8e JAARGANG
NUMMER 2

FEBRUARI
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: De berekening van den elastisch-symmetrischen staafboog met verstijvingsligger, door ir. O. Bax Stevens. — *Berichten van allerlei aard.* — *Ontvangen geschriften.* — *Personalia.* — *Koninklijk Inst. v. Ingenieurs:* Bestuursmededeelingen.

De berekening van den elastisch-symmetrischen staafboog met verstijvingsligger

door

ir. O. BAX STEVENS,

Beroepsassistent voor Technische Mechanica aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng.

Korte inhoud.

Onder een elastisch-symmetrischen doorgaanden staafboog met verstijvingsligger en stijfheidsverhouding n wordt hier verstaan een ligger, waarbij de stijfheden van de onder- en bovenrandstaaf in ieder veld zich verhouden als $n : 1$.

Indien bij dergelijke constructies de hangers, wat betreft de opname van de buiging, volkomen slap zijn, zoo is de stijfheidsverhouding n niet aan een bepaalde waarde gebonden, in tegenstelling met raamliggers, waarbij de hangers een zekere stijfheid tegen buiging bezitten en elastische symmetrie tusschen onder- en bovenrand alleen mogelijk is wanneer $n = 1$.

Is een doorgaande staafboog met verstijvingsligger elastisch-symmetrisch en wordt uitsluitend de vormverandering door de buiging in beschouwing genomen, dan kunnen, wat de berekening van de krachtsverdeeling betreft, de stijfheden van onder- en bovenrand te zamen opgehoopt gedacht worden in den doorgaanden boog, dan wel in den rechten ligger. In het eerste geval kan de constructie blijkbaar teruggebracht worden tot een aequivalenten stijven boog met slappen trekband en in het tweede geval tot een aequivalenten rechten ligger met slappen staafboog, welke constructies beide éénvoudig statisch onbepaald zijn.

Hieruit volgt dat de schoorkracht H van den staafboog onafhankelijk is van de stijfheidsverhouding n.

Alleen wanneer de constructie elastisch-symmetrisch is mogen de zoogenaamde totale buigende momenten in de aequivalente constructie, over de onder- en bovenrandstaven van de oorspronkelijke constructie in de verhouding van hunne stijfheden verdeeld worden.

Door de lengteveranderingen ingevolge de normaalkracht in de hangers wordt de elastische symmetrie verstoord, aangezien deze alleen aanwezig is wanneer de verticale afstand tusschen overeenkomstige knooppunten van onder- en bovenrand onveranderlijk blijft.

De schoorkracht H voor de verschillende standen van den last wordt ten gevolge van alle lengteveranderingen door de normaalkracht in de staven kleiner, dan wanneer uitsluitend de buiging in rekening wordt gebracht. Het verdient aanbeveling bij de berekening uit te gaan van de invloedslijn voor H behoorende bij een aequivalenten rechten ligger met slappen staafboog, aangezien hiervoor kleinere waarden gevonden worden dan bij een aequivalenten stijven boog met slappen trekband, doordat bij deze laatste constructie de lengteveranderingen van de hangers de berekening niet beïnvloeden.

Na eenige inleidende beschouwingen wordt aan de hand van een tweetal constructies, waarbij elastische symmetrie tusschen onder- en bovenrand verondersteld wordt, aangegeven hoe de krachtsverdeeling bij statische belasting en de invloedslijnen resp. voor het moment, de dwarskracht en de normaalkracht in de verschillende constructiedeelen bepaald kunnen worden.

Inleiding.

In een vorig artikel (*De Ingenieur in Nederlandsch-Indië* No. 7 en 8 — 1939) werd er reeds op gewezen, dat de berekening van raamliggers aanmerkelijk te vereenvoudigen is door de stijfheden *) van overeenkomstige onder- en bovenrandstaven gelijk te maken.

Werd namelijk uitsluitend de vormverandering door de buiging in rekening gebracht, dan had dit tot gevolg, dat onafhankelijk van de belasting de buigende momenten in overeenkomstige doorsneden van den onder- en bovenrand steeds gelijk waren.

Voor de raamliggers hebben we toen gevonden, dat als gevolg van de omstandigheid dat de verticalen, welke eveneens een zekere stijfheid tegen buiging bezitten, onwrikbaar verbonden zijn met de randen, dit bij geen andere verhouding dan 1 : 1 tusschen de stijfheden van overeenkomstige onder- en bovenrandstaven mogelijk was.

Worden de vormveranderingen door de normaalkracht buiten beschouwing gelaten, dan zijn uiteraard de verticale verplaatsingen van overeenkomstige onder- en bovenrandknooppunten steeds aan elkaar gelijk. Bestaat er nu bovendien tusschen de overeenkomstige onder- en bovenrandstaven van een raamligger een stijfheidsverhouding 1 : 1, dan zijn ook de hoekverdraaiingen van overeenkomstige onder- en bovenrandknooppunten gelijk. Daar dan echter ook de hoekverdraaiingen en verticale verplaatsingen van overeenkomstige doorsneden gelijk zijn, zoo noemden we dergelijke constructies elastisch-symmetrisch.

Worden de verticalen van een raamligger **) volkomen slap gemaakt met betrekking tot de opname van de buiging, dan rijst de vraag of dan ook uitsluitend een stijfheidsverhouding 1 : 1 vereischt is, opdat tusschen onder- en bovenrand elastische symmetrie zal bestaan.

In het volgende zal aangetoond worden dat bij slappe verticalen elke stijfheidsverhouding n mogelijk is.

Indien gewenscht kunnen we bijgevolg de staven van den bovenrand een stijfheid geven, welke in overeenstemming is met de door dezen op te nemen drukkrachten. De benoodigde stijfheid met betrekking tot het opnemen van de buigende momenten zal dan in hoofdzaak geleverd moeten worden door den onderrand.

In dat geval wordt de bovenrand in verhouding tot den onderrand licht en we noemen daarom dergelijke constructies staafbogen met verstijvingsligger.

Willen we echter werkelijk te doen hebben met een staafboog met verstijvingsligger, dan is het beslist noodzakelijk dat de verticalen, die we bij deze constructies voortaan hangers zullen noemen, inderdaad slap zijn, althans een zeer geringe stijfheid tegen buiging bezitten in de richting van het vlak van den ligger.

Met betrekking tot het type van den hier te behandelen ligger, n.l. den staafboog met verstijvingsligger, kunnen we nog opmerken, dat hij ontstaan is uit den gewonen rechten ligger, die, aangezien hij voor grootere overspanningen te zwaar en daardoor te oneconomisch zou worden, versterkt wordt door een staafboog, die daaraan verbonden wordt door slappe hangers. Alle verbindingen tusschen de staven van den boog onderling, van den staafboog met den rechten ligger, alsmede van de hangers met den staafboog en den rechten ligger, zou men misschien scharnierend willen maken, omdat men dan te maken heeft met een éénvoudig statisch onbepaalde constructie, waarbij als eenige onbekende de schoorkracht H van den staafboog optreedt (*fig. 1a*).

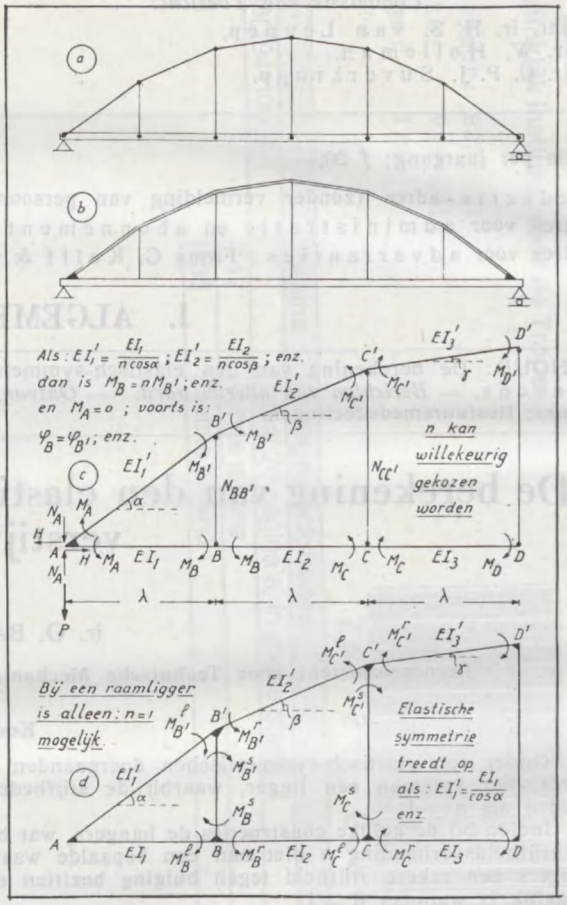


Fig. 1.

Om constructieve redenen worden dergelijke scharnieren echter nooit aangebracht, zoodat de staafboog een doorgaande staafreeks vormt, welke te zamen met den rechten ligger de buigende momenten opneemt (*fig. 1b*).

Onder deze omstandigheden wordt de constructie echter veelvoudig statisch onbepaald. Zoo is de constructie van *fig. 1b* achtvoudig statisch onbepaald.

Aangezien de berekening van dergelijke veelvoudig statisch onbepaalde constructies zeer tijdroovend is, ligt het voor de hand te trachten haar te vereenvoudigen. Een dergelijke vereenvoudiging van de berekening is mogelijk wanneer we den ligger elastisch-symmetrisch maken. Wel is waar wordt daardoor de graad van statische onbepaaldheid in wezen niet verminderd, maar doordat de buigende momenten in den staafboog en den verstijvingsligger in een bepaalde

*) De stijfheid van een staaf tegen buiging is gelijk aan den stijfheidsfactor EI gedeeld door de lengte.

**) Bedoeld is hier een raamligger zonder eindverticalen.

verhouding, gelijk aan de stijfheidsverhouding, tot elkaar komen te staan, houden we een enkele vormveranderingsvergelijking over, waarin als eenige onbekende de schoorkracht H van den staafboog optreedt.

Vermeld zij nog het artikel van dr. ir. J. Emmen in *De Ingenieur* No. 5 — 1940, getiteld: „Het berekenen van boogbruggen met verstijvingsligger en de Rijksbruggenbouw".

Voorwaarde voor het bestaan van elastische symmetrie tusschen den staafboog en den verstijvingsligger.

In *fig. 1c* is een gedeelte van een staafboog met verstijvingsligger voorgesteld.

We zullen nu nagaan aan welke voorwaarde de stijfheidsfactoren tegen buiging van overeenkomstige onder- en bovenrandstaven moeten voldoen, opdat tusschen den staafboog en den rechten ligger elastische symmetrie zal bestaan.

Ten gevolge van een of andere belasting bijv. een verticalen last P in A, zijn in de constructie buigende momenten opgewekt *).

In de doorsnede A, waar onder- en bovenrand samenkomen, zullen in het algemeen naast een moment M_A bovendien nog een horizontale kracht H (= schoorkracht) en een verticale kracht N_A werken.

Worden nu de vormveranderingen door de normaalkracht nadrukkelijk buiten beschouwing gelaten, dan kunnen we opmerken, dat de verticale verplaatsingen van overeenkomstige onder- en bovenrandknooppunten gelijk zijn.

Hieruit volgt, dat de relatieve verticale verplaatsing van A ten opzichte van B' gelijk moet zijn aan die van A ten opzichte van B. Zijn nu $\varphi_{B'}$ en φ_B de hoekverdraaiingen resp. van de knooppunten B' en B dan moet, zooals gemakkelijk nagegaan kan worden:

$$\varphi_{B'}\lambda - \tfrac{1}{2}\frac{M_A\frac{\lambda}{\cos\alpha}}{EI'_1}\cdot\tfrac{1}{3}\lambda + \tfrac{1}{2}\frac{M_{B'}\frac{\lambda}{\cos\alpha}}{EI'_1}\cdot\tfrac{2}{3}\lambda =$$

$$= \varphi_B\lambda + \tfrac{1}{2}\frac{M_A\lambda}{EI_1}\cdot\tfrac{1}{3}\lambda + \tfrac{1}{2}\frac{M_B\lambda}{EI_1}\cdot\tfrac{2}{3}\lambda \quad \ldots (\mathbf{I})$$

Nu is de constructie elastisch-symmetrisch, wanneer de hoekverdraaiingen van overeenkomstige knooppunten van onder- en bovenrand gelijk zijn ($\varphi_{B'} = \varphi_B$, enz.) en aangezien A een onwrikbare verbinding vormt tusschen onder- en bovenrand, zoo volgt hieruit, dat de relatieve hoekverdraaiing van A ten opzichte van B' en van A ten opzichte van B onderling gelijk moeten zijn.

*) De kracht P in A is naar beneden gericht aangenomen. In het algemeen zal echter bij belasting van een of meerdere onderrandknooppunten in A een verticaal naar boven gerichte oplegreactie werken. Voorts blijft het nu volgende betoog onverminderd gelden wanneer ook in de punten B en C lasten aangrijpen. In verband met de hierna volgende afleiding van de voorwaarde voor gelijke hangerkrachten zijn echter opzettelijk terplaatse van B en C geen lasten gedacht.

Derhalve moet ook:

$$-\tfrac{1}{2}\frac{M_A\frac{\lambda}{\cos\alpha}}{EI'_1} + \tfrac{1}{2}\frac{M_{B'}\frac{\lambda}{\cos\alpha}}{EI'_1} =$$

$$= \tfrac{1}{2}\frac{M_A\lambda}{EI_1} + \tfrac{1}{2}\frac{M_B\lambda}{EI_1} \quad \ldots\ldots (\mathbf{II})$$

Uit de vergelijkingen (I) en (II) volgt, daar $\varphi_{B'} = \varphi_B$ verondersteld is:

$$\frac{2M_{B'}}{EI'_1\cos\alpha} - \frac{2M_B}{EI_1} = \frac{M_A}{EI_1} + \frac{M_A}{EI'_1\cos\alpha} \quad \ldots\ldots (\mathbf{I'})$$

$$\frac{M_{B'}}{EI'_1\cos\alpha} - \frac{M_B}{EI_1} = \frac{M_A}{EI_1} + \frac{M_A}{EI'_1\cos\alpha} \quad \ldots\ldots (\mathbf{II'})$$

en dus:
$$\frac{M_{B'}}{EI'_1\cos\alpha} = \frac{M_B}{EI_1} \quad \ldots\ldots (\mathbf{III})$$

of:
$$\frac{M_B}{M_{B'}} = \frac{EI_1}{EI'_1\cos\alpha} = \frac{\frac{EI_1}{\lambda}}{\frac{EI'_1}{\frac{\lambda}{\cos\alpha}}} (= n) \quad \ldots\ldots (\mathbf{III'})$$

d.w.z.: bij een elastisch-symmetrischen staafboog met verstijvingsligger verhouden de buigende momenten in overeenkomstige knooppunten, dus ook in overeenkomstige doorsneden, van onder- en bovenrand zich als de stijfheden van de staven.

Stellen we deze verhouding tusschen de stijfheden van overeenkomstige onder- en bovenrandstaven gelijk aan n (= de stijfheidsverhouding n) dan volgt uit (III'):

$$EI'_1 = \frac{EI_1}{n\cos\alpha} \quad \text{en:} \quad M_B = n\,M_{B'}.$$

Nu blijkt uit (I') of (II') bovendien, dat wanneer een ligger elastisch-symmetrisch is, onafhankelijk van de stijfheidsverhouding n, steeds: $M_A = 0$ is.

De punten waar staafboog en verstijvingsligger samenkomen zijn dus steeds momentnulpunten (zie verder). In A werken dus uitsluitend de schoorkracht H en de verticale kracht N_A.

Bijgevolg is (*fig. 1c*):

$$M_{B'} = N_A\lambda - H\lambda\ \mathrm{tg}\ \alpha$$

en:
$$M_B = P\lambda - N_A\lambda$$

zoodat het totale moment $\bar{M}_B$ gelijk is aan:

$$\bar{M}_B = M_B + M_{B'} = P\lambda - H\lambda\ \mathrm{tg}\ \alpha.$$

Hierin is $P\lambda$ het moment door de belasting en $H\lambda\ \mathrm{tg}\ \alpha$ het ontlastende moment ten gevolge van de schoorkracht H waarmede blijkbaar het eerste moment verminderd moet worden. Daar $\lambda\ \mathrm{tg}\ \alpha$ gelijk is aan de lengte van de staaf BB', zoo is het totale moment $\bar{M}_B$ gemakkelijk te berekenen wanneer eenmaal de schoorkracht H bekend is (zie verder).

Is het totale moment $\bar{M}_B$ bekend, dan volgt uit:

$$\bar{M}_B = M_B + M_{B'} \quad \text{en} \quad M_B = n\, M_{B'}$$

dat: $$M_B = \frac{n}{n+1}\bar{M}_B \quad \text{en} \quad M_{B'} = \frac{1}{n+1}\bar{M}_B .$$

Gaan we nu over tot het tweede veld (*fig. 1c*), dan is de relatieve verticale verplaatsing van B' ten opzichte van C' gelijk aan die van B ten opzichte van C en dus is:

$$\varphi_{C'}\lambda + \tfrac{1}{2}\frac{M_{B'}\frac{\lambda}{\cos\beta}}{E\,I'_2}\cdot\tfrac{1}{3}\lambda - \tfrac{1}{2}\frac{M_{C'}\frac{\lambda}{\cos\beta}}{E\,I'_2}\cdot\tfrac{2}{3}\lambda =$$

$$= \varphi_C\lambda + \tfrac{1}{2}\frac{M_B\lambda}{E\,I_2}\cdot\tfrac{1}{3}\lambda - \tfrac{1}{2}\frac{M_C\lambda}{E\,I_2}\cdot\tfrac{2}{3}\lambda \quad \ldots\ldots \textbf{(IV)}$$

Indien de ligger elastisch-symmetrisch is moet de hoekverdraaiing van C' gelijk zijn aan die van C ($\varphi_{C'} = \varphi_C$), zoodat (**IV**) overgaat in:

$$\frac{M_{B'}}{E\,I'_2\cos\beta} - \frac{M_B}{E\,I_2} = \frac{2\,M_{C'}}{E\,I'_2\cos\beta} - \frac{2\,M_C}{E\,I_2} \quad \ldots\ldots \textbf{(IV')}$$

De relatieve hoekverdraaiing van B' ten opzichte van C' moet dus ook gelijk zijn aan die van B ten opzichte van C, zoodat:

$$\tfrac{1}{2}\frac{M_{B'}\frac{\lambda}{\cos\beta}}{E\,I'_2} - \tfrac{1}{2}\frac{M_{C'}\frac{\lambda}{\cos\beta}}{E\,I'_2} =$$

$$= \tfrac{1}{2}\frac{M_B\lambda}{E\,I_2} - \tfrac{1}{2}\frac{M_C\lambda}{E\,I_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(V)}$$

of: $$\frac{M_{B'}}{E\,I'_2\cos\beta} - \frac{M_B}{E\,I_2} = \frac{M_{C'}}{E\,I'_2\cos\beta} - \frac{M_C}{E\,I_2} \ldots \textbf{(V')}$$

Uit (**IV'**) en (**V'**) met (**III'**) volgt:

$$\frac{M_B}{M_{B'}} = \frac{E\,I_2}{E\,I'_2\cos\beta} = n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(VI)}$$

en dus ook: $$\frac{M_C}{M_{C'}} = \frac{E\,I_2}{E\,I'_2\cos\beta} = n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(VI')}$$

Zal dus de ligger elastisch-symmetrisch zijn, dan is het noodzakelijk dat tusschen de stijfheden van overeenkomstige staven van onder- en bovenrand dezelfde verhouding n bestaat.

Bij de aangenomen draaiingsrichting der momenten $M_{C'}$ en M_C is (*fig. 1c*):

$$M_{C'} = -2\,N_A\lambda + N_{BB'}\lambda + H\lambda(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta)$$

$$M_C = -2\,P\lambda + 2\,N_A\lambda - N_{BB'}\lambda$$

zoodat het totale moment $\bar{M}_C$ nu is:

$$\bar{M}_C = M_C + M_{C'} = -2\,P\lambda + H\lambda(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta).$$

Is H bekend dan is $\bar{M}_C$ te berekenen en volgt uit $M_C = n\,M_{C'}$ dat ook weer:

$$M_C = \frac{n}{n+1}\bar{M}_C \quad \text{en} \quad M_{C'} = \frac{1}{n+1}\bar{M}_C .$$

Op overeenkomstige wijze vinden we voor het derde veld dat:

$$M_D = n\,M_{D'}, \quad \text{wanneer:} \quad E\,I'_3 = \frac{E\,I_3}{n\cos\gamma} .$$

Daar verder:

$$\bar{M}_D = M_D + M_{D'} = 3\,P\lambda - H\lambda(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\gamma)$$

zoo zijn de momenten:

$$M_D = \frac{n}{n+1}\bar{M}_D \quad \text{en:} \quad M_{D'} = \frac{1}{n+1}\bar{M}_D$$

ook weer te berekenen.

Willen we nu de krachten N_A, $N_{BB'}$, $N_{CC'}$ enz. bepalen, uitgedrukt in de schoorkracht H, dan kunnen we dit o.a. als volgt doen (*fig. 1c*):

$$M_{B'} = N_A\lambda - H\lambda\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{n+1}\bar{M}_B =$$

$$= \frac{1}{n+1}\left\{P\lambda - H\lambda\operatorname{tg}\alpha\right\}$$

$$M_{C'} = -2\,N_A\lambda + N_{BB'}\lambda + H\lambda(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta) =$$

$$= \frac{1}{n+1}\bar{M}_C = \frac{1}{n+1}\left\{-2\,P\lambda + H\lambda(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta)\right\}$$

$$M_{D'} = 3\,N_A\lambda - 2\,N_{BB'}\lambda - N_{CC'}\lambda - H\lambda(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\gamma) = \frac{1}{n+1}\bar{M}_D =$$

$$= \frac{1}{n+1}\left\{3\,P\lambda - H\lambda(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\gamma)\right\} .$$

Hieruit volgt:

$$N_A = \frac{1}{n+1}P + \frac{n}{n+1}H\operatorname{tg}\alpha$$

$$N_{BB'} = \frac{n}{n+1}H(\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta)$$

$$N_{CC'} = \frac{n}{n+1}H(\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\gamma) .$$

Is dus H bekend, dan zijn ook deze krachten te berekenen. Blijkbaar zijn de hangerkrachten $N_{BB'}$ en $N_{CC'}$ gelijk wanneer:
$\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta = \operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\gamma =$ enz. en dit is het geval wanneer de knooppunten A, B', C', enz. op een parabool gelegen zijn *).

De vraag rijst nu allicht waarom bij stijve hangers, dus bij raamliggers, alleen $n = 1$ mogelijk is, aangezien de hoekverdraaiingen in overeenkomstige knooppunten van onder- en bovenrand, bijv. in C en C' toch gelijk zijn (*fig. 1d*).

Zooals we reeds opmerkten worden in stijve hangers ook momenten opgewekt, omdat zij zich tegen de optredende hoekverdraaiingen van de knooppunten zullen verzetten.

Zullen nu bij stijve hangers de hoekverdraaiingen aan de uiteinden daarvan gelijk zijn, dan moet noodzakelijk:

$$M^{s}_{C'} = M^{s}_{C} .$$

*) Zooals nader zal blijken zijn alleen de krachten in de hangers ter plaatse waarvan geen last staat onderling gelijk. Staat ter plaatse van een hanger wel een last, dan is de daarin optredende kracht gelijk aan die in de overige hangers vermeerderd met een zeker gedeelte van dien last.

Uit het evenwicht der overeenkomstige knooppunten C en C' volgt verder dat:

$$M^{s}_{C'} = M^{l}_{C'} - M^{r}_{C'} = M^{s}_{C} = \\ = M^{l}_{C} - M^{r}_{C}$$

en daar we wenschen dat:

$$M^{l}_{C'} = n\,M^{l}_{C'} \quad \text{en:} \quad M^{r}_{C} = n\,M^{r}_{C'}$$

zal zijn, zoo moet:

$$M^{l}_{C'} - M^{r}_{C'} = n\,M^{l}_{C'} - n\,M^{r}_{C'}$$

of: $(n-1)\,(M^{r}_{C'} - M^{l}_{C'}) = 0$.

Uit deze laatste betrekking blijkt duidelijk, dat we nu alleen n willekeurig kunnen aannemen wanneer:

$$M^{r}_{C'} = M^{l}_{C'}$$

d.w.z. bij slappe hangers, maar aangezien dit bij raamliggers in het algemeen niet het geval is, zoo moet noodzakelijk: $n = 1$ zijn.

Deze laatste beschouwingen zijn hier volledigheidshalve bijgevoegd. We verwijzen echter in dit verband nog naar het artikel van prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh in *De Ingenieur in Nederlandsch-Indië*, No. 10 — 1939, getiteld: „Over de verhouding der momenten in den onder- en bovenrand van raamliggers".

We zagen dat bij elastisch-symmetrische staafbogen met verstijvingsligger, evenals bij elastisch-symmetrische raamliggers, momentennulpunten optreden bij de opleggingen.

Werkt er nu bijv. op de oplegging A (*fig. 1c*) door de een of andere oorzaak (zie verder) een uitwendig moment of overgangsmoment M, dan zullen de hoekverdraaiingen van de aldaar samenkomende staven, doordat A een stijve verbinding is, gelijk blijven en zal de elastische symmetrie hierdoor niet verstoord worden.

Bij A zal dan in de staaf AB' een moment $\frac{1}{n+1}M$ opgewekt worden en in staaf AB een moment $\frac{n}{n+1}M$.

De krachtsverdeeling in een elastisch-symmetrischen staafboog met verstijvingsligger bij statische belasting.

Stel we hebben een elastisch-symmetrischen staafboog met verstijvingsligger als in *fig. 2a* is geteekend. De knooppunten A t/m G van den staafboog liggen op een parabool (tg α — tg β = tg β — tg γ = 2 tg γ). De constructie wordt in den onderrand (in C) belast door een verticalen last P.

We maken nu den staafboog in A of in G los. In *fig. 2b* zijn ter wille van de duidelijkheid de staafboog en de verstijvingsligger verticaal uit elkaar geschoven, hetgeen op hetzelfde neerkomt. Wel is waar verkeert hierdoor de staafboog in een labielen toestand, maar we kunnen ons voorstellen dat deze labiliteit op een of andere wijze is opgeheven zonder dat de krachtsverdeeling daardoor beïnvloed wordt.

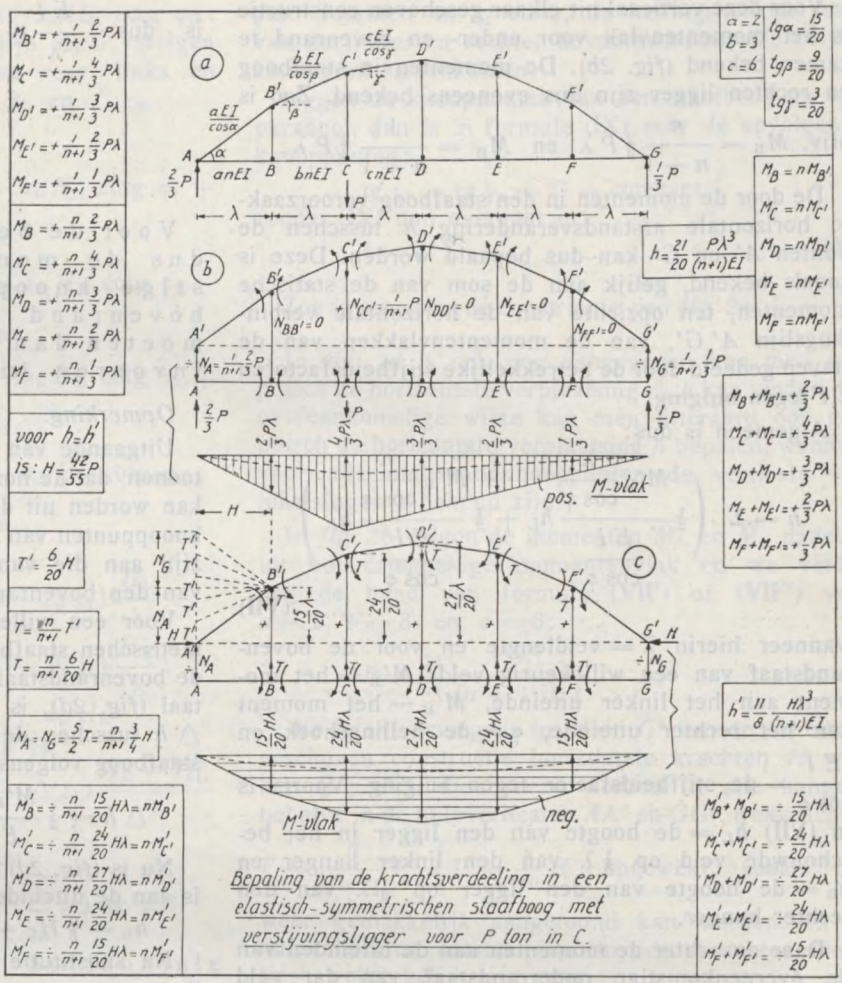


Fig. 2.

Aangezien uitsluitend de vormveranderingen door de buiging in rekening gebracht worden en dus de verticale verplaatsingen van overeenkomstige knooppunten van onder- en bovenrand gelijk zijn, kunnen we nu op dezelfde wijze als in het voorgaande aantoonen, dat bij de veronderstelde stijfheidsverhouding n tusschen overeenkomstige onder- en bovenrandstaven, alleen de hanger CC' een trekkracht $\frac{1}{n+1}P$ heeft over te brengen naar den bovenrand en dat dus de rechte ligger een bedrag $\frac{n}{n+1}P$ opneemt. In alle overige hangers is de kracht nul, behalve in de zoogenaamde hulpverticalen AA' en GG', waarin resp. drukkrachten $N_A = \frac{1}{n+1}\frac{2}{3}P$ en $N_G = \frac{1}{n+1}\frac{1}{3}P$ optreden als gevolg van de reacties die daarin opgewekt worden door de in het knooppunt C' van den staafboog aangrijpende belasting $\frac{1}{n+1}P$.

Voor deze verticaal uit elkaar geschoven constructie is het momentenvlak voor onder- en bovenrand te zamen bekend (*fig. 2b*). De momenten in staafboog en rechten ligger zijn dus eveneens bekend. Zoo is bijv. $M_B = \frac{n}{n+1} \frac{2}{3} P \lambda$ en $M_{B'} = \frac{1}{n+1} \frac{2}{3} P \lambda$.

De door de momenten in den staafboog veroorzaakte horizontale afstandsverandering h tusschen de punten A' en G' kan dus bepaald worden. Deze is zooals bekend, gelijk aan de som van de statische momenten, ten opzichte van de horizontale verbindingslijn $A'G'$, van de momentenvlakken van de staven gedeeld door de betrekkelijke stijfheidsfactoren EI tegen buiging.

Algemeen is dus:

$$h = \Sigma \left(\frac{\frac{1}{2} \frac{M'_L \frac{\lambda}{\cos\varphi}}{\frac{EI}{\cos\varphi}} h_L + \frac{1}{2} \frac{M'_R \frac{\lambda}{\cos\varphi}}{\frac{EI}{\cos\varphi}} h_R}{} \right) \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(VII)}$$

wanneer hierin λ = veldlengte en voor de bovenrandstaaf van een willekeurig veld: M'_L = het moment aan het linker uiteinde, M'_R = het moment aan het rechter uiteinde, φ = de hellingshoek en $\frac{EI}{\cos\varphi}$ = de stijfheidsfactor tegen buiging. Voorts is in (**VII**) h_L = de hoogte van den ligger in het beschouwde veld op $\frac{1}{3}\lambda$ van den linker hanger en h_R = de hoogte van den ligger op $\frac{1}{3}\lambda$ van den rechter hanger.

Daar nu echter de momenten aan de uiteinden van de overeenkomstige onderrandstaaf van dat veld $M_L = n M'_L$ en $M_R = n M'_R$ zijn, zoo is, wanneer $\bar{M}_L (= M_L + M'_L)$ en $\bar{M}_R (= M_R + M'_R)$ de som van de momenten in de overeenkomstige knooppunten van den onder- en bovenrand van het beschouwde veld voorstellen:

$$M'_L = \frac{1}{n+1} \bar{M}_L \quad \text{en} \quad M'_R = \frac{1}{n+1} \bar{M}_R$$

en gaat de betrekking (**VII**) over in:

$$h = \Sigma \left(\frac{\frac{1}{2} \frac{\bar{M}_L \frac{\lambda}{\cos\varphi}}{(n+1) EI} h_L + \frac{1}{2} \frac{\bar{M}_R \frac{\lambda}{\cos\varphi}}{(n+1) EI} h_R}{\cos\varphi} \right) \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(VII')}$$

of na vereenvoudiging:

$$h = \Sigma \left(\frac{1}{2} \frac{\bar{M}_L \lambda}{(n+1) EI} h_L + \frac{1}{2} \frac{\bar{M}_R \lambda}{(n+1) EI} h_R \right) \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(VII'')}$$

Voor het beschouwde veld is de stijfheid van de bovenrandstaaf:

$$\frac{\frac{EI}{\cos\varphi}}{\frac{\lambda}{\cos\varphi}} = \frac{EI}{\lambda}$$

en voor de onderrandstaaf: $\frac{nEI}{\lambda}$. De totale stijfheid is dus: $\frac{EI}{\lambda} + \frac{nEI}{\lambda} = (n+1)\frac{EI}{\lambda}$ of ook:

$$\frac{\frac{(n+1) EI}{\cos\varphi}}{\frac{\lambda}{\cos\varphi}}$$

Voor de bepaling van h kunnen we dus de momenten in overeenkomstige knooppunten van onder- en bovenrand te zamen nemen, maar moeten dan ook de totale stijfheden invoeren (zie verder).

Opmerking.

Uitgaande van formule (**VII**) kunnen we nog aantoonen, dat de horizontale verplaatsing h ook bepaald kan worden uit de verticale verplaatsingen z van de knooppunten van den onderrand, welke immers gelijk zijn aan die van de overeenkomstige knooppunten van den bovenrand.

Voor een willekeurig veld van een elastisch-symmetrischen staafboog met verstijvingsligger, waarvan de bovenrandstaaf een hoek φ maakt met de horizontaal (*fig. 2d*), is de horizontale afstandsverandering $\triangle h$ tusschen de voetpunten van den losgemaakten staafboog volgens formule (**VII**):

$$\triangle h = \tfrac{1}{2} \frac{M'_L \lambda}{EI} h_L + \tfrac{1}{2} \frac{M'_R \lambda}{EI} h_R .$$

Nu is (*fig. 2d*) wanneer H_L en H_R de liggerhoogte is aan de uiteinden der beschouwde staaf:

$$h_L = \tfrac{2}{3} H_L + \tfrac{1}{3} H_R \quad \text{en} \quad h_R = \tfrac{1}{3} H_L + \tfrac{2}{3} H_R .$$

Na substitutie in voorgaande vergelijking vinden we:

$$\triangle h = \left(\tfrac{1}{3} \frac{M'_L \lambda}{EI} + \tfrac{1}{6} \frac{M'_R \lambda}{EI} \right) H_L + \left(\tfrac{1}{3} \frac{M'_R \lambda}{EI} + \tfrac{1}{6} \frac{M'_L \lambda}{EI} \right) H_R .$$

Nu zijn hierin de vormen tusschen haakjes de hoekverdraaiingen α'_L en α'_R resp. aan het linker en aan het rechter uiteinde van de beschouwde bovenrandstaaf ten gevolge van de aldaar werkende momenten M'_L en M'_R. Derhalve is:

$$\triangle h = \alpha'_L H_L + \alpha'_R H_R$$

en daar voor een elastisch-symmetrischen ligger $\alpha'_R = \alpha_R$ en $\alpha'_L = \alpha_L$ zoo is ook:

$$\triangle h = \alpha_L H_L + \alpha_R H_R .$$

Houden we nu de beschouwde bovenrandstaaf in haar uiteinden vast zonder echter het optreden der hoekverdraaiingen te beletten (*fig. 2d*), dan zal het linker voetpunt A van den staafboog een verticale verplaatsing $\alpha_L H_L$ cotg φ_L en daarmede gepaard gaande een horizontale verplaatsing $\alpha_L H_L$ ondergaan. Het rechter voetpunt G ondergaat dan gelijktijdig een verticale verplaatsing $\alpha_R H_R$ cotg φ_R en tevens een horizontale verplaatsing $\alpha_R H_R$, zoodat inderdaad

$$\triangle h = \alpha_L H_L + \alpha_R H_R .$$

Door de hoekverdraaiingen α_L en α_R aan de uiteinden van de onderrandstaaf van het beschouwde veld zal de linker oplegging A van den verstijvingsligger verticaal een bedrag $\alpha_L H_L$ cotg φ_L stijgen en

de rechter oplegging G een bedrag $\alpha_R H_R \operatorname{cotg} \varphi_R$. Ten opzichte van de verbindingslijn $A_1 G_1$ krijgen de onderrandknooppunten derhalve resp. links en rechts verticale verplaatsingen $\triangle z_L$ en $\triangle z_R$.

Nu volgt uit de figuur dat:

$$\triangle z_L = \frac{\lambda + H_R \operatorname{cotg} \varphi_R}{H_L \operatorname{cotg} \varphi_L + \lambda + H_R \operatorname{cotg} \varphi_R} \alpha_L H_L \operatorname{cotg} \varphi_L + \frac{H_L \operatorname{cotg} \varphi_L}{H_L \operatorname{cotg} \varphi_L + \lambda + H_R \operatorname{cotg} \varphi_R} \alpha_R H_R \operatorname{cotg} \varphi_R ;$$

$$\triangle z_R = \frac{H_R \operatorname{cotg} \varphi_R}{H_L \operatorname{cotg} \varphi_L + \lambda + H_R \operatorname{cotg} \varphi_R} \alpha_L H_L \operatorname{cotg} \varphi_L + \frac{\lambda + H_L \operatorname{cotg} \varphi_L}{H_L \operatorname{cotg} \varphi_L + \lambda + H_R \operatorname{cotg} \varphi_R} \alpha_R H_R \operatorname{cotg} \varphi_R ;$$

waaruit volgt dat:

$$\alpha_L H_L = \triangle z_L \operatorname{tg} \varphi_L - (\triangle z_R - \triangle z_L) \frac{H_L}{\lambda}$$

$$\alpha_R H_R = \triangle z_R \operatorname{tg} \varphi_R + (\triangle z_R - \triangle z_L) \frac{H_R}{\lambda}.$$

Derhalve wordt: $\triangle h = \alpha_L H_L + \alpha_R H_R$

$$\triangle h = \triangle z_L \operatorname{tg} \varphi_L + \triangle z_R \operatorname{tg} \varphi_R + (\triangle z_R - \triangle z_L) \frac{H_R - H_L}{\lambda}$$

en daar: $\frac{H_R - H_L}{\lambda} = \operatorname{tg} \varphi$, zoo is:

$$\triangle h = \triangle z_L \operatorname{tg} \varphi_L + (\triangle z_R - \triangle z_L) \operatorname{tg} \varphi + \triangle z_R \operatorname{tg} \varphi_R$$

waaruit volgt, dat de horizontale verplaatsing h ten gevolge van de buiging van de staven van den staafboog en de daarmede gepaard gaande verticale verplaatsingen z van de knooppunten ook verkregen kan worden uit de verticale verplaatsingen z van de knooppunten van den verstijvingsligger.

Zooals gemakkelijk nagegaan kan worden is, wanneer alle bovenrandstaven aan de buiging deelnemen:

$$h = \Sigma (z_R - z_L) \operatorname{tg} \varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(VIII)}$$

waarin voor een bepaald veld, z_R de verticale verplaatsing rechts en z_L de verticale verplaatsing links is, terwijl de hellingshoek φ van de bovenrandstaaf van het beschouwde veld gemeten moet worden vanaf de horizontaal tegen de draaiing der wijzers van een uurwerk in.

Uit formule **(VIII)** volgt ook nog dat:

$$h = \Sigma z (\operatorname{tg} \varphi_l - \operatorname{tg} \varphi_r) \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(IX)}$$

wanneer z de verticale verplaatsing van een knooppunt voorstelt en φ_l en φ_r de hellingshoeken resp. van de linker en rechter bovenrandstaaf, die in dat knooppunt samenkomen.

Liggen de knooppunten van den staafboog op een parabool, dan is in formule **(IX)** voor de opvolgende knooppunten:

$$\operatorname{tg} \varphi_l - \operatorname{tg} \varphi_r = C = \text{constant}$$

zoodat **(IX)** dan overgaat in:

$$h = C \Sigma z \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(IX')}$$

Zoo is o.a. voor de constructie van *fig. 2a*: $C = \frac{3}{10}$.

In *fig. 2d* is ook nog aangegeven hoe men graphisch de horizontale verplaatsing $\triangle h$ kan vinden. Op overeenkomstige wijze kan men uiteraard ook graphisch de horizontale verplaatsing h bepalen, wanneer voor alle onderrandknooppunten de verticale verplaatsingen z bekend zijn.

In *fig. 2b* volgen de momenten $\bar{M}_L$ en $\bar{M}_R$ dadelijk uit het driehoekige momentenvlak en we vinden aan de hand van formule **(VII')** of **(VII'')** voor $a = 2$, $b = 3$ en $c = 6$:

$$h = \frac{21}{20} \frac{P \lambda^3}{(n+1) E I}.$$

We laten vervolgens in A' en G' van de uit elkaar geschoven constructie horizontale krachten H werken (*fig. 2c*). Door deze worden in alle hangers, behalve in de hulpverticalen AA' en GG', trekkrachten

$$T = \frac{n}{n+1} T' \quad \left(T' = \frac{3}{10} H \right)$$ opgewekt, zooals ook weer gemakkelijk aangetoond kan worden. In de hulpverticalen ontstaan daarbij drukkrachten (reacties), welke gelijk zijn aan:

$$N_A = N_G = \frac{5}{2} T = \frac{n}{n+1} \frac{3}{4} H = \frac{n}{n+1} H \operatorname{tg} \alpha$$

(zie poolfiguur in *fig. 2c*).

Het momentenvlak voor onder- en bovenrand te zamen is geteekend in *fig. 2c*, zoodat met behulp van **(VII')** of **(VII'')** de horizontale afstandsverandering h' tusschen A' en G' berekend kan worden. We vinden:

$$h' = \frac{11}{8} \frac{H \lambda^3}{(n+1) E I}$$

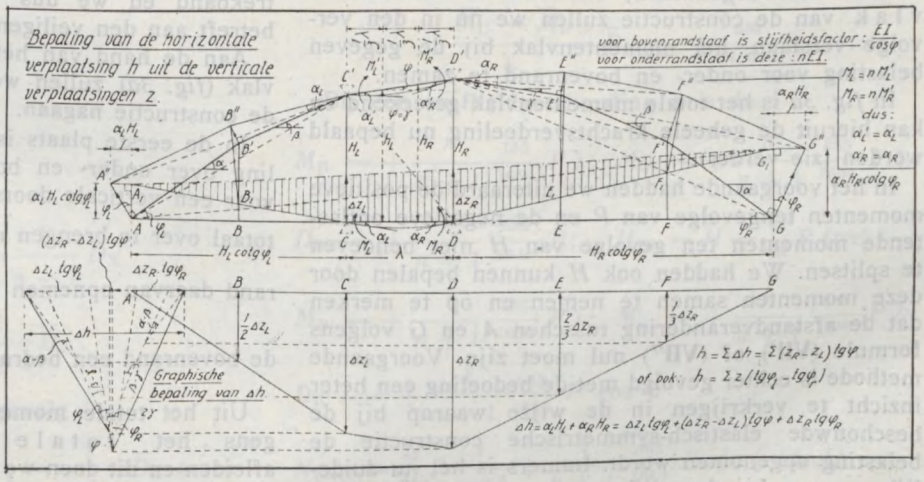


Fig. 2d.

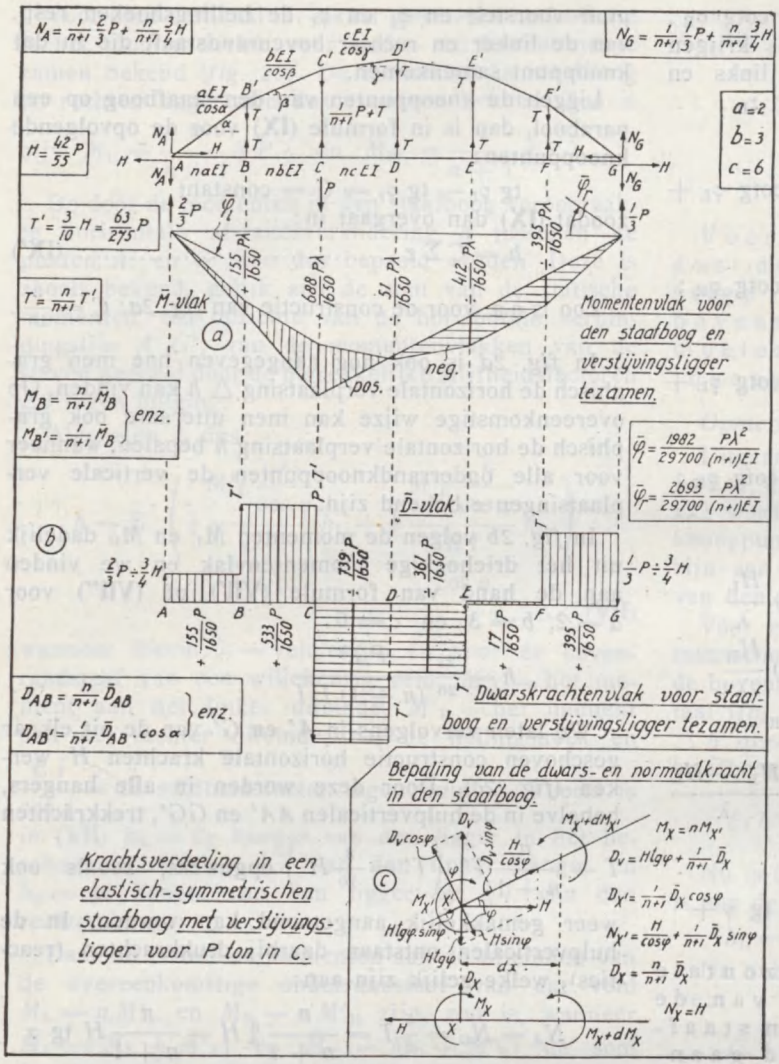


Fig. 3.

Opdat de staafboog nu weer aan den rechten ligger aangesloten kan worden moet $h = h'$ zijn, zoodat hieruit volgt, dat de schoorkracht dan moet zijn:

$$H = \frac{42}{55} P .$$

Onder het zoogenaamde totale momentenvlak van de constructie zullen we nu in den vervolge verstaan, het momentenvlak bij de gegeven belasting voor onder- en bovenrand te zamen.

In *fig. 3a* is het totale momentenvlak geteekend en kan hieruit de geheele krachtsverdeeling nu bepaald worden (zie verder).

In het voorgaande hadden we uiteraard de positieve momenten tengevolge van P en de negatieve ontlastende momenten ten gevolge van H niet behoeven te splitsen. We hadden ook H kunnen bepalen door deze momenten samen te nemen en op te merken dat de afstandverandering tusschen A en G volgens formule (**VII'**) of (**VII''**) nul moet zijn. Voorgaande methode is echter gevolgd met de bedoeling een beter inzicht te verkrijgen in de wijze waarop bij de beschouwde elastisch-symmetrische constructie de belasting opgenomen wordt. Immers is het nu duidelijk waarom bij dergelijke constructies de krachten $T \left(= \frac{n}{n+1} T' \right)$ in de hangers, ter plaatse waarvan geen last staat, gelijk zijn en in een hanger ter plaatse waarvan wel een last P staat gelijk is aan:

$$T + \frac{1}{n+1} P .$$

Voorts merken we nog op, dat uit het voorgaande duidelijk blijkt dat H onafhankelijk is van de stijfheidsverhouding n.

