch haar maximum bereikt, terwijl reeds moeilijkheden ondervonden zullen worden met een gelijkmatig onderhoud van de stooklaag. Bij nog sterker forceeren van de roosterbelasting treedt zelfs al spoedig een geleidelijke vermindering van de stoomproductie op, als gevolg van de uitzonderlijk groote sintelverliezen, d.w.z. een uitzeving en meesleuring van toene-

**Tabel 1.** *Ontleend aan Schmidt, c. s.*

| Soort brandstof | Belastingstoestand M = medium H = high | Brandstofverbruik, kg | | Stoomproductie oververhitte stoom, kg | | | Temperatuur °C | | | | Druk ato | | Vacuum mm W | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | per uur | per m² RO en uur | per uur | per m² $VO_k$ en uur | per kg brandstof | Vuurkist*) | Rookkast | Stoom in de schuifkast | Voedingwater | Ketel | Schuifkast | Rookkast | Achter de pijpen | Achter de buizen | Vuurkist*) | Aschbak |
| Mine Run | M | 1 460 | 225 | 10 260 | 30,4 | 7,06 | 980 | 280 | 296 | 14 | 13,4 | 12,3 | 74 | 61 | 56 | 35 | 5 |
| | H | 3 265 | 502 | 19 200 | 56,8 | 5,88 | 1 235 | 330 | 330 | 13 | 13,2 | 11,7 | 228 | 178 | 160 | 109 | 10 |
| Nut | M | 1 565 | 240 | 10 720 | 31,7 | 6,84 | 1 110 | 302 | 302 | 13 | 13,2 | 12,6 | 79 | 64 | 56 | 38 | 5 |
| | H | 3 160 | 486 | 19 350 | 57,2 | 6,12 | 1 235 | 324 | 332 | 13 | 13,1 | 11,8 | 233 | 185 | 165 | 114 | 12,5 |
| Egg | M | 1 540 | 237 | 10 825 | 32,– | 7,04 | 985 | 282 | 300 | 13 | 13,3 | 12,7 | 89 | 74 | 64 | 40 | 5 |
| | H | 3 165 | 488 | 19 590 | 58,– | 6,18 | 1 220 | 324 | 320 | 13 | 13,4 | 12,– | 236 | 190 | 165 | 104 | 12,5 |
| Lump | M | 1 605 | 247 | 10 900 | 32,2 | 6,80 | 1 010 | 286 | 302 | 14 | 13,4 | 12,6 | 89 | 76 | 64 | 43 | 5 |
| | H | 3 480 | 536 | 19 780 | 58,4 | 5,68 | 1 225 | 332 | 314 | 13 | 13,1 | 11,6 | 241 | 190 | 170 | 112 | 10 |
| 2 in. S | M | 1 750 | 270 | 11 350 | 33,5 | 6,32 | 1 050 | 286 | 306 | 13 | 13,3 | 12,7 | 94 | 79 | 71 | 51 | 5 |
| | H | 3 940 | 603 | 19 560 | 57,8 | 4,96 | 1 170 | 334 | 335 | 12 | 13,1 | 11,4 | 236 | 190 | 162 | 96 | 10 |
| $1^1/_4$ in. S | M | 1 930 | 297 | 11 280 | 33,3 | 5,84 | 1 030 | 286 | 306 | 14 | 13,1 | 12,6 | 91 | 76 | 66 | 35 | 5 |
| | H | 4 200 | 648 | 19 800 | 58,5 | 4,72 | 1 230 | 336 | 325 | 12 | 13,3 | 11,6 | 241 | 190 | 165 | 99 | 12,5 |

*) *boven de vuurbrug gemeten.*

mend grovere stukken uit de brandstoflaag, waardoor het tenslotte ook onmogelijk wordt om een eenigszins regelmatig vuur te onderhouden (plaatselijk „wegslaan van het vuur").

De gesignaleerde begrenzing leidde in de dertiger jaren tot een merkbare uitbreiding van het gebruik van *groote briketten* als stookmateriaal voor de zwaardere sneldiensten. Dit was zeer urgent geworden, wilde men ten volle de mogelijkheid kunnen uitbuiten, welke de successievelijk door ombouw verbeterde S.S.-locomotieven boden, om deze belangrijk hooger te kunnen belasten. De in dien tijd nog algemeen vuurbestendige briketten lieten namelijk duurzaam vol te houden grootste roosterbelastingen van 550 — 600 kg/m² R.O. h toe, bij rookkastvacua van 115 tot 240 mm W voor de verschillende locomotieftypes.

Daarmede was reeds een gem. 35 tot 40% grootere stoomproductie van den ketel te realiseeren, dan met een gelijkwaardige — uit economisch oogpunt als uiterste aan te merken — verbrandingssnelheid voor de nootjeskolen, terwijl tevens zelfs met de gehalveerde briketten een nog alleszins regelmatig vuur te onderhouden bleef. Gelet op de respectievelijke stookwaarden van gem. 7 200 en 6 700 kcal/kg van de beide genoemde brandstofsoorten, werd deze verhoogde stoomcapaciteit verkregen met een tot ca 35% gunstiger ketelrendement voor de briketten. Tevens waarborgde de veel beperktere sintelovergang meer stabiele bedrijfsomstandigheden en merkbaar verminderde slijtages van het ketelmateriaal.

Bovendien konden echter met de héële briketten tijdelijk overbelastingen tot 800 à 1 000 kg/m² R.O. h verwerkelijkt worden, bij rookkastvacua van 175 tot 450 mm W, voordat met deze groote stukken van ruim 3 kg de maximale stoomproductie van den ketel bereikt werd. Tenslotte trad ook hierbij een limiet op, als gevolg van de sterk toenemende verliezen aan vliegcokes, veroorzaakt door een mechanische afbrokkeling van het gebonden gruis door de, in de brandstoflaag uiteindelijk optredende, geweldige luchtsnelheden. Niettemin was met prima briketten — wel te verstaan voor korteren duur — een grootste stoomproductie te realiseeren, welke bij de zwaarste locomotieftypes tot ruim 65% hooger lag dan het uiterste voor nootjeskolen (zie de latere *fig. 11*, krommen *A* en *B*).

**b.** — In de tweede plaats heeft **de physische gesteldheid van het cokesresidu van de steenkool** een grooten invloed op haar stooktechnische gedragingen. Daarbij is de vorming van een meer of minder vaste cokes afhankelijk van bepaalde smeltings- en vloeiingseigenschappen (c.q. plasticiteitsstadia) van het op het rooster verstookte materiaal, welke bij de verhitting in het vuur tot uiting komen. Er bestaat een markante samenhang tusschen dit zoogenaamde bakvermogen en de chemische constitutie van de brandstof, die beheerscht wordt door de fossiele afkomst en den geologischen vormingsduur van haar natuurlijke substantie.

Op grond van de sub **a** omschreven analyse moge het nu begrijpelijk zijn, dat speciaal in het geforceerde locomotiefbedrijf de economische waarde van de steenkool eveneens in belangrijke mate beheerscht wordt door haar vercooksingseigenschappen. Bij een onvoldoende bakvermogen van de brandstof zal deze alreeds gedurende de ontgassing in kleinere gesinterde stukken of zelfs in poedervorm kunnen uiteenvallen, waardoor merkbaar vervroegde verliezen aan hoogwaardige vliegcokes optreden. Bovendien heeft een minder volkomen naverbranding van de op het rooster achterblijvende, grootere en compacte brokken sinterkool plaats.

Daarentegen vormt een goede cokeskool bij de verhitting afzonderlijke, doch stevig samengebakken en opgezwollen stukken van zoodanige grootte, dat de verliezen aan fijn materiaal beperkter blijven. Tevens dringt de aangezogen lucht beter in de poreuze cokes door en bewerkstelligt, als gevolg van dit meer verspreide en langdurige contact met de vaste koolstof uit het residu, een practisch volledige verbranding van deze elementaire substantie. De bakkende steenkool geeft hier dus altijd verreweg het gunstigste ketelrendement.

Langen tijd hebben de spoorwegtechnici dit feit onvoldoende scherp onderkend. De recente onderzoekingen van Dugas (1934) en Chapelon (1935) lieten echter geen twijfel bestaan omtrent het belang van een zoo hoog mogelijken graad van bakvermogen van de brandstof, als criterium voor haar bruikbaarheid in de moderne locomotiefketels. Overigens was men zich al eerder bewust van de algemeene afhankelijkheid, welke tusschen het verlies aan vliegcokes en de typische vercooksingseigenschappen van een steenkool bestaat (zie *fig. 5*), zonder daaruit de voor de hand liggende consequentie te trekken voor de abnormale roostervermogens van 3 500 000 tot 7 000 000 kcal/m². h en meer, zooals die in het huidige spoorwegbedrijf gerealiseerd kunnen worden.

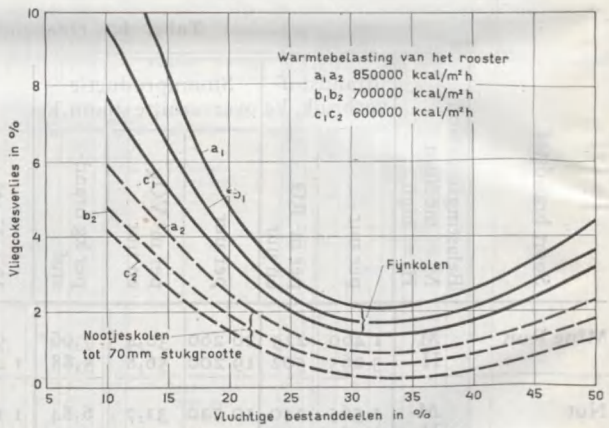



*Fig. 5. Ontleend aan Praetorius.*

Daarvoor moeten dan niet alleen scherp omlijnde eischen aan de stukgrootte van het door de mijn opgeleverde materiaal gesteld worden, doch zijn tevens grenzen aan te geven voor een wenschelijk geacht bakvermogen van het cokesproduct, dat dikwijls aan bepaalde steenkoollagen gebonden is.

**c.** — Bovendien zullen de brokstukken van de brandstof aan eenige brekage onderhevig zijn, veroorzaakt door een mechanische verkleining gedurende de manipulaties bij de verzending. Vooral ware

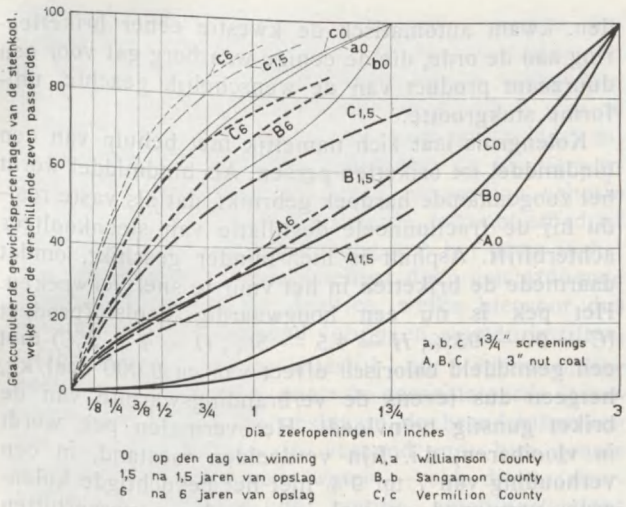



*Fig. 6.*

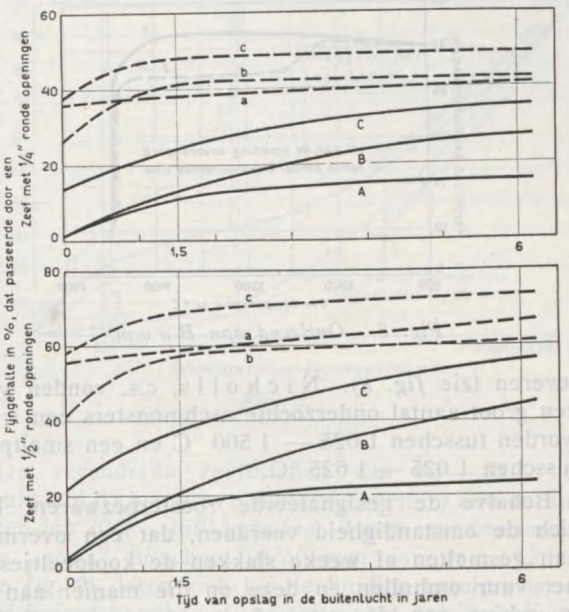



*Fig. 7.*

*Figuren 6 en 7. Ontleend aan P a r r.*

echter voor de jongere steenkoolsoorten rekening te houden met **de meer of mindere neiging tot vergruizing van het product,** die bij opslag in de buitenlucht optreedt en wel als gevolg van klimatologische invloeden. Naarmate namelijk het gedolven product een hooger vochtgehalte bevat, d.w.z. een grooter absorptievermogen voor water bezit in diens grovere capillairen, zal dit bij intermitteerend droog en nat worden sterk wisselende hoeveelheden water kunnen opnemen, waardoor somwijlen een merkbare graad van vergruizing bewerkstelligd wordt.

Hieromtrent gaven de door P a r r (1917) verrichte zeefproeven belangrijke aanwijzingen. Het betrof daarbij een onderzoek naar de variaties in het stukgehalte van een drietal Illinois-kolen, respectievelijk van af den dag van winning tot na verloop van een 1½-jarige en 6-jarige periode van opslag in open parken. In *fig. 6* zijn de achtereenvolgende uitkomsten van de zeefproeven weergegeven, terwijl *fig. 7* de toeneming van het fijngehalte tot ¼", resp. ½" behelst. Uit deze diagrammen valt af te lezen, dat in het bijzonder de kleinere screenings *b* en *c* aanvankelijk een vrij gevoelige desintegratie ondergingen, die echter na de eerste 1½ jaar practisch tot stilstand was gekomen. Daarentegen vond de vergruizing van de nut-coals *B* en *C* meer geleidelijk, doch voortgezet plaats en bereikte blijkbaar pas veel later haar stabiliteitsgrens, welke in het gebied van de screenings lag. Aangeteekend zij, dat het bij de vermelde brandstofsoorten om typisch jongere steenkool ging van nog slechts matig gevorderden inkolingsgraad.

Tevens zijn in het algemeen de versch gedolven steenkolen chemisch zeer actief. Vooral bij een meer fijne verdeeling zal een uitgesproken affiniteit voor de zuurstof uit de lucht optreden. Deze oxydatie kan o.m. een geringe afneming van de verbrandingswarmte der substantie veroorzaken. Bovendien heeft zij echter een degenereerenden invloed op de vercooksingseigenschappen van de steenkool. Bij langdurigen opslag grijpt dan ook een merkbare *vermindering van het bakvermogen* der tijdens haar verbranding gevormde cokes plaats, welke dus gezamenlijk met de progressieve vergruizing een voelbare verslechtering van het ketelrendement bij het verstoken in de locomotieven oplevert.

De hieruit voortspruitende bijzondere verliezen in het economische gebruik van de brandstof zullen eenigermate te compenseeren zijn, door het materiaal uit de oudste parken zooveel mogelijk voor de lichtere diensten te bestemmen. Bij deze heeft men tenminste de zekerheid, dat de sintelverliezen in ieder geval binnen redelijke grenzen blijven.

**d.** — Overigens spelen ook **het aschgehalte en het aschsmeltpunt van het gestookte product** een rol. Bij een laag aschsmeltpunt bezit de brandstof een sterke neiging tot verslakking. De hieraan verbonden bezwaren zijn meestal voldoende te verhelpen door zoo dun mogelijk te stoken. Een te dik vuur geeft namelijk een uitgesproken warmtestuwing in de laag, met als gevolg een hooge roostertemperatuur en nog een smelten van de aschbestanddeelen langs de luchtspleten, waardoor een geleidelijke verstopping van deze wordt veroorzaakt. Is daarentegen bij een dunnere brandstoflaag een afkoeling van het onderste gedeelte beneden het aschsmeltpunt gewaarborgd door de inspoelende lucht en een snelleren warmteafvoer naar boven, dan vermindert de kans dat nog smeltende of weeke slakken op het rooster terecht komen.

Wat betreft het algemeene gedrag van de slakken, hierover zijn belangrijke onderzoekingen aan den gang, die reeds eenig inzicht in deze materie brachten. Van invloed is o.m. de chemische samenstelling der meest uiteenloopende aschbestanddeelen. Behalve het gemiddelde smeltpunt, waarbij deze tot de zoogenaamde slakken aaneenwellen, is de lagere temperatuur beslissend, waarbij de grovere substantie somtijds al eerder week wordt en een vermeerderde neiging tot verstopping der luchtwegen in de stooklaag kan op-

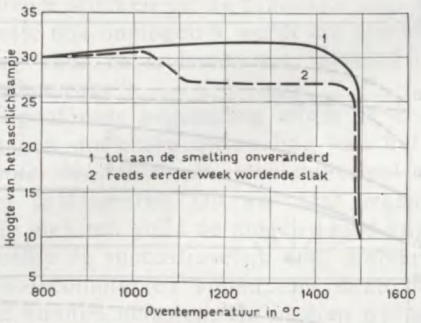



*Fig. 8. Ontleend aan B a u m.*

leveren (zie *fig. 8*). N i c h o l l s, c.s. vonden voor een groot aantal onderzochte aschmonsters een week worden tusschen 1 025 — 1 500 °C en een smeltpunt tusschen 1 025 — 1 625 °C.

Behalve de gesignaleerde roosterbezwaren, kan zich de omstandigheid voordoen, dat een overmaat aan gesmolten of weeke slakken de kooldeeltjes in het vuur omhullen en deze op die manier aan de inwerking van de zuurstof, i.c. aan een volledige verbranding, onttrekken. Ten slotte zal alleen bij een groot fijngehalte van de brandstof een zeer schadelijke roosterdoorval verwacht mogen worden, welke tot zekere grenzen door een vernauwing van de luchtspleten te beperken is. Ook zullen bevredigende bakkende eigenschappen van de cokes een limiteerenden invloed op de aschverliezen uitoefenen.

## A. Briketteering der Indische steenkolen.

De jongere Indische brandstofsoorten zijn alle onderhevig aan een vrij sterke vergruizing bij opslag in de buitenlucht. Deze eigenschap houdt verband met hun meer of minder hooge gehalte aan gebonden water. Zeer gevoelig voor een intermitteerende inwerking van het vocht uit de atmosfeer waren de Poeloe Laoet-kolen en zijn de uitgesproken overgangskolen uit het Boekit Asem-veld. De Ombilin-kolen en de reeds verder gecarboniseerde Boekit Asem-kolen, met een gehalte aan gebonden water van ca 5% en lager, houden zich in dit opzicht beter. Eigenaardig vertoont echter het meest ingekoolde materiaal uit het Sĕrĕlogebergte weer een toenemende neiging tot vergruizing, welke verklaard moet worden uit hun overmatig versnelde vorming door contactmetamorfose onder te verwaarloozen drukverschijnselen, resulteerend in een betrekkelijk licht product met afnemende breukvastheid (G u y o t v a n d e r H a m, 1922).

Nu werd nog tot in de twintiger jaren alleen het gruis en de afvalkool van de mijnen aan de S.S. geleverd. Uit de boven gegeven schets omtrent de algemeene stooktechniek bij locomotieven moge het duidelijk zijn, dat daarmede slechts beperkte prestaties te realiseeren waren. Eenige verbetering werd verkregen door het stellen van wat hoogere zeefeischen aan de afgenomen brandstof. Niettemin bleef haar merkbare degeneratie door vergruizing, bij opslag in de parken, van nadeeligen invloed op de in het spoorwegbedrijf te verwerkelijken uiterste ketelgrensbelastingen. Toen deze dan ook voor bijzonder zware diensten geleidelijk opgevoerd dienden te worden, kwam automatisch de kwestie eener briketteering aan de orde, die de eenige waarborg gaf voor een duurzaam product van de wenschelijk geachte, uniforme stukgrootte.

Kolengruis laat zich namelijk met behulp van een bindmiddel tot briketten persen. Als bindmiddel wordt het zoogenaamde hardpek gebruikt, dat als vaste residu bij de fractionneele destillatie van steenkoolteer achterblijft. Asphalt is hier minder geschikt, omdat daarmede de briketten in het vuur te snel verweeken. Het pek is nu een hoogwaardig koolstofproduct ($C = 90 — 93\%$, $H = 4{,}5 — 5\%$, $O = 4 — 2\%$) met een gemiddeld calorisch effect van ca 9 000 kcal/kg, hetgeen dus tevens de verbrandingswarmte van de briket gunstig beïnvloedt. Het vermalen pek wordt in vloeibaren, d.i. fijn verdeelden toestand, in een verhouding van 7 tot 9% met het bevochtigde kolengruis vermengd en wel in een door oververhitten stoom verwarmden roerketel. Na indroging van het mengsel tot een verminderd vochtgehalte heeft de vormgeving plaats in de gebruikelijke persen onder een druk van 200 tot 300 kg/cm$^2$.

Daarbij zullen de verkregen briketten aan de volgende eischen moeten voldoen: 1. hooge weerstand tegen mechanische afbrokkeling bij de behandeling, 2. ongevoeligheid tegen wisselende weersomstandigheden en 3. behoud van den compacten vorm in het vuur, t.w. zonder week te worden of in stukken uiteen te vallen. Bovendien is een zoo gering mogelijk aschgehalte gewenscht, opdat vooral bij een relatief laag aschsmeltpunt geen overmatige hinder van verslakkingen op zal treden. Het laatste bezwaar is meestal afdoende te ondervangen door een grondige wassching van het gruis aan de mijn.

In dit verband zijn de *figuren 14 a* en *b* van **publ. 1940/41** zeer illustratief. De hierin opgenomen monsters met aschgehalten boven 7,5 tot 10% slaan op gruis- of fijnkolen, die onvoldoende of in het geheel niet gewasschen werden. Uit *fig. 14 c* valt dan verder af te lezen, dat het hooge aschgehalte van de vroeger door de Poeloe Laoet-mijn aan de brikettenfabriek geleverde gruiskolen op een ongunstige voorbereiding wees. Daarenboven lag het smeltpunt van de asch dezer kolen 100° C beneden dat der Sumatra-kolen, hetgeen resp. ruim 1 500° tegenover ruim 1 600° C bedroeg. Dit verklaart dan ook de toenmaals met de Poeloe Laoet-briketten ondervonden moeilijkheden door zeer hinderlijke verslakkingen bij een meer langdurigen bedrijfstoestand van het vuur.

De in dien tijd verstrekte Boekit Asem-briketten waren alleszins van veel betere kwaliteit. Niettemin vertoont dit materiaal sedert de laatste jaren een abnormalen achteruitgang in zijn stooktechnische gedragingen. Terwijl deze briketten namelijk voorheen in het vuur volkomen intact bleven tot aan hun grondige verassching, vallen zij nu reeds bij de beginnende verhitting in grovere tot fijnere stukken uiteen. Het een en ander is te wijten aan onvoldoende vercooksingseigenschappen van het gruis (er heeft momenteel alleen nog sintering plaats), dat uit geleidelijk minder ingekoolde lagen gewonnen blijkt te worden; zie *fig. 13 a* van **publ. 1940/41.**

Als gevolg hiervan treedt een abnormale toeneming van de sintelverliezen op, zich uitend in een

ontoelaatbaren achteruitgang in de economie der verbranding, met alle daaraan in den treindienst en bij het onderhoud van de locomotieven verbonden, sub **a** gesignaleerde bezwaren. Dit euvel is niet te verhelpen door toevoeging van meer bindmiddel bij de vorming der briketten, aangezien de bij verwarming week wordende pek geen bestendige cohesie oplevert. De voor het geforceerde locomotiefbedrijf vereischte duurzame samenhang van het gruis in het vuur wordt alleen bewerkstelligd door een afdoende samensmelting van de deeltjes, welke hiervoor dus een uitgesproken bakkend vermogen moeten bezitten.

Ook het lichtgrijze uiterlijk der tegenwoordige Boekit Asem-briketten, naast de geconstateerde toenemende verweering bij opslag in de brandstofparken (die vermoedelijk — in verband met hun groote absorptie-vermogen voor water — ook dieper doorwerkt en daardoor de matige smeltingstendens van de vaste koolstof nog verder benadeelt), wijzen op een te jong materiaal. In het algemeen behoort dit daarom afgekeurd te worden voor het gebruik bij de spoorwegen, zoowel in den vorm van nootjeskolen, als gebriketteerd. Niettemin blijft het misschien mogelijk, om door een vermenging van tenminste reeds wat oudere overgangskool met een hoogwaardiger steenkool met gasgehalten tusschen 25 — 35% en zeer markante vercooksingseigenschappen, nog aanvaardbare briketten te produceeren, mits hun experimenteel te bepalen vuurbestendigheid volledig gegarandeerd kan worden.

Vooral bij zich voordoende grensgevallen ware het gewenscht, dat de brikettenfabriek over een oveninstallatie beschikte, om deze vuurbestendigheid betrouwbaar te kunnen vaststellen, welke blijkbaar voor het geforceerde locomatiebedrijf het maatgevende criterium is. Wordt daaraan ten volle voldaan, dan behoeft niet voor een merkbaren verweeringsindex gevreesd te worden, terwijl de weerstand tegen mechanische afbrokkeling slechts beheerscht wordt door het beproefde percentage aan bindmiddel en door de proefondervindelijk bepaalde bereidingsmethoden.

## B. Een nauwkeuriger omschrijving van de eischen, welke aan de huidige locomotiefbrandstof waren te stellen.

Op grond van de, in mijn publicatie van 1940/41 en hierboven uitgewerkte, kritische studies wordt het noodzakelijk geacht, om in het algemeen veel scherper gedefinieerde voorwaarden aan de locomotiefbrandstof der S.S. te gaan stellen. De belangrijke technische ontwikkeling van het materieel en de daarmede gedurende de laatste jaren verwerkelijkte hoogere bedrijfsbelastingen hebben tot een abnormale toeneming van de sintelverliezen geleid, d.i. een zeer oneconomisch gebruik van de brandstof, gepaard gaande met vermeerderde bezwaren, zoowel bij den rijdenden als bij den onderhoudsdienst. Hiertegen moet in de eerste plaats naar een aanpassing van het stukgehalte der steenkolen aan deze verzwaarde belastingsmogelijkheden gestreefd worden en zal in de tweede plaats rekening te houden zijn met de vercooksingseigenschappen van hun substantie.

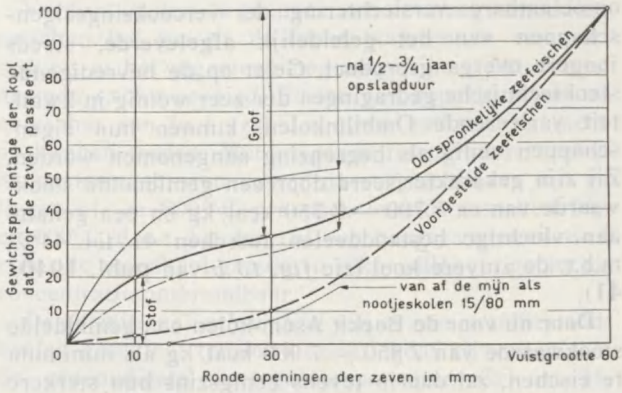



*Fig. 9.*

De verouderde zeefeischen van 60 — 75%, of gemiddeld 67,5% grove stukken boven 30 mm en niet meer dan 20% „stof" beneden 10 mm, met een marge aan „gruis" tusschen 10/30 mm van gem. 12,5% (zie *fig. 9*), laten zich bij de huidige ketelprestaties niet langer handhaven. In feite gaat het daarbij om gruiskolen (D. Nussgrus) van 0/80 mm, waaruit bij de geringste overbelasting van de locomotief alle nog niet door vercooksing samengesmolten „stof" volledig in den vorm van sintels weggesleurd zal worden. Door als minimum-eisch aan de mijn de levering van werkelijke nootjeskolen van 15/80 mm te stellen, dus met volkomen uitzeving van het gruisgehalte beneden 15 mm, blijft bij ontvangst in de haven een zeefkarakteristiek volgens *fig. 9* gegarandeerd, t.w. met eenige verkleining door mechanische afbrokkeling en beginnende verweering tot 90% „grof" en maximaal 2,5% „stof".

Tevens zijn in de figuur de vermoedelijke zeefkrommen weergegeven na $\frac{1}{2}$ tot $\frac{3}{4}$ jaar opslag in de parken der depots, resp. voor de sterker vergruizende Boekit Asem-kolen en de iets stabielere Ombilinkolen. Zij lieten zich met een redelijke zekerheid afleiden uit P a r r's figuren 6 en 7, bij aanname van een waarschijnlijk snellere verweering voor de Indische kolen. Op grond van een onderlinge vergelijking van *fig. 9* met de, in de *figuren 1 — 4* gereproduceerde S c h m i d t'sche karakteristieken, mag de volgende verwachting uitgesproken worden.

Tijdens hun gemiddelden opslagduur zal onder de voorgestelde zeefeischen dooreengenomen geen grooter „stof"gehalte dan 8 — 9%, tegenover tevoren ca 26%, bij de steenkolen optreden. Dit beteekent een vermindering van de sintelverliezen in het bedrijf met tenminste $\frac{1}{3}$ van het huidige percentage, overeenkomend met een verbetering in het ketelrendement van 5 tot 10%, resp. onder middelmatige tot vol te houden uiterste belastingsomstandigheden van den ketel. Doch vooral bij een somwijlen noodzakelijke overbelasting van de machine en de daaruit voortspruitende abnormale rookkastvacua, zullen relatief nog gunstiger verhoudingen optreden, die voorgoed een einde kunnen maken aan de toenemende bedrijfsklachten der laatste jaren.

Overigens worden deze klachten ook in belangrijke mate veroorzaakt door de gevoelige kwaliteitsvermindering van de Boekit Asem-kolen, wat betreft de

ontoelaatbare verslechtering der vercooksingseigenschappen van het geleidelijk afgeleverde, steeds jongere overgangsproduct. Gelet op de bevredigende stooktechnische gedragingen der zeer weinig in kwaliteit varieerende Ombilinkolen, kunnen hun eigenschappen veilig als begrenzing aangenomen worden. Zij zijn gekarakteriseerd door een gemiddelde stookwaarde van ca 7 700 — 7 750 kcal/kg en een gehalte aan vluchtige bestanddeelen tusschen 41 tot 44%, m.b.t. de zuivere kool (zie *fig. 13 b* van **publ. 1940/41**).

Door nu voor de Boekit Asem-kolen een gemiddelde stookwaarde van 7 850 — 7 900 kcal/kg als minimum te eischen, zal daarin tevens eenigszins hun sterkere vergruizing en de hiermede gepaard gaande afneming in de vercooksingseigenschappen verdisconteerd zijn (zie *fig. 13 a*, vergel. met de *figuren 6a* en *7a — c* van **publ. 1940/41**). Daarbij zal het gasgehalte m.b.t. de zuivere kool zelfs tusschen 40 en 47% kunnen varieeren. In het bijzonder voor de nootjeskolen ware niet beneden deze limiet te gaan. Alleen bij briketteering van het gruis blijft het toelaatbaar om nog wat jonger overgangsmateriaal, dan echter vermengd met hoogwaardiger steenkool, te accepteeren, mits het eerder vermelde criterium der vuurbestendigheid gegarandeerd kan worden.

Bovendien zou een vermindering van het huidige briketgewicht van 3,5 kg tot het voormalige van 2 — 2,5 kg overweging verdienen; zie ook de noot bij sub **a**. In het normale bedrijf behooren namelijk de zware briketten meestal in tweeën geslagen te worden, wil door een wat snellere aanbranding van de gehalveerde stukken een meer gelijkmatige onderhouding van het vuur gewaarborgd zijn. Deze manipulatie heeft echter het groote bezwaar, dat zij dikwijls ontaard in een verdere verkleining. Het hierdoor eveneens gevormde gruis en fijn benadeelt in sterke mate de door de briketteering beoogde economie in het stookproces bij de locomotieven. Het voordeel, dat uit een verbod om kleinere briketten te halveeren, voort kan vloeien, ware af te wegen tegen hun hoogere kosten van verzending en stapeling.

Tenslotte rest dan nog een algemeene opmerking over de zeer gunstige reactiviteit der jongere Indische steenkolen. Hun hooge gasgehalte waarborgt een gemakkelijke aanbranding, die in het sterk wisselende locomotiefbedrijf van onschatbare waarde is, doordat zij het werk van den stoker in belangrijke mate verlicht. De hiermede gepaard gaande vergroote neiging tot rookvorming blijft door constructieve maatregelen en een juiste behandeling van het vuur, d.w.z. door regelmatig kleine hoeveelheden tegelijk bij te stoken, bevredigend te ondervangen. Toch kan een overvloedig fijngehalte, met zijn abnormale reactieoppervlak en de daaruit voortvloeiende zeer hevige inleidende gasontwikkeling, bijwijlen een afdoende rookbestrijding onmogelijk maken. Ook in dit opzicht zullen de voorgestelde nootjeskolen, door hun meer geleidelijk verloopende ontgassing bij de aanvankelijke verhitting in het vuur, een gunstigen invloed uitoefenen.

Bovendien zullen uiteraard de aan de mijn op alle gruis uitgezeefde nootjeskolen een zeer laag aschgehalte bezitten, hetgeen dus een bijkomstig voordeel oplevert. Wat betreft de voor de brikettenfabricage bestemde gruiskolen van 0/25 mm, of 0/15 mm, behoort voor deze door een noodzakelijke wassching geen hooger dan het huidige aschgehalte van ca 5 — 7% gegarandeerd te blijven.

