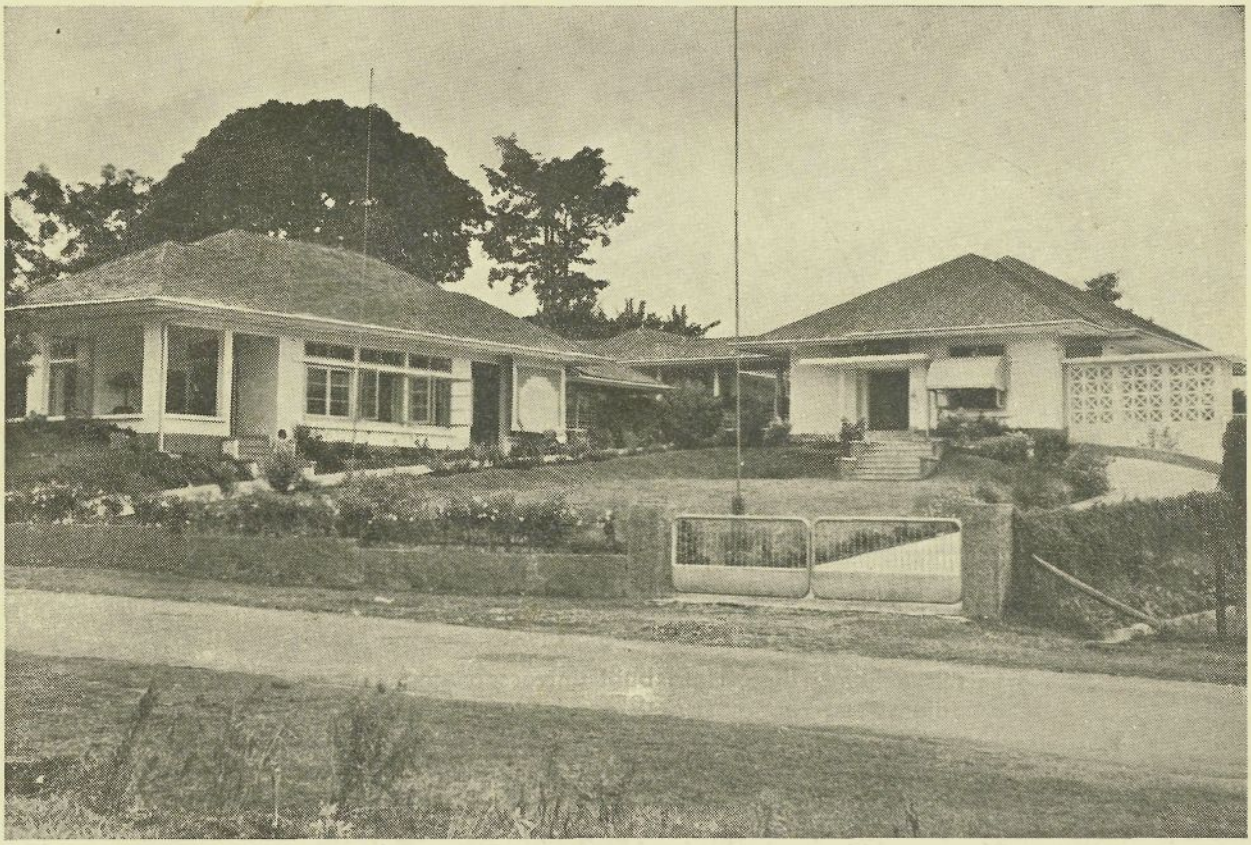
8e. JAARGANG No. 1 FEBRUARI 1956

2 MEI 1956

DE INGENIEUR IN INDONESIË

BIBLIOTHEEK DER TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT



WONINGEN VAN DE NATIONALE HANDELSBANK TE PALEMBANG
Architect: J. E. Kühr, te Bandung, p/a Nationale Handelsbank.

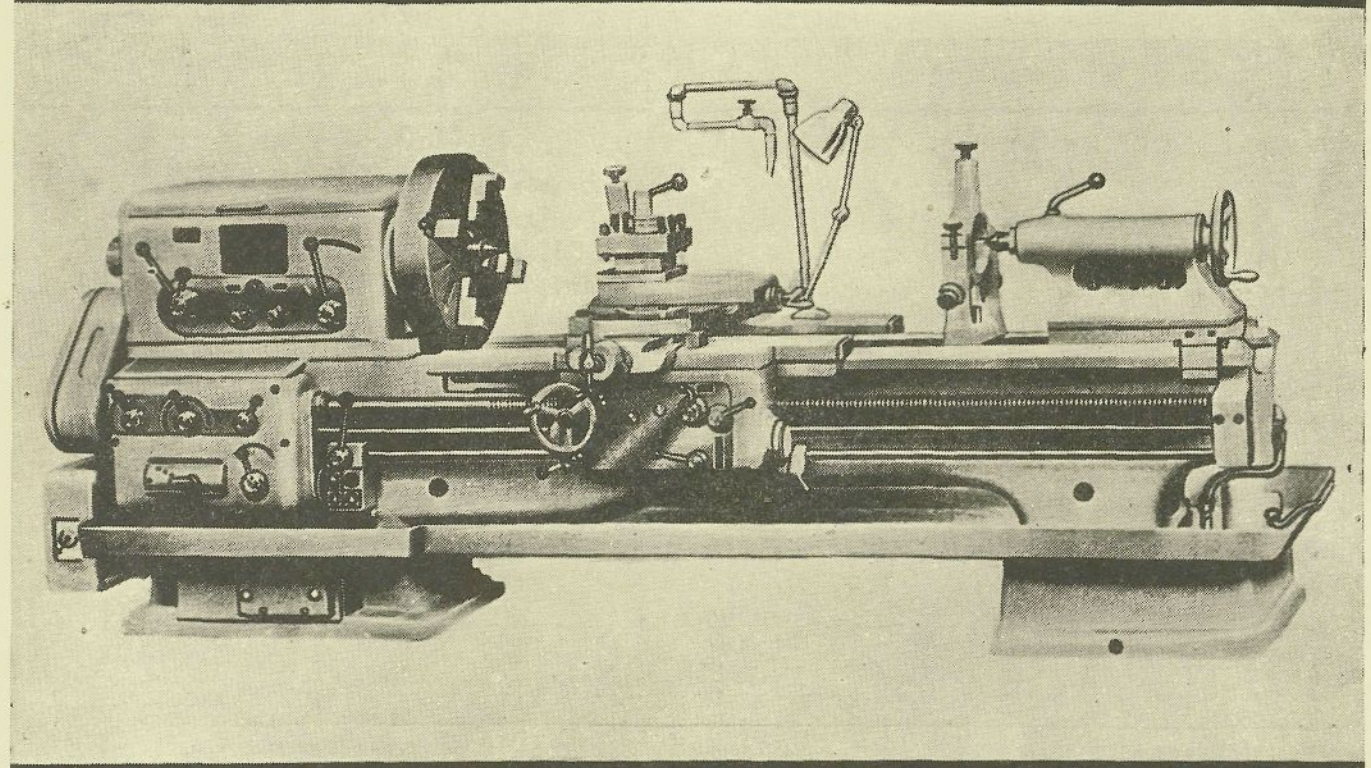
GEBOUWD DOOR DE

Hollandsche Beton Mij., N. V.

DJALAN DJOKJA – No. 50 – DJAKARTA

507A

MVE ★ 280



TURNING AND SCREWCUTTING LATHE

M/H HEAVY TYPE

This is a heavy duty, rigid built universal lathe.
Spindle speed range: 19 – 950 r. p. m.
The grinded and superfinished head spindle runs in special ball bearings.
The 15 HP driving motor enables the lathe to machine with the heaviest cuts.
The machine is build in 1500, 2000 and 3000 mm distance between centers types.
Swing in the gap 750 mm.

»TECHNOIMPEX«

HUNGARIAN MACHINE INDUSTRIES FOREIGN TRADE CO.
Budapest 62 – P.O.B. 183, Hungary.
Information: Hungarian Trade Commissionary, Djl. Djawa 98,
Phone: Gambir 5494,- and Gambir 4943,-

8e JAARGANG
NUMMER 1.

FEBRUARI
1956

DE INGENIEUR IN INDONESIË

Orgaan van de Groep Indonesië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.
Tijdschrift gewijd aan Techniek en Wetenschap in Indonesië,
waarin opgenomen
De Waterstaats-Ingenieur, opgericht i 3
en
De Mijningenieur, opgericht ir

Commissie van Toezicht :
ir G. H. Pesman
ir B. W. Colenbrander
ir W. van der Lee
ir J. C. Harmsen

ommissie van Redactie :
Hoofdre : Prof. ir P. G. H. A. Fermin
Leden : ir Rd. Agoes Prawiranata

Abonnementsprijs : Rp. 30.— per jaar. Afzonderlijke nummers : Rp. 10.—
Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Djl. Ganeça 10, Bandung (Tel. Bd. 8251).
Adres voor Administratie en abonnementen: Djl. Braga 38, Bandung (Tel. Bd. 4220).
Adres voor advertenties: Reclamebureau Grafica, Djl. Petamburan I no. 2 Postbox 2113, Tel. Gmb. 320, Djakarta.

BIBLIOTHEEK DER TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

Artikelen : pag. 1 : De herdenking van de opening der Technische Hogeschool te Bandung. — pag. 3 : Berekening van een cirkel-cylindrisch gebogen kokerprofiel. — pag. 20 : Het gebruik van de betonhamer van Schmidt B.B.R. in West-Java. — pag. 25 : Drukkerij waardepapieren van de N.V. Pertjetakan Kebajoran — pag. 28 : Beschrijving van de airconditioning-installatie en diesel-electrische centrale van de N.V. Pertjetakan Kebajoran te Djakarta. — pag. 34 : Beschouwingen over het 6000 Volt kabelnet te Bandung.

De herdenking van de opening der „Technische Hogeschool" te Bandung

Op 23 December 1955 vond - ter gelegenheid van haar zevende lustrum - een herdenking plaats van de opening der toenmalige „Technische Hoogeschool", thans Fakultas Teknik Universitas Indonesia, te Bandung. Als een dergenen, die het voorrecht hadden tot haar eerste studenten te behoren en de openingsplechtigheid in 1920 bij te wonen, zij het mij vergund aan die herdenking in dit tijdschrift enige woorden te wijden.

Welk een indrukwekkende gebeurtenis was destijds de opening - zelve ! Niet het minst door de markante figuur in toga - een nóvum in het „Indië" van die dagen ! - en de boeiende rede van de Rector Magnificus, Professor Klopper. Welk een soberheid kenmerkte daarentegen de recente herdenking ! Maar een jong HBS - abituriënt ziet de dingen anders dan iemand die aan het eind van zijn loopbaan staat; de beide plechtigheden droegen niet hetzelfde karakter en ..... hoe zijn de tijden inmiddels veranderd !