We zagen reeds bij de afleiding van formule (**VII'**) dat voor de berekening van h de momenten te zamen met de stijfheden opgehoopt gedacht mochten worden in den staafboog dan wel in den rechten ligger (formule (**VII''**)).

In het eerste geval gaat de constructie blijkbaar over in een aequivalenten stijven boog met slappen trekband, welke constructie éénvoudig statisch onbepaald is, en in het tweede geval gaat de constructie over in een aequivalenten rechten ligger versterkt met een slappen staafboog, welke constructie eveneens éénvoudig statisch onbepaald is.

De constructie met doorgaanden staafboog en verstijvingsligger, zooals wij die hier op het oog hebben, kan derhalve wanneer de vormveranderingen door de normaalkracht buiten beschouwing gelaten worden, wat de berekening van H en van de totale momenten betreft, opgevat worden als een van deze beide aequivalente constructies, waarvoor de berekening bekend is.

Worden de vormveranderingen door de normaalkracht wel in rekening gebracht (zie verder), dan is het echter wenschelijk de constructie op te vatten als een rechten ligger met slappen staafboog, aangezien we dan een kleinere schoorkracht H vinden dan bij de constructie met stijven boog en slappen trekband en we dus wat de positieve momenten betreft aan den veiligen kant zijn.

Aan de hand van het gevonden totale momentenvlak (*fig. 3a*) zullen we nu de krachtsverdeeling in de constructie nagaan.

In de eerste plaats is hieruit de momentenverdeeling over onder- en bovenrand dadelijk bekend. Is voor een verticale doorsnede over de constructie het totaal over te brengen moment $\bar{M}$, dan zal de onderrand daarvan opnemen een bedrag $M = \frac{n}{n+1} \bar{M}$ en de bovenrand een bedrag $M' = \frac{1}{n+1} \bar{M}$.

Uit het totale momentenvlak kunnen we vervolgens het totale dwarskrachtenvlak afleiden en dit doen we het eenvoudigst door gebruik te maken van de bekende stelling, dat de verande-

ring van het moment tusschen twee opvolgende doorsneden van een ligger gelijk is aan het oppervlak van het dwarskrachtenvlak daartusschen (*fig. 3b*). De sprongen in het totale dwarskrachtenvlak zijn alle gelijk aan $T' = \frac{3}{10} H$, behalve onder den last P, waar de sprong gelijk is aan $P - T'$.

Bij een stijfheidsverhouding n zijn nu de krachten in de hangers zooals we reeds gezien hebben $T = \frac{n}{n+1} T'$, behalve in den hanger CC', waarin een trekkracht $T + \frac{1}{n+1} P$ optreedt.

We zullen nu nagaan hoe de totale dwarskrachten over onder- en bovenrand verdeeld kunnen worden en tegelijkertijd hoe groot de normaalkrachten in de staven van den boog zijn.

In *fig. 3c* is daartoe een verticale doorsnede X over den rechten ligger gedacht. In X werken een dwarskracht D_X, een moment M_X benevens de horizontale trekkracht H. In de overeenkomstige doorsnede X' van den bovenrand werken de horizontale drukkracht H, een moment $M_{X'}$ benevens een nog nader te bepalen verticale kracht D_v. Beschouw voorts nog een tweede verticale doorsnede over den rechten ligger gelegen op een afstand dx van de eerste. Uit het evenwicht van het balkelement van den onderrand volgt allereerst de bekende stelling

$$\frac{dM_X}{dx} = D_X \quad \text{en daar} \quad M_X = \frac{n}{n+1} \bar{M}_X$$

zoo is $D_X = \frac{n}{n+1} \bar{D}_X$.

Beschouw nu het overeenkomstige balkelement van den staafboog en ontbind H eens in een component $\frac{H}{\cos \varphi}$ langs de staafas en in een verticale component $H \operatorname{tg} \varphi$. Uit het evenwicht van het staafelement volgt dan

$$\frac{dM_{X'}}{dx} = D_v - H \operatorname{tg} \varphi$$

en daar $M_{X'} = \frac{1}{n+1} \bar{M}_X$

zoo is $\frac{dM_{X'}}{dx} = \frac{1}{n+1} \frac{d\bar{M}_X}{dx} = \frac{1}{n+1} \bar{D}_X$

en dus $D_v = H \operatorname{tg} \varphi + \frac{1}{n+1} \bar{D}_X$.

De dwarskracht in X' is bijgevolg

$$D_{X'} = (D_v - H \operatorname{tg} \varphi) \cos \varphi = \frac{1}{n+1} \bar{D}_X \cos \varphi$$

en de normaalkracht:

$$N_{X'} = \frac{H}{\cos \varphi} + (D_v - H \operatorname{tg} \varphi) \sin \varphi = \frac{H}{\cos \varphi} + \frac{1}{n+1} \bar{D}_X \sin \varphi.$$

Hierin is $\frac{H}{\cos \varphi}$ de normaalkracht in den staafboog wanneer deze volkomen slap is. Deze moet blijkbaar nu verminderd of vermeerderd worden met een bedrag $\frac{1}{n+1} \bar{D}_X \sin \varphi$ al naar gelang de dwarskracht negatief of positief is.

We kunnen dus zeggen, dat we naar den bovenrand moeten overbrengen een verticaal afschuivende kracht $\frac{1}{n+1} \bar{D}$. De ontbondene hiervan loodrecht op de staafas $\left(\frac{1}{n+1} \bar{D} \cos \varphi\right)$ levert de afschuivende kracht en de componente langs de staafas $\left(\frac{1}{n+1} \bar{D} \sin \varphi\right)$ levert het bedrag waarmede de normaalkracht $\frac{H}{\cos \varphi}$, welke optreedt bij een slappen boog, afhankelijk van het teeken van $\bar{D}$, vermeerderd of verminderd moet worden.

In de constructie van *fig. 3* is dus daar: $H = \frac{42}{55} P$:

$$M_B + M_{B'} = \bar{M}_B = \tfrac{2}{3} P \lambda - H \lambda \operatorname{tg} \alpha = + \frac{155}{1650} P \lambda$$

$$M_C + M_{C'} = \bar{M}_C = \tfrac{4}{3} P \lambda - H \lambda (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) =$$

$$= + \frac{688}{1650} P \lambda.$$

De totale dwarskracht in het veld BC is dus:

$$\frac{\bar{M}_C - \bar{M}_B}{\lambda} = \bar{D}_{BC} = + \frac{533}{1650} P.$$

Bij een stijfheidsverhouding n is dus:

$$M_B = + \frac{n}{n+1} \frac{155}{1650} P \lambda; \quad M_C = + \frac{n}{n+1} \frac{688}{1650} P \lambda$$

$$D_{BC} = + \frac{n}{n+1} \frac{533}{1650} P; \quad H_{BC} = H = \frac{42}{55} P \text{ (trek)}$$

$$M_{B'} = + \frac{1}{n+1} \frac{155}{1650} P \lambda; \quad M_{C'} = + \frac{1}{n+1} \frac{688}{1650} P \lambda$$

$$D_{B'C'} = + \frac{1}{n+1} \frac{533}{1650} P \cos \beta$$

$$N_{B'C'} = \frac{42}{55} P \frac{1}{\cos \beta} + \frac{1}{n+1} \frac{533}{1650} P \sin \beta \text{ (druk).}$$

De krachtsverdeeling bij statische belasting in een ligger doorgaande over vier steunpunten, waarvan de middenoverspanning versterkt is door een doorgaanden staafboog, welke elastisch-symmetrisch is met het overeenkomstige rechte liggerdeel.

In *fig. 6* is een rechte ligger *A* t/m *N* geteekend, die in *A, D, K* en *N* is opgelegd. De overspanning *DK* is versterkt door een staafboog, waarvan de knooppunten op een parabool liggen. De stijfheidsverhouding is *n*.

De constructie draagt een last *P* in *F*.

Voor de middenoverspanning denken we aanvankelijk alle stijfheden weer opgehoopt in het rechte liggerdeel *DK* en den staafboog dus volkomen slap.

We snijden den ligger bij *D* en *K* door en maken den staafboog in *D* of *K* los. Voor het aldus statisch bepaalde liggerdeel *DK* zijn nu de momenten ten gevolge van den last *P* in *F* dadelijk te berekenen, zoo ook de relatieve hoekverdraaiingen aan de uiteinden. Aangezien de rechte ligger echter doorgaand is, moeten deze relatieve hoekverdraaiingen weer opgeheven worden door de overgangsmomenten M_D en M_K en door de schoorkracht *H* in den staafboog.

We zouden nu drie vormveranderingsvergelijkingen kunnen opstellen, waaruit M_D, M_K en *H* te bepalen zijn en resp. de voorwaarden uitdrukken, waarbij de ligger doorgaand is bij de opleggingen *D* en *K* en waarbij de afstand tusschen de punten *D* en *K* van den staafboog niet verandert. Aangezien in het bijzonder de opstelling van de vergelijking voor laatstgenoemde voorwaarde bezwaarlijk is, verdient het aanbeveling de statisch onbepaalde middenoverspanning in haar geheel te beschouwen. Daartoe is opzettelijk voor de middenoverspanning dezelfde ligger genomen als in *fig. 3* en is ook hetzelfde knooppunt belast.

Snijden we nu slechts den ligger bij *D* en *K* door, dan zijn voor de statisch onbepaalde middenoverspanning de hoekverdraaiingen te berekenen. Dit is geschied in *fig. 4a* en *b*. Laten we nu vervolgens de overgangsmomenten M_D en M_K werken op het statisch onbepaalde liggerdeel *DK*, dan moeten we eerst nog de hoekverdraaiingen aan de uiteinden weten ten gevolge van een moment *M* aan een dier uiteinden. De bepaling hiervan is geschied in *fig. 5* met behulp van *fig. 4b*, terwijl daarbij de schoorkracht *H* berekend is aan de hand van formule (**VII″**).

We kunnen thans volstaan met twee vormveranderingsvergelijkingen, welke namelijk uitdrukken dat de ligger in *D* en *K* doorgaand is en wel:

$$\frac{1\,982}{29\,700}\,\frac{P\lambda^2}{(n+1)EI} - \frac{6\,731}{19\,800}\,\frac{M_D\lambda}{(n+1)EI} - \frac{M_D\lambda}{pEI} - \frac{2\,069}{19\,800}\,\frac{M_K\lambda}{(n+1)EI} = 0$$

en:

$$-\frac{2\,693}{29\,700}\,\frac{P\lambda^2}{(n+1)EI} + \frac{2\,069}{19\,800}\,\frac{M_D\lambda}{(n+1)EI} + \frac{M_K\lambda}{pEI} + \frac{6\,731}{19\,800}\,\frac{M_K\lambda}{(n+1)EI} = 0$$

Stel nu eens dat voor de liggerdeelen *AD* en *KN* de stijfheidsfactoren $pEI = 11\,(n+1)EI$ zijn, dan volgt uit deze vergelijkingen dat

$$M_D = 0{,}1103\,P\lambda \text{ (neg.)} \quad \text{en} \quad M_K = 0{,}1837\,P\lambda \text{ (pos.)}.$$

Nu de overgangsmomenten bekend zijn is ook de schoorkracht te berekenen en deze bedraagt (zie *fig. 3* en *5*):

$$H = \frac{42}{55}P - \frac{29}{55}\frac{M_D}{\lambda} + \frac{29}{55}\frac{M_K}{\lambda} = 0{,}8023\,P\,.$$

Hiermede is het totale momentenvlak voor den ligger te teekenen (*fig. 6*) en hieruit kan het totale dwarskrachtenvlak afgeleid worden, zoodat bij een stijfheidsverhouding *n* de krachtsverdeeling weer berekend kan worden.

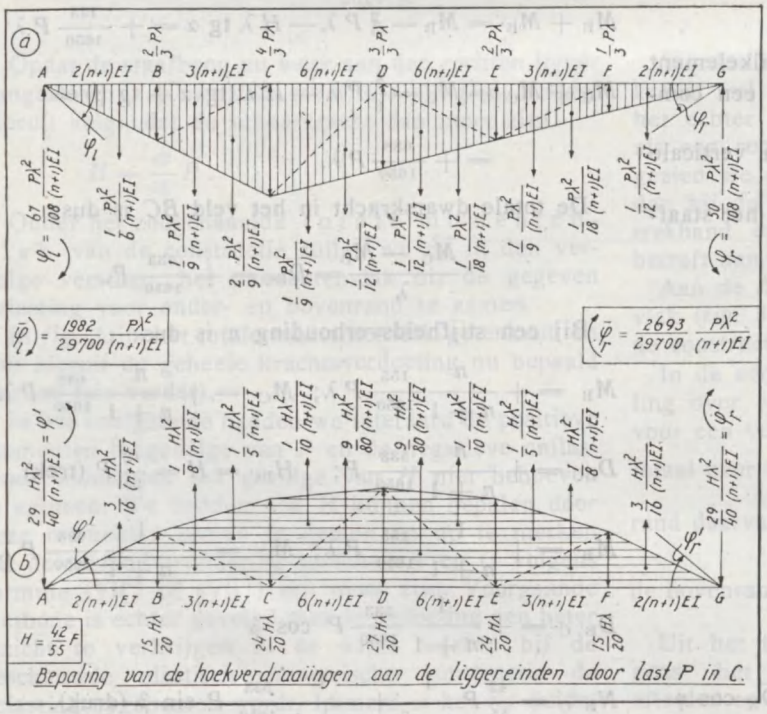


Fig. 4.

Invloedslijnen.

We zullen thans overgaan tot de bepaling van invloedslijnen en wel allereerst voor een soortgelijke constructie als in *fig. 3* (zie *fig. 7a*), maar waarvoor nu de totale stijfheden per veld alle gelijk zijn aan $\frac{EI}{\lambda}$.

De invloedslijn voor de schoorkracht *H* kunnen we op de bekende wijze bepalen door in *A* of in *G* een horizontaal krachtenpaar *H* aan te brengen (*fig. 7b*). Uit deze invloedslijn volgen dan dadelijk de invloedslijnen voor de hangers, wanneer tusschen onder- en bovenrand

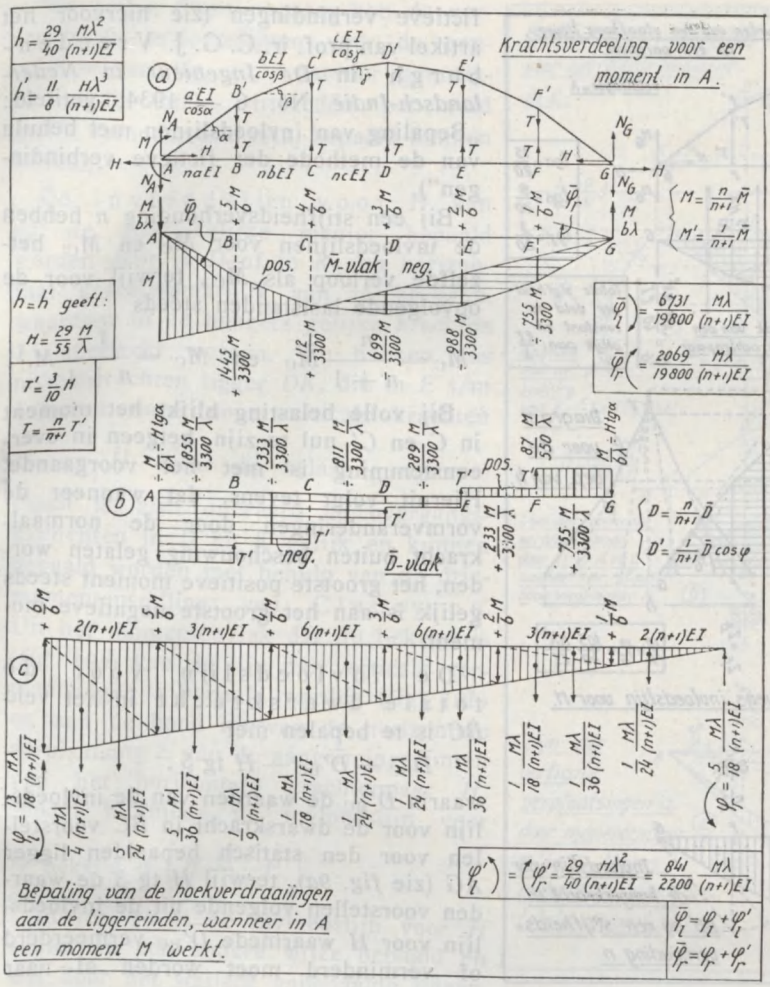


Fig. 5.

een kracht $\frac{n}{n+1} T' + \frac{1}{n+1} \frac{\lambda - x}{\lambda} P$.

De 2de term heeft dus een driehoekig verloop met een maximum ordinaat $\frac{1}{n+1} P$ onder B (*fig. 7c*).

Het is duidelijk dat de invloedslijnen voor de hangerkrachten een gemeenschappelijk deel hebben, terwijl de plaats van het bijkomende driehoekige deel van de invloedslijnen afhankelijk is van den beschouwden hanger (zie gestippelde driehoeken).

Bij volle belasting met q t/m′ zijn blijkbaar alle hangerkrachten gelijk aan $q\lambda$ en is $H = \frac{10}{3} q\lambda$, zoodat in de constructie uitsluitend normaalkrachten optreden.

Uit de gevonden invloedslijnen voor de hangerkrachten blijkt ten overvloede, dat een doorgaande staafboog met verstijvingsligger en een stijfheidsverhouding n zoowel een stijven boog met slappen trekband als een rechte ligger met slappen staafboog is. Immers het gemeenschappelijk deel van de invloedslijnen voor de hangerkrachten kan verkregen worden door de waarden van de invloedslijn voor H van de aequivalente constructie met rechten ligger en slappen een stijfheidsverhouding n bestaat (*fig. 7c*). Om de gedachten te bepalen beschouwen we de invloedslijn voor de trekkracht in den hanger BB'. Zoolang de last P rechts van C staat is de hangerkracht gelijk aan $T = \frac{n}{n+1} T' = \frac{n}{n+1} \frac{3}{10} H$. Staat P in B, dan moet de hanger een kracht $\frac{n}{n+1} T' + \frac{1}{n+1} P$ overbrengen. Staat echter de last P op een afstand $x < \lambda$ links of rechts van B, dan wordt door den langsdrager in B afgegeven een kracht $\frac{\lambda - x}{\lambda} P$ en moet BB' dus overbrengen

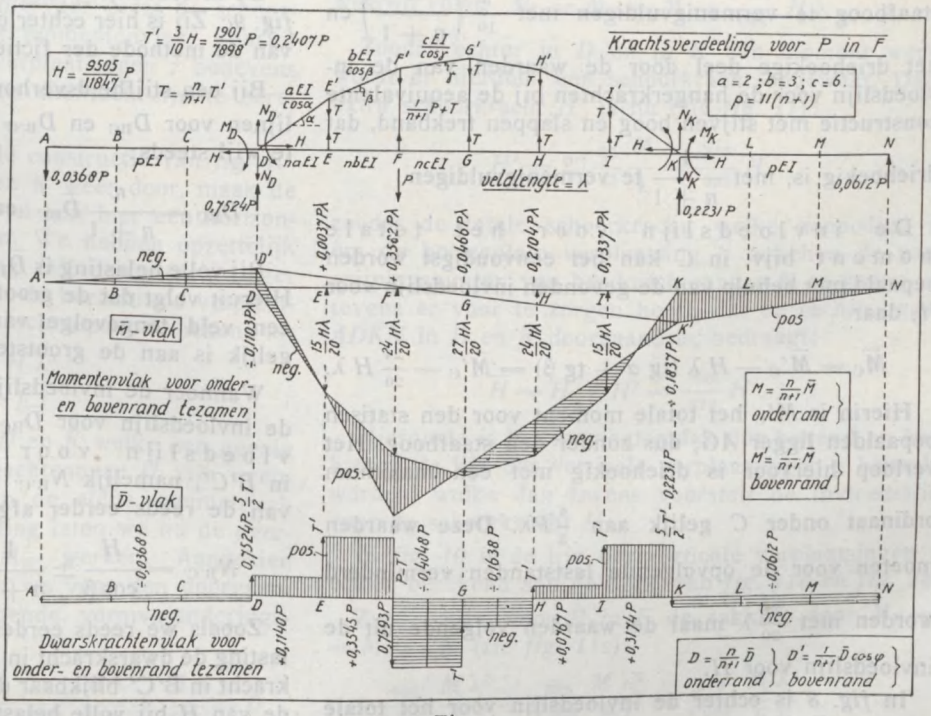


Fig. 6.

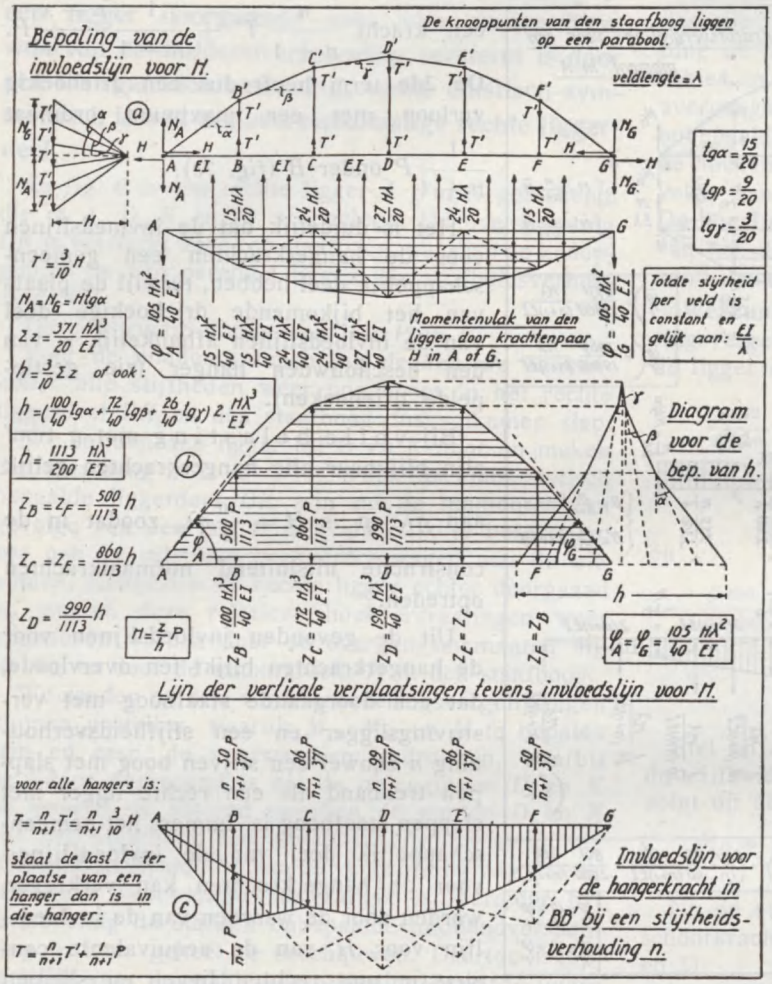


Fig. 7.

staafboog te vermenigvuldigen met $\frac{3}{10}\left(\frac{n}{n+1}\right)$ en het driehoekige deel door de waarden van de invloedslijn voor de hangerkrachten bij de aequivalente constructie met stijven boog en slappen trekband, dat driehoekig is, met $\frac{1}{n+1}$ te vermenigvuldigen.

De invloedslijn voor het totale moment bijv. in C kan het eenvoudigst worden bepaald met behulp van de gevonden invloedslijn voor H, daar

$$\bar{M}_C = \bar{M}'_C - H\lambda\,(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta) = \bar{M}'_C - \frac{24}{20}H\lambda.$$

Hierin is $\bar{M}'_C$ het totale moment voor den statisch bepaalden ligger AG, dus zonder den staafboog. Het verloop hiervoor is driehoekig met een maximum ordinaat onder C gelijk aan $\frac{4}{3}P\lambda$. Deze waarden moeten voor de opvolgende laststanden verminderd worden met $\frac{24}{20}\lambda$ maal de waarden volgende uit de invloedslijn voor H.

In *fig. 8* is echter de invloedslijn voor het totale moment $\bar{M}_C$ bepaald met behulp van de methode der fictieve verbindingen (zie hiervoor het artikel van prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh in *De Ingenieur in Nederlandsch-Indië* No. 6 — 1934, getiteld: „Bepaling van invloedslijnen met behulp van de methode der fictieve verbindingen").

Bij een stijfheidsverhouding n hebben de invloedslijnen voor M_C en $M_{C'}$ hetzelfde verloop als $\bar{M}_C$, terwijl voor de opvolgende laststanden steeds

$$M_C = \frac{n}{n+1}\bar{M}_C \quad \text{en} \quad M_{C'} = \frac{1}{n+1}\bar{M}_C.$$

Bij volle belasting blijkt het moment in C en C' nul te zijn, hetgeen in overeenstemming is met het voorgaande. Hieruit volgt tevens, dat wanneer de vormveranderingen door de normaalkracht buiten beschouwing gelaten worden, het grootste positieve moment steeds gelijk is aan het grootste negatieve moment.

De invloedslijn voor de totale dwarskracht in het veld BC is te bepalen met

$$\bar{D}_{BC} = \bar{D}'_{BC} - H \operatorname{tg}\beta,$$

waarin $\bar{D}'_{BC}$ de waarden van de invloedslijn voor de dwarskracht in BC voorstellen voor den statisch bepaalden ligger AG (zie *fig. 9a*), terwijl H tg β de waarden voorstellen volgende uit de invloedslijn voor H waarmede $\bar{D}'_{BC}$ vermeerderd of verminderd moet worden al naar gelang het teeken van $\bar{D}'_{BC}$ negatief dan wel positief is.

De invloedslijn voor de dwarskracht is geteekend in *fig. 9c*. Zij is hier echter ook weer bepaald met behulp van de methode der fictieve verbindingen.

Bij een stijfheidsverhouding n hebben de invloedslijnen voor D_{BC} en $D_{B'C'}$ hetzelfde verloop als $\bar{D}_{BC}$, terwijl steeds:

$$D_{BC} = \frac{n}{n+1}\bar{D}_{BC} \quad \text{en} \quad D_{B'C'} = \frac{1}{n+1}\bar{D}_{BC}\cos\beta.$$

Bij volle belasting is $\bar{D}_{BC} = 0$, dus ook D_{BC} en $D_{B'C'}$. Hieruit volgt dat de grootste positieve dwarskracht in een veld tengevolge van mobiele belasting steeds gelijk is aan de grootste negatieve dwarskracht.

Wanneer de invloedslijn voor H bekend is en ook de invloedslijn voor $\bar{D}_{BC}$, dan kan daaruit de invloedslijn voor de normaalkracht in $B'C'$, namelijk $N_{B'C'}$ bepaald worden met behulp van de reeds eerder afgeleide betrekking:

$$N_{B'C'} = \frac{H}{\cos\beta} \pm \frac{1}{n+1}\bar{D}_{BC}\sin\beta.$$

Zooals we reeds eerder opmerkten is bij volle belasting de dwarskracht in $B'C'$ nul, zoodat de normaalkracht in B'C' blijkbaar dan gelijk wordt aan de waarde van H bij volle belasting gedeeld door cos β, hetgeen in overeenstemming is met het voorgaande.

We zullen thans nagaan, hoe de verschillende invloedslijnen voor de constructie van *fig. 10*, waarvoor gemakshalve de totale stijfheden per veld gelijk verondersteld zijn, bepaald kunnen worden.

De invloedslijn voor H kan op de gebruikelijke manier bepaald worden door in D of in K een horizontaal krachtenpaar H aan te brengen, waardoor in de hangers gelijke krachten T' opgewekt worden. We hebben dus nu een rechten ligger DK, die in E t/m I belast wordt door verticale krachten $T' = \frac{3}{10} H$. Daar de belasting symmetrisch is, zijn uiteraard de overgangsmomenten in D en K gelijk en kunnen bepaald worden met behulp van de driemomentenstelling van Clapeyron. Uit het momentenvlak dat nu bekend is (*fig. 10a*) kan de lijn der verticale verplaatsingen z bepaald worden (*fig. 10b*) en aan de hand hiervan de horizontale verplaatsing h van de aangrijpingspunten van het horizontale krachtenpaar H, zoodat hiermede de invloedslijn voor H bekend is $\left(H = \frac{z}{h} P\right)$.

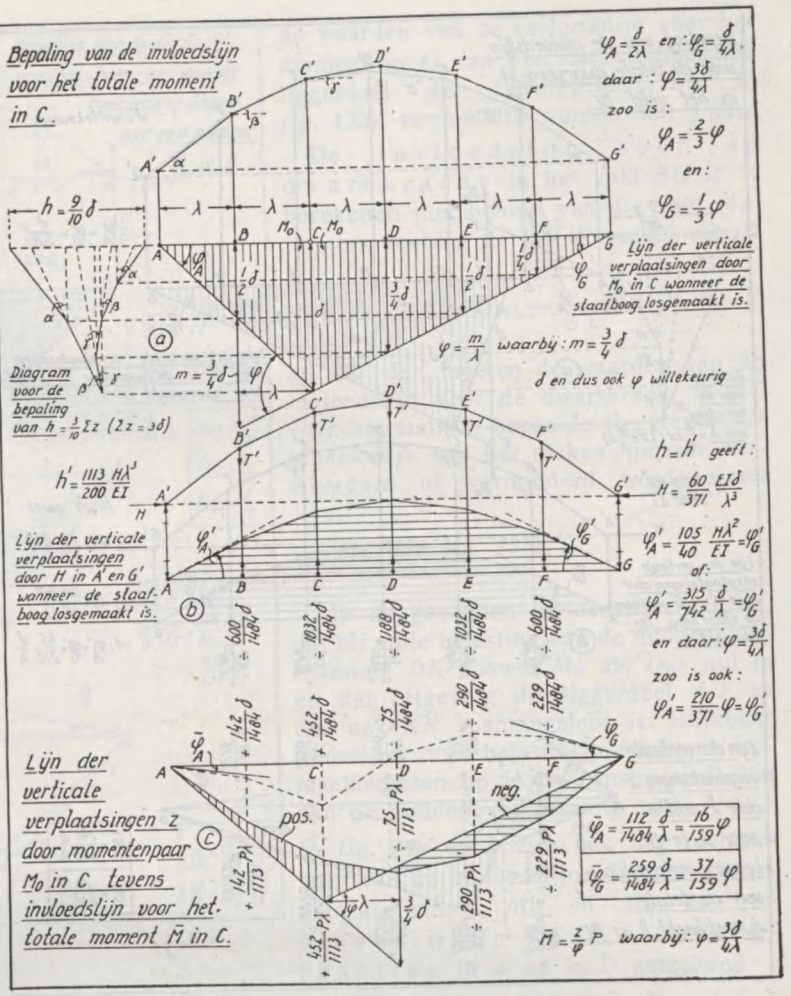


Fig. 8.

In *fig. 10* is de invloedslijn voor H echter op een andere wijze bepaald en wel door het statisch onbepaalde liggerdeel DK afzonderlijk te beschouwen.

Laten we nu eens een moment M in D werken (zie *fig. 11*). We bepalen hiervoor eerst de schoorkracht H en hiermede het momentenvlak, waaruit weer de lijn der verticale verplaatsingen z benevens de hoekverdraaiingen aan de uiteinden zijn te berekenen (*fig. 11c*).

Keeren we nu terug tot de constructie van *fig. 10*. Snijd de constructie in D en K weer door, maak de staafboog in D of in K los en laat hier een horizontaal krachtenpaar H werken. We hebben opzettelijk voor de middenoverspanning DK denzelfden ligger genomen als in *fig. 7*, zoodat de horizontale verplaatsing h ten gevolge van het krachtenpaar H bekend is:

$$h = \frac{1\,113}{200} \frac{H \lambda^3}{E I}.$$

De hoekverdraaiingen in D en K welke een gevolg zijn van het horizontale krachtenpaar H zijn eveneens bepaald in *fig. 7*. Op de aldus symmetrisch vervormde middenoverspanning laten we nu de overgangsmomenten M_D en M_K werken. Aangezien $M_D = M_K = M$, zoo kunnen we voor den doorgaanden ligger $ADKN$ de volgende vormveranderingsvergelijking opstellen

$$-\frac{105}{40}\frac{H\lambda^2}{EI} + \frac{323}{424}\frac{M\lambda}{EI} - \frac{101}{424}\frac{M\lambda}{EI} + \frac{M\lambda}{EI} = 0$$

waaruit volgt $M_D = M_K = M = \frac{1\,113}{646} H\lambda$.

Zoodra echter in D en in K een moment werkt wordt er hierdoor een schoorkracht opgewekt. Deze extra schoorkracht H' is nu (zie *fig. 11*):

$$H' = 2 \cdot \frac{25}{53} \frac{M}{\lambda} = \frac{525}{323} H,$$

zoodat de totale schoorkracht, welke benoodigd is om de horizontale verplaatsing h tusschen de aangrijpingspunten van het krachtenpaar H te geven en tevens er voor te zorgen heeft, dat de rechte ligger $ADKN$ in D en K doorgaand is, bedraagt:

$$\bar{H} = H + H' = \frac{848}{323} H.$$

Hiermede is het momentenvlak dus bekend en kan hieruit de lijn der verticale verplaatsingen z bepaald worden, welke dan tevens voorstelt de invloedslijn voor de schoorkracht H.

In *fig. 10* is de lijn der verticale verplaatsingen z echter berekend aan de hand van *fig. 11c* en *fig. 7b*.

Zoo is bijv. voor P in E de zakking door $M_D = M_K = M$ (zie *fig. 11c*):

$$\frac{665}{1\,908}\frac{M\lambda^2}{EI} - \frac{395}{1\,908}\frac{M\lambda^2}{EI} = \frac{270}{1\,908}\frac{M\lambda^2}{EI}$$

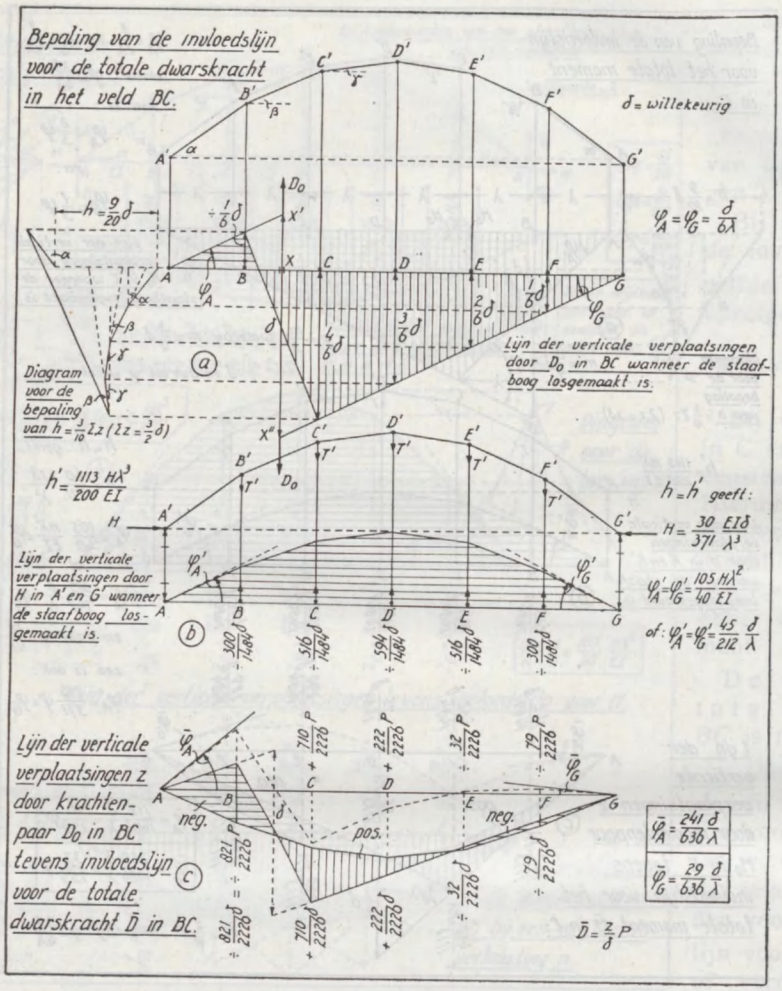


Fig. 9.

In *fig. 12* is vervolgens de invloedslijn voor het overgangsmoment M_D bepaald. We denken ons daartoe een fictieve verbinding in D en laten hierop een momentenpaar M_o werken. In K wordt hierdoor een negatief overgangsmoment M_K opgewekt, dat we het eenvoudigst kunnen bepalen door den ligger bij K door te snijden en weer het statisch onbepaalde liggerdeel DK te beschouwen. Aangezien de ligger in K doorgaand moet zijn, kunnen we aan de hand van de in *fig. 11* gevonden hoekverdraaiingen de volgende vormveranderingsvergelijking opstellen:

$$\frac{101}{424}\frac{M_o\lambda}{EI} - \frac{323}{424}\frac{M_K\lambda}{EI} - \frac{M_K\lambda}{EI} = 0$$

waaruit volgt $M_K = \frac{101}{747} M_o$.

De schoorkracht H is dus (zie *fig. 11*):

$$H = \frac{25}{53}\frac{M_o}{\lambda} + \frac{25}{53}\frac{M_K}{\lambda} = \frac{400}{747}\frac{M_o}{\lambda}$$

zoodat het momentenvlak te teekenen is (*fig. 12*) en aan de hand hiervan de lijn der verticale verplaatsingen z bepaald kan worden. Met behulp van $M = \frac{z}{\varphi} P$ zijn hieruit voor de opvolgende standen van den last P de waarden voor het overgangsmoment M_D en dus ook voor het overgangsmoment M_K te berekenen.

en de opbuiging door H (*fig. 7b*): $-\frac{100}{40}\frac{H\lambda^3}{EI}$

dus is

$$z_E = \frac{270}{1\,908}\frac{1\,113}{646}\frac{H\lambda^3}{EI} - \frac{100}{40}\frac{H\lambda^3}{EI} = -\frac{14\,575}{6\,460}\frac{H\lambda^3}{EI}$$

en daar $H = \frac{z_E}{h} P$, waarin $h = \frac{1\,113}{200}\frac{H\lambda^3}{EI}$ is, zoo is de schoorkracht dan gelijk aan $H = \frac{2\,750}{6\,783} P$.

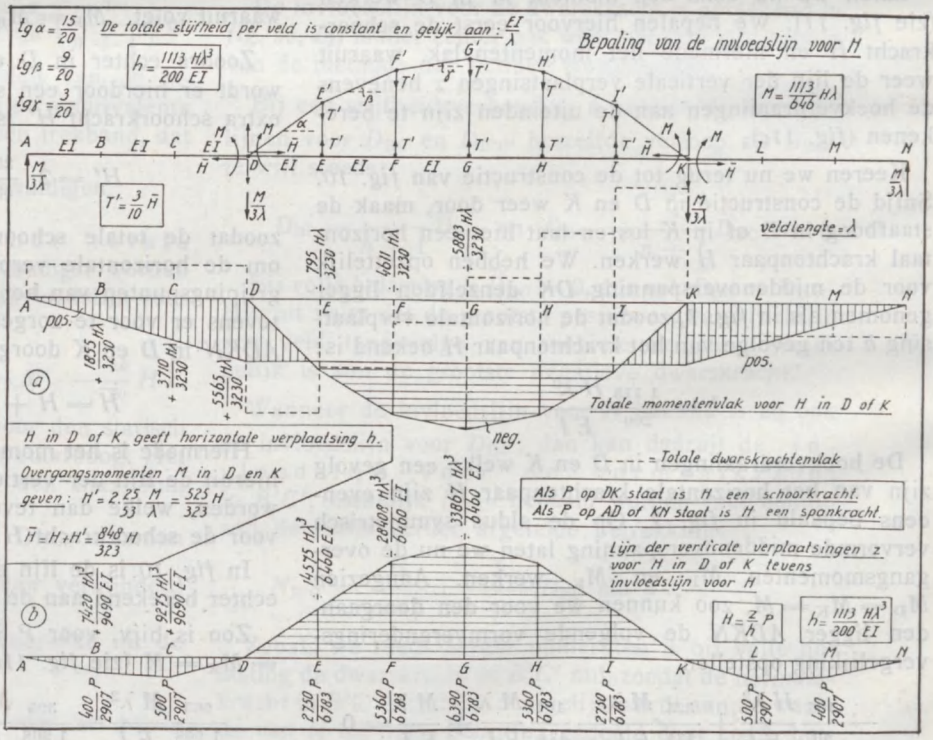


Fig. 10.

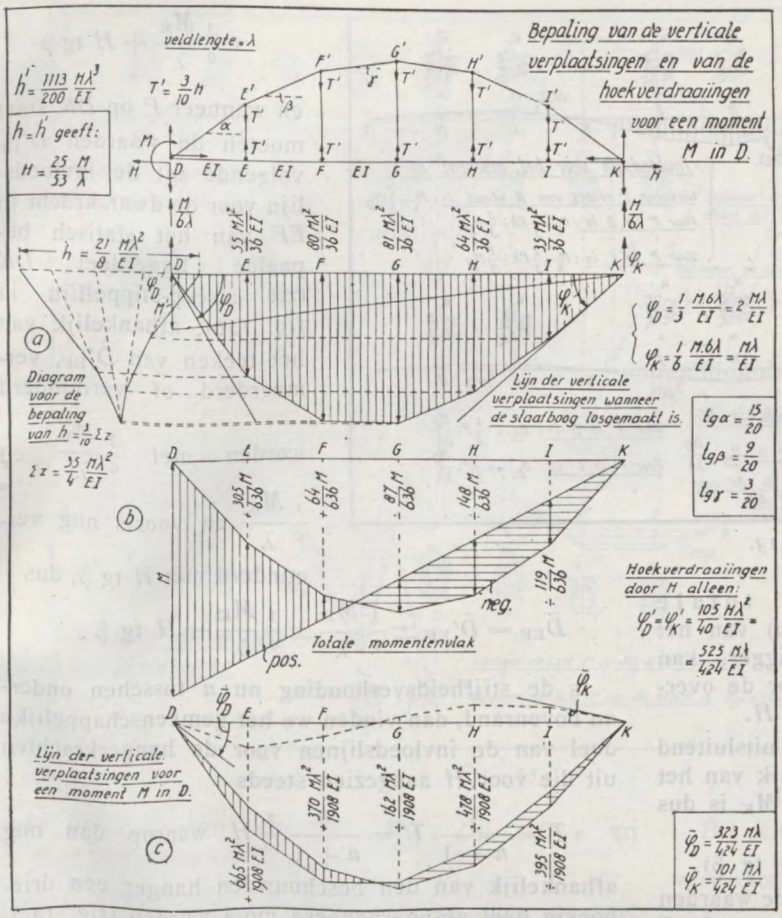


Fig. 11.

de waarden van de invloedslijn voor het moment in C van het statisch bepaalde liggerdeel AD (gestippelde lijn in *fig. 13a*), verminderd worden met $\frac{2}{3}$ M_D.

De invloedslijn voor de dwarskracht in het veld BC is te berekenen met behulp van die voor M_D. Immers zoolang de last P rechts van D staat is steeds $D_{BC} = \frac{1}{3\lambda} M_D$. Komt P op AD, dan moeten de waarden van de invloedslijn voor de dwarskracht in BC voor het statisch bepaalde liggerdeel AD afhankelijk van het teeken hiervan, vermeerderd of verminderd worden met $\frac{1}{3\lambda} M_D$ (zie *fig. 13b*).

Uit de gevonden invloedslijnen blijkt, dat bij volle belasting van de middenoverspanning DK zoowel M_C als D_{BC} nul is en dat bijgevolg dit liggerdeel AD en dus ook KN spanningsloos is. Blijkbaar treden bij deze belasting uitsluitend normaalkrachten op in de constructiedeelen van de middenoverspanning.

In *fig. 14a* en *b* zijn ook nog met behulp van de invloedslijnen voor de overgangsmomenten M_D en M_K de invloedslijnen voor de oplegreacties in A en in D geteekend.

Voor φ vinden we zooals gemakkelijk nagegaan kan worden (*fig. 11*):

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{M_o \lambda}{EI} + \frac{323}{424}\frac{M_o \lambda}{EI} - \frac{101}{424}\frac{M_K \lambda}{EI} = \frac{1\,292}{747}\frac{M_o \lambda}{EI}.$$

Nu de invloedslijnen voor M_D en H bekend zijn kunnen de overige invloedslijnen hieruit berekend worden.

Zoo kan de invloedslijn voor het moment M_C bepaald worden door op te merken, dat zoolang de last P rechts van D staat steeds $M_C = \frac{2}{3} M_D$. Komt echter de last op AD dan moeten

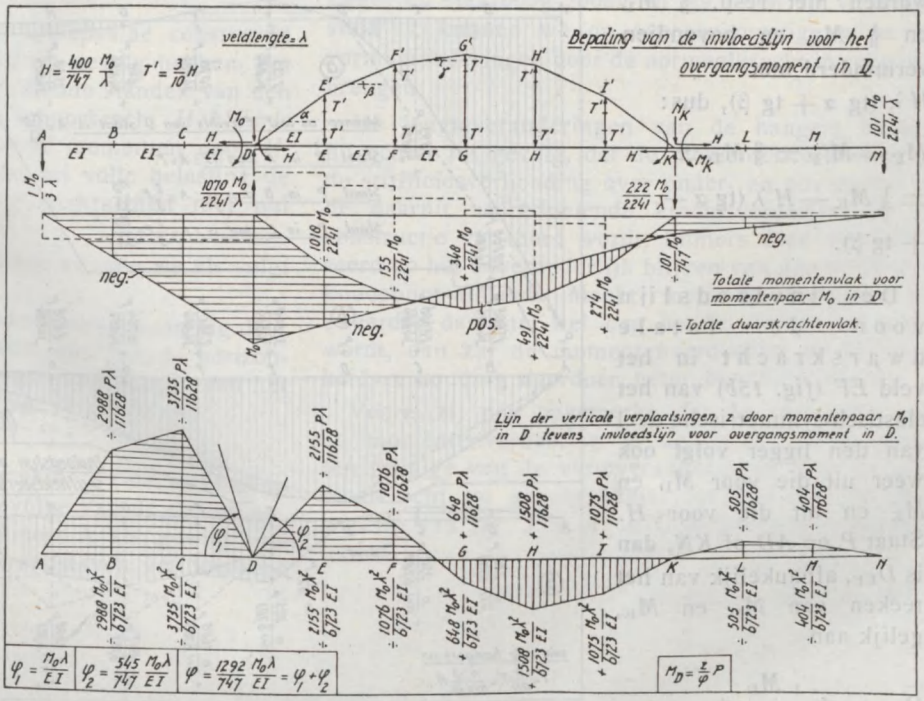


Fig. 12.

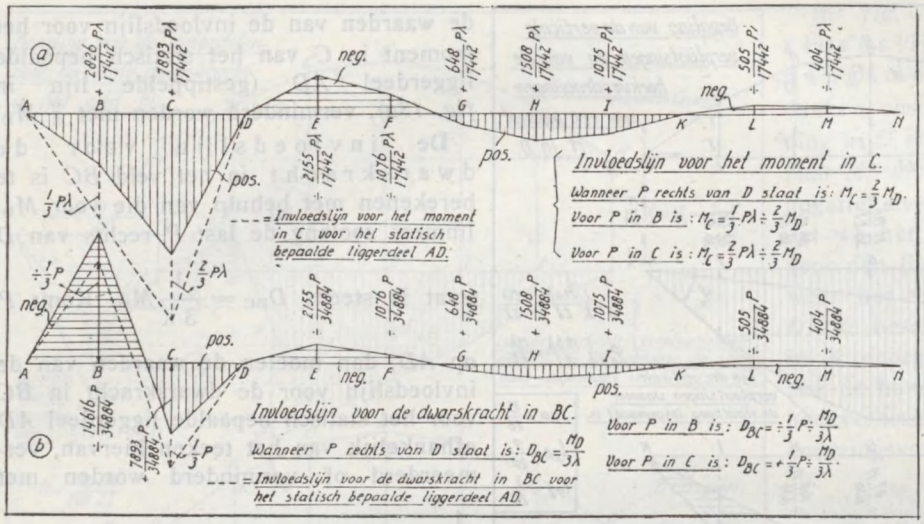


Fig. 13.