## II. EENIGE BESCHOUWINGEN OVER VERBRANDING.

In verband met een heerschend misverstand omtrent de mogelijkheden, welke de poederkool en het residu der aardolie als stookmateriaal voor locomotieven bieden, is hier een inleidend overzicht van het algemeene verbrandingsproces op zijn plaats (Marcard, 1934).

### A. Het verbrandingsproces.

Wanneer men de versche steenkool over het vuur uitspreidt, zal door haar allereerst een hoeveelheid warmte opgenomen worden. Dit geschiedt door geleiding uit de reeds gloeiende brandstoflaag en door straling. Gebleken is, dat hierbij naast de vlamstraling ook de donkere gasstraling, en wel in het bijzonder van de $CO_2$- en $H_2O$-gassen, een groote rol speelt. De lichtende straling wordt verder versterkt door het aanbrengen van lage gewelven uit vuurvast materiaal, zooals de vuurbrug bij locomotieven, welke in dit geval de hitte van het felst brandende, vóórste gedeelte van het vuur terugstraalt. Tevens functionneert zij als terugvoergewelf, dat deze gloeiende verbrandingsgassen over de, vooral op het àchterste roostergedeelte in overmaat bijgestookte brandstof leidt (zie *fig. 10*).

Door de verwarming verdampt het water uit de steenkool. Daarna volgt de ontgassing, gepaard gaande met een tijdelijke verweeking (plasticiteit) van het

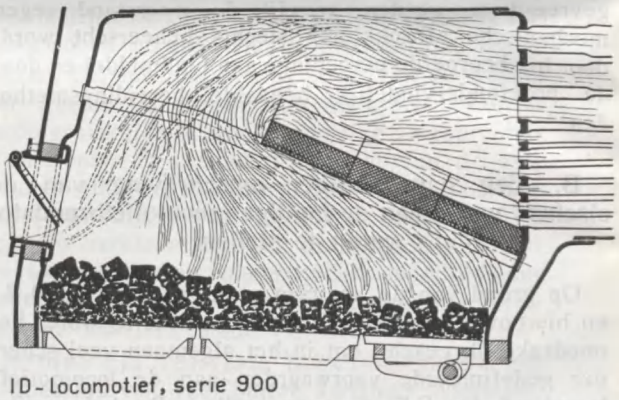



*Fig. 10.*

materiaal. In dezelfde periode wordt ook de verbranding van de vaste cokesresten ingeleid. Van dit oogenblik af heeft men nu feitelijk met twee verschillende brandstoffen te maken, t.w. met een gasvormige of *de vluchtige bestanddeelen* en met een vaste of *de cokes*. Beide gedragen zich verbrandingstechnisch zeer uiteenloopend. De vluchtige bestanddeelen worden door den gas-luchtstroom in een uiterst kort tijdsbestek door de eigenlijke verbrandingsruimte gesleurd, zoodat zij snel moeten ontbranden en afbran-

den, alvorens zij in den ketel te sterk afkoelen. De duur van de cokesomvorming en -uitbranding is daarentegen op het rooster practisch ongelimiteerd.

Hierbij kan de verbranding van de vaste koolstof, die zich normaal alleen aan het contactoppervlak van de materie met de lucht afspeelt, als een *oppervlaktereactie* beschouwd worden. De reactietijd, waarin de toevoer van zuurstof door een diffusie en de relatieve beweging tusschen de lucht en de brandstof plaats heeft, maakt een functie uit van de betrekkelijke oppervlakte der steenkoolstukken. De verbranding van de gassen is dan als een *volumereactie* op te vatten. De laatste wordt gekenmerkt door de explosie, d.i. door een zeer korten, technisch welhaast niet meetbaren reactietijd, als gevolg van de moleculaire verdeeldheid van de stof, waardoor de meest innige menging met de zuurstof mogelijk is.

Elke verbranding vindt echter pas voortgang, wanneer door een aanvankelijke warmteopname uit de omgeving de stof tot een zoodanige temperatuur is verhit, dat door versnelde oxydatie een overschot aan warmte ontwikkeld wordt. Deze zoogenaamde *ontstekingstemperatuur* loopt voor de verschillende bestanddeelen van de brandstof belangrijk uiteen. Zij ligt het laagst voor de meest samengestelde teerdampen of zware C-H-O-verbindingen, n.l. tusschen 250 tot 400° C. Dan volgt de halfcokes, die eerst bij verder gevorderde ontgassing en bij temperaturen boven 500° C in de moeilijker te ontsteken cokes overgaat; voor zuivere cokes ligt deze temperatuur tusschen 650 tot 700° C. Hoogere ontstekingspunten bezitten tevens de meer stabiele en eenvoudige gassen, die bij de *pyrogene ontbindingen* door een geleidelijke stijging van de temperatuur ontstaan (t.w. $C_2H_2$ — 430°; $C_2H_4$ — 545°; $H_2$ — 585°; CO — 650° en $CH_4$ — 650/700° C).

Uit het een en ander moge het ook duidelijk zijn, dat de ontstekingstemperatuur voor de brandstofsoorten van verschillenden inkolingsgraad sterk afhankelijk moet zijn van hun veranderlijke chemische samenstelling. Zij ligt des te lager, naarmate de steenkool jonger en haar gehalte aan zuurstof hooger is, of wel haar humussubstantie meer reactieve stadia bevat. De ontstekingstemperatuur stijgt daarom van ca 250° bij turf en jonge bruinkool tot 300 — 500° bij steenkool en tenslotte tot 650 — 700° C bij cokes.

Bovendien speelt de *ontstekingssnelheid* een groote rol, t.w. de snelheid, waarmede zich de ontbranding lineair voortplant. Zij loopt voor de dampen en gassen der vluchtige bestanddeelen gevoelig uiteen en is voor het verloop van de verbranding van des te grooter belang, wanneer hiervoor slechts zeer korte tijden in de vuurkist beschikbaar zijn. Behalve door de mengverhouding tusschen het gas en de lucht, wordt zij beheerscht door de temperatuur en de zuurstofconcentratie. De ontstekingssnelheid is overigens het grootste voor waterstof ($H_2$) en het kleinste voor methaan ($CH_4$). Daarenboven kan de ontbranding door wervelingen en door katalysatoren in hooge mate bespoedigd worden. Zoo is bijvoorbeeld de merkbare toeneming van de ontstekingssnelheid voor koolmonoxyde (CO) in een vochtige omgeving aan een katalytische werking toe te schrijven.

Verder bepalen de grenzen van de mengverhouding tusschen het gas en de lucht, waarbinnen een ontsteking in het algemeen nog mogelijk is, het zoogenaamde *explosiegebied*. Buiten een bepaald tekort of overschot aan lucht zal dan geen ontbranding meer op kunnen treden. Met stijgende temperatuur nemen de explosiegebieden echter naar beide zijden toe en liggen bij ca 800° C practisch bereids tusschen 0% en 100%, d.w.z. bij deze of een hoogere temperatuur zijn alle steenkool-gassen in elke willekeurige luchtconcentratie ontbrandbaar.

*De definitieve verbranding* van de steenkoolbestanddeelen geschiedt tenslotte eerst, nadat zij volledig in de eenvoudigste watergascomponenten CO en $H_2$ omgevormd zijn; Aufhäuser (1926 — 1928) spreekt daarbij van hun uiteindelijke verbrandingsrijpheid. Zoo wordt aanvankelijk ook de vaste koolstof (C) van de cokes door additioneele oxydatie onder katalytische medewerking van waterdamp getransformeerd volgens de vergelijking:

$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2.$$

In deze voorstellingswijze zijn dan verder de vluchtige bestanddeelen in de drie onderstaande groepen te scheiden.

1e. De alreeds in het natuurlijke product in geoxydeerden toestand aanwezige componenten $CO_2$ en $H_2O$. 2e. De hoogmoleculaire teerdampen, die door voortgaande verhitting in steeds lichtere, meest gasvormige koolwaterstoffen uiteenvallen. De opeenvolgende reacties gaan gepaard met de afscheiding van C in de gedaante van roet en voeren tot enkelvoudige C-H-verbindingen, zooals $C_2H_2$, $C_2H_4$ en $CH_4$, welke bij geleidelijk hoogere temperaturen onbestendig worden en zich in hun elementen C (als roet) en $H_2$ splitsen. Daarvan moet weer alle vrijgekomen koolstof door additioneele oxydatie volgens de genoemde vergelijking omgevormd worden, zoodat ook deze groep in den eindtoestand slechts de watergasbestanddeelen CO en $H_2$ oplevert. Overigens ware hierbij aan te teekenen, dat tevens in het gedolven product geringe percentages van meer of minder zware C-H-verbindingen — naast de labielere teerdampen of de zwaarste C-H-O-verbindingen — voorkomen, die alleen de latere stadia der geschetste transformaties behoeven door te maken. 3e. De laatste groep van vluchtige bestanddeelen behelst tenslotte het aandeel aan CO en $H_2$, dat daarin reeds oorspronkelijk, dus in hun natuurlijken toestand, aanwezig was.

In ieder geval voert nu blijkbaar de geheele inleidende brandstofontleding uiteindelijk tot *de verbrandingsrijpe bestanddeelen CO en $H_2$*. Hiervan bezit de waterstof verreweg de grootste affiniteit voor de zuurstof uit de lucht. De verbrandingssnelheid van het koolmonoxyde blijft daarbij merkbaar ten achter. Bovendien heeft een relatief zeer langzame transformatie van het in fijnste verdeeling afgescheiden roet plaats.. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan de samengestelde moleculaire structuur ervan, d.w.z. de opbouw uit een groot aantal atomen C, waardoor pas bij contact met een even groot aantal moleculen $H_2O$ watergasvorming optreedt. Het karakteristieke lichten van de vlam wordt veroorzaakt door deze gloeiende, traag verbrandende roetdeeltjes. Daalt hun tem-

peratuur door aanraking met de „koude" ketelwanden beneden een bepaalde waarde, dan is geen verdere verbranding mogelijk en neemt men het bekende „roeten" van den ketel waar, gepaard met een gevoelig CO-gehalte in de rookgassen.

Kort samengevat verloopt dus het verbrandingsproces als volgt: De teerdampen leiden de ontsteking in en worden daarom ook wel de initiaalontstekers genoemd. Zij ontbranden het gemakkelijkst, doch verbranden betrekkelijk langzaam over een zekere weglengte, omdat zij ten gevolge van de toenemende verwarming aan een voortgaande ontleding en omvorming onderworpen zijn. Zoodra daarentegen de lichtere gassen eenmaal tot ontsteking komen, versnellen deze het proces in het algemeen. Zij maken dan plaatselijke kernen van hooge temperatuur uit, die tevens door het sterke stralingsvermogen der bij hun snellere verbranding gevormde $CO_2$- en $H_2O$-gassen terugstralend de teerdampreacties ondersteunen. Hierdoor laat zich het feit verklaren, dat in een witgloeiend vuur bij de analyse van rookgasmonsters, welke 1 voet (30 cm) boven de stooklaag verzameld werden, nog slechts sporen van teer en methaan ($CH_4$), naast een maximum aan roet en een overmaat aan CO en $H_2$, vielen te constateeren (K r e i s i n g e r, c.s. 1917).

Daarbij is er verder rekening mede te houden, dat 1 kg waterstof driemaal zooveel zuurstof noodig heeft voor haar verbranding als 1 kg koolstof, waarom men in het bijzonder tijdens de hevigste ontgassingsperioden, dikwijls door een periodieken secondairen toevoer, voor de vereischte hoeveelheid lucht zorg moet dragen. Men denke hier eveneens aan de gesignaleerde trage roetverbranding, die bovendien veroorzaakt wordt, doordat de verbranding in den grond een strijd is tusschen de in de steenkool aanwezige koolstof en waterstof om de zuurstof uit de lucht, waarbij de laatste door haar grootere affiniteit voor zuurstof overheerscht.

## B. De verbrandingsruimte.

Uit het hooger geschetste beeld moge het duidelijk geworden zijn, welk een belangrijke functie de eigenlijke verbrandingsruimte in het proces vervult. Zij heeft tot taak om alle uit de steenkoollaag ontwijkende gassen op te nemen, hen te mengen en volledig tot een zoo gelijkmatig mogelijk rookgas te verbranden. De zich hierbij afspelende chemische reacties verloopen theoretisch in oneindig korten tijd, mits de stookruimte op witgloeihitte is en elk te verbranden deeltje met de benoodigde zuurstof in aanraking komt. Aan dezen laatsten eisch is echter in de practijk, ondanks een surplus aan zuurstof in het noodgedwongen toegevoerde luchtoverschot, nooit volkomen te voldoen.

Het proces zal slechts bespoedigd kunnen worden door een zoo intensief mogelijke menging van de gas- en luchtdeeltjes tot stand te brengen, d.i. door de constructie dusdanig uit te voeren, dat natuurlijke en kunstmatige wervelingen optreden. De uiterst langzaam verloopende diffusie van deeltjes van gebieden van hoogere stofconcentratie naar die met lagere speelt daarbij geen rol. De invloeden, welke overigens de meest intensieve en directe menging van de gas- en zuurstofdeeltjes onmogelijk maken, zijn behalve de reeds hooge stikstofconcentratie van 79% in de oorspronkelijke verbrandingslucht, de plaatselijk zich vormende verbrandingscentra, die door onregelmatig zich voortplantende explosiewerkingen de schikking der deeltjes storen.

Voor de volledige verbranding zal dus in ieder geval een bepaalde oponthoudsduur der gassen in de verbrandingsruimte vereischt worden. Als criterium hiervoor heeft zich de zoogenaamde „verbrandingsruimtebelasting" $b_v$ in kcal/m³. h ingeburgerd, t.w. de uit de per uur op 1 m³ verbrandingsruimte verstookte brandstof vrijkomende hoeveelheid warmte, gebaseerd op de stookwaarde $H_o$ van het calorisch vermogen der steenkool. Deze uit de poederkoolstookinrichtingen afkomstige belastingseenheid bleek ook bij de verbranding op het rooster een betere berekeningsgrondslag en vergelijkingsbasis op te leveren, dan de klassieke roosterbelasting $b_r$ in kcal/m² RO. h.

Bij de ontwikkeling van het poederkoolstoken kwam men onvermijdelijk tot invoering van genoemde nieuwe belastingseenheid, omdat daarbij bleek, dat naast de afmetingen van de stookruimte en — in nauwen samenhang, — de lengte van den vlamweg, vooral de verbrandingsruimtebelasting een beslissenden invloed op het verloop van dit bijzondere proces heeft. Hierbij is namelijk het groote probleem, om behalve de eigenlijke vluchtige bestanddeelen, tevens de vaste vercookste koolkorrels, die zwevend in den gas-luchtstroom medegesleurd worden, nog in de stookruimte tot volkomen vergassing en verbranding te brengen. Het lag nu voor de hand om den inhoud van de vuurkist $I_v$ in m³ als grondslag te kiezen, waarin het geheele volume $V_t$ van de, bij volkomen verbranding der poederkool daadwerkelijk in den gemiddelden verbrandingstijd $t_v$ der korrels — meestal in de fractie van een sec — gevormde rookgassen, opgenomen moet kunnen worden.

Wil dus de brandstof nog binnen de verbrandingsruimte volledig uitbranden, dan zal aan den eisch voldaan moeten worden, dat $I_v \geq V_t$ of $I_v \geq V_s \cdot t_v$, wanneer $V_s$ het werkelijke, op de heerschende gemiddelde temperatuur in de vuurkist betrokken, per sec gevormde volume aan rookgassen bij volkomen verbranding voorstelt. Wordt nu $B$ kg poederkool per uur verstookt, of theoretisch $b_h = B \cdot H_o$ kcal/h ontwikkeld, terwijl hierbij $V_h = B \cdot V$ m³/h rookgassen worden gevormd ($V$ = de per 1 kg poederkool ontwikkelde verbrandingsgassen in m³/kg) of $V_t = B \cdot V \cdot \frac{t_v}{3\,600}$ m³ in den gemiddelden verbrandingstijd $t_v$ der korrels, dan zal in het grensgeval — volgens de formule $I_v = V_t$ — de uiterste verbrandingsruimtebelasting mogen bedragen: $b_v = \frac{B \cdot H_o}{I_v} = \frac{B \cdot H_o}{V_t}$, d.i.

$$b_{v\,max} = \frac{3\,600 \cdot H_o}{V \cdot t_v} \text{ kcal/m}^3\text{. h.}$$

Door deze laatste voorwaarde werd de weg aangegeven, om tot een verhooging van de specifieke verbrandingsruimtebelasting te komen. Het zwaartepunt ligt daarbij in een verkorting van den verbrandingstijd $t_v$ van de vaste koolkorrels, hetgeen door

opvoeren van de maalfijnheid is te bereiken, i.c. door een vergrooting van het reactieoppervlak bij kleiner verdeelde cokesresten. Tevens moet voor de meest innige menging van het poeder met de zooveel mogelijk voorgewarmde lucht zorg gedragen worden. O.m. bij het zeer beperkte volume van de locomotiefvuurkist kan volgens de ervaringen een dusdanig afdoende menging eerst verkregen worden met eenige omleidingen van de vlam, d.i. door een ingrijpende verlenging van den vlamweg.

Bij de Duitsche proeflocomotief der „Studien-Gesellschaft" werd (in de uiteindelijk na langdurige experimenten tot ontwikkeling gekomen definitieve constructie van de vuurkist) de poederkool horizontaal van beneden-achteren met kracht ingeblazen, stroomde vervolgens in tegengestelde richting onder langs de zwak hellende en lange vuurbrug terug, om pas na een tweede omkeering de ketelpijpen te bereiken. Zoodoende legden de korrels ca de 2,5-voudige lengte van de vuurkist af en was tevens een intensieve menging met de lucht gewaarborgd, waardoor met het minimum aan luchtoverschot van 40 tot 30% gewerkt kon worden. Door de hiermede gepaard gaande verkleining van het totale rookgasvolume $V$, in m³/kg verstookte poederkool, was een verder opvoeren van de specifieke verbrandingsruimtebelasting mogelijk. Langs dezen weg zijn reeds, met een verbrandingstijd $t_v \backsimeq 0{,}23$ sec bij zeer groote maalfijnheid, grensbelastingen $b_v$ tot 1 500 000 à 2 000 000 kcal/m³. h verwerkelijkt.

De boven gegeven analyse van het poederkoolstoken is geabstraheerd uit het boek van Hinz (1928). Typisch zijn de daarin overgelegde resultaten van de door hem verrichte laboratoriumexperimenten in een als verbrandingskamer functionneerende, inwendig met chamotte bekleede buis van ca 0,5 m diameter en 4,5 m lengte. De poederkool werd met de totale hoeveelheid verbrandingslucht door een brander ingeblazen. Om de 0,5 m werd de temperatuur, de rookgassnelheid, het rookgasvolume en de gassamenstelling gemeten. De uit deze metingen afgeleide tijd voor de volledige verbranding bleek tusschen 30 tot 50% luchtoverschot het minimum te bereiken van 0,55 tot ruim 0,40 sec, resp. bij een gemiddelde afmeting van de koolkorrels $d = 0{,}1475$ en 0,067 mm.

Niettemin was de menging bij de uitgesproken parallelle stroomingen in de proefinstallatie zeer onbevredigend. Door de latere omleidingen van de luchtpoederkoolbeweging in de definitieve uitvoering van de locomotiefvuurkist kon, als gevolg van een veel krachtiger dooreenwerveling, die mede verkregen werd met een speciale branderconstructie (bij verwerking van 40 — 50% der totaal benoodigde luchthoeveelheid) en door een gerichte aanzuiging van een overmaat aan secondaire lucht van beneden en onder den voet van de vuurbrug (t.w. 60 — 50% van het totaal), de verbrandingstijd tot $\backsimeq 0{,}23$ sec of bijna de helft bekort worden voor de kleinste korrelgrootten $d = 0{,}067$ mm. Wel te verstaan heeft het hierop gebaseerde, eerdergenoemde uiterste belastingscijfer betrekking op Duitsche locomotiefverhoudingen, welke het mogelijk maken om, met inbegrip van den diepen aschbak, verbrandingsruimten $I_v \backsimeq 2 \cdot RO$ m³ te realiseeren, n.l. met een gemiddelde hoogte van ca 2 m.

### C. Indische verhoudingen.

In dit opzicht steken de Indische S.S.-locomotieven met hun relatief kleine vuurkisten beslist ongunstig af tegenover de beste buitenlandsche uitvoeringen met een belangrijk grootere bouwhoogte. Voor het meerendeel onzer ketels ligt de verhouding $I_v$ : RO slechts tusschen 1,15 tot 1,20 m. Alleen de 2C2-locomotieven serie 1 300, met hun uitgebouwde verbrandingskamer van 500 mm lengte, bezitten hiervoor de waarde 1,50 m ($I_v = 4{,}525$ m³ en RO = ruim 3 m²). Daarentegen is dit verhoudingscijfer bij de representatieve Europeesche en Amerikaansche locomotieven (de laatste vrijwel zonder uitzondering met afzonderlijke, somwijlen zeer lange verbrandingskamers) gelegen tusschen 1,6 tot 1,8 m; de parade-machines met het hoogste ketelrendement gaan soms nog merkbaar boven deze cijfers uit.

Voert men nu voor de gunstigste Indische 2C2-locomotief de verbrandingsruimtebelasting als maatstaf in, dan is haar waarde voor het stoken met briketten als volgt te bepalen. De constructieve inhoud van de vuurkist boven het rooster, inclusief de aanwezige verbrandingskamer, werd opgegeven als 4,525 m³. Is echter op het rooster een brikettenlaag met een gemiddelde dikte van 20 — 25 cm uitgespreid en trekt men tevens het volume van de vuurbrug af, zoo rest een reëele totale verbrandingsruimte van ca 3,85 m³. Bij een alleszins in het bedrijf toelaatbare, vol te houden roosterbelasting van 500 kg/m² RO. h is dan de theoretische verbrandingsruimtebelasting $\frac{3 \times 500 \times 7\,200}{3{,}85} = 2\,800\,000$ kcal/m³. h. Deze kan bij sterke overbelasting zelfs tijdelijk tot ruim 5 500 000 kcal/m³. h, of tot het uiterste roostervermogen van 7 000 000 kcal/² RO. h, opgevoerd worden zonder schade voor de vuurkist (zie krommen *A* van *fig. 11*).

Bij de eerst vermelde, duurzaam vol te houden roosterbelasting wordt globaal 24 000 kg/h rookgassen ontwikkeld (luchtoverschot ca 50%), die — onder aanname van een gemiddelde temperatuur in de vuurkist van 1 300° C — een volume $V_h = \frac{1}{273}(1\,300 + 273) \times 0{,}75 \times 24\,000 \backsimeq 105\,000$ m³/h of $V_s =$ ruim 29 m³/sec onder de in de verbrandingsruimte heerschende omstandigheden zullen innemen. De volledige verbranding van de vluchtige bestanddeelen moet zich dus afspelen in den tijd $t_v = \frac{I_v}{V_s} = \frac{3{,}85}{29} \backsimeq 0{,}13$ sec.

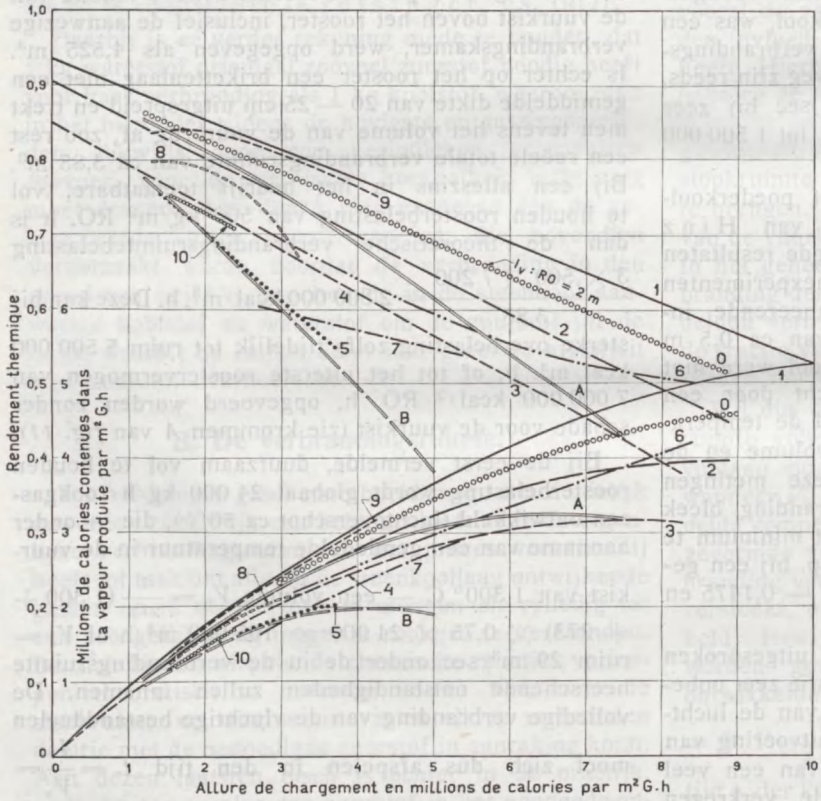
Benaderend bedraagt de warmteinhoud van de in 1 m³ van de verbrandingsruimte aanwezige rookgassen globaal 100 kcal. Zouden zij zich 1 sec in de vuurkist opgehouden hebben, dan beteekende dit een verbrandingsruimtebelasting van $100 \times 3\,600 = 360\,000$ kcal/m³. h. In werkelijkheid is $b_v = 2\,800\,000$ kcal/m³. h of $t_v = 360\,000 : 2\,800\,000 \backsimeq 0{,}13$ sec. Volgens dezelfde benaderende berekeningswijze verkort zich bij de uiterst toelaatbare

overbelasting de beschikbare verbrandingstijd tot 360 000 : 5 500 000 ≏ 0,065 sec.

Nu is voor den geperfectionneerden poederkoolstoker gebleken, dat de totale verbrandingsduur, met het oog op de meegevoerde fijnste cokeskorrels, niet merkbaar onder 0,23 sec gebracht kon worden. Wil men dan ook bij de 2C2-locomotieven der S.S. tenminste de volledige verbranding van de vluchtige bestanddeelen der gasrijke Indische steenkolen — met een hoogen graad van roetafscheiding tijdens hun ontleding — veilig stellen, zoo zullen daarvoor maatregelen noodzakelijk zijn, die een meer intensieve menging van de gassen met de lucht en een verlenging van den vlamweg bewerkstelligen. Dit toonde wel zeer overtuigend de urgentie aan van de het laatste decennium geleidelijk bij de belangrijkste S.S.-locomotieven aangebrachte verlengde vuurbruggen, welke dan ook in feite een ingrijpende verbetering van het nuttig effect der verbranding opleverden (zie *fig. 10*).

Nadrukkelijk moet hierbij nogmaals gestipuleerd worden, dat de betreffende verhoudingen voor het meerendeel der S.S.-locomotieven, met hun relatief gevoelig kleinere verbrandingsruimten, veel ongunstiger uitvallen. Mede als gevolg daarvan zullen zij tevens in veel geringere mate overbelastbaar zijn, dan de als voorbeeld gekozen 2C2-locomotieven. Slechts voor deze laatste (en misschien de 1C + C locn serie 550, zie onderstaand staatje) mag verwacht worden, dat bij vollast hoogstens de allerfijnste stof uit de steenkool nog in de vuurkist tot verbranding komt. De overige vliegcokes zal meer of minder ontgast naar de rookkast verdwijnen, hoewel ook hierop de vuurbrugconstructie een verbeterenden invloed uitoefent, doordat zij de sintels gedeeltelijk in het vuur terugslaat en voor de rest hun weg in de vlam merkbaar verlengt.

Toch was een zeer rigoureuze vermindering van de verliezen aan vliegcokes alleen te verkrijgen door het verstoken van gebriketteerde brandstof, i.c. kolen van zoo groot mogelijke stukgrootte, waarbij bovendien de bakkende eigenschappen van de steenkool een rol spelen. In dit verband moge verwezen worden naar de reeds sub I a bedoelde krommen *A* en *B* in *fig. 11*, met betrekking tot de Indische 2C2-locomotieven, resp. voor briketten en gruisnootjeskolen; met dien verstande, dat voor de andere S.S.-locomotieven deze karakteristieken een versterkte daling toonen en dus hun maxima bij minderende roostervermogens liggen, naarmate hun verhouding $I_v$ : RO afneemt.




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Charge à la main* | 1 | 240 — 708 | P.O. | *Gros criblé. Briquettes* |
| | 2 | 231 — 726 | P.O. | *Gros criblé. Briquettes* |
| | 3 | 141 — 860 | P.O. | *Gros criblé. Menu* |
| | 4 | 140 — 1387 | Etat | *Criblé Aniche* |
| | 5 | 140 — 1387 | Etat | *Tout venant* |
| | A | 2C2 — 1300 | S.S. | *B.A. briketten* |
| | B | 2C2 — 1300 | S.S. | *B.A. gruisnootjeskolen* |
| *Charge par stoker* | 6 | 5 — 1208 | Nord | *Grains de Marles* |
| | 7 | 5 — 1208 | Nord | *Aniche (fosse Cuvenot)* |
| *Lignite pulvérisé* | 8 | G 12 | Reichsbahn | |
| *Mazout* | 9 | 141 — 854 | P.O. | |
| | 10 | 140 — 1387 | Etat | |

*Fig. 11. Ontleend aan Chapelon*

Uit een vergelijking van deze krommen *A* en *B* met die der Fransche locomotieven (t.w. 1 t/m 5) zijn enkele belangrijke conclusies te trekken; wel te verstaan gaat het daarbij om overeenstemmende vuurkistconstructies, d.w.z. eveneens uitgerust met lange vuurbruggen. Allereerst vallen ook bij de laatste gelijkwaardige verschillen op voor de brandstoffen van uiteenloopende stukgehalten. Doch vooral sprekend zijn de abnormaal gunstige ketelrendementen der locomotieven 1 en 2, resp. met een door ombouw gerealiseerde verhouding $I_v$ : RO van 2,18 m en met de oorspronkelijke van ca 1,7 m; de stukgrooten van de verstookte brandstof waren overeenkomstig onze Indische briketten (lijn *A* voor $I_v$ : RO = 1,5 m). Daaruit blijkt al heel duidelijk de markante invloed, dien de stookruimte op het verbrandingsproces uitoefent. Het nuttig effect der verbranding neemt vrijwel evenredig toe met een vergrooting van de verbrandingsruimte, ten opzichte van het roosteroppervlak.

In werkelijkheid is dan ook de verbrandingsruimtebelasting een veel zuiverder criterium dan de van ouds toegepaste roosterbelasting. Dit is overtuigend aan te toonen door wijziging van de krommen 1, 2 en *A* op de basis

van eerstgenoemde belastingseenheid, waarbij zij practisch samen zullen vallen. De overige waarnemingen van het S.S.-proefbureau met betrekking tot onze andere locomotieven stemden hiermede weer zeer bevredigend overeen, in zooverre de betreffende ketels met de kleinste verhoudingen $I_v$ : RO van 1,15 tot 1,05 m, bij belasting van het rooster tot aan zijn uiterste grens van toelaatbaarheid, geleidelijk een 20 tot ca 30% lager thermisch rendement opleverden, d.i. dus bereids met een gevoelige overschrijding van de al eerder bereikte en beperktere maximale stoomproductie, dan volgens de krommen *B* en *A* der 2C2-locomotieven.

Op grond van dit feit ware daarom bij de nieuwe Indische locomotieven minstens een verhouding $I_v$ : RO = 2,0 tot 2,1 m na te streven (lange verbrandingskamers!), wil men voor deze van een zoo groot mogelijke economie in het brandstofverbruik en van belangrijk verhoogde grenscapaciteiten van den ketel, t.w. duur- en overbelastbaarheid, verzekerd zijn. Voor briketten met $H_o \cong$ 7 200 kcal/kg is dan de verbrandingsruimtebelasting aan te nemen op 2 500 000 kcal/m³. h en 5 000 000 kcal/m³. h, resp. bij duurzaam vol te houden belasting en uiterste overbelasting van den ketel. Bij een reëele verbrandingsruimte $I_v'$ van gem. 0,85 × 2,05 × RO = 1,75 RO m³ komt dit overeen met roostervermogens van resp. 4 375 000 en 8 750 000 kcal/m² RO. h, of een roosterbelasting van ruim 600, resp. ca 1 200 kg/m² RO. h; zie de krommen *O* in *fig. 11*.

**Vuurkistafmetingen der S. S.-locomotieven.**

| Type | Serie | RO | $I_v$ | $I_v'$ | $I_v/RO$ | $I_v'/RO$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m² | m³ | m³ | m | m |
| 2B | 600 | 1,33 | 1,64 | 1,34 | 1,23 | 1,00 |
| 2B | 650 | 1,33 | 1,75 | 1,45 | 1,31 | 1,09 |
| 1C1 | 1 700 | 1,61 | 1,83 | 1,47 | 1,14 | 0,92 |
| 2C2 | 1 100 | 1,86 | 2,16 | 1,79 | 1,16 | 0,93 |
| 1C + C | 520 | 2,04 | 2,68 | 2,22 | 1,31 | 1,09 |
| 1C + C | 550 | 2,04 | 2,98 | 2,52 | 1,46 | 1,24 |
| 1D | 900 | 2,25 | 2,65 | 2,14 | 1,18 | 0,95 |
| 2C1 | 700 | 2,33 | 2,65 | 2,14 | 1,14 | 0,92 |
| 1D1 | 1 400 | 2,40 | 2,50 | 1,99 | 1,04 | 0,83 |
| 1D | 1 500 | 2,50 | 3,26 | 2,70 | 1,30 | 1,08 |
| 1F1 | 800 | 2,60 | 3,17 | 2,58 | 1,22 | 0,99 |
| 2C1 | 1 000 | 2,70 | 3,07 | 2,46 | 1,14 | 0,91 |
| 2C2 | 1 300 | 3,02 | 4,525 | 3,85 | 1,50 | 1,28 |
| 1C + C | 1 600 | 3,35 | 3,76 | 3,00 | 1,12 | 0,90 |
| 1D + D | 1 200 | 4,15 | 4,51 | 3,58 | 1,09 | 0,86 |
| 1D + D | 1 250 | 4,10 | 4,68 | 3,74 | 1,14 | 0,91 |

In aansluiting op de voorafgaande beschouwingen omtrent de normale steenkoolverbranding is nu nog een uitvoeriger onderzoek gewenscht naar de mogelijkheden, welke andersoortige stookwijzen voor de Indische locomotieven bieden. Allereerst zou daarvoor het poederkoolstoken in aanmerking kunnen komen.