In de morgen van 23 December dan verzamelden zich in de voor deze gelegenheid versierde aula der Fakultas Teknik vele afgestudeerden, docenten der beide te Bandung gevestigde faculteiten, autoriteiten en andere genodigden, met hunne dames. Bovendien getuigde een aantal fraaie bloemstukken van het medeleven met dit gebeuren.

Te 10 uur betrad als eerste spreker de Voorzitter der lustrumcommissie, Prof. ir. Soetedjo, het podium. In een vlotte rede schetste hij het ontstaan en de groei van de Technische Faculteit gedurende haar 35-jarig bestaan, daarbij het feit memorerende dat een harer eerste Indonesische ingenieurs thans President der Republik is.

Vervolgens werd het woord gevoerd door Prof. ir. Soetomo Wongsotjitro, namens de Senaat der Faculteit en door een drietal oudstgegradueerden : Ir. Hoo King Hoen besprak de grote moeilijkheden, waarmede vooral jonge en in regeringsfuncties werkende academici tegenwoordig te kampen hebben.

Ir. Th. L. Hedrich von Wiederhold legde het accent op het principe dat de ingenieur de verworven kennis ten dienste moet stellen van de Staat, die zich grote uitgaven voor zijn opleiding getroostte, en zijn grootste beloning moet zoeken in de voldoening van geslaagd te zijn in de vervulling van zijn taak. Prof. ir. T.A.M. Koster belichtte in het bijzonder de verdiensten en het voorbeeld van Prof. Klopper, de energieke leider bij de totstandkoming der Hoogeschool, daarbij de ook voor de huidige tijd nog zo betekenisvolle woorden citerende, die deze bij de uitreiking der eerste diploma's in 1924 tot de afgestudeerden richtte :

„De gelegde banden worden niet heden verbroken; de Hoogeschool vertrouwt, dat een nauw contact zal blijven bestaan tusschen haar en U. Zij is bereid U te blijven steunen waar zij dat kan, en zij rekent er op, dat gij vanuit de praktijk voeling met haar blijft houden,

507 A

haar deelgenoot maakt van Uw ervaringen en studieresultaten. Slechts indien dit contact blijft bestaan, zal de beteekenis dezer Hoogeschool voor Indië volledig tot haar recht komen.

„Zij ziet U met gerustheid haar naam naar buiten dragen, zij laat gaarne de vorming harer reputatie aan U over. Met nadruk zij hierbij de wensch uitgesproken, dat gij, jonge Bandoengsche ingenieurs, niet slechts als technici in staat zult blijken den naam Uwer Hoogeschool te vormen, doch dat gij tevens moogt zijn menschen van karakter, mannen van stavast. Aan Uwe vorming in die richting is hier niet afzonderlijk gewerkt; maar zoo door voorbeeld als door gesprek en raad hebben Uw hoogleeraren gedaan wat zij meenden dat zij konden doen, het verder aan U zelf en aan den heilzamen invloed van ernstigen trouwen arbeid overlatende, de goede eigenschappen, in den mensch aanwezig, bij U tot volle ontwikkeling te brengen. Overal in de wereld is de man van karakter meer waard dan de man van kennis; pas dan zal het Indisch Hooger Onderwijs blijken rijpe vruchten te dragen, als zijn leerlingen op de Indische samenleving den verheffenden en veredelenden invloed uitoefenen, die uitgaat van den man, staande voor zijn taak, de waarheid en zichzelf.

„De Hoogeschool worde niet beschaamd in de verwachtingen, die zij koestert van U, gelijk gij niet beschaamd moogt worden in de hoop, waarmee gij de toekomst tegemoet ziet. Namens de Hoogeschool, namens alle aanwezigen hier, die door hun opkomst van hun belangstelling in dezen voor U en voor ons zoo schoonen dag deden blijken, spreek ik den wensch uit, dat gij, eerste Bandoengsche ingenieurs, tegemoet gaat een loopbaan van voorspoed en geluk en overwonnen tegenslag, een loopbaan, waarin gij in ruime mate aan het land van Uw geboorte en inwoning teruggeeft wat dit land U heeft gegeven in Uw vorming; weest gij, eerste afgestudeerden van de eerste Indische Hoogeschool, lichtende voorbeelden van wat Indië met eigen kinderen, in 't eigen land gevormd, vermag te bereiken op het gebied van hooger wetenschappelijk en maatschappelijk werk".

Nadat nog door de heer Gondowardojo, Praeses van de Senaat der Technische Studentenverenigingen, enige goede wensen waren uitgesproken hield Rd. Enoch, Burgemeester van Bandung, een geestige toespraak, waarin hij o.m. toezegde, dat het Gemeentebestuur alle aandacht zou schenken aan het door de Faculteit ingediende verzoek om beschikbaarstelling van terrein voor sportbeoefening.

Prof. dr. Bahder Djohan, President der Universitas Indonesia, wees vervolgens op de moeilijkheden waarvoor het jonge Land zich gesteld ziet en verzocht geduld bij het streven naar verbetering, voor zover deze niet reeds werd bereikt.

Tenslotte sprak Zijne Excellentie Prof. ir. Soewandi, Minister van Onderwijs, Opvoeding en Cultuur, namens de Regering zijn grote waardering uit voor het corps ingenieurs, dat hard werkt aan de opbouw van Indonesië, in het bijzonder voor de ambtenaren-met-klein-salaris onder hen. Z.E. meende, zonder andere werkers te kort te doen, het corps ingenieurs en metrologen de kern voor de opbouw van het Land te mogen noemen.

Hierna werd gelegenheid gegeven tot het aanbieden van gelukwensen en tot een rondgang in drie groepen door de verschillende inrichtingen en laboratoria der Faculteit.

In de middaguren bracht een aantal reünisten een bezoek aan de Sterrenwacht te Lembang.

De herdenking werd besloten met een geanimeerd diner, waarbij zowel in toespraken als in gezellige kout vele oude herinneringen werden opgehaald en een telegram aan onze pionier werd opgesteld van de volgende inhoud :

> „Professor Klopper, Louis Couperusplein 60, Den Haag. Bandungse ingenieurs en ijkers, bijeen ter viering zevende lustrum Alma Mater, betuigen hiermede warme hulde en dank aan initiatiefnemers tot oprichting, aan U voor voortreffelijke opzet en leiding, aan oud-docenten voor genoten vorming stop Wensen U allen nog vele gelukkige jaren stop Soetedjo"

Het was mij een genoegen, van dit gebeuren aan mijn leermeester verslag uit te brengen. Hij antwoordde o.m. als volgt :

„Het telegram vond ik toen mijn vrouw en ik thuis kwamen van een kort verblijf gedurende de kerstdagen bij onze kinderen te Weesp. Ik heb aan coll. Soetedjo een eigenhandig geschreven briefje gezonden - meer verzorgd dan dit postvel - om van mijn grote waardering te getuigen".

(Koster).

KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS
Groep Indonesië

BESTUURSMEDEDELINGEN.

SECRETARIAAT :

Met ingang van 1 Februari 1956 is het Groepssecretariaat door ondergetekende overgenomen van Ir J. E. LICHT.

Met ingang van diezelfde datum zal het postadres worden :

Dipl. Ing. E. FICK
Secretaris van de Groep Indonesië
v/h Koninklijk Instituut van Ingenieurs
p/a N.V. Industrieele Mij. Gebr. v. Swaay
Djalan Gadjah Mada 1
Kotak Pos 2043
D J A K A R T A.

De Secretaris is aldaar telefonisch te bereiken in kantoortijd onder No. Gbr. 400. Het huisadres van de Secretaris is : Djalan Widjaja XIII/Perceel 45 - Blok N 2 - KEBAJORAN.

Djakarta, 1 Februari 1956
De Secretaris
Dipl. Ing. E. FICK.

KRINGBESTUUR DJAKARTA :

Van de kring Djakarta werd bericht ontvangen, dat het kringbestuur per 21 Februari 1956 als volgt is samengesteld :

Ir P. C. Schell	—	voorzitter
Ir H. D. Huët	—	vice-voorzitter
Ir A. C. Mulder	—	secretaris
Ir C. Oorthuys	—	penningmeester
Ir Kwee Tat Sam	—	commissaris
Ir P. Th. Eckenhausen	—	commissaris

GROEPSBESTUUR :

In verband met het vertrek uit Indonesië van Ir G. Lieth, Prof. Dr. Ir J. G. Niesten en Ir J. E. Licht, is het Groepsbestuur per 1 Februari 1956 als volgt samengesteld :

Ir G.H. Pesman	—	voorzitter
Ir A. C. Vreede	—	vice-voorzitter
Ir B. W. Colenbrander	—	penningmeester
Dipl. Ing. E. Fick	—	secretaris
Mr. Ir Go Dhiam Ing	—	commissaris
Ir A. J. Ensink	—	„
Ir J. C. Harmsen	—	„
Ir K. H. R. Hoyer	—	„
Ir W. van der Lee	—	„
Prof. Dr. C. O. Schaeffer	—	„
Ir P. C. Schell	—	„
Ir A. M. Semawi	—	„
Ir G. S. Vrijburg	—	„

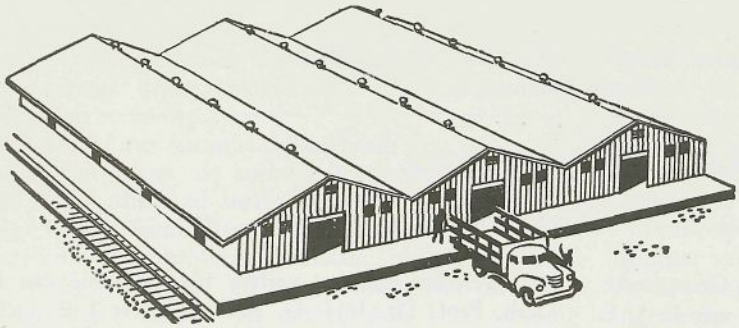
JAARVERGADERING :

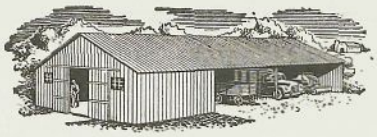
Deze zal worden gehouden te Palembang en wel op 26, 27 en 28 Mei. Nadere mededelingen volgen in het volgende nummer van dit tijdschrift, dat in de tweede helft van April zal uitkomen.

Betaling van abonnementen voor het weekblad „de Ingenieur".

Met verwijzing naar de mededeling op blz. I., 21 van de vorige aflevering wordt herinnerd aan de verplichting de abonnementsgelden *vooraf* te betalen.