De invloedslijn voor het totale moment in de doorsnede F (*fig. 15a*) van het elastisch-symmetrische deel van den ligger, kan bepaald worden aan de hand van die voor de overgangsmomenten M_D, M_K en van die voor H.

Zoolang P op AD of op KN staat is $\overline{M}_F$ uitsluitend afhankelijk van M_D, M_K en H. Afhankelijk van het teeken dezer overgangsmomenten M_D en M_K is dus dan

$$\overline{M}_F = \pm \tfrac{2}{3} M_D \pm \tfrac{1}{3} M_K + H\lambda(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta).$$

Staat P tusschen D en K in, dan moeten de waarden volgende uit de invloedslijn voor het moment in F voor het statisch bepaalde liggerdeel DK (zie stippellijn in *fig. 15a*), namelijk $\overline{M}'_F$, afhankelijk van het teeken van M_D en M_K vermeerderd of verminderd worden met resp. $\frac{2}{3} M_D$ en $\frac{1}{3} M_K$ en bovendien verminderd met $H\lambda(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta)$, dus:

$$\overline{M}_F = \overline{M}'_F \pm \tfrac{2}{3} M_D \pm \pm \tfrac{1}{3} M_K - H\lambda(\operatorname{tg}\alpha + + \operatorname{tg}\beta).$$

De invloedslijn voor de totale dwarskracht in het veld EF (*fig. 15b*) van het elastisch-symmetrische deel van den ligger volgt ook weer uit die voor M_D en M_K en uit die voor H. Staat P op AD of KN, dan is $\overline{D}_{EF}$, afhankelijk van het teeken van M_D en M_K, gelijk aan

$$\overline{D}_{EF} = \pm \frac{1}{6}\frac{M_D}{\lambda} \pm \pm \frac{1}{6}\frac{M_K}{\lambda} + H \operatorname{tg}\beta$$

en wanneer P op DK staat moeten de waarden $\overline{D}'_{EF}$ volgende uit de invloedslijn voor de dwarskracht in EF van het statisch bepaalde liggerdeel DK (zie streep-stippellijn in *fig. 15b*), afhankelijk van het teeken van $\overline{D}'_{EF}$, vermeerderd of verminderd worden met $\frac{1}{6}\frac{M_D}{\lambda}$ en $\frac{1}{6}\frac{M_K}{\lambda}$ en voorts nog verminderd met $H \operatorname{tg}\beta$, dus

$$\overline{D}_{EF} = \overline{D}'_{EF} \pm \frac{1}{6}\frac{M_D}{\lambda} \pm \frac{1}{6}\frac{M_K}{\lambda} - H \operatorname{tg}\beta.$$

Is de stijfheidsverhouding nu n tusschen onder- en bovenrand, dan vinden we het gemeenschappelijke deel van de invloedslijnen voor de hangerkrachten uit die voor H aangezien steeds

$$T = \frac{n}{n+1} \quad T' = \frac{n}{n+1}\frac{3}{10} H$$ waarop dan nog afhankelijk van den beschouwden hanger een driehoekig deel gesuperponeerd moet worden (*fig. 14c*).

Op overeenkomstige wijze als voor de constructie van *fig. 7a* kunnen uit voorgaande invloedslijnen

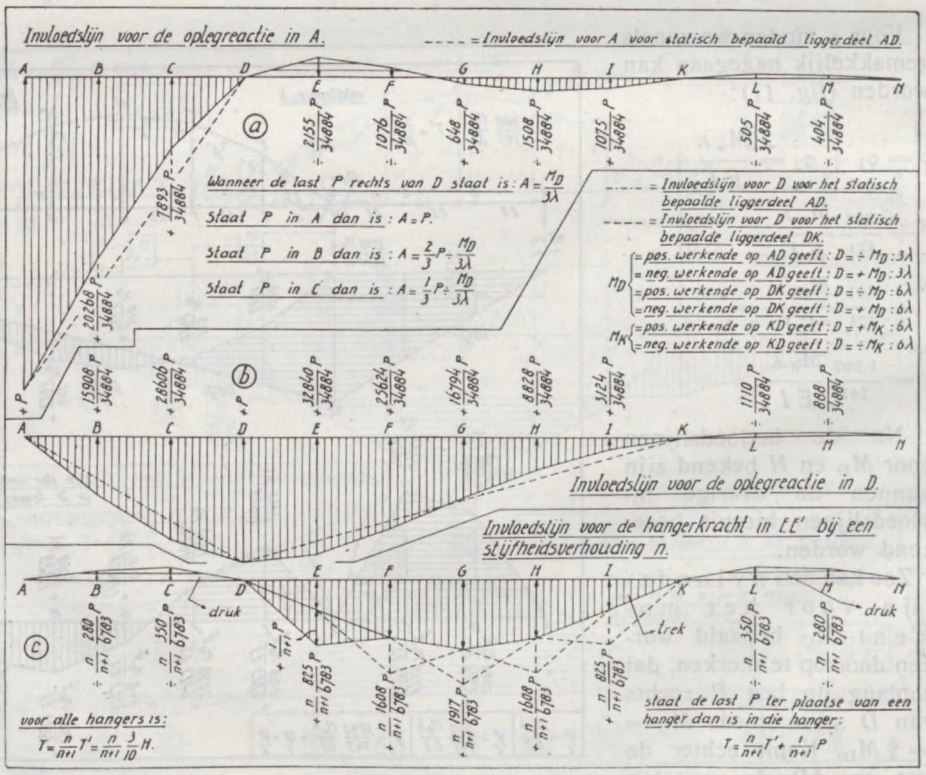


Fig. 14.

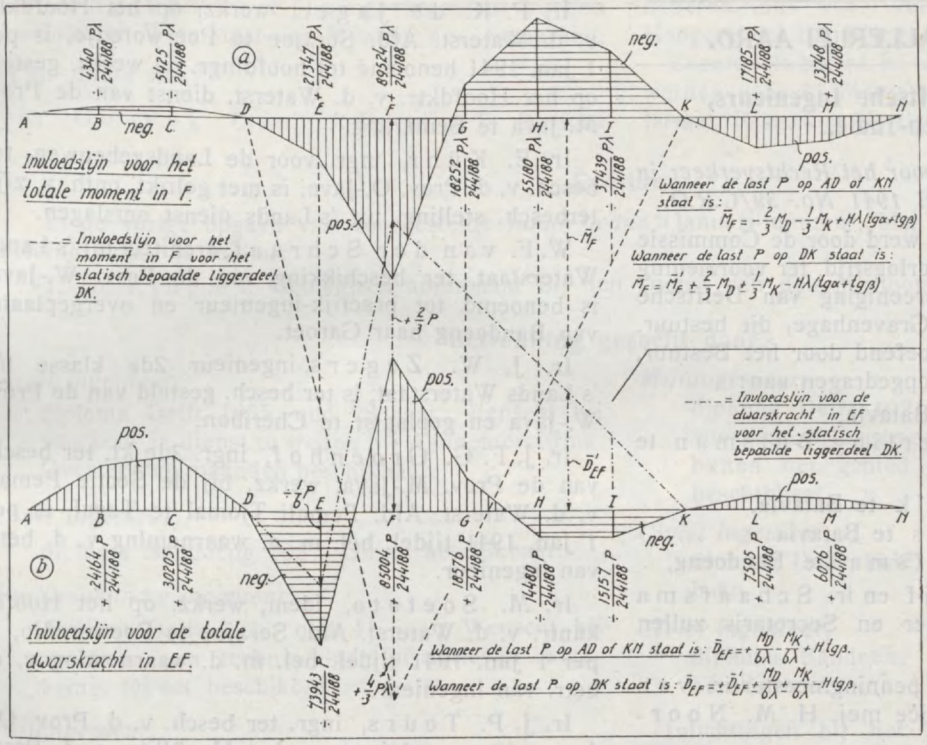


Fig. 15.

de invloedslijnen voor M_F, $M_{F'}$, D_{EF}, $D_{E'F'}$ en $N_{E'F'}$ bepaald worden.

Invloed van de vormveranderingen door de normaalkracht op de krachtsverdeeling.

Door de in den staafboog, de hangers en den rechten ligger optredende normaalkrachten zullen verlengingen dan wel verkortingen van de staven optreden.

Bij de éénvoudig statisch onbepaalde constructie van *fig. 1a* zal dit uitsluitend tot gevolg hebben, dat in werkelijkheid bij de verschillende standen van den last P de waarden van de schoorkracht H kleiner worden, dus ook de ontlastende momenten door H. Dit heeft weer tot gevolg, dat bij volle belasting de momenten en dus ook de dwarskrachten niet nul worden.

Dat H inderdaad kleiner wordt kunnen we als volgt gemakkelijk aantoonen.

Werd namelijk uitsluitend de vormverandering door de buiging in rekening gebracht, dan was de horizontale verplaatsing h van de aangrijpingspunten van het horizontale krachtenpaar H (*fig. 7*) gelijk aan:

$$h = \Sigma (z_R - z_L) \operatorname{tg} \varphi = C \Sigma z .$$

Is nu voor een willekeurig veld $\triangle l$ de verlenging van de onderrandstaaf ten gevolge van de daarin optredende trekkracht H, dan moet h als gevolg van de verlenging van alle onderrandstaven vermeerderd worden met $h' = \Sigma \triangle l$.

Noemen we de verlengingen van den linker en rechter hanger die een willekeurig veld begrenzen resp. $\triangle s_L$ en $\triangle s_R$, dan moet h bovendien vermeerderd worden met $h'' = \Sigma (\triangle s_R - \triangle s_L) \operatorname{tg} \varphi = C \Sigma \triangle s$.

Is tenslotte $\triangle n$ de verkorting van de bovenrandstaaf van een willekeurig veld, dan is de daardoor veroorzaakte horizontale verplaatsing $\dfrac{\triangle n}{\cos \varphi}$ en dus moet tengevolge van de verkortingen van alle bovenrandstaven h nog vermeerderd worden met $h''' = \Sigma \dfrac{\triangle n}{\cos \varphi}$. Ten gevolge van alle vormveranderingen door de normaalkracht wordt h dus nu

$$\overline{h} = h + h' + h'' + h''' .$$

Bij een bepaalde waarde van H blijven de verticale verplaatsingen z dezelfde, zoodat uit $H = \dfrac{z}{h} P$ volgt, dat voor de verschillende laststanden een kleinere schoorkracht H gevonden wordt dan wanneer uitsluitend op de vormverandering door de buiging wordt gelet.

Bij een stijfheidsverhouding n tusschen rechten ligger en staafboog zooals in *fig. 7* en *10* verondersteld is, kunnen we op overeenkomstige wijze de vormveranderingen door de normaalkracht in rekening brengen.

De lengteveranderingen van de hangers hebben nu echter tot gevolg, dat de momentenverdeeling in de stijfheidsverhouding over onder- en bovenrand en de daaruit voortvloeiende krachtsverdeeling in de constructie verstoord wordt. Immers deze was gebaseerd op het onveranderlijk blijven van den verticalen knooppuntsafstand. Maakt men de hangers dus zwaarder dan met het oog op de sterkte vereischt wordt, dan zal de momentenverdeeling in de stijfheidsverhouding daardoor beter benaderd worden.

Voorts zij nog opgemerkt, dat de verstoring van de momentenverdeeling in de stijfheidsverhouding ten gevolge van de vormveranderingen door de normaalkracht tot gevolg heeft, dat bijv. bij de constructie van *fig. 3* in A en G kleine momenten optreden.

Bandoeng, October 1940.

BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

Vereeniging van Delftsche Ingenieurs, Nederlandsch-Indië.

Besluit van de Commissie voor het Rechtsverkeer in Oorlogstijd van 4 Januari 1941 No. 39/C.R.O.

Bij bovengenoemd besluit werd door de Commissie voor het Rechtsverkeer in Oorlogstijd, ter voorziening in het bestuur van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs, gevestigd te 's-Gravenhage, dit bestuur, voor zoover het werd uitgeoefend door het Bestuur, gerekend van 14 Mei 1940 opgedragen aan:

Ir. S. Snuijf te Batavia,
Prof. Ir. A. S. Keverling Buisman te Bandoeng,
Ir. S. H. van Kuijk te Batavia,
Ir. J. A. Schepers te Batavia
en Ir. N.D.R. Schaafsma te Bandoeng,

met bepaling, dat ir. Snuijf en ir. Schaafsma respectievelijk als Voorzitter en Secretaris zullen optreden.

Dit Bestuur benoemde tot penningmeester ir. van Kuijk en tot administratrice mej. H. M. Noordijk.

Het adres van den Secretaris is Frans Halslaan 4, Bandoeng; de administratie is gevestigd Bondowosoweg 13, Batavia-C.

ONTVANGEN GESCHRIFTEN.

Kalender V. A. M. 1941.

Van de N. V. Volker Aanneming Maatschappij ontvingen we een fraaien kalender, waarvan de mooie foto's een duidelijk beeld geven van de belangrijke werken, die door deze firma zijn en worden uitgevoerd en van het uitgebreide materieel, dat haar ter beschikking staat.

We treffen er vele groote gewapend beton bruggen in aan, zoowel tijdens de uitvoering als na gereedkomst en ook foto's van een hopperzuiger, een grooten baggermolen, enz.

Het is een gelukkig idee van de V.A.M. geweest om tot deze uitgave te besluiten en hierdoor in wijderen kring bekendheid te geven aan hetgeen hier in Indië op dit gebied gepresteerd wordt.

PERSONALIA.

Ir. P. J. A. Wijn, hoofdingenieur bij 's Lands Waterstaat, ter besch. van de Prov. M.-Java, werkz. op het Hoofdktr. van den Waterstaatsdienst der Prov. M.-Java te Semarang, is per ulto. December 1940 eervol ontheven van zijn terbeschikkingstelling van de Prov. M.-Java en ter besch. gest. van de Prov. O.-Java; alwaar hij is werkz. gest. in de betrekking van Hoofdingenieur, Hoofd der Prov. Irr. Afd. Pekalen-Sampean te Bondowoso.

Ir. P. K. de Jager, werkz. op het Hoofdktr. v. d. Waterst. Afd. Serajoe te Poerworedjo, is per 1 Jan. 1941 benoemd tot hoofdingr. en werkz. gesteld op het Hoofdktr. v. d. Waterst. dienst van de Prov. M.-Java te Semarang.

Ir. E. Kühr, ingr. voor de Landsgebouwen, ter besch. v. d. Prov. O.-Java, is met gelijkt. onth. v. zijn terbesch. stelling, uit 's Lands dienst ontslagen.

W. F. van der Schraaf, architect bij 's Lands Waterstaat, ter beschikking van de Prov. W.-Java, is benoemd tot practijk-ingenieur en overgeplaatst van Bandoeng naar Garoet.

Ir. J. W. Zegers, ingenieur 2de klasse bij 's Lands Waterstaat, is ter besch. gesteld van de Prov. W.-Java en geplaatst te Cheribon.

Ir. J. F. G. Groenhof, ingr. 2de kl. ter besch. van de Prov. M.-Java, werkz. bij de Sectie Pemali v. d. Waterst. Afd. Pemali Tjomal te Tegal, is per 1 Jan. 1941 tijdel. bel. m. d. waarneming v. d. betr. van ingenieur.

Ir. M. Soetoto, idem, werkz. op het Hoofdkantr. v. d. Waterst. Afd. Serajoe te Poeworedjo, is per 1 Jan. 1941 tijdel. bel. m. d. waarneming v. d. betr. van ingenieur.

Ir. J. P. Tours, ingr. ter besch. v. d. Prov. O.-Java, toegevoegd ingr. op het Hoofdktr. v. d. Prov. Irr. Afd. Pekalen-Sampean, is voorloopig gepl. te Kediri en aldaar belast met de functie van toegevoegd ingr. op het kantoor van het Hoofd v. h. IIde District.

Ir. R. Ahja, maandgelder ter besch. gest. v. d. Prov. O.-Java, is met ingang v. 1 Jan. 1941 nader werkz. gest. in de betr. v. ingr. 2de kl. bij den Prov. Wat. v. O.-J.

Ir. M. Ph. Broekhuijsen, Chef v. d. Dienst v. Weg en Werken der S.J.S. en S.C.S. te Semarang, is met ingang van 21 December 1940 de persoonlijke titel v. Hoofdingenieur toegekend.

Ir. P. C. Feekes, Ingr. 1ste kl. te Semarang, is met ingang v. 1 Dec. 1940 belast m. d. waarn. v. d. functie van Chef v. d. Dienst van Vervoer der S.J.S. en S.C.S.

Ir. N. J. van Rossum, Ingr. 1ste kl. te Semarang, is met ing. v. 1 Dec. 1940 als assistent v. d. Chef v. d. Dienst van Vervoer der S.J.S. en S.C.S. op het Hoofdbureau tewerkgesteld.

Ir. F. B. van Asperen, Ingenieur b. d. fa. Lindeteves-Stokvis te Batavia, werd met ingang v. 1 Oct. '40 aangesteld in vasten dienst bij de Stadsgemeente Soerabaja en benoemd tot Chef Gemeentewerken.

KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS, Groep Nederlandsch-Indië.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

Aangenomen en voorgestelde leden.

Thans worden voorgesteld als *gewoon lid:*

Ir. M. H. Rubens, Chef van het Bovengrondsch Bedrijf van de N. V. Steenkolen Mij „Parapattan", Telok Bajoer, Z. en O. Afd. v. Borneo;

Ir. Ong Thwan Tjiang, Ingenieur bij den Provincialen Waterstaat van Midden-Java, Semarang.

en als *junior lid:*

Ir. Go Pok Oen, Assistent a/h Bosscha Laboratorium voor Natuurkunde a/d Technische Hoogeschool Bandoeng.

Eventueele bezwaren tegen deze candidaatstellingen worden vóór 31 Maart a.s. ingewacht bij het Secretariaat, Bragaweg 38, Bandoeng.

Erratum.

In de vorige opgave van voorgestelde *junior leden* (Januari-nummer, blz. I. 14) dient de eerste vermelding aldaar te luiden:

J. Th. Kingma, Geologisch ambtenaar bij den Dienst van den Mijnbouw te Bandoeng.

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.

Inlichtingen bij het Secretariaat van de Groep Ned.-Indië van het Kon. Instituut v. 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.

Verantwoording van de door de Redactie ontvangen Spitfire-bijdragen

als (en) opbrengst verkoop overdrukken van het artikel „De Royal Air Force" door dr. ir. G. Otten.

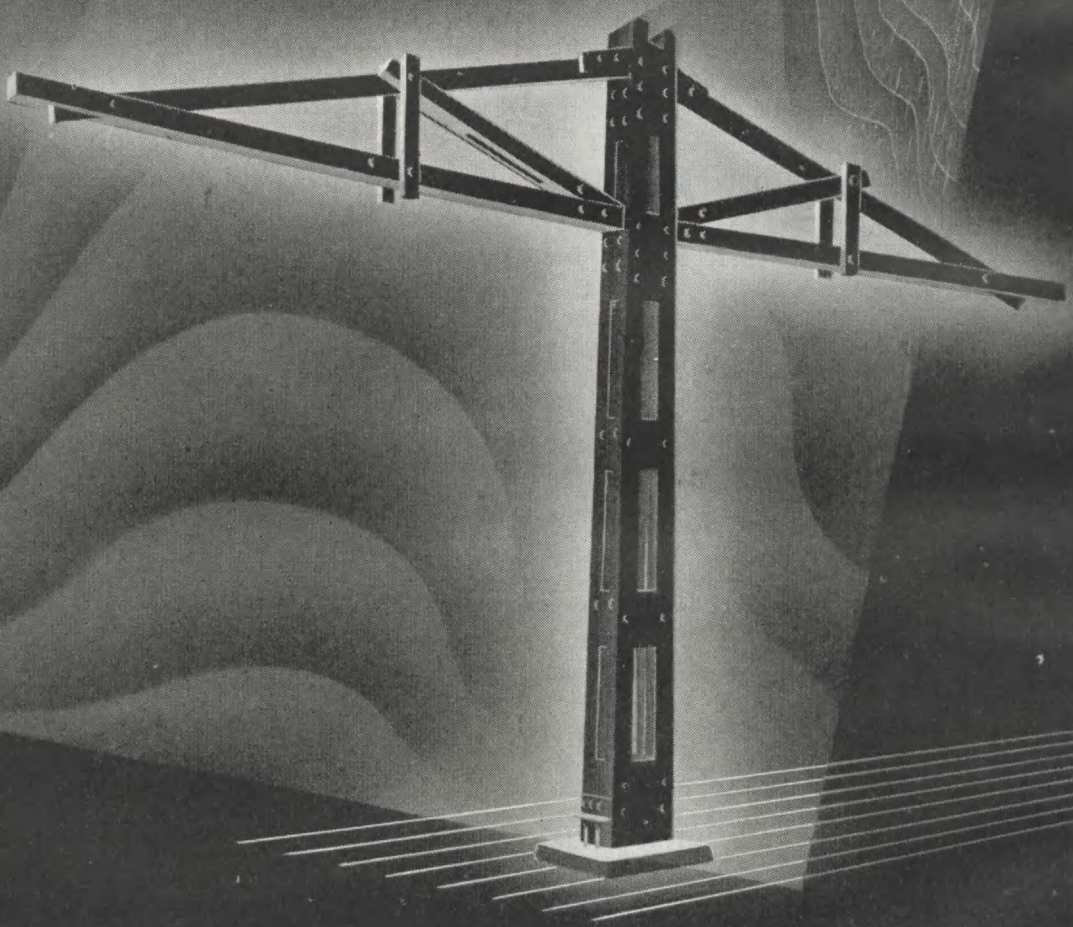
(3de lijst, afgesl. 15 Februari 1941).

Gegr. en Middelb. S.S. personeel, Bandoeng ...	*f*	73,—
ir. F. B. (2e st.) *f* 10; ir. F. K. de J. *f* 50; F. v. O. *f* 1; C. M. B. D. *f* 2; F. A. Th. J. *f* 5	„	68,—
A. C. R. *f* 1; J. G. R. *f* 1; ir. B. A. *f* 25; ir. J. W. R. L. *f* 54; drs. R. B. *f* 5	„	86,—
P. R. v. A. v. R. *f* 1; H. F. G. *f* 5; mr. A. F. X. V. de W. *f* 1; E. M. J. G. P. *f* 1; J. J. B. *f* 1	*f*	9,—
mr. dr. A. K. *f* 1,10; H. S. *f* 1; J. E. W. *f* 10 ...	„	12,10
Ch. F. de P. *f* 10; ir. W. v. D. *f* 40; ir. W. J. G. P. *f* 21	„	71,—
	f	319,10
Verantwoord bij 1ste en 2de lijst (no. 11 en 12 — 1940)	„	7 974,59
Totaal	*f*	8 293,69
Reeds gestort	*f*	5 000,—
Saldo	*f*	3 293,69

PARAPLUIE SPANT
VOOR AUTOBUSSTANDPLAATS
GEMEENTE SEMARANG
HOUTEN KAPPEN MET GROOTE
VRIJDRAGENDE OVERSPANNING

JAVAHOUT

Semarang - Batavia - Soerabaia - Djocja - Bandoeng



JAVAHOUT

SEMARANG

8e JAARGANG
NUMMER 2

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

FEBRUARI
1941

II. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Een belangwekkend bevloeiings- en suppletiestelsel op het eiland Lombok, door ir. B. L. Anthonijs Feher.

Een belangwekkend bevloeiings- en suppletiestelsel op het eiland Lombok

door

ir. B. L. ANTHONIJS FEHER,

Ingenieur bij 's Lands Waterstaat te Mataram (Lombok).

Korte inhoud.

Aanleiding, opzet en uitvoering van het Djoerangsaté-bevloeiingsplan op Lombok zoomede de daarvoor noodig gebleken voorzieningen, o.m. een suppletie uit andere rijker bedeelde bevloeiingsgebieden.

Inleiding.

Op het eiland Lombok, veel minder bekend en bezocht dan het toeristisch zooveel meer biedende Bali, waarmede het één Residentie vormt en van waaruit het administratief wordt bestuurd, heeft het bevloeiingswezen dank zij de gestadig voortschrijdende doordringing van de moderne irrigatietechniek in korten tijd een belangrijke ontwikkeling doorgemaakt. Vooral in de laatste jaren kon door het gelijktijdig entameeren van alle met elkaar in verband staande objecten de oppervlakte der technisch bevloeide sawahs aanmerkelijk worden uitgebreid.

Het Djoerangsaté-bevloeiingsgebied dat thans bespreking zal vinden, zou bijvoorbeeld niet tot stand zijn kunnen gebracht zonder permaneering van het uit dezelfde rivier gevoede Gebonggebied en den aanleg van een suppletieleiding uit rijker met water bedeelde gebieden, waarin wederom hiermede verband houdende beteugelingen moesten worden bewerkstelligd.

Aan de beschrijving van de Djoerangsatéwerken en van de suppletieleiding zal een korte geologische inleiding vooraf moeten gaan, aangezien de ligging der bevloeiingsgebieden en de begrenzing der bevloeiingsmogelijkheden op Lombok nauw verband houden met de topografie en geologie van het eiland.

*

Het in cultuur gebrachte gedeelte van Lombok is hoofdzakelijk de middenvlakte, gelegen tusschen het noordelijke centrale overheerschende Rindjani-massief met als hoogsten top de G. Rindjani (3 775 m) en het veel lagere Zuidergebergte (zie *fig. 1*). De watervoerende rivieren ontspringen alle op genoemd Rindjanicomplex en verspreiden zich tengevolge van de topografie van de middenvlakte, — die van de waterscheiding welke over Kopang loopt, in Oostelijke- en Westelijke richting helt, — waaiervormig naar de kust. Direct links en rechts van de waterscheiding beschikt derhalve het terrein niet over levend water. Het Djoerangsatégebied nu is juist gelegen in dat gedeelte der Westelijke middenvlakte, dat dus van bevloeiingswater verstoken bleef.

De bodemvormende gesteenten zijn op Lombok in hoofdzaak jong-vulkanisch en afkomstig van het Rindjanicomplex. In de diepere ravijnen kan men overal op het vaste basalt den brecciemantel waarnemen, bestaande uit gesteentebrokken van uiteenloopende grootte, gebed in fijn gesteentegruis [1]). Op deze breccie ligt in lagen van zeer verschillende dikte het door de jongste erupties uitgeworpen puimsteengruis, dat een zeer speciaal karakter aan

1) J. G. B. van Heek: Bijdrage tot de geologische kennis van het eiland Lombok. *Jaarb. v. h. Mijnwezen* 1909.

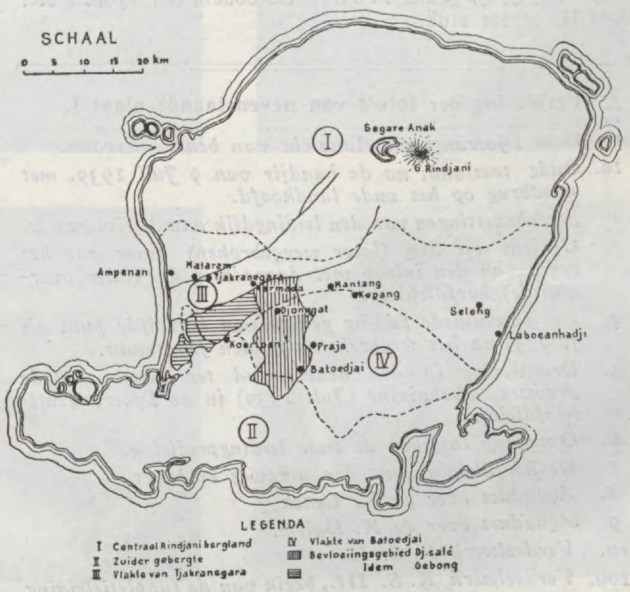


Fig. 1. Eiland Lombok.

den bodem van Lombok verleent en waarmee bij den aanleg van werken terdege rekening dient te worden gehouden.

Wat bodemtypen betreft is de middenvlakte in twee deelen te onderscheiden, waarvan de grenslijn loopt over de plaatsen Mantang, Djonggat en Koeripan (zie *fig. 1*).

Ten Westen van deze lijn ligt de z.g. vlakte van Tjakranegara, om de plaats van dien naam heen gelegen, met een bodem van wat fijnere en grovere Rindjani-asch.

Het materiaal is nog zeer versch, afgespoelde grond uit de bovenstreken en de daar aanwezige verweeringsmineralen en humus komen erin voor. Door den sawah-toestand begint amphibische verweering op te treden, merkbaar aan roodbruine ijzeroxyde-aderen op droge grijze aschleemkluiten [2]).

De vlakte ten Oosten van de grenslijn wordt door van Heek [1]) aangeduid als de vlakte van Batoedjai.

De hier aangetroffen bodem bestaat uit de z.g. tanah-malit, een zwarten grond, in vochtigen toestand een vette zware klei, in drogen toestand steenhard en slechts met het pikhouweel te bewerken, terwijl soms meters diepe bodemscheuren optreden.

Deze grondsoort, die waarschijnlijk met de z.g. rantja-minjak gronden op Java is ter vergelijken, is door haar eigenschappen echter uitermate geschikt voor het lang vasthouden van regenwater, waarvan de op deze velden aangelegde sawahs in hoofdzaak afhankelijk zijn.

Door Jul. Mohr [2]) wordt de leeftijd dezer grondsoort geschat op „oud in het kwartair". Ze is uit andesitisch materiaal ontstaan, terwijl men eronder breccie òf conglomeraat van andesitischen aard òf basalt aantreft.

*

Het is op evengenoemde vlakte van Tjakranegara, die wel het vruchtbaarste gedeelte der middenvlakte uitmaakt, rijk aan vruchtbaar slib en overvloedig van water voorzien uit de er doorheen stroomende rivieren, dat in den Balischen vorstentijd sawahs werden aangelegd, welke nu nog als de rijkste van Nederlandsch-Indië kunnen worden aangemerkt. Opbrengsten van 75 pikol oogstdroge padi per bouw (= 65 q/ha) behooren waarlijk niet tot de uitzonderingen!

Ver hierbij ten achter staan dus wel de terreinen, die zonder technisch ingrijpen van water verstoken zouden blijven en die in hoofdzaak ten Oosten van de lijn Narmada-Koeripan zijn gelegen.

De diverse irrigatie-ingenieurs en landbouwkundigen, die dezen toestand in het verleden aantroffen, hebben het steeds als een belangrijke taak aangevoeld de naar het Westen afstroomende waterhoeveelheden over een zoover mogelijk naar het midden en het Zuiden reikend gebied te verdeelen.

Het Djoerangsaté-gebied met zijn in Noord-Zuidelijke richting verloopend hoofdkanaal en de daarbij aansluitende secundaire leidingen, waarmede het water 17 km meer zuidelijk kan worden benut, is de materialiseering van dit streven.

Geschiedenis van het ontwerp.

De oudste aanwezige nota over bevloeiingen op Lombok, n.l. van de hand van ir. P. J. Ott de Vries, gedateerd Soerabaia, 15 October 1913, spreekt van West-Lombok als „over het algemeen waterrijk", terwijl van Midden-Lombok wordt medegedeeld dat het „arm is aan bevloeiingswater" „en het meerendeel der sawahs van regen afhankelijk".

In dien tijd was echter omtrent rivierdebieten nog niets bekend, terwijl behoorlijke kaarten geheel ontbraken.

In 1915 kwam Midden-Lombok nogmaals in het licht der belangstelling te staan toen de ingenieur voor den bevloeiingsdienst op Bali, ir. P. L. E. Happé, voorstelde om een specialen irrigatie-opzichter op Lombok te werk te stellen en dezen te belasten met het doen van onderzoekingen naar de mogelijkheid om in de afdeeling Praja (d.i. de tegenwoordige onderafdeeling Midden-Lombok) voorkomende 40 000 bouws van regen afhankelijke sawahs te bevloeien.

Deze en latere onderzoekingen resulteerden in 1921 in een voorstel van Ing. O. Werner Sörensen te Den Passar (Bali) om door middel van den dam Djoerangsaté in de K. Babak een oppervlak van 5 à 7 000 bouws te bevloeien en daarnaast den dam Keroe in de affluent van de K. Babak van dien naam te bouwen en den meer benedenstrooms in de K. Babak gelegen dam Gebong te permaneeren. Hiermede zou dan tevens een onderlinge afhankelijkheid geschapen zijn tusschen West- en Midden-Lombok, welke in een van boven af opgelegde plantregeling zou moeten worden vastgelegd.

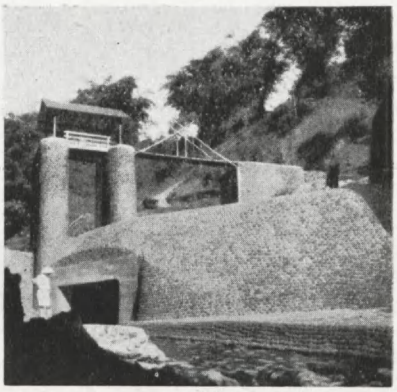
Teneinde de rentabiliteit van deze voorstellen te kunnen beoordeelen werden door het toenmalige Departement der B. O. W. landbouwkundige adviezen geëischt, welke op respectievelijk 3 Maart 1922

2) Dr. E. C. Jul. Mohr. De bodem der Tropen etc. Deel II, eerste stuk.

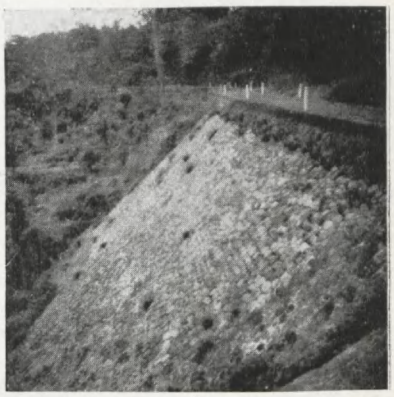
Verklaring der foto's van nevenstaande plaat I.

1. *Dam Djoerangsaté. Aanzicht van benedenstrooms.*
1a. *Oude toestand, na de bandjir van 9 Juli 1939, met noodbrug op het oude landhoofd.*
2. *Steenbezettingen van den leidingdijk aan de rivierzijde.*
3. *Gezicht op den (later weggebroken) muur aan het begin van den inloop met daarachter de (later overkluisde) hoofdleiding.*
4. *De overkluisde leiding gezien van hetzelfde punt als foto 3, na het wegbreken van den frontmuur.*
5. *Draineering in den heuvelwand ter plaatse van de grootste afschuiving (Juli 1939) in de Djoerangsaté-hoofdleiding.*
6. *Overgang tusschen de twee leidingprofielen.*
7. *De hoofdleiding met den autoweg er langs.*
8. *Aquaduct over de K. Lenek*
9. *Aquaduct over de K. Dalem.*
10. *Verdeelwerk K. S. II.*
10a. *Verdeelwerk K. S. III., begin van de suppletieleiding.*

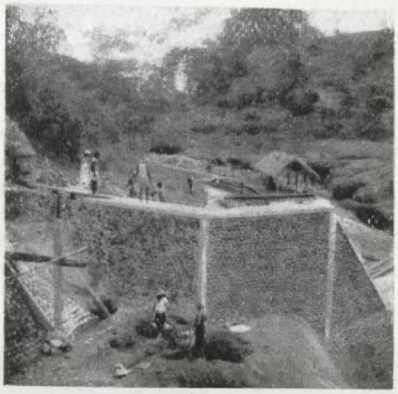
1



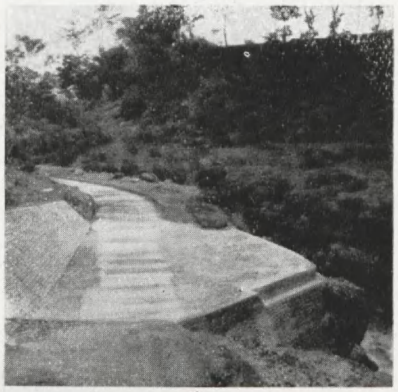
1a



2

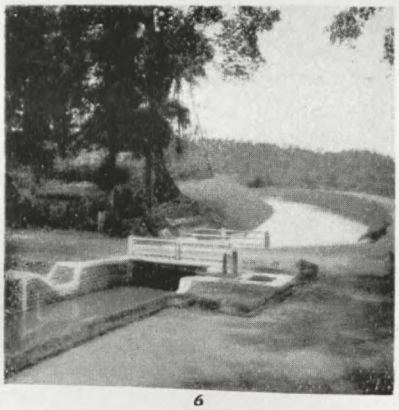


3



4

5

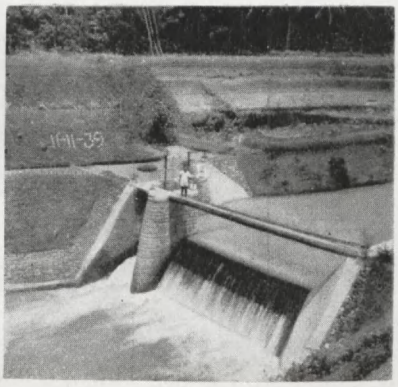


6

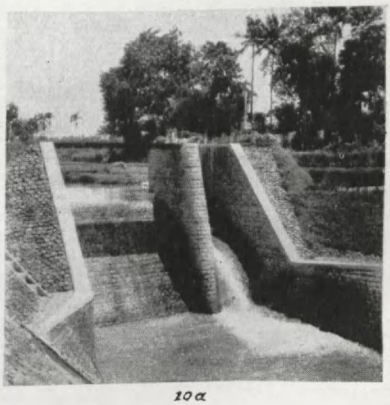
7

8

9



10

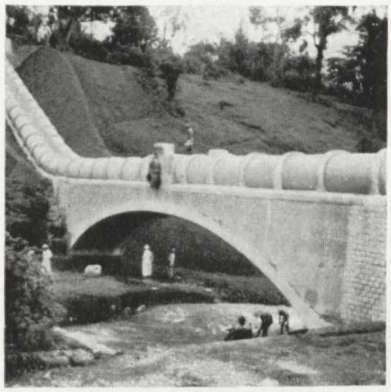


10a

11

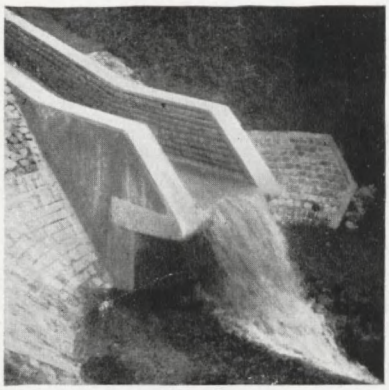
11a

11b

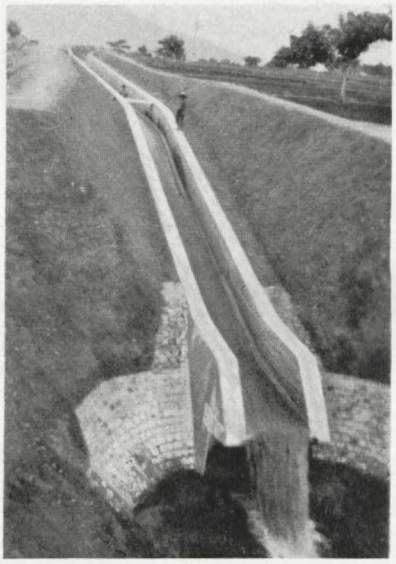


12

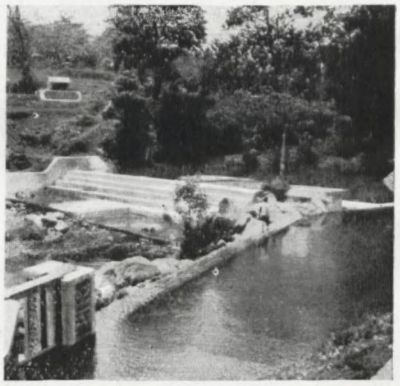
13



15a

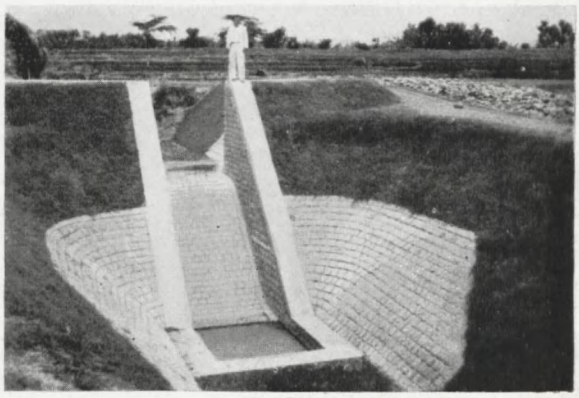


15



16

14



17

en 10 Maart 1923 werden uitgebracht door den landbouwconsulent W. E. K. Baron van Lynden. In deze rapporten werd de waterbehoefte gesteld op 1,6 l/b/sec zoowel voor Midden- als voor West-Lombok, waardoor met het toenmaals waargenomen debiet van ongeveer 6 m³/sec hoogstens 5 000 bws. zouden kunnen worden bevloeid.

Tevens kwam ter sprake de zeer uiteenloopende bodemgesteldheid in het te bevloeien gebied, t.w. de waterdoorlatende zanderige gronden in het Noorden en de zware klei (tanah-malit) in het Zuiden. Van deze laatste grondsoort werd door rapporteur medegedeeld dat de cultuur van polowidjogewassen er ten eenen male uitgesloten was, doch ook werd de veronderstelling geuit dat tengevolge van de groote ondoorlaatbaarheid, de toestand van „van-regen-afhankelijkheid" kon blijven bestendigd. Een veronderstelling welke in latere jaren werd tenietgedaan, omdat de zeer geringe regenval, waarover indertijd geen voldoende cijfers beschikbaar waren, vooral wanneer deze nog eenigszins laat plaats had, vaak niet voldoende bleek om misoogst op groote schaal te voorkomen.

Door het toenmalige Departement van Landbouw werd naar aanleiding van deze rapporten de wenschelijkheid geuit meerdere debietgegevens te verzamelen, waaraan sinds 1925 ook constant is gearbeid. In dat jaar werd de eerste ingenieur op Lombok tewerkgesteld (ir. R. M. Notodhiningrat), die onmiddellijk aanving met een ruim opgezet schema van debietmetingen, kaarteeringen en onderzoekingen, waarbij van de volgende grondgedachte moet zijn uitgegaan:

a) De bestaande Gebongbevloeiing uit de K. Babak moest worden gepermaneerd teneinde daar waterverspilling te voorkomen;

b) De Djoerangsatébevloeiing zou dan eveneens meer bovenstrooms uit de K. Babak kunnen worden geëntameerd;

c) Een eventueele suppletie uit het Sesaoetgebied werd reeds in 1928 aangeroerd.

Waar het Sesaoetgebied weer samenhangt met het Djangkokgebied, aangezien de K. Sesaoet de voornaamste affluent is van de K. Djangkok, kwam ook de permaneering van de bevloeiing uit de laatstgenoemde rivier ter sprake, teneinde ook hier het watergebruik volkomen in de hand te kunnen houden en het suppletiedebiet dus ten allen tijde veilig te kunnen stellen.

De conclusies die uit de debietwaarnemingen werden getrokken bleken naderhand echter niet geheel onaanvechtbaar te zijn, zooals uit het nader hieromtrent vermelde zal blijken.

Intusschen werd bij G. B. van 18 September 1927 de permaneering van den dam Gebong geautoriseerd, waarbij voor het ongeveer 8 000 bws. groot gedachte bevloeiingsgebied op een waterbehoefte van 1,5 l/b/sec was gerekend, zoodat hiervoor alleen reeds over ± 10 m³/sec in de K. Babak moest kunnen worden beschikt.

Bij G. B. van 21 Mei 1929 werd voorts de bouw van den dam Keroe geautoriseerd, waarbij voor 900 bws. bestaande sawahs en ± 300 bws. uitbreiding op een totaal debiet van 2,4 m³/sec was gerekend, een waterbehoefte dus van 2 l/b/sec.

In Maart 1930 werd een project ingediend voor de permaneering van den dam Djoerangsaté, waarbij ervan was uitgegaan dat — zonder benadeeling van het benedenstroomsche Gebonggebied — bij dezen dam 8 m³/sec aan de K. Babak kon worden onttrokken, terwijl erop was gerekend dat uit de twee riviertjes, welke door het hoofdkanaal worden gekruist, t.w. de K. Lenek en de K. Dalem respectievelijk nog 1½ m³/sec en 2 m³/sec beschikbaar zou komen ter suppletie van het hoofdkanaal. Een totaaldebiet dus van 11½ m³/sec.

Naar aanleiding van dit project werd door den landbouwconsulent Soebiarto wederom een landbouwkundig onderzoek ingesteld, waarvan de resultaten werden vastgelegd in zijn nota van 12 Februari 1932, waarin echter ook de rentabiliteitsbeschouwing was gebaseerd op de aanname van 11½ m³/sec.

De voornaamste conclusies in dit rapport waren de volgende:

1e) Voor het Gebonggebied kan een waterbehoefte worden aangenomen van 1,15 l/b/sec (afwijkend dus van het rapport van Lynden);

2e) Indien er voldoende debiet aanwezig was, werd de bevloeiing van de tanah-malit streken wel aanbevolen (zulks wederom in afwijking van het rapport van Lynden).

In Juli 1933 werd een tweede, geheel omgewerkt, project voor de Djoerangsatébevloeiing ingediend, dat bij G. B. van 4 Mei 1934 No. 19 werd geautoriseerd als het 1ste gedeelte der Djoerangsatéwerken.

In Mei 1934 werd de vakkenkaart voor het geheele Djoerangsatégebied ter goedkeuring aan het Departement van Verkeer en Waterstaat aangeboden, waarbij — wederom op basis van 11½ m³/sec — werd voorgesteld om 3 638 bws. bestaande bevloeiing te permaneeren en een uitbreiding te bewerkstelligen van 4 012 bws. lichte en 5 085 bws. zware gronden, dus een bevloeiing tot stand te brengen van totaal 12 735 bws. Hierbij was voor de drie genoemde categorieën uitgegaan van een waterbehoefte van respectievelijk 1,15, 1,75 en 0,62 l/b/sec.

Verklaring der foto's van nevenstaande plaat II.

11. De brugsyphon over de K. Remening, gezien van den rechter ravijnwand.

11a. De brugsyphon in diverse stadia van aanbouw, gezien van den rechter ravijnwand (inloopzijde).

11b. Het buizenemplacement voor het syphongedeelte boven den 21 m-boog.

12. De 21 m-boog over het bed van de K. Remening.

13. De brugsyphon, gezien van den linker ravijnwand (uitloopzijde) tijdens een spuiing.

14. Aquaduct over de Eat Keroe.

15. Hellende goot bij de uitmonding van de suppletieleiding in de K. Babak.

15a. Detail van de storttafel.

16. Dam Sesaoet; aansluitend er achter de nieuwe matrassendam.

17. Een stortdam met woelbak volgens Schoklitsch.

Beschikbare waterhoeveelheden.

Thans moet, teneinde de latere ontwikkeling der plannen te kunnen beoordeelen, de kwestie der debietwaarnemingen en de daaruit te trekken conclusies nader worden beschouwd. Om het bevloeiingsverband en de oorspronkelijk bestaande inzichten daarin, zoomede de later gewijzigde opvattingen terzake te kunnen volgen wordt naar het schema (*fig. 2*) verwezen en naar *staat I*, waarin eenige debietwaarden, zooals deze in den loop der jaren zijn waargenomen en afgeleid, zijn opgenomen.