## D. Het poederkoolstoken.

Sedert de twintiger jaren had een belangrijke ontwikkeling der verbranding van poederkool in stationnaire ketels plaats, die meer in het bijzonder het rendabel verstoken van goedkoope afvalkool beoogt. Als zoodanig zal hoofdzakelijk de in groote hoeveelheden aangetroffen bruinkool te benutten zijn. Bij een redelijken graad van fijnheid hiervan behoeven ook slechts geringe moeilijkheden tegenover een verbranding op het rooster verwacht te worden, mits voldoende hooge stookruimten in toepassing komen, welke de volkomen uitbranding der korrels over groote vlamlengten waarborgen. Bovendien moeten echter de verbrandingsgassen door een afdoende warmteoverdracht door straling reeds merkbaar beneden de verweekingstemperatuur van de aschbestanddeelen afgekoeld zijn, alvorens de ketelpijpen te bereiken, opdat de asch in fijnverdeelden en verharden toestand meegesleurd wordt. Tevens begunstigt deze aanvankelijke afkoeling, door een daarmede gepaard gaande inkrimping van het rookgasvolume, een zoo volledig mogelijke verbranding door den langeren oponthoudsduur in de eigenlijke stookruimte.

In het algemeen gaat men daarom bij het poederkoolstoken in landketels niet boven verbrandingsruimtebelastingen van 150 000 tot 200 000 kcal/m³. h. Overigens is de vereischte vlamlengte, i.c. de oponthoudsduur $t_v$ tot ruim 2 sec in de stookruimte, afhankelijk van de maalfijnheid, het gehalte aan vluchtige bestanddeelen of omgekeerd het percentage aan vaste koolstof, de gemiddelde verbrandingsruimtetemperatuur, de inblaassnelheid van de poederkool met de primaire lucht en de toevoer van secundaire lucht. Onder gunstige omstandigheden kan men bijvoorbeeld voor gasrijke vetkolen met de beperkte vlamlengte van 2,5 m volstaan. Niettemin treft men meestal bij de grootste stookruimten hoogten van 5 tot 6 m aan; in deze laat zich uiteraard veel moeilijker een grondige dooreenwerveling door middel van een aanzuiging van secondaire lucht bewerkstelligen, waardoor merkbaar langere vlamwegen noodzakelijk zijn. Typisch richt zich de recente tendens eveneens op een krachtige inblazing onder druk van de secondaire lucht, die de parallelle stroomingen tot zeer groote diepten verstoort; als gevolg hiervan kunnen de moderne stookruimten weer veel lager uitgevoerd worden (zie *literatuur*).

In ieder geval geven de overgelegde cijfers wel een heel markant beeld van de bijzondere moeilijkheden, welke men in de veel kleinere vuurkisten der locomotieven te overwinnen had, wilden daarin tenminste verbrandingsruimtebelastingen tot 2 000 000 kcal/m³. h, of het tienvoudige van die in de landketels, te realiseeren zijn. Al eerder werd een samenvatting gegeven van de getroffen maatregelen, die dit vraagstuk tot een bevredigende oplossing brachten. Te dezer plaatse ware hierbij nadrukkelijk te stipuleeren, dat de gesignaleerde uiterste belasting niet meer straffeloos te verhoogen is. Bij een nog grootere verbrandingssnelheid treden niet alleen sterk toenemende verliezen aan progressief onvolledige verbrande cokeskorrels op (wat bij tijdelijke overbelasting alleszins aanvaardbaar zou zijn), doch zullen de hierin door onvoldoende afkoeling vloeibaar gebleven aschbestanddeelen een samensintering bij de intrede der vlampijpen veroorzaken, waardoor de laatste zeer spoedig hopeloos verstopt raken met zoogenaamde zwaluwnesten, die de regelmaat van het ketelbedrijf volkomen kunnen verstoren.

De krommen 8 van *fig. 11* bevatten nu de gemiddelde resultaten, welke met de hooger omschreven „Stug"-brander en een gelijktijdig door de AEG uitgeruste G $8^2$-locomotief van de Reichsbahn verkregen werden. De AEG-brander bestaat uit een tweetal tegenover elkaar opgestelde, lange spleetmondstukken met een groot aantal verticale openingen, die zijdelings onder het vuurkistraam gemonteerd zijn. De botsing van de beide vlamstralen bewerkstelligt daarbij een zeer sterke dooreenwerveling op het moment, dat de ontsteking en verbranding ingeleid worden. Niettemin zal de uitvoering van dit type van branders bij te smalle vuurkisten bezwaren opleveren. Dan kunnen alleen de „Stug"-branders toepassing vinden. Zij bestaan uit een tweetal parallel naast elkaar en beneden den achterwand van de vuurkist aangebrachte, zoogenaamde „bruisbranders". In deze wordt het poederkool-luchtmengsel eerst langs wervelplaten gevoerd, die voor een intensieve dooreenmenging zorg dragen en vervolgens door zeefplaten in de vuurkist ingeblazen.

De proefnemingen hadden zoowel met bruinkolen als steenkolen van verschillende stookwaarden plaats. Toch wist men slechts met de zeer gemakkelijk tot ontsteking te brengen bruinkolen bevredigende resultaten te verkrijgen, welke overigens voor deze weinig beïnvloed bleken te worden door hun kwaliteit. Zoo hebben de genoemde krommen 8 betrekking op bruinkoolpoeder met de nog merkbaar uiteenloopende stookwaarden van 4 850 tot 5 725 kcal/kg. De veilig in het bedrijf te verwerkelijken maximale verbrandingsruimtebelasting lag bij ca 1 700 000 kcal/$m^3$. h of het fictieve grens-roostervermogen van globaal 3 300 000 kcal/$m^2$ RO. h. Toch bereikte men later met een geperfectionneerde „Stug"-installatie, door toevoer van een overmaat aan secondaire lucht, het paradecijfer van ca 2 750 000 kcal/$m^3$. h verbranddingsruimtebelasting (c.q. 5 350 000 kcal/$m^2$ RO. h), bij het hooge thermische rendement van ca 65%. In het normale bedrijf zal men echter wel steeds merkbaar beneden deze waarde moeten blijven.

Tenslotte hangt de rentabiliteit van het poederkoolstoken nauw samen met het feit, of men over de gewenschte goedkoope brandstofsoorten beschikken kan. In Duitschland was de ombouw van een serie goederentrein-locomotieven, inclusief de aanschaffing van centrale maalinstallaties, economisch verantwoord bij een prijsverhouding tusschen het bruinkoolpoeder ($H_o$ = gem. 5 300 kcal/kg) en de normale steenkool ($H_o$ = gem. 7 000 kcal/kg) van 0,5 : 1 per t, d.i. bij een warmteprijsverhouding van 0,66 : 1 voor het reeds vermalen poederproduct. Bij een belangrijk geringer prijsverschil zal in alle gevallen een steenkool van het vereischte stukgehalte economischer in het gebruik zijn.

Op hooger genoemde gronden is dan ook het poederkoolstoken als mogelijkheid voor de Indische locomotieven absoluut te veroordeelen. Bij ombouw onzer S.S.-locomotieven met hun meerendeels zeer ongunstige, voor dit doel veel te kleine vuurkistconstructies, zouden geen grootere, duurzaam vol te houden verbrandingsruimtebelastingen dan van 1 000 000 — 1 500 000 kcal/$m^3$. h (n.l. bij relatief korte vlamlengten), i.c. uiterste fictieve roostervermogens van gem. 1 500 000 — 2 000 000 kcal/$m^2$ RO. h, verwacht mogen worden. Tevens zou hiervoor slechts een zeer goedkoope bruinkool in aanmerking kunnen komen. Desondanks zou het bezwaar blijven bestaan, dat daarmede dus veel te beperkte machinevermogens te ontwikkelen zijn, die bovendien bij de niet te ontgane, regelmatige overschrijdingen in den normalen treindienst tot onoverkomelijke moeilijkheden in het ketelbedrijf moeten voeren. Zoodanige locomotieven zijn namelijk practisch niet meer voor overbelasting vatbaar.

## E. Het olieresidustoken.

De gegeven analyse omtrent het proces der poederkoolverbranding laat zich eveneens uitbreiden tot het residu der aardolie als stookmateriaal voor stoomketels. Ook hierbij gaat het om een fijn verdeelde brandstof, t.w. het in een lucht- of stoomstraal tot uiterst kleine vloeistofdruppels verstoven residu, hetwelk weer tijdens het korte oponthoud in de snelle luchtstroomingen van de eigenlijke stookruimte tot volledige verbranding moet komen.

Tot heden is men er niet in geslaagd, om meer dan 300 kg residu per $m^3$ en per uur onder normaal gunstige locomotief-vuurkistverhoudingen nog rookloos, d.i. volkomen te verbranden. Dit beteekent bij een gemiddelde stookwaarde $H_o$ = 10 000 kcal/kg een maximale, duurzaam vol te houden verbrandingsruimtebelasting van 3 000 000 kcal/$m^3$. h, die in het geval van het stoken met poederkool alleen bereikbaar zou zijn bij vermaling harer korrels tot den vrijwel onmogelijken graad van fijnheid $d$ = 0,03 mm. Dit wettigt daarom het vermoeden, dat de afmetingen der deeltjes in den residunevel van de gesignaleerde orde van grootte moeten zijn. Bij een verder forceeren der verbrandingssnelheid zou ook hier weer een toenemend verlies aan progressief onvolledige verbrande olieresten optreden, zich uitend in een vette en vlokkerige rookvorming, welke op den duur niet alleen een verstopping der vlampijpen veroorzaakt doch eveneens een ontoelaatbaren hinder in den trein geeft.

De gangbare meening, dat een met residu gestookte locomotief tot bijzonder hooge arbeidsprestaties in staat zou zijn, berust dus op een fictie. De bedrijfsresultaten der tusschen 1920 — 1922 met een paar 1D + D-locomotieven serie 1 200 gehouden oliestookproeven waren bovendien in zooverre misleidend, dat daarbij de toenmaals benutte gruiskolen, met een groot gehalte aan fijn materiaal, als vergelijkingsbasis dienden. Zij leverden onder middelmatige tot bereids iets hoogere belastingsomstandigheden de abnormaal lage verdampingscijfers van globaal 5 — 3 kg/kg op. Tijdens een serie in 1927 door het proefbureau met de 1D + D-locomotief no. 1260 verrichte experimenten werden echter onder gelijksoortige omstandigheden, doch met veel betere gruisnootjeskolen (hoewel alleen nog met toepassing van een korte open vuurbrug), geen lagere verdampingscijfers geconstateerd dan van 6,5 — 5 kg/kg, d.z. gemiddeld reeds 45% gunstiger waarden.

Daardoor zullen in feite al bij een prijsverhouding van 2 : 1 per t tusschen het residu en een redelijk uitgezeefde gruisnootjeskool, de algemeene econo-

mische voordeelen van het eerste problematisch zijn. Evenmin is met oliestoken een meerdere overbelastbaarheid van de locomotief te bereiken. Dit volgt bijvoorbeeld uit een interpolatie in *fig. 11* van de eerder vermelde maximale verbrandingsruimtebelasting van 3 000 000 kcal/m³. h, overeenkomend met een roosterbelasting van ruim 1,28 × 3 000 000 = 4 000 000 kcal/m² RO. h voor de 2C2-locomotieven serie 1300, welke dan — in verband met de ongunstiger vuurkistafmetingen dezer ketels ten opzichte van die der Fransche — reeds rijkelijk hoog aangenomen is. Het genoemde fictieve grensroostervermogen dekt ongeveer het reëele maximum, dat met de huidige gruisnootjeskolen bij het bewuste S.S.-locomotieftype verwezenlijkt wordt (zie krommen *B*). Met de voorgestelde nootjeskolen zal de balans zelfs ten gunste van deze overslaan.

Overigens mag bij periodiek optredenden overbelastingstoestand uitsluitend met de olieverbranding een zeer opaangename rookvorming verwacht worden. Daarbij is het bij de vele in Rusland met residu gestookte locomotieven gewoonte, om met opzet steeds met een minimum aan luchtoverschot en een lichte rookvorming te rijden, nadat gebleken was, dat door een te groot surplus aan lucht in de vlammen de koperen vuurkist beangstigend door oxydatie aangetast werd. Hetzelfde bezwaar deed zich aanvankelijk ook bij het poederkoolstoken in Duitschland voor.

Bovendien is de altijd nog in Indië aangevoerde klacht over de hinderlijke rookvorming met onze bekende gasrijke kolen ongegrond, sedert met de lange gesloten vuurbruggen en de belangrijk verbeterde exhaustwerking practisch rookloos gestookt kan worden, mits het machinepersoneel de meest recente instructies voor een juiste behandeling van het vuur opvolgt. In het bijzonder op de vrijwel gestrekte vlaktelijntrajecten en de eveneens meer gelijkmatig stijgende berglijnen, welke door de speciaal met briketten gestookte expres- en sneltreinen bereden worden, zou in normale tijden — bij voortdurende contrôle door een voldoende aantal running engineers — de rookhinder het gemakkelijkst en definitief te overwinnen zijn. Wel te verstaan geldt de feitelijke noodzaak van zoodanig intensief toezicht in dezelfde mate voor oliestoken.

Het oliestoken biedt dus evenmin uit een oogpunt van gerief voor de reizigers, als op economische gronden, voordeelen voor de gemoderniseerde S.S.-locomotieven. Integendeel zal slechts met de gebruikelijke verbranding op het rooster van goede stukkolen een — voor den huidigen treindienst uitermate wenschelijk geachte — overbelastbaarheid van de ketels bereikbaar zijn. Voor de vrij sterk vergruizende, jonge Indische brandstofsoorten verdient hiervoor een samenbinding tot briketten aanbeveling. Daarmede kunnen dan tijdelijk dusdanige roostervermogens, c.q. verbrandingsruimtebelastingen verwerkelijkt worden, als door geen der andere stookwijzen ook maar te benaderen zijn. Dit belangrijke feit wordt zeer duidelijk geïllustreerd door het onderlinge verloop der betreffende karakteristieken in *fig. 11*.

*

Samenvattend mag daarom geconcludeerd worden, dat de Indische Gouvernementskolen de aangewezen brandstof voor de S.S.-locomotieven opleveren, wil men de laatste tot de hoogst mogelijke arbeidsprestaties uitbuiten. Hiervoor waren dus alleen scherper gedefinieerde eischen te stellen aan het stukgehalte dezer kolen, hetwelk voor de zwaarste diensten altijd door briketteering op te voeren blijft. Noch de onder een geheel onafhankelijke prijzenpolitiek op de markt gebrachte stookolie, noch het poederproduct van de voorloopig onontgonnen Landsbruinkoolvoorraden, kunnen in dit opzicht ooit de steenkolen vervangen. Bovendien mogen zelfs bij een daarmede noodzakelijk gepaard gaande beperking van de grensbelasting der locomotieven, geen overwegende financieele voordeelen uit het benutten van de gestelde andersoortige brandstoffen verwacht worden.

**Literatuur.**

DEEL I.


William M. Barr. Combustion of Coal and the Prevention of Smoke. New York 1913.

E. C. Schmidt, J. M. Schnodgrass and O. S. Beyer. Comparative Tests of Six Sizes of Illinois Coal on a Mikado Locomotive. *University of Illinois*, Bulletin No. 101 (1917).

S. W. Parr. Effects of Storage upon the Properties of Coal. *University of Illinois*, Bulletin No. 97 (1917).

Roy V. Wright, c.s. Locomotive Dictionary and Cyclopedia. New York 1919.

W. L. Robinson. Locomotive Fuel. *Proc. Sec. Int. Conf. Bit. Coal*, 1928. Vol. II, p. 366 — 377.

H. C. Woodbridge, C. P. Dampman and Malcolm Macfarlane. Railway Fuel. *Proc. Third Int. Conf. Bit. Coal*, 1931. Vol. II, p. 116 — 128.

Jos. T. Hodgson. Locomotive Management from Cleaning to Driving. London 1928.

Fr. Landsberg. Wärmewirtschaft im Eisenbahnwesen. Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen, Bd. VII. Dresden und Leipzig 1929.

F. Meineke. Kurzes Lehrbuch des Dampflokomotivbaues. Berlin 1931.

H. C. Woodbridge. What Fuel Should Railroads Buy? *Railway Mechanical Engineer*, 1932 (106), p. 97 — 100.

Sussmann. Einige Fortschritte der Brennstoff- und Wärmewirtschaft in ihrer Anwendung bei der Reichsbahn. *Glasers Annalen*, 1933 (Bd 113), II p. 41 — 45, 49 — 54 & 57 — 63.

R. Dugas. Analyses et essais des combustibles destinés à la consommation des locomotives. *Revue Générale des Chemins de Fer*, 1934 (53), I p. 3 — 16.

A. Chapelon. Locomotives à grande vitesse etc. *Rev. Gén. des Chemins de Fer*, 1935 (54), I p. 110 — 195.

C. S. Darling. Coal Selection for Locomotive Work. *The Railway Gazette*, 1935 (Vol 61), I p. 1116.

W. Lübsen. Die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Dampflokomotive durch konstruktive Massnahmen zur Senkung des Brennstoffverbrauchs. Berlin 1935.

Edouard Sauvage. La Machine Locomotive. Paris 1935.

Galonier. Recherches de laboratoire sur la valeur d'usage des charbons en matière de traction. (Pouvoir cokéfiant par chauffe brusquée.) *Revue Gén. des Chemins de Fer*, 1937 (56), II p. 323 — 330.

A. Chapelon. La Locomotive à Vapeur. Paris 1938.

DEEL II.

H. Kreisinger, C. E. Augustine and F. K. Ovitz. Combustion of Coal and Design of Furnaces. *U. S. Bureau of Mines*, Bulletin No. 135 (1917).

Lawford H. Fry. Improving the Locomotive Boiler by Research. *Railway Mechanical Engineer*, 1927, July.

D. Aufhäuser. Brennstoff und Verbrennung. 2 Teile. Berlin 1926 und 1928.

F. Hinz. Ueber wärmetechnische Vorgänge der Kohlenstaubfeuerung. Berlin 1928.

K. Baum. Die Bedeutung der anorganischen Bestandteile der Kohle für die Brennstofftechnik. *Glückauf*, 1928 (64), p. 1733.

E. Praetorius. Billige Kessel, billiger Dampf. Berlin 1932.

P. Nicholls and W. A. Selvig. Clinker Formation as Related to Fusibility of Coal Ash. *U. S. Bureau of Mines*, Bulletin No. 364 (1932).

F. Schulte und E. Tanner. Stand und Entwicklung der Feuerungstechnik. *Zeitschrift des VDI*, 1933 (77), p. 565.

W. Marcard. Rostfeuerungen. Berlin 1934.

F. Habert. Wärmetechnische Tafeln. Mit schrifttumverzeichnis für feuerungstechnische Berechnungen von H. Schwiedessen. Düsseldorf 1935.

H. S. Vincent. Heat Transmission in Locomotive Boilers. *Railway Mechanical Engineer*, 1935, p. 180, 228 & 335.

M. Véron. Tendances actuelles des Techniques de la Chaleur. Paris 1936.

W. A. Bone and G. W. Himus. Coal, its Constitution and Uses. London 1936.

W. Marcard und Fritsch. Betrachtungen zum Verbrennungsvorgang in Dampfkesselfeuerungen unter besonderer Berücksichtigung der Oelfeuerung. *Die Wärme*, 1936 (59), p. 70.

W. Marcard. Die Verbrennung als Strömungsvorgang. *Die Wärme*, 1937 (60), p. 257.

A. Loschge Die Dampfkessel. Berlin 1937.

P. Jarrier. Au sujet des pertes dans les foyers des chaudières. *Chaleur et Industrie*, 1938 (19), p. 207.

E. C. Poultney. Les proportions des foyers de chaudières de locomotives modernes (anglaises et américaines). *Bulletin de l' Association Internationale du Congrès des Chemins de Fer*, 1938 (20), Septembre, p. 1006.

A. R. Mayer. Die Vorgänge im Feuerraum eines Kessels mit Wanderrostfeuerung und ihre Aenderung durch Zweitluftzufuhr. *Feuerungstechnik*, 1938 (26), p. 148.

A. R. Mayer. Untersuchungen über Zweitluftzufuhr in Wanderrostfeuerungen. *Feuerungstechnik*, 1938 (26), p. 201.

P. Koessler. Theoretisches über Zweitluftzufuhr bei Rostfeuerungen. *Arch. für Wärmewirtschaft*, 1938 (19), p. 153. Mit Schrifttum Verzeichnis.

P. Koessler. Zweckmässige Zweitluftzufuhr bei Feuerungen. *Arch. für Wärmewirtschaft*, 1938 (19), p. 169. Auszug in *Zeitschrift des VDI*, 1939 (83), p. 471.

F. Nuber. Wärmetechnische Berechnung der Feuerungs- und Dampfkessel-Anlagen. 8. Auflage. München und Berlin 1939.

K. Beck. Feuerungstechnik des Wanderrostes. Einflüsse von Brennstoff, Luft und Rostbauart. *Arch. für Wärmewirtschaft*, 1939 (20), p. 93. Mit Schrifttum Verzeichnis.

8e JAARGANG
NUMMER 3

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

MAART
1941

## IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.
## „DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: Over de tertiaire molluskenfauna van Palembang, door Dr. C. H. Oostingh †. — Uit de literatuur. — Economische mededeelingen. — Personalia.

# Over de tertiaire molluskenfauna van Palembang

door

Dr. C. H. OOSTINGH †.

### Inleiding *).

De wijze, waarop de hier behandelde fossielencollectie tot stand kwam, is uitvoerig medegedeeld in een in 1932 bij het toenmalige Hoofd van de Sumatrakaarteering ingediend „Speciaal rapport over de van 4 Juli tot 6 Augustus 1932 bezochte fossielvindplaatsen in Palembang, door Dr. C. H. Oostingh en Dr. J. van Tuyn", waarin ook de geologische gesteldheid van de meeste hier in aanmerking komende vindplaatsen is behandeld. Verder dienen hier nog vermeld te worden de door Dr. J. van Tuyn in het Boekitbatoe-gebied ten Z. O. van Palembang verzamelde fossielen, alsook die, welke door Dr. K. A. F. R. Musper aan den A. Penoekal werden bijeengebracht.

Daar hier beoogd wordt de gevolgtrekkingen van geologischen aard, waartoe het onderzoek tot nu toe aanleiding geeft, in het kort te vermelden, zal in dit geschrift uitsluitend rekening worden gehouden met die fossielsoorten, waarvan het volledige materiaal is onderzocht. De meeste soorten komen namelijk op één of meer vindplaatsen in zeer goede conservatie voor en laten zich van daar gemakkelijk identificeeren, of eventueel als nieuw beschrijven. De herkenning van het materiaal van vindplaatsen met ongunstigen conservatietoestand, welke juist voor het constateeren van het stratigrafisch verband van zeer groot belang is, levert echter buitengewone moeilijkheden op en is zeer tijdroovend. Vandaar, dat talrijke soorten wel van enkele vindplaatsen werden gedetermineerd, zonder dat ook het ongunstig bewaarde materiaal reeds hierop kon worden onderzocht.

Met laatstbedoelde soorten is in onderstaande beschouwingen en in de hier volgende „volledige lijst der vindplaatsen" geen rekening gehouden.

*) De tekst van dit nagelaten geschrift is hier in ongewijzigden vorm afgedrukt. De hierbij gevoegde platen werden onder de auspiciën van den Dienst van den Mijnbouw samengesteld; zij geven slechts een indruk van het karakter der molluskenfauna van Palembang en van de nieuwe soorten. Een volledige beschrijving der fauna kan voorshands nog niet worden gepubliceerd.

Dit geschrift was door Dr. Oostingh bestemd als het hoofdstuk „Algemeen gedeelte" van een groote publicatie over de mollusken van Palembang.

De origineele stukken bevinden zich in het Geologisch Museum van den Dienst van den Mijnbouw te Bandoeng.

*Redactie.*

### Groepeering der vindplaatsen.

Voor het trekken van mogelijke stratigrafische conclusies is het noodig, de vrij talrijke vindplaatsen in hun onderling verband te beschouwen en zoo mogelijk tot grootere groepen te vereenigen. Vooraf zij opgemerkt, dat de localiteiten verdeeld zijn over de drie groote plooibundels van de Residentie Palembang, tusschen welke plooibundels het stratigrafisch verband in feite nog hypothetisch is bij gebrek aan kennis van den ondergrond der tusschenliggende synclines. Een belangrijke doelstelling bij het onderzoek der fossielen is dan ook, te trachten de parallelisatie der lagen uit de verschillende plooibundels onderling op een betrouwbaren grondslag te fundeeren.

Volgens de plooibundels kunnen de vindplaatsen als volgt worden ingedeeld:

Plooibundel van Palembang: A. Langkan, p. 0 — 2, 9, 9a, 34, A. Limau, Limbangan, Stad Palembang, Sedjoe en Soekapindah.

Plooibundel van Praboemoelih (middelste bundel): A. Penoekal.

Plooibundel van Lahat (zuidelijke bundel): Oelaklebar, A. Koengkilan-besar, p. 1, 2, 9, 26, 27, 33, A. Koengkilan-ketjil, p. 99, 66, 63, 57, A. Koengkilan, p. 25, 14a, 13.

Allereerst zal worden nagegaan, of het geoorloofd is de vindplaatsen aan de **A. Langkan** voor de stratigrafie samen te vatten, wat a priori waarschijnlijk is wegens den geringen maximalen afstand (325 m) en de helling van slechts 2 à 3°. De vindplaats p. 0 — 2 leverde 41 soorten, p. 9 en 9a daarentegen 24 soorten, waarvan 22 gemeen met p. 0 — 2, de twee niet op p. 0 — 2 voorkomende

**Tabel I.** **Volledige lijst der vindplaatsen van mollusken uit de Residentie Palembang.**

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | K | L | M | N | O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stad Palembang. | A. Limau. | A. Langkan, p. 0-2. | A. Langkan, p. 9, 9a. | A. Langkan, p. 34. | Sedjoe. | Soekapindah. | Limbangan. | A. Penoekal. | A. Koengkilan, Onder-Telisa. | A. Koengkilan-besar, p. 26, 27. A. Koengkilan-ketijl, p. 66, 63, 57. | A. Koengkilan-besar, p. 33. | A. Koengkilan, p. 25, 14a, 13. | Oelaklebar. |
| *Rissoina sp. 1* (fig. 2) | × | | × | × | × | × | × | | × | | | | × | |
| ,, *sp. 2* (fig. 3) | × | | | | | × | | | × | | | | | |
| ,, *sp. 3* (fig. 4) | × | | × | × | × | × | × | | × | | | | | |
| ,, *langkanensis* n.sp. (fig. 1) | | | | × | × | | | | | | | | | |
| *Turritella sundaica* Wanner & Hahn | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Architectonica perspectiva* (Linne) (fig. 10) | × | | × | × | × | | × | | × | | × | | × | |
| ,, *palembangensis* (Haanstra & Spiker) (fig. 9) | | | × | | × | | × | | × | | | | | |
| ,, *coniformis* (Noetling) (fig. 11) | | | × | | | | | | | | | | | |
| ,, *nitens* (Noetling) (fig. 8) | × | | × | × | × | | × | | × | | | | | |
| ,, *cf. marthae* (Boettger) | × | | × | × | | × | × | | | | × | × | × | |
| *Pseudomalaxis palembangensis* n.sp. (fig. 6) | × | | | | | | | | | | | | | |
| *Spirolaxis sp. 1* (fig. 7) | × | | × | | | | | | | | | | | |
| *Triphora subcalcarea* n.sp. (fig. 12) | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Opalia sp. 1* | × | | × | | × | × | | | | | | | | |
| *Odostomia subcalcarea* n.sp. (fig. 5) | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Strombus spinosus* K. Martin | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Rostellaria sp.* | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Rimella sokkohensis* K. Martin | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Xancus palembangensis* n.sp. (fig. 13) | × | | × | × | | | | | | | | | | |
| *Lyria aff. jugosa* (J. de C. Sowerby) | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Trigonostoma speciosum* Vredenburg (fig. 16) | | | × | | | | | | | | | | | |
| *Terebra cf. tjisadeana nom. nov.* (fig. 26) | | | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *langkanensis* n.sp. (fig. 21) | | | × | | × | | | | × | | | | | |
| ,, *palembangensis* n.sp. (fig. 22—23) | × | | × | | | | | | × | | | | | |
| ,, *sp. 1* | | | × | × | | | | | | | | | | |
| ,, *cf. triseriata* Gray | | | × | × | | | | | | | | | × | |
| ,, *sp. 2* (fig. 25) | | | × | | | | | | | | | | | |
| ,, *intermedia* Vredenburg (fig. 24) | | | × | × | | | | | | | | | | |
| *Hastula lepperi* Vredenburg (fig. 20) | | | × | | | | | | | | | | | |
| ,, *calamaria* Vredenburg (fig. 19) | | | | | | | | | | | | | × | |
| ,, *stuarti* Vredenburg (fig. 18) | | | × | × | | | | | | | | | | |
| *Diplomeriza angsanana* (K. Martin) (fig. 17) | × | | | | | | | | | | | | | |
| ,, *junghuhni* (K. Martin) | | | | | | | | | × | | | | | |
| ,, *sp. 1* | | | × | | | | | | | | | | × | |
| *Clavatula subcalcarea* n.sp. (fig. 14) | | | | | | | | | | × | | | | |
| ,, *erbi* (Haanstra & Spiker) (fig. 15) | × | | × | | | × | | | × | | | | | |
| *Conus subcalcareus* n.sp. (fig. 27) | | | | | | | | | | × | | | | |
| ,, *sedanensis* K. Martin (fig. 28—29) | × | | × | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *ilirensis* n.sp. (fig. 30) | × | | × | | | × | | | × | | | | × | |
| ,, *brevis* (J. de C. Sowerby) | × | | × | × | × | | | | × | | | | × | |
| ,, *odengensis* (K. Martin) (fig. 34) | × | | × | × | | × | | | × | | | | | |
| ,, *palembangensis* n.sp. (fig. 33) | × | | × | × | × | | × | × | × | | | | | |
| ,, *vandijki* K. Martin | | | × | | | | | | | | | | | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | K | L | M | N | O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stad Palembang. | A. Limau. | A. Langkan, p. 0.-2. | A. Langkan p. 9, 9a. | A. Langkan, p. 34. | Sedjoe. | Soekapindah. | Limbangan. | A. Penoekal. | A. Koengkilan, Onder-Telisa. | A. Koengkilan-besar, p. 26, 27. A. Koengkilan-ketjil, p. 66, 63, 57. | A. Koengkilan-besar, p. 33. | A. Koengkilan, p. 25, 14a, 13. | Oelaklebar. |
| *Conus ngavianus* K. Martin | × | | × | × | × | × | | | × | | | | | |
| „ *hochstetteri* K. Martin | | | | | | | | | × | | | | | |
| „ *vantuijni* n.sp. (fig. 32) | × | | × | | × | | | | × | | | | | |
| „ *birmanicus* Vredenburg (fig. 35) | × | | × | | × | | | | × | | | | | |
| „ *jenkinsi* K. Martin | | | × | | | | | | × | | | | | |
| „ *insculptus* Kiener | | | × | | | | | | | | | | | |
| „ *vimineus* Reeve (fig. 31) | × | | × | × | × | | | | | | | | | |
| „ *hypermeces* Cossmann (fig. 36) | × | | | | | | | | | | | | | |
| *Arca* (*Navicula*) sp. | | | | | | | | | | × | | | | |
| „ *semitorta* Lamarck | × | × | × | × | × | × | × | | | × | | | | |
| „ *subcalcarea* n.sp. (fig. 38) | | | | | | | | | | × | | | | |
| „ (*Arca*) sp. | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Ostrea hyotis* (Linné) | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Pecten senatorius* (Gmelin) | × | | × | × | | | × | | | × | | | | |
| *Anomia achaeus* Gray | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Lucina sp.* | | | | | | | | | | × | | | | |
| *Phacoides subcalcareus* n.sp. (fig. 42) | | | | | | | | | | × | | | | |
| „ *tebatnapalensis* n.sp. (fig. 37) | | | | | | | | | | × | | | | |
| „ *sp. 1* | × | | × | × | × | × | × | | × | | | | × | |
| „ *sp. 2* | | | | | | × | | | | | × | | | |
| *Laevicardium kelirense* (K. Martin) | | | | | | | | | | × | | | | |
| „ *musperi* n.sp. (fig. 41) | × | | × | | | | | | × | | | | | |
| *Chione sp. 1* | × | | × | × | × | × | | | × | | | | | |
| „ *sp. 2* | × | | × | × | | × | × | | × | | | | × | |
| „ *sp. 3* | | | × | × | | × | | | | | | | | |
| „ *sp. 4* (fig. 33) | | | | | | × | × | | | | | | | |
| *Metis grimesi elongata* (Haanstra & Spiker) (fig. 40) | | | | | | | | | × | | × | × | | × |
| *Aloidis subrevoluta* (Wanner & Hahn) | | | × | | | | | | | × | | | | |

werden wel aangetroffen bij p. 34. De vindplaats p. 34 leverde 19 soorten, waarvan 17 gemeen met p. 0 — 2, de twee overige wel op p. 9 — 9a voorkomend, met welke localiteit in totaal 14 soorten gemeen zijn. Er is dus niet een bepaalde stratigrafische successie te constateeren van p. 0 — 2 via p. 9 — 9a maar p. 34. Alle vindplaatsen aan den A. Langkan kunnen daarom gevoeglijk worden samengevat. Tezamen leverden zij 43 soorten.