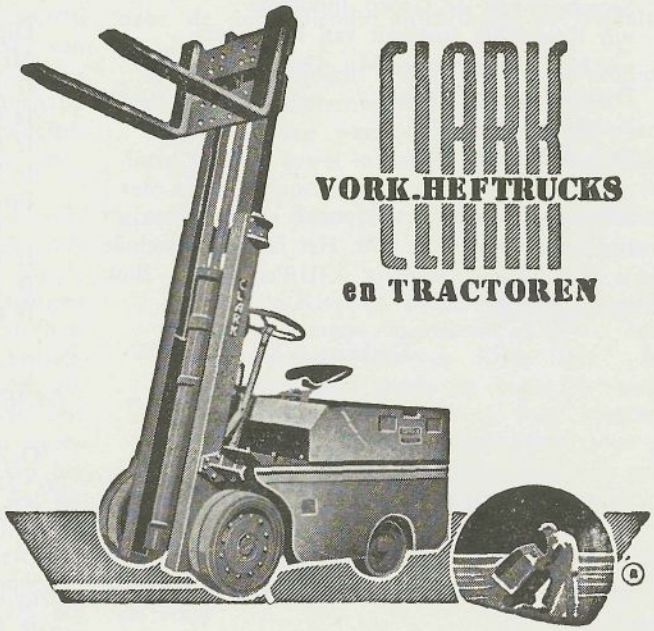
Aan degenen, die daaraan niet voldaan hebben, twee weken nadat dit nummer is afgezonden, zal de toezending van het tijdschrift gestaakt worden.





BUTLER
STEEL PRODUCTS

Stelcon



Bedrijfsvloeren

•

Staalbetonplaten en tegels

•

Roestvrije tegels

•

Slipvrije tegels

N.V. IMPORT- & EXPORT KANTOOR **KOOPMAN & CO**

AMSTERDAM:
Gebouw „Atlanta"
Stadhouderskade 6
Telf. 82821
Telg. KJOEBMAND

DJAKARTA:
Postbox 2169
Telf. Gmb. 3057 – 3058
Telg. IEVERKA

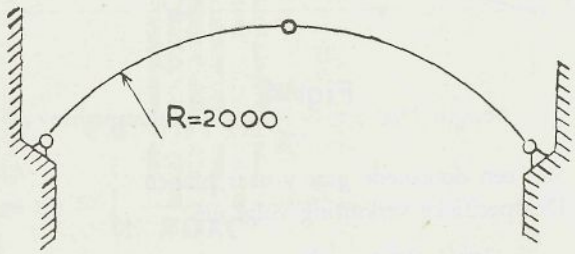
NEW YORK:
The Bernard Preyer Co
165 Broadway Room 2702
New York 6

Berekening van een cirkel-cylindrisch gebogen kokerprofiel

door
ir J. Kuipers.

§ 1. *Inleiding.*

Voor een bepaald ontwerp van een droogdok moest een doorvaartopening van 28 m breed en 6 m hoog worden afgesloten. In verband met de grote breedte werd de oplossing gezocht in de richting van een cirkelvormig gebogen deur, welke de druklijn t.g.v. de belasting dus zou volgen. Daar de verhouding lengte : hoogte van de deur zeer groot was, zou een normale regel- of stijldeur een wringslappe constructie geven. De oplossing werd daarom gezocht in een kokerconstructie, als is aangegeven in *fig. 1.* Deze constructie volgt dus de druklijn, is stijf en bovendien zelf-drijvend.



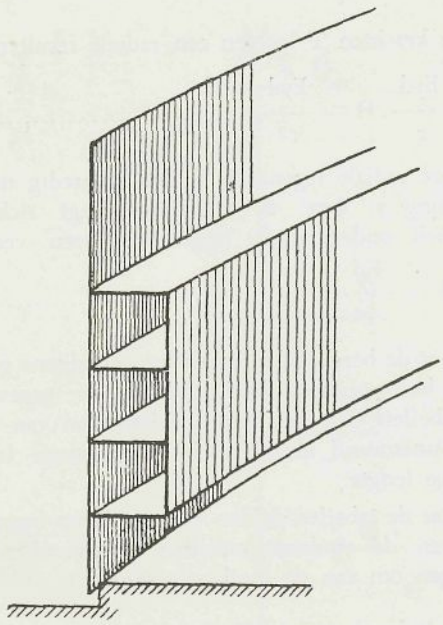


Fig. 1

Voordat tot een constructieve verwezenlijking van een dergelijke afsluiting wordt overgegaan, zullen nog velerlei problemen moeten worden opgelost, welke echter buiten het bestek van dit artikel vallen, waarin alleen de berekening wordt gegeven.

§ 2. *Grondslagen en principe van de berekening.*

Hoewel, zoals reeds werd opgemerkt, de constructie de druklijn dus zal volgen, zullen er behalve normale — dus tangentiële — spanningen ook buigende momenten optreden, welke zich niet op een eenvoudige manier laten berekenen.

Voor de berekening beschouwen we de cylindrische wand als een deel van een volledige cylindrische, verticaal staande buis, bestaande uit een buitenplaat en een binnenplaat, waartussen vier horizontale ringen of schijven scharnierend zijn bevestigd.

Deze buis wordt dan onderworpen aan een radiale belasting, welke driehoekig verloopt.

In een axiale doorsnede van deze buis werken alleen tangentiële spanningen. Vlakte-elementjes in deze doorsnede zullen zich eventueel verplaatsen in het radiale vlak, doch niet loodrecht daarop.

Wanneer we dus zorgen dat de opleggingen ook alleen maar tangentiële drukken kunnen opnemen, en daarbij geen verplaatsingen in tangentiële zin ondergaan, zullen de spanningen in het beschouwde buisdeel (de deuren dus) gelijk zijn aan die in de buis.

Aannemende dat aan genoemde voorwaarden kan worden voldaan, wordt de krachtsverdeling in de deur berekend wanneer de afmetingen zijn als in *fig. 2.*

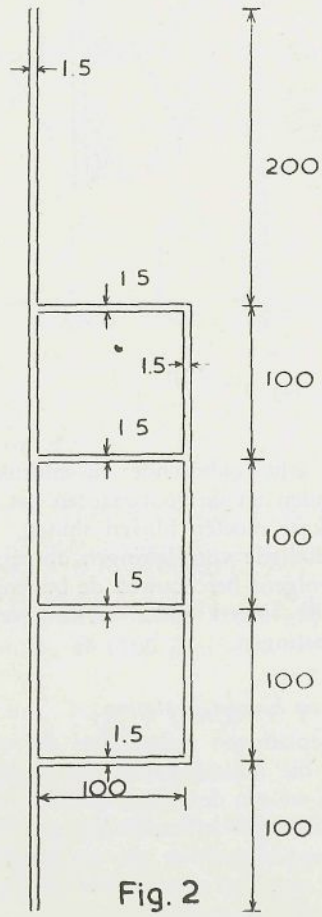


Fig. 2

Onder de belasting zal tussen de buitenplaat en elke schijf een, nog onbekende, tussendruk optreden, welke, van boven naar onderen, resp.
P_1, P_2, P_3, en P_4 wordt genoemd.

Evenzo zullen er tussen de binnenplaat en de ringen onbekende tussendrukken ontstaan, welke van boven naar beneden V_1, V_2, V_3 en V_4 worden genoemd (zie *fig. 3*).

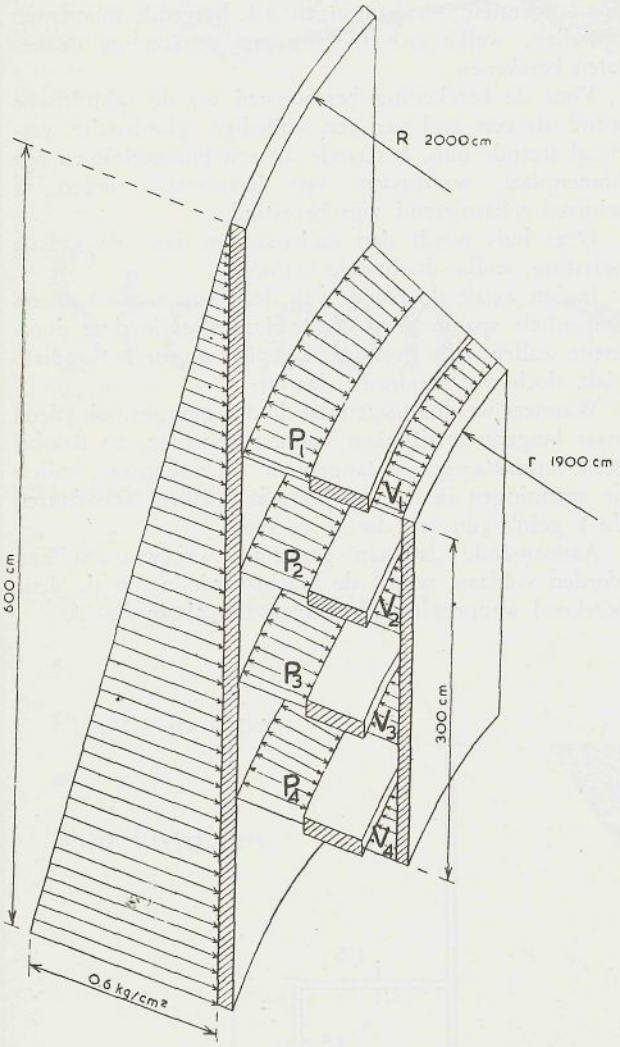


Fig. 3

Genoemde acht onbekende tussendrukken kunnen worden gevonden uit de voorwaarden dat de ringen en platen aan elkaar moeten blijven sluiten.

Om de benodigde vergelijkingen op te stellen zullen we achtereenvolgens beschouwen de buitenplaat, de binnenplaat en de ringen onder invloed van de daarop werkende belastingen.

§ 3. *Buiten- en binnen beplating.*

De beide beplatingen maken deel uit van een volledige cylinder, die radiaal-symmetrisch is belast.

Beschouwen we een dergelijke cylinder : (zie Timoshenko : *Strength of materials,* part II blz. 166).

Uit de buiswand snijden we een strip ; doorsneden hiervan zullen zich slechts in radiale richting verplaatsen *(fig. 4)*.

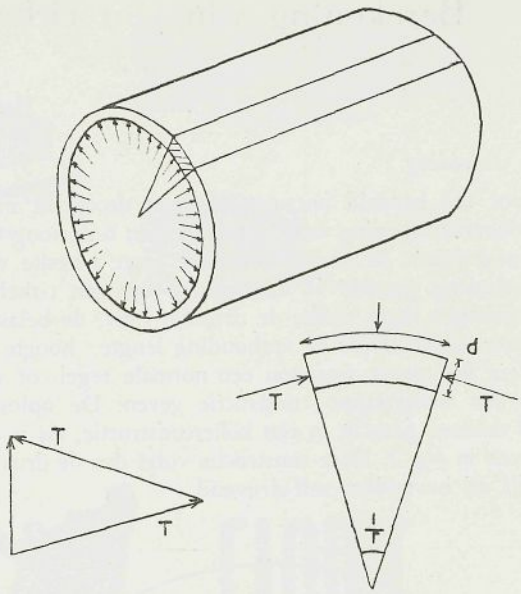


Fig. 4

Stel een doorsnede gaat y naar binnen.