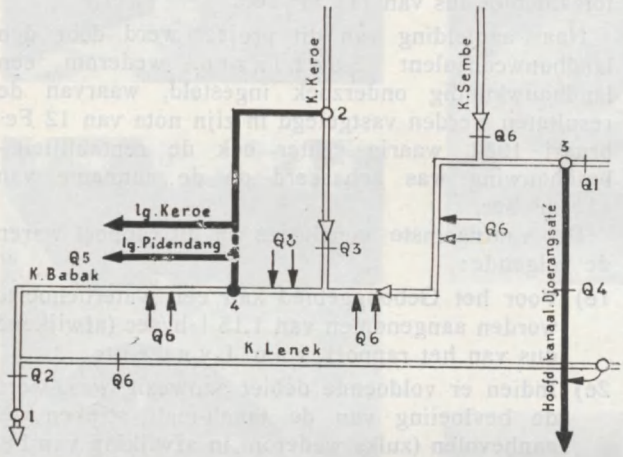


Fig. 2. Schema van het bevloeiingsverband.

In het schema (*fig. 2*) is:

Q_1 het debiet bovenstrooms van dam Djoerangsaté
Q_2 „ „ „ „ „ Gebong
Q_3 „ „ benedenstrooms „ „ Keroe
Q_4 „ ingelaten debiet in het Djoerangsatéhoofdkanaal
Q_5 „ „ „ „ de Pidendangleiding (later vervallen)
Q_6 alle achterwater, afval- en terreinwater afstroomend op de K. Babak tusschen dam Djoerangsaté en dam Gebong.

Het onderling verband van deze debieten wordt aangegeven door;

$$Q_1 = Q_2 - Q_3 - Q_6 + Q_4 + Q_5 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

De waarden welke in den loop der jaren voor Q_1, Q_2 en Q_3 zijn waargenomen zijn de ondervolgende:

Staat I.

Debiet	Waarnemingsperiode	Wijze van meting	Gemiddelde waarde uit de grafieken bepaald
Q_1	1918 — 1928	drijving	W.M. 9 m³/sec (Nov.-Dec. 7 m³/sec)
			O. M. 4 à 6 m³/sec
	1934 — 1937	berekening	W.M. 8 m³/sec
Q_2	1918 — 1927	drijving	W.M. 13 m³/sec
			O. M. 6 m³/sec
	1933 — 1937	drijving in hoofdkanaal	W.M. 10 m³/sec
		en overstort dam	O. M. 3 à 4 m³/sec
Q_3	1920 — 1928	drijving	W.M. 2 m³/sec
	1934 — 1937	overstort dam	W.M. 1 m³/sec

Ter toelichting van Q_1 diene nog dat na gereedkoming van den dam Djoerangsaté ten gevolge van de bijzondere inlaat- en spuiconstructie — waarop nog nader wordt teruggekomen — geen geregelde metingen bij den dam konden worden verricht, zoodat hier de debieten door berekening moesten worden bepaald.

Uit (**1**) volgt namelijk na invulling van de laatst waargenomen waarden (inlaat hoofdkanaal = 0 stellend en $Q_5 = 0$ na het vervallen van dam Pidendang):

$$Q_1 = 10 - 1 - 1 + 0$$

of:

$$Q_1 = 8 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

Hierbij is dus het achterwater (Q_6) op 1 m³/sec gesteld, wat aan den veiligen kant is.

De verschillen tusschen de oude en nieuwe waarnemingen van Q_2 en Q_3, welke wij een gelijke mate van nauwkeurigheid moeten toekennen, moeten worden toegeschreven aan de ongelimiteerde sawahontginning in de Babak- en Lenekbovengebieden en aan de ontbosschingen in het neerslaggebied en van de ravijnwanden, waardoor de bandjirs in den laatsten tijd van korteren duur zijn en hoogere maxima vertoonen. De voortgezette waarnemingen tot op heden geven dezelfde debietwaarden te zien als in de perioden 1934 tot 1937.

Gaan wij thans na op welke wijze men tot de conclusie is gekomen dat 8 m³/sec uit de K. Babak kon worden afgetapt bij dam Djoerangsaté, zonder het Gebonggebied te benadeelen waarvoor 7 m³/sec noodig werd geoordeeld.

Uitgaande van (**1**) en hierin de waarden der oude waarnemingen invullend, vindt men voor Q_6 als onbekende:

$$10 = 13 - 2 - Q_6 + 2 + 1$$

waarbij voor Q_1 is aangenomen 10 m³/sec als gemiddelde waarde nà 1922, hiermede Q_6 doelbewust ongunstig beïnvloedend. Voorts bedroegen in dien tijd de bij Djoerangsaté en Pidendang ingelaten debieten respectievelijk 2 en 1 m³/sec.

Voor Q_6 vinden we dan 4 m³/sec. Tezamen met het debiet benedenstrooms van dam Keroe ad 2 m³/sec zou dus totaal op de K. Babak afstroomen $4 + 2 = 6$ m³/sec.

Hiervan uitgaande vindt men dan bij een aftapping van 8 m³/sec bij Djoerangsaté volgens (**1**):

$$Q_2 = Q_1 + (Q_3 + Q_6) - Q_4 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

waarbij Q_5 na vervallen van Pidendang = 0, en voor Q_1 thans 9 m³/sec kiezend:

$$Q_2 = 9 + (6) - 8$$

$$Q_2 = 7 \text{ m}^3/\text{sec},$$

waarmee dus aan den gestelden eisch t.a.v. het Gebonggebied zou zijn voldaan.

Voor de nieuwe waarnemingen gaat (**1**) over in;

$$8 = 10 - 1 - Q_6 + 1\tfrac{1}{2} + 0$$

waaruit

$$Q_6 = 2\tfrac{1}{2} \text{ m}^3/\text{sec}$$

en

$$Q_3 + Q_6 = 3\tfrac{1}{2} \text{ m}^3/\text{sec}.$$

Teneinde een zuiverder inzicht te verkrijgen in de grootte van $(Q_3 + Q_6)$, welke factor immers van

groot belang is voor de beoordeeling der Djoerangsatéplannen, werd in de nota van ir. L. O. Croes van 12 Juni 1937, welke werd opgesteld naar aanleiding van de geconstateerde afwijkingen in de debieten, een berekening uitgevoerd uitgaande van de stroomgebieden, den regenval en de voor de terreingesteldheid toepasselijk geachte afvloeiingscoëfficiënten, waaruit een waarde voor evengenoemden factor volgde van $3\frac{1}{2}$ m³/sec, overeenkomende dus met de waarde berekend uit de nieuwe waarnemingen.

Daar de afvloeiingscoëfficiënten altijd aanvechtbaar blijven werd door ir. Croes veiligheidshalve gerekend op $2\frac{1}{2}$ m³/sec.

Een nadere beschouwing van de gedachte suppletie van het Djoerangsatéhoofdkanaal uit de K. Lenek en Dalem wees uit, dat uit beide riviertjes in den westmoesson op hoogstens gemiddeld 1 m³/sec viel te rekenen. De oorzaak van dezen tegenvaller moet worden gezocht in een blijkbaar niet volledig inzicht in het bevloeiingsverband, waardoor metingen in genoemde riviertjes op meer benedenstrooms gelegen punten verkeerd werden geïnterpreteerd.

Aan de hand van de laatst herziene debietwaarden kan dus worden afgeleid, dat voor het Djoerangsatégebied in den westmoesson hoogstens gerekend mag worden op een gemiddelde van 8 m³/sec bij den dam, vermeerderd met 1 m³/sec uit de K. Lenek en Dalem. In totaal dus *9 m³/sec!*

Daarbij wordt dan de K. Babak droog afgetapt en komt bij dam Gebong niet meer beschikbaar dan $(Q_3 + Q_6) = 2\frac{1}{2}$ *m³/sec!*

De noodzaak van een suppletie, welke tegelijkertijd met de afwikkeling der Djoerangsatéplannen moest worden geëntameerd was nu wel duidelijk aangetoond.

De mogelijkheid om deze te doen plaats hebben uit de K. Sesaoet, waarop in de eerste plannen reeds was gezinspeeld, bleek inderdaad aanwezig, zoodat het ontwerp met spoed kon worden uitgewerkt.

Voor de grootte van de gewenschte suppletie is uitgegaan van een waterbehoefte in het geheele Gebonggebied van 1,15 l/b/sec. Voor de totale oppervlakte van 6 850 bws. is dan $6\,850 \times 0{,}8 \times 1{,}15 = 6\,302$ of 6,3 m³/sec benoodigd, zoodat gesuppleerd moet worden $6{,}3 - 2{,}5 = 3{,}8$ of rond *4 m³/sec!*

Deze waterhoeveelheid kan zonder eenig bezwaar aan het Djangkok-Sesaoet-Remening-gebied worden onttrokken en zelfs kan de suppletie worden opgevoerd tot 6 m³/sec, waarmede een uitbreiding van het Gebonggebied met een oppervlakte van ± 1 800 bws. in de naaste toekomst kan worden tot stand gebracht.

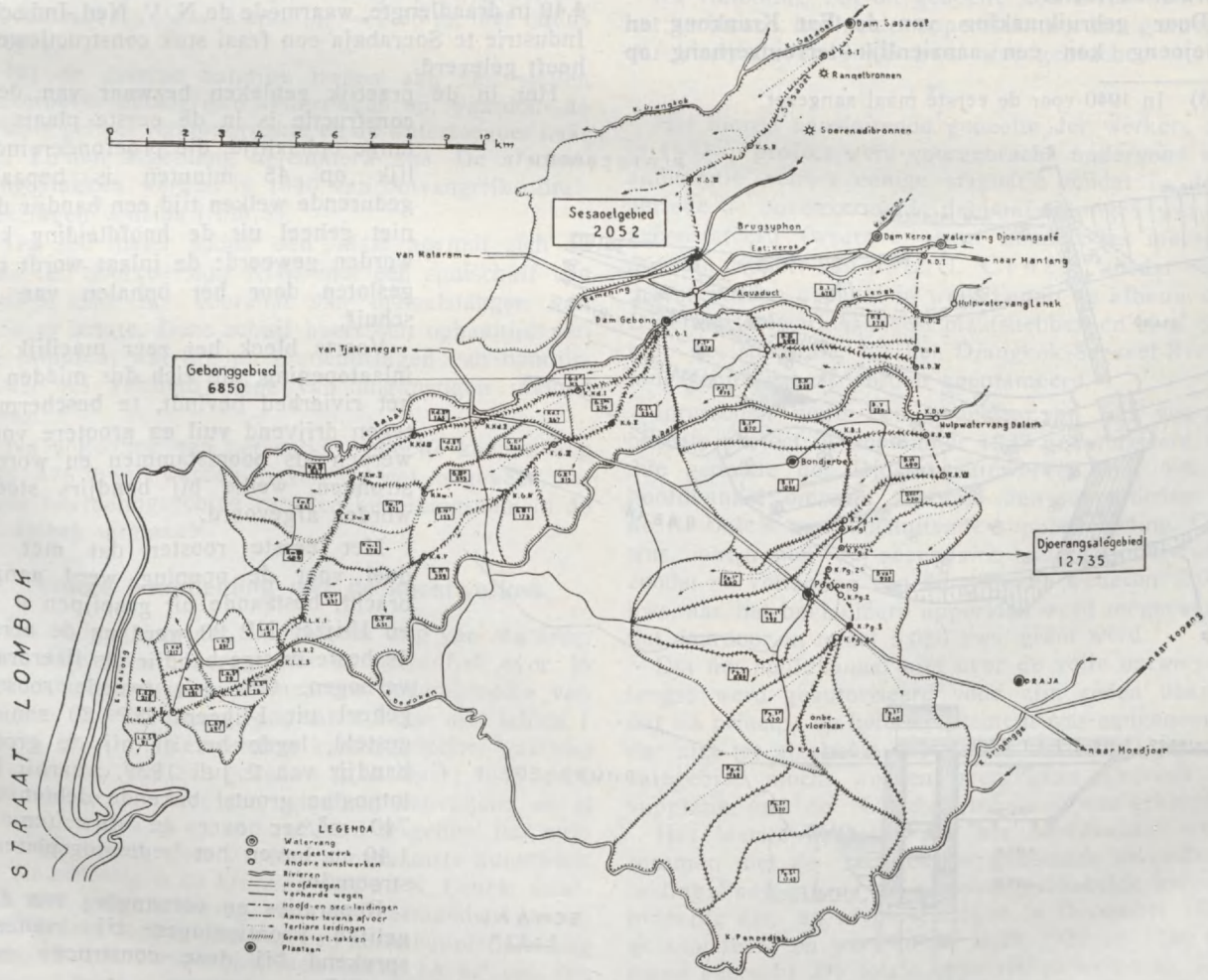


Fig. 3. Vakkenkaart.

Het ontwerp der Djoerangsaté-bevloeiing.

Het Djoerangsatégebied ontvangt het bevloeiingswater door middel van den stuwdam van dien naam in de K. Babak bij Mantang (*fig. 3*). Het hoofdkanaal loopt over ± 9½ km eerst in zuidwestelijke en vervolgens in zuidelijke richting tot aan het verdeelwerk KDVI, waar een splitsing plaats vindt in het secundair kanaalpand dat eindigt bij het eindverdeelwerk KDVII en een zijdelingschen aflaat naar een bestaande terreingeul welke tenslotte voert naar de Eat Kronkong, die dan fungeert als gecombineerde aan- en afvoerleiding. In deze leiding bevindt zich de hulpwatervang KPg1a, waaruit de eigenlijke secundaire leiding Poejoeng begint, die vervolgens via de hellende goot KPg2b in de K. Poejoeng stroomt, welke laatste dus als tweede gecombineerde aan- en afvoerleiding fungeert (*fig. 3*).

In dit riviertje bevindt zich de tweede hulpwatervang KPg2c, waaruit zich de secundaire leiding Poejoeng wederom voortzet om tenslotte bij Batoebedoeg de eindvakken Pg4, Pg5r en Pg5l te bereiken, waarvan de laatstgenoemde twee vakken voorshands op last van het Departement moesten worden uitgesloten van het Djoerangsatéschema, totdat aan de hand van bevloeiingsproeven zal zijn bewezen [3]), dat ook met het geringere debiet dat thans aanwezig blijkt de totale eindoppervlakte kan worden bevloeid.

Door gebruikmaking van de Eat Kronkong en Poejoeng kon een aanzienlijk terreinverhang op natuurlijke wijze worden overwonnen, wat bij gescheiden aan- en afvoer niet anders mogelijk zou zijn geweest dan met vele kostbare stortdammen en hellende goten.

Watervang en eerste gedeelte hoofdleiding.

De watervang (*fig. 4*) met 1½ km aansluitende hoofdleiding werd in 1934 als 1ste gedeelte der Djoerangsatéwerken geëntameerd en in eind 1935 voltooid. Voor dezen dam werd als wijziging van het oorspronkelijk ontwerp van Departementswege een oplossing gekozen waarbij de aftap- en spuiopening boven elkaar zijn gelegen en door dezelfde schuif worden bediend. De ligging van de stuw in een nauwe diepe kloof en de rotsbodemformatie ter plaatse deed de gekozen oplossing zeer aantrekkelijk schijnen (*foto 1*).

De bediening van de schuif heeft plaats via een op twee pijlers rustend plateau, van den linkeroever bereikbaar door een loopbrug.

De 20 cm dikke djatihouten schuif die op een maximum druk van 7 m waterhoogte is berekend meet 2,70 bij 2,10 m.

Door de noodzakelijke hoogteligging van het bedieningsplateau ten opzichte van den maximumbandjirstand kregen de dubbele ophaalstangen van 88 mm diameter een lengte van 8,65 m met 4,40 m draadlengte, waarmede de N. V. Ned.-Indische Industrie te Soerabaja een fraai stuk constructiewerk heeft geleverd.

Het in de practijk gebleken bezwaar van deze constructie is in de eerste plaats de lange ophaaltijd, die proefondervindelijk op 45 minuten is bepaald, gedurende welken tijd een bandjir dus niet geheel uit de hoofdleiding kan worden geweerd: de inlaat wordt n.l. gesloten door het òphalen van de schuif.

Voorts bleek het zeer moeilijk de inlaatopening, die zich dus midden in het rivierbed bevindt, te beschermen tegen drijvend vuil en grootere voorwerpen als boomstammen en wortelstronken, welke bij bandjirs steeds worden afgevoerd.

Het eerste rooster dat met dit doel voor de opening werd aangebracht, bestaande uit gaspijpen ø ½" en U-ijzer NP 20 werd na de eerste de beste matige bandjir als ijzerdraad verbogen. Ook het tweede rooster, geheel uit I-liggers NP 20 samengesteld, legde het af bij de groote bandjir van 9 Juli 1939, waarbij het totnogtoe grootst bekende debiet van 740 m³/sec over de stuw (en tot 1,40 m boven het bedieningsplateau) stroomde.

Reparaties en vervanging van dergelijke voorzieningen zijn vanzelfsprekend bij deze constructie zeer moeilijk.

3) In 1940 voor de eerste maal aangezet.

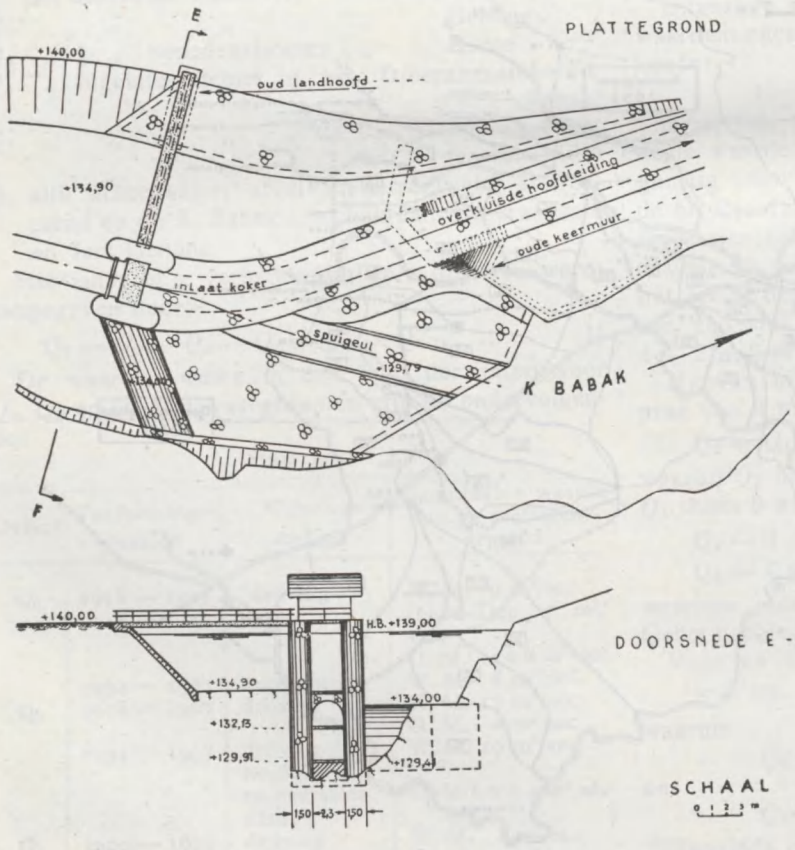


Fig. 4. Stuw Djoerangsaté.

Bovendien werd geconstateerd, dat de houten schuif in 1939, na vier jaren gebruik dus, ongeveer $1\frac{1}{2}$ cm in dikte was verminderd.

De ervaring bij opeenvolgende bandjirs was, dat het in de hoofdleiding dringende bandjirwater afschuivingen van den leidingdijk aan de rivierzijde veroorzaakte, waarvoor o.m. in 1936 kostbare voorzieningen moesten worden getroffen (*foto 2*). De in 1937 aangebrachte bandjirkeermuur aan het begin van de hoofdleiding en de daarbij aansluitende schermmuur bleken bij de groote bandjir van 1939 ook niet afdoende te zijn, zoodat in 1940 de opzet ingrijpend werd gewijzigd (*fig. 4*). De evengenoemde bandjirkeermuur en het bruggehoofd (de loopbrug was op 9 Juli 1939 weggevaagd evenals de bij de stuw gelegen wakerswoning) werden afgebroken, waarmede twee, het doorstroomingsprofiel ten zeerste vernauwende obstakels zijn verdwenen (*foto 3*) en de opstuwing bij bandjirs is gereduceerd.

Bovendien is de hoofdleiding thans over 100 m overkluisd (*foto 4*), waardoor bandjirinslag van de rivierzijde, zooals o.m. in 1938 en in 1939 optrad, in den vervolge is uitgesloten. De eerste $1\frac{1}{2}$ km hoofdleiding, het overkluisde gedeelte inbegrepen, moest geheel in den steilen linkeroever van de K. Babak worden uitgehakt, waartoe ter beperking van grondverzet het profiel zoo smal mogelijk is gehouden (bodembreedte (b) = diepte (h) = 2,35 m, met taluds 1 op $\frac{1}{2}$).

Bij de diverse bandjirs traden aan den steilen linkeroever belangrijke afstortingen op, waardoor de leiding geheel verstopt raakte en de watertoevoer naar het Zuiden dagenlang belemmerd was. De afschuivingsvlakken werden in 1940 van omvangrijke draineeringen voozien (*foto 5*).

Op 280 meter achter den inlaat bevindt zich de spui- en doorvoersluis KDIa met een spuischuif van 2,65 × 1,30 m, voorzien van ophaalstangen van 3,59 m lengte. Deze schuif heeft een ophaaltijd van 35 minuten, wat bij het binnendringen van bandjirwater als vermeld mede van ongunstigen invloed was.

Na voltooiing van het eerste gedeelte konden nog pas 475 bws. worden bevloeid, wat ongeveer het oude bevloeiingsgebied van den bevolkingsdam in de K. Babak uitmaakte.

Verdere hoofdleiding met de kunstwerken.

Na de kruising met den grooten weg van Mataram naar Oost-Lombok gaat het kanaalprofiel over in een meer normaal type met een bodembreedte van 6,15 m en een waterdiepte van 1,50 m met taluds 1 op $1\frac{1}{2}$ (*foto 6*). Het verdere kanaalgedeelte, waarvan $2\frac{1}{2}$ km als het 2de gedeelte A in Maart 1935 werd geautoriseerd, voert door glooiend heuvelland en is langs den rijweg op den rechterdijk geheel per auto te inspecteeren (*foto 7*). Het voornaamste kunstwerk in dit gedeelte is de kruising met de K. Lenek, waaruit met gebruikmaking van een bestaanden gemetselden dam door middel van een korte suppletieleiding volgens den oorspronkelijken opzet $1\frac{1}{2}$ m³/sec zou moeten worden onttrokken.

De kruising heeft plaats door een aquaduct van kalisteenmetselwerk rustend op twee bogen van ongewapend beton, elk van 8 m overspanning. De kuip meet inwendig 2 × 2,25 m, de waterdiepte bij vol debiet bedraagt 1,50 m (*foto 8*).

Na voltooiing van het 2de gedeelte A was wederom 375 bws. bevloeibaar, waarmede het technisch bevloeid areaal dus was gebracht op 850 bws.

De volgende 3,8 km hoofdkanaal werd in Mei 1936 geautoriseerd als 2de gedeelte B der Djoerangsatéwerken.

Het grootste kunstwerk in dit kanaalgedeelte is de kruising met de K. Dalem, waaruit wederom suppletie van het hoofdkanaal plaatsvindt via een hulpwatervang in dit riviertje en een korte suppletieleiding. De kruising geschiedt hier door een gewapend beton aquaduct op gemetselde pijlers, dat met 7 overspanningen van 10 m het ravijn van de K. Dalem overbrugt (*foto 9*).

Het aquaduct is naar de lengte onderverdeeld in 4 deelen à 20 m, welke telkens op 2 pijlers rusten, met overkragende einden van 5 m; de deelen zijn onderling verbonden met dilatatievoegen. De aquaductkuip, waarvan de wanden als dragende hoofdliggers zijn geconstrueerd, meet inwendig 2 × 2 m en heeft bij vol debiet ($7\frac{1}{2}$ m³/sec) een waterdiepte van 1,50 m.

Na voltooiing van dit gedeelte kon 2 155 bws. bij het technisch bevloeide oppervlak worden gevoegd, dat hiermede op 3 005 bws. was gebracht.

*

Het hierop aansluitende gedeelte der werken, dat in 1937 in project werd voorgebracht, ondervond wat autorisatie betreft eenige stagnatie omdat in deze periode de bovenvermelde debietafwijkingen werden geconstateerd (waarover o.m. handelt het meergenoemde rapport van ir. L. O. Croes), zoodat eerst moest worden bepaald in welk tempo de afbouw der Djoerangsatéwerken moest plaatshebben en of al dan niet de suppletie uit het Djangkok-Sesaoet-Remening-gebied moest worden geëntameerd.

Intusschen werd een gedeelte van het voorgebrachte project in September 1937 geautoriseerd als 3de gedeelte der Djoerangsatéwerken, dat 400 m hoofdkanaal omvatte zoomede den suppletiedam in de K. Dalem met aansluitende suppletieleiding. Ook was inbegrepen de secundaire leiding Bondjeroek, zoodat na voltooiing van dit gedeelte wederom 2 045 bws. aan het bevloeibare oppervlak werd toegevoegd, dat daardoor in totaal 5 050 bws. groot werd.

Dat het hoofdkanaal niet over de volle ontworpen lengte werd geautoriseerd vond zijn reden daarin, dat als principe op het Departement was aangenomen dat niet tot algeheele exploitatie van het Djoerangsatégebied mocht worden overgegaan alvorens de suppletie van de K. Babak tot stand was gekomen.

Het laatste gedeelte van het hoofdkanaal werd tezamen met de reeds eerder genoemde secundaire leiding Poejoeng en de tusschengeschakelde gecombineerde aan- en afvoerleidingen in December 1938 geautoriseerd en werd in de jaren 1939 en 1940 tot stand gebracht. De totale oppervlakte welke na voltooiing van de Djoerangsatéwerken voorshands zou

worden bevloeid werd ter gelegenheid van deze autorisatie door het Departement vastgesteld op 10 970 bouws. Uitgesloten waren dus de twee vakken Pg5l en Pg5r ad 1 765 bws. De uitvoering moest gelijktijdig geschieden met die van de Sesaoet-suppletieleiding en diende zoodanig te worden geregeld, dat laatstgenoemde leiding vóór den aanzet van de Djoerangsatébevloeiing op de voorloopige eindgrootte in gebruik kon worden genomen.

Aan deze voorwaarde is alleszins voldaan. De suppletieleiding kon eerst in Maart 1940 in gebruik worden genomen, terwijl het 4de gedeelte der Djoerangsatéwerken pas bij den aanvang van den westmoesson 1940/41 zou worden gebruikt (15 September 1940 voor het zuidelijke complex).

Wel kon reeds in den westmoesson 1939/40 uit de gedeeltelijk voltooide werken nog 1 235 bws. worden bevloeid, zoodat het bevloeide areaal in dien westmoesson 6 285 bws. groot was. Het resteerende gedeelte ad 4 685 bouws is eerst dit jaar (1940) in het bevloeiingsschema opgenomen.

Vermelding verdient hier echter nog de bijzondere omstandigheid, welke zich in 1940 voordeed en waardoor het noodzakelijk was de nog niet geheel voltooide Djoerangsatéwerken tot het uiterste dienstbaar te maken aan de bestrijding van de voedselschaarschte en hongersnood welke in Februari-Maart van dat jaar in Zuid-Midden-Lombok bleek te heerschen als gevolg van de langdurige droogte en de daaruit voortvloeiende algeheele oogstmislukking.

Een polowidjo-aanplant moest zoo snel mogelijk en tot elken prijs in den grond worden gebracht.

Hiertoe werd voor dezen eenen oostmoesson een geheel voorloopig schema opgezet, gebruik makend van terreinafvoeren, tijdelijke opdammingen en inderhaast gegraven leidingen, waartoe onder intensief toezicht van het Binnenlandsch Bestuur door de bevolking in korten tijd een ontzagwekkend grondverzet werd gepresteerd. Een oppervlakte van ongeveer 3 000 bws., waarvan 1 500 bws. padi en 1 500 bws. polowidjo, kon hiermee veilig worden gesteld.

Bovendien werd, aanvangende in Juni 1940, ruim 1 000 bws. oostmoessonpadi in den grond gebracht, eveneens provisorisch bevloeid en waarvan een deel (± 500 ha) collectief werd bearbeid, vanzelfsprekend onder voortdurend toezicht van de zijde van het Bestuur en den Landbouwvoorlichtingsdienst, waarbij verkaveling in stukken van ½ ha per gezin plaats vond, wat in onderling overleg en met goedvinden van de grondeigenaren geschiedde.

De kortelings gehouden proefsnitten gaven opbrengsten aan van 27 tot 49 q/ha, met een gemiddelde van 35 q/ha.

Een zeer bevredigend resultaat voor een eerste oostmoessonbevloeiing op tanah-malit gronden, die tevoren slechts regenwater ontvingen of meerendeels *niet* ontvingen!

Dat bij deze provisorische bevloeiing ook terreinen tot een oppervlak van ruim 1 000 bws. water ontvingen, welke thans buiten het Djoerangsatégebied vallen, kon niet worden ontgaan.

Een gedeelte van deze gronden is gelegen in de bij de oorspronkelijk opgezette vakkenkaart aangegeven tweede uitbreidingsmogelijkheid van het Djoerangsatégebied, grenzend aan de vakken Pg3r en Pg4, totaal 1 039 bws.

Alvorens deze uitbreiding echter zou mogen worden geëntameerd zou eerst antwoord verkregen moeten zijn op de vraag of de vakken Pg5l en Pg 5r mogen worden bevloeid.

De reeds eerder (zie noot 3) vermelde proeven zijn daartoe aangezet bij Soekarare voor tanah-malitgronden en bij Poejoeng voor middelzware gronden, zoodat binnen afzienbaren tijd uitsluitsel kan worden verwacht.

Tegen het begin van den westmoesson 1940/41 waren alle voorloopige leidingen, die voor de noodbevloeiing hadden gediend, vervangen door de definitieve leidingen en kunstwerken, waaronder ook de eerst in 1940 geautoriseerde tertiaire voorleiding (later voortgezette secundaire leiding Poejoeng) naar het vak Pg4, welke loopt van den grooten weg Poejoeng-Praja tot Batoebedoeg en waarvoor een bedrag van *f* 8 100 was toegestaan als relief-werk.

Hoewel het eigenlijke hongergebied van Zuid-Midden-Lombok van deze bevloeiing niet direct profiteert, doordat de ligging in het zuidelijke heuvelgebied het aanvoeren van water technisch onmogelijk maakt, zal toch de aanwezigheid van een tweemaal per jaar ruime oogsten afwerpend bevloeiingsgebied in de nabijheid niet nalaten ook hierop een gunstigen invloed uit te oefenen.

De suppletieleiding van de K. Sesaoet naar de K. Babak.

Deze leiding, die dus ten doel heeft de K. Babak tusschen dam Djoerangsaté en dam Gebong zoodanig te suppleeren, dat bij droog aftappen bij eerstgenoemden dam bij Gebong weer voldoende water beschikbaar komt, loopt van den dam Sesaoet (in de rivier van dien naam, welke een affluent is van de K. Djangkok), tot aan een punt in de K. Babak op ± 800 m bovenstrooms van dam Gebong.

De autorisatie vond plaats in November 1938, waarbij een bedrag van *f* 95 000,— werd toegestaan.

Voor het eerste gedeelte van de suppletieleiding kon gebruik worden gemaakt van de bestaande leiding Sesaoet, die in den Balischen vorstentijd was aangelegd voor de bevloeiing van het ongeveer 2 000 bws. groote Sesaoetgebied. Ten behoeve van deze bevloeiing werd tevens een vakverdeeling opgesteld en werden de bestaande aftappingen vervangen door permanente verdeelwerken, op de overzichtskaart (*fig. 3*) aangegeven met KSI, KSII en KSIII. In verband met de door de Sesaoetleiding af te voeren terreinwaterhoeveelheden vertoonen deze kunstwerken alle het karakter van hulpwatervangen (*foto 10*).

Bij KSIII splitst zich de gecombineerde aan- en afvoerleiding Sesaoet in eenige tertiaire leidingen voor het Sesaoetgebied en het eigenlijke suppletiekanaal, dat gedimensioneerd werd voor het uiteindelijke maximum suppletiedebiet van 6 m^3/sec, evenals alle daarin voorkomende kunstwerken.

De waterbalans geeft aan, dat het bij den dam Sesaoet onttrokken debiet slechts voor een klein gedeelte, n.l. 0,228 m³/sec voor het vak SI, benut wordt voor het Sesaoetgebied. De overige oppervlakte van dit bevloeiingsgebied ontvangt het benoodigde water uit de Rangetbronnen, welke benedenstrooms van het verdeelwerk KSI op de Sesaoetleiding afstroomen. Het voor deze restoppervlakte benoodigde debiet bedraagt 1 947 × 0,8 × 1,75 = 2 726 l/sec of 2,726 m³/sec, wat nog moet worden vermeerderd met 0,2 m³/sec voor een watervergunning ten behoeve van een ijsfabriek en wasch- en spoelwater voor de pasanggrahan Narmada, in totaal dus 2,926 m³/sec. Dit debiet is in den westmoesson in de Rangetbronnen steeds ruimschoots aanwezig.

Bij den dam Sesaoet wordt afgetapt 4,228 m³/sec, waarvan dus 4 m³/sec voor suppletie. Na de uitbreiding van het Gebonggebied met ruim 1 800 bws. is verhooging van dit suppletiedebiet met nog 2 m³/sec mogelijk door het debiet van de Soeranadi-bronnen te benutten.

*

De gecombineerde aan- en afvoerleiding Sesaoet heeft tot aan het verdeelwerk KSIII een lengte van 7 km, bij 100 m hoogteverschil tusschen begin- en eindpunt, een gemiddeld verhang dus van 0,014. Behalve de permaneering van genoemde drie verdeelwerken is voorts aan dit leidinggedeelte slechts één enkele voorziening getroffen, n.l. een bandjiroverlaat tusschen KSII en KSIII.

Het eigenlijke suppletiekanaal is 3,2 km lang en heeft een verval van 40 m. Het bodembeloop is zoodanig gekozen moeten worden, dat de waterspiegel steeds beneden de puimsteenlaag lag waarvan in de inleiding sprake was en die door de poreusheid en geringen weerstand tegen uitschuring zooveel mogelijk uit het natte profiel moest worden geweerd.

De voornaamste kunstwerken die in dit kanaal voorkomen zijn de brugsyphon over de K. Remening (KSVIb), een gewapend beton aquaduct over de Eat Keroe (niet te verwarren met de K. Keroe waarvan eerder sprake was) (KSVId) en de hellende goot bij de uitmonding van de suppletieleiding in de K. Babak (KSVIg). Deze kunstwerken, met nog een tweetal stortdammen en een syphon onder de suppletieleiding, werden in aanneming uitgevoerd door de Hollandsche Betonmaatschappij N. V. te Soerabaja.

Door middel van den brugsyphon wordt het ravijn van de K. Remening gekruist (*fig. 5* en *foto 11*). De syphon bestaat uit twee gewapend beton buizen van 1,20 m inwendigen diameter, waardoor het maximumdebiet van 6 m³/sec met een snelheid van 2,66 m/sec wordt gevoerd bij een drukverlies van 1,20 m. Het eigenlijke rivierbed wordt gekruist met een gewapend beton boogbrug van 21 m overspanning en een pijl van 3 m (*foto 12*), waaroverheen de dubbele buisleiding op een hoogte van 6 m boven den rivierbodem ligt.

De brugsyphon is horizontaal gemeten 133 m lang, het horizontale gedeelte is berekend op een inwendigen overdruk van 1½ atmosfeer, het hoogteverschil tusschen den drempel van den inloop en den bodem der buisleiding op het laagste punt bedraagt 15,18 m.

Aangepast aan den waterdruk zijn drie buistypen ontworpen: de zwaarste twee typen met een dubbele spiraalwapening, het lichtste type met één enkele spiraal. De wanddikte bedraagt voor alle typen 12 cm.

Binnen deze 12 cm moest dus bij het zwaarste type een dubbele spiraalwapening ϕ 9½ mm èn een dubbele verdeelwapening worden aangebracht, terwijl aan de binnenzijde een dekking van 4 cm en aan de buitenzijde een dekking van 2 cm was voorgeschreven.

Hierdoor vereischte de uitvoering een groote nauwgezetheid.

De buizen werden, om ze hanteerbaar te houden, in lengten van 1,95 m vervaardigd, waarbij dan toch nog ieder element ± 2½ ton woog.

Het storten geschiedde verticaal ongeveer op de plaats waar zij later in de buisleiding zouden komen te liggen. De tevoren om een stander gewonden spiralen werden tegen de djatihouten binnenbekisting, welke zoo glad mogelijk was afgewerkt en gesaust, op den vereischten spoed gespannen, waarbij de afstand tusschen binnen- en buitenwapening (h.o.h. 5 cm) werd bewaard door kleine betonblokjes.

De gebruikte betonsamenstelling was 1 P. C. : 1½ zand : 2½ grind, waarmede een zeer bevredigende waterdichtheid werd verkregen.

Het wegnemen van de bekisting geschiedde na 24 uur, waarna de binnenoppervlakte met flesschen gladgeschuurd werd. Het omkippen van de afgewerkte buisstukken, dat met een gewone bok en takel plaatsvond, mocht eerst na 21 dagen geschieden. De gemetselde onderbouw was tevoren zuiver op hoogte afgewerkt, zoodat geen onderstoppen van de buizen meer noodig zou zijn. Slechts werden de segmentvormige uitsparingen ten behoeve van het storten der buizen voorloopig met mager beton opgevuld (1 op 6), teneinde over een vlakken werkvloer te beschikken.

Boven de 21-meter boog kon de bovenbeschreven werkwijze niet worden toegepast. Voor dit gedeelte werden de buizen op een emplacement terzijde van de bouwplaats vervaardigd en naderhand naar hun plaats gerold.

De buizen op de helling bleken sneller en eenvoudiger in hun definitieve positie te kunnen worden gestort, waartoe dus de bekisting reeds dadelijk zuiver moest worden opgesteld.

Nadat alle buizen nauwkeurig op hun plaats waren gesteld werden de verbindingsmoffen gestort, waarbij zich geen complicaties voordeden.

De 21 m-boog werd in drie gedeelten tot stand gebracht, die elk ± 12 uur storttijd vergden; de stortnaden zijn aangegeven in *fig. 5*.

Bij de fundeering op den rechter-ravijnwand (inloopzijde) werd op de reeds eerder vermelde puimsteenlaag gestuit, die hier 5 à 6 m dik bleek te zijn, zoodat over dit gedeelte een brugconstructie moest worden toegepast, bestaande uit gewapend beton liggers van 5 m overspanning (horizontaal gemeten), rustend op 4 gemetselde pijlers (zie *fig. 5*).

De totaal benoodigde uitvoeringstijd is gespecificeerd in *tabel II*, die ontleend is aan het werkplan

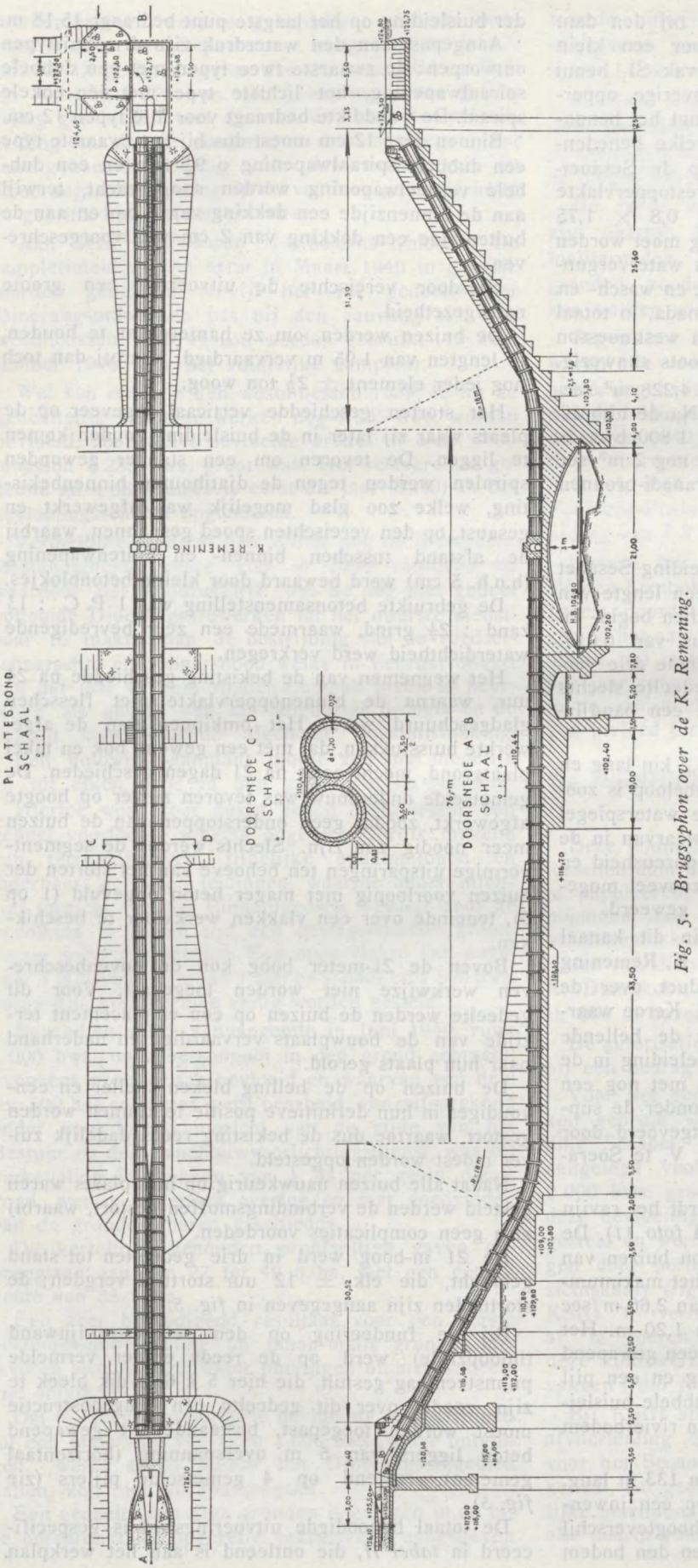


Fig. 5. Brugsyphon over de K. Remening.

der H. B. M., waarvan de oorspronkelijke tijdsraming echter met 9 weken werd overschreden, w.o. 40 dagen ten gevolge van meerderwerk.

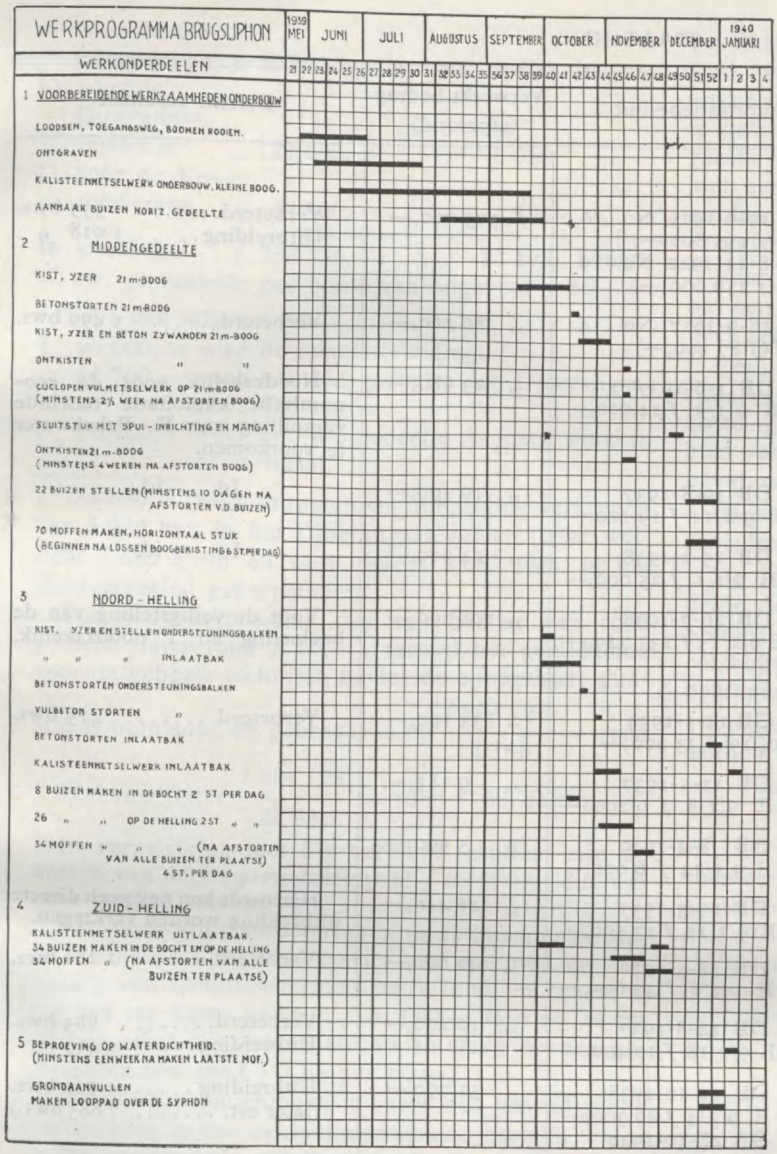
Een overzicht van het zeer goed met het omgevende landschap harmonieerende kunstwerk geeft *foto 13*, genomen op het moment van spuiing, waartoe een tweetal Peets-afsluiters ϕ 500 mm aanwezig zijn.

Het aquaduct over de Eat Keroe komt wat constructie betreft geheel overeen met het kunstwerk, dat in het Djoerang-satéhoofdkanaal over de K. Dalem is gebouwd (*foto 14*). Slechts was hier één constructie-element noodig t.w. één overspanning van 10 m met overkragingen van 5 m aan weerskanten. De kuip heeft een inwendige breedte van 2 m, de waterdiepte bedraagt bij 6 m³/sec 1,20 m. De aansluitingen aan beide oevers zijn dus niet-dragend en werden over den geheelen omtrek voorzien van een asfaltvoeg, over de verticale gedeelten afgedekt met een zinkreep, teneinde voor het oog onaangename scheurvorming — welke overigens voor de stabiliteit van geen beteekenis zou zijn — te voorkomen.

De uitloop in de K. Babak vindt plaats door middel van een hellende goot met sprong (*foto 15*).

Het eerste gedeelte van deze goot is 60 m lang met een verhang van 0,05 en een snelheid van 5,50 m/sec. Via een overgangsstuk van 40 m lengte gaat dit gedeelte over in het tweede deel dat 33 m lang is, met een verhang van 0,25. De hier optredende maximale snelheid bedraagt 8,34 m/sec. De sprongtafel is gefundeerd op een padasbank in den rechteroever van de K. Babak op ± 10 m boven den rivierbodem.

De ligging van de sprongtafel is in afwijking van het geautoriseerde project op deze plaats gekozen na de groote bandjir van Juli 1939, waarbij ter plaatse ongeveer 1 000 m³/sec door de K. Babak stroomde. De thans gekozen situatie ligt ook boven deze bandjirlijn. De gootlengte



Tabel II.

werd daarmede t.o.v. de oorspronkelijk ontworpen lengte met 15 m verkort.

Voor de uitvoering van deze drie groote kunstwerken en de bijkomende kleinere werkjes sloot de afrekening met de H. B. M. op een bedrag van *f* 43 939,66.