De vindplaats in de **stad Palembang** leverde 29 soorten. Met A. Langkan zijn 25 gemeenschappelijke soorten, of 86½%, wat, in verband met hetgeen van elders bekend is, als een uitzonderlijk groote overeenstemming moet worden aangemerkt [1]). De Onder-Palembanglagen van de stad Palembang en van A. Langkan kunnen daarom voor verdere vergelijkingen als één stratigrafisch geheel worden aangemerkt [2]).

**A. Penoekal**, op den middelsten plooibundel, heeft 24 soorten, waarvan 2 niet op Palembang of Langkan voorkomen. De overeenkomst met den noordelijken plooibundel is dus 91½%, die met Langkan en Palembang ieder voor zich 87½, resp. 75%.

1) Vergel.: Oostingh, Boemiajoe, p. 226.

2) Buiten beschouwing blijft hier de vindplaats aan den A. Limau, tusschen Palembang en Langkan in gelegen, van waar slechts één soort werd bepaald, n.l. *Arca semitorta*, die van de Onder-Telisa tot en met recent voorkomt en dus nietszeggend is, hoewel evenmin in strijd met de opvatting, dat hier typische Onder-Palembang voorkomt.

Er is dus een zeer groote mate van overeenstemming en de vindplaats A. Penoekal kan zeker met de beide anderen worden geparalleliseerd.

Wat de beide vindplaatsen aan den **Boekitbatoe.** Sedjoe en Soekapindah, betreft, dient eerst te worden nagegaan, of deze samengevat mogen worden. Sedjoe heeft 16 soorten, Soekapindah slechts 12, waarvan maar 7 gemeenschappelijke. Van de 9 soorten, die van de beide vindplaatsen alleen te Sedjoe voorkomen, zijn 8 van Palembang en (of) Langkan bekend. De 5 soorten, die niet te Sedjoe, maar wel te Soekapindah werden aangetroffen, komen alle in Palembang en (of) Langkan voor. De verschillen in de fauna's van Sedjoe en Soekapindah zijn dus toevallige en beide kunnen als fauna van Boekitbatoe worden vereenigd. Deze fauna telt 21 soorten, waarvan 17, of 81% te Palembang voorkomen en 18, of 85½% te Langkan, terwijl met Palembang-Langkan gezamenlijk 19 soorten gemeen zijn, of 90½%

Indien wij de details verwaarloozen, mag uit deze cijfers stellig worden geconcludeerd, dat op den Boekitbatoe een Onder-Palembangfauna voorkomt, in groote trekken overeenstemmend met die van de plooibundels van Palembang en Praboemoelih. Dit sluit evenwel niet uit, dat in verband met de uit geologische gegevens waarschijnlijke lagere ligging in het profiel, direct op den graniet, bij volledige kennis van de fauna kan blijken, dat Boekitbatoe meerdere soorten telt, die in Palembang en Langkan niet meer voorkomen. Voorloopig kunnen er twee genoemd worden, waarvan de afwezigheid in Palembang-Langkan waarschijnlijk niet toevallig is, n.l. *Chione sp. 4* (nergens elders gevonden, maar hier talrijk en op beide vindplaatsen) en *Phacoides sp. 2* (eveneens talrijk). Niet zonder belang is in dit verband, dat laatstgenoemde verder nog alleen werd aangetroffen in een diep gelegen niveau van de Onder-Palembanglagen aan den A. Koengkilan.

De vindplaatsen bij **Koengkilan** zijn over een profiel verdeeld, dat van de Onder-Palembanglagen tot onder de Batoeradjakalk reikt. De onder of tusschen de Batoeradjakalk gelegen vindplaatsen (A. Koengkilan-besar, p. 1, 2, 9, A. Koengkilan-ketjil, p. 99, ook genoemd resp. Lok. 1, 2, 3, en 9) zijn hier als O n d e r - T e l i s a samengevat. Hierin werden 21 soorten aangetroffen, waarvan geen enkele elders aan den Koengkilan voorkomt, zoodat dus deze Onder-Telisafauna scherp afgescheiden is van de rest der vindplaatsen, die min of meer bijeenhooren en alle gelegen zijn boven de als (Boven-) Telisa opgevatte mergels. Deze Telisamergels zijn rijk aan Globigerina's, maar practisch zonder mollusken. De vindplaatsen in het daarboven gelegen lagenpakket, dat als Onder-Palembanglagen werd aangeduid, zijn in de tabel tot drie groepen (L, M en N) vereenigd.

Groep L omvat de vindplaatsen in de onderste lagen, waar het uit zuren puimsteentuf afkomstige materiaal nog veelvuldig voorkomt, groep M (waarin slechts één vindplaats) correspondeert met de „zone van dungelaagde mergelkleisteen", groep N eindelijk omvat de daarboven gelegen lagen, waarin minder tuffogeen materiaal aanwezig is dan in L.

Groep L leverde 4 soorten, waarvan 3 ook voorkomen op M en (of) N, groep M heeft slechts 2 soorten, waarvan één ook op L en N voorkomt en de andere alleen op L. Onder de 10 soorten van groep N zijn alle van L en M vertegenwoordigd, met uitzondering van *Phacoides sp. 2* uit groep L, welke soort reeds bij de bespreking van den Boekitbatoe werd genoemd. Het lijkt dus aangewezen om M en N samen te vatten en groep L voorloopig afzonderlijk te houden.

Vergelijken wij nu met de Onder-Palembanglagen van Palembang-Langkan, dan blijkt de uit 11 soorten bestaande fauna van M + N daarmee 10 soorten gemeen te hebben. De resteerende (*Hastula calamaria*) werd op Sumatra alleen hier en slechts in één exemplaar aangetroffen, zoodat aan het ontbreken in Palembang-Langkan geen bijzondere beteekenis behoeft te worden toegekend. Er mag daarom worden geconcludeerd, dat de groep M + N een typische Onder-Palembangfauna bevat [3]). Daarentegen is het karakter van de fauna van groep L vermoedelijk iets anders. Hier komen wel is waar 3 gewone Onder-Palembangsoorten voor, maar daarnaast de verder alleen op den Boekitbatoe en daar talrijk aangetroffen *Phacoides sp. 2*. Het schijnt dus niet te gewaagd, de soorten van groep L tezamen met die van den Boekitbatoe als de fauna van de b a s a l e O n d e r - P a l e m b a n g l a g e n op te vatten.

**Oelaklebar** bij Lahat, waar als Onder-Palembang te boek staande donkergrijze kleimergels ontsloten zijn, leverde slechts één soort: *Metis grimesi elongata*, die zoowel in de typische als in de basale Onder-Palembang voorkomt en dus geen nauwkeuriger stratigrafische locatie toelaat.

De wegens hun ligging boven bruinkoollagen tot de Midden-Palembang gerekende vindplaatsen leverden tot nu toe nauwelijks eenig determineerbaar marien fossiel. Alleen van **Limbangan** aan de Moesi (Zuidvleugel van het Palembang-anticlinorium) is een enkele soort bepaald en wel *Conus palembangensis*, zoowel uit de typische als uit de basale Onder-Palembang bekend. Men kan hieruit hoogstens concludeeren, dat nog geen markante verschillen met de Onder-Palembangfauna ingetreden zijn.

Resumeerende kunnen wij drie fauna's onderden: de Onder-Telisafauna, die van de basale Onder-Palembanglagen en de typische Onder-Palembangfauna. Laatstgenoemde kon op alle drie anticlinoria worden vastgesteld. Een overzicht van deze fauna's geeft de tweede tabel, waarin als basale Onder-Palembang de kolommen F, G en L van de eerste tabel zijn samengevat, terwijl A, C-E, I, en M-N als typische Onder-Palembang zijn samengenomen.

---

3) Overeenkomst met Palembang-Langkan 91%, daarentegen met Boekitbatoe 54½%.

**Tabel II. Verdeeling der soorten over de drie fauna's van Palembang en voorkomen buiten Sumatra.**

| | Onder-Telisa | Basale Onder-Palembang | Typische Onder-Palembang | Micceen van Java: West-Progo | Micceen van Java: Rembang | Micceen van Java: Njalindoeng-Tjilanang | Micceen van Burma: Ouder dan Kama | Micceen van Burma: Kama | Voor-Indië: Nari | Voor-Indië: Gáj | Plioceen v. Java, Timor, Ceram en Obi | Overig voorkomen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Rissoina sp. 1* | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *sp. 2* | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *sp. 3* | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *langkanensis* | | | × | | | | | | | | | |
| *Turritella sundaica* | × | | | | R | | | | | | | |
| *Architectonica perspectiva* | | × | × | | | NT | | | | | P | Recent |
| ,, *palembangensis* | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *coniformis* | | | × | | | | M | | | | | |
| ,, *nitens* | | × | × | | | | M | | | | | |
| ,, *cf. marthae* | | × | × | | | | | | | | | |
| *Pseudomalaxis palembangensis* | | | × | | | | | | | | | |
| *Spirolaxis sp. 1* | | | × | | | | | | | | | |
| *Triphora subcalcarea* | × | | | | | | | | | | | |
| *Opalia sp. 1* | | × | × | | | | | | | | | |
| *Odostomia subcalcarea* | × | | | | | | | | | | | |
| *Strombus spinosus* | × | | | W | | NT | | | | | | |
| *Rostellaria sp.* | × | | | | | | | | | | | |
| *Rimella sokkohensis* | × | | | W | | | | | | | | |
| *Xancus palembangensis* | | | × | | | | | | | | | |
| *Lyria aff. jugosa* | × | | | | | | | | | | | |
| *Trigonostoma speciosum* | | | × | | | | | K | | | | |
| *Terebra cf. tjisadeana* | | | × | | | | | | | | | |
| ,, *langkanensis* | | | × | | | | | | | | | |
| ,, *palembangensis* | | | × | | | | | | | | | |
| ,, *sp. 1* | | | × | | | | | | | | | |
| ,, *cf. triseriata* | | | × | | | | | | | | | |
| ,, *sp. 2* | | | × | | | | | | | | | |
| ,, *intermedia* | | | × | | | | | K | | | | |
| *Hastula lepperi* | | | × | | | | | K | | | | |
| ,, *calamaria* | | | × | | | | | K | | | | |
| ,, *stuarti* | | | × | | | | | K | | | | |
| *Diplomeriza angsanana* | | | × | | | N | | | | | P | |
| ,, *junghuhni* | | | × | | | | | | | | | Fossiel van ,,Java''. |
| ,, *sp. 1* | | | × | | | | | | | | | |
| *Clavatula subcalcarea* | × | | | | | | | | | | | |
| ,, *erbi* | | × | × | | | | | | | | | |
| *Conus subcalcareus* | × | | | | | | | | | | | |
| ,, *sedanensis* | | | × | | R | | | K | | | | |
| ,, *ilirensis* | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *brevis* | | | × | | | N | | | | G | | |
| ,, *odengensis* | | × | × | | R | N | | ?K | | ?G | P | |
| ,, *palembangensis* | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *vandijki* | | | × | W | | | | | | | | |
| ,, *ngavianus* | | | × | | | | | | | | P | |
| ,, *hochstetteri* | | × | × | | | | | | | | P | |
| ,, *vantuijni* | | | × | | | T | | K | | | | |
| ,, *birmanicus* | | | × | | | | | | | | | |
| | | | × | | | | | ±K | | | | |

| | Onder-Telisa | Basale Onder-Palembang | Typische Onder-Palembang | Mioceen van Java: West-Progo | Mioceen van Java: Rembang | Mioceen van Java: Njalindoeng-Tjilanang | Mioceen van Burma: Ouder dan Kama | Mioceen van Burma: Kama | Voor-Indië: Nari | Voor-Indië: Gaj | Plioceen v. Java, Timor, Ceram en Obi | Overig voorkomen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Conus jenkinsi* | | | × | | | NT | | | | | | Plioceen Atjeh |
| ,, *insculptus* | | | × | | | | | | | | P | Recent, Jongmioceen Priangan |
| ,, *vimineus* | | | × | | | | | ?K | | | P | Recent |
| ,, *hypermeces* | | | × | | | | | | | | | Plioceen Karikal |
| *Arca (Navicula) sp.* | × | | | | | | | | | | | |
| ,, *semitorta* | × | × | × | | | | | | N | G | P | Recent |
| ,, *subcalcarea* | × | | | | | | | | | | | |
| ,, *(Arca) sp.* | × | | | | | | | | | | | |
| *Ostrea hyotis* | × | | | | | NT | | | | | P | Recent |
| *Pecten senatorius* | × | × | × | W | R | T | | | | G | P | Recent |
| *Anomia achaeus* | × | | | | | | | | | | P | Recent |
| *Lucina sp.* | × | | | | | | | | | | | |
| *Phacoides subcalcareus* | × | | | | | | | | | | | |
| ,, *tebatnapalensis* | × | | | | | | | | | | | |
| ,, *sp. 1* | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *sp. 2* | | × | | | | | | | | | | |
| *Laevicardium kelirense* | × | | | W | | | | | | | | |
| ,, *musperi* | | | × | | | | | | | | | |
| *Chione sp. 1* | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *sp. 2* | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *sp. 3* | | × | × | | | | | | | | | |
| ,, *sp. 4* | | × | | | | | | | | | | |
| *Metis grimesi elongata* | | × | × | | | N | | | | | | |
| *Aloidis subrevoluta* | × | | | | R | | | | | | | |

## Vergelijking van de drie fauna's van Palembang onderling (Tabel II).

Tabel II toont in een oogopslag de groote mate van overeenkomst tusschen de basale en de typische Onder-Palembangfauna en tevens ook het gebrek aan overeenstemming tusschen deze beide fauna's ieder voor zich of samengenomen en de Onder-Telisafauna. Opgemerkt dient hierbij, dat de basale Onder-Palembang zich in dit opzicht niet anders verhoudt dan de typische O.-P.[4]). De beide O.-P.-fauna's, die tezamen voorloopig 52 species opleverden, hebben er maar 2 gemeen met de Onder-Telisa (met 21 soorten). Dit zijn beide species, die van Onder-Telisa tot recent doorloopen. Een even groote verticale verspreiding hebben *Ostrea hyotis* en *Anomia achaeus*, zoodat het niet vinden van deze beiden in de O.-P. op rekening van de facies, of van het toeval, moet worden gesteld. Tellen wij deze twee nog bij de O.-P.-fauna op, dan verkrijgen wij een theoretische overeenkomst van de Onder-Telisa met de totale O.-P.-fauna van 4 soorten op de 21, of 19%.

Als mogelijke gidsfossielen voor Onder-Telisa komen het eerst die soorten in aanmerking, die in de O.-P. door verwante, maar duidelijk verschillende worden vervangen. Als zoodanig zijn voorloopig te noemen *Phacoides tebatnapalensis* en vooral *Laevicardium kelirense*.

Bij vergelijking van de basale met de typische O.P.-fauna valt op, dat de laatste veel rijker is, wat op rekening is te stellen van de talrijkere en vooral productievere vindplaatsen. Afgezien daarvan is de overeenkomst zóó groot, dat slechts de twee reeds eerder genoemde soorten (*Phacoides sp. 2* en *Chione sp. 4*) tot de basale O.-P. beperkt zijn. De overeenkomst met de typische O.-P.-fauna is dus 20 op de 22 soorten, of 91%. De beide genoemde species zijn vermoedelijk goede gidsfossielen voor de basale O.-P., aangezien zij hierin talrijk voorkomen en tot genera behooren, die ook in de typische O.-P. rijkelijk vertegenwoordigd zijn, zoodat hun afwezigheid daar niet toevallig lijkt.

4) O.-P. = Onder-Palembang.

## Vergelijking met fauna's buiten Sumatra en met de recente fauna (Tabel II).

Terwijl aan de door onderlinge vergelijking der fauna's verkregen resultaten vrij groote waarde moet worden toegekend, zijn de bij vergelijking met streken buiten Sumatra verkregen uitkomsten minder exact, daar hierbij in vele gevallen niet over materiaal ter directe comparatie kon worden beschikt. Hetzelfde bezwaar geldt ook voor de vergelijking met de recente fauna en voor hierbij eventueel te berekenen procentgetallen, daar een mogelijke identiteit met recente soorten in vele gevallen nog eerst in Europa dient te worden geverifieerd. In geval van twijfel is een identificatie steeds nagelaten, zoodat de overeenkomst zoowel met fossiele fauna's van elders als met de recente vermoedelijk grooter zal blijken dan de tabel aangeeft.

Onder de 21 soorten van de **Onder-Telisa** zijn er 9 ook van buiten Sumatra bekend. Van deze zijn 2 stratigrafisch volkomen indifferent, n.l. *Arca semitorta* (Nari tot recent) en *Pecten senatorius* (West-Progo tot recent). Twee andere recente soorten: *Ostrea hyotis* en *Anomia achaeus* vangen eerst in Njalindoeng, resp. in het Plioceen aan en zouden daarom ten gunste van een jongmiocenen ouderdom kunnen worden aangevoerd, maar daar het hier juist vertegenwoordigers van systematisch moeilijke en slecht bewerkte groepen betreft, zijn zij voor ons doel van weinig waarde. Van meer belang is, dat de 5 overige soorten juist in het oudere Mioceen van Java thuis hooren; slechts *Strombus spinosus* reikt naar boven nog tot Tjilanang, maar komt reeds in de West-Progolagen voor, daarentegen zijn *Rimella sokkohensis* en *Laevicardium kelirense* alleen van West-Progo bekend, *Turritella sundaica* en *Aloidis subrevoluta* alleen van Gegoenoeng in Rembang. De stratigrafische positie van laatstgenoemde vindplaats is niet geheel zeker, doch volgens W a n n e r [5]) is haar fauna het naast verwant aan die van Lodan en Sedan in Rembang. Alles pleit er dus voor, dat wij het equivalent van de Onder-Telisa op Java ongeveer in de West-Progolagen hebben te zoeken, eventueel ook in een gedeelte van het oudere Mioceen van Rembang.

Van de 52 species der **Onder-Palembang** fauna zijn 24 ook van elders bekend, waaronder één als fossiel van „Java" zonder nadere vindplaats. Van vaststaande vindplaatsen op Java zijn 13 soorten bekend, daarvan de meeste van Njalindoeng-Tjilanang. Met inbegrip van een enkele uit een ongeveer even oude afzetting in de Preanger, zijn van daar 9 soorten bekend. Daarnaast bestaat ook vrij groote verwantschap met de pliocene fauna's van Java, waarmee 7 species gemeen zijn. Onder de Javaansche fauna's bezit echter die van Njalindoeng-Tjilanang (inclusief Midden-Bodjongmanik in Bantam) stellig de grootste affiniteit, zoodat de betreffende afzettingen zeker niet belangrijk in ouderdom kunnen verschillen. Schijnbaar daarmee in strijd zijn twee soorten, die op Java alleen uit oudere lagen (West-Progo en Rembang) bekend zijn, maar daartegenover staan eveneens twee op Java niet eerder dan uit het Plioceen bekende.

5) Miocäne Moll. Rembang, p. 238.

Voor gidsfossielen van de Onder-Palembanglagen komen in aanmerking die soorten, welke op Java tot Njalindoeng-Tjilanang of daarmee synchrone afzettingen beperkt zijn. Na eliminatie van soorten, die elders een grootere verticale verspreiding schijnen te bezitten, blijven als vermoedelijke gidsfossielen *Conus brevis* en *Metis grimesi elongata*. Daarbij komt verder de nog niet volledig bewerkte en daarom niet in de tabel opgenomen *Siphocypraea* cf. *caput-viperae* (K. Mart.) als waarschijnlijk het best bruikbare gidsfossiel.

Voor vergelijking met het Tertiair van Burma geeft de Onder-Telisafauna geen aanleiding. Des te meer valt in de Onder-Palembang het vrij groote aantal species uit Burma op. Met de Kama-etage van daar zijn met zekerheid 7 soorten gemeen, voorts nog één met de ongeveer even oude fauna van Prome in Beneden-Burma. Verder zijn er nog 2 soorten, die wel is waar door V r e d e n b u r g [6]) uit de Kama worden vermeld, maar omtrent wier identiteit nog wel eenige twijfel gerechtvaardigd is. Twee andere species werden bij Thayetmyo in Beneden-Burma gevonden. Ofschoon de stratigrafische positie van de vindplaats niet absoluut vaststaat, komt hiervoor toch vrijwel alleen de zoogenaamde „Migyaungye Stage" in aanmerking [7]) (in de kolom Burma van onze tabel is bij deze soorten daarom M genoteerd). In de door S t a m p l.c. voorgestelde stratigrafie is deze „Migyaungye Stage" een lagencomplex tusschen de Kama-etage en de oudere Singu-etage in gelegen en met een mengfauna uit elementen van deze beide. Vermoedelijk hebben wij hier dus niet met een echte etage te maken. Voor de hoofdindeeling worden de lagen in questie door S t a m p met de Kama verbonden.

Resumeerende komen dus in de Onder-Palembang in totaal 10 à 12 soorten voor, die van Burma uit de Kama-etage of uit onmiddellijk daarmee samenhangende afzettingen bekend zijn, dat is dus bijna evenveel als de O.-P. in totaal met Java gemeen heeft en meer dan het aantal gemeenschappelijke soorten met Njalindoeng-Tjilanang. Deze groote overeenstemming is wellicht op rekening te stellen van een meer directe communicatie tusschen Palembang en Burma dan tusschen Oost-Sumatra en Java bestond. Niet onwaarschijnlijk zijn de mioceene afzettingen van Oost-Sumatra en Burma in eenzelfde langgerekte zee gevormd, die ter hoogte van de Lampongs naar het Zuiden was afgesloten en met de geosyncline van Java slechts langs een grooten omweg communicatie had.

De overeenkomst tusschen Onder-Palembang en Kama is voor ons aanleiding tot een gewijzigde interpretatie van de stratigrafie van Burma. De locale stratigrafie van dit gebied, die in den loop der jaren talrijke modificaties onderging, wordt voor het tegen-

6) Revis. N o e t l i n g's Tert. fauna of Burma, p. 284.

7) Vergel.: L. D u d l e y S t a m p, The conditions governing the occurrence of oil in Burma (Journ. Inst. Petroleum Technologists, XIII, 1927, p. 21 — 52), p. 48.

woordige vermoedelijk het best door Stamp (l.c.) weergegeven. Deze auteur rekent van de door hem onderscheiden etages de Kama met de daaronder gelegen Migyaungye tot het Mioceen, de naar beneden onmiddellijk daarop volgende Singu-etage, die met de Migyaungye talrijke soorten gemeen heeft, daarentegen reeds tot het Oligoceen. Wanneer nu de Kama synchroon is met de O.-P., kan de faunistisch verwante Migyaungye daarmee onmogelijk veel in ouderdom verschillen. Voor parallelisatie met de Boven- en Onder-Telisa blijft dus de Singu- en vermoedelijk ook de daaronder liggende en faunistisch er mee verbonden Padaung-etage over. Deze Padaung-etage is sterk transgredeerend, wat ook juist met de Onder-Telisa het geval is. Nu is de Onder-Telisa op grond van de foraminiferenfauna in het hoogere gedeelte van het Tertiair *e* van van der Vlerk geplaatst, zoodat er voorloopig geen reden is om aan te nemen, dat zij ouder dan Mioceen (Aquitanien) zou zijn. Hieruit volgt dan echter ook, dat de benedengrens van het Neogeen in het profiel van Burma zeer veel lager dient te worden gelegd.

In dit verband dient overwogen te worden, of ook de Nari van Noordwest Voor-Indië, die steeds als Oligoceen wordt opgevat, niet geheel of ten deele tot het Mioceen moet worden gerekend. Hier doet zich een analoog geval voor als met Burma, daar er eenige overeenkomst kon worden geconstateerd tusschen O.-P. en de boven de Nari gelegen Gáj, zoodat de Nari ongeveer met de Telisa zou kunnen correspondeeren.

Ten slotte rest nog de vergelijking met de *recente fauna*. De fauna's van Palembang vertoonen hiermede slechts geringe overeenkomst, maar deze kan bij voortgezet onderzoek grooter blijken. In de Onder-Telisa zijn 4 recente soorten gevonden, in de O.-P. 5. In percentages omgerekend (19, resp. 9½%) zouden deze getallen, indien men er veel waarde aan zou willen toekennen, tot geheel averechtsche conclusies moeten voeren.

## Verklaring der platen.

### Plaat I.

Fig. 1 *Rissoina (Phosinellina) langkanensis* n. sp.
Holotype van A. Langkan P. 34 Sj.
a) van voren en b) van beneden. — × 8.

Fig. 2 *Rissoina (Phosinella)* sp. 1.
Object 9 (Holotype) van Stad Palembang.
a) van voren en b) van beneden. — × 8.

Fig. 3 *Rissoina (Phosinella)* sp. 2.
Object 10 (Holotype) van Stad Palembang.
a) van voren en b) van beneden. — × 8.

Fig. 4 *Rissoina (Phosinella)* sp. 3.
Object 13 (Holotype) van Stad Palembang.
— × 8.

Fig. 5 *Odostomia subcalcarea* n. sp.
Holotype van A. Koengkilan-besar, P. 2. — × 8.

Fig. 6 *Pseudomalaxis palembangensis* n. sp.
Object 408 (Holotype) van Stad Palembang.
— × 8.

Fig. 7 *Spirolaxis* sp. 1.
Object 409 (Holotype) van A. Langkan P. 0 Sj.
a) van boven en b) van beneden. — × 8.

Fig. 8 *Architectonica nitens* (Noetling).
Object 221 van A. Langkan P. 9 Sj.
a) van boven en b) van beneden. — Nat. gr.

Fig. 9 *Architectonica palembangensis* Haanstra & Spiker).
Object 222 van A. Penoekal P. 269 Sk.
a) van boven en b) van beneden. — Nat. gr.

Fig. 10. *Architectonica perspectiva* (Linné).
Object 218 van Stad Palembang.
a) van boven en b) van beneden. — Nat. gr.

Fig. 11 *Architectonica coniformis* (Noetling).
Object 223 bis van A. Langkan P. 0 Sj. — × 2.

Fig. 12 *Triphora subcalcarea* n. sp.
Holotype van A. Koengkilan-besar P. 2. — × 8;
a) sculptuur × 16.

Fig. 13 *Xancus palembangensis* n. sp.
Object 57bis van Stad Palembang. — Nat. gr.

Fig. 14 *Clavatula (Surcula) subcalcarea* n. sp.
Holotype van A. Koengkilan-besar P. 2. Teekening. — × 2.

Fig. 15 *Clavatula (Perrona) erbi* (Haanstra & Spiker).
Object 256ter van Stad Palembang. — × 2.

Fig. 16 *Trigonostoma speciosum* Vredenburg.
Object 228 van A. Langkan P. 1 Sj. — × 4.

Fig. 17 *Diplomeriza angsanana* (Martin).
Object 195bis van Stad Palembang. — × 2.

Fig. 18 *Terebra (Hastula) stuarti* Vredenburg.
Object 213bis van A. Langkan P. 1 Sj. — × 4.

Fig. 19 *Terebra (Hastula) calamaria* Vredenburg.
Object 190 van A. Koengkilan P. 14 a. — × 3.

Fig. 20 *Terebra (Hastula) lepperi* Vredenburg.
Object 211 van A. Langkan P. 1 Sj. — × 4.

Fig. 21 *Terebra (Myurella) langkanensis* n. sp.
Object 175 (Holotype) van A. Langkan P. 1 Sj. — × 2.

Fig. 22 *Terebra (Myurella) palembangensis* n. sp.
Object 177bis van Stad Palembang. — × 2.

Fig. 23 *Terebra (Myurella) palembangensis* n. sp.
Object 177 (Holotype) van A. Langkan P. 1 Sj. — × 2.

Fig. 24 *Terebra (Myurella) intermedia* Vredenburg.
Object 281 van A. Langkan P. 9 Sj. — × 4.

Fig. 25 *Terebra (Myurella)* sp. 2.
Object 178 (Holotype; fragment) van A. Langkan P. 1 Sj. — × 3.

Fig. 26 *Terebra (Myurella)* cf. *tjisadeana* nom. nov.
a) object 241bis van A. Langkan P. 9a Sj. — × 2.
b) object 241 van A. Langkan P. 34 Sj. — × 2.

### Plaat II.

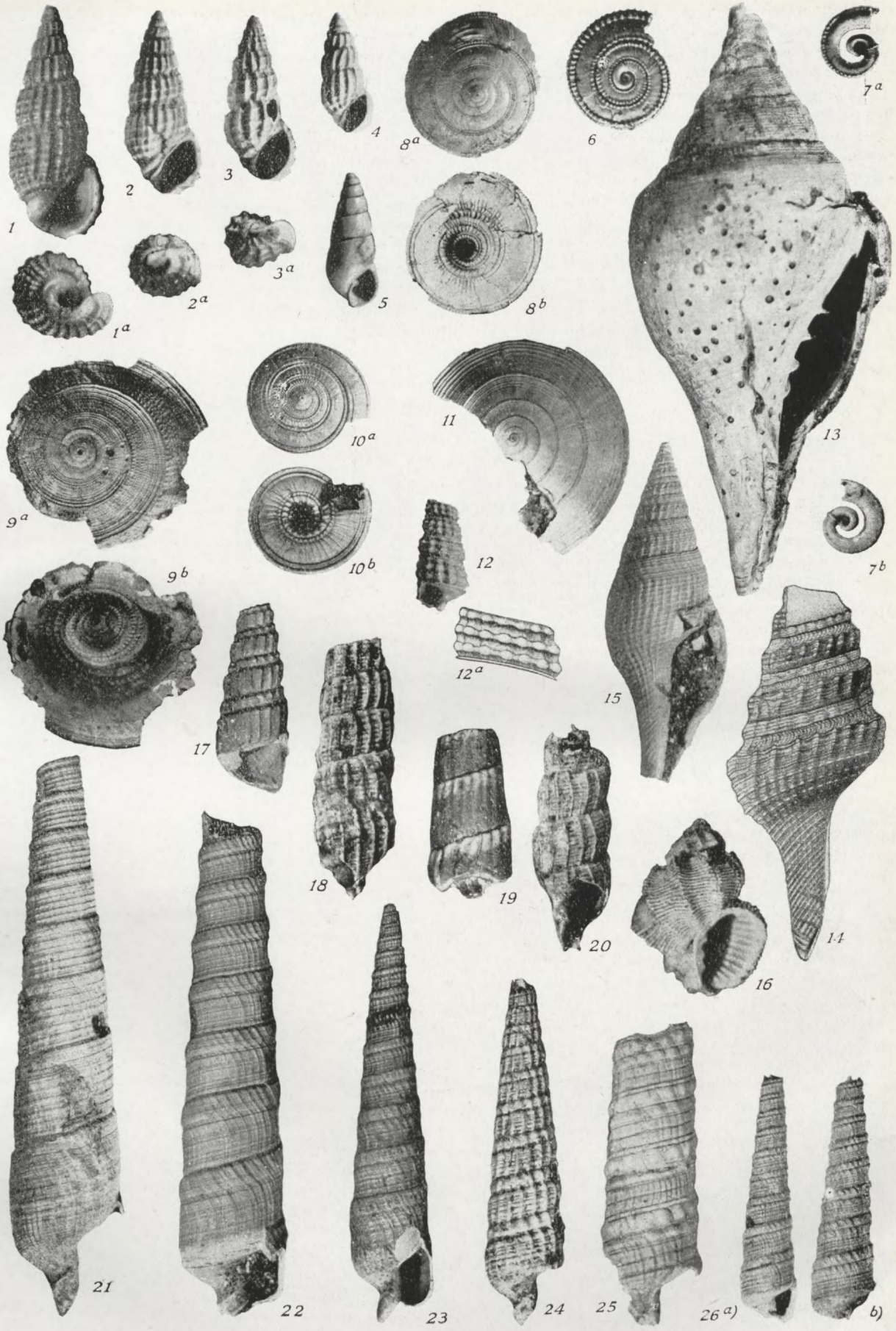
Fig. 27 *Conus subcalcareus* n. sp.
Holotype van A. Koengkilan-besar P. 2. — × 2.

Fig. 28 *Conus sedanensis* Martin.
Object 268bis van Stad Palembang.
a) van voren en b) van boven. — × 2.

Fig. 29 *Conus sedanensis* Martin.
Object 264 van Stad Palembang. — × 2.

Fig. 30 *Conus (Lithoconus) ilirensis* n. sp.
Object 227bis van Stad Palembang. — Nat. gr.
(Op een der photo's is deze naam door Dr. Oostingh (later?) veranderd in *C. pamotanensis* Martin).

Fig. 31 *Conus (Leptoconus) vinineus* Reeve.
Object 267 van Stad Palembang. — × 2.