De specifieke verkorting volgt uit :

$$\varepsilon = \frac{2\pi r - 2\pi(r - y)}{2\pi r} = \frac{y}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

$$\text{Dus } \sigma = E\,\frac{y}{r} \text{ en } T = \frac{y}{r}\,.\,d \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

De krachten T leveren een radiale resultante, groot :

$$\frac{Eyd}{r}\,.\,\Theta = \frac{Eyd}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

Deze radiale tegendruk is dus evenredig met de verplaatsing y, dwz. de strip gedraagt zich als een elastisch ondersteunde ligger, met een veerconstante

$$k = \frac{Ed}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4)$$

Voor de berekening maken we vervolgens gebruik van de in bovengenoemd boek op blz. 1 e.v. gegeven theorie en tabellen. We beschouwen elementen van de buiten- en binnenwand als elastisch ondersteunde liggers met eindige lengte.

Daar de tabellen gelden voor ∞ lange liggers moeten we aan de einden momenten en dwarskrachten aanbrengen om aan de randvoorwaarden te voldoen.

In de berekening stellen we $m = \frac{1}{\mu} = 3$ en $E = 2.10^6$ kg/cm².

§ 4. *Buitenplaat :*

Voor de buitenplaat is R = 2000 cm d = 1,5 cm. (zie *fig 2* en *3*). We vinden hier voor de

$$\text{plaat stijfheid } D = \frac{Ed^3}{12\,(1 - \mu^2)} = 63{,}28.10^4 \text{ kgcm} \quad 5)$$

Tabel I Coëfficiënten buitenplaat ($\beta = 0{,}0234$)

x	βx	$\varphi(\beta x)$	$\psi(\beta x)$	$\Theta(\beta x)$	$\varsigma(\beta x)$
0	0	1	1	1	0
50	1,17	+ 0,4072	— 0,1638	+ 0,1217	+ 0,2855
100	2,34	+ 0,0026	— 0,1362	— 0,0668	+ 0,0694
150	3,51	— 0,0387	— 0,0172	— 0,0279	— 0,0104
200	4,68	— 0,0096	+ 0,0090	— 0,0001	— 0,0093
250	5,85	+ 0.0014	+ 0,0038	+ 0,0026	+ 0,0012
300	7,02	+ 0,0013	+ 0,0001	+ 0,0007	+ 0,0006
350	te verwaarlozen.				
400					
450					
500					
550					
600					

de veerconstante : $k = \frac{Ed}{R^2} = 0{,}75$ kg/cm³. ..... 6)

en : $\beta = \sqrt[4]{\frac{Ed}{4\,D\,R^2}} = 0{,}0234\ \text{cm}^{-1}$ ..... 7)

Verder zijn in bovenstaande *tabel 1* de waarden opgenomen van verschillende benodigde coëfficiënten.

Het belastingsschema van de buitenplaat is aangegeven in *fig. 5*.

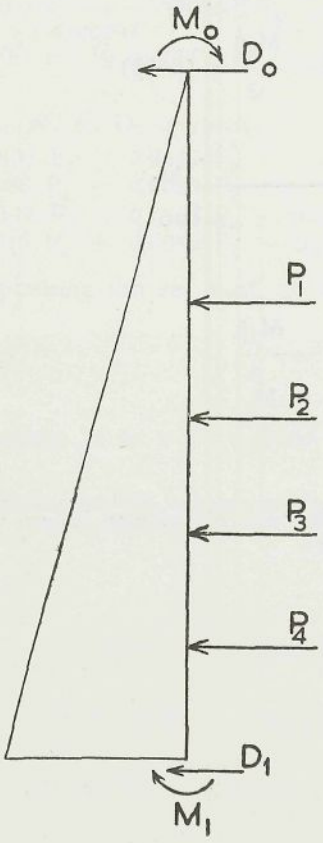


Fig. 5

(de krachten D_0 en D_1 en de momenten M_0 en M_1 moeten worden aangebracht i.v.m. de eindige lengte van de elastisch ondersteunde ligger).

Dit belastingsschema wordt gesplitst in vijf gedeelten.

De algemene formules voor M_X en D_X in een elastisch ondersteunde ligger van ∞ lengte, belast door een puntlast P in de gekozen oorsprong $x = 0$ zijn :

$$M_X = \frac{P}{4\beta}\psi(\beta x) \text{ en } D_X = -\frac{P}{2}\Theta(x) \quad \ldots\ldots 8)$$

Voor een moment M_0 in $x = 0$ wordt

$$M_X = \frac{M_0}{2}\theta(\beta x) \text{ en } D_X = -\frac{M_0\beta}{2}\varphi(\beta x) \quad . 8')$$

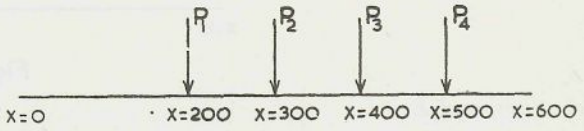


Fig. 6

Belastingsgeval A :

$$M_{x=0} = \frac{1}{4\beta}\,[(P_1\,\psi\,(200\beta) + P_2\,\psi\,(300\beta) + P_3\,\psi\,(400\beta) + P_4\,\psi(500\beta)]$$

$$D_{x=0} = \tfrac{1}{2}\,[(P_1\,\Theta\,(200\beta) + P_2\,\Theta\,(300\beta) + P_3\,\Theta\,(400\beta) + P_4\,\Theta\,(500\,\beta)\,]$$

$$M_{x=600} = \frac{1}{4\beta}\,[\,(P_1\,\psi\,(400\beta) + P_2\,\psi\,(300\beta) + P_3\,\psi\,(200\beta) + P_4\,\psi\,(100\beta)\,] \quad 9)$$

$$D_{x=600} = -\tfrac{1}{2}\,[\,(P_1\,\Theta\,(400\beta) + P_2\,\Theta\,(300\beta) + P_3\,\Theta\,(200\beta) + P_4\,\Theta\,(100\beta)\,]$$

Evenzo voor de andere belastingsgevallen.

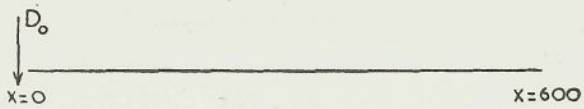


Fig. 7

Belastingsgeval B :

$$D_x = 0 = -\frac{D_0}{2} \qquad D_x = 600 = -\frac{D_0}{2}\,\Theta\,(600\beta)$$

$$M_x = 0 = \frac{1}{4\beta} D_0 \qquad M_x = 600 = \frac{D_0}{4\beta}\,\psi\,(600\beta) \qquad 10)$$

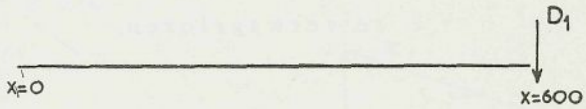


Fig. 8

Belastingsgeval C :

$$D_x = 0 = +\frac{D_1}{2}\,\Theta\,(600\beta) \qquad D_x = 600 = +\frac{D_1}{2}$$

$$M_x = 0 = +\frac{D_1}{4\beta}\,\psi\,(600\beta) \qquad M_x = 600 = \frac{D_1}{4\beta} \qquad 11)$$

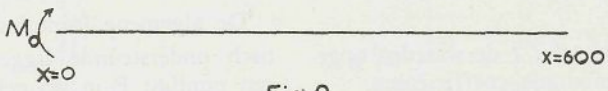


Fig. 9

Belastingsgeval D :

$$D_x = 0 = -\frac{M_0\beta}{2} \qquad M_x = 600 = \frac{M_0}{2}\,\Theta\,(600\beta)$$

$$M_x = 0 = \frac{M_0}{2} \qquad D_x = 600 = -\frac{M_0\beta}{2}\,\varphi\,(600\beta) \qquad 12)$$

Fig. 10

Belastingsgeval E :

$$D_x = 0 = \frac{M_1}{2\beta}\,\varphi\,(600\beta) \qquad D_x = 600 = -\frac{M_1\beta}{2}$$

$$M_x = 0 = -\frac{M_1}{2}\,\Theta\,(600\beta) \qquad D_x = 600 = -\frac{M_1}{2} \qquad 13)$$

Daar de driehoekig verlopende verdeelde belasting slechts verplaatsingen veroorzaakt, en geen momenten of dwarskrachten, kunnen we deze hier dus weglaten.

Na invullen der coëfficiënten krijgen we: (zie *tabel 1.*)

Belastingsgeval A :

$$M_{x=0} = \frac{1}{4.0{,}0234}\,(0.0090\,P_1 + 0.0001\,P_2)$$

$$D_{x=0} = \tfrac{1}{2}\,(-0{,}0001\,P_1 + 0{,}0007\,P_2) \qquad 91)$$

$$M_{x=600} = \frac{1}{4.0.0234}\,(0.0001\,P_2 + 0.0090\,P_3 - 0.1362\,P_4)$$

$$D_{x=600} = -\tfrac{1}{2}\,(0{,}0007\,P_2 - 0{,}0001\,P_3 - 0{,}0668\,P_4)$$

Belastingsgeval B :

$$D_{x=0} = -\frac{D_0}{2} \qquad D_{x=600} = 0$$
$$M_{x=0} = \frac{D_0}{4.0{,}0234} \qquad M_{x=600} = 0 \qquad 10^1)$$

Belastingsgeval C :

$$D_{x=0} = 0 \qquad D_{x=600} = +\frac{D_1}{2}$$
$$M_{x=0} = 0 \qquad M_{x=600} = +\frac{D_1}{4.0{,}0234} \qquad 11^1)$$

Belastingsgeval D :

$$M_{x=0} = \frac{M_0}{2} \qquad M_{x=600} = 0$$
$$D_{x=0} = -\frac{0{,}0234}{2} M_0 \qquad D_{x=600} = 0 \qquad 12^1)$$

Belastingsgeval E :

$$M_{x=0} = 0 \qquad M_{x=600} = -\frac{M_1}{2}$$
$$D_{x=0} = 0 \qquad D_{x=600} = -\frac{M_1}{2} 0{,}0234 \qquad 13^1)$$