*

Voor het overwinnen van het verval van 40 m in de eigenlijke suppletieleiding zijn behalve de evengenoemde hellende goot nog eenige stortdammen noodig geweest. Waar dit mogelijk was werd de stort gecombineerd met meet- en aftapinrichtingen; behalve deze gecombineerde kunstwerken waren nog vier stortdammen noodzakelijk. Deze dammen, alle met een gemiddelden val van 3 à 3½ m, zijn voorzien van een woelbak volgens het systeem Schoklitsch, (*foto 17*), zooals dit ontwikkeld is in zijn werk: „Stauraumverlandung u. Kolkabwehr", blz. 149 e.v. In de practijk bleken deze voorzieningen tot dusverre goed te voldoen in het kanaalgedeelte, waar dus de achtergelegen bodem direct op de theoretisch benoodigde hoogte kwam te liggen. Bij de hulpwatervangen ligt de voorziening, zoolang er nog geen bodemuitschuring benedenstrooms heeft plaats gehad, over het algemeen te diep zoodat in eerste instantie aanzanding optreedt en bij bandjirs het waterkussen boven de voorziening zoo dik is, dat de gewenschte walsvorming uitblijft. Het verdient wellicht aanbeveling om ook bij stuwdammen de woelbakconstructie aan te sluiten aan den bestaanden bodem en van de gebleken eigenschappen van deze constructie gebruik te maken om te voorkomen dat eventueele uitschuringen zich tot aan het kunstwerk zouden voortzetten. Hiermede wordt dan tevens een meestal zeer diepe fundeering met de daaraan verbonden drooghouding vermeden.

Een korte vermelding verdient nog de dam Sesaoet van waaruit het suppletiestelsel wordt gevoed.

Deze dam werd uit afdeelingskasfondsen gebouwd in 1937 en ligt voor een deel op een natuurlijke rotsbank in de rivier. In 1939 sloeg ten gevolge van een bandjir de aansluitende dijk weg, die oorspronkelijk in het verlengde van den gemetselden dam lag. Het bleek verkieselijker den dijk niet in zijn oorspronkelijken staat te herstellen, maar het damlichaam te verlengen met een gebetonneerden matrassendam, waardoor tevens een grootere overlaatlengte werd verkregen (*foto 16* met op den achtergrond het nieuwe damgedeelte). In 1940 werden uit de daarvoor op de begrooting voor de suppletieleiding uitgetrokken fondsen de spui- en inlaatsluizen van schuiven en windwerken voorzien.

Financiering en economische opzet van het plan.

Ten slotte zal in het kort de economische beteekenis van het suppletieplan en van de Djoerangsatéwerken in het bevloeiingsstelsel van West- en Midden-Lombok in beschouwing worden genomen.

In *staat III* zijn de bedragen opgesomd, welke in den loop der jaren zijn besteed aan de verbetering van de Gebong-, de Djoerangsatéwerken en de daarmee samenhangende bevloeiingswerken in West- en Midden-Lombok.

Uit dezen staat zijn de volgende conclusies te trekken. Wanneer de suppletie buiten beschouwing zou worden gelaten, waarbij dan tevens het 4de gedeelte der Djoerangsatéwerken moet worden uitgesloten, dat immers zonder suppletie niet tot stand gebracht had kunnen worden, dan is voor de „geheel technische bevloeiingen" uitgegeven:

STAAT III.

Omschrijving van het werk	Autorisatiebesluit	Verwerkt bedrag (afgerond)	Bereikt resultaat
GEBONGWERKEN.			
1. Lendang Ketiriwerken	GB 17-6-1919 No. 16 (*f* 155 800,—) GB 8-11-1922 No. 19 (*f* 150 000,—)	*f* 305 000,—	Verbeterd..... 333 bws. Uitbreiding.... 1 018 „
2. Dam Gebong	GB 18-9-1927 No. 14 (*f* 87 300,—)	„ 86 260,—	Verbeterd..... 5 499 bws.
3. 1e Gedeelte A der detailwerken	DB 1-6-1937 No. E 9/1/9 *f* 24 000,—	„ 23 980,—	Noodzakelijk voor de economische exploitatie teneinde verspilling van K. Babakwater te voorkomen.
4. 1e Gedeelte B der detailwerken	DB 19-8-1937 No. E 9/1/11 *f* 19 100,—	„ 19 100,—	Id. id.
5. 2e Gedeelte der detailwerken	DB 15-2-1938 No. E 9/1/1 *f* 25 000,—	„ 24 900,—	Id. id.
6. Nieuwbouw van het in 1929 verzakte aquaduct over de K. Dodokan	DB 26-7-1938 No. E 9/1/15 *f* 133 720,—	„ 108 290,—	Voor de veiligstelling van de bevloeiing ad 1 noodzakelijk.
DJOERANGSATÉWERKEN.			
7. 1e Gedeelte (dam en 1½ km hoofdkanaal)	GB 14-5-1934 No. 19 *f* 33 200,—	„ 33 190,—	Verbeterd..... 475 bws.
7a) Verbeteringen aan dam en leiding	DB 11-5-1937 No. E 9/1/8 *f* 9 200,—	„ 9 185,—	
7b) Overkluizing v. d. leiding	DB 8-4-1940 No. E 9/1/14 *f* 6 000,—	„ 5 990,—	
8. 2e Gedeelte A (2½ km hoofdkanaal c.a.)	DB 29-3-1935 No. E 9/1/11 *f* 27 500,—	„ 26 440,—	Hiermede kon nog geen directe uitbreiding worden verkregen.
9. 2e Gedeelte B (3,8 km hoofdkanaal c.a.)	DB 28-5-1936 No. E 9/1/8 *f* 49 605,—	„ 42 600,—	Verbeterd..... 2 280 bws.
10. 3e Gedeelte (0,4 km hoofdkanaal c.a.)	DB 14-8-1937 No. E 9/1/18 *f* 10 400,—	„ 10 400,—	Verbeterd..... 883 bws. Uitbreiding..... 1 412 „
11. 4e Gedeelte (1,9 km hoofdkanaal en 9½ km. sec. lg. Poejoeng)	DB 19-12-1938 No. E 9/3/4 *f* 49 300,— DB 28-10-1940 No. E 9/4/6 *f* 2 500,—	„ 51 790,—	Uitbreiding..... 5 920 bws. (later evt. ..... 7 685 bws.)
12. 4e Gedeelte A (voortzetting der Poejoengleiding)	DB 13-6-1940 No. E 9/2/19 *f* 8 100,—	„ 8 100,—	Als reliefwork ten bate van de bevolking van Z.M.-Lombok.
12a. Bevolkingsbijdrage		„ 31 800,—	In arbeid en materialen, ongerekend het graven der tertiaire leidingen.
SUPPLETIELEIDING.			
13. Aanleg van de suppletieleiding incl. de permaneering v. het Sesaoetgebied	GB 30-11-1938 No. 37 *f* 95 000,—	„ 95 000,—	Zonder deze suppletieleiding zouden 11 en 12 niet mogelijk zijn geweest.
BOVENGEBIEDEN.			
14. Aanleg van diverse beteugelingen in de K. Babak- en Lenekbovengebieden	Afdeelingskasgelden	± *f* 6 000,—	6 588 bws. in een meer geregelden toestand gebracht.
KEROE-BEVLOEIING.			
15. Bouw dam Keroe	GB 21-5-1929 No. 26 *f* 54 700,—	*f* 38 900,—	Verbeterd..... 661 bws.
16. Detailwerken	Afdeelingskasgelden	± *f* 5 000,—	Verbeterd..... 281 bws. Uitbreiding..... 352 „
DJANGKOK-SESAOET-REMENING-GEBIEDEN.			
17. Aanleg van dammen en beteugelingen	Afdeelingskasgelden	± *f* 25 000,—	Verbeterd in het Djangkokgebied ... 6 996 bws. Remeninggebied... 2 967 „

a) voor de Gebongwerken	*f* 567 530,— [4])	voor 6 850	bouws
b) voor de Djoerangsatéwerken	„ 127 805,—	„ 5 050	„
c) voor de Keroewerken	„ 43 900,—	„ 1 294	„
In totaal dus	*f* 739 235,—	„ 13 194	bouws,

of een gemiddelde per bouw van ongeveer *f* 56,—.

Voor een uitgave van:

f 95 000,— voor de suppletieleiding,
„ 51 790,— voor het 4de gedeelte der Djoerangsatéwerken en
„ 8 100,— voor het 4de gedeelte A dezer werken, of in totaal

f 154 890,— werd in totaal een uitbreiding verkregen van 5 920 bws in het Djoerangsatégebied (later wellicht 7 685 bws.) en werd tevens 2 052 bws. in het Sesaoetgebied gepermaneerd.

Per bouw uitbreiding dus een bedrag van rond *f* 19,50 (later rond *f* 16,—), terwijl het gemiddelde voor de geheele technisch bevloeide oppervlakte gunstig is beïnvloed en gebracht is op $\frac{f\ 894\ 125}{21\ 166}$ = rond *f* 42/bouw (later $\frac{f\ 894\ 125}{22\ 931}$ = rond *f* 39/bouw).

In vergelijking met het bereikte resultaat zijn de kosten van de suppletieleiding ad *f* 95 000,— dus wel zeer laag te achten.

De voorloopige verbeteringen in de bovengebieden, in hoofdzaak het permaneeren van dammen en den aanleg van bandjirschermen betreffend, en waaraan werden ten koste gelegd: *f* 31 000,— (zie ad 14 en 17 van *staat III*) komen slechts te staan op een gemiddelde van rond *f* 1,65 per bouw.

Met deze voorzieningen is reeds een bevredigende verbetering in den bevloeiingstoestand bereikt.

De aanleg van detailwerken in deze gebieden en het voorzien van de dammen van afsluitmiddelen en windwerken is echter alleszins verdedigbaar.

Door de belanghebbende bevolking werd ook bijgedragen in de totstandkoming der Djoerangsatéwerken, in arbeid en levering van materialen, overeenkomende met een geldswaarde van:

f 3 300,— voor het 1ste Gedeelte der Djoerangsatéwerken,
„ 6 500,— voor het 2de Gedeelte A der Djoerangsatéwerken,
„ 18 000,— voor het 2de Gedeelte B der Djoerangsatéwerken,
„ 4 000,— voor het 3de Gedeelte der Djoerangsatéwerken,

in totaal *f* 31 800,— ongerekend den arbeid aan de tertiaire leidingen, die door de zeer groote tertiaire vakken (500 tot 1 250 bws.) niet gering is te achten.

Waar echter bij den opzet van deze gedeelten der werken op een grootere bijdrage van bevolkingszijde was gerekend, doch dit in de practijk te zwaar op de bevolking bleek te drukken, werd ter compensatie van Juni 1936 af tot ongeveer medio Juni 1937 voor de uitvoering van het 2de gedeelte B en het 3de gedeelte gestraftenarbeid ingeschakeld, waartoe bij Pringgarata een tijdelijk gestraftenkamp werd ingericht met een capaciteit van ± 150 man. In totaal werd op deze wijze rond 42 000 m³ grond verzet tusschen Pringgarata en de K. Dalem.

Voor het 4de gedeelte der werken werd niet meer op een bevolkingsbijdrage gerekend en werd ook géén gestraftenarbeid toegepast.

Resumeerend is dus een bedrag van *f* 956 925 (waarvan rond *f* 890 000 aan landsfondsen) ten koste gelegd aan een samenhangend bevloeiingsgebied van 39 482 bouws, dat de vruchtbaarste sawahs bevat van Nederlandsch-Indië.

Immers leert een beschouwing van de westmoessoncultures het volgende.

De Landbouwvoorlichtingsdienst geeft als gemiddelde der proefsnitten in West-Lombok een padiopbrengst van rond 55 quintaal/ha nat = rond 50 picol/bouw droog, terwijl de maximale opbrengsten bedragen 75 q/ha nat = rond 70 picol/bouw droog.

Volgens de aanslagen van den Landrentedienst worden de volgende groepen onderscheiden:

sawahs van de 1ste groep, 60 q/ha nat
„ „ „ 2de „ „ 55 „ „
„ „ „ 3de „ „ 50 „ „

voor de 8ste groep is het minimum 28 q/ha nat; als gemiddelde wordt door den Landrentedienst aangenomen 50 quintaal/ha nat.

Voor de beschouwde oppervlakte werden aan landrente de volgende bedragen geïnd:

1936	*f* 279 300,—	
1937	„ 279 800,—	
1938	„ 238 500,—	(crisis-ontheffingen)
1939	„ 238 400.—	„ „

in welke bedragen ook de opbrengst der oostmoessoncultures is verdisconteerd.

In de nota van toelichting op den aanleg van de suppletieleiding heeft ir. L. O. Croes bovendien voor 1937 de jaargegevens verwerkt van de Kon. Paketvaart Mij. te Ampenan (de havenplaats a.d. westkust van Lombok), welke cijfers als waardemeter zeer de beschouwing waard zijn.

Volgens deze gegevens bedroeg in 1937 de totale rijstuitvoer uit Lombok rond 23 200 ton [5]), waarvan rond 11 500 ton naar de Europa-markt. Dit is dus bijna 60% van het door het Nederlandsche Crisisbureau vastgestelde quantum ad 20 000 ton, dat werd vrijgesteld van crisis-invoerrechten. Men kan dan ook veilig aannemen dat in de laatste jaren (vóór het uitbreken van den oorlog in September 1939) de totale rijstuitvoer uit Nederlandsch-Indië naar Europa — en voornamelijk naar Nederland — voor ongeveer 60% werd gevormd door de superieure Lombokrijst, welke voorts (ook overeenkomende met de taxatie der rijstproducenten) voor 90% uit het hier beschouwde gebied van ± 40 000 bouws afkomstig is!

4) Hierbij is inbegrepen *f* 108 290,— uit de Nederlandsche 25-millioen-welvaartsbijdrage, voor den herbouw van het aquaduct over de K. Dodokan.

5) Voor 1938 bedroegen deze cijfers respectievelijk 23 189 en 11 517 ton. 1939 vertoonde door het uitbreken van den oorlog in Europa een verstoord beeld.

Bovendien wordt door dit gebied nog ongeveer 50% opgeleverd van den rijstuitvoer uit Lombok naar plaatsen gelegen binnen Nederlandsch-Indië.

Van den geheelen rijstuitvoer uit Lombok wordt dus ongeveer 70% geproduceerd door de hier behandelde bevloeiingsoppervlakte.

De padi-opbrengst wordt verwerkt in zes rijstpellerijen in Ampenan en Tjakranegara, terwijl de drie andere rijstpellerijen op het eiland (te Praja, Pantjor en Laboeanhadji, de haven aan de oostkust), de padiopbrengst verwerken van de sawahs beoosten de waterscheiding.

Bij de gemaakte rijstprijzen in 1937, t.w. *f* 90,—/ton voor Europarijst en *f* 70,—/ton voor de naar overig Nederlandsch-Indië uitgevoerde rijst, vertegenwoordigt de uitvoer een geldswaarde van;

90% van 11 500 ton	× *f* 90,—/ton	= rond *f*	932 000,—
50% „ 11 500 „	× *f* 70,—/ton	= „ „	410 000,—
		Totaal *f*	1 342 000,—

Telt men hierbij nog de uitvoerwaarde van de tweede gewassen, die eveneens niet te verwaarloozen is, ten bedrage van:

gepelde katjang,	rond	4 770 ton	à *f* 80,—	= *f* 381 600,—
gepelde kedelé,	rond	2 110 „	à „ 65,—	= „ 137 150,—
tabak,	rond	790 „	à „ 300,—	= „ 237 000,—
uien,	rond	137 „	à „ 80,—	= „ 10 960,—
			Totaal	*f* 766 710,—

van welken uitvoer rond 95% uit het beschouwde gebied afkomstig is, dus ter waarde van rond *f* 730 000,—, dan blijkt de totale uitvoer der west- en oostmoessongewassen een bedrag van ruim *2 millioen gulden per jaar* te vertegenwoordigen.

*

Is met het voorgaande meer beoogd een inzicht te geven in de handelsbelangen van dit gedeelte van Lombok, zoo is daarmede nog geen eigenlijke rentabiliteitsberekening gegeven.

Dit nu is gedaan in de nota van het Departement van Verkeer en Waterstaat betreffende de rentabiliteit van de suppletieleiding in het bijzonder.

Dat deze rentabiliteit mede is beschouwd t.a.v. de Djoerangsatéwerken en de voor deze werken buiten het eigenlijke bevloeiingsgebied benoodigde voorzieningen, behoeft, na wat tevoren behandeld is, geen betoog.

Uit *staat III*, waaruit thans de werkelijk bestede bedragen kunnen worden afgeleid — wat ten tijde van het opstellen van de evengenoemde nota nog niet mogelijk was — blijkt dat in totaal aan alle betrokken een bedrag van *f* 382 000,— werd besteed (de nota vermeldt hiervoor *f* 397 000,—).

De jaarlijksche kosten werden voorts als volgt geraamd:

Rentederving 3½% van het door den Lande bestede aanlegkapitaal ad *f* 382 000,—	
— *f* 31 800,— (bevolkingsbijdrage) —	
f 31 000,— (afdeelingskasgelden) =	
f 319 200,—	*f* 11 720,—
Afschrijving c.q. zware herstellingen, neerkomende op algeheele vernieuwing na 75 jaar van alle werken	*f* 5 100,—
Gewoon onderhoud en exploitatiekosten van het Djoerangsatégebied en de suppletieleiding (het onderhoud der tertiaire leidingen geschiedt door de betrokkenen, terwijl bij de exploitatie de soebaks zouden worden ingeschakeld) 10970 + 2052 bws. à *f* 0,30 ...	*f* 4 000,—
Totaal	*f* 20 820,—

of rond 21 000 gulden.

De baten zijn in deze Departementsnota berekend onder aanname van een padiprijs van *f* 1,75/picol, zooals ook bij de laatste landrenteherziening werd aangenomen.

In het reeds eerder genoemde landbouwkundig rapport van ir. Soebiarto wordt voor het toenmaals 8 000 bws. groot geschatte Djoerangsatégebied een landrentevermeerdering becijferd van *f* 22 197,— op basis van *f* 2,50/picol. Voor het thans 10 970 bouws groote gebied kan dus op basis van *f* 1,75/picol worden gesteld:

$$\frac{1{,}75}{2{,}50} \times \frac{10\,970}{8\,000} \times f\ 22\,197{,}— = f\ 21\,300{,}—.$$

Volgens een ander landbouwkundig rapport terzake (van den landbouwconsulent ir. Straub in 1933) zou de gemiddelde mééropbrengst op 10 picol per bouw kunnen worden gesteld. Langs dezen weg berekend komt men tot een totaal mééropbrengst van 109 700 picol, wat bij een landrentevermeerdering van 10% van de opbrengstvermeerdering dus impliceert 0,1 × 109 700 × 1,75 = *f* 19 200.—.

Een meerdere landrente van rond *f* 20 000 is dus veilig verwachtbaar en waar de jaarlijksche kosten zijn geraamd op *f* 21 000,— is dus nagenoeg volledige fiscale rentabiliteit bereikt.

Slot.

Aan het einde van deze beschrijving mag de vermelding niet ontbreken van den Opzichter R. Astradiningrat, die als executant de volledige Djoerangsatéwerken van het eerste gedeelte af, tot stand bracht, en van ir. Ide Bagoes Oka, die een werkzaam aandeel had in de verzorging van het meerendeel der projecten. Is met het thans tot stand gebrachte bevloeiingsstelsel reeds een belangrijke stap voorwaarts gedaan op den weg om de naar het Westen afstroomende waterhoeveelheden over een zoo ver mogelijk naar het midden en het Zuiden reikend gebied te verdeelen, zoo is de taak van den irrigatiedienst op Lombok — wat nieuwbouw betreft — nog niet als afgeloopen te beschouwen, zoolang de topografie van de thans nog van regen afhankelijke gebieden uitbreiding van het technisch bevloeide gebied mogelijk maakt, en zoolang door het aanleggen van beteugelingen en verdeelwerken in de reeds van ouds bevloeide gebieden op te ruim waterverbruik kan worden bezuinigd.

De uitbouw van deze taak, waardoor de welvaart in dit schoone gedeelte van Nederlandsch-Indië wordt bevorderd, blijve aan onze irrigatie-ingenieurs voorbehouden.

Ampenan, Oudjaar 1940.

8e JAARGANG
NUMMER 2

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

FEBRUARI
1941

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.
„DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: Granitische intrusies in het Zuidergebergte van West-Java, door dr. ir. R. W. van Bemmelen. — Uit de literatuur. — Economische mededeelingen. — Personalia.

Granitische intrusies in het Zuidergebergte van West-Java

door

dr. ir. R. W. VAN BEMMELEN.

(Met 7 tekstfiguren, 6 foto's, 3 chemische analyses).

GRANITIC INTRUSIONS IN THE SOUTHERN MOUNTAINS OF WEST-JAVA.

Summary.

On the basis of observations in the field, on intrusion contacts, microscopical data, and chemical analyses the author has, since 1937, developed a hypothesis, that many intrusive rocks, especially those of the granitic clan, have been formed by cristalloblastic replacement, caused by rising emanations from the depth.

In this paper two more examples are described.

I. Quartz-dioritic intrusion, 60 km to the South of Bandoeng.

Intrusion of quartz-diorite into hydrothermally altered Old-andesite formation (Oligo-miocene). The alteration aureole of the quartz-diorite consists of propylites with a hornfelsic appearance; they consist of fibrous amphibole, epidote, biotite, cristalloblastic felspar and some quartz, and also chlorite, sericite, calcite, pyrite (quartz bearing microdiorites, quartz-diorite porphyrites, spessartites and malchites). In this contact aureole of the quartz-diorite cafemic components have been concentrated and, therefore, the rocks may show a lamprophyric composition.

The transition of these rocks into the quartz-diorites is gradational. Many features, such as gradational borders, crystalloblastic and porphyroblastic development, striking variations in composition, indicate replacement as the mode of intrusion of the quartz-diorite.

Ascending emanations caused an influx of sialic components (SiO_2, Al_2O_3, alkalies) and the cafemic components were driven out and concentrated in the contact zone of the intrusion.

II. Granodioritic intrusion, 40 km to the SSW of Tasikmalaja.

Intrusion of granodiorites into propylitic rocks of Old-andesite formation (Oligo-miocene). Transgression of Upper-Miocene Bentang-series fixes the date of intrusion as intra-miocene.

The intrusive rocks of Tendjolaoet contain more alkalifelspar than the Tjilajoe quartz-diorites and, therefore, they are called granodiorite, although the chemical analyses Nr. 647 indicates a quartz-dioritic composition. Moreover, alkalifelspar impregnation occurred in a propylitic contact aureole of 1 km width. Many dikes of quartz with sulphidic ores (pyrites, chalcopyrite, galenite, sphalerite, also specularite) occur at distances between 1 to 9 km from the granodiorite exposures.

The study of a granodiorite apophysis in the Tjipoetat gives rise to the contention that here crystalloblastic formation of granodioritic rocks occurred, and also mechanical intermixture of granodioritic and propylitic material took place as a consequence of the diapyric behaviour of the granodiorite.

The granodiorite has probably been formed by an influx of emanations from the depth. In the deeper parts of the intrusion the rise of temperature and the changes in chemical composition, approaching eutectica, might have caused partial melting and the formation of „neomagma". The acid pumice eruptions and the outflow of the Genteng-dacite (see section *fig. 5*) may be considered as the eruption products of such neomagma.

Inleiding.

Door den schrijver werd sinds 1937 voor het ontstaan van een aantal granitische intrusies van tertiairen en mesozoïschen ouderdom in Nederlandsch-Indië eene, van de vroegere opvattingen afwijkende hypothese ontwikkeld [1]). In aansluiting hierop wordt hieronder nog een tweetal voorbeelden behandeld, waaruit eveneens blijkt, dat uit de diepte opstijgende emanaties (en daarmee gepaard gaande metasomatische verdringing van het nevengesteente door kristalloblastische aggregaten van mineralen) bij het ontstaan van dergelijke intrusies waarschijnlijk een groote rol gespeeld hebben.

1) „Igneous Geology of the Karangkobar region (Central Java), enz." *Ing. Ned.-Indië*, 4, IV. 7, p. 115 — 135, *1937*.

„On the Origin of the Pacific Magma Types in the Volcanic Inner Arc of the Soenda Mountain System." *Ibidem*, 5, IV. 1, p. 1 — 15, *1938*.

„The Volcano-tectonic origin of Lake Toba (North Sumatra)." *Ibidem*, 6, IV. 9, p. 126 — 140, *1939*.

„On the Origin of some granites from Singapore." *Ibidem*, 7, Afd. IV, 2, p. 23 — 35, *1940 (a)*.

„De agmatitische graniet van Tandjoeng Binga (Billiton)." *Ibidem* 7, afd. IV. 5, p. 63 — 66, *1940 (b)*.

„Bauxiet in Nederlandsch-Indië". *Verslagen en Mededeelingen betreffende Indische Delfstoffen*, 23, *1940 (c)*.

I. Kwartsdioriet-intrusies in de Tjilajoerivier, ca. 60 km ten Z van Bandoeng.

(Zie *fig. 1*, situatieschets).

Door W i t k a m p werd in het Zuidergebergte van Priangan, op 60 km ten Z van Bandoeng, een granodioritische intrusie ontdekt [2]). Dit voorkomen werd door steller dezes in Juli 1939 nader in het terrein onderzocht en vervolgens werd zoowel een groot deel van de gesteentecollectie van W i t k a m p, als ook het persoonlijk verzamelde materiaal microscopisch bestudeerd.

a) A l g e m e e n e g e o l o g i s c h e s i t u a t i e.

Stratigrafisch kunnen de gesteentecomplexen in het Zuidergebergte ten Zuiden van Bandoeng voorloopig als volgt ingedeeld worden:

1) Jong vulkanische afzettingen van de Pengalengansche Hoogvlakte.
   Opheffing na langdurige erosie.
2) Uitgedoofde, diepgedenudeerde vulkanen (Pliopleistoceen?) zooals de G. Kantjana, 2 182 m.
   Discordantie.
3) Kwartsdiorietintrusie.
4) Oude-andesietformatie (Oligo-Mioceen).

Fig. 1. Situatieschets.

De langdurige erosie, die in aan de jongste opheffing van het Zuidergebergte voorafging, had een laatrijp erosielandschap geschapen van breede valleien met smalle ruggen als waterscheiding. Door de opheffing werd de erosie verjongd en sneden de rivieren zich diepe kloven in de valleien in, waardoor de oude erosie-oppervlakte thans terrasresten langs de rivierdalen vormt (zie foto 1 en *fig. 2*) [3]). Deze opheffing was bovendien een kantelende beweging om een evenwijdig met de Zuidkust gelegen as, waardoor het terras langs de jonge kloven zuidwaarts daalt (helling ± 1 : 25), vanaf ca 1 000 m nabij Genteng tot nagenoeg zeeniveau. Dit terras wordt soms bedekt door een puimsteenrijke tufbreccie, waarin brokken van hyperstheen-hoornblende-perliet voorkomen. Een massieve doorbraak van deze perliet bevindt zich bij kampoeng Pamalajan (*fig. 3*).

Fig. 2. Geologisch schetskaartje van de kwartsdioriet voorkomens in de dalen van de Tjilajoe en de Tjibodas ten Z. van Bandoeng.

L e g e n d a:

1 : terrasresten.
2 : hyperstheen-hoornblende-perliet.
3 : pyroxeen-andesieten.
4 : contacthof van de kwartsdioriet-intrusie (propylieten met hoornrotsglans, kwartshoudende microdioriet, kwartsdiorietporfirieten, spessartieten en malchieten.
5 : kwartsdioriet.
6 : hydrothermaal veranderde zure effusiva en tuffen met kwartskristallen.
7 : warme bronnen.

N. B. De Oude-andesietformatie die in de dalen van de Tjilajoe en de Tjibodas aan den dag treedt, is niet met een aparte harceering onderscheiden.

2) H. W i t k a m p: „Een voorkomen van granodioriet in Zuid Priangan". *Tijdschr. K. N. A. G.* 2e serie, **56**, 5, pag. 638 — 653, Sept. *1939* (tekst afgesloten 14 April 1939).

3) Het is niet zeker of de smalle ruggen, die zich boven de terrassen verheffen, tot het oude erosie landschap behooren en uit Oude-andesieten bestaan, of dat zij gevormd zijn door plio-pleistoceen vulkanisch materiaal, dat over de oude erosie-oppervlakte uitgespreid werd. Voor het laatste pleit de waarneming, dat de Kiarapajoengrug uit frisch, niet hydrothermaal veranderd, hyperstheen-augiet-andesitisch materiaal bestaat.

Fig. 3. Profiel volgens de lijn A—B op *fig. 2*.
De notatie 2 van de legenda bij fig. 2 is hier gebruikt om de verspreiding aan te geven op de terrassen van een zure puimsteentuf, welke ook hyperstheen-hoornblende-perliet componenten bevat.

b) Het intrusiecontact van de kwartsdioriet in de Tjilajoe (*fig. 2* en *3*).

In de Tjibodas komen holokristallijne gesteenten met het uiterlijk van dieptegesteenten aan den dag.

De Oude-andesietformatie in de omgeving van deze holokristallijne intrusiefgesteenten bestaat ten deele uit massieve, hydrothermaal metamorfe eruptiefgesteenten, en ten deele uit goed gelaagde, hydrothermaal metamorfe tuffeuze sedimenten. Het voorkomen van globigerinen en andere kleine foraminiferen in een verkiezelde, gesericitiseerde en gechloritiseerde zure tuf bewijst, dat deze vulkanische producten ten deele in zee werden afgezet. Deze gelaagde gesteenten vertoonen NW-ZO tot O-W strekkingen en hellingen varieerende van 5 — 35°.

Behalve andesitische gesteenten komen ook hydrothermaal metamorfe eruptiva met duidelijke kwartsfenokristen voor (metamorfe dacieten of daciettuffen, dan wel propylieten met kwartsporfieroblasten).

De hydrothermale omzettingen van de Oude-andesiet-formatie in de omgeving der intrusie hebben het karakter eener propylitisatie, waarbij de veldspaat gesaussuritiseerd werd (omzetting in sericiet, alkaliveldspaat, calciet en epidoot), en voorts traden op: verkiezeling, epidotisatie, uralitisatie, sericitisatie, chloritisatie, ertsimpregnatie (sulfidisch erts, zoowel als oxydisch titaan-ijzererts). Plaatselijk komen kwartsaders met pyriet voor (tot 1 m dik).

De Oude-andesietformatie is nabij het contact met de intrusie omgezet in dichte tot granoblastische, kwartshoudende, microdioritische en kwartsdioriet-porfiritische gesteenten, welke een typischen hoornrotsglans op het breukvlak vertoonen. Onder het microscoop blijken dit ook propylieten te zijn, met dezelfde mineralen als de verder van het contact afgelegen propylitische gesteenten namelijk: plagioklaas, vezelige amfibool, chloriet, sericiet, epidoot, kwarts, erts. Als nieuwe mineraalcomponent komt vaak een fijnschubbige, ten deele weer gechloritiseerde biotiet voor, die waarschijnlijk den hoornrotsglans veroorzaakt. Voorts zijn de plagioklazen in deze contactzone tamelijk frisch en zij vormen idiomorphe, zonaal gebouwde kristallen, terwijl de tusschenruimten vaak door granoblastische, secundaire kwarts gevuld worden. Men verkrijgt bij het microscopisch onderzoek den indruk, dat niet alleen de kwarts en biotiet secundair geïnfiltreerd zijn, doch dat ook de veldspaat der propyliet nabij het contact op een hooger „energieniveau" (hoogere temperatuur) weer geregenereerd werd, dan wel dat nieuwe plagioklaaskristallen als porfieroblasten in het contactgesteente ontstaan zijn.

Bij dit proces van herkristallisatie en heroriëntatie van de kristalroosters heeft de plagioklaas (die een sterker groeikracht en een grooter vermogen bezit om een eigen kristalvorm te ontwikkelen dan de kwarts) idiomorfe kristallen gevormd, die de kwartsaggregaten versnijden.

Dit microscopische beeld der kwartsdiorietporfirieten bewijst geenszins, dat de kwarts en de veldspaat uit een gesmolten magmatische massa uitkristalliseerden, namelijk eerst de idiomorfe plagioklaas en daarna de xenomorfe kwarts uitgescheiden zijn, zooals volgens de oude voorstellingen voor het ontstaan van dergelijke holokristallijne kristalaggregaten door uitkristallisatie van een magma in twee etappes aangenomen zou kunnen worden. Dit beeld kan ook door metasomatische rekristallisatie (kristalloblastese) onder invloed van activeerende, hydrothermale oplossingen, die het gesteente doordrenkten, tot stand gekomen zijn. Later, bij het terugzakken van het „energieniveau" (dalende temperatuur), kan ook deze geregenereerde of secundaire plagioklaas opnieuw binnen het bereik van het saussuritisatie-proces door hydrothermale oplossingen komen.

Bovengenoemde contactgesteenten gaan volkomen geleidelijk, zonder eenige scherpe grens, over in de holokristallijne kwatsdioritische gesteenten, die tot de eigenlijke „intrusie" behooren. Deze bestaan uit plagioklaas, kwarts, vezelige amfibool, epidoot en ilmeniet en voorts chloriet, sericiet, calciet, pyriet. Het verschil tusschen microdiorieten en kwartsdiorieten is slechts, dat de korrelgrootte van de kwartsdiorieten grooter is dan die der dichte microdiorieten en dat in eerstgenoemde gesteenten de hoeveelheid sialische mineralen (plagioklaas, kwarts) relatief grooter is dan de cafemische mineralen (vezelige hoornblende, epidoot, erts).

Zoowel in de kwartshoudende microdiorieten als in de kwartsdiorieten, komt alkaliveldspaat slechts weinig voor. Dit mineraal treedt plaatselijk op in de tusschenruimten van de kwartskorrels, als zoom om de plagioklazen en langs fijne haarspleetjes [4]), en daarom is het beter van kwartsdioriet te spreken en

4) In de microdioriet bevinden zich soms aplitische snoeren en slieren van plagioklaas, kwarts en veel alkaliveldspaat, benevens weinig vezelige amfibool, epidoot, titaniet, zirkoon en erts.

niet van granodioriet, zooals Witkamp dat doet. Slechts één monster kan als hydrothermaal metamorfe, porfirische granodioriet gedetermineerd worden en dit bestaat uit alkaliveldspaat, verkalkte plagioklaas, kwarts, gechloritiseerde donkere mineralen, idiomorfe epidoot en pyriet.

De kwartsdioriet bezit naar verhouding meer kwarts en veldspaten en minder donkere mineralen dan de omgevende contactgesteenten. Dit wijst op een toevoer van sialische en een afvoer van de cafemische componenten. Het is opmerkelijk, dat deze contactgesteenten vaak een grooter gehalte aan donkere mineralen en minder lichtgekleurde mineralen bezitten, niet alleen ten opzichte van de kwartsdiorieten, doch ook in vergelijking met de propylieten, waarin zij op eenigen afstand van de intrusie overgaan. De microdiorieten kunnen daardoor een uitgesproken lamprofyrisch karakter verkrijgen, zoodat ze in enkele gevallen microscopisch als spessartiet en malchiet gedetermineerd werden. Hieruit valt te concludeeren, dat cafemische componenten, die uit de kwartsdiorietmassa tijdens de omzettingen verdreven werden, in het omgevende microdioritische hof samengedrongen en geconcentreerd werden (*fig. 4*).

In rolblokken zoowel als in de ter plaatse ontsloten contacten is te zien hoe de microdioritische en „lamprofirische" contactgesteenten geleidelijk overgaan in, en soms snoeren en nevelige vlekken bevatten van grover kristallijn, kwartsdioritisch gesteente

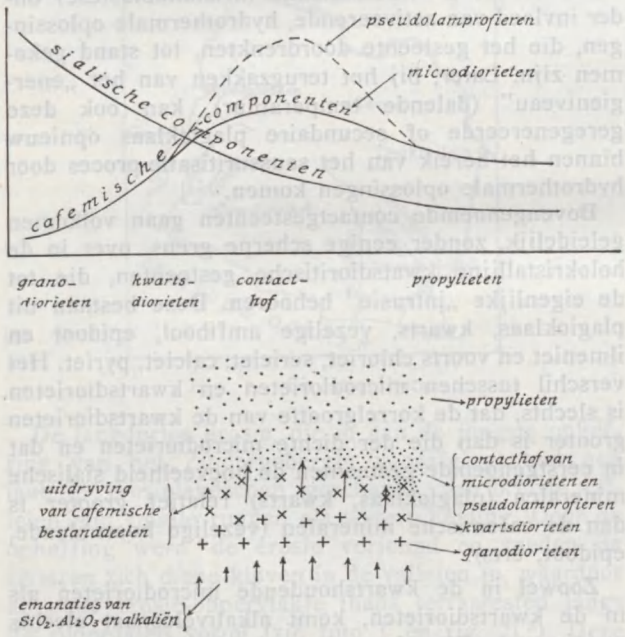


Fig. 4a. Schematische grafische voorstelling van het verloop van het gehalte aan cafemische en sialische componenten in de serie : granodioriet-kwartsdiorieten-microdiorieten en lamprofieren-propylieten.

Fig. 4b. Schematische voorstelling van de verschuiving der chemische samenstelling in de sub 4a genoemde serie door influx van emanaties met SiO_2, Al_2O_3 en alkaliën en uitdrijving van de cafemische bestanddeelen, die in het contacthof samengedrongen worden.

en hoe het kwartsdioritisch gesteente op zijn beurt nog donkere, fijnkristallijne insluitsels en donkere nevelachtige vlekken van fijnkristallijn, microdioritisch en lamprofirisch materiaal bevat.

Deze geleidelijke overgangen, de kristalloblastische ontwikkeling en de opvallende variaties in samenstelling pleiten voor metasomatische rekristallisaties van het gesteente onder invloed van er doorheen diffundeerende emanaties. Scherpe injectiecontacten, veroorzaakt door intrusie van magmatische silicaatsmelten werden niet waargenomen.

Hetgeen men in de Tjilajoe en haar zijtak de Tjibodas ontsloten vindt, is waarschijnlijk de min of meer hybride, basische (kwartsdioritische) randzone van een granitische intrusie, zooals steller dezes die ook van Merawan op Java en van de Barisan op Sumatra beschreven heeft (van Bemmelen 1938). Deze randzone is echter waarschijnlijk niet gesmolten geweest, m.a.w. zij is niet het product van hybridisatie eener magmatische silicaatsmelt door assimilatie van het materiaal der Oude-andesietformatie. Het microscopisch onderzoek en de ontsluitingen in het terrein maken veeleer waarschijnlijk, dat *de gesteenten der Oude-andesietformatie metasomatisch door kristalloblastese in holokristallijne granitische gesteenten omgezet werden ten gevolge van een doordrenking met uit de diepte opstijgende en er doorheen diffundeerende emanaties.* Hierdoor verschoof de chemische samenstelling (toevoer van sialische en afvoer van cafemische componenten) en hierdoor had ook een herkristallisatie (kristalloblastese) plaats, waardoor deze gesteenten het uiterlijk van holokristallijne dieptegesteenten verkregen. Men zou het boven beschreven voorkomen van kwartsdiorieten een *„metasomatische intrusie"* kunnen noemen in tegenstelling met de „magmatische intrusies", die door injectie van een silicaatsmelt ontstaan zijn [5]).

5) De hier beschreven contactverschijnselen van de Tjilajoe-kwartsdioriet vertoonen eenige opvallende punten van gelijkenis met de contactzoomen van de hercynische granieten in Bretagne, in wier contacthof eveneens hoornblende opgehoopt werd, waardoor de sedimentaire gesteenten in fijnkristallijne, microdioritische en hybride dioritische gesteenten veranderd werden. Men zie bijv. R. Perrin en M. Roubault: „Observations sur les filonets du magmatic stoping de Saint-Jean-du-Doigt (Bretagne)". *Bull. Soc. Géol. France,* 1938, p. 765 — 672 en M. Lelubre: „Contribution à l'étude du granite de Primel (Finistère)". *Bull. Soc. Géol. France,* 1938, p. 673 — 688. De „mise en place" van de Primelgraniet verliep volgens Lelubre als volgt: „C'est d'abord la formation de diorites et la transformation de roches sans doute sédimentaires en diorites hybrides. Mais ces phénomènes se sont trouvés en partie effacés par *l'intrusion, sans doute par voie pneumatolytique, de granite,* conduisant à des brèches d'injections si largement développées." Ook Perrin en Roubault betoogen, dat de micro-dioriet door metasomatische corrosie uit het nevengesteente ontstaan zijn, en dat de daarop volgende granitische intrusie niet anders dan een voortzetting van deze metamorfose in vasten toestand is. Naar aanleiding van de beschrijving van de Merawan-intrusie in Oost-Java (van Bemmelen, Jan. 1938) schreef Perrin op 17 Jan. 1940 aan steller dezes: „J' ai eu l'impression de retrouver exactement les roches de la Bretagne française, que j'ai observé: la similitude est absolument frappante."

II. De granodioriet-intrusie in den Tendjolaoetrug, ca. 40 km ten ZZW van Tasikmalaja.

(Zie *fig. 1*, situatieschets).

Het voorkomen van de Tendjolaoet-intrusie was reeds in zooverre aan Verbeek en Fennema bekend, dat zij in hun werk „Java en Madoera", 1896, Dl. II, op p. 888 monster 1 418 beschrijven, zijnde een kwartsdioriet-rolblok afkomstig van Pr. Tendjolaoet ten Z van Tasikmalaja. Dit gesteente werd in situ gevonden door den heer Erimescu van de A.I.M.E. In April 1940 werd dit voorkomen door steller dezes nader onderzocht. Speciaal het contact van een onregelmatige apophyse met gepropylitiseerde, breccieuze andesieten in de Tjipoetat (een zijtakje van de Tjidjaloe, dat van de Pr. Tendjolaoet naar het Noorden stroomt), gelegen eenige tientallen meters ten Zuiden van de hoofdmassa der granodioriet-intrusie, werd met dynamiet opengelegd en intensief bemonsterd. In Juli-Augustus van 1940 werd een geologische verkenning van het Zuidergebergte tusschen Tasikmalaja en de Zuidkust verricht, waardoor een inzicht in de historisch-geologische ontwikkeling van het betreffende gebied verkregen werd.

a) Algemeene geologische situatie.

In dit gebied kunnen de volgende stratigrafische series onderscheiden worden (de jongste drie etages komen niet op bijgaand overzichtsprofiel, *fig. 5*, voor).

1) Alluvium.
2) Jong vulkanische afzettingen.
   Opheffing.
3) Pliopleistoceen vulkanisme.
4) Bentangserie (mergelig sedimenten en kalksteenen van boven-mioceenen ouderdom).
   Discordantie.
5) Granodioriet-intrusie.
6) Oude-andesietformatie (van oligo-mioceenen ouderdom).

Het stratigrafische profiel komt overeen met dat van de omgeving der Tjilajoe-intrusies; slechts met het verschil, dat na de discordantie, die op de Oude-andesietformatie en de intrusie volgt, in dit gebied weer een mariene transgressie heeft plaats gevonden (Bentangserie), hetgeen bij de Tjilajoe, voor zoover bekend is, niet geschiedde. Deze sedimenten der Bentangserie behooren volgens de erin voorkomende groote foraminiferen nog tot het Mioceen (Midden-Boven Mioceen). De *granodioriet-intrusie van Tendjolaoet is hier dus stratigrafisch goed vastgelegd; zij heeft in het Midden-Mioceen plaats gevonden.*

Ook de ontwikkeling van de Oude-andesietformatie is in het gebied ten Zuiden van Tasikmalaja beter bekend dan in het gebied ten Zuiden van Bandoeng.

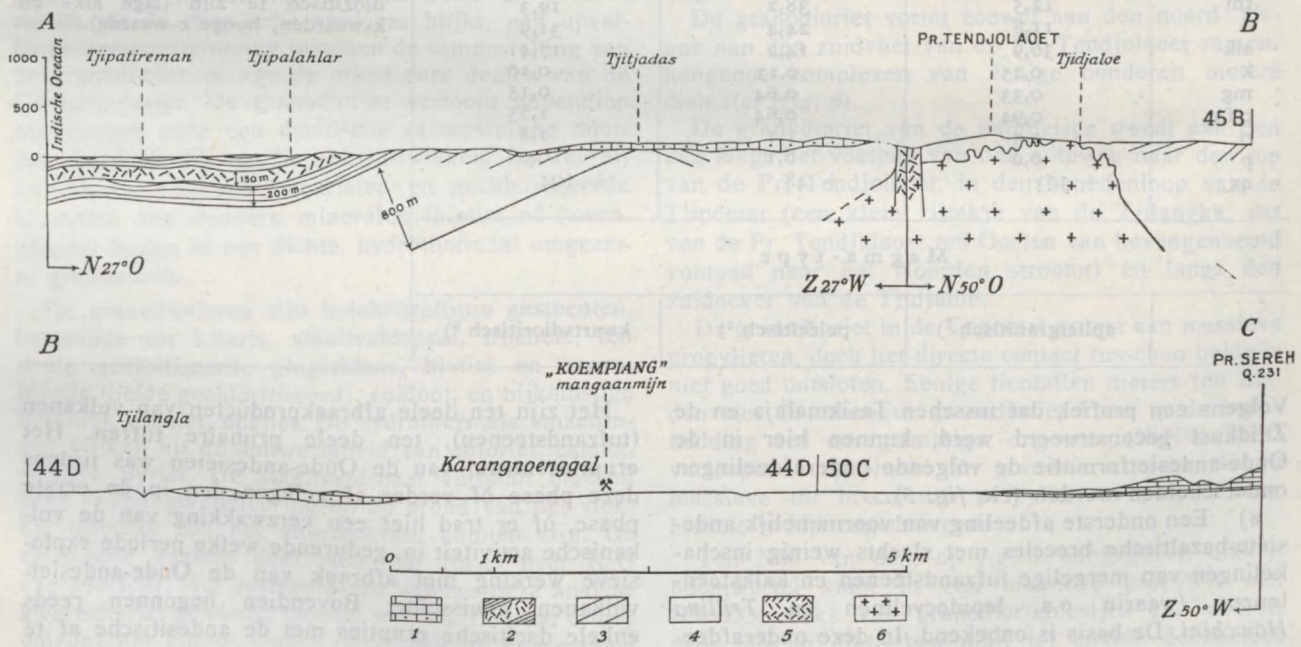


Fig. 5. Overzichtsprofiel van het gebied tusschen Karangnoenggal en den Indischen Oceaan.

Legenda:

1 : Bentangserie (Jong-mioceen) bestaande uit kalksteenen en mergelige tufzandsteenen en kleisteenen met onzuivere bruinkoollagen.
2 : Jongste étages van de Oude-andesietformatie, bestaande uit goedgelaagde, zure puimsteentuffen en een inschakeling van glazige daciet (Gentengdaciet).
3 : Goed gelaagde tufzandsteenen en breccies van de Oude-andesietformatie, welke een overgang vormen tusschen de sub 2 genoemde zure eruptieproducten en 4.
4 : De bazalto-andesitische breccies en effusiva van de Oude-andesietformatie, welke in dit profiel blank gelaten zijn.
5 : Hydrothermale metamorfe dacieten en liparieten, welke de Oude-andesietformatie (althans de onderste étages ervan) doorbreken.
6 : Granodioriet-intrusie van Pr. Tendjolaoet.

Tabel.

Analist: ir. J. van der Borden, 1940.