1
1a
2
2a
3
3a
4
5
6
7a
7b
8a
8b
9a
9b
10a
10b
11
12
12a
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26a)
b)

27

28b

28a

29

30

31

36

32b

33b

34b

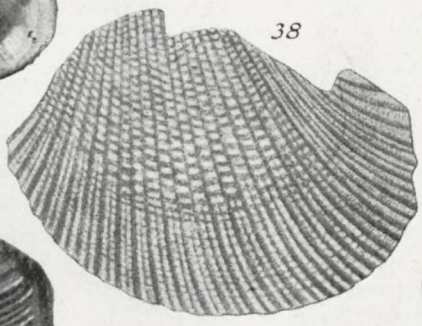
32a

33a

34a

35

37a


38

37b

39

41a

41b

40

42

Fig. 32 *Conus (Chelyconus) vantuijni* n. sp.
Object 273 (Holotype) van Stad Palembang.
a) van voren en b) van boven. — × 2.

Fig. 33 *Conus (Lithoconus) palembangensis* n. sp.
Object 285bis (Holotype) van Stad Palembang.
a) van voren en b) van boven. — × 2.

Fig. 34 *Conus (Lithoconus) odengensis* (Martin).
Object 276 van Stad Palembang. — × 2.

Fig. 35 *Conus (Chelyconus) birmanicus* Vredenburg.
Object 282 bis van Stad Palembang. — × 2.

Fig. 36 *Conus (Leptoconus) hypermeces* Cossmann.
Object 266 van Stad Palembang. — × 2.

Fig. 37 *Phacoides (Bellucina) tebatnapalensis* n. sp.
Holotype van A. Koengkilan-besar P. 9.
a) van binnen en b) van buiten. — × 8.

Fig. 38 *Arca (Arca) subcalcarea* n. sp.
Holotype van A. Koengkilan-besar P. 9. Teekening. — × 2.

Fig. 39 *Chione* sp. 4.
Object 451ter van Soekapindah. — × 8.

Fig. 40 *Metis grimesi elongata* (Haanstra & Spiker).
Object 155 van A. Penoekal P. 269 Sk. — Nat. gr.

Fig. 41 *Laevicardium (Discors) musperi* n. sp.
Object 65ter (Holotype) van A. Penoekal P. 269 Sk. a) van terzijde en b) van boven. — Nat. gr.

Fig. 42 *Phacoides (Lucinoma) subcalcareus* n. sp.
(Holotype?) van A. Koengkilan-besar P. 2. — × 2.

## UIT DE LITERATUUR.

*Engineering & Mining Journal* van Juli beschrijft eenige bijzonderheden, die bij de constructie van den Shasta-dam in Californië worden toegepast. Het voor dit bouwwerk benoodigde zand en grind wordt gebaggerd uit de Sacramento rivier en, aangezien deze goudhoudend is, laat men het gebaggerde materiaal eerst een goudwinningsinstallatie doorloopen.

De grond wordt gegraven met behulp van twee Bucyrus-Erie Monaghan draglines met een boom van resp. 175 en 140 voet en een grijperinhoud van 10 en 8 cu. yd. Het materiaal wordt door een serie transportbanden van 42″ naar een breker vervoerd, waar het grove tot 6½″ verkleind wordt. Van daar gaat het naar de goudwinningsinstallatie, welke bestaat uit Allis Chalmers 8′ x 11′ schrootmolens, waarvan de overloop in 8 tweecellige Pan-American primaire jigs wordt behandeld. Het hutchproduct hiervan wordt verder geconcentreerd in twee Pan-American pulsator-jigs en het verkregen concentraat in een roteerende amalgamator verwerkt. Het zand wordt in de wasscherij hydraulisch naar korrelgrootte in drie producten gescheiden, welke in bepaalde verhouding met grover materiaal worden gemengd en vervolgens op een band naar de damplaats getransporteerd.

De transportband is thans de langste ter wereld en deze methode van vervoer werd verkozen niettegenstaande een spoorweg ter beschikking stond. De totale lengte bedraagt ruim 15 km en bestaat uit 26 afzonderlijke deelen, varieerend van 300 tot 1 000 m lengte hart op hart. De gebruikte band heeft een breedte van 36″, met zesvoudige inlagen, 3/16″ rubberlaag boven en 1/16″ aan den onderkant; hij is geleverd door de Goodyear Tire & Rubber Co.

De band wordt gedragen door 16 000 stel rollen, voorzien van totaal 83 000 rollagers. Voor de eerste smering hiervan was 15 ton vet noodig. De baan begint 497′ boven zee, stijgt tot 1 350′ en daalt vervolgens weer tot 625′.

General Electric motoren leveren de benoodigde 4 200 pk; elke sector is voorzien van een 200 pk motor. Deze zijn onderling zoodanig verbonden, dat bij stagnatie van een band automatisch de overige banden tot aan de laadplaats worden gestopt.

In het bergafwaartsche gedeelte worden 460 pk gegenereerd en in de leiding teruggevoerd. Indien de stroom uitvalt, terwijl de afwaartsche sectoren geladen zijn, wordt automatisch een rem ingeschakeld die den band doet stoppen.

Bij elke overlaadplaats zijn stalen stortinrichtingen aanwezig. Verder zijn verschillende inrichtingen aangebracht om te verhinderen dat de leege band buiten de trogvormige draagrollen komt te vallen.

De snelheid van den band bedraagt 550 per minuut, waarmede 1 100 ton per uur worden vervoerd of 22 000 ton per dag van 20 uren.

*

*Engineering & Mining Journal* van Augustus is geheel gewijd aan mijnontginningen op kleine schaal en bevat zoowel algemeene beschouwingen als beschrijvingen van bepaalde bedrijven. Naast ondergrondsche mijnen en bijbehoorende verwerkingsinstallaties, worden ook baggerontginningen en hydraulische winningsmethoden behandeld en één der artikelen geeft een overzicht van het smeltbedrijf van goudhoudende koper- en loodconcentraten te Mambulao op Luzon (Philippijnen).

*

*Mining Journal* van 17 Augustus meldt, dat de tinproducenten van Malakka, onder meer bij monde van den heer E. V. Pearce, opkomen tegen de heffing van de overwinstbelasting (excess profits tax), die zij moeten opbrengen als gevolg van het opvoeren der productie tot het vastgestelde quotum van 130% ten behoeve van de voorraadvorming in de Vereenigde Staten.

Mr. Pearce legde nadruk op het overduidelijke feit, dat de mijnindustrie — en in het bijzonder de tinmijnbouw, waarvan de bekende reserves beperkt zijn — in een bijzondere positie verkeert, daar haar bezit een „wasting asset" is. Als gevolg hiervan zou van hare aandeelhouders verlangd worden — als eenigen onder alle belastingbetalers — zich te onderwerpen aan wat in feite een kapitaalsheffing beteekent.

De Tin Producers Association heeft ook niet stil gezeten en toonde aan, hoe de levensduur van de doorsnee onderneming zou worden verkort, zonder eenige renumeratie, indien het quotum van 130% wordt geproduceerd, inplaats van te werken op een niveau, waarbij een winst wordt gemaakt gelijk aan het „standaard" bedrag, dat door den fiscus is vrijgesteld van de extra heffing.

Eenige tegemoetkoming werd reeds verkregen door een amendement van de Finance Bill, waarbij een onderneming, die mineralen of olie uit den grond haalt of

dergelijke natuurlijke bronnen van een afloopend karakter ontgint, een extra percentage van 4% boven het vastgestelde maximum wordt toegestaan. Deze tegemoetkoming was welkom, maar wordt als onvoldoende beschouwd voor tinmijnbouw en soortgelijke objecten met een korten levensduur.

Een nader amendement om hieraan tegemoet te komen — betreffende onderneming met minder dan 25 levensjaren — werd ingediend, doch later weer ingetrokken.

In hetzelfde nummer komt een artikel voor over pyrrhotien als aanrijkende factor in de Randertsen. De conclusie luidt dat pyrrhotien veel meer verbreid is in het Afrikaansche gouderts, dan tot dusver werd vermoed en dat het als regel naar verhouding grootere hoeveelheden goud bevat dan pyriet.

*

*Mining & Metallurgy* van October. In het vorig nummer werd van de belangrijkste twee strategische metalen tin behandeld; thans is mangaan aan de beurt.

In tegenstelling met tin, zijn van mangaan wel vele afzettingen bekend, zij het dan van een laag gehalte, varieerend van 5 tot 35% mangaan. Het metaal is voornamelijk van belang voor de staalindustrie, welke ongeveer 14 lbs mangaan gebruikt per ton staal. Mangaan geeft verschillende zeer gewenschte eigenschappen aan het staal, zonder dat dit bros wordt. Een typisch gebruik ervan in den mijnbouw is voor de machinedeelen, die graven en breken (baggeremmers, kaakbrekers, kogelmolens etc.). Voor de meeste staalsoorten zou mangaan eventueel kunnen worden vervangen door andere elementen als chroom, nikkel, vanadium, molybdeen of wolfram, maar mangaan heeft nog een andere functie in de staalbereiding, n.l. voor het deoxydeeren en desulfureeren, voor welk doel tot heden nog niets gevonden is, dat ervoor in de plaats zou kunnen treden.

De eenvoudigste en de beste wijze om mangaan in de staalovens toe te voegen is in den vorm van ferromangaan, dat 80% Mn bevat. Om dit te bereiden is erts van meer dan 40% Mn gewenscht en het gehalte aan ijzer, kiezelzuur en fosfor moet laag zijn.

Spiegelijzer bevat 18 — 22% Mn en kan uit ertsen van een lager gehalte bereid worden. Op zijn best is het evenwel een onbevredigende vervanger voor ferromangaan bij den tegenwoordigen stand der staalindustrie.

Sinds 1935 is de binnenlandsch (U.S.A.) productie van mangaan ten behoeve der staalfabricage 4 tot 6% van de totale behoefte. De oorzaak van dit lage cijfer is gelegen in de omstandigheid, dat de meeste producenten niet kunnen concurreeren met het buitenland, dat ertsen van 48 — 55% Mn levert. In den vorigen oorlog steeg de prijs tot boven $ 60,— per ton, gedeeltelijk door gebrek aan scheepsruimte, waardoor in 1917 ongeveer 35% van de behoefte uit binnenlandsche productie werd betrokken. Meer dan 20 jaren hebben de Amerikaansche mangaan-mijneigenaren geijverd voor hoogere beschermende rechten, waartegen uiteraard de staalmaatschappijen zich verzetten. De voorstanders klaagden, dat een jonge en ploeterende industrie geworgd werd door de hebzuchtige en plutocratische staalfabrikanten. Zij betoogden, dat een passende bescherming zou resulteeren in een bloeiende industrie, die werk zou geven aan duizenden arbeiders. De tegenstanders meenden, dat geen redelijk invoerrecht hoog genoeg zou zijn om een behoorlijke binnenlandsche productie te stimuleeren; dat men daarom toch aangewezen zou blijven op buitenlandschen invoer; dat de eeuwig gedupeerde consument genoodzaakt zou worden om 10 à 15 cents per ton meer te betalen voor zijn staalproducten en dat alleen de schatkist er wel bij zou varen.

In 1922 was er een invoerrecht van 1 cent per lb. mangaan in het erts; dit stimuleerde de productie eenigszins, maar niet veel, deze bleef onder de 10%. In 1935 werd als gevolg van een handelsovereenkomst met Brazilië het recht verlaagd tot $\frac{1}{2}$ cent per lb. Amerika betrok mangaan voor de staalindustrie voornamelijk uit Rusland, Brazilië, Goudkust, Britsch-Indië en Cuba.

De behoefte per jaar bij een productie van 60 000 000 ton staal bedraagt, met inbegrip van de smeltverliezen, rond 1 000 000 ton erts van 48% Mn gehalte.

De invoer uit Brazilië wordt beheerscht door de transportcapaciteit der spoorwegen; bij verbetering hiervan zou de productie belangrijk kunnen worden verhoogd. Cuba levert een 50% concentraat, hoofdzakelijk verkregen uit ertsen van laag gehalte, door schuimflotatie gevolgd door sintering. Op den invoer uit Cuba worden geen rechten geheven.

In de Vereenigde Staten zal de Anaconda Copper Mining Co. een bedrag van $ 1 000 000 besteden voor de hervatting van de productie van rhodochrosiet-erts in haar mijnen te Butte. De installatie zal een jaarlijksche capaciteit hebben van 100 000 ton door flotatie en noduleeren verkregen product met 58% mangaan, dat door de staalfabrikanten als vrijwel ideaal wordt beschouwd, zoowel wat vorm als gehalte betreft. De Anaconda heeft reeds een driejarig contract met de Metals Reserve Company voor de levering van 80 000 ton per jaar, waarbij voor de superieure qualiteit een kleine premie wordt betaald.

Onder de auspiciën van de Council for National Defence is een commissie ingesteld voor het onderzoek naar methoden voor de bereiding van ferromangaan uit laagwaardige ertsen. Het meest voor de hand liggen hierbij concentratieprocessen. Een bezwaar is echter gelegen in de omstandigheid, dat de vele ertsvindplaatsen relatief klein zijn, waardoor groote kapitaalsinvestaties niet gerechtvaardigd worden. Als suggestie is naar voren gebracht om een centrale inrichting door het gouvernement te laten opzetten, waar de ertsen van verscheidene ontginningen kunnen worden verwerkt.

Door experimenten werd reeds uitgewezen, dat het mogelijk is door uitlooging en herprecipitatie een product te bereiden, dat geschikt is voor de ferromangaanfabricage.

Het Bureau of Mines heeft op kleine schaal metallisch mangaan vervaardigd door looging gevolgd door electrolytische afscheiding. Dit product werd met succes gebezigd als vervanger van ferromangaan.

Natuurlijk is de allesbeheerschende factor de kostprijs; indien de ertsverwerkers en metallurgen niet op kosten behoeven te letten, kunnen zij vrijwel alles bereiken.

De situatie kan als volgt geschetst worden.

1e. De huidige voorraad aan ferromangaan is voldoende voor een gebruik van 18 maanden.

2e. Verschepingen in de eerste helft van 1940 waren hooger dan de behoefte en belangrijke hoeveelheden zullen nog arriveeren.

3e. Honderden relatief kleine afzettingen kunnen acceptabel erts leveren, als de prijs door subsidie of anderszins hoog genoeg wordt gebracht om ontginning aanlokkelijk te maken.

4e. Concentratie en noduleering zijn met succes ontwikkeld en kunnen mogelijk worden toegepast op enkele der meer uitgestrekte afzettingen van laagwaardige ertsen. Hiervoor is waarschijnlijk zoowel een hooge prijs als financieele steun van de Regeering van essentieel belang.

5e. Van de laagwaardige ertsen kan gebruik gemaakt worden voor de bereiding van ferromangaan van laag gehalte dan wel spiegelijzer. Mocht het noodig blijken, dan zullen de metallurgen de problemen wel oplossen, die het gebruik ervan met zich meebrengt, al zouden mogelijk de productiekosten van het staal eenigszins stijgen.

6e. Intusschen zal de Metals Reserve Company goed doen den raad op te volgen, die de mijningenieurs reeds jaren geleden gaven, door de hand te leggen op al het goede erts, dat dit jaar beschikbaar komt.

Ir. A. van Hoek.

## ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

### Mijnbouw Maatschappij „Simau".

Gedurende de maand December 1940 werden:

7 578 tons erts vermalen van { 8,1 dwts goud per t en gemiddeld { 107,— „ zilver per t.

2 795 „ sands,
4 600 „ slimes en
306 „ concentraten behandeld.

Geëxtraheerd werden totaal:
ca 2 919 ozs goud en ca 33 386 ozs zilver ter gezamenlijke waarde van ca *f* 198 000,—.

De bedrijfskosten over December bedroegen ca *f* 113 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven ca *f* 1 000,— en voor het prospecteeren ca *f* 2 000,—.

*

Gedurende de maand Januari 1941 werden:

7 779 tons erts verwerkt van { 8,3 dwts goud per ton en gemiddeld { 113,— „ zilver „ „

Geëxtraheerd werden:
totaal ca 2 945 ozs goud en ca 34 672 ozs zilver, ter gezamenlijke waarde van ca *f* 200 000,—.

De bedrijfskosten over Januari jl. bedroegen ca *f* 105 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven ca *f* 5 000,— en voor prospecteeren ca *f* 1 000,—.

*

Bovenstaande taxaties zijn gebaseerd op een prijs van *f* 61,— per oz voor het goud en *f* 0,60 per oz voor het zilver.

### Mijnbouw Maatschappij „Zuid Bantam".

Gedurende de maand Januari 1941 werden:

6 086 tons erts verwerkt van { 9,6 gram goud per ton. gemiddeld { 597,— „ zilver „ „

Geëxtraheerd werden:

totaal ca 52 965 g goud en ca 3 029 053 g zilver ter gezamenlijke waarde van ca *f* 161 000,—.

Bovenstaande taxatie is gebaseerd op een prijs van *f* 1 950,— per kg voor het goud en *f* 19,— per kg voor het zilver.

De bedrijfskosten over Januari j.l. bedroegen ca *f* 90 684,51, terwijl voor montage werd uitgegeven ca *f* 2 671,42 en ten laste van het 5a-vergunningsterrein ca *f* 569,88.

*

Gedurende de periode van 2-2-1941 t/m 8-2-1941 werden 1 375 tons erts verwerkt van gemiddeld 11,— gram goud en 700,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 16-2-1941 t/m 22-2-1941 werden 1 250 tons erts verwerkt van gemiddeld 12,— gram goud en 750,— gram zilver per ton.

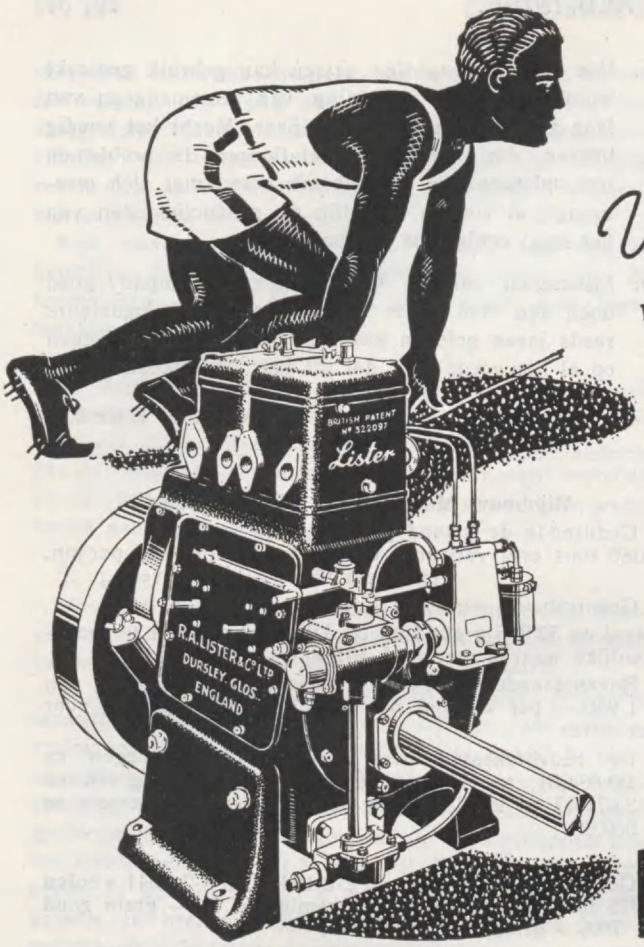
Gedurende de periode van 16-2-1941 t/m 22-2-141 werden 1 250 tons erts verwerkt van gemiddeld 10,5 gram goud en 560,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 23-2-1941 t/m 1-3-1941 werden 1 470 tons erts verwerkt van gemiddeld 10,6 gram goud en 700,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 2-3-1941 t/m 8-3-1941, werden 1 500 tons erts verwerkt van gemiddeld 12,— gram goud en 700,— gram zilver per ton.

## PERSONALIA.

Dr. P. H. Sevensma, particulier, is tijd. belast met de betrekking van geoloog 2de kl. bij den Dienst van den Mijnbouw.




# *Vlot en feilloos starten!*

Het geheim van het succes van de Lister-dieselmotoren ligt afgescheiden van de voortreffelijkheid van uitvoering en constructie, in de gepatenteerde verbrandingskamer met klep voor verandering van de compressie-verhouding, waardoor de Lister-motor, even gemakkelijk als een benzine-motor van gelijk vermogen, met de hand in kouden toestand kan worden aangezet zonder eenige voorverwarming of ander hulpmiddel, zooals lont, gloeispiraal e.d. Inderdaad ze starten vlot en feilloos, de

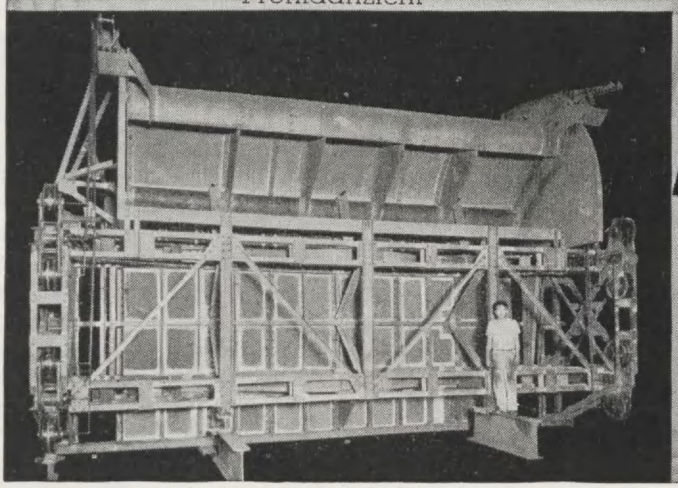
**Lister DIESEL-MOTOREN**

**LINDETEVES-STOKVIS**

---

Door ons vervaardigde rolschuif voor de Watervang „Argogoeroeh", welke in October 1938 door Z. E. den Gouverneur Generaal bij zijn bezoek aan Sumatra werd bezichtigd.

Frontaanzicht



zijaanzicht

**N.V. DE NED.-IND. INDUSTRIE**

Machinefabriek en Constructiewerkplaats — Soerabaia

8e JAARGANG
NUMMER 3

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

MAART
1941

V. VERKEERSWEZEN.

INHOUD: Grond-stabilisatie beschouwd uit physisch-chemisch standpunt, door ir. L. Meulemans.

# Grond-stabilisatie beschouwd uit physisch-chemisch standpunt

door

ir. L. MEULEMANS,

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

## II. BODEMVORMING EN GRONDTYPEN.

Alvorens nader in te gaan op de hier gestelde stabilisatie-problemen, lijkt het mij doelmatig om de belangrijkste vormingswijzen van den Indischen bodem, de voornaamste grondtypen en eenige hunner kenmerkende eigenschappen, welke in het bijzonder bij de te behandelen onderwerpen ter sprake zullen komen, vooraf in beschouwing te nemen.

In dit verband zullen achtereenvolgens besproken worden:

1. *Verweering en bodemvorming.*
2. *Textuur en physische eigenschappen van den grond.*
3. *De kleifraties en kleimineralen.*
4. *De voor stabilisatie belangrijkste grondtypen.*

*Corpora non agunt, nisi fluida.*

### 1. Verweering en bodemvorming.

De bodem of grond in het algemeen is het product van de inwerking van verschillende sloopende natuurkrachten op de gesteenten. Onder den invloed dezer krachten, welke zoowel physisch (of mechanisch) als chemisch van aard kunnen zijn, gaat de vaste aardkorst in een min of meer losse massa over; zij valt uitéén of wordt ontbonden en opgelost of, om in deskundige taal te spreken, zij *verweert*.

Er is welhaast geen proces, dat zoo algemeen is en dat zich in zoo groote verscheidenheid van vorm afspeelt als de verweering. Zij heeft haar voornaamste medewerksters in de hydrosfeer en de atmosfeer, die de verantwoordelijkheid dragen voor alle groote en voortdurende veranderingen aan de oppervlakte der aarde. De energie, noodig voor het verrichten van elken arbeid, ontleent zij aan de zon, die ook den kringloop van het water bestendigt.

Aard en intensiteit der verweering zijn in hooge mate afhankelijk van het klimaat. Verschillen in temperatuur, luchtdruk en regenval, welke factoren gezamenlijk in het klimaats-begrip zijn vervat, veroorzaken zeer groote variaties in verweeringswijze. Terwijl bijv. extreme temperatuurwisselingen in ariede gebieden aanleiding kunnen geven tot desintegratie door zuiver mechanische krachten, bevorderen warmte en overvloed van water de ontbindende werkzaamheid der chemische processen.

In dit verband is het dan ook te begrijpen, waarom in Ned.-Indië de verweering hoofdzakelijk een decompositief karakter draagt. De gelijkmatig hooge temperatuur en de over het algemeen belangrijke hoeveelheid neerslag maken, dat hier te lande chemische omzettingen zelfs op snelle en intensieve wijze plaats zullen hebben.

Tot de eenvoudigste chemische verweerings-verschijnselen behoort de oplossing van kalksteen door het op den bodem vallende en daarin doordringende regenwater, dat daarbij gesteund wordt door het uit de lucht opgenomen koolzuur. Het in zuiver water nagenoeg onoplosbare normale carbonaat gaat onder invloed van het koolzuurhoudende water in het veel meer oplosbare zure carbonaat over volgens de vergelijking:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2$$

Als gevolg dezer chemische omzetting wordt kalksteen overal sterk aangetast en uitgeloogd. De omkeerbaarheid der reactie maakt echter, dat op plaatsen, waar de omstandigheden daarvoor gunstig zijn, het normale carbonaat weder als calciet wordt afgezet (bijv. druipsteen-vormingen).

Terwijl bij andere gesteenten de chemische verweering tot aard-achtige mineralen over verschillende tusschenstadia plaats heeft, is dit bij kalksteen niet het geval: er is een onmiddellijke overgang van vast gesteente tot opgelost carbonaat. Wat de kalksteen aan bijmengselen bevat als bijv. ijzerhoudende vulkanische asch en kwarts-zand, ondergaat òf de geleidelijke omzetting tot het achterblijvende verweeringslaagje, òf wordt in onveranderden toestand daarin teruggevonden.

Van veel grooter belang is echter de meer ingewikkelde aantasting van silicaten, daar deze het grootste gedeelte van de vaste aardkorst uitmaken.

Hieronder nemen de z.g. *veldspaten* wel een zeer belangrijke plaats in; zij maken steeds voor een grooter of kleiner percentage deel uit van de tot de bodemvorming in den Indischen Archipel krachtig bijdragende stollingsgesteenten als lipariet, andesiet, basalt, enz. De indeeling dezer gesteenten berust dan ook ten deele op de daarin voorkomende veldspaatsoorten.

Veldspaat is een groepsnaam voor een aantal nauw verwante silicaten, waarvan de voornaamste representanten zijn: kali-veldspaat (orthoklaas-sanidien) en de plagioklasen: natron-veldspaat (albiet), kalkveldspaat (anorthiet) en hunne mengkristallen. Naarmate in deze laatste albiet dan wel amorthiet de overhand heeft, heet de plagioklaas zuur resp. basisch.

Bij de decompositie dezer veldspaten vervult het water geenszins alleen de rol van indifferent oplosmiddel der eigenlijke verweerings-agentia. Inderdaad was men aanvankelijk de meening toegedaan, dat het uitsluitend de in het water opgeloste zuren als: koolzuur, salpeterzuur (uit de atmosfeer), zwavelzuur (uit zwavel-verbindingen der gesteenten) en de organische (humus-)zuren waren, die de chemische verweering veroorzaakten; latere onderzoekingen ter zake hebben echter uitgewezen, dat ook water alleen reeds in staat is om tal van mineralen aan te tasten. Deze belangrijke eigenschap dankt het water aan zijn hydrolytische dissociatie, welke bij stijgende temperatuur vrij snel toeneemt. Zij is bij 30° C ongeveer 2 malen zoo groot als bij 15° C en alleen daarom al zal in de tropen, — indien er voldoende regen valt — het begin der verweering ook dubbel zoo snel verloopen als in de gematigde streken.

Door H i s s i n k is een algemeene voorstelling gegeven voor de ontledende werking van koolzuurhoudend water op de alkali-veldspaten.

$$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6\,SiO_2 + m\,HOH + n\,CO_2 \rightarrow a\,K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot b\,SiO_2 \cdot c\,H_2O + x\,K_2CO_3(KHCO_3) + y\,SiO_2 \cdot z\,H_2O.$$

Hierin is $a < 1$ en $b < 6$; beide nemen af, naarmate de verweering voortschrijdt; $c$ wisselt met den vochtigheids-toestand.

De alkali-metalen worden derhalve als carbonaat of bi-carbonaat uitgewasschen. Indien de concentratie van het koolzuur zoodanig is, dat daardoor de $p_H$ van de oplossing niet beneden $5\frac{1}{2}$ komt, heeft er ook een merkbare uitlooging van kiezelzuur plaats, hetzij als ongedissocieerde moleculen (sol-vorm), hetzij als ionen.

Bij een goed doorlatenden bodem en een continue, benedenwaarts gerichte waterbeweging, waardoor dus een regelmatige afvoer van alle opgeloste stoffen naar lager gelegen regionen verzekerd is, leidt dit proces tot een eindproduct, waarin $a = 0$, $b = 2$ en $c = 2$. Er ontstaat derhalve: $Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2 \cdot 2\,H_2O$ of *kaolien*, min of meer verontreinigd met eventueel onopgelost gebleven kiezelzuur. Op den langen duur kristalliseert het in het zure milieu achtergebleven kaolien tot grootere schilfertjes of plaatjes van *kaoliniet;* het kiezelzuur tot *chalcedoon* (en kwarts).

Het spreekt vanzelf, dat bij de verweering van stollingsgesteenten, welke behalve de alkali-veldspaten steeds ook nog verschillende andere mineralen bevatten, de eindproducten uit meerdere verbindingen dan uitsluitend kaolien en kiezelzuur zullen bestaan. Zoo kan in een volkomen seniel geworden andesietisch efflaat, onder bepaalde omstandigheden, aluinaarde of gehydrateerd aluminium-oxyde, — geheel of ten deele gekristalliseerd als *hydrargilliet* ($Al_2O_3 \cdot 3\,H_2O$) —, worden aangetroffen.

Ten aanzien van het ontstaan dezer verbinding heeft men langen tijd gemeend, dit te moeten toeschrijven aan een verdere afbraak van het aanvankelijk gevormde kaolien door het koolzuur-houdende water. Deze hypothese is echter nog nimmer door eenig onderzoek ter zake bevestigd of ook maar eenigszins waarschijnlijk gemaakt. Integendeel, het schijnt hoe langer hoe meer, dat kaolien een zekere bestendigheid in de verweering vertoont. Daarnaast bestaan er thans aanwijzingen, dat aluinaarde ontstaan moet zijn uit de veel minder bestendig gebleken *kalk*-veldspaat of anorthiet. Door verder onderzoek zal echter deze, heden tot op zekere hoogte nog hypothetisch op te vatten uitspraak, nader moeten worden geverifieerd.

Het in het oorspronkelijke gesteente steeds aanwezige ijzer wordt door het koolzuur-houdende water primair in ferro-carbonaat omgezet. Als 2-waardig Fe-ion is het echter zeer gevoelig voor oxydatie en gaat, bij aanwezigheid van voldoende zuurstof in den ferri-vorm over. Door hydrolyse slaat dan uiteindelijk het bruin gekleurde *ferri-hydroxyde* neer, dat in het verweerings-restant achterblijft. Door voortdurende insolatie en andere daarvoor gunstige omstandigheden kan het hydraat onder geleidelijk verlies van al zijn gebonden water op den duur in rood *ferri-oxyde* overgaan. De gele, bruine en roode kleuren, die op een groot deel van den Archipel in de gronden optreden, worden dan ook veroorzaakt door een wisselend gehalte aan ferri-hydroxyde en ferri-oxyde.

Dit proces, waarbij dus bovengenoemde kleurenschaal van geel over bruin naar rood eenigermate kan dienen als indicatie voor het stadium, waartoe de verweering voortgeschreden is, heet *laterietisatie*. Gronden, welke bezig zijn te laterietiseeren, doch het eind-stadium nog niet hebben bereikt, worden door M o h r *lixivia* (enkelv. = *lixivium*) genoemd; zij zijn typeerend voor de tropen en de daar heerschende verweerings-omstandigheden. De *lateriet* zelve is het eindproduct, dat dus niet meer aan verdere ontleding door water en daarin opgeloste atmosferiliën onderhevig is. Volgens bovenstaande uiteenzetting kan zij o.m. bestaan uit: kaoliniet (en aanverwante „klei"-mineralen), hydrargilliet en ferri-oxyde in wisselende verhoudingen, in meerdere of mindere mate verontreinigd met onverweerbare mineralen als kwarts, magneet-ijzersteen ($Fe_3O_4$) en titaan-ijzererts ($FeO \cdot TiO_2$ = ilmeniet). Overheerscht daarbij de aluinaarde, dan is de lateriet, mits voldoende vrij van kiezelzuur en ijzer, bruikbaar als aluminium-erts. Als zoodanig is het bekend onder den naam van *bauxiet*. Treedt het ijzer op den voorgrond, dan kan het verweeringsproduct een ijzer-erts zijn.

Dank zij de verjongende werking van vulkanisch materiaal (efflata), wordt dit seniele (oude en uitverweerde) en voor den landbouw zeer onvruchtbare eindproduct nog niet of weinig op Java aangetroffen. Java's tegenwoordige gronden zijn grootendeels nog juveniel (jong), hoogstens viriel. Daarentegen komen op sommige eilanden van den Riouw-Archipel millioenen tonnen vrij zuivere bauxiet voor in den vorm van concreties in de bovenlaag, terwijl uitgestrekte lagen ijzer-lateriet in Z. O. Borneo (het Soengei-Doewa veld) en in Midden-Celebes (het Malili- en Larona-gebied) worden gevonden.