Voor de randvoorwaarden, nl. dat de momenten en dwarskrachten voor $x = 0$ en $x = 600$ nul zijn, vinden we nu :

$$\left.\begin{aligned}
M_{x=0} &= 0 : \frac{1}{4.0{,}0234}(0{,}0090\ P_1 + 0{,}0001\ P_2 + D_0) + \frac{M_0}{2} = 0 \\
D_{x=0} &= 0 : \tfrac{1}{2}(-\ 0{,}0001\ P_1 + 0{,}0007\ P_2 - D_0 - 0{,}0234\ M_0) = 0 \\
M_{x=600} &= 0 : \frac{1}{4.0{,}0234}(0{,}0001\ P_2 + 0{,}0090\ P_3 - 0{,}1362\ P_4 + D_1) - \frac{M_1}{2} = 0 \\
D_{x=600} &= 0 : -\tfrac{1}{2}(0{,}0007\ P_2 - 0{,}0001\ P_3 - 0{,}0668\ P_4 - D_1 + 0{,}0234\ M_1 = 0
\end{aligned}\right\} \quad 14)$$

Hieruit M_0, D_0, M_1 en D_1 oplossen :

$$\begin{aligned}
M_0 &= -\ 0{,}3803\ P_1 - 0{,}0342\ P_2 \\
D_0 &= 0{,}0088\ P_1 + 0{,}0015\ P_2 \\
M_1 &= 0{,}0342\ P_2 + 0{,}3803\ P_3 - 8{,}6752\ P_4 \\
D_1 &= 0{,}0015\ P_2 + 0{,}0088\ P_3 - 0{,}2689\ P_4
\end{aligned} \qquad 15)$$

Voor de verplaatsing van een punt, op afstand x van de oorsprong gelegen, en in $x = 0$ belast door een kracht P, geldt

$$Y_x = \frac{P\beta}{2k} \varphi(\beta x) \quad \ldots\ldots \quad 16)$$

Voor een moment M in $x = 0$ wordt $Y_x = \frac{M\beta^2}{k} \zeta(\beta x)$ .... 17)

Rekening houdende met de tekens worden verplaatsingen van de aangrijpingspunten van de lasten P. *(zie tabel I).* :

Belastingsgeval A :

$$\begin{aligned}
Y_{P_1} &= \frac{\beta}{2k}(P_1 + 0{,}0026\ P_2 - 0{,}0096\ P_3 + 0{,}0013\ P_4) \\
Y_{P_2} &= \frac{\beta}{2k}(0,\ 0026\ P_1 + P_2 + 0{,}0026\ P_3 - 0{,}0096\ P_4) \\
Y_{P_3} &= \frac{\beta}{2k}(-\ 0{,}0096\ P_1 + 0{,}0026\ P_2 + P_3 + 0{,}0026\ P_4) \\
Y_{P_4} &= \frac{\beta}{2k}(0{,}0013\ P_1 - 0{,}0096\ P_2 + 0{,}0026\ P_3 + P_4)
\end{aligned} \quad \ldots\ldots \quad 18)$$

Belastingsgeval B:

$$\left.\begin{aligned} Y_{P_1} &= \frac{\beta}{2k}\,(-\,0{,}0096\ D_0) \\ Y_{P_2} &= \frac{\beta}{2k}\,(0{,}0013\ D_0) \\ Y_{P_3} &= 0 \\ Y_{P_4} &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 19)$$

Belastingsgeval C:

$$\left.\begin{aligned} Y_{P_1} &= 0 \\ Y_{P_2} &= +\ 0{,}0013\ D_1\ \frac{\beta}{2k} \\ Y_{P_3} &= -\ 0{,}0096\ D_1\ \frac{\beta}{2k} \\ Y_{P_4} &= +\ 0{,}0026\ D_1\ \frac{\beta}{2k} \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 20)$$

Belastingsgeval D:

$$\left.\begin{aligned} Y_{P_1} &= \frac{M_0\beta^2}{k}\,(-\,0{,}0093) \\ Y_{P_1} &= \frac{M_0\beta^2}{k}\,(0{,}0006) \\ Y_{P_3} &= 0 \\ Y_{P_4} &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 21)$$

Belastingsgeval E:

$$\left.\begin{aligned} Y_{P_1} &= 0 \\ Y_{P_2} &= -\ 0{,}0006\ \frac{M_1\beta^2}{k} \\ Y_{P_3} &= +\ 0{,}0093\ \frac{M_1\beta^2}{k} \\ Y_{P_4} &= -\ 0{,}0694\ \frac{M_1\beta^2}{k} \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 22)$$

Belasting zelf.:

$$Y_{P_1} = -\ \frac{200\alpha}{k}$$

$$Y_{P_2} = -\ \frac{300\alpha}{k}$$

$$Y_{P_3} = -\ \frac{400\alpha}{k}$$

$$Y_{P_4} = -\ \frac{500\alpha}{k}$$

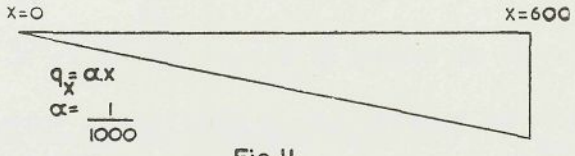


Fig. 11

De totale verplaatsingen worden nu:

$$Y_{P_1} = -\ \frac{200\alpha}{k} + \frac{\beta}{2k}\,\{P_1 + 0{,}0026\ P_2 - 0{,}0096\ P_3 + 0{,}0013\ P_4 - 0{,}0096\ D_0 - \\ - 0{,}0093\ .\ 2\beta\ .\ M_0\}$$

$$Y_{P_2} = -\ \frac{300\alpha}{k} + \frac{\beta}{2k}\,\{0{,}0026\ P_1 + P_2 + 0{,}0026\ P_3 - 0{,}0096\ P_4 + \\ + 0{,}0013\ .\ (D_0 + D_1) + 2\beta\ .\ 0{,}0006\ (M_0 - M_1)\}$$

$$Y_{P_3} = -\frac{400\alpha}{k} + \frac{\beta}{2k}\{-0{,}0096\,P_1 + 0{,}0026\,P_2 + P_3 + 0{,}0026\,P_4 - 0{,}0096\,D_1 + 2\beta\,.\,0{,}0093\,M_1\}$$

$$Y_{P_4} = -\frac{500\alpha}{k} + \frac{\beta}{2k}\{0{,}0013\,P_1 - 0{,}0096\,P_2 + 0{,}0026\,P_3 + P_4 + 0{,}0026\,D_1 - 2\beta\,.\,0{,}0694\,M_1\}$$

Na invullen der gevonden waarden voor M_0, D_0, M_1 en D_1 en α, β, en k (zie 5), 6), 7), 15)) wordt:

$$\left.\begin{aligned}
Y_{P_1} &= -0{,}26666667 + 0{,}01560125\,P_1 + 0{,}00004057\,P_2 - 0{,}0001498\,P_3 + 0{,}0000203\,P_4.\\
Y_{P_2} &= -0{,}4 + 0{,}00004057\,P_1 + 0{,}01560003\,P_2 + 0{,}00004057\,P_3 - 0{,}00015143\,P_4.\\
Y_{P_3} &= -0{,}53333333 - 0{,}00014976\,P_1 + 0{,}00004057\,P_2 + 0{,}01560126\,P_3 + 0{,}00002206\,P_4.\\
Y_{P_4} &= -0{,}66666667 + 0{,}0000203\,P_1 - 0{,}00015143\,P_2 + 0{,}000021646\,P_3 + 0{,}0160286\,P_4.
\end{aligned}\right\} \quad 24)$$

§ 5. *Binnenplaat.*

Op dezelfde manier als voor de buitenplaat is geschied zullen we nu de verplaatsingen berekenen van de binnenplaat.

Hier geldt r = 1900 cm en d = 1,5 cm (zie *fig 2* en *3*), terwijl verder nog:

de plaatstijfheid $D' = \dfrac{E\,d^3}{12\,(1-\mu^2)} = 63{,}28.10^4$ kg cm ..... 25)

de veerconstante $k' = \dfrac{E\,d}{r^2} = 0{,}831$ kg/cm³ ..... 26)

en $\beta' = \sqrt[4]{\dfrac{E\,d}{4\,D\,r^2}} = 0{,}0239$ cm⁻¹ ..... 27)

Weer zijn verschillende waarden van de benodigde coëfficiënten opgenomen in onderstaande *tabel II.*

Tabel II Coëfficiënten binnenplaat ($\beta' = 0{,}0239$)

X	$\beta'x$	φ ($\beta'x$)	ψ ($\beta'x$)	Θ ($\beta'x$)	ξ ($\beta'x$)
0	0	1	1	1	0
50	1,195	+ 0,4447	— 0,1703	+ 0,1112	+ 0,2815
100	2,390	— 0,0042	— 0,1295	— 0,0669	+ 0,0627
150	3,585	— 0,0369	— 0,0132	— 0,0251	— 0,0119
200	4,780	— 0,0078	+ 0,0089	+ 0,0006	— 0,0084
250	5,975	+ 0,0017	+ 0,0032	+ 0,0024	— 0,0008
300	7,170	+ 0,0011	— 0,0001	+ 0,0004	+ 0,0006

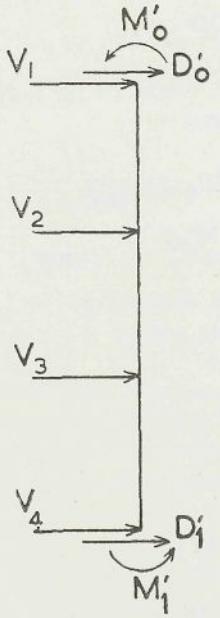


Fig. 12

Het belastingsschema is hier zoals aangegeven in *fig. 12.*

Evenals voor de buitenplaat splitsen we weer in een aantal afzonderlijke belastingsgevallen, en we vinden op dezelfde manier: (zie 8) en 8')

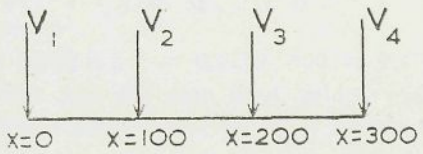


Fig. 13

Belastingsgeval A :

$$\left.\begin{aligned}
M_{x=0} &= \frac{1}{4\beta'}\left[(V_1\,\psi\,(0) + V_2\,\psi\,(100\,\beta')) + V_3\,\psi\,(200\,\beta') + V_4\,\psi\,(300\,\beta')\right] \\
D_{x=0} &= +\,\tfrac{1}{2}\left[V_1\,\Theta\,(0) + V_2\,\Theta\,(100\beta') + V_3\,\Theta\,(200\beta') + V_4\,\Theta\,(300\beta')\right] \\
M_{x=300} &= \frac{1}{4\beta'}\left[(V_1\,\psi\,(300\beta') + V_2\,\psi\,(200\beta') + V_3\,\psi\,(100\beta') + V_4\,\psi\,(0)\right] \\
D_{x=300} &= -\,\tfrac{1}{2}\left[(V_1\,\Theta\,(300\beta') + V_2\,\Theta\,(200\beta') + V_3\,\Theta\,(100\beta') + V_4\,\Theta\,(0)\right.
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 28)$$