	Analyse No. 645 Gesteenteregister bl. 45A, No. 10 „dacito-perliet"	Analyse No. 646 Gesteenteregister bl. 45B, No. 264 „dacito-andesiet"	Analyse No. 647 Gesteenteregister bl. 45B, No. 226 „grano-dioriet"
SiO_2	78,38	62,49	67,72
Al_2O_3	9,40	12,04	13,14
Fe_2O_3	1,29	2,37	2,52
FeO	0,28	2,72	2,51
MnO	sp.	0,09	0,07
MgO	0,39	4,97	0,48
CaO	1,57	6,93	7,35
Na_2O	4,05	3,87	3,73
K_2O	2,05	0,91	1,07
H_2O+	0,70	1,82	0,66
H_2O-	1,50	1,24	0,25
TiO_2	0,23	0,45	0,59
P_2O_5	0,03	0,08	0,02
S	0,05	0,05	0,04
Som	99,92	100,03	100,15
Sp. gew.	2,284	2,593	2,687
Waarden volgens Niggli			
si	551	205	274
al	38,8	23,3	31,4
fm	12,5	38,2	19,3
c	11,8	24,4	31,9
alk	36,9	14,2	17,4
k	0,25	0,13	0,16
mg	0,33	0,64	0,15
c/fm	0,94	0,64	1,65
ti	1,3	1,1	1,8
p	0,0	0,1	0,0
qz	+ 303	+ 48	+ 104
Magma-type			
	aplietgranitisch [1])	peléeitisch [2])	kwartsdioritisch [3])

Aanteekeningen:

[1]) Ondanks de zeer hooge si-waarde, die zelfs boven die van normale apliet-granitische magma's uitstijgt, blijkt in dit gesteente fm en c tamelijk hoog te zijn (deze waarden stijgen in normale apliet-granitische magma's niet boven 10) en alk is aan den lagen kant, evenals de k-waarde. Dit komt ook overeen met de petrografische beschrijving (veel plagioklaas- en pyroxeen-fenokristen en geen alkaliveldspaat-kristallen), op grond waarvan het gesteente een „daciet" genoemd werd. Het abnormaal hooge SiO_2-gehalte is vermoedelijk toe te schrijven aan secundaire verkiezeling.

[2]) Opvallend zijn hier de betrekkelijk lage al, alk en k-waarden, terwijl fm en c hoog zijn. Doordat Na_2O over K_2O overheerscht, behoort dit gesteente tot het peléetische magmatype.

[3]) Ondanks de petrografische benaming granodioriet blijkt het chemisme van dit gesteente kwartsdioritisch te zijn (lage alk- en k-waarden, hooge c-waarde).

Volgens een profiel, dat tusschen Tasikmalaja en de Zuidkust geconstrueerd werd, kunnen hier in de Oude-andesietformatie de volgende onderafdeelingen onderscheiden worden (zie *fig.* 5).

a) Een onderste afdeeling van voornamelijk andesieto-bazaltische breccies met slechts weinig inschakelingen van mergelige tufzandsteenen en kalksteenlenzen (waarin o.a. lepidocyclinen en *Trillina Howchini*. De basis is onbekend. In deze onderafdeeling werden bazalt- en andesietgangen opgemerkt en in de gesteenten van deze étage is ook de granodioriet-intrusie van Tendjolaoet omhooggedrongen, waardoor de Oude-andesietformatie hydrothermaal veranderd (c.q. gepropylitiseerd) werd.

b) Daarop volgt een serie goed gebankte tufzandsteenen en (asch) tuffen, met weinig breccies en geen lavastroomen. De tuffen zijn nog grootendeels andesitisch doch ook enkele zure tufinschakelingen met scherfjes magmatisch gecorrodeerde, heldere kwarts komen voor.

Het zijn ten deele afbraakproducten van vulkanen (tufzandsteenen), ten deele primaire tuffen. Het eruptiecentrum van de Oude-andesieten was tijdens deze phase òf verder af gelegen dan in de eerste phase, òf er trad hier een verzwakking van de vulkanische activiteit in, gedurende welke periode explosieve werking met afbraak van de Oude-andesiet-vulkanen afwisselde. Bovendien begonnen reeds enkele dacitische erupties met de andesitische af te wisselen. Dikte ca. 800 m.

c) De bovengenoemde tufzandige serie gaat over in een pakket van goed gebankte, dacitische asch- en puimsteentuffen. Terwijl dus de andesitische erupties geheel opgehouden hebben, heeft er een hevige explosieve werking van dacitisch magma plaats. Dikte ca. 200 m.

d) Op deze zure puimsteentuffen rust nabij de Zuidkust een massieve, glazige dacietlavabank van ca. 150 m dikte, die over een afstand van 15 km aan weerszijden van de Tjipatoedjarivier in dagzoom

vervolgd kon worden („Gentengdaciet"). Nadat de aanvankelijke gasrijkdom, die de vorige étage leverde, verbruikt was, trad dus het dacitische magma als lavastroom naar buiten.

e) Tenslotte volgen op deze Gentengdaciet nog weer zure puimsteentuffen, witte tufzandsteenen en dacietbreccies, welke laatste twee ten deele secundair verplaatste, zure eruptieproducten zijn. Deze afzettingen duiken onder zee weg en hun totale dikte is onbekend, doch bedraagt minstens 100 m.

De *Gentengdaciet* vertoont, vooral in het westelijk deel (ten Westen van de rubberonderneming Genteng), een tamelijk frisch uiterlijk en bestaat dan òf uit kwarts- en plagioklaasfenokristen met wat biotiet of hoornblende in een glazige grondmassa (daciet, analyse 645, zie tabel), òf het gesteente heeft weinig of geen kwartskristallen maar wel veel plagioklaas, augiet en hyperstheen en geresorbeerde hoornblende in een glazige grondmassa (dacito-andesiet, analyse 646, zie tabel). De Gentengdaciet is vooral in het oostelijk deel van den dagzoom (in de omgeving van de rubberonderneming Tjipatoedjah), hetwelk het dichtst bij de Tendjolaoet-intrusie gelegen is, nog duidelijk hydrothermaal veranderd (verkiezeld, gechloritiseerd, gesericitiseerd en gepyritiseerd).

Het eruptiecentrum of één der eruptiecentra van de Genteng-daciet is waarschijnlijk te zoeken in de granodioriet-intrusie van Tendjolaoet, die op 6 km ten NO van het oosteinde van den dagzoom der daciet gelegen is (granodioriet, analyse 647). Er bestaat, zooals uit de chemische analyses blijkt, een opvallende overeenstemming tusschen de samenstelling van de granodioriet en van de minst zure deelen van de Genteng-daciet. De granodioriet vertoont bovendien overgangen naar een dacitische samenstelling doordat zij plaatselijk porfierisch ontwikkeld is, waarbij kwarts- en veldspaatfenokristen en gechloritiseerde kristallen van donkere mineralen (biotiet of hoornblende) liggen in een dichte, hydrothermaal omgezette grondmassa.

De granodiorieten zijn holokristallijne gesteenten, bestaande uit kwarts, alkaliveldspaat, troebele, ten deele gealbitiseerde plagioklaas, biotiet en hoornblende (beide gechloritiseerd), epidoot, en bijkomstige ilmeniet, titaniet, apatiet. De hydrothermale omzettingen blijken uit de aanwezigheid van chloriet, calciet, sericiet, pyriet. De alkaliveldspaat vertoont meestal geen tweelinglamelleering en op grond van het vlekkig uiterlijk zou het anorthoklaas kunnen zijn. De chemische analyse doet zien, dat Na_2O over K_2O overheerscht. Het gesteente zou volgens deze analyse kwartsdioriet genoemd moeten worden. Doordat echter volgens het microscopisch onderzoek de hoeveelheid alkaliveldspaat grooter is dan in de kwartsdiorieten van de Tjilajoe-intrusies, werd voor het Tendjolaoet-intrusiefgesteente aan de petrografische benaming granodioriet de voorkeur gegeven. Hierbij dient echter bedacht te worden, dat ook van de Tendjolaoetintrusiva het chemisme meer kwartsdioritisch dan granodioritisch is.

Rondom de Tendjolaoet-intrusie werd geen basisch (microdioritisch) contacthof waargenomen, zooals rondom de kwartsdioriet van de Tjilajoe. In de directe omgeving van de Tendjolaoet-granodioriet tot ca. 1 km afstand vindt men propylieten, welke behalve een verkiezeling ook een impregnatie met alkaliveldspaten in de interstitiën en haarspleetjes hebben ondergaan. Ook komen op den top der Pr. Tendjolaoet gepropylitiseerde augiet-andesieten voor met smalle snoeren en nestjes van kwarts, alkaliveldspaat, epidoot, granaat en een chloritisch mineraal.

Verder van de intrusie verwijderd is deze alkaliveldspaat-impregneering niet meer waargenomen; alleen zijn de plagioklazen door de hydrothermale werkingen ten deele in albiet omgezet. Op een afstand van ongeveer 1 tot 9 km van de Tendjolaoet-intrusie komen in de propylieten veel kwartsaders voor, welke vooral pyriet, maar ook wat chalcopyriet, galeniet, sfaleriet, en specylariet bevatten. Nog verder weg van de intrusie (op meer dan ± 9 km afstand) veroorzaakten de hydrothermale processen voornamelijk chloritisatie en uralitisatie en de vorming van chalcedoon [6]), zeoliet en calciet [7]).

De Tendjolaoet-intrusie onderscheidt zich van de Tjilajoe-intrusie, door een grooter gehalte aan alkaliveldspaten, welke ook in de omgeving van de intrusie infiltreerden. Voorts ontbreekt bij de Tendjolaoet-intrusie een contacthof, waarin de cafemische componenten samengedrongen zijn, zooals dat in de Tjilajoe voorkomt.

b) Het intrusiecontact van de granodioriet-apophyse in de Tjipoetat (*fig. 6* en *7*).

De granodioriet vormt zoowel aan den noord- als ook aan den zuidvoet van de Pr. Tendjolaoet samenhangende complexen van eenige honderen meters diameter (*fig. 6*).

De granodioriet van de noordzijde treedt aan den dag langs het voetpad van den autoweg naar den top van de Pr. Tendjolaoet, in den benedenloop van de Tjipoetat (een klein zijtakje van de Tjilangka, dat van de Pr. Tendjolaoet ten Oosten van bovengenoemd voetpad naar het Noorden stroomt) en langs den zuidoever van de Tjidjaloe.

De granodioriet in de Tjipoetat grenst aan massieve propylieten, doch het directe contact tusschen beide is niet goed ontsloten. Eenige tientallen meters ten Zuiden van de massieve granodioriet komt in de beekbedding een onregelmatige, ongeveer (N)NW-(Z)ZO verloopende apophyse van granodioriet voor, die in massieve tot breccieuze propyliet en propylitische breccie is binnengedrongen.

Ten NW van den, op *fig. 7* aangegeven dikken boomwortel komt in een massieve propyliet een NW-ZO reeks van granodiorietnestjes en snoeren voor, die in dikte van nihil tot enkele decimeters wisselen en die op het oog scherp t.o.v. de propylieten

6) De chalcedoon komt als aders en nesten in het gesteente van de Oude-andesietformatie voor. Bij de verweering komt ze dan vrij en wordt door de kali's afgevoerd. Dit gebied is bekend voor zijn diverse chalcedoon-variëteiten, die vaak in siersteenslijperijen verwerkt worden.

7) Aangezien het ontstaan van de in deze streek voorkomende mangaanertsen nog het onderwerp van een nadere studie uitmaakt, kan hier nog geen uitspraak over het verband tusschen deze ertsen en de hydrothermale omzettingen van het gebied gedaan worden.

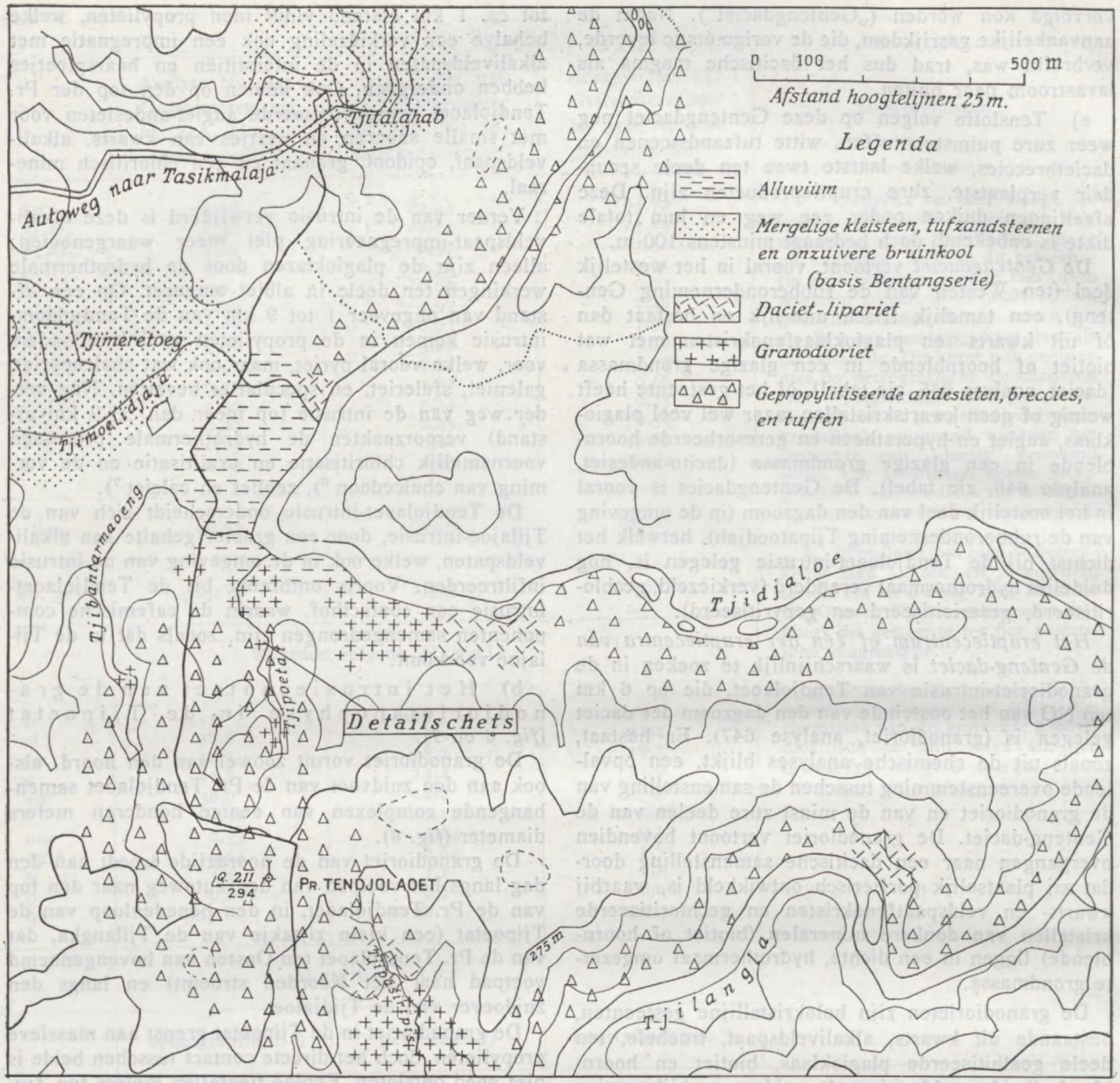


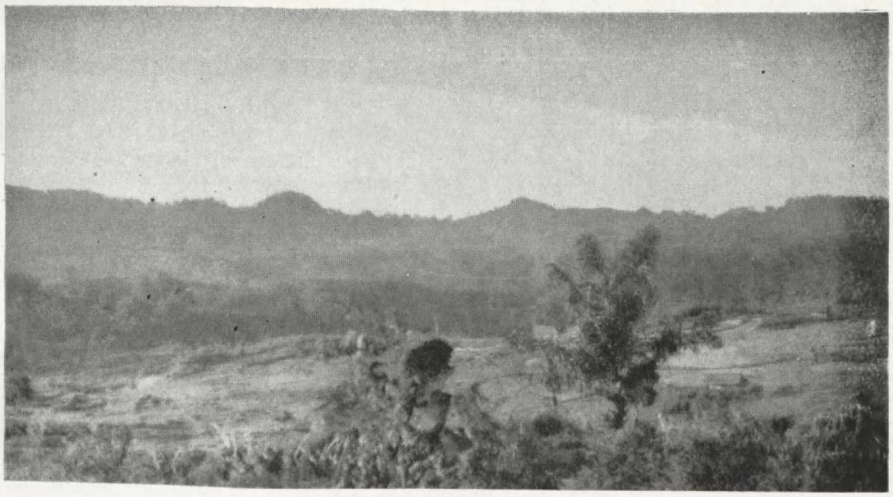
Fig. 6. Geologisch schetskaartje van de granodioriet voorkomens in de Pr. Tendjolaoet ten Z van Tasikmalaja.

begrensd zijn. Ten ZO van den boomwortel wordt de propyliet echter breccieuzer en zij gaat hier over in een echte propylietbreccies. Tegelijkertijd breidt de apophyse van granodioriet zich uit tot een grillig maaswerk van holokristallijn gesteente, waarin zich propylietblokken bevinden. Ook komen een aantal hoekige granodiorietblokken voor, die volkomen geïsoleerd in de breccie liggen.

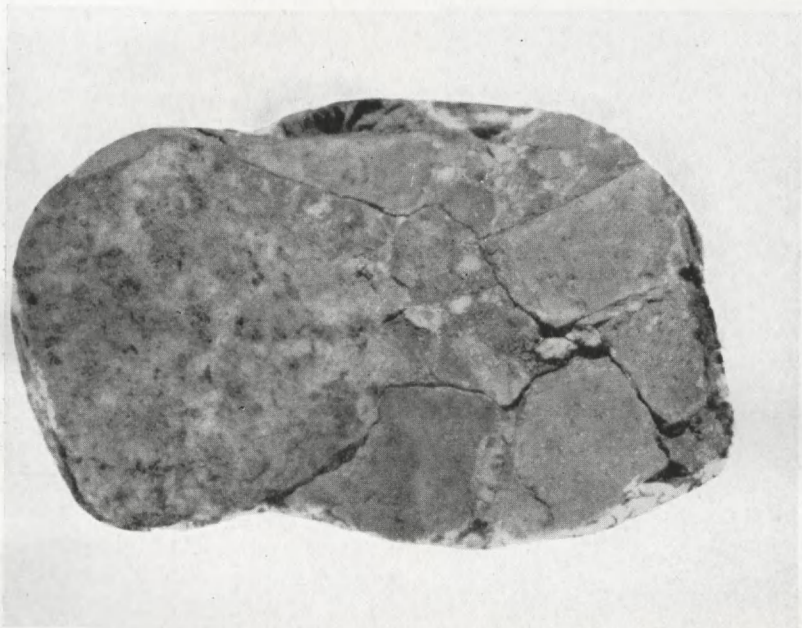
Na uitgraving en openlegging der contacten kon geen directe samenhang (in den vorm van holokristallijne toevoerkanalen) van deze geïsoleerde granodiorietblokken met de granodioriet-apophyse worden vastgesteld.

Ook onder het microscoop blijken in de propylietbreccie geïsoleerde holokristallijne partijen voor te komen, welke bestaan uit kwarts, alkaliveldspaat, plagioklaas en epidoot en die een epidoot-granitisch (helsinkitisch) uiterlijk bezitten (foto's 2 t/m 5).

De granodioriet bestaat uit vrij veel xenomorfe kwarts en idiomorfe, zonaal gebouwde plagioklaas (met alkaliveldspaatzoom), naast wisselende hoeveelheden van hypidiomorfe tot xenomorfe alkaliveldspaat. Soms zijn kwarts en alkaliveldspaat schriftgranitisch vergroeid. Voorts komen als donkere mineralen (vezelige tot hypidiomorfe, poikilitische hoornblende en fraaie idiomorfe epidoot) voor. Bijkomstige mineralen zijn ilmeniet, titaniet, apatiet. Drukverschijnselen werden niet opgemerkt; de kwarts is vrijwel niet unduleus. In ieder geval heeft de kristalloblastese eventueele stress-toestanden overleefd. De textuur en structuur van de granodioriet wisselen sterk binnen korte afstanden, waardoor granitische en kwartsdioritische, al of niet porfierische variëteiten ontstaan. In de granodioriet-apophyse komen ook donkere, iets fijner kristallijne vlekken voor, die onder het microscoop als microdioriet, spessartiet, vogesiet

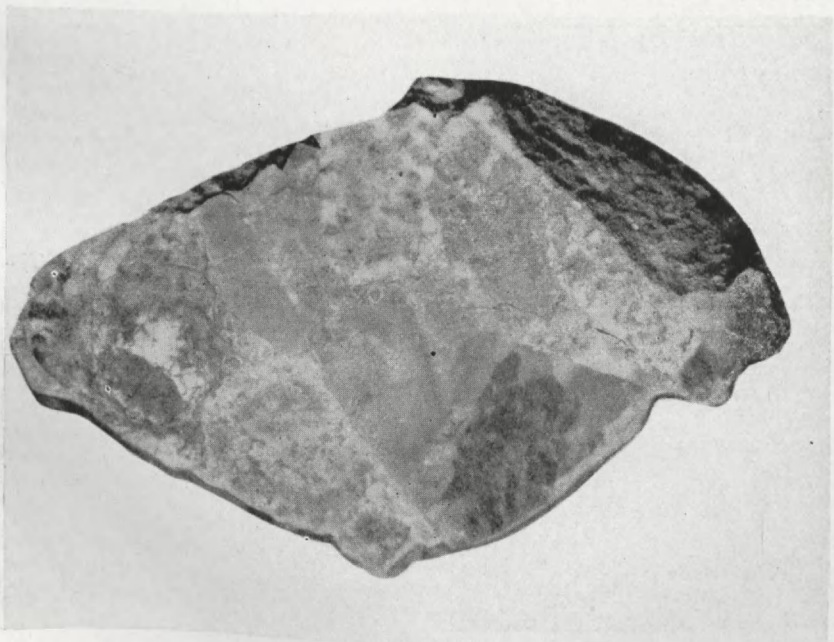


1 Foto 1. Terras op ca 750-650 m hoogte langs de jonge rivierinsnijdingen van de Tjilajoe en de Tjibodas, gezien van het voetpad ten Z van Pamalajan (bij Bab. Tjiparaj) naar het Zuidoosten.
Het terras met sawahs op den voorgrond is gelegen tusschen de Tjibodas en den Bohak-rug. Links van den arenpalm ziet men de scherpe insnijding van de Tjibodas cañon, welke zich achter den arenpalm met de Tjilajoe-kloof vereenigt. De rug op den achtergrond is de Gedang-Kiarapajoeng-rug. Bij de samenkomst van de Tjibodas en Tjilajoe is op den bodem dezer jongste insnijdingen de kwartsdioriet ontsloten.



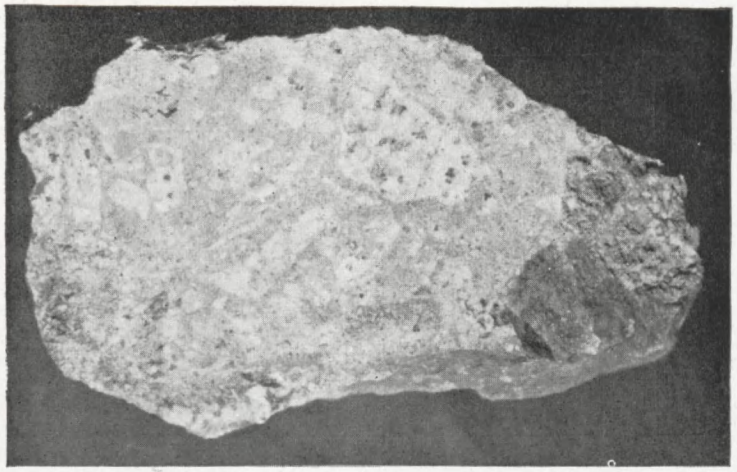
2

Foto 2. Granodioriet apophyse Tjipoetat.
Contact granodioriet met propylietbreccie. 3/4 natuurl. grootte.



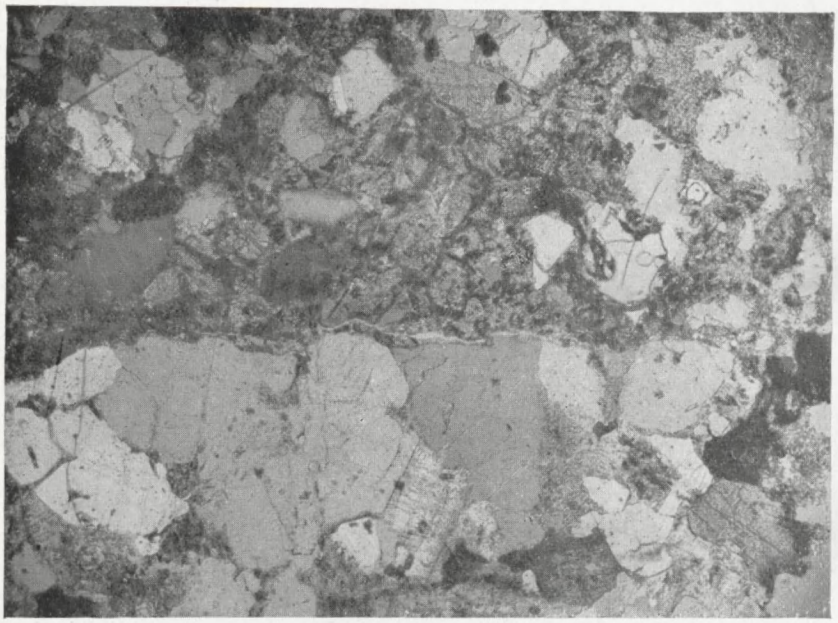
3

Foto 3. Granodioriet apophyse Tjipoetat.
Breccie bestaande uit componenten van propyliet en granodioriet met een ten deele gegranitiseerd bindmiddel. Duidelijk is te zien, dat de propylitische component in de linkerbovenzijde uit twee stukken bestaat, die ten opzichte van elkaar verschoven zijn. 3/4 natuurl. grootte.



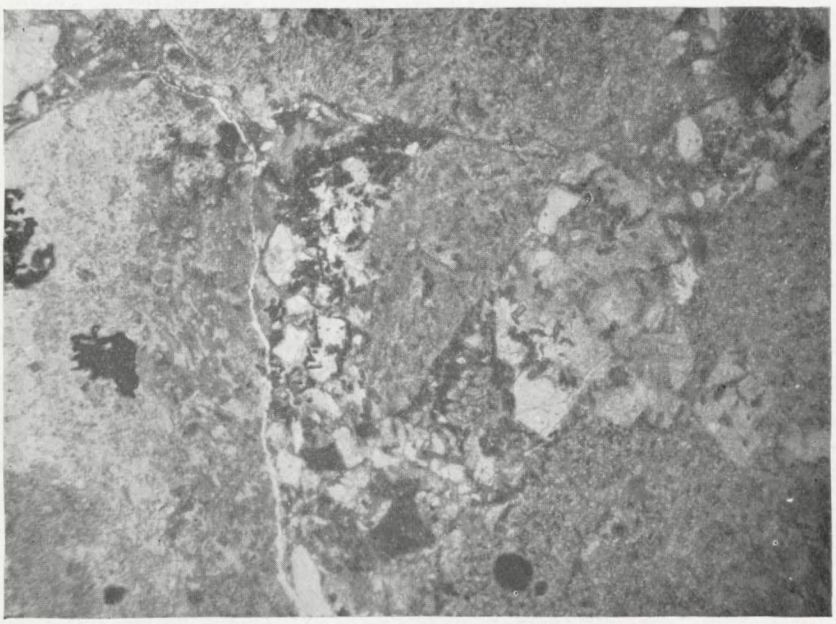
4

Foto 4. Granodiorietapophyse Tjipoetat.
Breccie van hoekige granodiorietcomponenten met een ten deele gegranitiseerd bindmiddel. 3/4 nat. grootte.



5

Foto 5. Granodiorietapophyse Tjipoetat.
Contact granodioriet met propyliet. In de propyliet bevinden zich kwartsporfieroblasten en infiltratie van alkaliveldspaat. Voorts komen in de propyliet kristalloblastische partijen voor van kwarts-plagioklaas-alkaliveldspaat, met epidoot. Zulke kristalloblastische aggregaten bezitten een epidoot-granitisch uiterlijk. Vergrooting 16 x.



6

Foto 6. Granodiorietapophyse Tjipoetat.
Breccie van propyliet met een ten deele gegranitiseerd bindmiddel (epidoot-granitisch). Vergrooting 16 x.

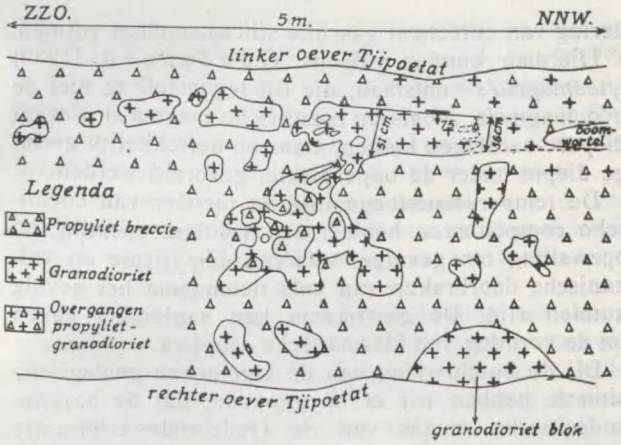


Fig. 7. Detailschets van de granodioriet-apophyse in de Tjipoetatbeek.

gedetermineerd werden. Overgangsstadia van deze nevelachtige vlekken naar scherp begrensde insluitsels van propylieten zijn waar te nemen [8]).

Terwijl de grens tusschen de granodioriet van de apophyse met de omgevende propyliet meestal oogenschijnlijk scherp is, konden megascopisch en onder het microscoop op enkele plaatsen geleidelijke overgangen geconstateerd worden. In de propyliet bevinden zich nabij het contact kwarts- en epidootporfieroblasten en de grondmassa bestaat uit een granoblastisch mengsel van kwarts en alkaliveldspaat, waardoor een granietporfierisch uiterlijk ontstaat. Ook komen in de propyliet nabij het contact kristalloblastische aggregaten voor, bestaande uit kwarts-plagioklaas-alkaliveldspaat-epidoot, die reeds een epidoot-granitisch voorkomen bezitten (foto 5). De propyliet nabij het contact is een porfierisch gesteente met kristalloblastische, granitische kristalaggregaten erin; de aangrenzende granodioriet zelf is weliswaar grootendeels gelijkkorrelig (homoeoblastisch), doch verspreid komen hierin ook onregelmatige relikten van porfierische structuur voor, die op de aangrenzende propylieten gelijken. Het duidelijkst werd de geleidelijke overgang tusschen propyliet en granodioriet waargenomen in het deel van de apophyse nabij den dikken boomwortel van *fig. 7*. De apophyse is hier zelf nog grootendeels porfierisch (dacitisch tot granietporfierisch) en het gesteente verschilt daardoor feitelijk niet van de aangrenzende propyliet, die eveneens door kwartsporfieroblasten een dacitisch tot granietporfierisch uiterlijk bezit.

De overgang van de propyliet in de granodioriet voltrekt zich blijkbaar, doordat de gelijkkorrelige aggregaten van granitisch uiterlijk in de propyliet uitgroeien, met elkaar vergroeien en ten slotte de porfierische partijen geheel verdringen. *Deze waarneming is niet te rijmen met de voorstelling van magmatische injectie in een vast gesteente, doch pleit voor de opvatting, dat de granodioriet door rekristallisaties (kristalloblastese) uit de propyliet ontstaan is.* Een dergelijke waarneming werd ook reeds beschreven voor de porfierische en niet-porfierische granieten van de Boekit Timah te Singapore (van Bemmelen 1940, p. 24-27), in welke publicatie uitvoerig betoogd werd, dat zulke verschijnselen moeilijk door de klassieke opvattingen van magmatische differentiatie te verklaren zijn.

Men kan zich de granodioriet-apophyse in de Tjipoetat op de volgende manier ontstaan denken. De Oude-andesiet, waarin de granodioriet-intrusie omhoog drong, werd met hydrothermale oplossingen doordrenkt en gepropylitiseerd. Langs een bepaalde, bijv. door de aanwezigheid van een spleet of een verschuiving bevoorrechte, NW-ZO zone drong een grootere concentratie van hydrothermale oplossingen omhoog, die vooral SiO_2, Al_2O_3 en alkaliën toevoerden en calcium-, ijzer- en magnesiumoxyden afvoerden. Onder den invloed van verhoogde temperatuur en de aanwezige chemische potentialen hadden metasomatische reacties en kristalloblastese plaats, die ten slotte leidden tot de vorming van kristalloblastische aggregaten van een granodioritisch uiterlijk. Waar de dampen langs een bepaalde spleet in massieve propyliet opstegen bleven deze metasomatisch gevormde granodioriet beperkt tot een smalle, tamelijk scherp begrensde snoer of reeks van granodioriet-lensjes. Doch waar de propyliet breccieus werd en groote plaatselijke verschillen in porositeit, structuur enz. van het gesteente aanwezig waren, konden de emanaties zich meer verspreiden en door metasomatische reacties een grillige doorgroeiing van de propylitische breccie met granodioritisch materiaal veroorzaken.

In het centrale deel van schets *fig. 7* blijkt vooral het bindmiddel van de breccie, dat waarschijnlijk de grootste permeabiliteit voor de emanaties had, grootendeels gegranitiseerd te zijn (zie ook foto 6). De buiten dit maaswerk van granodioriet gelegen, geïsoleerde blokken van granodioriet kunnen ontstaan zijn uit breccie-componenten, die sneller dan hun omgeving reageerden en tot holokristallijne aggregaten rekristalliseerden.

Het is echter niet uitgesloten, dat tijdens de granitisatie door de temperatuurstoename en physisch-chemische reacties ook het volume toenam, waardoor het opzwellende materiaal de neiging verkreeg diapyr naar de oppervlakte door te breken. Dit kan een mechanische menging van het nevengesteente en gegranitiseerd materiaal veroorzaakt hebben. De plaatselijk breccieuze structuur van de propyliet zou hierdoor ook te verklaren zijn. Soms is aan de breccie-componenten nog waar te nemen, dat zij gekraakt zijn en de deelen ten opzichte van elkaar verschoven

8) Het inzicht, dat dergelijke lamprofierische insluitsels meestal geen cognate vormingen, doch gemetamorfoseerde xenolieten zijn, wint steeds meer veld. Behalve de bekende studie van Grout in het *Bull. Geol. Soc. Am.* (1937) verscheen bijv. ook een publicatie van Sh. Iwao in het *Jap. Jo. Geol. & Geogr.*, 17, 1 — 2, Tokyo, Maart 1940, p. 45 — 62, getiteld: „The Origin of the basic inclusions in the granitic rocks of the Yanai district, Japan, and their petrographic features". Hierin komt Iwao ook tot de conclusie, dat de donkere insluitsels, die hij oorspronkelijk voor cognaat gehouden had, bij nader onderzoek ontstaan blijken te zijn uit porfierische diabazen (hydrothermaal metamorfe bazalto-andesitische gesteenten). De metamorfose van deze insluitsels is volgens Iwao eveneens het gevolg van een selectieven toevoer van alkali-aluminaten.

zijn (zie foto 3). Daar echter in de granodioriet microscopisch geen sporen van drukwerkingen zijn waar te nemen, moet aangenomen worden, dat de chemische processen en de kristalloblastese deze drukwerkingen overleefd hebben. De waarnemingen wijzen dus op de mogelijkheid, dat hier ook een mechanische vermenging van granodioriet en nevengesteente heeft plaats gehad. Toch moet er op gewezen worden, dat in de breccie geïsoleerde, kristalloblastisch gevormde aggregaten voorkomen, die het uiterlijk en de samenstelling van granodioriet of epidootgraniet bezitten. Hieruit volgt, dat het inderdaad mogelijk is, dat ook door physisch-chemische, metasomatische omzettingen, die van bepaalde kernen uitgaan, granitische partijen zich ontwikkelen kunnen, welke dus niet direct met de hoofdmassa van de granitische intrusie behoeven samen te hangen.

De vorming van geïsoleerde, hoekige granodioriet-blokken in een wrijvingsbreccie door additieve metamorphose werd reeds in 1937 beschreven door Goodspeed[9]), die deze en andere waarnemingen over „metasomatische" intrusies ook aan het 6de Pacific Science Congress in 1939 heeft voorgelegd.

Vooral de aanwezigheid van geleidelijke overgangen tusschen intrusiva en het nevengesteente acht Goodspeed een sterke aanwijzing voor den metasomatischen aard der intrusie.

De waarnemingen in de Tjipoetat van geleidelijke overgangen tusschen de granodioriet en de propyliet pleiten voor de opvatting, dat de granodioriet het eindproduct is van een progressieve metamorphose; in de boven beschreven ontsluiting der graniet-apophyse in de Tjipoetatbeek heeft echter waarschijnlijk (door opzwelling van het granodioritisch materiaal ?) ook nog plaatselijk een mechanische menging met het nevengesteente plaats gevonden.

Het is mogelijk, dat door de energie-influx en de optredende exotherme chemische reacties de temperatuur plaatselijk en tijdelijk zoo hoog wordt, dat een zekere mate van taaivloeibaarheid verkregen wordt en dat zelfs gedeelten van het materiaal (door benadering van eutectica) gasrijke silicaatsmelten vormen.

Hierdoor kunnen volgens Goodspeed (1939) *„neomagma's"* ontstaan, die (in tegenstelling met de hypomagma's, zooals de bazaltische magma's) niet uit diepere aardlagen komen, maar op betrekkelijk geringe diepte onder de oppervlakte, gevormd werden.

De temperatuurstoeneming en toevoer van chemische componenten hebben een volumetoeneming en opzwelling ten gevolge, waarvan diapyrisme en vulkanische doorbraken van zulk neomagma het gevolg kunnen zijn. De gasrijkdom kan aanleiding geven tot de vorming van klasmatische eruptiva.

Bij de beschrijving van de algemeene geologische situatie hebben wij er op gewezen, dat de bazalto-andesitische étages van de Oude-andesietformatie bedekt worden door een serie zure tuffen (étages 3 en 5 van deze formatie) en een dikken dacitischen lavastroom (Genteng-daciet, étage 4).

Uit de vergelijking van de chemische analyses van de Genteng-daciet met die der granodioriet blijkt, dat deze lavastroom ten deele een overeenkomstige en ten deele een zuurdere samenstelling heeft dan de granodioriet-intrusie van Tendjolaoet. De veronderstelling ligt voor de hand dat deze Tendjolaoet-intrusie het eruptiecentrum (of één van de eruptiecentra) van deze zure erupties is.

Volgens de bovengeschetste opvatting zouden deze metasomatische intrusies neomagma's geleverd kunnen hebben, die door opzwelling en gasrijkdom dacitische doorbraken en effusies en puimsteentuf-explosies veroorzaakt hebben.

Bovenstaande mogelijkheden werden ook reeds in verschillende andere publicaties van den schrijver over dit onderwerp in beschouwing genomen[10]), zoodat er kortheidshalve hier niet verder op ingegaan zal worden.

Wij willen in deze publicaties slechts volstaan met de vaststelling, dat *de nadere bestudeering in het terrein en onder het microscoop van de intrusie-contacten van twee voorkomens van granitische gesteenten in het Zuidergebergte van West-Java de opvatting bevestigen, dat dergelijke intrusies waarschijnlijk het resultaat zijn van metasomatische omzettingen van korstgesteenten onder invloed van omhoog diffundeerende emanaties.*

9) G. E. Goodspeed: „Small granodioritic blocks formed by additive metamorphism". *Jo. of Geol.* 45, 7, Oct. — Nov. 1937, pag. 741 — 762.
————: Pre-tertiary metasomatic processes in the southeastern portion of the Wallowa Mountains of Oregon". *Proc. 6th Pac. Sci. Congress*, 1939, p. 339 — 422.

10) Zie bijvoorbeeld het hoofdstuk: „Speculations on the origin of the pacific magmas", dit tijdschrift, 1939, 9, afd. IV, p. 134 — 137.

UIT DE LITERATUUR.

Het *Mining Journal* van 29 Juni maakt melding van eenige recente bauxietontdekkingen. Allereerst wordt genoemd de Mlanje Mountain in Z. O. Nyassaland, alwaar volgens een uitgebreid prospectie-onderzoek vermoedelijk 60 000 000 ton verhandelbare bauxiet aanwezig zijn. Waar tevens een belangrijke hoeveelheid energie kan worden opgewekt in de Shire-rivier, wordt aangenomen, dat de condities voor de vestiging van een aluminiumindustrie in het land gunstig zijn.

Uit Brazilië, waar bauxietafzettingen reeds eerder bekend zijn in afgelegen streken, wordt thans de ontdekking gemeld van een vindplaats in de buurt van de stad Sao Paolo, binnen het bereik van transportwegen en haven.

Tenslotte worden nog vondsten in Britsch West-Indië (Santa Lucia) en in Columbia genoemd, waarvan evenwel de commercieele beteekenis nog niet kon worden vastgesteld.

Betreffende de productie van radium sedert de onderzoekingen van Mme Curie in 1898 zijn geen betrouwbare gegevens beschikbaar. Het Bureau of

Mines van de V. S. schat deze hoeveelheid op ongeveer 1 000 gram, waarvan iets minder dan 1/3 uit de Vereenigde Staten, iets meer dan 1/3 uit de Congo, en de rest voornamelijk uit Canada afkomstig. Ongeveer 85% van de wereldproductie wordt voor medische doeleinden gebruikt en de huidige prijs is $ 27 500 per gram.

De Canadeesche radiumertsen bevatten ook de elementen polonium en ionium, waarvan het laatstgenoemde een waarde van $ 2 000 000 per oz. zou hebben.

De Vereenigde Staten hadden in 1939 een record consumptie van 782 975 ton bauxiet, waarvan ongeveer 55% werd geïmporteerd. Van de import was 92% afkomstig van Suriname en 6% van Britsch Guyana. Van de binnenlandsche productie was 46% bestemd voor de aluminiumbereiding; voor slijpmiddelen werden 24% gebruikt, en in de chemische industrie 23%, terwijl 7% in olieraffinaderijen en voor vuurvast materiaal werden benut.

In 1939 was de gemiddelde verkoopsprijs f.o.b. mijn $ 4,35 per long ton ongedroogde (crude) bauxiet; $ 5,36 voor gemalen, gedroogde bauxiet; $ 12,48 voor gegloeide bauxiet en $ 37,05 voor geactiveerde bauxiet.

*

Het *Mining Journal* van 6 Juli wijdt een hoofdartikel aan de vorming van de strategische reserve van 75 000 ton tin in de Vereenigde Staten. De productiecapaciteit der tinproduceerende landen worden in beschouwing genomen en aan de hand daarvan de hoeveelheid, die boven de huidige consumptie voor het bovengenoemde doel beschikbaar zou zijn. De Japansche houding in het Oosten wordt in dit opzicht een beslissende factor geacht, daar zoowel de export van Singapore als van Nederlandsch-Indië in het gedrang kunnen komen.

De openlegging van een belangrijk haematiet-ijzerertsvoorkomen in Canada bij Steep Rock Lake, heeft de laatste maanden belangrijken vooruitgang gevonden. Het ertslichaam is thans definitief bepaald over een lengte van 3 500 voet met een breedte van 150 — 300 voet. De verticale schacht, die thans 800 voet diep is, wordt op 1 200 voet gebracht. De beginproductie wordt op 2 000 ton per dag gesteld.

Het booronderzoek heeft voor de eerste 1 000 voet diepte, een waarschijnlijk ertsreserve aangetoond van 100 000 000 ton met een gehalte van 58 — 60% ijzer en laag in fosfor.

*

In Mining Journal van 20 Juli worden, naar aanleiding van de plannen tot oprichting van een installatie in Texas ter waarde van $ 5 000 000 voor de extractie van magnesium uit zeewater, eenige beschouwingen gegeven omtrent den mineralen rijkdom der zeeën in het algemeen en die aan goud in het bijzonder.

In herinnering worden gebracht de ernstige pogingen, die van Duitsche zijde (Haber en Jaenicke) tusschen 1920 en 1928 werden gedaan om een deel van de 8 milliard ton goud, die volgens hun onderzoekingen in totaal in het zeewater aanwezig zouden zijn, te bemachtigen. Zij gingen daarbij uit van een gehalte van 5 mg per ton zeewater in den vorm van chloride, welke aanname zij beschouwden als te zijn „buiten redelijken twijfel". De winning zou geschieden door neerslaan met natriumpolysulfide en de kosten van het procédé waren zoo gering, dat succes absoluut verzekerd scheen. Een schip werd uitgerust met een filterinstallatie en een laboratorium, waarmede de Noordelijke en Zuidelijke Atlantische Oceaan werd doorkruist, ver van de kustzones, waar het water te veel zwevend materiaal bevat.

Tot hun verbazing vonden de onderzoekers slechts een kleine fractie van de verwachte hoeveelheid goud. Toch werden de pogingen niet dadelijk opgegeven en nog vele jaren onderzoekingen op dit gebied verricht en eerst in 1928 werd de hoop op economisch succes prijs gegeven. Al hebben de resultaten van de onderzoekingen dan ook geen practisch resultaat gehad, ze hebben tenminste de waarheid omtrent den goudrijkdom van het zeewater vastgesteld, n.l. dat het gemiddeld gehalte niet 5 mg, doch hoogstens 0,001 mg per ton bedraagt. Waarschijnlijk komt meer goud voor in het zwevend materiaal dan in oplossing, waardoor mogelijk de monsters der vroegere onderzoekers variabele en misleidende resultaten hebben gegeven. Desalniettemin blijft de mythe van den goudrijkdom der oceanen voortleven.

*

In Chemical Engineering & Mining Review van September wordt vermeld dat de Broken Hill Proprietary Co. besloten heeft om in Australië de bereiding van magnesium ter hand te nemen. Als grondstof zal magnesiet dienen, doch omtrent het te volgen procédé van bereiding werd nog geen beslissing genomen.

Naar magnesiumalliages is een stijgende vraag in de luchtvaart en de transportindustrie, daar bij vele ervan lichtheid gepaard gaat aan sterkte en gemakkelijke bewerkbaarheid.

*

Engineering & Mining Journal van Juni bevat de beschrijving van een verplaatsbare installatie voor de winning en verwerking van een alluviale goudafzetting langs drogen weg. Het terrein is gelegen in Nieuw-Mexico en is één der oudst bekende „placers" ten Westen van de Mississippi.

De installatie bestaat uit:

1e. een 180 pk diesel-electrische uitrusting, waarmede wisselstroom van 440 Volt wordt opgewekt.
2e. een Caterpillar-bulldozer voor het trekken van wortels en gelijkmaken van het terrein.
3e. een 1 cu. yd dragline, die den grond graaft en lost op de
4e. zeefinstallatie, die op 3/4" afzeeft; het grove product wordt met een transportband in de afgewerkte groeve gedeponeerd.

Het product $<$ 3/4" wordt door een band in een bak gestort, van waaruit het in een slagmolen komt, waarin de kleiproppen worden fijn gemaakt. Het gemalen product gaat vervolgens door de eigenlijke goudwinningsafdeeling, waar het eerst op een $\frac{1}{4}$" vibreerende zeef valt (1600 trillingen per minuut); het grove product wordt weggeworpen en het fijne geleid over een fijnere zeef, waaraan door een wisselstroomsolenoide 3600 vibraties per minuut worden gegeven. Een opwaarts gerichte luchtstroom door de zeef blaast een groot deel van de lichtere mineralen weg en de zware, waaronder het goud, vervolgen hun weg.

Onder aan de zeef is een smalle sleuf waardoor het zwaarste materiaal wordt afgevoerd; dit wordt op een

volgende solenoïdetrilzeef nogmaals behandeld en het daarbij verkregen concentraat geamalgameerd.

Alle onderdeelen der installatie zijn op trucks gemonteerd en kunnen gemakkelijk verplaatst worden. De capaciteit bedraagt ongeveer 1000 cu. yd. grond per dag in drie ploegen van vijf man.

*

In *Mining Journal* van 27 Juli komt een uittreksel voor uit een U. S. A. consulair rapport, waarin wordt gemeld, dat na uitgebreide proefnemingen voor de vervaardiging van tinlooze blikken voor conserveering van vleesch en vruchten, thans begonnen is met productie op groote schaal van z.g. „Lema" blikjes in een fabriek in Midden-Duitschland.