Laterietisatie heeft dus plaats bij betrekkelijk hooge temperatuur, zooals in de laagvlakten en op de vulkaanvoeten van Ned.-Indië overal voorkomt en bij een neerdalende waterbeweging, waardoor de oplosbare ontledings-producten voortdurend kunnen worden afgevoerd. Hiervoor is niet alleen noodig, dat de regenval gedurende een deel van het jaar de verdamping overtreft, doch ook, dat het verweeringsmateriaal voldoende doorlatend is om het water gelegenheid te geven, daarin weg te zakken.

Hoever een bodem reeds in het laterietisatie-proces is gevorderd, kan slechts definitief door een chemisch-mineralogisch onderzoek worden uitgemaakt. Hoe verder de ontkiezeling heeft plaats gehad, dus hoe kleiner de verhouding $\frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$ in het verweerings-materiaal is in vergelijking met die in het oorspronkelijke gesteente, hoe vollediger de laterietisatie.

Een fraai voorbeeld van geleidelijke laterietisatie wordt gegeven door de volgende analysen, welke onderscheidenlijk betreffen de nog versche kern, de deze omgevende korst van verweerd, doch uiterlijk nog intact gebleven gesteente en de daarop volgende buitenkorst van ijzerrijk rood lixivium van een diabaas-blok.

| | Diabaas | Binnen-korst | Buiten-korst |
|---|---|---|---|
| Kwarts | 0,5 | 9,4 | 7,7 |
| Kiezelzuur, gebonden | 51,1 | 7,6 | 4,8 |
| Aluminium-oxyde | 15,7 | 34,1 | 40,3 |
| Ferri-oxyde | 1,7 | 20,9 | 18,3 |
| Calcium-oxyde | 9,1 | 0,8 | 0,1 |
| Alkali-oxyden | 3,9 | 0,9 | 0,8 |
| Water, gebonden | 0,4 | 18,0 | 19,9 |
| Ferro-oxyde | 8,7 | 3,7 | 4,8 |
| Titaan-oxyde | 1,7 | 4,1 | 4,3 |

Het voorgaande in zeer beknopten vorm weergegeven verweerings-beeld wijzigt zich geleidelijk bij het overgaan van de heete laagvlakten naar steeds koeler wordende bergstreken. Hoe hooger men komt, hoe meer de z.g. *humus-verweering* op den voorgrond treedt.

Het is een bekend feit, dat humus, waaronder kortweg de in ontleding verkeerende organische stof in den grond verstaan wordt, het best stand houdt in gebieden, waar gemiddelde temperaturen van 13° C en lager heerschen. In het tropische laagland verteeren de humus-stoffen over het algemeen snel. In elk geval zullen zij spoedig vernietigd worden, d.w.z. overgaan in water, koolzuur en andere oxydatie-producten, wanneer de bodem een hooge temperatuur bezit. Ook in sterk doorlatende gronden, waardoorheen het zuurstofrijke regenwater gemakkelijk circuleeren kan, zal geen, althans niet voor langen tijd, accumulatie van humus plaats kunnen hebben.

Tot plaatselijke opeenhoopingen van humus in de tropen kunnen dus medewerken: een hooge ligging boven de zee, zware bebossching gepaard met geringe doorlatendheid van den bodem, doorloopende vochtigheid en vooral een blijvende bedekking met water, waardoor lucht-(zuurstof-)toetreding verhinderd wordt.

De eventueel in den grond aanwezige organische stof wordt voornamelijk gevormd uit de resten van plantaardig en dierlijk leven. Bij het vergaan dezer stoffen vinden er tal van processen plaats, waarvan nog maar weinig met zekerheid bekend is. Vast staat, dat zij in tegenwoordigheid van voldoende lucht (zuurstof) zoo intensief omgezet worden, dat via diverse zeer gecompliceerde tusschen-verbindingen, — de *humus* —, ten slotte de hoogste oxydatie-producten gevormd worden. Van de belangrijkste elementen: C, H, O en N, verdwijnen eerst de waterstof en de zuurstof in sterkere mate dan de koolstof. Dit verschijnsel, *humificatie* genoemd, is in dit verband dan ook te beschouwen als een water-onttrekking, waarbij het toenemende koolstof-gehalte de massa donkerder kleurt.

Door chemische, biologische en physische processen kan de bij de humusvorming oorspronkelijk macroscopisch zichtbare planten-structuur fijner worden verdeeld tot slechts ultra-microscopisch waarneembare deelen. Waar deze laatste het vermogen bezitten om de positief geladen metaal-ionen uit zoutoplossingen te adsorbeeren, zijn in dit verband twee humus-soorten te onderscheiden: *milde* humus en *zure* humus. Milde humus is adsorptief nagenoeg verzadigd en daardoor onoplosbaar in water geworden. Zure humus daarentegen is adsorptief sterk onverzadigd en geeft in water een colloïdale oplossing, die geel tot donkerbruin van kleur is.

Wanneer nu het neerdalende regenwater in aanraking komt met zure humus (welke dus weinig basische bestanddeelen heeft geadsorbeerd), vormt zich een *humus-sol*. Humus-solen bezitten de eigenschap om als beschuttings-colloïd te kunnen fungeeren, d.w.z. andere colloïdale oplossingen tegen uitvlokking of coagulatie te beschermen.

Klei-suspensies, colloïdale oplossingen van ijzer- en in mindere mate ook die van aluminium-hydroxyde, welke als regel reeds door toevoeging van kleine hoeveelheden electrolyt snel kunnen worden uitgevlokt, blijven in tegenwoordigheid der humus-solen meer of minder bewegelijk. Zelfs kunnen zij, gecoaguleerd voorkomend, door de humus-solen gepeptiseerd worden.

Voornamelijk het ijzer wordt daardoor, naast de alkali- en aardalkali-basen, aan het verweerings-silicaat onttrokken en naar den ondergrond afgevoerd. Op deze wijze worden de bovenlagen ontijzerd, hetgeen zich vooral bij goed doorlatende gronden duidelijk demonstreert in een omslaan van de kleur in grijs tot zelfs wit. Er ontstaat een bodem, die

wetenschappelijk wordt aangegeven als *podsol*. Dit grondtype komt over de geheele wereld voor, waar dikke zure humuslagen op poreus materiaal met voldoend diepen grondwaterspiegel liggen.

Wordt de circulatie van het grondwater belemmerd, doordat bijv. het verweerings-materiaal slecht doorlatend is, dan zullen de concentraties der opgeloste humus-zuren en dubbelkoolzure alkaliën en aardalkaliën, gaandeweg toenemen. Het gevolg hiervan is, dat de aanwezige plantenstoffen in intens zwarte producten overgaan. Vooral op kalkhoudende lagen worden deze zwarte gronden, — *rantja minjak* genoemd —, ten gevolge van de chemische werking van de kalk, veelvuldig aangetroffen. Een typisch voorbeeld hiervan is te vinden in den kalksteenrug in het noordelijk deel van de Goenoeng Kidoel in het Gouvt. Djokjakarta. Aan de Oostzijde hiervan, waar de grond ondoorlatend is, heeft zich een zwarte grond van het mergeltype afgezet, terwijl aan de Westzijde een roode lateriet ontstaan is, doordat het regenwater daarin beter is kunnen wegzakken.

Bleeking behoeft niet uitsluitend het gevolg te zijn van de beschuttende werking der humus-solen op de colloïdale ijzer-verbindingen. Wanneer n.l. de verweering onder water, bijv. in een moeras plaats heeft, zullen daarin aanwezige organische stoffen door gebrek aan zuurstof reduceerend werken op de ferriverbindingen en deze in vrijwel kleurlooze ferroverbindingen omzetten. Daardoor krijgt de bodem een blauwgrijze kleur, welke echter bij blootstelling aan de lucht spoedig weer geel of geelbruin wordt door oxydatie van ferro tot ferri.

Dergelijke *subhydrisch* of *subaquatisch* verweerde gronden zijn te verwachten langs rivieroevers, onder sawah's, in meren en rawah's, over het algemeen overal waar hooge water- of grondwater-standen voorkomen, dan wel waar deze vroeger geheerscht hebben.

Resumeerend kan dus van de humus-verweering worden gezegd, dat zij een proces is, dat tegengesteld aan de laterietisatie verloopt en leidt tot betrekkelijk kiezelzuurrijke eindproducten, welke zwartbruin tot donkerbruin (in het bergland) of bleek- tot donkergrijs (bij podsoliseering of subhydrische verweering) van kleur kunnen zijn.

In het bovenstaande is uiteengezet, dat zure humus als beschuttings-colloïd voor ferri-oxyde kan optreden. Zakt nu dit humus- en ijzer-houdende water in een poreuzen bodem weg, dan kan het gebeuren, dat door gestadige opname van andere stoffen, op een gegeven oogenblik de colloïden in dieper gelegen lagen weder worden afgezet. Dan ontstaat ter plaatse een neerslag van humus met ijzer-oxyde, welke in droge perioden, — eventueel na oxydatie —, tot een z.g. *humus-oerbank* verhardt. Speciaal in de bergstreken van Ned.-Indië, waar de bovengrond veel zure humus bevat, worden dergelijke verharde lagen, door de bevolking „padas" of „wadas", in de Soendalanden „tjadas" genoemd, dikwijls aangetroffen.

Over het algemeen kan worden gezegd, dat de vorming van concreties en banken berust op het zich afzetten van in water ontstane onoplosbare verbindingen, wanneer de omstandigheden daartoe gunstig zijn. Toetreding van zuurstofrijk water, het ontwijken van koolzuur in gasvormigen toestand uit den bodem en het wegzakken van bepaalde stoffen tot op een laag, waarin zich stoffen bevinden, die het neerslaan der onoplosbare verbindingen veroorzaken, kunnen aanleiding tot het ontstaan van padas-lagen geven. Behalve van ijzer- en humusoer, kunnen zij ook gevormd worden door kiezelzuur of door calciumcarbonaat, terwijl hier en daar padas-lagen worden gevonden, waarbij mangaan en ijzer tezamen als bind- of kitmiddel fungeeren.

De dikte van een padas-laag kan van enkele centimeters tot eenige meters varieeren; dit hangt samen met de wijze waarop en het materiaal waaruit zij is ontstaan. Ook de kleur is in verband daarmede zeer verschillend: er zijn witte, grijze, gele, bruine, roode, kleiige, zandige en steenige padas-lagen.

Een kenmerkende eigenschap is echter hun klein poriën-volume, waardoor de waterbeweging zoo al niet geheel verhinderd, dan toch in sterke mate belemmerd wordt. Bij aanhoudende zware regens zakt het water daarin zeer langzaam en onvoldoende weg, zoodat het watergehalte van den bovengrond veelal te hoog wordt en daardoor zuurstofgebrek ontstaat.

## 2. Textuur en physische eigenschappen van den grond.

In de vorige paragraaf is uiteengezet, hoe de verweering het vaste gesteente los maakt, vergruist en ontbindt. Desintegratie en decompositie vullen elkander aan, want wanneer chemische processen een volumetoeneming veroorzaken — en dat doen er vele —, dan kan dat weder aanleiding geven tot mechanische verweering van het gesteente. Omgekeerd wordt door elke verbrokkeling en vergruizing een grooter oppervlak van het gesteente aan de chemische inwerking der verweerings-agentia blootgesteld. Er is dus oogenschijnlijk geen scherpe grens te trekken, zij het dan, dat de eene of andere vorm meer op den voorgrond treedt naar gelang de uitwendige krachten, waaraan het gesteente ten offer valt, een mechanische dan wel chemische verweering bevorderen.

Het resultaat van beide verweeringsvormen is een product, waarin deeltjes van verschillende grootte voorkomen. In de bodemkunde spreekt men dan van gronden met uiteenloopende *korrel-grootte*. De zeer grove deelen worden grind, de iets kleinere: zand, de fijne: stof, sloef of leem en de allerfijnste: lutum of slib genoemd.

In juveniele gronden is nog een groote *minerale reserve* (het nog niet verweerde deel) aanwezig; in seniele gronden is deze verdwenen en zijn alleen de onverweerbare mineralen overgebleven. Naar de mate, waarin de verweerbare deeltjes tot kleinere uiteen gevallen zijn, is dikwijls de graad van voortschrijding der verweering, — het *verweerings-stadium* —, te onderkennen. In het algemeen kan worden gezegd, dat hoe langer de verweering heeft geduurd, hoe grooter het gehalte aan fijne en fijnste deeltjes wordt.

Ook op bepaalde physische eigenschappen van den grond heeft de verhouding, waarin de deeltjes van verschillende grootte daarin voorkomen, tot op zekere

hoogte invloed. Zoo zal van twee grondsoorten van gelijke geologische afkomst, diegene met de grofste korrel het best doorlaatbaar zijn. Verder is de z.g. betrekkelijke water-capaciteit, waaronder de hoeveelheid vocht verstaan wordt, die een grond uit doorzakkend water kan vasthouden, grootendeels van de korrelgrootte-gradatie afhankelijk.

Ten slotte blijkt de *textuur* of *granulaire samenstelling* in vele gevallen ook nog een waardevol hulpmiddel te zijn om de groote verscheidenheid van grond*soorten* in bepaalde *typen* te classificeeren.

Bij de *mechanische analyse*, d.i. de ontleding van een grond naar de grootte der samenstellende korrels, worden de gronddeeltjes in fracties van verschillenden diameter gescheiden. Op alle wetenschappelijke instellingen op Java, die zich uit landbouwkundig, geologisch dan wel technisch oogpunt met grondonderzoek bezig houden, wordt daarbij, — behoudens geringe verschillen —, dezelfde indeeling gebruikt, die door M o h r in 1910 hier te lande met een kleine wijziging en uitbreiding uit Amerika is geïntroduceerd.

| Fractie | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 2 | — 1 | mm | zeer grof zand | zand |
| II | 1 | — 0,50 | „ | grof zand | zand |
| III | 0,50 | — 0,25 | „ | middel zand | zand |
| IV | 0,25 | — 0,10 | „ | fijn zand | zand |
| V | 0,10 | — 0,05 | „ | zeer fijn zand | zand |
| VI | 50 | — 20 | μ | stof zand | stof (sloef) |
| VII | 20 | — 5 | „ | grof stof | stof (sloef) |
| VIII | 5 | — 2 | „ | middel stof | lutum (slib) |
| IX | 2 | — 0,5 | „ | fijn stof | lutum (slib) |
| X | | < 0,5 | „ | klei | lutum (slib) |

De deeltjes grooter dan 2 mm noemt men grind; de fracties I-V vormen de zand-, VI en VII de stof- en VIII-X de z.g. lutum-fracties van een grond.

De textuur van een bodem kan nu volgens bovenstaande indeeling op drie verschillende wijzen grafisch worden voorgesteld.

a. Het diagram van M o h r, waarbij het gehalte aan korrels binnen elke fractie nauwkeurig wordt aangegeven. Vergelijking van de granulaire samenstelling van een groot aantal gronden onderling is hierbij niet zoo gemakkelijk als bij de andere. [1])

b. Door de 10 fracties in de boven aangegeven 3 groepen in te deelen ontstaat de mogelijkheid om de granulatie als één enkel punt in een driehoeksdiagram aan te geven. Dit berust op de eigenschap van den gelijkzijdigen driehoek, dat de som der afstanden van een punt binnen den driehoek tot de zijden steeds gelijk is en in dezen = 100% wordt gesteld. Deze wijze van voorstellen is bij uitstek geschikt voor het onderling vergelijken van vele grondsoorten.

c. T e r z a g h i ten slotte heeft het gebruik van een logarithmisch diagram aanbevolen, waarbij op de abscis de logarithmen der korrelgrootten worden afgezet, terwijl de ordinaat in elk van de verkregen punten het percentage van den grond aangeeft, dat een korrelgrootte heeft gelijk aan of kleiner dan die, welke door dat punt wordt voorgesteld. Dit diagram is in het bijzonder geschikt voor de onderlinge vergelijking van fijne grondsoorten, daar de logarithmische indeeling de intervallen voor de fijne fracties vergroot.

Terwijl de granulaire samenstelling van een grond op verschillende wijzen kan worden bepaald, leidt slechts het volgen van steeds dezelfde methode tot goed vergelijkbare resultaten. Zoo wordt in het Laboratorium voor Materiaalonderzoek te Bandoeng het monster daartoe eerst met water tot een natte brij gemengd en op 2 mm afgezeefd. Het deel, dat doorvalt — de fijnaarde — wordt met een verdunde ammoniak-oplossing gedispergeerd, waarna door centrifugeeren alle deeltjes grooter dan 5 μ worden afgezonderd. De fracties VI-X worden vervolgens door bezinking gescheiden, de fracties I-V door zeven.

De bezinkings-methode heeft de formule van S t o k e s ten grondslag. Een ieder, die zich hiermede heeft bezig gehouden, weet, dat aan de toepassing van deze formule op bodemdeeltjes groote bezwaren verbonden zijn in verband met den invloed, dien soortelijk gewicht (ruimte-gewicht) en vorm der korrels op den bezinkings-tijd hebben. In het bijzonder bij gronden, die erts-deeltjes bevatten, kunnen daardoor fouten ontstaan. Deze deeltjes (bijv. van magnetiet) zullen sneller en dus in een te grove fractie bezinken, terwijl anderzijds puimsteen met zijn laag ruimte-gewicht in te fijne fracties wordt afgescheiden. Voor technische doeleinden geeft de bezinkings-methode echter voldoend nauwkeurige resultaten.

Het Bodemkundig Instituut te Buitenzorg beschikt thans over de resultaten van de slib-analyse van meer dan 50 000 grondmonsters van velerlei afkomst en uit geheel Ned.-Indië. Uit deze zeer groote hoeveelheid gegevens is komen vast te staan, dat de hier gebruikelijke indeeling geheel voldoet aan de eischen, die uit landbouw- en bodemkundig opzicht, waarbij inzicht in den opbouw van het geheele substraat vooropstaat, daaraan mogen worden gesteld.

Behalve bij de verweering speelt het water ook nog een belangrijke rol bij verschillende andere processen in den bodem. Men denke hierbij aan den invloed, dien het water heeft op den groei der cultuur-gewassen, die zonder water-opname door de wortels niet mogelijk zou zijn; aan dien op de temperatuur en als gevolg daarvan weer op de vele scheikundige en biologische processen, die zich in den bodem afspelen.

Daarnaast worden ook bepaalde physische eigenschappen van alle gronden meer of minder beheerscht door hun water- of vochtgehalte. Omgekeerd worden de water-verhoudingen in den grond ook weer beïnvloed door de textuur en, zooals in de volgende paragraaf nog nader zal worden uiteengezet, door de aanwezigheid en aard van colloïdale bestanddeelen.

Afgezien van het z.g. *chemisch* gebonden water, dat zelfs bij droging tot 150° C niet uit den grond te verdrijven is, bevindt in een vochtigen bodem het water zich tusschen de gronddeeltjes, dus in de poriën. Het poriën-water kan aanwezig zijn als *grondwater*, *capillair water* in ruimeren zin en *geadsorbeerd water*.

1) In paragraaf 4 van dit hoofdstuk zullen eenige voorbeelden van het diagram van M o h r worden gegeven.

Het grondwater is het water, dat in den grond beneden den grondwater-spiegel of het phreatisch oppervlak aanwezig is. In vrijwel alle ruimten beneden het phreatisch oppervlak — dus zoowel in de capillaire ruimten als in de holten en gangen — komt grondwater voor.

Boven het phreatisch oppervlak bevindt het water zich onder invloed van moleculaire aantrekkingen (capillaire werkingen) als capillair water in ruimeren zin. De laag, waarin zich capillair water bevindt, wordt capillaire zône (of capillaire laag) genoemd. Volgens Versluys is het capillair water *in ruimeren zin* nog verder te onderscheiden in het capillair water *in engeren zin* en het *pelliculair water,* d.w.z. water, dat een huidje vormt (pellis = huid). Het pelliculair water wordt vaak nog verder ingedeeld in funiculair en (per)pendulair water. In de capillaire en de funiculaire toestanden kan het water stroomen, in den pendulairen niet. Overigens worden deze termen hier alleen genoemd, omdat men ze in de literatuur wel eens tegenkomt.

Onder geadsorbeerd water wordt het zeer dunne laagje water verstaan, dat door adhaesie aan de oppervlakte der gronddeeltjes wordt vastgehouden en dat eerst bij een temperatuur tusschen 100° en 150° C geheel wordt afgegeven. Het verschil met het pelliculair water is n.l. hierin gelegen, dat het laatstgenoemde minder vast gebonden zit.

De verschijnselen, welke de gronden bij verschillend water-gehalte vertoonen, zijn voor het eerst door Atterberg nader onderzocht.

Wanneer gedroogde grond met veel water wordt vermengd, dan vormt zich een dunvloeibare suspensie, die bij rustig uitzakken en na afgieten van de bovenstaande heldere vloeistof, overgaat in een dikvloeibare brij. Wordt hiervan nu het water geleidelijk uitgedampt, dan heeft er een voortdurende verandering in de consistentie van het mengsel plaats. Daarbij zijn verschillende grenzen te onderscheiden, welke dan ook de Atterbergsche consistentie-cijfers of constanten van het betreffende materiaal worden genoemd. Deze worden uitgedrukt in het watergehalte van de bij 105° C gedroogde stof.

Als bovenste grens geeft Atterberg aan: *de bovenste grens der dikvloeibaarheid,* welke gevonden wordt in de ten volle uitgezakte of bezonken suspensie.

In het Laboratorium voor Materiaalonderzoek wordt in de plaats van bovengenoemde grens, de *afdruipgrens bepaald.* Dit is het vochtgehalte, waarbij de grond nog juist van een mes of spatel kan afdruipen, zonder ervan af te schuiven.

Bij verdere uitdamping van het water wordt de vloeibaarheid van de massa steeds geringer, totdat zij geheel verdwijnt bij hetgeen Atterberg noemt: de onderste grens der dikvloeibaarheid of *vloeigrens.*

Over het algemeen neemt men aan, dat de vloeigrens een zoodanigen toestand impliceert, dat daarbij alle poriën volledig met water gevuld zijn, terwijl de grondkorrels elkander nog even raken. De grond is dan met water *verzadigd.* De hoeveelheid water, die er bij de vloeigrens in den grond aanwezig is, vormt een maat voor het *maximale waterbevattend vermogen.*

De vloeigrens is niet altijd even scherp vast te stellen. Daarom is het voor het verkrijgen van goed vergelijkbare cijfers gewenscht, dat steeds op dezelfde wijze wordt gewerkt.

Bij een verdere daling van het watergehalte wordt ten slotte de *uitrolgrens* bereikt, waarbij de plasticiteit van het materiaal geheel verdwijnt, zoodat het mengsel bij uitrollen in stukken breekt.

Daar grond boven de vloeigrens een gegeven vorm niet behouden kan en onder de uitrolgrens niet meer plastisch is, wordt het verschil van vloei- en uitrolgrens aangeduid als de *plasticiteit* van het materiaal.

Volgens Seger is onder plasticiteit van grond te verstaan de eigenschap om water op te nemen, dat vast te houden en er een massa mede te vormen, waaraan door kneden en drukken elke gewenschte vorm gegeven kan worden. Na opheffing van den druk en verdamping van het water blijft de éénmaal aangenomen vorm bewaard. Hoewel aan vochtig fijn zand wel een bepaalde vorm gegeven kan worden, is het toch niet plastisch, daar het na indroging weder tot korrels uiteenvalt. Men bedenke echter wel, dat de definitie van Seger, waarin de aanwezigheid van water als essentieel wordt aangegeven, slechts geldt voor grond (klei) en niet voor vaste lichamen in het algemeen.

Bijna alle gronden kleven in zeer vochtigen toestand. Bij een geleidelijke uitdroging verdwijnt ten slotte ook deze kleverigheid. Het vochtgehalte, waarbij het kleef-vermogen juist geheel is opgehouden, noemt men de *kleefgrens.*

Een groote kleefkracht van den grond geeft moeilijkheden bij de bewerking ervan. Dergelijke gronden noemt men daarom *zwaar,* niet klevende *licht.* Organische stoffen verminderen het kleef-vermogen, evenzoo de toevoeging van zand of kalk.

Bij sommige gronden ligt de kleefgrens boven de vloeigrens, zoodat daar het z.g. *surplus* (kleefgrens -vloeigrens), positief is. Dergelijke gronden zijn over het algemeen weinig plastisch, de *bewerkbaarheid* (kleefgrens-uitrolgrens) daarentegen goed.

In andere gevallen ligt de kleefgrens lager dan de vloeigrens. Het surplus is dan negatief, de plasticiteit groot, de bewerkbaarheid matig tot slecht. Het zijn de zware klei-gronden, welke o.a. vaak in de jong-tertiaire streken van Java worden aangetroffen, die deze laatste eigenschappen bezitten. Bij zware regens of te intensieve bevloeiing, verpappen deze gronden; zij schuiven dan gemakkelijk af, zelfs daar, waar zij onder zeer geringe helling voorkomen. In den drogen tijd vertoonen deze schuif-gronden een groote krimp; zij krijgen diepe spleten en verbrokkelen daarbij gemakkelijk. Het afwisselend krimpen en zwellen kan in extreme gevallen zoo'n sterke onderlinge beweging van de deelen van den bodem veroorzaken, dat daarin vaak vele gladde, spiegelende wrijfvlakken worden aangetroffen.

De ondervinding heeft geleerd, dat over het algemeen gronden, die een negatief surplus vertoonen, ook schuif-eigenschappen bezitten en wel des te sterker, naarmate het bedrag van het surplus grooter is. Te dien aanzien geven de Atterbergsche cijfers dus zeer waardevolle aanwijzingen.

Gronden, ontstaan door verweering van vulkanisch materiaal, hebben veelal weinig neiging tot schuiven, zelfs niet in diep ingesneden dalen. Lixivia vormen meermalen meters hooge verticale wanden, zonder dat het doorsijpelende water verzakking teweeg brengt. Wel kan bij te groote overbelasting plotselinge afstorting van te steile taluds ontstaan, doch nimmer een langzaam afschuiven, zooals zoo dikwijls bij bijv. mergel-gronden wordt geconstateerd.

De invloed van organische stoffen op de physische eigenschappen van grond is zeer groot: zoowel de vloeigrens, de uitrolgrens als de kleefgrens worden daardoor sterk verhoogd. De bodem kan dus meer water opnemen. De kleefgrens in het bijzonder komt hooger te liggen, zoodat een aanvankelijk negatief surplus door bijmenging van organische stof in een positief kan omslaan.

Het is nog niet zoo heel lang geleden, dat men meende alle minder gunstige eigenschappen van een grondsoort te moeten toeschrijven aan het hooge gehalte aan fijne bestanddeelen. Vrij recente op het Bodemkundig Instituut ter zake door Hardon verrichte onderzoekingen hebben echter uitgewezen, dat in zoo'n algemeenen zin deze stelling zeer zeker niet juist te noemen is.

Zeer instructief is in dit verband het ondervolgende staatje, waarin drie mergelgronden met een viertal lixivia worden vergeleken. Daarbij zijn de diverse tot hetzelfde type behoorende grondsoorten op zoodanige wijze gerangschikt, dat iedere volgende fijner van korrel-samenstelling is.

| Textuur | Type: laterietgronden | | | | Type: mergelgronden | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | I | II | III |
| > 50 μ | 31 | 12 | 10 | 2 | 30 | 17 | 9 |
| 50 μ — 5 μ | 23 | 28 | 20 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| < 5 μ | 46 | 60 | 70 | 77 | 49 | 62 | 70 |
| Ads.-water % | — | — | 21,9 | — | — | — | 21,4 |
| Humus-geh. % | — | — | 2,7 | — | — | — | 3,2 |
| Kleefgrens | 65 | 64 | 57 | 48 | 27 | 46 | 31 |
| Vloeigrens | 52 | 56 | 66 | 60 | 52 | 72 | 56 |
| Uitrolgrens | 47 | 40 | 47 | 41 | 18 | 37 | 27 |
| Plasticiteit | 5 | 16 | 19 | 19 | 34 | 35 | 29 |
| Surplus | +13 | +8 | −9 | −12 | −25 | −26 | −25 |
| Krimp | 11 | 11 | 9 | — | 14 | 14 | 17 |

Over de vindplaatsen dezer gronden en de bron, waaruit de verschillende analyse-cijfers geput zijn, is het ondervolgende mede te deelen.

De gegevens van lixivium I en II en van mergel I zijn ontleend aan Publ. No. 106 der N.-I. Wegenvereeniging, bewerkt naar een door Grondijs gehouden voordracht over: „Inzichten over grondwerkingen en wegenbouw". Helaas werden er over de vindplaatsen dezer grondsoorten geen bijzonderheden vermeld.

Lixivium III is van Tjidjantoeng tusschen Batavia en Buitenzorg. Het betreft hier een monster, dat door Hardon op het Bodemkundig Instituut is onderzocht in verband met: „De afhankelijkheid van de adsorptiecapaciteit van bodem-type en bepalings-wijze".

Lixivium IV is afkomstig van het open terrein vóór het Departement van V. en W. te Bandoeng en vormt het materiaal, dat door de N.I.W.V. in het bijzonder voor het basis-onderzoek der grond-stabilisatie wordt gebruikt.

Mergel II is van Soemberdjo, Gouvt. Soerakarta. De analyse-cijfers zijn afkomstig van het Bodemk. Inst.

Mergel III van Wonogiri, Gouvt. Soerakarta; maakte mede een object van bovengenoemd onderzoek van Hardon uit.

Vergelijkt men de vier lixivia met hun wisselende korrelgrootte-samenstelling onderling, dan valt in de eerste plaats op, dat de plasticiteit toeneemt, naarmate het substraat fijner van textuur is.

Hoe fijner een stof verdeeld is, hoe grooter haar oppervlak wordt. Het is begrijpelijk, dat een sterke oppervlakte-ontwikkeling bijzondere gevolgen hebben moet ten aanzien van alle werkingen, die met het oppervlak in verband staan. Zoo worden alle grensvlak-verschijnselen als oppervlakte-spanning en adsorptie-vermogen, grootendeels door het z.g. specifiek oppervlak, d.w.z. de verhouding: oppervlak/massa, beheerscht.

Evenals het specifiek oppervlak neemt ook het aantal onderlinge aanrakings-punten der bodemdeeltjes toe, naarmate zij kleiner zijn en wel met het kwadraat van het spec. oppervlak. Als gevolg daarvan moet de cohaesie bij een fijn-korreligen grond ook grooter zijn dan bij een grover materiaal. Zand bezit in het geheel geen samenhang, tenzij het vochtig is, in welk geval ten gevolge van de capillaire krachten, het water als adhaesie-middel fungeert.

Proeven van Atterberg en anderen hebben uitgewezen, dat ook de *vorm* der deeltjes een belangrijken invloed op de plastische eigenschappen van het materiaal heeft. Mengsels van ronde of hoekige korrels van kwarts of veldspaat met water vertoonen, hoe fijn-korrelig het product ook moge zijn, nimmer plasticiteit. Daarentegen zijn mengsels van bijv. zeer fijne ronde kwarts-korrels en platte mica-blaadjes met water, wel plastisch. Algemeen wordt thans dan ook aangenomen, dat het voorkomen van *schubvormige* bestanddeelen in een bodem een der voorwaarden is voor het bezit van plastische eigenschappen. Volgens Terzaghi zal van twee monsters, datgene met het hoogste gehalte aan schubvormige deeltjes in de fijnste fracties, het meest plastisch zijn.

Bij een verdere onderlinge vergelijking der vier bovenaangehaalde lixivia, valt eveneens een zekere correlatie tusschen het surplus en de textuur waar te nemen. Het meest grove materiaal vertoont het hoogste positieve surplus. Bij een fijner wordende

korrel-gradatie neemt het surplus af, om bij de fijnste twee grondsoorten zelfs in een negatieve waarde om te slaan.

Ten slotte zou men uit het gegeven cijfermateriaal geneigd kunnen zijn om bij de laterietgronden eenig verband te zien tusschen textuur en kleefgrens. Uit de literatuur blijkt echter, dat er tusschen beide grootheden geen enkele correlatie bestaat. Er zijn n.l. lixivia van zeer fijne korrel-gradatie met een hooge en grof-korrelige lixivia met een lage kleefgrens.

Bij de drie mergelgronden blijkt er in het geheel geen verband te bestaan tusschen textuur en physische eigenschappen. Wel vallen bij vergelijking met de laterietgronden de zooveel hoogere plasticiteitscijfers op, terwijl ook het surplus bij alle drie monsters een belangrijk grootere negatieve waarde heeft. Hiermede is tevens een voor de practijk van den wegenbouwer zeer belangrijke eigenschap van dit grondtype gekarakteriseerd. Het sterk negatieve surplus, gecombineerd met de hooge plasticiteit van de mergels wijst op schuifgrond, terwijl de lixivia met hun positief dan wel betrekkelijk klein negatief surplus en matige plasticiteit, deze minder aangename eigenschappen niet bezitten.

Is hiermede aangetoond, dat het zelfs binnen één bepaald grondtype niet altijd mogelijk is om eenig verband tusschen textuur en Atterbergsche cijfers te zien, bij onderlinge vergelijking van lixivium I met mergel I en van lixivium III met mergel III blijkt bovendien, dat in het algemeen de granulaire samenstelling van gronden met een betrekkelijk hoog gehalte aan lutum-fracties, geen voldoende basis voor de beoordeeling van de physische eigenschappen vormt.