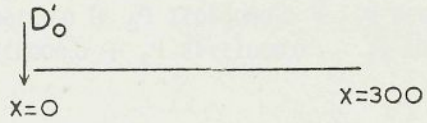


Fig. 14

Belastingsgeval B :

$$D_{x=0} = -\frac{D'_0}{2} \qquad D_{x=300} = \frac{D'_0}{2}\,\Theta\,(300\beta')$$

$$M_{x=0} = -\frac{1}{4\beta'}\,D'_0 \qquad M_{x=300} = \frac{D'_0}{4\beta'}\,\psi\,(300\beta') \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 29)$$

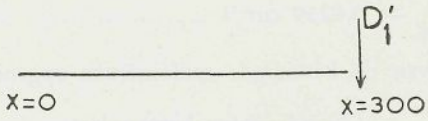


Fig.15

Belastingsgeval C :

$$D_{x=0} = +\frac{D'_1}{2}\,\Theta\,(300\beta') \qquad D_{x=300} = +\frac{D'_1}{2}$$

$$M_{x=0} = \frac{D'_1}{4\beta'}\,\psi\,(300\beta') \qquad M_{x=300} = \frac{D_1'}{4\beta'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 30)$$

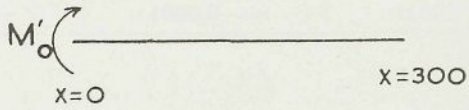


Fig.16

Belastingsgeval D :

$$M_{x=0} = \frac{M'_0}{2} \qquad M_{x=300} = \frac{M'_0}{2}\,\varphi\,(300\beta')$$

$$D_{x=0} = -\frac{M'_0\beta'}{2} \qquad D_{x=300} = -\frac{M'_0\beta'}{2}\,\varphi\,(300\beta') \quad \ldots\ldots 31)$$

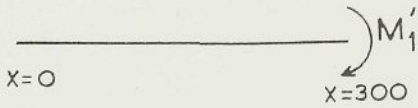


Fig.17

Belastingsgeval E :

$$M_{x=0} = -\frac{M'_1}{2}\,\Theta\,(300\beta') \qquad M_{x=300} = -\frac{M'_1}{2}$$

$$D_{x=0} = -\frac{M'_1\beta'}{2}\,\varphi\,(300\beta') \qquad D_{x=300} = -\frac{M'_1\beta'}{2} \quad \ldots\ldots 32)$$

Na invullen der coëfficiënten krijgen we :

Belastingsgeval A :

$$\left.\begin{aligned}
M_{x=0} &= \frac{1}{4.0{,}0239}\,(V_1 - 0{,}1295\,V_2 + 0{,}0089\,V_3 - 0{,}0001\,V_4)\\
D_{x=0} &= +\tfrac{1}{2}\,(V_1 - 0{,}0669\,V_2 + 0{,}0006\,V_3 + 0{,}0004\,V_4)\\
M_{x=300} &= \frac{1}{4.0{,}0239}\,(-0{,}0001\,V_1 + 0{,}0089\,V_2 - 0{,}1295\,V_3 + V_4)\\
D_{x=300} &= -\tfrac{1}{2}\,(0{,}0004\,V_1 + 0{,}0006\,V_2 - 0{,}0669\,V_3 + V_4)
\end{aligned}\right\} \quad 28^1)$$

Belastingsgeval B :

$$\left.\begin{aligned}
D_{x=0} &= -\frac{D'_0}{2} & D_{x=300} &= -0{,}0004\,\frac{D'_0}{2}\\
M_{x=0} &= \frac{1}{4.0{,}0239}\,D'_0 & M_{x=300} &= -0{,}0001\,\frac{1}{4.0{,}0239}\,D'_0
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots 29^1)$$

Belastingsgeval C :

$$\left.\begin{aligned}
D_{x=0} &= 0{,}0004\,\frac{D_1'}{2} & D_{x=300} &= +\frac{D'_1}{2}\\
M_{x=0} &= -0{,}0001\,\frac{1}{4.0{,}0239}\,D'_1 & M_{x=300} &= \frac{1}{4.0{,}0239}\,D'_1
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots 30^1)$$

Belastingsgeval D :

$$\left.\begin{aligned}
M_{x=0} &= \frac{M'_0}{2} & M_{x=300} &= 0{,}0004\,\frac{M'_0}{2}\\
D_{x=0} &= -0{,}01195\,M'_0 & D_{x=300} &= -0{,}0011.0{,}01195\,M'_0
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots 31^1)$$

Belastingsgeval E :

$$\left.\begin{aligned}
M_{x=0} &= -0{,}0004\,\frac{M'}{2} & M_{x=300} &= -\frac{M'_1}{2}\\
D_{x=0} &= -0{,}0011\,M'_1.\,0{,}01195 & D_{x=300} &= -0{,}01195\,M'_1
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots 32^1)$$

De randvoorwaarden worden hier :

$$\left.\begin{aligned}
M_{x=0} = 0 &: \frac{1}{4.0{,}0239}\,(V_1 - 0{,}1295\,V_2 + 0{,}0089\,V_3 - 0{,}0001\,V_4 + \\
&\qquad + D'_0 - 0{,}0001\,D_1) + \frac{M'_0}{2} - 0{,}0002\,M'_1 = 0\\
D_{x=0} = 0 &: \tfrac{1}{2}\,(V_1 - 0{,}0669\,V_2 + 0{,}0006\,V_3 + 0{,}0004\,V_4 - D'_0 + \\
&\qquad + 0{,}0004\,D'_1 - 0{,}0239\,M'_0 - 0{,}0011.0{,}0239\,M'_1) = 0\\
M_{x=300} = 0 &: \frac{1}{4.0{,}0239}\,(-0{,}0001\,V_1 + 0{,}0089\,V_2 - 0{,}1295\,V_3 + \\
&\qquad + V_4 - 0{,}0001\,D'_0 + D_1') + 0{,}0002\,M'_0 - \frac{M_1'}{2} = 0\\
D_{x=300} = 0 &: -\tfrac{1}{2}\,(0{,}0004\,V_1 + 0{,}0006\,V_2 - 0{,}0669\,V_3 + V_4 + \\
&\qquad + 0{,}0004\,D'_0 - D'_1 + 0{,}0011.0{,}0239\,M'_0 + 0{,}0239\,M'_1) = 0
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 33)$$

Deze vergel. stellen voor de voorwaarden dat M en D aan de uiteinden nul zijn. Volgens Timoshenko (blz. 20) mag voor $\beta\,l > 5$ de invloed van een kracht aan het ene uiteinde op het ander eind worden verwaarloosd.

In ons geval is $\beta\,l = 0{,}0239\,.\,300 = 7{,}17$.

We laten hier dus deze regel gelden waardoor de vergelijkingen gemakkelijk zijn op te lossen; zij luiden nu :

$$\left.\begin{aligned}
V_1 - 0{,}1295\,V_2 + 0{,}0089\,V_3 + D'_0 + 0{,}0478\,M'_0 &= 0\\
V_1 - 0{,}0669\,V_2 + 0{,}0006\,V_3 + D'_0 - 0{,}0239\,M'_0 &= 0\\
0{,}0089\,V_2 - 0{,}1295\,V_3 + V_4 + D'_1 - 0{,}0478\,M'_1 &= 0\\
0{,}0006\,V_2 - 0{,}0669\,V_3 + V_4 - D'_1 + 0{,}0239\,M'_1 &= 0
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 33')$$

Opgelost wordt dit :

$$\left.\begin{aligned} M'_0 &= -\,83,682\ V_1 + 8,218\ V_2 - 0,3975\ V_3 \\ D'_0 &= 3\ V_1 - 0,2633\ V_2 + 0,0101\ V_3 \\ M'_1 &= 0,3975\ V_2 - 8,218\ V_3 + 83,682\ V_4 \\ D'_1 &= 0,0101\ V_2 - 0,2633\ V_3 + 3\ V_4 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 34)$$

De verplaatsingen worden weer (zie *tabel II*)

Belastingsgeval A :

$$\left.\begin{aligned} Y\,V_1 &= \frac{\beta'}{2k'}\,(V_1 - 0,0042\ V_2 - 0,0078\ V_3 + 0,0011\ V_4) \\ Y\,V_2 &= \frac{\beta'}{2k'}\,(-\,0,0042\ V_1 + V_2 - 0,0042\ V_3 - 0,0078\ V_3) \\ Y\,V_3 &= \frac{\beta'}{2k'}\,(-\,0,0078\ V_1 - 0,0042\ V_2 + V_3 - 0,0042\ V_4) \\ Y\,V_4 &= \frac{\beta'}{2k'}\,(0,0011\ V_1 - 0,0078\ V_2 - 0,0042\ V_3 + V_4) \end{aligned}\right. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 35)$$

Belastingsgeval B :

$$\left.\begin{aligned} Y\,V_1 &= \frac{\beta'}{2k'}\,D'_0 \\ Y\,V_2 &= \frac{\beta'}{2k'}\,(-\,0,0042\ D'_0) \\ Y\,V_3 &= \frac{\beta'}{2k'}\,(-\,0,0078\ D'_0) \\ Y\,V_4 &= \frac{\beta'}{2k'}\,(0,0011\ D'_0) \end{aligned}\right. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 36)$$

Belastingsgeval C :

$$\left.\begin{aligned} Y\,V_1 &= \frac{\beta'}{2k'}\,(0,0011\ D'_1) \\ Y\,V_2 &= \frac{\beta'}{2k'}\,(-\,0,0078\ D'_1) \\ Y\,V_3 &= \frac{\beta'}{2k'}\,(-\,0,0042\ D'_1) \\ Y\,V_4 &= \frac{\beta'}{2k'}\,D'_1 \end{aligned}\right. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 37)$$

Belastingsgeval D :

$$\left.\begin{aligned} Y\,V_1 &= 0 \\ Y\,V_2 &= 0,0627\ M'_0\,\frac{\beta'^2}{2k'} \\ Y\,V_3 &= -\,0,0084\ M'_0\,\frac{\beta'^2}{2k'} \\ Y\,V_4 &= 0,0006\ M'_0\,\frac{\beta'^2}{2k'} \end{aligned}\right. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 38)$$

Belastingsgeval E :

$$\left.\begin{aligned} Y\,V_1 &= -\,0,0006\ M'_1\,\frac{\beta'^2}{2k'} \\ Y\,V_2 &= +\,0,0084\ M'_1\,\frac{\beta'^2}{2k'} \\ Y\,V_3 &= -\,0,0627\ M'_1\,\frac{\beta'^2}{2k'} \\ Y\,V_4 &= 0 \end{aligned}\right. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 39)$$