Zij worden vervaardigd van blank staal (bright strip steel), dat volgens het basische procédé vervaardigd is, instede van openhaardstaal, dat gewoonlijk voor de vervaardiging van blik wordt gebezigd. Aan het basische staal wordt voorkeur gegeven in de eerste plaats, omdat het Thomasprocédé economischer is voor de staalfabricage uit Duitsche ertsen en verder omdat door de grootere hardheid van deze staalsoort met een geringere blikdikte kan worden voldaan; volgens het rapport wordt op deze wijze 2% aan staal bespaard.

De wand van het blikje wordt automatisch gelascht; deksel en bodem worden op de gewone manier vervaardigd. Alle deelen worden grondig gereinigd en roestvrij gemaakt volgens een fosfaatproces (het Bonderproces), dat bij de Metallgesellschaft tot ontwikkeling kwam; dit procédé vergt slechts twee à drie minuten.

De deelen worden dan vervolgens gedoopt in een emailbad (baking enamel) en in elkaar gezet. Thans worden per dag 100 000 één-kilo blikken vervaardigd en er is een fabriek voor een productie van 140 000 stuks per dag in aanbouw.

*

Op de algemeene vergadering van de Consolidated Tin Smelters Ltd. deelde de Voorzitter mede, dat, als resultaat van vriendschappelijke onderhandeling met de overige smeltbelanghebbenden in het Oosten, werd overeengekomen om een einde te maken aan den zwaren concurrentiestrijd, die aldaar heerschte.

Het ligt niet in de bedoeling om van deze belangenovereenkomst misbruik te maken, door onredelijke smeltloonen te eischen; het tarief, dat aan de mijneigenaren wordt berekend, bedraagt niet meer dan de smeltkosten, verhoogd met een billijke en redelijke winst. Mogelijk is het verschil in de tarieven vóór en na de overeenkomst aanleiding geweest voor den directeur van een belangrijke tinmijnbouwmaatschappij in de Malay States tot minder vriendelijke uitlatingen. In werkelijkheid is dit verschil voor een groot deel te wijten aan de negatieve marge tusschen smeltkosten en smelttarieven tijdens de periode van oneconomische competitie.

Een extra bedrag werd gereserveerd voor de belangen der maatschappij bij de smelterij te Arnhem, waarvan sinds den inval in Mei niets meer bekend is.

Ir. A. van Hoek.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

Mijnbouw Maatschappij „Zuid Bantam".

Gedurende de periode van 12-1-1941 t/m 18-1-1941 werden 1 400 tons erts verwerkt van gemiddeld 9,— gram goud en 600,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 19-1-1941 t/m 25-1-1941 werden 1 470 tons erts verwerkt van gemiddeld 8,5 gram goud en 540,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 26-1-1941 t/m 1-2-1941 werden 1 440 tons erts verwerkt van gemiddeld 10,5 gram goud en 750,— gram zilver per ton.

PERSONALIA.

Dr. W. B. C. van Tongeren, particulier, is met ingang van 1 Febr. 1941 benoemd tot tijd. wd. ingenieur 2de klasse bij den Dienst van den Mijnbouw te Bandoeng.

Ir. J. A. van der Kloes, tijd. wd. ingenieur 2de klasse bij de Banka-Tinwinning, is met ingang van Februari 1941 in vasten dienst benoemd.

8e JAARGANG
NUMMER 2

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

FEBRUARI
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.

I. INLEIDING.

Er is wellicht geen onderwerp van den wegenbouw, dat in de laatste jaren meer de aandacht trekt dan het vraagstuk der grond-stabilisatie. De belangstelling ervoor ontstond onder den drang om den ter plaatse beschikbaren bodem op zoo economisch mogelijke wijze tot een voldoend draagkrachtige fundeerings- of zelfs verhardingslaag te benutten.

Dit denkbeeld is geenszins nieuw, want aarden wegen bestaan sinds onheuglijke tijden. Waar deze niet meer aan de door het tegenwoordige verkeer gestelde hoogere eischen voldoen, ontstaat ook daar de wenschelijkheid om zonder overmatige geldelijke opofferingen, doelmatige verbeteringen aan te brengen.

Het is niet wel mogelijk om met eenige nauwkeurigheid het tijdstip aan te geven, waarop het tegenwoordige, wetenschappelijk beter gefundeerde procédé zijn plaats in het kader der moderne constructiesystemen heeft ingenomen. Wel kan met zekerheid worden gezegd, dat de ontwikkeling ervan een krachtigen stimulans heeft ondervonden van de *grondmechanica,* welke ruim twintig jaren geleden als een nieuwe studierichting haar intrede deed. De groote beteekenis eener grondmechanische propaedeuse ligt voor de hand: zij geeft niet alleen inzicht in en begrip van de vraagstukken over het evenwicht en de vervorming van grondmassa's, welke aan krachtswerkingen zijn onderworpen, doch ook van de karakteriseerende constanten der grond-typen.

Het is geen toeval, dat juist in de U.S.A., waar de grondmechanische scholing vrij spoedig in hoog aanzien stond, de grond-stabilisatie op zoo ruime schaal en met groot succes is toegepast. In dit verband moge gewezen worden op de vele en belangwekkende onderzoekingen, welke in de laatste jaren door verschillende Amerikaansche research-laboratoria ter zake zijn verricht en die zoowel voor de techniek als voor de methodiek van onderzoek vruchtbare resultaten hebben afgeworpen.

In het betrekkelijk korte tijdsverloop van 10 jaren (van 1929 tot 1939) werden dan ook alleen door de Staatswegendiensten in de U.S.A. in totaal reeds meer dan 23 000 km weg met behulp van een of anderen vorm van grond-stabilisatie aangelegd en de jaarcijfers toonen aan, dat de toepassing progressief is.

Tot goed begrip van het principe, waarop de grondstabilisatie berust, moge de navolgende uiteenzetting dienen.

Onder grond is te verstaan de uit gesteenten door verweering ontstane min of meer losse laag der aardoppervlakte, waarvan de voornaamste voor ons van belang zijnde vaste bestanddeelen zijn: *zand, stof* (of *sloef*) en *lutum* (of *slib*).

Vochtig zand bezit een grootere draagkracht dan droog zand, terwijl daarentegen het draagvermogen van lutum in drogen toestand grooter is dan dat in natten. Stof neemt een tusschenstelling in. Vandaar de logische gedachtengang om de drie grond-bestanddeelen in zoodanige verhouding met elkander te vermengen, dat daarbij een geheel ontstaat, hetwelk onder alle weersomstandigheden een zoo *stabiel* mogelijke draagkracht bezit. Zoo'n *in zijn draagvermogen gestabiliseerd* mengsel zal derhalve in drogen toestand zijn vastheid ontleenen aan de bindende eigenschappen van het lutum, terwijl in natten toestand het zand voor de noodige inwendige wrijving zorgt.

Zoo werd in de U.S.A. ruim 14 000 km weg gestabiliseerd, alleen door voor een passende korrelsamenstelling en een zoo hoog mogelijke compressie te zorgen.

Deze grond-stabilisatie kan nu nog aanmerkelijk verbeterd worden door aan het mengsel een stabilisatie-middel toe te voegen. Als zoodanig worden gebruikt: asphalt-materialen (cutbacks en emulsies), hydraulische bindmiddelen (voorn. portland cement) en chemicaliën (chloorcalcium, chloornatrium, waterglas, enz.).

Het gebruik van bitumineuze stabilisators heeft voornamelijk ten doel de gronddeeltjes met een bitumen-film te bekleeden, waardoor het geheel minder gevoelig voor water wordt. Daarnaast verwacht men tegelijkertijd het draagvermogen van het korrelmengsel door de bindkracht van het bitumen te kunnen verhoogen. Hoe vloeibaarder het te bezigen asphaltproduct is, des te meer zal vanzelfsprekend het resultaat alleen op eerstgenoemde werking berusten.

Het in de U.S.A. meest gebruikte stabilisatie-middel blijkt cutback-asphalt te zijn (ruim 46%) en wel in het bijzonder de R.C. (Rapid Curing = snel opstijvende) soorten. Met de langzaam opstijvende (S.C.)

producten schijnen enkele gebruikers minder gunstige resultaten te hebben verkregen.

Ook de asphalt-emulsies (z.g. „stabilizers") hebben technisch zeer goed voldaan; zij bezitten echter het nadeel van hoogere kosten. Het is nog niet beslist, of deze door betere resultaten worden gerechtvaardigd.

Hier te lande zijn enkele jaren geleden door de groote asphalt-producenten een tweetal emulsies voor grond-stabilisatie geïntroduceerd en met meer dan wel minder succes toegepast. Als een der best geslaagde voorbeelden van het gebruik daarvan moge hier gewezen worden op de kortelings aangelegde startbaan-verhardingen van het nieuwe burgervliegveld Morokrembangan te Soerabaja.

Ondanks nog verschillende opvattingen op vele detailpunten, welke er op wijzen, dat de bitumineuze stabilisatie nog in een experimenteel stadium verkeert, zijn toch reeds enkele algemeene richtlijnen komen vast te staan. Zoo wordt algemeen aangenomen, dat grondig dooreenwerken van het mineraal-aggregaat met het bitumineuze materiaal van het grootste belang is; veel teleurstellingen zijn te wijten aan onvoldoende menging. Daarnaast blijkt voor een goede compressie van de laag een zeker vochtgehalte daarvan noodzakelijk te zijn. Naarmate de viscositeit van het toe te voegen bitumineuze product lager is, kan men minder water bezigen, omdat dan het bitumineuze materiaal bij de compressie ten deele de taak van het water overneemt.

Ten slotte is gebleken, dat bitumineus gestabiliseerde lagen over het algemeen zoo weinig weerstand tegen afslijting vertoonen, dat zij steeds van een afdekking moeten worden voorzien.

Bij portland cement wordt thans vrijwel algemeen aangenomen, dat de stabiliseerende werking ervan in hoofdzaak berust op zijn vermogen om de uiterst fijne lutumdeeltjes te coaguleeren of uit te vlokken, waardoor deze hun colloïdale eigenschappen (zwellen en plastisch worden bij water-opname) grootendeels verliezen. Daardoor ontstaat de mogelijkheid om meer lutum in het mengsel te verwerken, hetgeen de bindkracht van dezen component van het stelsel ten goede komt. De hydraulische binding van het cement als stabiliseerende factor zou daarbij van secundaire beteekenis zijn. Dit houdt verband met de omstandigheid, dat bij bepaalde grond-typen betrekkelijk weinig (5 gew. %) cement noodig is om aan het mengsel de zeer behoorlijke draagkracht van 15—20 kg/cm^2 te geven. Bij hooger cementgehalte wordt de invloed van de hydraulische binding natuurlijk steeds grooter, totdat ten slotte een cement-mortel of beton ontstaat.

Over de meer of mindere waterdichtheid van een met cement behandeld zand-grond-mengsel is a priori niets te zeggen. Ter zake verrichte onderzoekingen hebben echter aangetoond, dat bij cement-stabilisatie het geheel poreus blijft. Deze poreusheid zou bij vorst een ernstig nadeel kunnen vormen (naar vernomen werd heeft dit zich reeds in Nederland in den scherpen winter van 1939/40 doen gelden); voor het Indische klimaat wordt hierin geen groot bezwaar gezien.

Uit een door het South Carolina Highway Department in 1939 gehouden enquête onder alle Staatswegendiensten der U.S.A. is gebleken, dat daar te lande nog maar heel weinig (slechts bij 4,5% van het totaal aantal kilometers gestabiliseerden weg) van portland cement als stabilisatie-middel gebruik is gemaakt.

Onder de chemicaliën, welke in de U.S.A. veelvuldig als stabilisator worden toegepast, neemt het chloorcalcium, nevenproduct bij de sodabereiding volgens het Solvay-procédé, wel de belangrijkste plaats in. Evenals bij portland cement meent men ook hier de stabiliseerende werking in eerste instantie aan de coagulatie der colloïdale gronddeeltjes te moeten toeschrijven. Daarnaast geeft het chloorcalcium als hygroscopische stof krachtens zijn physisch-chemische eigenschappen een gelijkmatige stabiliteit, doordat het een constant vochtgehalte in het mengsel onderhoudt, waardoor tevens stofvorming wordt tegengegaan.

De hoeveelheid van het door het zout gebonden water in zand-grond-mengsels hangt, behalve van de zuiverheid van het product, ook nog in hooge mate af van den vochtigheidstoestand van de atmosfeer en van de buitentemperatuur.

Bij het z.g. Joosten-procédé, dat voornamelijk toepassing vindt voor het verharden van fundeeringen van gebouwen, wordt de instabiele grondmassa achtereenvolgens met een oplossing van waterglas en van chloorcalcium behandeld. Door de in het mengsel gevormde calciumsilicaten worden de korrels aaneengekit, waardoor aan den grond de noodige stabiliteit verleend wordt.

Bij andere, ook veelvuldig als stabilisatie-middel gebruikte en in water oplosbare stoffen als keukenzout, is de hygroscopische werking van minder belang; de gunstige invloed, welken zij hebben, schijnt o.a. samen te hangen met de omstandigheid, dat door uitkristallisatie bij droging de samenhang van de grondmassa versterkt wordt.

Het is duidelijk, dat van de grond-stabilisatie het grootste voordeel getrokken kan worden in streken, waar de grond een zoodanigen aard heeft, dat stabilisatie daarvan zonder toevoeging van andere minerale stof reeds mogelijk is. Het is vooral op dit punt, dat blijkens de literatuur men in de U.S.A. veelal in een voordeeliger conditie verkeert dan hier te lande. Daar komt blijkbaar in vele gevallen grond voor, die op zich zelf reeds aan de betrokken eischen voldoet. In Ned.-Indië daarentegen werden nog maar sporadisch dergelijke gronden aangetroffen. Het is echter niet onmogelijk, dat nader onderzoek zal uitwijzen, of de in de U.S.A. voor de grond-samenstelling gebruikelijke eischen gewijzigd zouden kunnen worden en zonder het goede eindresultaat te benadeelen in een voor Indië beter aangepasten vorm zouden kunnen worden gebracht.

Verder zal dit procédé met voordeel kunnen worden toegepast, indien steen in de betrokken streek schaarsch — en dus kostbaar — is. Onze gebruikelijke wegverhardingen zijn grootendeels samengesteld uit steenstukken (groote steen, steenslag, grind). De stabilisatie-methode opent de mogelijkheid om zonder dit steenmateriaal een wegverharding te leggen, waarbij als minerale stoffen alleen grond (zand, stof en lutum) noodig is.

Waar gestabiliseerde grond-mengsels slechts een betrekkelijk kleinen weerstand tegen afslijting bezitten, zal het dus zelden mogelijk zijn het wegoppervlak uit zulk een onbeschermd mengsel te doen bestaan, daar gewoonlijk te sterke aantasting ervan het gevolg zou zijn.

Dit bezwaar nu is op verschillende wijzen te ondervangen.

1. door in het gestabiliseerde materiaal steenstukken op te nemen;
2. door het geconsolideerde grond-mengsel af te dekken met een laag, die wèl een grooten afslijtings-weerstand heeft, en
3. door een combinatie van de sub *1* en *2* genoemde methoden toe te passen.

In het eerste geval zullen het de aan de wegoppervlakte blootkomende steenstukken zijn, die de slijtage opvangen. Bij vergrooting van de hoeveelheid steen in het mengsel komt men zoo ten slotte tot een soort macadam- of grindweg, waarvan het zich tusschen het grovere aggregaat bevindende vulmiddel uit gestabiliseerden grond bestaat.

Het is deze methode, waarbij gesproken zou kunnen worden van een „veredelde" macadam-verharding en die betrekkelijk weinig risico biedt, welke tot op heden zoo goed als de eenige wijze is, waarop op Java en in de Buitengewesten het stabilisatie-proces in de wegenpractijk is toegepast.

In het tweede geval kan de gestabiliseerde laag òf van een normale slijtlaag van steenslag, òf direct daarop van een asphalt-bedekking (oppervlakte-asphalteering, tapijt, e.d.) worden voorzien.

Welke van deze maatregelen de meeste aanbeveling zal verdienen is vooruit niet met zekerheid te zeggen. Dit zal afhankelijk zijn van den aard en den prijs der plaatselijk verkrijgbare minerale stoffen, van het toegepaste stabilisatie-middel, van het verkeer, enz.

Resumeerend kan worden gezegd, dat het gestabiliseerde mengsel kan dienen als een deel — en soms zelfs als een zeer groot deel — van een wegverharding, doch dat meestal aan de oppervlakte ervan een bijzondere voorziening tegen afslijting noodig zal zijn.

Ondanks de zeer uitgebreide literatuur over het stabiliseeren van grond en grond-mengsels, bestaat er m.i. behoefte aan een overzichtelijke behandeling van de principes van het stabilisatie-proces, waarnaar men in vrijwel iedere verhandeling op dat gebied vergeefs zal zoeken. Dit bracht mij er toe, de grondslagen nog eens in beschouwing te nemen, waarbij in het bijzonder de factoren, welke van invloed zijn op het uiteindelijk resultaat, werden nagegaan.

Bij de bestudeering van het vraagstuk der grond-stabilisatie is een juist begrip van de werking der verschillende stabilisatie-middelen een eerste vereischte om een dieper indringen in het wezen van het proces mogelijk te maken.

Voortbouwende op de in de U.S.A. ter zake verrichte onderzoekingen is in eerste instantie een vergelijkend onderzoek ingesteld naar de stabiliseerende werking van enkele hier te lande daarvoor meest in aanmerking komende stabilisatie-middelen, nl: *asphalt-emulsie, portland cement* en *(gebluschte) kalk.*

Dat kalk mede in het onderzoek betrokken is, vindt zijn oorzaak in het feit, dat reeds lang bekend is, dat zij met zand en een passende grond-soort vermengd een z.g. puddel, een zeer stabiel aggregaat, kan geven. Bovendien heeft kalk het voordeel van tot de meest economische stabilisators te behooren.

Verder bezitten de in de practijk voorkomende zand- en grond-soorten meestentijds verschillende korrelgradaties en zal het dus wenschelijk zijn den invloed van de gradatie op de stabiliteit na te gaan.

Ook is van essentieel belang de beantwoording van de vraag of er een correlatie bestaat en zoo ja welke, tusschen bepaalde physische dan wel chemische eigenschappen van den grond en de te verkrijgen stabiliteits-waarden.

Bij dit onderzoek kunnen de in de U.S.A. ter zake verkregen resultaten nuttige aanwijzingen geven, doch de groote verschillen in bodemgesteldheid en klimaat zullen het waarschijnlijk onmogelijk maken zulke voorschriften ongewijzigd over te nemen.

Hoewel de hier ingeleide onderzoekingen betrekking hebben op uitsluitend Indische gronden en zand-soorten, kunnen zij er wellicht toch eenigermate toe bijdragen het vraagstuk der grond-stabilisatie in het algemeen wat helderder in het licht te stellen.

(Wordt vervolgd).

Literatuur.

1. A. J. P. van der Burgh, Gestabiliseerde zand-klei-mengsels voor wegverharding. (*Wegen* No. 14 — 1936.
2. M. Thuilleaux, De invloed van chloorcalcium op het onderhoud van grind- en macadam-wegen. (*Wegen* No. 13 — 1938).
3. C. D. Looker & W. T. Spencer, Use of sodium-chloride in Road Stabilization. (*Highway Research Board* — 1938 — part I).
4. W. H. Mills, Status of Soil Stabilization in the United States. (*Highway Res. B.* — 1939).
5. L. Muir, W. Hughes & G. Browning, Bituminous Stabilization Practices in the United States. (*Highway Res. B.* — 1938 — part II).
6. P. Hubbard, Adhesion of Asphalt to aggregates in the presence of water. (*Highway Res. B.* — 1938 — part I).

N.V. Internationale Crediet- en Handelsvereeniging „Rotterdam"

IMPORTEURS VAN ALLE CHEMICALIËN

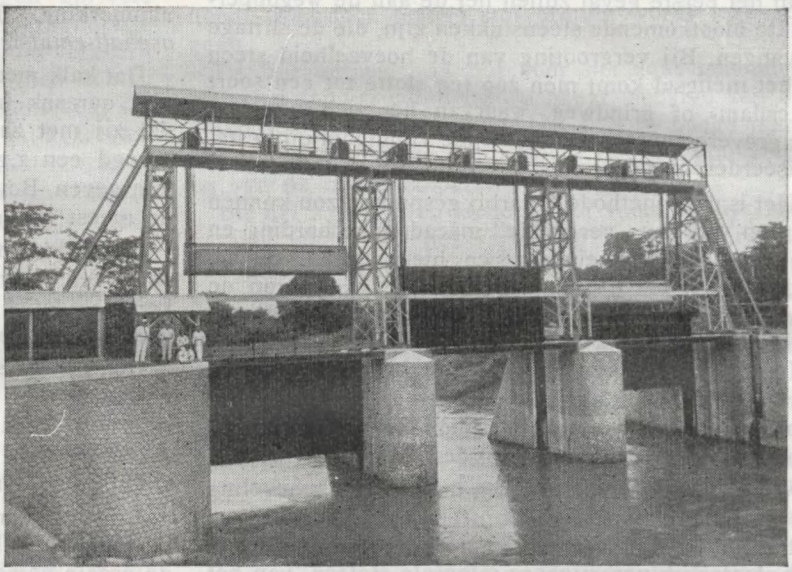
AGENTSCHAPPEN TE:

Batavia, Cheribon, Semarang, Soerabaja, Bandoeng, Padang, Benkoelen, Tandjong Karang, Palembang, Medan, Tandjong Balei, Laboean Bilik, Bandjermasin, Pontianak, Makassar, Pangkal-Pinang, Singapore, Bangkok, Kobe, New-York, Londen, Calcutta.

CONSTRUCTIE-WERKPLAATS

De Bromo

PASOEROEAN



Stuwsluizen in de Kali Sragi nabij Gambiro.

Vervaardigt: Machinerieën voor Suikerfabrieken en andere cultuurondernemingen. Alle Constructie-werken.

Specialiteiten: Centrifuges, Boulogne Vloeistofweegtoestellen, Sluiswerken, Koffiedrogers.

N. V. CONSTRUCTIEWERKPLAATS EN MACHINEFABRIEK

„EIFFEL"

SOERABAIA

Ngagel 179, Telef. 144 Zuid

8e JAARGANG
NUMMER 2

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

FEBRUARI
1941

VII. CHEMIE EN TECHNOLOGIE.

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

INHOUD: Schommelingen bij chemisch-technische processen, door dr. P. Honig. — Een apparaat voor het extraheeren van vloeistoffen met lichte en met zware oplosmiddelen, door L. de Vos. — Titrimetrische magnesium-mangaanbepaling, door dr. H. W. van der Marel. — Chemische Kring te Buitenzorg. — Mededeelingen van het Algemeen Bestuur der Ned. Chem. Ver. in Ned.-Indië.

Schommelingen bij chemisch-technische processen *)

door

dr. P. HONIG.

De moderne technologie heeft als kenmerk, dat men de omstandigheden, waaronder processen verloopen, wil beheerschen; men wil nauwkeurig instellen temperaturen, drukken, mengverhoudingen, concentraties, alkaliteiten, circulaties, enz. Dit streven is eenerzijds het gevolg van het feit, dat de moderne industrie werkt volgens een scherp omschreven receptuur, anderzijds omdat men zich bewust is, dat afwijkingen van voorgeschreven normen leiden tot een verstoring, hetzij in rendement of tempo, hetzij in de kwaliteit der producten.

Naast dit streven naar beheersching van de bedrijfsomstandigheden staat de practische ervaring, dat dit nooit in absoluten zin wordt bereikt. De instelbare grootheden schommelen om een bepaalde middenwaarde, waarbij de optredende afwijkingen, fluctuaties, trillingen, golvingen, pulsaties, variaties, schommelingen of hoe men deze al naar den aard van het beschouwde proces benoemt, en de frequenties en amplitudes hiervan het resultaat zijn van de gebezigde apparatuur, van den aard van het proces en van de onvolkomenheden in de bediening, hetzij dat dit handbediening is, hetzij dat dit geschiedt door regelapparaten.

De bedrijfstechnicus heeft derhalve bij de registratie van de bedrijfsomstandigheden, als temperaturen, drukken, reactieverloopen enz., zich er altijd rekenschap van te geven wat in een gegeven situatie bereikbaar is, dus welke eischen in een bepaald bedrijf mogen worden gesteld, omdat, gezien de geldende omstandigheden, een verder gaande beheersching van de technische bedrijfsnormen uitgesloten is. Kennis derhalve van deze afwijkingen of schommelingen is noodzakelijk, opdat men op juiste wijze een bedrijf kan analyseeren en de vraag beantwoorden of bepaalde bedrijfsomstandigheden „goed" genoemd kunnen worden, of dat het noodzakelijk is, dat naar gewenschte verbetering wordt gestreefd.

*
**

1. Onderstaand worden enkele voorbeelden besproken, ontleend aan technologisch eenvoudige stations eener landbouwindustrie, nl. de suikerindustrie. Hierbij is gelegenheid de moeilijkheden, die aan de bedrijfsregeling inhaerent zijn, aan te geven en tevens erop te wijzen hoe de moderne technologie is gespecialiseerd, waarbij in het bijzonder de constructie van regelmechanismen tot een aparten bedrijfstak is ontwikkeld, zoodat het niet aangewezen is om in de bedrijven dezelfde vereischte regelingen constructief te willen oplossen.

2. Op het gebied van de regeling is waarschijnlijk het meest gepresteerd bij de snelheidsregeling in de werktuigbouwkunde. De beheersching, welke men hier gekregen heeft van bewegingen, mede door de electriciteitstechniek met zeer hooge eischen aan periode- en spanningsregeling, en in de motorentechniek door den automobiel- en vliegtuigbouw, heeft een graad van volmaaktheid bereikt, welke bij de meeste onderdeelen van de chemische technologie nog geenszins kan worden aangewezen. Op het oogenblik evenwel toont in de chemische technologie de beheersching van drukken, temperaturen, mengverhoudingen, concentraties, reacties, enz. een sterke ontwikkeling, zoodat te verwachten is, dat over 10 à 15 jaar de technologie de beschikking zal hebben over tal van hulpmiddelen, welke waardevolle aanwinsten genoemd mogen worden voor ieder bedrijf, waarin men er naar streeft om de technologische processen te doen verloopen volgens nauwkeurig gespecificeerde omstandigheden.

Hoewel de regeling in de technologie gebruik kan maken van de theoretische grondslagen van de regulateur-constructies der werktuigbouwkunde, zal op dit punt hier niet verder worden ingegaan. Speciale literatuur op dit gebied levert hiervoor bruikbare bijdragen [1]). E.e.a. zal slechts worden aangeduid in de onderstaand gegeven voorbeelden. De analyse van een dergelijk geregistreerd verloop met fluctuaties, met beschouwing van periodiciteit en amplitude, ontleding van een samengestelde lijn in een aantal enkelvoudige trillingen, enz., benevens de interpretatie der schommelingen met het oog op de practische technologie, voor een technologisch-economische beschouwing der optredende afwijkingen, wordt hier niet nader beschouwd. Dit is een aparte studie en is een belangrijk onderdeel der technologie.

*) Lezing gehouden op de jaarvergadering van de Ned. Chem. Vereeniging, Vrijdag 27 December 1940 te Bandoeng.

1) Th. Stein, Regelung und Ausgleich in Dampfanlagen (1926). G. Wünsch, Regler für Druck und Menge (1930).

3. De eerste regeling, welke men in vele bedrijven tegenkomt, is de regeling van een vloeistof- of gasdoseering per tijdseenheid. Een voorbeeld hiervan in de suikerfabriek is de verdamping, een continu werkend apparaat, waarvan men tot voor kort meende, dat de bedrijfsomstandigheden betrekkelijk constant waren. Als doel wordt hierbij gesteld dunsap te concentreeren, dus water te verdampen, à multiple effet, ernaar strevende om den toevoer van dunsap constant te houden, opdat ook de overige bedrijfsomstandigheden, zooals het sapniveau, de sapafvoer, de stoom- en sapdampdruk, het aan te houden vacuum en de optredende verdampingscijfers, die wederom alle grijpen in andere stations in de suikerfabriek, eveneens constant zijn. Om te weten of een dergelijke saptoevoer inderdaad gelijkblijvend is, moet deze worden gemeten en bij voorkeur worden geregistreerd.

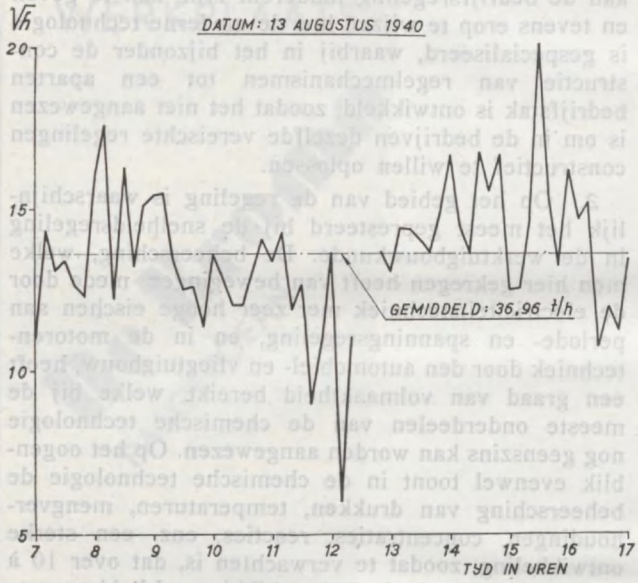


Fig. 1. Registratie van den dunsaptoevoer naar de verdamping eener defecatiefabriek. Onregelmatige toevoer, als gevolg van onregelmatigheden op he filterpersen-station en bij de bezinking.

Fig. 1 en *fig. 2* geven voorbeelden van dergelijke dunsaptoevoeren, gemeten op twee verschillende fabrieken met registreerende differentiaalmanometers, waaruit blijkt, dat deze constantheid van den dunsaptoevoer nog op zeer onvolkomen wijze verzorgd is. Bij dit voorbeeld stilstaande dienen wij ons af te vragen wat de oorzaak is van deze schommeling.

Het dunsap, dat naar de verdamping wordt gevoerd, wordt onttrokken aan een klein reservoir, den z.g. dunsaptrekbak, waarbij de bedienende arbeider, afhankelijk van het niveau in dit reservoir, den toevoer naar de verdamping al naar behoefte vergroot of verkleint. Het blijkt bij nader onderzoek, dat de toevoer van dunsap naar dit reservoir fluctueerend is; de oorzaak hiervan moeten wij zoeken in de herkomst van het dunsap, nl. eenerzijds afkomstig van de filterpersen, anderzijds van de bezinkapparaten, waarbij de verwerking op deze stations niet constant blijkt te zijn, doch een functie is van het verloop der filtratie en de snelheid der bezinking, en vooral ook van de oplettendheid der toezichthoudende mandoers en arbeiders. Dit alles tezamen leidt ertoe, dat men op vele fabrieken niet kan spreken over een benaderend constanten dunsaptoevoer.

Dat op dit punt wordt ingegaan, is om erop te wijzen, dat men veelal in het loopende bedrijf niet weet, of de doseering van het dunsap naar de verdamping ongeveer constant is. De manipulatie der toevoerregeling geschiedt in een gesloten leidingsysteem; de stand van afsluiters of de snelheid van pompen is zelden bekend. Men moet dus op een fabriek beginnen met deze doseering te kunnen meten. Hiervoor is een uitstekende oplossing in den vorm van meetflenzen, waarop registreerende differentiaalmanometers zijn te monteeren. Meetflenzen zijn momenteel dusdanig onderzocht en genormaliseerd, dat men aan de hand der aflezingen een vloeistof- of gasstrooming tot op 1 à 2% nauwkeurig kan bepalen. Maar afgezien van het feit, dat men dit kan meten, moet men dezen toevoer beter beheerschen.

Hierbij komen wij op het algemeene vraagstuk: gegeven een onregelmatige toevoer van een vloeistof, gevraagd deze vloeistof met een constante snelheid verder te leiden. Dit vraagstuk wordt herhaaldelijk in de industrie ontmoet. Het antwoord, hierop te geven, is: men stelt op een wachtbak, buffertank, accumulator of hoe men dergelijke bufferende volumina wil noemen. Nu moet evenwel een dergelijke buffertank op de juiste wijze worden gedimensionneerd; om dit te kunnen doen moet men beschikken over een debiet-tijdlijn om hieruit te berekenen den gemiddelden *toe*voer, opdat straks de gemiddelde *af*voer op dezelfde waarde kan worden ingesteld, waarvoor men dan, hetzij door een bepaalde constructieve uitvoering van een dergelijken afvoer, hetzij door het opstellen van een meetapparatuur, de bruikbare oplossing kan vinden.

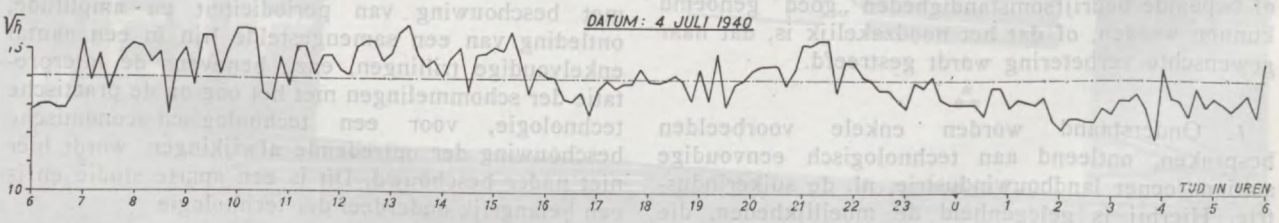


Fig. 2. Vrij regelmatige dunsaptoevoer naar de verdamping eener carbonatatiefabriek. De constantheid van den dunsaptoevoer is te verbeteren door een juiste dimensionneering van de dunsaptrekkist, welke als bufferruimte tusschen filterpersen en verdamping moet fungeeren.

4. Het vraagstuk van den onregelmatigen toevoer en regelmatigen afvoer, of omgekeerd: een regelmatige toevoer met een onregelmatigen afvoer, waarbij men tusschen aan- en afvoer een bufferruimte plaatst, is in de techniek het best bekend uit het ketelhuis. De meeste bedrijven hebben de beschikking over ketelhuizen, waarbij men bij voorkeur de stoomproductie per tijdseenheid constant houdt, omdat dit leidt tot optimale ketelrendementen. Hiernaast heeft men als regel in de meeste bedrijven, dat de stoomconsumptie niet constant is, omdat men apparaten heeft, die discontinu werken of bedrijfsperiodes hebben, dat zij een sterk verhoogd stoomverbruik aanwijzen. Om dit vraagstuk technisch op te lossen worden ingeschakeld stoomaccumulatoren. Het vraagstuk van den stoomaccumulator en de hierbij aan te houden dimensionneering dezer apparatuur is hetzelfde vraagstuk als men heeft in de fabriek voor doseeringen van vloeistoffen, die hetzij constant worden toegevoerd en onregelmatig worden afgenomen, bijv. bij het kristallisatiestation, hetzij onregelmatig worden toegevoerd en continu worden afgenomen, bijv. bij het sapzuiverings- en verdampingsstation.

Voor de oplossing van dit algemeene vraagstuk geven wij in *fig. 3* den algemeen aan te houden grondslag. Een accumulator moet men dusdanig dimensionneeren, dat het maximaal afwijkende volume in een bepaalden tijd kan worden geborgen. Dit is de inhoud, bepaald door het integreeren van het vlak tusschen de tijd-debietlijn en de z.g. gemiddelde waarde. Dit is het minimum van een bufferruimte.

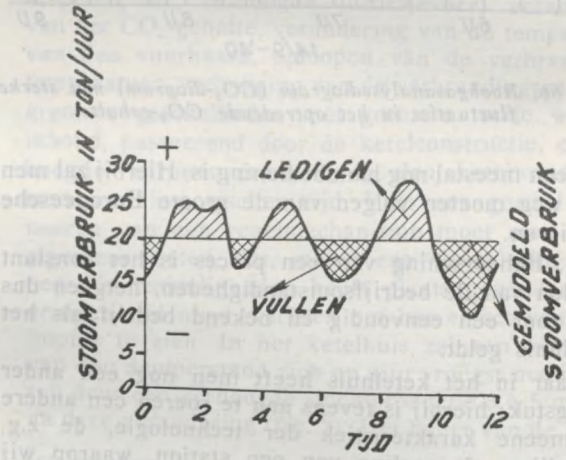


Fig. 3. Registratie van een fluctueerend stoomverbruik; de grootte van den stoomaccumulator, om de fluctuaties in stoomverbruik te egaliseeren, is bepaald door de maximale afwijking gedurende een + of — periode.

Hoe leert men dergelijke lijnen kennen? De oplossing hiervoor is, dat dergelijke debiet- of afnamelijnen worden bepaald, dat dus hierover stelselmatig vele waarnemingen worden gedaan, vervolgens dat men beantwoordt de vraag: wat de oorzaken zijn van de afwijkingen van het gemiddelde, omdat veelal blijkt, dat de bedrijfsvoering in staat is om deze lijnen te vereffenen.

In *fig. 4* geven wij een voorbeeld van een fluctueerend stoomverbruik op het kookstation eener suikerfabriek, waarbij het op dit station toezichthoudend personeel het in de hand heeft door het op het juiste moment aan- en afzetten van pannen, benevens door een juiste reguleering van het verdampingstempo, groote schokken in het stoomverbruik te elimineeren, na een nauwgezette beschouwing van de vereischte bedrijfsvoering.

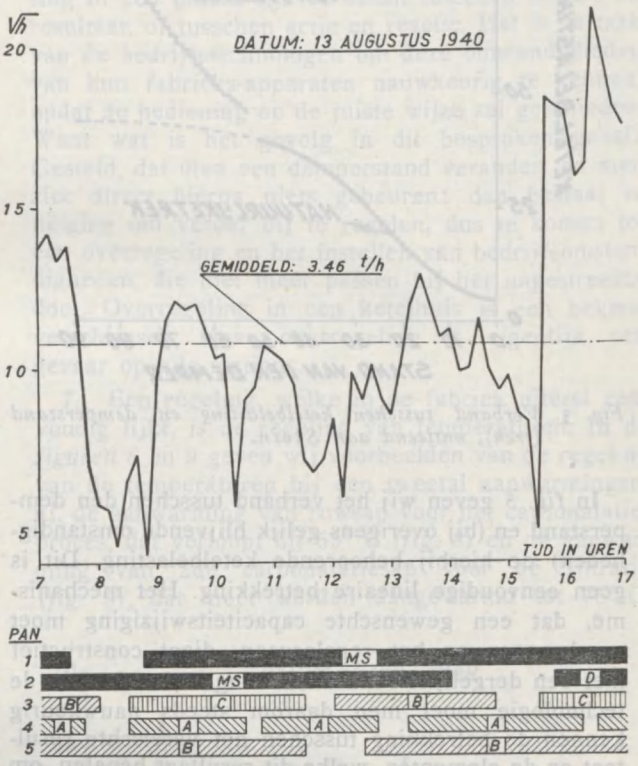


Fig. 4. Analyse van een fluctueerend stoomverbruik op het kookstation eener suikerfabriek als gevolg van de diverse typen in bewerking zijnde kooksels.

Hierna kan men overgaan tot de beschouwing en constructie van de bufferruimte of wachtbakken. De overblijvende technische vraag is, indien een constante afname vereischt wordt, hoe men dezen constanten afvoer in het bedrijf het beste handhaaft. Zooals reeds gezegd is een bruikbare oplossing hiervoor de meetflens met differentiaalmanometer. Ook is het mogelijk om, indien het gaat om het toestroomen van vloeistoffen uit andere reservoirs, gebruik te maken van hulpreservoirs, welke een constant niveau hebben, waaruit aldus met constante snelheid de vloeistof kan worden afgetapt.

5. Zooals bovenstaand gereleveerd, is een van de processen, hetwelk in elk bedrijf terugkeert, het verbrandings- of stookproces, het verstoken van de brandstof onder de ketels. Het ideaal is deze verbranding zoo regelmatig mogelijk te doen verloopen, dus de doseering van brandstof en lucht in een constante en juist gekozen verhouding te doen plaats vinden, omdat iedere afwijking zal leiden tot een vermindering der resultaten. Dit schijnbaar eenvoudige proces, waaraan reeds vele studies zijn gewijd, blijkt in de meeste bedrijven niet zoo gemakkelijk beheerscht te kunnen worden, als men bij de eerste kennismaking zou veronderstellen.

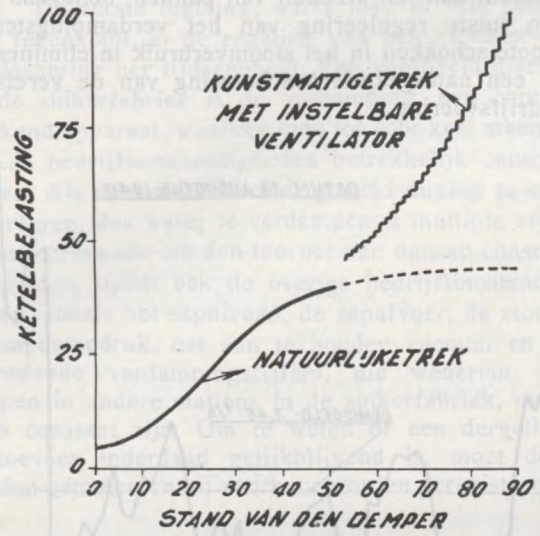


Fig. 5. Verband tusschen ketelbelasting en demperstand (trek), ontleend aan Stein.

In *fig. 5* geven wij het verband tusschen den demperstand en (bij overigens gelijk blijvende omstandigheden) de hierbij behoorende ketelbelasting. Dit is geen eenvoudige lineaire betrekking. Het mechanisme, dat een gewenschte capaciteitswijziging moet overbrengen op het regelorgaan, dient constructief met een dergelijke relatie rekening te houden. In de technologie moet men daarom steeds nauwkeurig kennen de betrekking tusschen het vereischte resultaat en de elementen, welke dit resultaat bepalen, om te weten hoe men door regelmechanismen tot een beheersching kan geraken.

In *fig. 6* geven wij een voorbeeld van een goed en van een minder goed Mono-diagram. Het Monodiagram geeft aan het koolzuurgehalte der verbrandingsgassen. Dit is in zekeren zin een maat voor de verhouding van brandstof en lucht, waarbij het ideaal is om deze constant te hebben. Onderzoek van het ketelhuis en van het verbrandingsproces begint met een beschouwing van deze diagrammen, waarbij het belangrijkste is eerst te beoordeelen welke regelmaat wordt bereikt, dus zonder nog te letten op het niveau, waarop het ingestelde en bereikte koolzuurgehalte staat. Ziet men zeer onregelmatige lijnen, dan moet men concludeeren, dat de verbranding onregelmatig verloopt. Dit kan veroorzaakt zijn door een onregelmatige verwijdering van de asch, dus varieerende luchtdoorlaatbaarheden van de roosters, of door een onregelmatigen brandstoftoevoer. Men mag aannemen, dat gedurende den tijd van een dergelijk onderzoek niet gemanipuleerd wordt met den trek, noch dat de luchtweerstanden, bij het passeeren van de verbrandingsgassen door den ketel naar het rookgaskanaal, noemenswaardig worden gewijzigd. In dit opzicht wordt er naar gestreefd om door automatiseering van den brandstoftoevoer meer constante bedrijfsomstandigheden te krijgen, wat voor een belangrijk gedeelte kan worden bereikt. Maar hierbij blijft het niet. Men moet ook de luchtdoorlaatbaarheid der roosters en brandstoflaag constant houden, dus de aschverwijdering perfectionneeren,

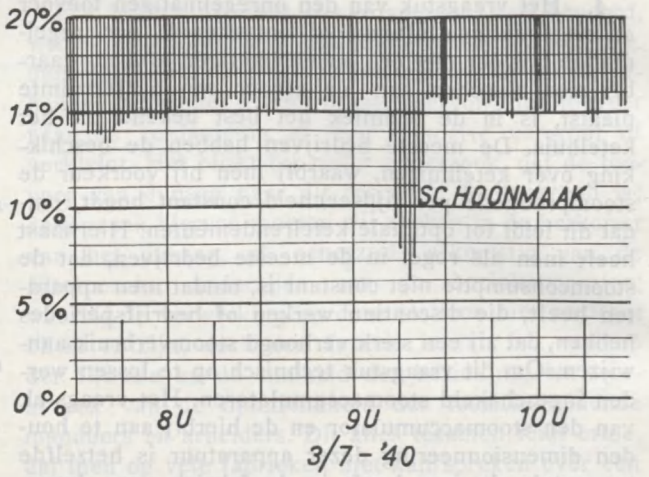


Fig. 6a. Rookgasanalysediagram (CO_2-diagram) met geringe fluctuaties in het CO_2-gehalte.

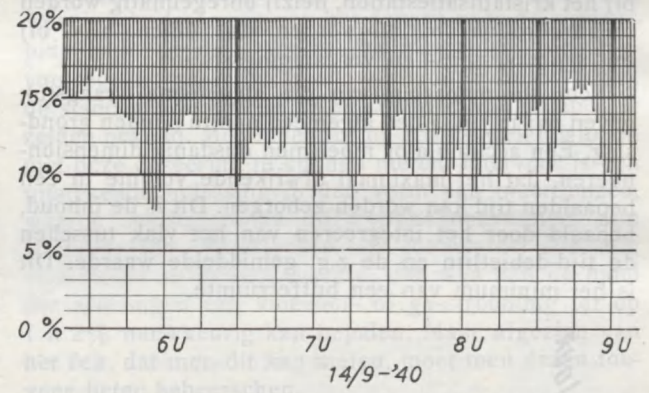


Fig. 6b. Rookgasanalysediagram (CO_2-diagram) met sterke fluctuaties in het optredende CO_2-gehalte.

hetgeen meestal nog handbediening is. Hierbij zal men den weg moeten volgen van de groote Europeesche bedrijven.

6. Beheersching van een proces is het constant houden van de bedrijfsomstandigheden, hetgeen dus ook voor een eenvoudig en bekend bedrijf als het ketelhuis geldt.

Maar in het ketelhuis heeft men nog een ander vraagstuk; hierbij is tevens aan te roeren een andere algemeene karakteristiek der technologie, de z.g. bijstelling of regeling van een station, waarop wij hier iets nader ingaan.

De stoomconsumptie in een fabriek is zelden constant. Men kan de voorziening in de fluctueerende behoefte oplossen, zooals reeds gezegd, door het inschakelen van stoomaccumulatoren, waarbij men de stoomproductie constant houdt. Men kan ook trachten de stoomproductie direct aan te passen aan de consumptie. Dit vraagstuk, dat een algemeen technologischen kant heeft en bij tal van processen in de bedrijven als de z.g. capaciteitsregeling aan de orde komt, is: hoe past men de stoomproductie aan de optredende fluctuaties in de consumptie aan?

Het is logisch, dat, wil men meer stoom per tijdseenheid hebben, men meer warmte per tijdseenheid moet produceeren, dat men dus meer brandstof moet verbranden per tijdseenheid. Hiervoor is een oplos-

sing, dat men den brandstoftoevoer vergroot en dienovereenkomstig ook de luchthoeveelheid moet verhoogen. Dit zijn 2 grootheden direct met elkander samenhangend (vgl. *fig. 4*). De methode, waarop dit geschiedt, is, dat voor het verkrijgen van een vergroote stoomproductie de trek op de vuren wordt verhoogd, dus de luchttoevoer, hetgeen als noodzakelijk gevolg meebrengt, indien men werkt met automatischen brandstoftoevoer, bijv. geregeld op de dikte van de brandstoflaag of de snelheid van het wegbranden van de brandstof, dat de brandstof sneller verbrandt. Het bedrijf- en toezichthoudend personeel in het ketelhuis moet op veranderingen in den stoomdruk reageeren door het bijstellen van den demperstand. Onoplettendheid en niet tijdig reageeren leiden tot een voortschrijdende verlaging van den stoomdruk en een verstoring van het stoomevenwicht, hetgeen in het algemeen neerkomt op stoomverliezen. De gedachte is voor de hand liggend om dit proces automatisch te doen, omdat men op eenvoudige wijze fluctuaties in den stoomdruk kan overbrengen, hetzij direct, hetzij via relais, op den demperstand, dus de luchtdoseering onder de ketels.