Paarsgewijze vertoonen de bovenstaande vergelijkings-objecten een nagenoeg gelijke korrel-gradatie, terwijl bij beide monsters III zelfs in het gehalte aan adsorptie-water en humus geen noemenswaard verschil aanwezig is. Niettemin bezitten de mergels een veel lagere kleef- en uitrolgrens, een belangrijk grootere plasticiteit en een sterk uitgesproken negatief surplus.

Het verschillend physisch gedrag van beide grondtypen kan derhalve niet uit de granulaire samenstelling worden verklaard, maar moet zijn oorzaak vinden in andere factoren, die den invloed van de textuur, zoo die al in eerste instantie bestaat, in belangrijke mate overvleugelen. Welke factoren dit zijn, zal in de volgende paragraaf nader worden uiteengezet.

*(Wordt vervolgd).*

8e JAARGANG
NUMMER 3

MAART
1941

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

VII. CHEMIE EN TECHNOLOGIE.

Tevens Orgaan van de Ned. Chemische Vereeniging in Ned.-Indië.

INHOUD: Mededeelingen van het Algemeen Bestuur der Ned. Chem. Ver. in Ned.-Indië. — De absorptie-spectra van derride, isorotenon, malaccol, toxicarol en sumatrol, door dr. Th. M. Meijer. — Vitamine C in theeblad, door dr. W. B. Deijs. — Bereiding van Ve-tsin, door ir. G. H. W. Douwes Dekker en ir. E. K. E. Halewijn. — Boekbespreking.

## Mededeelingen van het Algemeen Bestuur der Ned. Chem. Ver. in Ned.-Indië.

### De opleiding voor scheikundig ingenieur.

Op de aan de leden toegezonden circulaire van 3 Januari j.l. betreffende de instelling van een opleiding tot scheikundig-ingenieur werden 17 antwoorden ontvangen. Nadat de bestuursleden hiermede in kennis waren gesteld, werd op 5 en 6 Februari d.o.v. een bestuursvergadering gehouden, welke in hoofdzaak aan de scheikundig-ingenieursopleiding was gewijd. Naar aanleiding van deze besprekingen werd door den voorzitter een brief opgesteld, welke aan den Directeur van Onderwijs en Eeredienst werd verzonden.

Daar deze rubriek te beperkt is om alle 17 antwoorden op de circulaire op te nemen, moge hier worden volstaan met een kort overzicht van de meeningen, welke door de diverse leden werden kenbaar gemaakt.

Door vele leden wordt de wensch naar voren gebracht, dat de eventueele opleiding hier te lande gelijkwaardig moet zijn aan die te Delft. Aan de opleiding te Bandoeng wordt over het algemeen de voorkeur gegeven, waarbij gewezen wordt op voor den scheikundig-ingenieur noodzakelijk geachte vakken als werktuigbouwkunde, welke in Bandoeng bij verdere uitbreiding van het hooger technisch onderwijs zullen worden gedoceerd. Sommigen zijn bevreesd, dat door samengaan met de propaedeuse van de Landbouwhoogeschool de wiskundige opleiding in het gedrang zal komen.

Anderen daarentegen achten deze combineering van belang in verband met het feit, dat de meeste afgestudeerden in de landbouwindustrieën een werkkring zullen vinden, terwijl voorts op de exploitatie van laboratoria een besparing zal kunnen worden verkregen. De vraag of de opleiding thans wel urgent is, of deze nu niet geforceerd wordt, is een vraag, die door enkelen wordt gesteld. Daarbij wordt gewezen op de groote moeilijkheden om op korten termijn goed geoutilleerde laboratoria, leerkrachten, bibliotheek te verkrijgen, terwijl de wenschelijkheid wordt betoogd om in de eerste plaats te komen tot een goede middelbare school, die voor de middelmatig groote en kleine bedrijven bruikbare krachten kan afleveren. Voor hen, die voor een academische opleiding in aanmerking komen, zouden in ruimere mate dan thans het geval is beurzen ter beschikking moeten worden gesteld voor de studie in Nederland of elders.

Gezien de gevarieerdheid van de opvattingen der leden en daarenboven de vele meeningen, welke op de bestuursvergadering naar voren werden gebracht, was het uiterst moeilijk om een nota, waarin zooveel mogelijk met de diverse wenschen werd rekening gehouden, samen te stellen.

Het advies, dat aan den Directeur van Onderwijs en Eeredienst is uitgebracht, is op diens verzoek vertrouwelijk gegeven. T.g.t. zal gevraagd worden of dit advies mag worden gepubliceerd in „Chemie en Technologie", opdat alle leden onzer vereeniging nauwkeurig kennis kunnen nemen van de naar voren gebrachte punten.

### Candidaat-lid:

Ir. H. M. J. Wijnans, Adj. directeur van de Ned. Ind. Gas Mij., Ketapangweg No. 12, Batavia-Centrum.

### Contributie.

Van drie onbekende leden werden postwissels ontvangen ten bedrage van *f* 15,— en wel 2 uit Medan, afgezonden resp. 1-2-'41 en 12-2-'41 en één uit Balikpapan, verzonden op 5-2-'41.

Den afzenders wordt verzocht hun namen aan den secretaris-penningmeester bekend te maken.

# De absorptie-spectra van derride, isorotenon, malaccol, toxicarol en sumatrol

door

dr. Th. M. MEIJER *).

## Inleiding.

De voornaamste verbindingen, welke tot nu toe uit *Derris*-wortel werden geïsoleerd, zijn rotenon, toxicarol, sumatrol, derride en malaccol. Rotenon en toxicarol zijn reeds langen tijd bekend, terwijl sumatrol, derride en malaccol eerst kort geleden in zuiveren toestand werden verkregen. Al deze verbindingen vertoonen in samenstelling en structuur groote overeenkomst. Hoewel de structuur van malaccol nog niet geheel is opgehelderd, staat volgens Harper [1]) deze stof in dezelfde betrekking tot sumatrol als derride tot rotenon. Men kan verwachten, dat door de bepaling van de absorptie-spectra van deze verbindingen gegevens worden verkregen, waarin bovengenoemde betrekkingen tot uiting komen.

Door Cahn en medewerkers [2]) werden reeds de absorptie-spectra van rotenon, toxicarol en sumatrol bepaald. Wij herhaalden deze onderzoekingen, wat betreft toxicarol en sumatrol, terwijl daarnevens de absorptie-spectra van derride, isorotenon en malaccol werden opgenomen.

De spectra werden vervaardigd met behulp van een Hilger E 498 kwarts-spectrograaf in verbinding met een „Spekker" photometer.

## Absorptie-spectra van derride, isorotenon en rotenon.

Derride [3]) heeft de samenstelling $C_{20}H_{16}O_6$ en volgens onderzoekingen van Meijer en Koolhaas [4]) en Harper [5]) de in *formule I* aangegeven structuur.

Isorotenon, dat door behandeling van rotenon met een mengsel van ijsazijn en zwavelzuur is te verkrijgen volgens Takei, Koide en Miyajima [6]), is isomeer met rotenon en bezit de samenstelling $C_{23}H_{22}O_6$. De structuur van de beide stoffen wordt voorgesteld door de *formules II* en *III*.

De bepaling van het absorptie-spectrum van derride en isorotenon, waarbij als oplosmiddel carbonylvrije alcohol werd gebezigd, gaf het in *figuur 1* weergegeven resultaat.

In de onderstaande tabel zijn de plaatsen der maxima en de moleculaire extinctie-coëfficiënten vermeld; tevens zijn hierbij de gegevens voor rotenon, ontleend aan een publicatie van Cahn en medewerkers [2]), ter vergelijking gegeven.

| | Golflengte der maxima in Å (Wave-length of the maxima in Å) | Moleculaire extinctie-coëfficiënt (Molecular extinction-coefficient) |
|---|---|---|
| rotenon | 2 960 | 16 000 |
| „ | 2 370 | 14 400 |
| isorotenon | 2 810 | 14 500 |
| derride | 2 760 | 19 700 |
| „ | 3 280 | 7 000 |

Het voornaamste maximum van deze drie verbindingen, dat ongetwijfeld de aan al deze verbindingen eigene carbonylgroep toekomt, verschilt wat ligging betreft aanmerkelijk. Bij den overgang van rotenon in isorotenon, waardoor de aethyleenbinding van de isopropyleengroep verhuisd is naar de hydrofuraankern, is het voornaamste maximum 150 Å verschoven naar het gebied van de kleinere golflengten.

De beschouwing van de absorptiecurven van derride en isorotenon geeft als resultaat, dat de

*) 79ste Mededeeling van het Laboratorium voor Scheikundig Onderzoek.

1) S. H. Harper, *Journ. Chem. Soc., 1940*, 309.

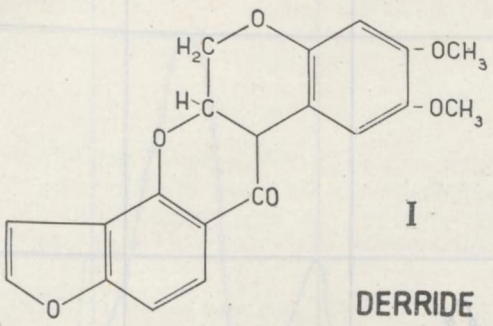
2) R. S. Cahn, R. F. Phipers en J. J. Boam, *Journ. Chem. Soc., 1937*, 497.

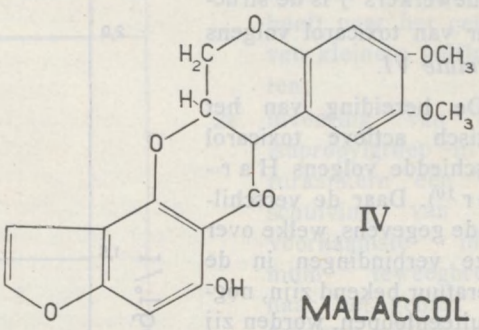
3) Deze stof werd het eerst beschreven door Meijer en Koolhaas (*Rec. trav. chim. 58*, 207, 1939), die er den naam derride aan gaven. Harper beschreef iets later dezelfde stof [*Chem. & Ind. 58*, 292, (1939)] en noemde haar ellipton.

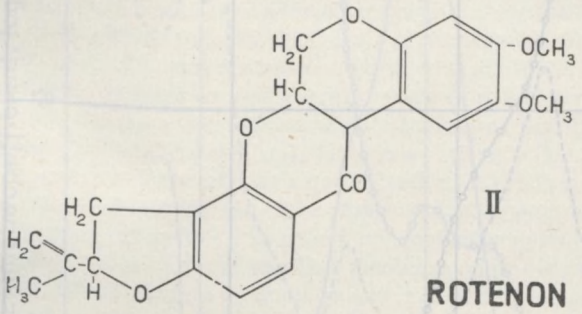
4) Th. M. Meijer en D. R. Koolhaas, *Rec. trav. chim. 58*, 207, 875, 1119, (1939).

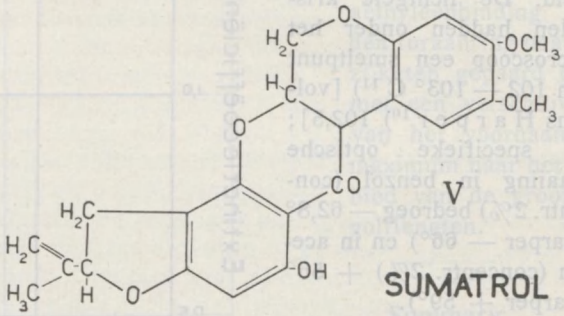
5) S. H. Harper, *Journ. Chem. Soc., 1939*, 1099, 1424.

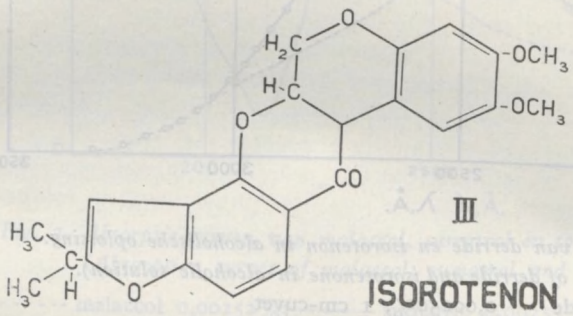
6) S. Takei, M. Koide en S. Miyajima, *Ber. 63*, 508 (1930).

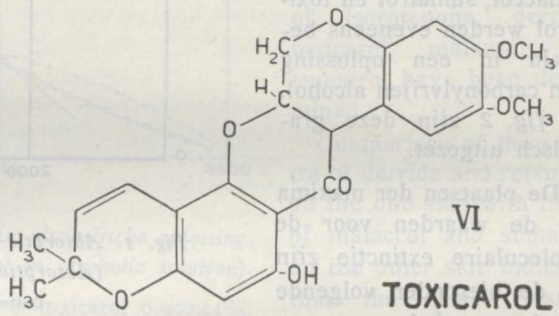



invoering van een isopropyleen-groep in de furaankern een verschuiving teweegbrengt van het voornaamste maximum over 50 Å naar het gebied van de grootere golflengten. Overigens vertoonen beide curven een groote overeenkomst, met uitzondering van den bij derride aanwezigen kleinen top bij een golflengte van 3 280 Å.

### Absorptie-spectra van malaccol, sumatrol en toxicarol.

Malaccol komt voor in *Derris malaccensis* en werd voor het eerst hieruit geïsoleerd door Meijer en Koolhaas[7]; deze verbinding heeft de samenstelling $C_{20}H_{16}O_7$ en volgens recente onderzoekingen van Harper[1]) moet men op grond van verschillende reacties en door vergelijking van deze met die van sumatrol aan malaccol de structuur toekennen, welke in *formule IV* is weergegeven.

Sumatrol heeft de samenstelling $C_{23}H_{26}O_7$ en heeft volgens Robertson en Rusby[8]) een structuur, welke door *formule V* wordt voorgesteld.

Tusschen malaccol en sumatrol bestaat dus eenzelfde verband als tusschen derride en rotenon. Het was niet mogelijk om uit sumatrol isosumatrol te bereiden op analoge wijze als isorotenon uit rotenon is verkregen, zoodat een vergelijking van het spectrum van malaccol met dat van isosumatrol niet kan worden gemaakt.

Toxicarol vormt het hoofdbestanddeel van het aetherextract uit den wortel van *Derris malaccensis;* de verbinding is isomeer met sumatrol en heeft de samenstelling $C_{23}H_{26}O_7$. Volgens Robertson en

7) Th. M. Meijer en D. R. Koolhaas, *Rec. trav. chim. 58,* 207, 1939.

8) A. Robertson en G. L. Rusby, *Journ. Chem. Soc., 1937,* 497.

medewerkers [9]) is de structuur van toxicarol volgens *formule VI.*

De bereiding van het optisch actieve toxicarol geschiedde volgens Harper [10]). Daar de verschillende gegevens, welke over deze verbindingen in de literatuur bekend zijn, nogal uiteenloopen, worden zij hier nog afzonderlijk vermeld. De lichtgele kristallen hadden onder het microscoop een smeltpunt van 102 — 103° C [11]) [volgens Harper [10]) 102,5]; de specifieke optische draaiing in benzol (concentr. 2%) bedroeg — 62,8° (Harper — 66°) en in aceton (concentr. 2%) + 56° (Harper + 59°).

De absorptie-spectra van malaccol, sumatrol en toxicarol werden eveneens bepaald in een oplossing van carbonylvrijen alcohol. In *fig. 2* zijn deze graphisch uitgezet.

De plaatsen der maxima en de waarden voor de moleculaire extinctie zijn in de hieronder volgende tabel vereenigd.

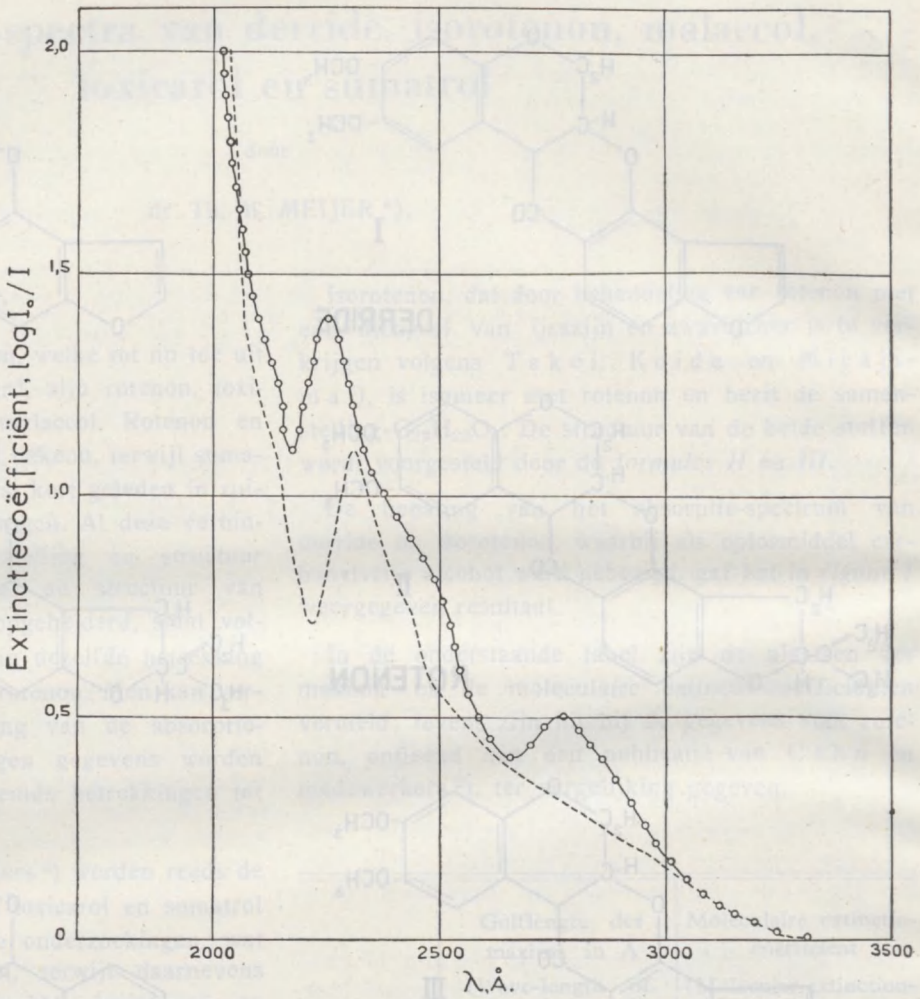



*Fig. 1. Absorptie-curven van derride en isorotenon in alcoholische oplossing.*
*(Absorption curves of derride and isorotenone in alcoholic solution).*
-o-o-o- derride 0,00250%, 1 cm-cuvet
- - - - isorotenon 0,00299%, 1 cm-cuvet

| | Golflengte der maxima in Å (Wave-length of the maxima in Å) | Moleculaire extinctiecoëfficiënt (Molecular extinction-coefficient) |
|---|---|---|
| malaccol | 2 490 | 33 900 |
| ,, | 2 830 | 18 500 |
| sumatrol | 2 990 | 24 100 |
| toxicarol | 2 722 | 33 600 |
| ,, | 3 000 | 13 400 |

De waarden voor toxicarol en sumatrol wijken eenigszins af van die, welke Cahn, Phipers en Boam (loc. cit.) opgeven, n.l. voor toxicarol vonden zij de maxima bij resp. 2 725 en 2 970 Å, afwijkingen, welke echter nog vallen binnen de experimenteel toegestane fout; de daarbij behoorende *E* berekenden zij resp. op 34 700 en 11 300. Het eerste verschil moet waarschijnlijk aan een drukfout te wijten zijn; indien n.l. de verhouding, waarin de curve in hun publicatie is weergegeven, juist is, dan zou volgens berekening *E* voor het voornaamste maximum 34 000 bedragen. Voor sumatrol vonden zij voor het maximum 2 980 en de daarbij behoorende $E = 23\,000$.

Vergelijken we het absorptie-spectrum van malaccol met dat van sumatrol, dan zien we dat het voornaamste maximum van malaccol t.o.v. sumatrol 500 Å verschoven is naar het gebied van de kleinere golflengten, dus in denzelfden zin als het maximum van derride t.o.v. rotenon. Bij de laatstgenoemde stoffen bedroeg de verschuiving echter slechts 150 Å.

De absorptie-curven van malaccol en toxicarol vertoonen een groote overeenkomst wat algemeenen vorm betreft. De verschuiving van het voornaamste maximum van toxicarol t.o.v. malaccol naar het zichtbare deel van het spectrum bedraagt 230 Å.

9) A. Robertson, *Journ. Chem. Soc., 1937*, 1535.

10) S. H. Harper, *Journ. Chem. Soc., 1939*, 812.

11) De kristallen smolten bij 102-103° C; bij verdere verhitting tot 200° C begon gedurende de afkoeling bij 170-165° C reeds uitkristalliseering; bij opnieuw verhitten smolten deze nieuw gevormde kristallen eerst bij 213-217° C.

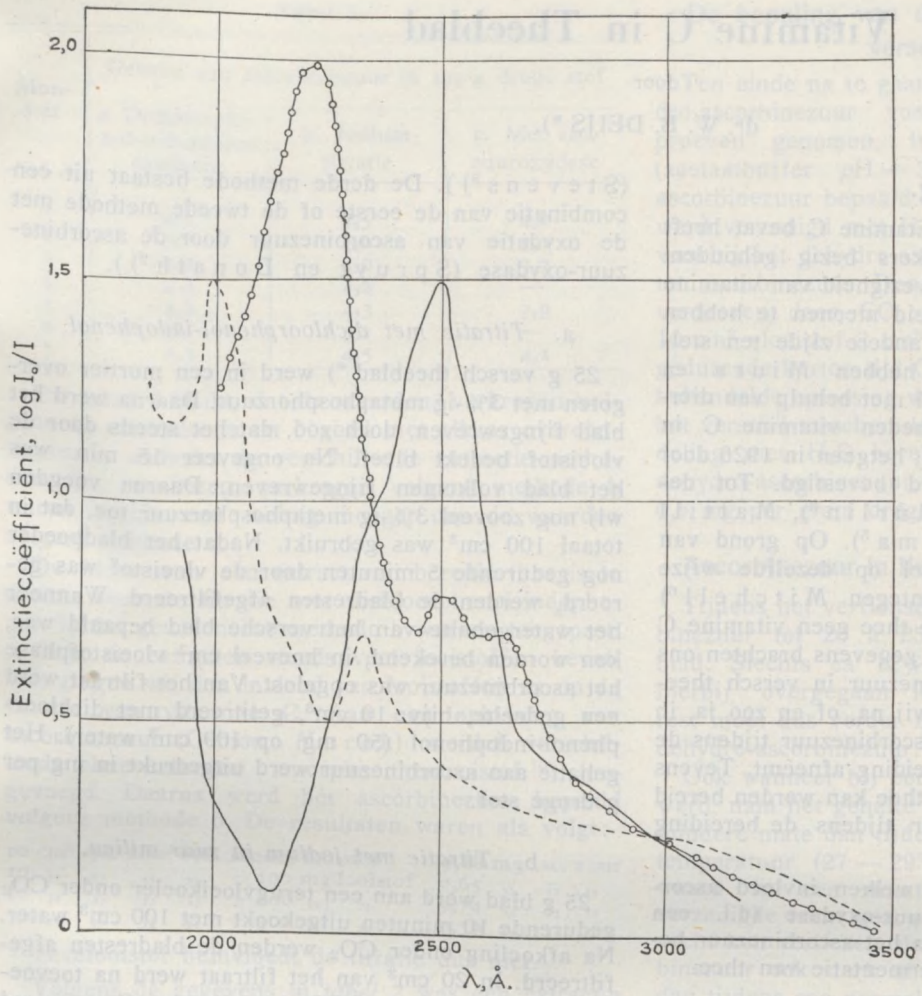



*Fig. 2. Absorptie-curven van malaccol, sumatrol en toxicarol in alcoholische oplossing. (Absorption curves of malaccol, sumatrol and toxicarol in alcoholic solution).*

- - - - - malaccol 0,00152%; ——— sumatrol 0,00255%; -o-o-o- toxicarol 0,00244%. (alles 1 cm-cuvet)

Tenslotte valt bij vergelijking van de absorptiespectra van derride en malaccol op, dat deze beide stoffen, welke volgens de voor hen opgestelde structuur zoo dicht bij elkaar staan, ook in hun optisch gedrag een groote overeenkomst vertoonen. De toppen van de absorptiecurve van malaccol zijn t.o.v. die van derride verschoven naar het gebied van de kortere golflengten. Er is dus langs dezen weg een aanwijzing verkregen, dat de door Harper opgestelde structuur voor malaccol, welke ook door Meijer en Koolhaas reeds was voorgesteld, de meest waarschijnlijke is.

Op grond van het voorgaande valt op te merken, indien we derride als grondvorm beschouwen voor de andere in *Derris*-wortel aanwezige stoffen, dat:

1e. invoering van een OH-groep in de benzolkern van de benzofuraanring een verschuiving der maxima ten gevolge heeft naar het gebied van kleinere golflengten;

2e. invoering van een isopropylgroep in de furaankern een verschuiving van het voornaamste maximum teweegbrengt naar het gebied van grootere golflengten;

3e. overgang van de aethyleenbinding van den furaanring naar de zijketen gepaard gaat met een verschuiving van het voornaamste maximum naar het gebied van de grootere golflengten.

**Summary.**

The absorption-spectra of isorotenone, derride, toxicarol, malaccol and sumatrol have been determined.

Comparison of the spectra of derride and rotenone on the one side with those of malaccol and sumatrol on the other side indicates that the same relation exists between these two pairs of substances.

Considering derride as the fundamental type of this class of compounds, the following facts were noticed:

1°. introduction of an OH-group into the benzene nucleus of the benzofurane-part of the molecule causes a displacement of the main absorption maximum towards smaller wave-lengths;

2°. introduction of an isopropylgroup into the furane-nucleus gives a displacement of the main absorption maximum towards longer wave-lengths;

3°. shifting of the ethylenic linking of the furane-ring to the isopropyl-group goes with a displacement of the main absorption maximum towards the longer wave-lengths.

Buitenzorg, October 1940.

# Vitamine C in Theeblad

door

dr. W. B. DEIJS *).

## Inleiding.

De vraag, of groene thee vitamine C bevat heeft reeds verschillende onderzoekers bezig gehouden. Terwijl enkele auteurs de aanwezigheid van vitamine C (ascorbinezuur) met zekerheid meenen te hebben aangetoond, wordt zulks van andere zijde ten stelligste tegengesproken. Zoo hebben Miura en Tsujimura[1]) reeds in 1924 met behulp van dierproeven vrij groote hoeveelheden vitamine C in groene thee kunnen aantoonen, hetgeen in 1926 door Miura en Okabe[2]) werd bevestigd. Tot dezelfde conclusie kwamen ook Murlin[3]), Mattill en Pratt[4]) en Maruyama[5]). Op grond van onderzoekingen, welke vrijwel op dezelfde wijze werden verricht, kwam daarentegen Mitchell[6]) tot de conclusie, dat in groene thee geen vitamine C voorkomt. Deze tegenstrijdige gegevens brachten ons ertoe het gehalte aan ascorbinezuur in versch theeblad te bepalen. Ook gingen wij na, of en zoo ja, in welke mate het gehalte aan ascorbinezuur tijdens de diverse stadia van de theebereiding afneemt. Tevens onderzochten wij, hoe groene thee kan worden bereid zonder dat het ascorbinezuur tijdens de bereiding verdwijnt.

Ten slotte gingen wij na, welken invloed ascorbinezuur en de ascorbinezuur-oxydase (d.i. een enzyme, dat de oxydatie van het ascorbinezuur bewerkstelligt) hebben op de fermentatie van thee.

## De bepaling van ascorbinezuur in versch theeblad.

Het gehalte aan ascorbinezuur werd bepaald volgens drie methoden, welke alle berusten op het sterk reduceerende vermogen van ascorbinezuur. De eerste methode is de titratie met behulp van dichloorphenolindophenol volgens Tillmans[7]). Bij de tweede methode wordt gebruik gemaakt van de reductie van jodium door ascorbinezuur in zuur milieu, een eigenschap, welke vrij specifiek is voor ascorbinezuur (Stevens[8])). De derde methode bestaat uit een combinatie van de eerste of de tweede methode met de oxydatie van ascorbinezuur door de ascorbinezuur-oxydase (Spruyt en Donath[9])).

### a. *Titratie met dichloorphenol-indophenol.*

25 g versch theeblad *) werd in een mortier overgoten met 3%-ig metaphosphorzuur. Daarna werd het blad fijngewreven, doch zóó, dat het steeds door de vloeistof bedekt bleef. Na ongeveer 15 min. was het blad volkomen fijngewreven. Daarna voegden wij nog zooveel 3%-ig metaphosphorzuur toe, dat in totaal 100 cm³ was gebruikt. Nadat het bladpoeder nog gedurende 5 minuten door de vloeistof was geroerd, werden de bladresten afgefiltreerd. Wanneer het watergehalte van het versche blad bepaald was, kon worden berekend, in hoeveel cm³ vloeistofphase het ascorbinezuur was opgelost. Van het filtraat werd een gedeelte, bijv. 10 cm³, getitreerd met dichloorphenol-indophenol (50 mg op 100 cm³ water). Het gehalte aan ascorbinezuur werd uitgedrukt in mg per g droge stof.

### b. *Titratie met jodium in zuur milieu.*

25 g blad werd aan een terugvloeikoeler onder $CO_2$ gedurende 10 minuten uitgekookt met 100 cm³ water. Na afkoeling onder $CO_2$ werden de bladresten afgefiltreerd. In 20 cm³ van het filtraat werd na toevoeging van 4 cm³ 12 n $H_2SO_4$ het vitamine C getitreerd met jodium.

### c. *De bepaling met behulp van de ascorbinezuur-oxydase.*

25 g blad werd onder koolzuur met 100 cm³ acetaatbuffer ($pH = 5{,}5$ volgens Walpole) uitgekookt. Van het extract werd 20 cm³ getitreerd met jodium in zuur milieu (zie sub b). Vervolgens werd door een waschflesch met 50 cm³ van het extract en 5 cm³ enzyme-oplossing (bereid volgens Spruyt en Donath[9]) uit de peulen van *Moringa oleifera*) gedurende 30 minuten bij 30° C een langzame luchtstroom gezogen, waardoor het vitamine C wordt geoxydeerd tot dehydro-ascorbinezuur. Daarna werd 20 cm³ wederom getitreerd met jodium in zuur milieu. Uit het verschil tusschen de titraties vóór en na de behandeling met oxydase werd het gehalte aan ascorbinezuur berekend.

---

*) Dit artikel werd in een eenigszins anderen vorm ook opgenomen in het *Arch. v. d. Theecultuur* 1940.

1) Miura en Tsujimura, *J. Agric. Chem. Soc. Japan I*, (1924) *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Res. (Tokyo), 20*, 129, (1933).

2) Miura en Okabe, *Publ. Assoc. Tea Merchants*, Feb. 1926.

3) J. R. Murlin, *Tea & Coffee Trade J. 53*, 1257 (1927).

4) H. A. Mattill en A. D. Pratt, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 26*, 82 (1928).

5) Suttekichi Maruyama, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Res. (Tokyo), 27*, 10 (1935).

6) H. S. Mitchell, *Tea & Coffee Trade J. 56*, 756 (1929).

7) vide M. van Eekelen, *Chem. Weekblad 35*, 570 (1938).
O. A. Bessey, *J. Am. Med. Assoc. 111*, 1290 (1938).

8) J. W. Stevens, *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 10*, 269 (1938).

9) J. P. Spruyt en W. F. Donath, *Geneesk. Tijdschr. Nederl.-Indië, 77*, 2601 (1937).

*) Wanneer in dit artikel wordt gesproken over theeblad zonder meer worden p + 2 loten bedoeld. Het blad was afkomstig van theestruiken (*Thea sinensis var. assamica*) uit den proeftuin achter het Proefstation West-Java te Buitenzorg.

**Tabel 1.**

| Monster | Gehalte aan ascorbinezuur in mg/g droge stof | | |
|---|---|---|---|
| | a. Dichloorphenol-indophenol methode | b. Jodium-titratie | c. Met asc. zuuroxydase |
| 1 | 4,2 | 4,5 | 4,0 |
| 2 | 3,8 | 4,0 | 3,7 |
| 3 | 3,9 | 4,0 | 3,7 |
| 4 | 4,3 | 4,2 | — |
| 5 | 4,2 | 4,3 | 3,9 |
| 6 | 5,1 | 5,2 | — |
| 7 | 4,3 | 4,5 | 4,1 |

Uit *tabel 1* blijkt, dat de waarden, verkregen volgens de methoden a en b goed met elkaar overeenstemmen, ondanks de verschillende extractie-methoden. De resultaten, verkregen volgens methode b waren steeds een weinig hooger dan de waarden volgens methode c.

De kleur van een extract van bereide thee is te donker voor de titratie met dichloorphenol-indophenol. In dat geval moest methode b worden toegepast.

Daar de extracten steeds veel looistoffen bevatten, gingen wij den invloed van looistoffen na op de titratie van vitamine C. Aan een oplossing van ascorbinezuur (Cebion, Merck) werden verschillende hoeveelheden amorphe theelooistof [10]) toegevoegd. Daarna werd het ascorbinezuur bepaald volgens methode b. De resultaten waren als volgt:

| | |
|---|---|
| 10 cm³ asc. zuur opl. zonder looistof | 9,68 mg asc. zuur |
| 10 „ „ „ „ + 100 mg looistof | 9,65 „ „ „ |
| 10 „ „ „ „ + 200 „ „ | 9,74 „ „ „ |
| 10 „ „ „ „ + 300 „ „ | 9,59 „ „ „ |

Theelooistof beïnvloedt de titratie dus niet.