Superpositie levert de totale verplaatsingen van de binnenplaat :

$$\left.\begin{aligned} Y\,V_1 &= \frac{\beta'}{2k'}\,[V_1 - 0,0042\ V_2 - 0,0078\ V_3 + 0,0011\ V_4 + D'_0 + \\ &\quad + 0,0011\ D'_1 - 0,006\ .\ 2\ .\ \beta'\ M_1'] \\ Y\,V_2 &= \frac{\beta'}{2k'}\,[-\,0,0042\ V_1 + V_2 - 0,0042\ V_3 - 0,0078\ V_4 - \\ &\quad - 0,0042\ D'_0 - 0,0078\ D'_1 + 2\ .\ \beta'\ (+\,0,0627\ M'_0 + 0,0084\ M'_1] \\ Y\,V_3 &= \frac{\beta'}{2k'}\,[-\,0,0078\ V_1 - 0,0042\ V_2 + V_3 - 0,0042\ V_4 - \\ &\quad 0,0078\ D'_0 - 0,0042\ D'_1 - 2\ .\ \beta'\ (0,0084\ M'_0 + 0,0627\ M'_1] \\ Y\,V_4 &= \frac{\beta'}{2k'}\,[0,0011\ V_1 - 0,0078\ V_2 - 0,0042\ V_3 + V_4 + \\ &\quad + 0,0011\ D'_0 + D'_1 + 2\ .\ \beta'\ (0,0006\ M'_0)] \end{aligned}\right. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 40)$$

Na invullen der gevonden waarden voor M'_0, D'_0, M'_1 en D'_1 en β' en k' wordt : (zie 25), 26), 27) en 34).

$$\left.\begin{aligned} Y\,V_1 &= 0,05752\ V_1 - 0,00384665\ V_2 + 0,000032298\ V_3 + 0,00002876\ V_4 \\ Y\,V_2 &= -\,0,003848\ V_1 + 0,01475\ V_2 - 0,00009605\ V_3 + 0,00003451\ V_4 \\ Y\,V_3 &= 0,00003451\ V_1 - 0,00009605\ V_2 + 0,01475\ V_3 - 0,003848\ V_4 \\ Y\,V_4 &= 0,00002876\ V_1 + 0,000032298\ V_2 - 0,00384665\ V_3 + 0,05752\ V_4 \end{aligned}\right. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 40')$$

We hebben nu dus de verplaatsingen van buiten- en binnenplaat ter plaatse van de ringen uitgedrukt in de nog onbekende P's en V's.
Voor de ringen zullen we thans hetzelfde doen.

§ 6. *Ringen.*

Ook de ringen worden belast door een radiaal symmetrische belasting.

Daar de dikte van een ring klein is t.o.v. de overige afmetingen, kunnen we de spanningen in axiale richting verwaarlozen.

Eenvoudigheidshalve nemen we deze ringdikte gelijk aan 1.

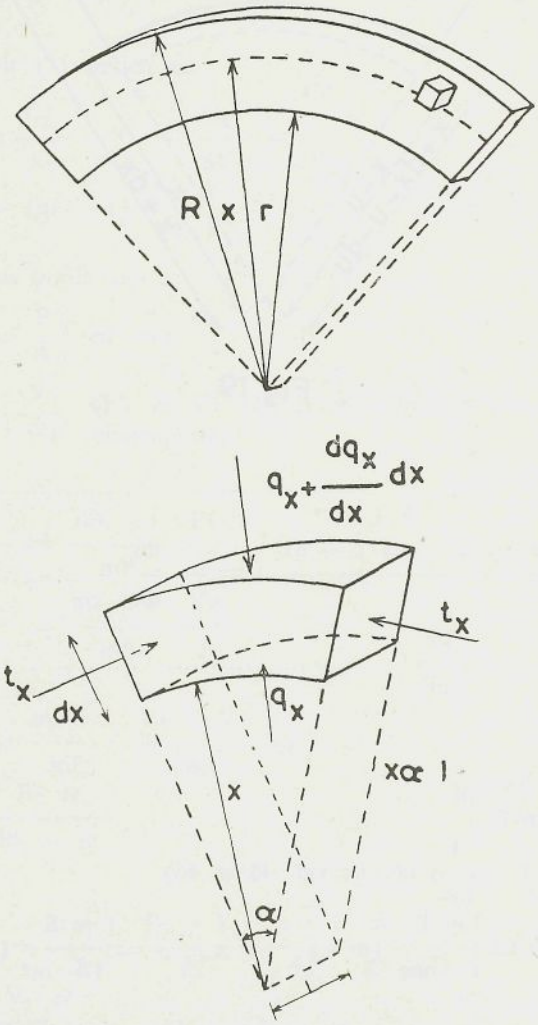


Fig. 18

We beschouwen een cirkel met een straal x, en veronderstellen dat deze cirkel onder invloed van de belasting verkleint tot een cirkel met straal (x — u) ..... 41)

Neem verder een elementje op deze cirkel gelegen (zie *fig. 18*).

Uit het evenwicht volgt :

$$2t_x \sin \tfrac{1}{2} \alpha \, dx.1 + q_x \,.\, 1 \,.\, 1 = (q_x + \frac{dq_x}{dx} dx)\, 1\, (x + dx) \frac{1}{x}$$

$$2t_x \,.\, \frac{1}{2x} dx + q_x = (q_x + \frac{dq_x}{dx} dx)\, (1 + \frac{dx}{x})$$

$$\frac{t_x}{x} dx = \frac{q_x}{x} dx + \frac{dq_x}{dx} dx$$

$$\therefore \frac{dq_x}{dx} = t_x - q_x \quad \text{..... 42)}$$

Voor de specifieke lengteveranderingen in tangentiële en radiale richting vinden we resp.

$$\varepsilon_{t_x} = -\frac{t_x}{E} + \frac{q_x}{mE} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 43) \qquad \varepsilon_{r_x} = -\frac{q_x}{E} + \frac{t_x}{mE} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 44)$$

Verder is (zie *fig. 19*).

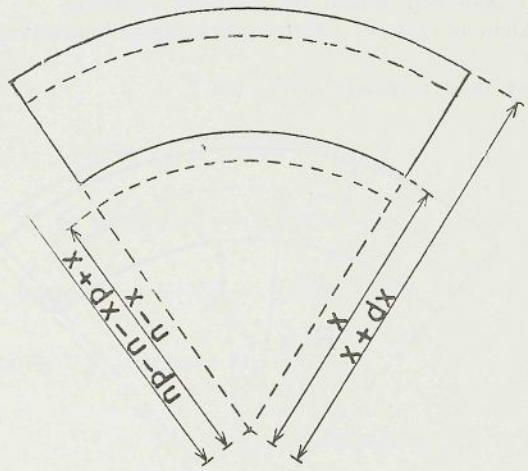


Fig. 19

$$\varepsilon_{t_x} = \frac{2\pi\,(x - u) - 2\pi\,x}{2\pi x} = -\frac{u}{x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 45)$$

$$\varepsilon_{r_x} = \frac{\{x + dx - u - du - (x - u)\} - dx}{dx} = -\frac{du}{dx} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 46)$$

Uit 43) volgt : $\dfrac{tx}{E} = -\varepsilon_{t_x} + \dfrac{q_x}{mE}$ ..... 43a)

ingevuld in 44) levert dit :

$$\varepsilon_{r_x} = -\frac{q_x}{E} - \frac{\varepsilon_{t_x}}{m} + \frac{q_x}{m^2E} \quad \text{of}$$

$$\varepsilon_{r_x} = -\frac{\varepsilon_{t_x}}{m} + \frac{q_x}{E}\left(-1 + \frac{1}{m^2}\right) \quad \text{of (zie vgl. 45 en 46)}$$

$$q_x = \frac{m^2E}{1 - m^2}\left(\varepsilon_{r_x} + \frac{\varepsilon_{t_x}}{m}\right) = \frac{m\,E}{1 - m^2}\left(m\,\varepsilon_{r_x} + \varepsilon_{t_x}\right) = \frac{m\,E}{1 - m^2}\left(-m\frac{du}{dx} - \frac{u}{x}\right) \quad \ldots\ldots \quad 47)$$

Substitueren in 43a) levert :

$$\frac{t_x}{E} = \frac{m}{1 - m^2}\left(m\,\varepsilon_{t_x} + \varepsilon_{r_x}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 48)$$

Uit 47) volgt nog :

$$\frac{dq_x}{dx} = \frac{mE}{1 - m^2}\left(-m\frac{d^2u}{dx^2} - \frac{x\dfrac{du}{dx} - u}{x^2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 49)$$

47), 48) en 49) gesubstitueerd in 42) :

$$\frac{m\,E}{1 - m^2}\left(-mx\frac{d^2u}{dx^2} - \frac{x\dfrac{du}{dx} - u}{x}\right) = \frac{m\,E}{1 - m^2}\left(-m\frac{u}{x} - \frac{du}{dx}\right) + \frac{m\,E}{1 - m^2} \times$$

$$\left(m\frac{du}{dx} + \frac{u}{x}\right) - mx\frac{d^2u}{dx^2} - \frac{du}{dx} + \frac{u}{x} = -m\frac{u}{x} - \frac{du}{dx} + m\frac{du}{dx} + \frac{u}{x}.$$

$$x \frac{d\,u}{dx^2} + \frac{du}{dx} - \frac{u}{x} = 0 \text{ of}$$

$$\boxed{x^2 \frac{d^2u}{dx^2} + x \frac{du}{dx} - u = 0} \quad \ldots\ldots 50)$$

De algemene oplossing van deze differentiaalvergelijking is :

$$u = C_1 x + \frac{C_2}{x} \quad \ldots\ldots 51)$$

$$\frac{du}{dx} = C_1 - \frac{C_2}{x^2}$$ Uit 47) vinden we ;

$$q_x = \frac{mE}{1 - m^2} \left(- mC_1 + m \frac{C_2}{x^2} - C_1 - \frac{C_2}{x^2}\right) =$$

$$= \frac{mE}{m^2 - 1} \left\{ (m + 1)\, C_1 - (m - 1) \frac{C_2}{x^2} \right\} \quad \ldots\ldots 52)$$

Als de dikte van ring i is d_i, dan wordt voor

$x = R$: $\quad q_R = \frac{P_i}{d_i}$ en voor

$x = r$: $\quad q_r = \frac{V_i}{d_i}$ (P_i en V_i zijn de tussendrukken tussen ring i en de buiten- resp. binnenplaat).