Hierin zit een van de typische moeilijkheden, eigen als algemeen principe aan de reguleering van bedrijfsomstandigheden. Een verandering van den stoomdruk kan momentaan worden overgebracht op een verandering van den demperstand. Maar het zal eenigen tijd duren, voordat deze verandering van den demperstand zich manifesteert in een verhoogde stoomproductie, want de processen, die zich achtereenvolgens afspelen, nl. verhoogde luchttoevoer, verandering van het CO_2-gehalte, verandering van de temperatuur van den vuurhaard, oploopen van de verbrandingstemperatuur, verhooging van de verbrandingssnelheid, grootere gassnelheden met grootere totale warmteinhoud, passeerend door de ketelconstructie, en verhoogde warmteoverdracht op den ketelwand, met stoomvorming, eischen tijd. Voor een goed functioneeren van een regelmechanisme moet men in het algemeen weten, dat, indien een verandering in de bedrijfsomstandigheden heeft plaats gevonden, men eenigen tijd moet wachten om het effect van dezen impuls te zien. In het ketelhuis zal een verstelling van den demperstand zich op zijn vroegst manifesteeren door een verhoogde stoomproductie 3 à 5 minuten na deze verandering (*fig. 7*). Het hangt van de grootte

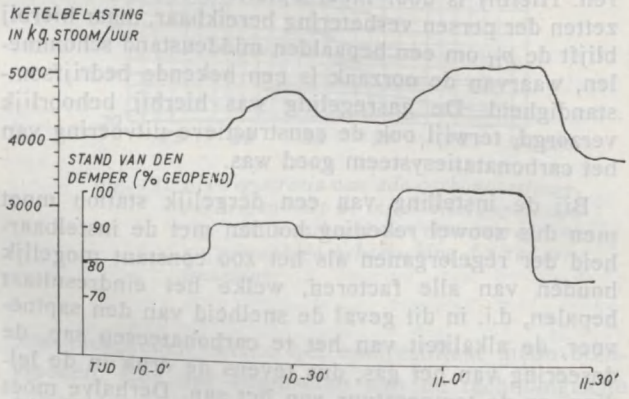


Fig. 7. Schema van den reactietijd, benoodigd in het ketelhuis bij verandering van den demperstand, ter verhooging of verlaging der stoomproductie.

der fluctuaties in het stoomverbruik af en den aard dezer fluctuaties qua tijd of men deze op deze wijze voldoende kan opvangen, òf dat een systeem van stoomaccumulatoren niet méér is aangewezen. Een essentieel kenmerk is, dat een gewenschte verandering in een proces tijd vereischt tusschen impuls en resultaat, of tusschen actie en reactie. Het is de taak van de bedrijfstechnologen om deze omstandigheden van hun fabrieks-apparaten nauwkeurig te kennen, opdat de bediening op de juiste wijze zal geschieden. Want wat is het gevolg in dit besproken geval? Gesteld, dat men een demperstand verandert en men ziet direct hierna niets gebeuren: dan bestaat er neiging om verder bij te regelen, dus te komen tot een overregeling en het instellen van bedrijfsomstandigheden, die niet meer passen bij het nagestreefde doel. Overregeling in een ketelhuis is een bekend verschijnsel. Maar overregeling is eigenlijk een gevaar op alle stations.

7. Een regeling, welke in de fabriek uiterst eenvoudig lijkt, is de regeling van temperaturen. In de *figuren 8* en *9* geven wij voorbeelden van de regeling van de temperaturen bij een tweetal aanwarmingen, nl. de aanwarming van ruwsap voor het carbonatatieproces, dat verloopt bij 55° C (*fig. 8*) en de aanwarming van 2de carbonatatiesap vóór de filtratie (*fig. 9*), dat moet worden aangewarmd tot 75° C,

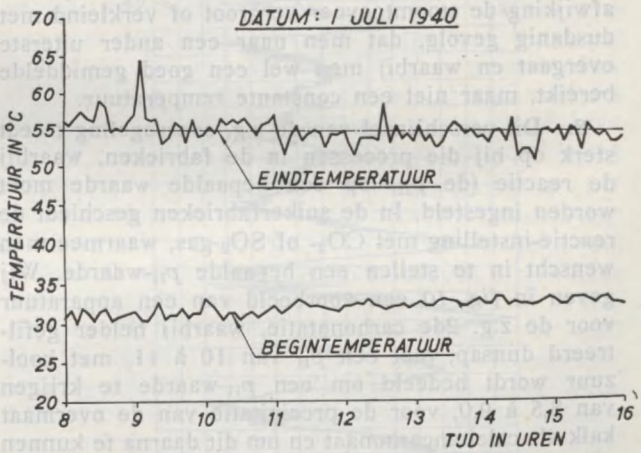


Fig. 8. Temperatuurregistratie, bij de aanwarming van het ruwsap eener suikerfabriek vóór de 1ste carbonatatie. Voorbeeld van een goede temperatuurbeheersching.

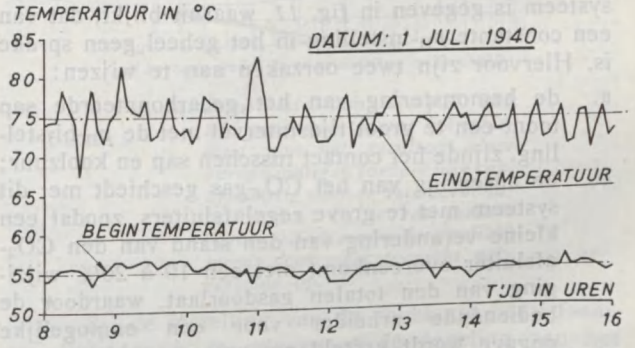


Fig. 9. Aanwarming van het 2de carbonatatiesap tot 75° C. Voorbeeld van een goede temperatuurbeheersching.

met het oog op sterilisatie van het sap en het tegengaan van verzuringsverschijnselen. Het is hierbij wenschelijk, dat te hooge temperaturen niet worden ingesteld, omdat dan het gevaar van ontleding en verkleuring optreedt en te lage temperaturen ongewenscht zijn, omdat bij temperaturen om en bij de 70° C en lager melkzuurgisting niet is buitengesloten. Wij geven deze voorbeelden om te demonstreeren, wat in de practische techniek bereikt wordt. Men heeft hierbij te maken met continue processen. Het sap wordt continu aangevoerd, continu verpompt door pijpen, waarin de aanwarming geschiedt door eromheen stroomende laag gespannen stoom, waarbij de bedienende arbeider de beschikking heeft over een thermometer (op vele fabrieken zelfs over een registreerenden thermometer) om den stoomtoevoer tot deze verwarmingsapparaten te regelen, opdat een zoo constant mogelijke temperatuur wordt ingesteld. Uit deze registraties blijkt, dat fluctuaties blijven bestaan, hoewel wij hierbij nadrukkelijk aanteekenen, dat de gegeven grafieken voorbeelden zijn van een goede beheersching van bedrijfsomstandigheden. Het woord „goed" is hierbij dus nog geenszins identiek te stellen met constantheid. Er blijven onvermijdelijk schommelingen, welke o.a. voor een gedeelte moeten worden toegeschreven aan de niet geheel constanten saptoevoer. Verder blijkt bij de saptemperaturen duidelijk de overregeling; de stoomtoevoer wordt geopend en gesloten; steeds wordt na een bepaalde afwijking de stoomtoevoer vergroot of verkleind met dusdanig gevolg, dat men naar een ander uiterste overgaat en waarbij men wel een goed gemiddelde bereikt, maar niet een constante temperatuur.

8. Dit verschijnsel van de z.g. overregeling treedt sterk op bij die processen in de fabrieken, waarbij de reactie (de p_H) op een bepaalde waarde moet worden ingesteld. In de suikerfabrieken geschiedt de reactie-instelling met CO_2- of SO_2-gas, waarmee men wenscht in te stellen een bepaalde p_H-waarde. Wij geven in *fig. 10* een voorbeeld van een apparatuur voor de z.g. 2de carbonatatie, waarbij helder gefiltreerd dunsap, met een p_H van 10 à 11, met koolzuur wordt bedeeld om een p_H-waarde te krijgen van 8,5 à 9,0, voor de precipitatie van de overmaat kalk als calciumcarbonaat en om dit daarna te kunnen afscheiden door filtratie bij een p_H, overeenkomende met de z.g. minimale oplosbaarheid van calciumcarbonaat. Wij geven in *fig. 10* een voorbeeld van een carbonatatiestation met eenige tekortkomingen. Het resultaat van de carbonatatie met een dergelijk systeem is gegeven in *fig. 11,* waaruit blijkt, dat van een constante p_H-instelling in het geheel geen sprake is. Hiervoor zijn twee oorzaken aan te wijzen:

a. de bemonstering van het gecarbonateerde sap toont een te groot tijdsinterval met de p_H-bijstelling, zijnde het contact tusschen sap en koolzuur;
b. de doseering van het CO_2-gas geschiedt met dit systeem met te grove regelafsluiters, zoodat een kleine verandering van den stand van den CO_2-afsluiter overeenkomt met een 10 à 20% wijziging van den totalen gasdoorlaat, waardoor de bedienende arbeider voor een onmogelijke opgave wordt gesteld om op een constante p_H-waarde i.c. gasdoseering te komen.

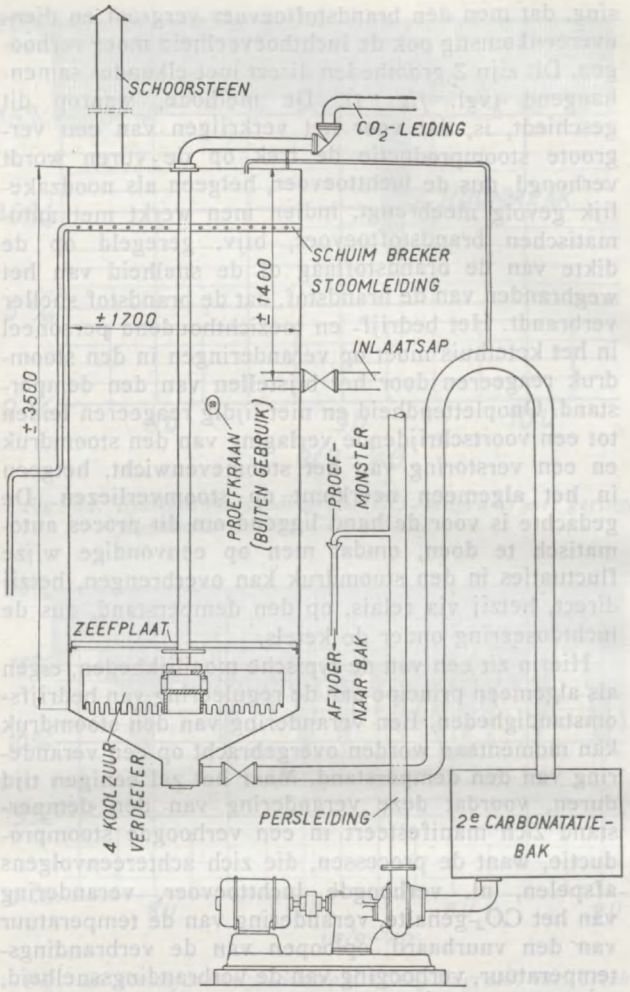


Fig. 10. 2de carbonatatie-installatie met onjuiste plaatsing van de bemonsteringsapparatuur; het tijdsverloop tusschen de reactie-instelling en de meting van het verkregen resultaat is te groot.

Om te demonstreeren wat op een andere fabriek wordt bereikt geven wij *fig. 12.* Ook hierbij is de reactie nog geenszins constant; er treden zelfs vrij groote afwijkingen op, welke bij nadere analyseering toe te schrijven blijken te zijn aan een fluctuatie in den saptoevoer door het bijzetten van filterpersen, die het gefiltreerde 1ste carbonatatieschoonsap leveren. Hierbij is door meer oplettendheid bij het aanzetten der persen verbetering bereikbaar, maar hierbij blijft de p_H om een bepaalden middenstand schommelen, waarvan de oorzaak is een bekende bedrijfsomstandigheid. De gasregeling was hierbij behoorlijk verzorgd, terwijl ook de constructieve uitvoering van het carbonatatiesysteem goed was.

Bij de instelling van een dergelijk station moet men dus zoowel rekening houden met de instelbaarheid der regelorganen als het zoo constant mogelijk houden van alle factoren, welke het eindresultaat bepalen, d.i. in dit geval de snelheid van den saptoevoer, de alkaliteit van het te carbonateeren sap, de doseering van het gas, dus tevens de druk in de leiding, en de temperatuur van het sap. Derhalve moet een dergelijke registratie van een technologisch resultaat worden gevolgd door een analyse van de bedrijfs-

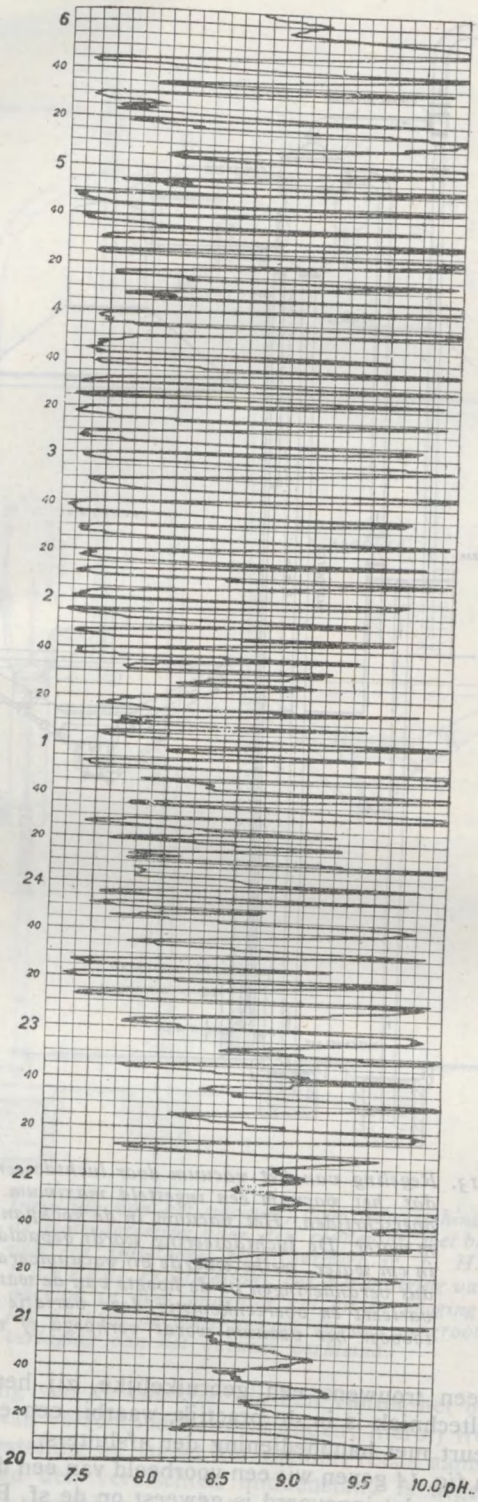


Fig. 11. pH-registratie van 2de carbonatatiesap, verkregen met de installatie, gegeven in fig. 10. Voorbeeld van een overregeling en gebrekkige beheersching der reactie-instelling.

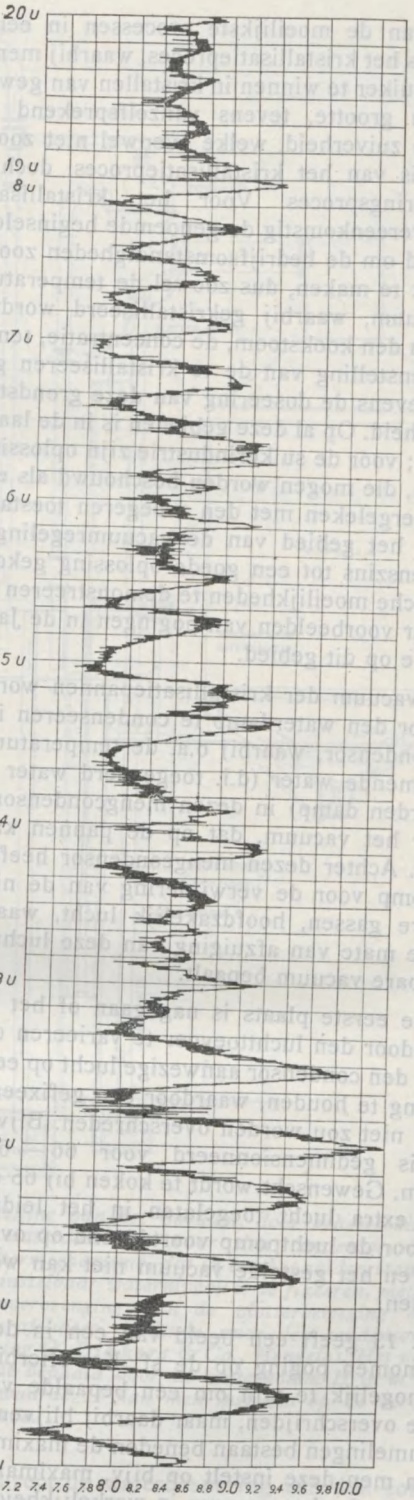


Fig. 12. Registratie van de pH van 2de carbonatatiesap; beïnvloeding van het resultaat door onregelmatigen toevoer van sap, afkomstig van de 1ste carbonatatiepersen. In de 2de periode (bovengedeelte van de grafiek) treedt door meer toezicht verbetering op.

omstandigheden, welke het eindresultaat mede beïnvloeden. Eén der beginselen van de technologische wijsheid is: zorg, dat bij het instellen van de bedrijfsomstandigheden alle van beteekenis zijnde factoren zoo constant mogelijk zijn.

9. Bij de instelling van de constante bedrijfsomstandigheden is te releveeren de regeling van het vacuum als voorbeeld van het zoeken naar een bruikbare constructieve oplossing.

Een van de moeilijkste processen in een suikerfabriek is het kristallisatieproces, waarbij men als doel stelt de suiker te winnen in kristallen van gewenschten vorm en grootte, tevens vanzelfsprekend van een bepaalde zuiverheid, welke evenwel niet zoozeer een functie is van het kristallisatieproces, doch van het sapzuiveringsproces. Voor het kristallisatieproces wordt overeenkomstig de genoemde beginselen ernaar gestreefd om de bedrijfsomstandigheden zoo constant mogelijk te maken, dus zoowel de temperatuur, resp. het vacuum, waarbij gekristalliseerd wordt, als de druk van den kookstoom, de concentratie, temperatuur en samenstelling van de te kristalliseeren grondstoffen benevens de doseering van deze grondstoffen per tijdseenheid. Op al deze gebieden is in de laatste jaren gewerkt; voor de suikerindustrie zijn oplossingen aangegeven, die mogen worden beschouwd als een verbetering vergeleken met den vroegeren toestand. Evenwel, op het gebied van de vacuumregeling zijn wij nog geenszins tot een goede oplossing gekomen. Om de typische moeilijkheden te demonstreeren geven wij een paar voorbeelden van pogingen in de Java-suikerindustrie op dit gebied.

Het vacuum der kristallisatiepannen wordt verkregen door den waterdamp te condenseeren in een z.g. mengcondensor, waarbij o.a. de temperatuur van het afstroomende water (d.i. toegevoerd water + gecondenseerden damp) in dezen mengcondensor bepalend is voor het vacuum, dat op de pannen kan worden bereikt. Achter dezen mengcondensor heeft men een luchtpomp voor de verwijdering van de niet-condenseerbare gassen, hoofdzakelijk lucht, waarbij uiteraard de mate van afzuiging van deze lucht mede het bereikbare vacuum bepaalt.

In de eerste plaats is nagegaan of het niet mogelijk is door den luchttoevoer te varieeren de hoeveelheid in den condensor aanwezige lucht op een bepaalde spanning te houden, waardoor een gefixeerd vacuumniveau niet zou worden overschreden. Bijv. de installatie is gedimensionneerd voor 66 — 68 cm Hg vacuum. Gewenscht wordt te koken bij 65 cm. Hierbij wordt extra lucht toegelaten in het leidingsysteem, waardoor de luchtpomp voortdurend op overcapaciteit werkt en het gestelde vacuum niet kan worden overschreden.

Fig. 13 geeft een beeld van een in deze richting ondernomen poging op de sf. Ka. Hierbij blijkt het wel mogelijk te zijn om een bepaalde vacuumgrens niet te overschrijden, maar daarbij blijven vrij groote schommelingen bestaan beneden de maximale waarde. Indien men deze instelt op bijv. maximaal 65, is het resultaat, dat het vacuum in werkelijkheid schommelt tusschen 60 en 65 cm Hg., een resultaat, dat voor het nagestreefde doel onbevredigend genoemd moet worden.

Een volgende poging werd gedaan door den toevoer van het water aan den condensor instelbaar te veranren, daar de temperatuur in den mengcondensor het vacuum mede bepaalt. Wordt dit water warmer, dan zakt het vacuum; er moet dan meer water worden toegevoerd om het vacuum op te halen. Door een dergelijke aangepaste waterdoseering zou men het vacuum op de gewenschte wijze kunnen instellen,

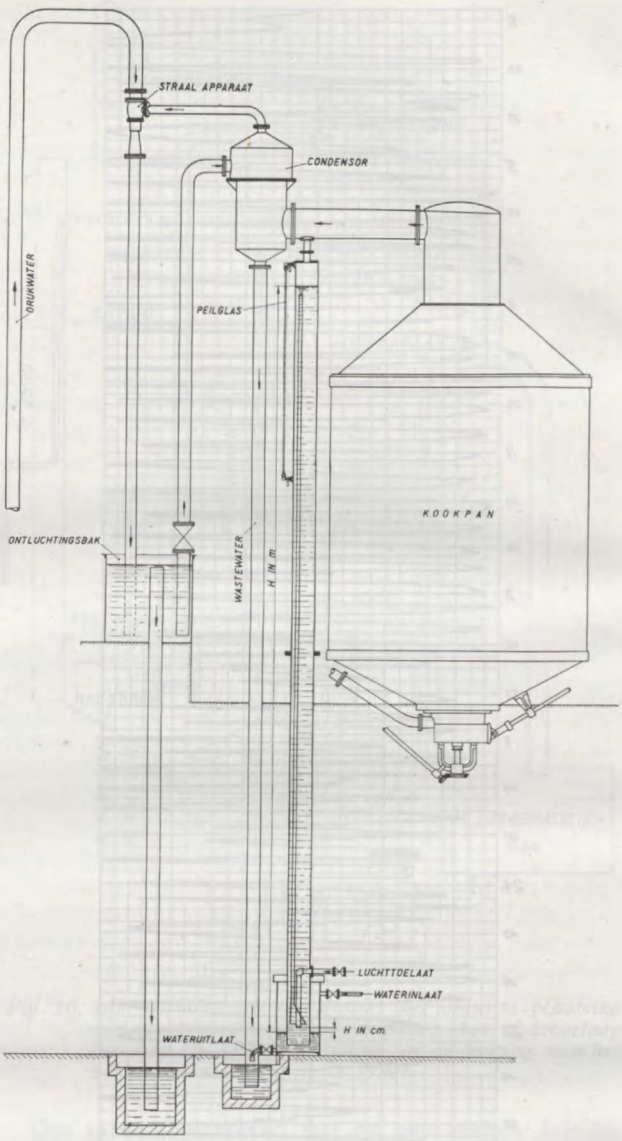


Fig. 13. Regeling van het vacuum door luchtdoseering, opdat het vacuum een ingesteld maximum niet zal overschrijden. Het vacuum in de kookpan = H in m water. De luchtdoseering wordt bepaald door H in cm water, welke waarde bij vacuumverandering, dus veranderingen in de hoogte van de waterkolom, varieert en overeenkomstig deze variatie in luchttoevoer het vacuum wordt verhoogd of verlaagd.

hetgeen trouwens een gebruikelijke, zij het grove, regeltechniek is in de practijk, waarbij een en ander gebeurt met handbediening der afsluiters.

In *fig. 14* geven wij een voorbeeld van een dergelijk systeem, dat ingevoerd is geweest op de sf. P., waarbij de watertoevoer naar den condensor (welke geschiedt uit een hoog opgesteld reservoir, waaruit de condensor het water aanzuigt) vermeerderd of verminderd kon worden door een instelbare klep, welke klep bediend werd door een vlotter, welke reageerde op het vacuum in de kookpan. Hierbij bleken naast constructieve ook technologische moeilijkheden op te treden. In de eerste plaats is het verband tusschen den stand van de klep en vlotterstand, niet een eenvoudige correlatie met het vacuum, dat men wenscht in te stellen. Verder eischt deze

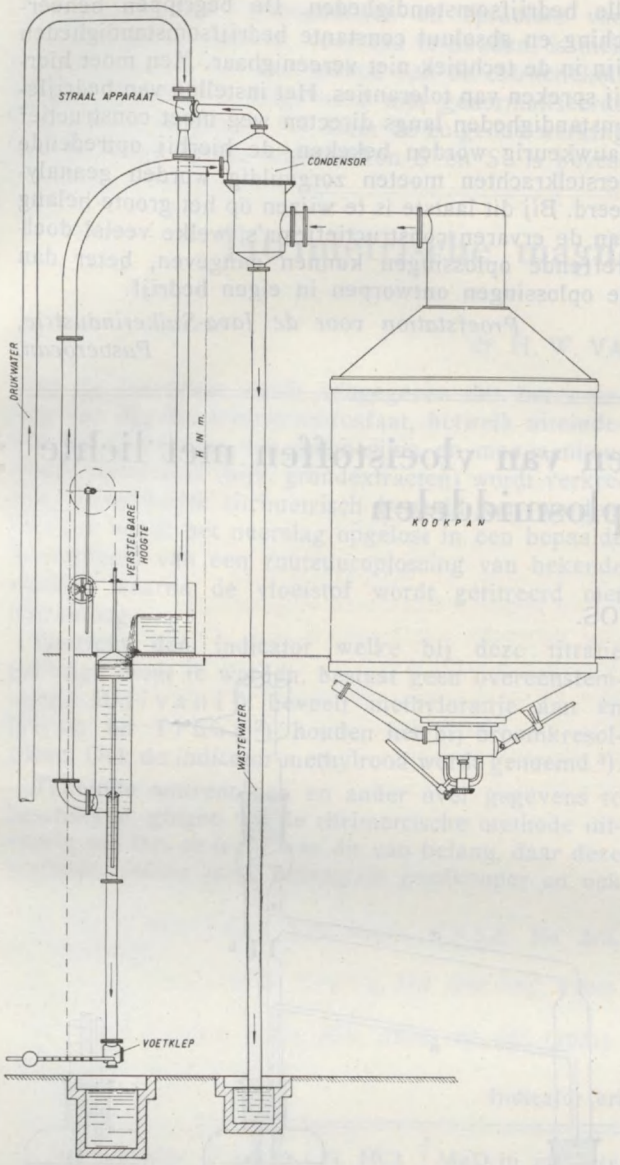


Fig. 14. Instelling van het vacuum, door beheersching van de waterdoseering naar den condensor, met behulp van een instelbare klep (ontwerp ir. L. H. de Langen, Proefstation). Bij verandering van het vacuum in den condensor zal bij verhooging van het vacuum de watertoevoer worden vergroot, bij verlaging van het vacuum verkleind.

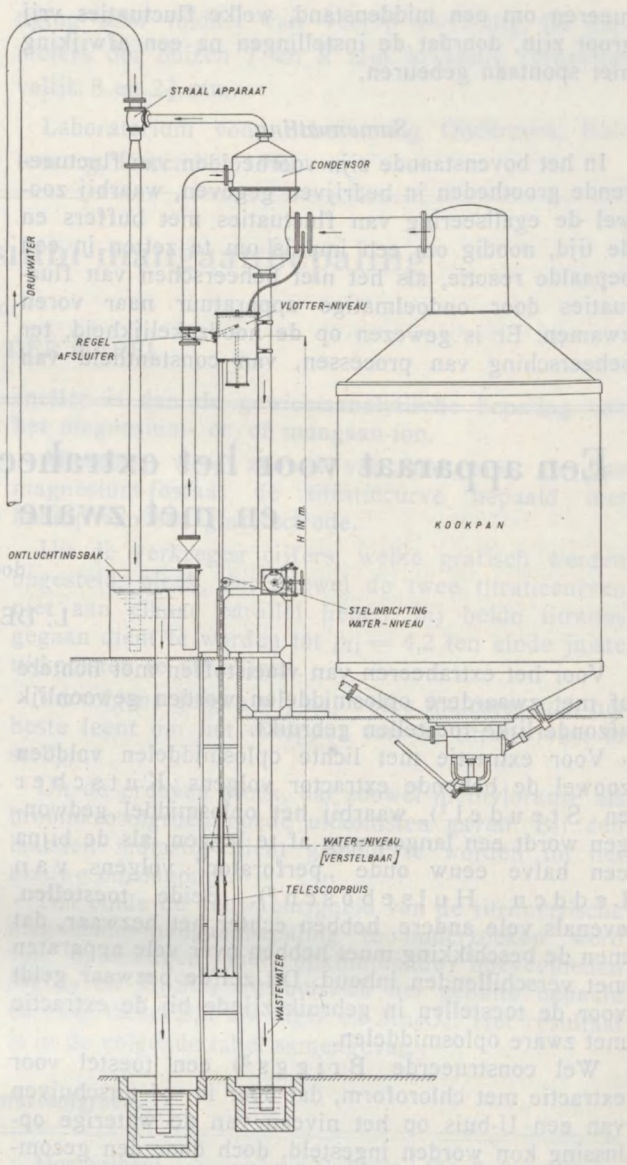


Fig. 15. Instelling van het vacuum, door beheersching van de waterdoseering naar den condensor, via een vlottermechanisme, dat in een bepaalden stand door een instelbaar waterniveau is te fixeeren, met directe overbrenging van de vlotterbeweging op den waterafsluiter, leidende naar den condensor (uitvoering G. Dikkers & Co., Hengelo). Het vacuum wordt bepaald door de waterkolom H in m water. De waarde H kan men instellen op de vereischte waarde.

verstelling van de voetklep via den vlotter het overwinnen van verschillende weerstanden; hierbij treedt eerst verstelling op, nadat het vacuum reeds aanmerkelijk van den vereischten middenstand is afgeweken. Dit verschijnsel van het fluctueeren om den middenstand, doordat geen spontane instelling plaats vindt bij afwijkingen, is, doordat weerstanden (wrijvingsweerstand, stroomingsweerstand of wat dan ook) moeten worden overwonnen, dus een zekere verstelkracht moet worden verkregen, voordat bijstelling kan optreden, karakteristiek voor vele van dergelijke apparaten.

Ook in het volgende voorbeeld (*fig. 15*), dat betrekking heeft op de installatie der sf. K., waarbij het waterniveau in het regelorgaan bepaald werd door het vacuum in den pan; een hierin aangebrachte vlotter regelde direct de waterdoseering van den condensor. Ook hierbij bleek, dat de vereischte verstelkracht vrij groot was, zoodat bij de instelling bijv. op een vacuum van 64 cm het werkelijke vacuum bleef schommelen tusschen de 62 en 66 cm, daar hierbij 2 cm verschildruk aanwezig moest zijn, voordat het vlottermechanisme den regelafsluiter bijstelde, dus voordat alle weerstanden in lagers, kleppen en wat dies meer zij, konden worden overwonnen.

Wij geven deze voorbeelden, omdat wij hierbij ontmoeten het gecompliceerde vraagstuk van de instelling van een bedrijfsomstandigheid, welke bij uitvoering in de practijk blijkt te leiden tot het fluc-

tueeren om een middenstand, welke fluctuaties vrij groot zijn, doordat de instellingen na een afwijking niet spontaan gebeuren.

Samenvatting.

In het bovenstaande zijn voorbeelden van fluctueerende grootheden in bedrijven gegeven, waarbij zoowel de egaliseering van fluctuaties met buffers en de tijd, noodig om een impuls om te zetten in een bepaalde reactie, als het niet beheerschen van fluctuaties door ondoelmatige apparatuur naar voren kwamen. Er is gewezen op de noodzakelijkheid, ter beheersching van processen, van constantheid van alle bedrijfsomstandigheden. De begrippen beheersching en absoluut constante bedrijfsomstandigheden zijn in de techniek niet vereenigbaar. Men moet hierbij spreken van toleranties. Het instellen van bedrijfsomstandigheden langs directen weg moet constructief nauwkeurig worden bekeken, de hierbij optredende verstelkrachten moeten zorgvuldig worden geanalyseerd. Bij dit laatste is te wijzen op het groote belang van de ervaren constructiefirma's, welke veelal doeltreffende oplossingen kunnen aangeven, beter dan de oplossingen ontworpen in eigen bedrijf.

Proefstation voor de Java-Suikerindustrie, Pasoeroean.

Een apparaat voor het extraheeren van vloeistoffen met lichte en met zware oplosmiddelen

door

L. DE VOS.

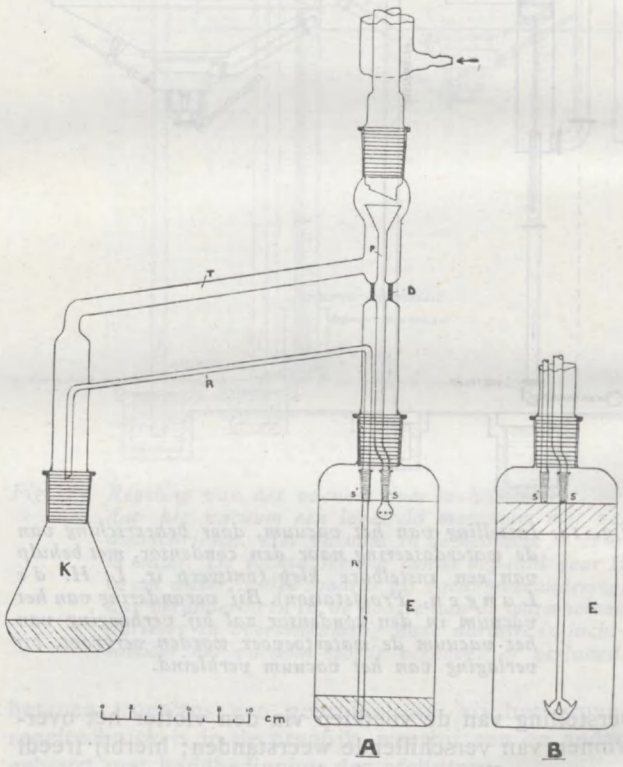
Voor het extraheeren van vloeistoffen met lichtere of met zwaardere oplosmiddelen worden gewoonlijk afzonderlijke toestellen gebruikt.

Voor extractie met lichte oplosmiddelen voldoen zoowel de bekende extractor volgens Kutscher en Steudel[1]), waarbij het oplosmiddel gedwongen wordt een langen weg af te leggen, als de bijna een halve eeuw oude „perforator" volgens van Ledden Hulsebosch[2]). Beide toestellen, evenals vele andere, hebben echter het bezwaar, dat men de beschikking moet hebben over vele apparaten met verschillenden inhoud. Dit zelfde bezwaar geldt voor de toestellen in gebruik zijnde bij de extractie met zware oplosmiddelen.

Wel construeerde Briggs[3]) een toestel voor extractie met chloroform, dat door in- of uitschuiven van een U-buis op het niveau van de waterige oplossing kon worden ingesteld, doch door den gecompliceerden bouw vond het weinig toepassing.

Eén enkel toestel waarin, onafhankelijk van het te extraheeren volume, beide soorten oplosmiddelen gebruikt kunnen worden, is ons niet bekend.

Met gebruikmaking van het principe van Paget[4]) werd in het Laboratorium voor Scheikundig Onderzoek een toestel ontworpen, dat zoowel te gebruiken is voor lichtere als voor zwaardere oplosmiddelen en waarbij, door verwisseling van de extractiekolf, men niet gebonden is aan het extraheeren van één bepaalde hoeveelheid.



Extractie met zware oplosmiddelen (zie figuur, **A**).

Aan het slijpstuk *S* van de inleidbuis *P* wordt een korte sproeier bevestigd, terwijl bij *S'* de terugleidbuis *R* verlengd wordt tot den bodem van de extractiekolf *E*. Het bij *S* intredende oplosmiddel (bijv. chloroform) wordt, na de te extraheeren oplossing doorloopen te hebben, door de buis *R* teruggedrukt in de kookkolf *K*, zonder dat de waterige oplossing mee kan gaan. Dit geschiedt doordat de extractor bij *D* gesloten is.

Extractie met lichte oplosmiddelen (zie figuur, **B**).

Aan het slijpstuk *S* wordt een lange inleidbuis met sproeier bevestigd. Het lichte oplosmiddel (bijv. aether) verzamelt zich boven op de waterige oplossing en wordt, evenals op bovenbeschreven wijze, door de opening bij *S'* door de buis *R* in de kookkolf *K* teruggedrukt.

1) Fr. Kutscher en H. Steudel, *Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 39*, 473 (1903).

2) C. J. van Ledden Hulsebosch, *Pharm. Weekblad 29*, no. 39 (1892).

3) L. H. Briggs, *Ind. Eng. Chem. An. Ed., 9*, 250 (1937).

4) H. Paget, *J. Soc. Chem. Ind., 51*, 190T (1932).

Door een stel verlengbuisjes en sproeiers van verschillende lengte in voorraad te houden, is men niet afhankelijk van den inhoud van de extractiekolf *E*. Het apparaat is uitgevoerd met genormaliseerde slijpstukken (kegel 1 : 10). Door de zuigende werking van de lange smalle slijpstukken *S* en *S'* is bevestiging door middel van veeren overbodig. De diameters der buizen *T* en *R* zijn inwendig respectievelijk 8 en $2\frac{1}{2}$ mm.

Laboratorium voor Scheikundig Onderzoek, Buitenzorg, December 1940.

Titrimetrische magnesium-mangaanbepaling

door

dr. H. W. VAN DER MAREL.

In de literatuur wordt aangegeven dat het neerslag van Mg-Mn-ammoniumfosfaat, hetwelk uiteindelijk bij de analyse van magnesium en mangaanhoudende materialen (bijv. grondextracten) wordt verkregen, gemakkelijk titrimetrisch bepaald kan worden. Daartoe wordt het neerslag opgelost in een bepaalde hoeveelheid van een zoutzuuroplossing van bekende sterkte, waarna de vloeistof wordt getitreerd met natronloog.

Omtrent den indicator welke bij deze titratie gebezigd dient te worden, bestaat geen overeenstemming. Mdivani[1]) beveelt methyloranje aan en Dean en Truog[2]) houden het bij broomkresolgroen. Ook de indicator methylrood wordt genoemd[3]).

Teneinde omtrent een en ander over gegevens te beschikken, gingen wij de titrimetrische methode uitvoerig na. Des te meer was dit van belang, daar deze methode, indien juist, belangrijk goedkooper en ook sneller is dan de gewichtsanalytische bepaling van het magnesium- en/of mangaan-ion.

Allereerst werd zoowel van mangaan- als van magnesium-fosfaat de titratiecurve bepaald met behulp van een glaselectrode.

Uit de verkregen cijfers, welke grafisch werden opgesteld, bleek, dat hoewel de twee titratiecurven niet aan elkaar parallel liepen, bij beide titraties gegaan dient te worden tot $p_H = 4{,}2$ ten einde juiste uitkomsten te verkrijgen.

Vervolgens gingen wij na, welke indicator zich het beste leent om het eindpunt van de titratie vast te stellen.

Uit de proeven bleek, dat zoowel methyloranje als broomkresolgroen goede uitkomsten gaven. Bij den laatsten indicator dient gegaan te worden tot het blauwe omslagpunt.

Ten einde de nauwkeurigheid van de titrimetrische magnesium-mangaanbepaling te onderzoeken werd van oplossingen met opklimmende hoeveelheden $MgCl_2$ en $MnSO_4$ titrimetrisch het gehalte bepaald en resp. berekend als MgO en Mn_3O_4. Het resultaat is in de volgende tabel samengevat.

1) M. I. Mdivani, *Lab. Prakt. U.S.S.R.* No. 2/3. blz. 36 (1939).

2) L. A. Dean en E. Truog, *Ind. and Eng. Chem.* 7, 383 (1935).

3) C. H. Fiske, *Journ. Biol. Chem.* 46, 285 (1921).

Indicator broomkresolgroen.

Hoeveelheid $MgCl_2$-oplossing gebezigd in cm³	cm³ 0,1 N. HCl gebruikt bij de titratie	MgO in mg berekend op aantal cm³ onverdund = 100	Hoeveelheid $MnSO_4$-oplossing gebezigd in cm³	cm³ 0,1 N. HCl gebruikt bij de titratie	Mn_3O_4 in mg berekend op aantal cm³ onverdund = 100
Verdunning 1 : 100.			*Verdunning 1 : 100.*		
10	0,1 — 0,1	200 — 200	10	0,2 — 0,1	800 — 400
25	0,5 — 0,4	400 — 320	25	0,6 — 0,3	920 — 440
50	1,3 — 1,-	520 — 400	50	1,1 — 0,9	840 — 680
75	2 — 1,5	534 — 400	75	1,9 — 1,6	960 — 813
100	3 — 2,5	600 — 500	100	2,4 — 2,2	920 — 840
Verdunning 1 : 10.			*Verdunning 1 : 10.*		
10	3,6 — 2,9	730 — 580	10	2,4 — 2,2	920 — 840
25	10,6 — 9,8	840 — 800	25	6,- — 5,8	920 — 880
50	21,4 — 20,4	860 — 820	50	12,- — 11,8	920 — 900
75	32,5 — 31,2	880 — 840	75	18,2 — 17,8	920 — 907
100	43,2 — 41,9	870 — 850	100	24,3 — 24,-	930 — 920
Onverdund.			*Onverdund.*		
10	43,3 — 42,-	870 — 850	10	24,3 — 24,1	930 — 920
25	107,2 — 105,7	864 — 852	25	61,4 — 60,4	936 — 920
50	214,6 — 212,8	866 — 858	50	120,9 — 120,-	922 — 916
75	320,3 — 318,5	861 — 856	75	180,4 — 178,4	917 — 907
100	432 — 429	871 — 865	100	228 — 214	869 — 816

Sterkte $MgCl_2$-oplossing: 100 cm³ = 860 mg MgO.
Factor cm³ 0,1 N. HCl-MgO in mg = 2,016.

Sterkte $MnSO_4$ oplossing 100 cm³ = 940 mg Mn_3O_4.
Factor cm³ 0,1 N. HCl-Mn_3O_4 in mg = 3,813.

Uit de cijfers blijkt, dat de titrimetrische Mg-Mn-bepaling nog gevoelig is tot ± 20 mg MgO of Mn_3O_4. Indien meer dan ± 800 mg Mn_3O_4 in de te onderzoeken oplossing aanwezig zijn, worden geen goede uitkomsten meer verkregen.

Dit komt, omdat een te groote hoeveelheid neerslag van Mn-fosfaat niet goed meer oplost in de geringe overmaat 0,1 N. HCl welke, voorafgaande aan de terugtitratie met 0,1 N. NaOH, aan dit neerslag wordt toegevoegd.

Uit onze proeven bleek verder, dat bij gebruik van methyloranje als indicator geen betere uitkomsten konden worden verkregen. Ook hier dient bij de titrimetrische bepaling in de te onderzoeken oplossing niet minder aanwezig te zijn dan ± 20 mg MgO of Mn_3O_4 en niet meer dan ± 800 mg.

Aangezien de kleuromslag van broomkresolgroen (groen naar blauw) duidelijker is dan die van methyloranje (oranjerood naar geel) geven wij bij de titrimetrische Mg-Mn-bepaling aan broomkresolgroen de voorkeur.

Grondlaboratorium V. O. Bah Djambi, Pematang Siantar.

Chemische Kring te Buitenzorg.

In het vorige nummer werd een verslag opgenomen van de vergadering van den Chemischen Kring te Buitenzorg op 10 September.

Hieronder de korte samenvatting van de door ir. J. A. Nijholt gehouden voordracht, welke wegens plaatsgebrek moest worden aangehouden.

Bij de spectrografische analysemethoden wordt de te onderzoeken stof tot gloeien gebracht in een vlam, vlamboog, hoogspanningsvonk of Geisslersche buis, waarbij elk element licht van bepaalde golflengten gaat uitstralen. In de spectrograaf worden deze specifieke golflengten gefotografeerd, men vindt ze als spectrumlijnen op het negatief terug. Aan deze spectrumlijnen is een element te herkennen (kwalitatieve analyse); uit hun zwartingsgraad kan, indien bepaalde voorzorgen in acht worden genomen, de concentratie van het element in de te onderzoeken stof worden berekend (kwantitatieve analyse).

Het verband tusschen deze concentratie en de door het element uitgestraalde lichtintensiteit eenerzijds, den zwartingsgraad der betreffende spectrumlijnen anderzijds, is niet in een eenvoudige formule weer te geven. Door op dezelfde fotografische plaat naast het spectrum van de te onderzoeken stof spectra van standaardmonsters op te nemen kan door interpoleeren de gezochte concentratie bij benadering gevonden worden. Tallooze methoden zijn uitgedacht om het resultaat met grootere nauwkeurigheid of langs korteren weg te verkrijgen. Hiervan werden enkele zeer in het kort aangegeven.

Het Laboratorium voor Scheikundig Onderzoek beschikt over een Hilger-medium-kwartsspectrograaf met vlakke plaat van 9 × 24 cm, waarmede golflengten van 200 tot 800 mμ kunnen worden gefotografeerd. Aanwezig is verder de apparatuur voor de vlammethode, de boogmethode en de vonkmethode. Bij de eerste wordt de te onderzoeken stof in oplossing gebracht, verstoven in een acetyleenvlam. De emissie is hierbij zeer goed constant te houden, waardoor de resultaten reproduceerbaar zijn en toegankelijk voor een eenvoudige grafische bewerking. De alkalimetalen geven alleen bij deze methode voor kwantitatief onderzoek bruikbare lijnen, zoodat deze methode speciaal geschikt is voor landbouw-analyses.

De boog- en vonkmethode, waarbij de stof in een uitholling van de onderste electrode gebracht wordt of (bij metaalonderzoek) zelf als electrode wordt gebruikt, geven een minder goed constante, doch veel intensievere emissie. Geringe sporen van het gezochte element geven nog waarneembare lijnen, zoodat de methode aangewezen is voor kwalitatief werk; doch ook benaderend kwantitatieve bepalingen zijn mogelijk. Voor de vonkmethode is een bijzondere inrichting aanwezig om een meer constanten vonkovergang te waarborgen.

Voor het uitwerken der negatieven wordt gebruik gemaakt van een binoculaire loupe en een microphotometer, welke laatste voorzien is van een photoelectrische cel. Aan het slot van de voordracht demonstreerde spreker de techniek van de zwartingsmeting met behulp van dezen microphotometer, waarna in de spectrograafkamer de verschillende apparaten voor belangstellenden in werking werden gesteld.

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

Candidaatleden.

W. N. J. Landmeter, Hoofd Contrôle Laboratorium N.K.P.M. te Soengei Gerong.

Dr. H. W. van der Marel te Bah Djambi, Pematang Siantar (S.O.K.).

Aangeboden betrekkingen.

Bij Gouvernementslaboratorium op Java kan binnenkort geplaatst worden een scheikundige voor biochemisch werk. Salarisregeling: B.B.L. 1938, schaal 66, Kol. I/III (*f* 275,— — *f* 825,—).