Volgens de gegevens in *tabel 2* was een extractie met kokend water onder $CO_2$ gedurende 10 minuten voldoende.

**Tabel 2.**

| Monster A | | Monster B | |
|---|---|---|---|
| Extractieduur | mg asc. zuur/g droge stof | Extractieduur | mg asc. zuur/g droge stof |
| 5 min. | 3,78 | 5 min. | 4,23 |
| 10 „ | 3,49 | 10 „ | 4,29 |
| 15 „ | 3,85 | 15 „ | 4,30 |

Het gehalte aan ascorbinezuur in de verschillende deelen van een jonge theeloot en in oud blad wordt vermeld in onderstaande *tabel* (volgens methode b).

**Tabel 3.**

| Monster | Ascorbinezuur in mg/g droge stof |
|---|---|
| Pecco | 4,1 |
| 1e blad | 4,4; 4,4 |
| 2e blad | 3,6; 4,7; 4,5 |
| 3e blad | 4,2; 4,5; 3,9 |
| 5e blad | 3,1; 3,4 |
| Steel | 1,6; 1,7 |
| Oud blad | 2,8; 2,1 |

10) W. B. Deijs, *Rec. trav. chim., 58*, 805 (1939).

## De bepaling van dehydro-ascorbinezuur in versch theeblad.

Ten einde na te gaan, of in versch theeblad dehydro-ascorbinezuur voorkomt, werden de volgende proeven genomen. In een extract van theeblad (acetaatbuffer $pH = 5,5$) werd het gehalte aan ascorbinezuur bepaald. Een gedeelte van het extract werd verzadigd met $H_2S$ en in een ijskast bewaard, waarbij het dehydro-ascorbinezuur werd gereduceerd tot ascorbinezuur. Den volgenden dag werd het $H_2S$ verdreven door $CO_2$; daarna voegden wij op elke 10 cm³ vloeistof 2 cm³ 12 n $H_2SO_4$ toe, waarna nog gedurende korten tijd $CO_2$ werd doorgeleid. De aldus behandelde oplossing werd getitreerd met jodium. Uit het verschil tusschen de titratie na en voor de behandeling met $H_2S$ berekenden wij het gehalte aan dehydro-ascorbinezuur. Dit varieerde van 0,2 mg tot 0,6 mg per gram droge stof.

## Ascorbinezuur in flensblad en in bereide thee.

Tijdens het verflensen daalt het gehalte aan ascorbinezuur tot 20 à 25% van het gehalte in versch blad. Slechts ca 12% van het ascorbinezuur was hierbij overgegaan in dehydro-ascorbinezuur. De rest moet dus verder zijn afgebroken, misschien via dehydro-ascorbinezuur.

Ook wanneer bij een lagere temperatuur verflenst werd, nam het gehalte aan ascorbinezuur af, doch in mindere mate dan tijdens een verflensing bij kamertemperatuur (27 — 29° C). Werd het theeblad bewaard in een ruimte, waardoor met waterdamp verzadigde lucht gezogen werd, zoodat het blad geen vocht kon verliezen, dan bleek het gehalte aan ascorbinezuur ook sterk af te nemen, doch minder sterk dan tijdens een normale verflensing. Uit deze laatste proef volgt, dat het gehalte aan ascorbinezuur tijdens het verflensen niet uitsluitend daalt ten gevolge van vochtigheid, doch dat ook het tijdsverloop na het plukken van het blad het verlies aan ascorbinezuur bepaalt.

Het is bekend, dat flensblad, met de afgesneden steeltjes in water geplaatst, weer turgescent wordt. Wij toonden aan, dat het gehalte aan ascorbinezuur vrijwel niet veranderde, wanneer flensblad met een watergehalte van ca 63% gedurende 8 en 14 uren in water werd geplaatst. Het flensblad bevatte n.l. 1,26 mg ascorbinezuur per g droge stof; na de opneming van water was het gehalte resp. 1,31 en 1,10 mg.

Wanneer versch theeblad zonder meer in een mortier goed gekneusd werd, kon reeds na korten tijd geen vitamine C meer worden aangetoond. Het behoeft dus geen verwondering te baren, dat bij de bereiding van zwarte thee al het ascorbinezuur verdwijnt tijdens het rollen, zoodat in zwarte thee geen ascorbinezuur meer werd gevonden. Evenmin bleek zwarte thee dehydro-ascorbinezuur te bevatten.

## Ascorbinezuur-oxydase in theeblad.

Roberts [11]) heeft kunnen aantoonen, dat in theeblad een thermolabiele katalysator voorkomt, welke de oxydatie van ascorbinezuur bewerkstelligt.

11) E. A. H. Roberts, *Bioch. J. 33*, 836 (1939).

Wij konden dit volkomen bevestigen. Door koken met water en door 3%-ig metaphosphorzuur wordt dit enzyme onwerkzaam.

Overeenkomstig het voorschrift van Spruyt en Donath[9]) konden wij uit theeblad een enzymepreparaat bereiden, hetwelk de eigenschappen van vitamine C-oxydase bleek te bezitten.

Door 700 gram versch theeblad te malen en daarna uit te persen door een doek verkregen wij 240 cm³ perssap. Dit perssap bleek geen ascorbinezuur meer te bevatten. Daarna voegden wij 12 g ammoniumsulfaat toe; de oplossing werd gedurende een nacht in een ijskast bewaard. Den volgenden dag werd gecentrifugeerd; aan de heldere oplossing werd 84 g ammoniumsulfaat toegevoegd, waarbij de enzymen neersloegen. Het enzymenpreparaat werd afgecentrifugeerd en gesuspendeerd in 30 cm³ gedestilleerd water. De activiteit van deze enzyme-suspensie werd bepaald met behulp van „Cebion Merck" in acetaatbuffer *p*H = 5,5. De activiteit bleek vrijwel gelijk te zijn aan die van het door Spruyt en Donath uit *Moringa oleifera* verkregen preparaat.

De invloed van de *p*H op de enzyme-activiteit werd bepaald; hiervoor maakten wij gebruik van acetaatbuffers (Walpole) en van citraatphosphaatbuffers (Mc. Ilvaine). Door een waschflesch, gevuld met 50 cm³ bufferoplossing, 5 cm³ van een oplossing van ascorbinezuur (350 mg in 50 cm³ water) en 10 cm³ van een verdunde enzyme-oplossing werd gedurende 20 min. bij 30° C een langzame luchtstroom geleid. Naast elke proef werd een blanco bepaling verricht, waarbij de enzyme-oplossing vervangen werd door 10 cm³ water, om de autoxydatie van het ascorbinezuur in rekening te kunnen brengen. Na 20 min. werd 20 cm³ getitreerd volgens Stevens[8]) met jodium in zuur milieu. De *p*H van het milieu werd bepaald met behulp van een glaselectrode. De optimale *p*H was 5,1 à 5,2 (phosphaatcitraatbuffer 5,1; acetaatbuffer 5,2); zie *fig. 1.*

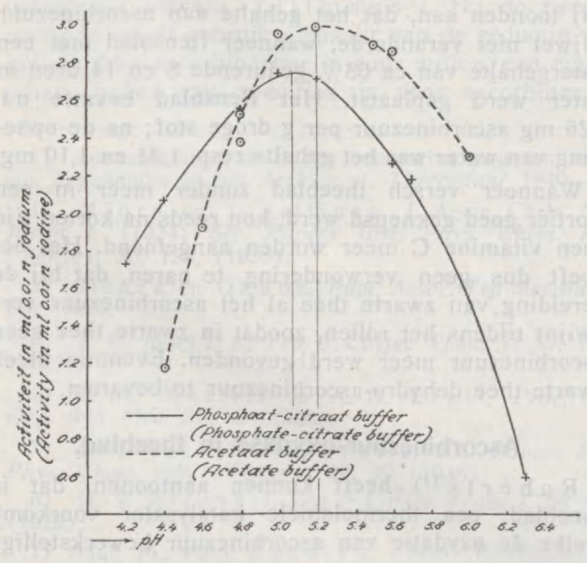



*Fig. 1.*

## Vitamine C in groene thee.

De bereiding van groene thee verschilt van de bereiding van zwarte thee voornamelijk hierin, dat tijdens eerstgenoemde bereiding geen, of practisch geen fermentatie optreedt. Wanneer wij de literatuur over de bereiding van groene thee naslaan, blijkt, dat er steeds voor gezorgd wordt, dat door middel van stoomen of door *panfiring* de enzymen reeds in den aanvang van de bereiding onwerkzaam worden. Aangenomen, dat bij de bereiding van zwarte thee het vitamine C althans voor een groot gedeelte verdwijnt ten gevolge van enzymatische werkingen, achtten wij het waarschijnlijk, dat groene thee zóó kan worden bereid, dat het eindproduct nog vitamine C bevat. Ten einde dit na te gaan hebben wij in het laboratorium op twee manieren groene thee bereid:

a) Het versch geplukte blad werd gedurende een half uur verhit in een electrische droogstoof, welke afgeregeld was op 98° C. Daarna werd het blad gekneusd in een z.g. vleeschmolen ter imitatie van het rollen, en ten slotte gedroogd in een droogstoof bij 98° C. Na het rollen van het blad trad geen fermentatie op, zoodat wij konden aannemen, dat de fermenten reeds in den aanvang van de bereiding onwerkzaam waren geworden. Het eindproduct bleek echter geen vitamine C te bevatten. Wij achten het waarschijnlijk, dat bij de verhitting in de droogstoof de temperatuur in het blad te langzaam steeg, zoodat de werkelijke temperatuur van het blad geruimen tijd vrijwel optimaal bleef voor de enzymewerking; daardoor was het vitamine C reeds geoxydeerd, voordat de temperatuur zóó hoog was, dat de enzymen onwerkzaam werden.

b) Het versche blad werd onmiddellijk na het plukken gedurende 5 minuten behandeld met stoom. Daarna stelden wij het gestoomde blad op een rekje van gegalvaniseerd ijzergaas bloot aan een warmen luchtstroom, waarbij het vochtgehalte afnam. Vervolgens werd gerold en gedroogd (zie bereiding a). De op deze wijze bereide groene thee bevatte nog veel vitamine C, n.l. ongeveer 3 mg per gram droge stof. Dit is ongeveer 70% van de hoeveelheid ascorbinezuur, welke voorkwam in het versche blad. Uit deze proeven volgt, dat wanneer het versche blad gestoomd wordt de enzymen snel onwerkzaam worden, zoodat het vitamine C slechts weinig kans krijgt te oxydeeren. De tegenstrijdige gegevens in de literatuur over het gehalte aan vitamine C in groene thee schrijven wij op grond van deze proefnemingen gedeeltelijk toe aan de verschillende methoden voor de bereiding van het product. Het is wel mogelijk, dat ook door middel van een doeltreffende *panfiring* het vitamine C gehandhaafd blijft, doch dan zal ervoor gezorgd moeten worden, dat de temperatuur in de bladmassa zoo snel stijgt, dat de enzymen zeer spoedig onwerkzaam worden. De temperatuur mag echter ook niet te hoog worden, daar dan ontleding van vitamine C te verwachten is.

Harler[12]) zegt: *„If there is only a small lack of a certain vitamin in a given diet, the addition of tea might supply sufficiently to prevent the appearance*

12) C. R. Harler, vide W. H. Ukers, All about tea I, p. 550, New York (1935).

*of the characteristic deficiency disease*". Inderdaad volgt uit bovenstaande onderzoekingen, dat een tekort aan vitamine C door het gebruik van groene thee aangevuld kan worden, mits de thee op doeltreffende wijze bereid is.

In hoeverre het vitamine C in groene thee houdbaar is gedurende het bewaren, is door ons nog niet nagegaan.

Uit de publicatie van Miura en Tsujimura [1]) volgt, dat het vitamine C in groene thee gedurende 2 à 3 jaren houdbaar is, mits de thee goed bewaard wordt.

## De invloed van ascorbinezuur en van ascorbinezuur-oxydase op de fermentatie van thee.

Zooals in de inleiding werd medegedeeld, hebben wij den invloed van vitamine C en van ascorbinezuur-oxydase onderzocht op de fermentatiesnelheid. Als criterium voor de fermentatie namen wij de kleur van het extract, welke tijdens de fermentatie donkerder wordt. Uit de resultaten van onderstaande proeven volgde, dat toevoeging van ascorbinezuur tijdens de fermentatie remmend werkte op de ontwikkeling van de kleur. Wij moeten dus aannemen, dat bij aanwezigheid van het sterk reduceerende ascorbinezuur de gekleurde chinoïde oxydatie-producten van de theelooistof niet kunnen ontstaan; zelfs bleken deze chinonen, wanneer zij eenmaal gevormd waren, gereduceerd te worden door ascorbinezuur (zie *fig. 2*).

Het was ook opmerkelijk, dat na gelijke fermentatietijden de geur bij de proeven, waarbij in het begin der fermentatie ascorbinezuur was toegevoegd, duidelijk minder was dan wanneer geen vitamine C was toegevoegd.

Door toevoeging van ascorbinezuur plus ascorbinezuur-oxydase werd de snelheid der fermentatie niet verhoogd. Integendeel, wij konden in beide gevallen een eenigszins langzamere fermentatie waarnemen.

Roberts [11]) neemt in een zijner publicaties aan, dat het voor de fermentatie van thee benoodigde $H_2O_2$ ontstaat bij de oxydatie van ascorbinezuur door ascorbinezuur-oxydase. Hij geeft een schema voor de fermentatie van thee, hetwelk gebaseerd is op een ademhalingsschema voor planten, welke ascorbinezuur en peroxydase bevatten (zie Szent-Györgyi [13]). Volgens bovengenoemde publicatie van Roberts zou de snelheid van de fermentatie uitsluitend worden bepaald door de hoeveelheid of de activiteit van de ascorbinezuur-oxydase. Volgens onze proefnemingen kan deze opvatting niet juist zijn. Roberts heeft dit zelf ook ingezien blijkens zijn meest recente publicatie [14]).

In het onderstaande wordt de uitvoering van onze proeven nader beschreven.

### a. *Toevoeging van ascorbinezuur.*

30 g flensblad (watergehalte 58,5%) werd fijngewreven in een mortier en daarna geëxtraheerd met 400 cm³ phosphaatbuffer $pH = 6{,}24$ gedurende 15 min. bij kamertemperatuur. Door centrifugeeren werden de bladresten verwijderd. De fermentatieproeven werden uitgevoerd in waschflesschen, geplaatst in een thermostaat van 30° C; door de waschflesschen leidden wij een langzamen luchtstroom. Een der waschflesschen bevatte 150 cm³ extract, de andere 150 cm³ extract met 50 mg ascorbinezuur. Na $3\frac{1}{2}$ uur fermenteeren voegden wij aan de vloeistof in eerstgenoemde waschflesch 50 mg ascorbinezuur toe.

Na verschillende fermenteertijden werden uit beide waschflesschen monsters van 20 cm³ genomen. Door 5 minuten koken aan een terugvloeikoeler werd de enzyme-werking in deze monsters stopgezet. Daarna werd verdund met 50 cm³ gedestilleerd water. Om een volkomen heldere oplossing te verkrijgen werd gecentrifugeerd na toevoeging van 1 g kaoline. Dit laatste bleek geen gekleurde stoffen te adsorbeeren. De intensiteiten der kleuren van de monsters werden vergeleken in een tintometer van Hellige. De cijfers voor de kleur op de ordinaat in *figuur 2* geven dus geen absolute, doch slechts relatieve waarden weer.

### b. *Toevoeging van ascorbinezuur-oxydase.*

2 monsters van 50 g flensblad, waarvan de steeltjes verwijderd waren ten einde een meer juiste monsterneming mogelijk te maken, werden gemalen in een vleeschmolen en daarna in een vochtige ruimte bij 25° C gefermenteerd. Een der monsters gemalen blad vermengden wij direct na het malen met 5 cm³ oplossing van ascorbinezuur-oxydase (zie p. 28), het andere monster werd vermengd met 5 cm³ water. Op bepaalde tijden werd van elk der beide proeven een monster van 7,5 g met 150 cm³ water gedurende 5 minuten uitgekookt aan een terugvloeikoeler. Na filtratie verdunden wij 1 deel

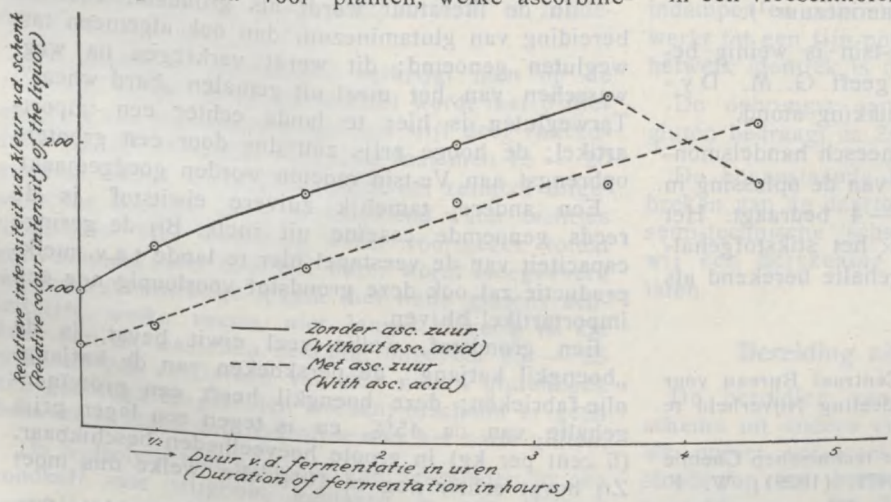



*Fig. 2.*

13) A. Szent Györgyi, *Ber. 72*, 53 (1939).

14) E. A. H. Roberts, *Bioch. J. 34*, 500 (1940).

oplossing met 2 deelen water. Vervolgens werd gecentrifugeerd, waarna de intensiteiten van de kleuren der extracten werden vergeleken.

c. *Toevoeging van ascorbinezuur plus ascorbinezuur-oxydase.*

De 3 monsters gemalen flensblad, welke wij naast elkaar lieten fermenteeren, hadden de volgende samenstelling:

Monster 1. 50 g blad, 100 mg ascorbinezuur in 10 $cm^3$ water.
Monster 2. 50 g blad, 100 mg ascorbinezuur in 5 $cm^3$ water, 5 $cm^3$ enzyme-oplossing (verkregen uit *Moringa oleifera*).
Monster 3. 50 g blad, 10 $cm^3$ water.

De verdere uitvoering van deze proef was gelijk aan die, beschreven onder b.


## Summary

The ascorbic acid (vitamin C) content in tea leaf has been determined by means of titration with dichlorophenol-indophenol or iodine in an acid medium and with the aid of ascorbic acid-oxidase, isolated from *Moringa oleifera*.

During withering the ascorbic acid content decreases to about 20% of the content in the original fresh leaf. The decrease only for a small amount resulted in the formation of dehydro-ascorbic acid. From our experiments we conclude that the decrease of the ascorbic acid content during withering is not only due to the loss of moisture but that also the time after plucking influences the loss of ascorbic acid.

The older leaves and the stalk contain less ascorbic acid than younger leaves.

From tea leaves we could isolate an enzyme preparation which showed the properties of an ascorbic acid-oxidase in a high degree. We found the optimal *p*H for the activity of the enzymatic oxidation of ascorbic acid to be about 5,2.

By means of steaming the fresh leaf it was possible to make green tea, containing about 70% of the vitamin C originally present in the fresh leaves.

Adding ascorbic acid during fermentation decreased the formation of colour and flavour.

The rate of fermentation was not influenced by adding ascorbic acid-oxidase or by adding ascorbic acid plus ascorbic acid-oxidase.


Buitenzorg, Februari 1941.

# Bereiding van Ve-tsin*)

door

ir. G. H. W. DOUWES DEKKER en ir. E. K. E. HALEWIJN.

## Inleiding.

Ve-tsin is de handelsnaam voor een wit, vlokkig poeder, dat als smaakstof („gourmet-powder") wordt gebruikt bij de bereiding van soepen en andere gerechten. Het product werd tot voor kort hier te lande uitsluitend geïmporteerd uit China (verleden jaar werd te Djocja de Culina Food Products Co. opgericht, die het product thans in den handel brengt) en bestaat evenals het Japansche „Aji-no-moto" grootendeels uit het natriumzout van glutaminezuur [1]).

Omtrent de bereiding van Ve-tsin is weinig bekend. Een beschrijving hiervan geeft G. M. Dyson [2]), welke ons niet ter beschikking stond.

Bij het onderzoek van een Chineesch handelsmonster Ve-tsin bleek ons, dat de *p*H van de oplossing in water bij kamertemperatuur 3 — 4 bedraagt. Het eiwitgehalte (berekend als 6,25 × het stikstofgehalte) is ongeveer 37%, het chloorgehalte berekend als NaCl ongeveer 18%.

## De grondstof.

De beste grondstof is die, welke geheel uit eiwitten bestaat, welke bij hydrolyse een maximale hoeveelheid glutaminezuur geven.

De verschillende eiwitsoorten geven namelijk een hydrolysaat van verschillende samenstelling. Zoo is bijv. de opbrengst aan glutaminezuur bij hydrolyse van ei-albumine 9,5%; van caseïne 11,0%; van lijnzaadproteïnen 11,6%; van wol 12%; van gliadine (tarwegluten) 37% [3]).

In de literatuur wordt als grondstof voor de bereiding van glutaminezuur dan ook algemeen tarwegluten genoemd; dit wordt verkregen na wegwasschen van het meel uit gemalen „hard wheat". Tarwegluten is hier te lande echter een importartikel; de hooge prijs zou dus door een grootere opbrengst aan Ve-tsin moeten worden goedgemaakt.

Een andere, tamelijk zuivere eiwitstof is de reeds genoemde caseïne uit melk. Bij de geringe capaciteit van de veestapel hier te lande t.a.v. melkproductie zal ook deze grondstof voorloopig nog een importartikel blijven.

Een grondstof, welke veel eiwit bevat, is de „boengkil katjang", de perskoeken van de katjang-olie-fabrieken; deze boengkil heeft een proteïnengehalte van ca 45%, en is tegen een lagen prijs (6 cent per kg) in groote hoeveelheden beschikbaar. Zij bevat echter nog ca 10% olie, welke dus moet

*) 15de Mededeeling van het Centraal Bureau voor Technische Onderzoekingen der Afdeeling Nijverheid te Buitenzorg.

1) Ullmann, Enzyklopädie der technischen Chemie V, bldz. 801; *Chem. Ind. 52*, 1471 (1929); W. F. Donath, *Lanbouw 7*, 725 (1931 — 32).

2) G. M. Dyson, *Chem. Age 15*, 393 (1926).

3) Ullmann, Enzykl. d. tech. Chem., V, bladz. 800.

worden verwijderd, hetzij door extractie, hetzij met andere middelen. Verder zijn nog koolhydraten aanwezig, welke bij de hydrolyse mee-„gekraakt" worden en verontreinigingen in het filtraat brengen.

Hetzelfde geldt voor sojaboonenmeel en de pers- of extractiekoeken daarvan; ontvet sojaboonenmeel bevat ca 40% proteïnen.

In nog sterkere mate geldt dit nadeel van hydrolysaat-verontreiniging voor eiwithoudende grondstoffen als bijv. rijstkiempjes (bevatten ca 20% eiwit), maïskiempjes, enz.; hier zou een eiwitextractie dus zeker op haar plaats zijn.

Wij isoleerden deze eiwitten met succes door extractie met verdunde ammoniak, met verdunde natronloog, of met water, gevolgd door coagulatie met een weinig calciumchloride en afscheiding der neergeslagen eiwitten in een Laval-separator. Ook filtratie is mogelijk, doch deze gaat zeer langzaam door de slijmerige consistentie der proteïnen; een filtreerversneller (vollersaarde, kiezelgoer, „Speedex", enz.) kan hier echter goede diensten bewijzen.

Resumeerend kunnen wij dus de grondstoffen, welke in aanmerking komen voor de bereiding van Ve-tsin, als volgt samenvatten: *1)* tarwe-gluten (uit „hard wheat"), *2)* caseïne (ook: wol, hoorn, enz.), *3)* perskoeken of extractiekoeken van aardnoten (boengkil) en sojaboonen, *4)* geëxtraheerde proteïnen (uit aardnoten, sojaboonen, rijstkiempjes, maïskiempjes, enz.).

## De bereiding van Ve-tsin uit tarwegluten.

De in de literatuur algemeen opgegeven bereidingswijze van glutaminezuur is: het hydrolyseeren van tarwegluten met sterk zoutzuur bij ca 130°, in glazen of steenen vaten, voorzien van een lange opstaande buis, gedurende 10 à 24 uren. Het filtraat wordt tot ca 1/3 van het volume ingedampt, zoutzuurgas ingeleid tot verzadiging, een nacht in ijs gezet ter uitkristallisatie, de afgezogen kristallen (chloorhydraat van glutaminezuur) met alcohol nagewasschen, opgelost in weinig water en door partieele neutralisatie met soda omgezet in een oplossing van natriumchloride en glutaminezuur, waaruit door uitkristalliseeren het glutaminezuur is af te zonderen.

Het gluten uit tarwemeel verkrijgt men op de volgende wijze: 4 kg tarwemeel wordt met 3 liter water in een pan gekneed tot een stijf deeg (kneedduur ca 20 minuten). Het deeg laat men 15 — 20 minuten staan; vervolgens wordt het zetmeel uitgewasschen door het deeg in stroomend water zachtjes te kneden. Het wasschen wordt voortgezet, totdat geen zetmeel meer door het water wordt meegevoerd en een rubberachtige massa (het natte gluten) achterblijft, welke massa niet langer kleverig is. De duur van dit wasschen bedraagt ongeveer 25 — 35 minuten. Na verkleinen van den natten glutenkoek kan gedroogd en gemalen worden, ofschoon er geen bezwaar is tegen een hydrolyse van het natte gluten.

De hydrolyse met zoutzuur kan geschieden in een rondkolf met stijgbuis, geplaatst in een oliebad, waarbij gedurende ca 18 uren zacht gekookt wordt. Deze methode eischt veel tijd en veel warmteverbruik; het is daarom beter van een autoclaaf gebruik te maken, waardoor de hydrolyse-tijd tot 3 à 4 uren wordt teruggebracht.

Men plaatst bijv. een glazen vat, waarin 1 kg droog tarwegluten met 3 kg geconc. zoutzuur goed gemengd zijn, in een waterbad in een autoclaaf; na verhitting gedurende ongeveer 5 uren op ca 135° C is de hydrolyse volledig. Het warme hydrolysaat wordt afgezogen (gefiltreerd), waarbij aandacht moet worden geschonken aan het filtreerend medium, dat zuurvast dient te zijn (voor kleine hoeveelheden met korten afzuigtijd zijn echter 3 lagen filtreerpapier voldoende). Op het filter blijft een zwart residu van vaste afbraakproducten achter, dat na droging ca 65 g weegt. Na uitwasschen van den filterkoek met water bestaat het heldere gele filtraat uit ca 3 500 $cm^3$ hydrolyse-vloeistof van ca 22° Bé. Deze oplossing wordt, al of niet in vacuum, ingedampt tot ca $\frac{1}{3}$ van het volume en vervolgens gedurende 1 à 2 nachten met rust gelaten. Er zet zich dan op den bodem een kristalbrij af van het chloorhydraat van glutaminezuur. Deze kristallen worden afgezogen en uitgewasschen met weinig ijskouden, met zoutzuurgas verzadigden, alcohol.

Het tweede filtraat wordt opnieuw ingedampt, vervolgens geplaatst in een mengsel van ijs en zout, en zoutzuurgas ingeleid tot verzadiging, waarna men het weer één nacht laat uitkristalliseeren. Vervolgens weer afzuigen en uitwasschen, en voegen bij de reeds verkregen kristallen.

Aangezien de kristallen nog lichtgeel van kleur zijn door ingesloten verontreinigingen, verdient het aanbeveling ze in weinig warm water op te lossen en met zoutzuurgas weer neer te slaan.

De aldus verkregen glutaminezuur-chloorhydraatkristallen worden nu opnieuw in water opgelost, de oplossing eventueel gebleekt met ontkleuringskool en geneutraliseerd met een soda-oplossing van ca 40° Bé, tot lakmoespapier paarsblauw gekleurd wordt. Men heeft dan een oplossing van ca 1 400 $cm^3$ van ca 9° Bé. Deze oplossing, welke in hoofdzaak natriumglutaminaat en keukenzout bevat, wordt dan door indampen en uitkristalliseeren, drogen en malen verwerkt tot een fijn poeder, lichtgeel tot wit van kleur, hetwelk identiek is met „Ve-tsin" of „Aji-no-moto".

De opbrengst aan Ve-tsin uit 1 kg droog tarwegluten bedraagt ca 240 gram, dus ca 24%.

De bovenstaande bereiding kon wegens het ontbreken van de daartoe benoodigde apparaten niet op semi-technische schaal worden uitgevoerd, zoodat wij een berekening van den kostprijs achterwege laten.

## Bereiding uit andere grondstoffen.

De bereiding van Ve-tsin volgens bovenstaand schema uit andere eiwithoudende grondstoffen, zooals ontvet sojameel, caseïne, biergist, enz. stuit steeds op het bezwaar van het zeer moeilijk uitkristalliseeren van glutaminezuur. De grootere hoeveelheid der strooperige verontreinigingen, welke

deze grondstoffen na hydrolyse opleveren, vertragen, dan wel beletten het uitkristalliseeren dusdanig, dat zij door ons voor de bereiding van Ve-tsin als niet geëigend worden beschouwd.

Voor *vloeibare smaak-stoffen* (Maggi, enz.) waarbij een donkere kleur geen bezwaar is en waarbij geen uitkristallisatie-proces noodig is, leenen de genoemde grondstoffen zich echter uitstekend.

Zoo werden door ons uit caseïne, uit ontvette kedelé en uit biergist-afval zeer bruikbare „Maggi"-vloeistoffen bereid.

**Samenvatting.**

1°. Voor de bereiding van Ve-tsin is men aangewezen op de grondstof *tarwegluten*.

2°. Andere eiwithoudende grondstoffen (biergist, soja, caseïne, enz.) leveren bij de hydrolyse een hoeveelheid strooperige verontreinigingen, welke het uitkristalliseeren van glutaminezuur-chloorhydraat in hooge mate vertragen dan wel beletten.

3°. Voor de bereiding van „maggi"-vloeistof zijn deze andere eiwitgrondstoffen echter zeer goed bruikbaar.

Buitenzorg, November 1940.

## BOEKBESPREKING.

A. Slooff, Het bepalen van chloor, broom en jodium in organische verbindingen door hydreering. Dissertatie. Uitgever N. V. W. D. Meinema, Delft, 1939.

Deze dissertatie vormt een waardevolle bijdrage tot de semimicrobepalingsmethoden van de halogenen in organische verbindingen. De methode berust op de hydreering van de halogeenhoudende stoffen bij hooge temperatuur. Volgens Heslinga en ter Meulen zou de hydreering slechts dan kwantitatief verloopen, indien de waterstof met ammoniak gemengd werd in een bepaalde verhouding. Slooff heeft echter aangetoond, dat de hydreering uitsluitend met waterstof kan geschieden, mits men zorg draagt voor een volledige absorptie van de gevormde halogeenwaterstof, hetgeen eenvoudig wordt bereikt door een laag watervrij natriumcarbonaat, welke op een bepaalde temperatuur wordt gehouden. De bepaling van de halogenen geschiedt titrimetrisch volgens Volhard. Volgens deze methode kunnen hoeveelheden van resp. 7 mg chloor, 8 mg broom en 13 mg jodium worden bepaald met een nauwkeurigheid van 1%. De methode leent zich zeer goed voor seriebepalingen. Hoofdstuk VI behandelt de kwantitatieve bepaling van halogeen in organische verbindingen door hydreeren met zuiver ammoniakgas bij gloeitemperatuur.

Voorts worden de evenwichtsreacties besproken, welke gedurende de bepaling plaats hebben.

Th. M. Meijer.

E. S. Miller, Quantitative biological spectroscopy, Burgess Publishing Company, Minneapolis (Minn.), 1939, 213 pp., 21 × 27 cm.

De titel van deze gestencilde publicatie, welke een overzicht over de geheele kwantitatieve absorptie-spectroscopie bedoelt te geven, dekt den inhoud niet geheel. Eenerzijds beperkt zij zich geenszins tot biologische, doch worden ook zuiver chemische en physisch-chemische onderwerpen besproken; anderzijds wordt de kwantitatieve emissie-spectraalanalyse, welke belangrijke toepassing op biologisch gebied vindt, er in het geheel niet in behandeld. Het boek zal zeker van groote waarde zijn voor ieder, die zich op een of ander gebied, waarin spectroscopie te pas komt, wenscht te oriënteeren. Een greep uit den inhoud moge dit illustreeren: spectrophotometric instruments, methods; basis of absorptionspectra; sources of error; thermopiles, photoelectric cells and amplifiers; applications to chemistry, to determination of structure; infra-red spectroscopy; absorption spectra of vitamins, cytochromes and other pigments; the application of quantitative spectral analysis to plant pigment inheritance studies.

De behandeling van verschillende onderwerpen komt mij minder evenwichtig en verzorgd voor; bovendien ontsieren tal van drukfouten den tekst. Een geannoteerde lijst van 163 literatuuropgaven besluit het werk.

L. W. J. Holleman.