Ingevuld in 52) levert dit :

$$(m + 1)\, C_1 - (m - 1) \frac{C_2}{R^2} = \frac{m^2 - 1}{mE} \frac{P_i}{d_i}$$

$$(m + 1)\, C_1 - (m - 1) \frac{C_2}{r^2} = \frac{m^2 - 1}{mE} \frac{V_i}{d_i} \quad \ldots\ldots 521)$$

Hieruit volgt :

$$(m - 1)\, C_2 \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2}\right) = \frac{m^2 - 1}{mE} \frac{P_i - V_i}{d_i} \text{ en}$$

$$C_2 = \frac{P_i - V_i}{d_i} \frac{m + 1}{mE} \frac{R^2\, r^2}{R^2 - r^2} \quad \ldots\ldots 53)$$

Zo ook :

$$(m + 1)\, C_1 = \frac{m^2 - 1}{mE} \frac{P_i}{d_i} + \frac{m - 1}{R^2} \frac{P_i - V_i}{d_i} \frac{m + 1}{mE} \frac{R^2\, r^2}{R^2 - r^2} \text{ waaruit}$$

$$C_1 = \frac{m - 1}{mE} \frac{1}{d_i} \frac{P_i\, R^2 - V_i\, r^2}{R^2 - r^2} \quad \ldots\ldots 54)$$

Na invullen der verschillende waarden wordt :

$$C_2 = \frac{4}{3.2.10^6} \frac{2000^2 \,.\, 1900^2}{2000^2 - 1900^2} \frac{P_i - V_i}{d_i} \text{ of}$$

$$C_2 = 24{,}6838 \frac{P_i - V_i}{d_i} \quad \ldots\ldots 55)$$

$$C_1 = \frac{2}{3.2.10^6.} \frac{i}{d_i} \frac{4P_1 - 3{,}61\, V_i}{0{,}39} \text{ of}$$

$$C_1 = 0{,}8547 \frac{4P_i - 3{,}61\, V_i}{d_i} 10^{-6} \quad \ldots\ldots 56)$$

Uit 11) volgt :

$$u = 0{,}8547.10^{-6}\, x \frac{4\, P_i - 3{,}61\, V_1}{d_1} + \frac{24{,}6838}{x} \frac{P_i - V_i}{d_i} \frac{P_i - V_i}{d_i}$$

Dus voor $x = R = 2000$ cm :

$$u_R = 1{,}7094.10^{-3} \frac{4\,P_i - 3{,}61\,V_i}{d_i} + 12{,}3419.10^{-3} \frac{P_i - V_i}{d_i} \text{ of}$$

$$u_R = \frac{19{,}1795\,P_i - 18{,}312834\,V_i}{d_i} \,.\, 10^{-3}$$

Evenzo voor $r = 1900$ cm :

$$u_r = 1{,}62393.10^{-3} \frac{4\,P_i - 3{,}61\,V_i}{d_i} + 12{,}9915 \,.\, 10^{-3} \,.\, \frac{P_i - V_i}{d_i} \text{ of}$$

$$u_r = \frac{19{,}48722\,P_i - 18{,}85388\,V_i}{d_i} \,.\, 10^{-3}.$$

Voor $d_i = 1{,}5$ cm wordt :

$u_R = (12{,}7863\,P_i - 12{,}34189\,V_i)\,10^{-3}$

$u_r = (12{,}99148\,P_i - 12{,}56926\,V_i)\,10^{-3}$

voor $d_i = 2$ cm wordt :

$u_R = (9{,}5898\,P_i - 9{,}256417\,V_i)\,10^{-3}$

$u_r = (9{,}74361\,P_i - 9{,}42695\,V_i)\,10^{-3}$ ..... 58)

Hiermee zijn dus nu ook de verplaatsingen der ringen uitgedrukt in de P's en de V's. Door gelijkstelling van deze aan de plaat-verplaatsingen krijgen we de acht vergelijkingen, waaruit de krachten P en V zijn op te lossen.

De vergelijkingen worden :

$$\begin{aligned}
&-0{,}012991\,P_1 + 0{,}070089\,V_1 - 0{,}003847\,V_2 + 0{,}000032\,V_3 + 0{,}000029\,V_4 = 0\\
&-0{,}012991\,P_2 - 0{,}003848\,V_1 + 0{,}027319\,V_2 - 0{,}000096\,V_3 + 0{,}000035\,V_4 = 0\\
&-0{,}009744\,P_3 + 0{,}000035\,V_1 - 0{,}000096\,V_2 + 0{,}024177\,V_3 - 0{,}003848\,V_4 = 0\\
&-0{,}009744\,P_4 + 0{,}000029\,V_1 + 0{,}000032\,V_2 + 0{,}003847\,V_3 + 0{,}066947\,V_4 = 0\\
&-0{,}028388\,P_1 - 0{,}000041\,P_2 + 0{,}000150\,P_3 - 0{,}000020\,P_4 + 0{,}012342\,V_1 + 0{,}26667 = 0\\
&-0{,}000041\,P_1 - 0{,}028386\,P_2 - 0{,}000041\,P_3 + 0{,}000151\,P_4 + 0{,}012342\,V_2 + 0{,}400000 = 0\\
&+0{,}000150\,P_1 - 0{,}000041\,P_2 - 0{,}025191\,P_3 - 0{,}000022\,P_4 + 0{,}009256\,V_3 + 0{,}533333 = 0\\
&-0{,}000020\,P_1 + 0{,}000151\,P_2 - 0{,}000022\,P_3 - 0{,}025618\,P_4 + 0{,}009256 + 0{,}666667 = 0
\end{aligned} \qquad 59)$$

Hieruit vinden we :

$P_1 = 10{,}544.895$ kg/cm²	$V_1 = 2{,}44047$ kg/cm².
$P_2 = 18{,}093778$ „	$V_2 = 8{,}98017$ „
$P_3 = 25{,}196871$ „	$V_3 = 10{,}92984$ „
$P_4 = 27{,}796815$ „	$V_4 = 4{,}668239$ „

Hiermee zijn dus de tussendrukken tussen buiswanden en ringen gevonden.

We zullen nu de spanningen in de verschillende constructiedelen bepalen.

Daartoe hebben we nog nodig ondervolgende waarden :

$P_1 - V_1 = 8{,}104.425$	$4\,P_1 - 3{,}61\,V_1 = 33{,}369.483$
$P_2 - V_2 = 9{,}113.608$	$4\,P_2 - 3{,}61\,V_2 = 39{,}956.698$
$P_3 - V_3 = 14{,}267.031$	$4\,P_3 - 3{,}61\,V_3 = 61{,}133.076$
$P_4 - V_4 = 23{,}128.576$	$4\,P_4 - 3{,}61\,V_4 = 94{,}433.492$

§ 7. *Beplating.*

Voor de beide beplatingen wordt de vergelijking van de doorbuigingen bepaald, en daarna deze doorbuiging in verschillende punten berekend.

Deze doorbuigingen zijn tevens een maat voor de tangentiële spanningen.

Voor dezelfde punten zijn hierna de buigende momenten berekend.

Na invullen van de gevonden waarden voor P en V bepalen we de grootte van M_0, D_0, M_1' en D_1' (zie vg. 15) en 34). Dit wordt dan :

$M_0 = -4{,}629031$ kg cm/cm	$M_1 = 230{,}941752$ kg cm/cm
$D_0 = 0{,}119.936$ kg/cm	$D_1 = -10{,}72507$ kg/cm
$M'_0 = 134{,}768985$ kg cm/cm	$M'_1 = 304{,}395768$ kg cm/cm
$D'_0 = 5{,}067.323$ kg/cm	$D'_1 = 11{,}217590$ kg/cm

Thans kan de spanningsverdeling in de beplating worden bepaald.

De benodigde coëfficiënten zijn reeds verzameld in *tabel I* en *II*.

§ 8. *Buitenplaat.*

Uit de formules 16) en 17) volgt voor de verplaatsing y_x van een punt op afstand x van de gekozen oorsprong :

$$y_x = \frac{\alpha x}{k} - \frac{\beta}{2k} [D_0 \varphi (\beta x) + P_1 \varphi \{\beta (x-200)\} + P_2 \varphi \{\beta (x-300)\} + P_3 \varphi \{\beta (x-400)\} + P_4 \varphi \{\beta (x-500)\} + D_1 \varphi \{\beta (x-600)\} + 2M_0 \beta \{\zeta \beta (x)\} + 2M_1 \beta \zeta \{\beta (x-600)\}]$$

Evenzo vinden we de momenten volgens :

$$M_x = \frac{1}{4\beta} [D_0 \psi (\beta x) + P_1 \psi \{\beta (x-200)\} + P_2 \psi \{\beta (x-300)\} + P_3 \psi \{\beta (x-400)\} + P_4 \psi \{\beta (x-500)\} + D_1 \psi \{\beta (x-600)\} + 2 \beta M_0 . \Theta (\beta x) + 2 \beta M_1 \Theta \{\beta (x-600)\}]$$

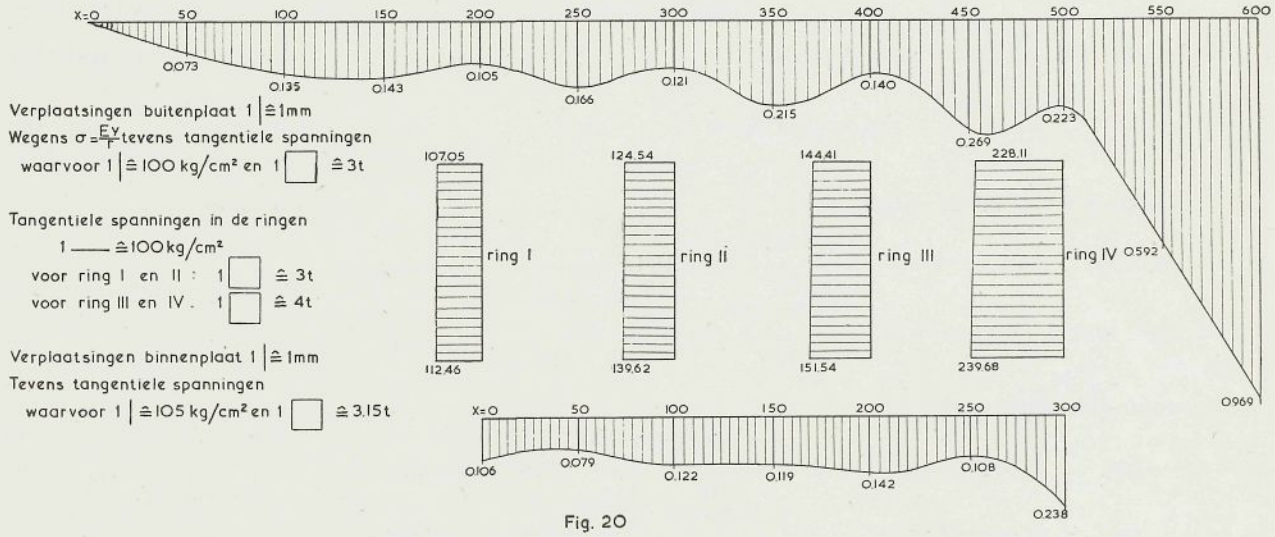


Fig. 20

Voor een aantal punten zijn nu deze verplaatsingen en momenten berekend en verzameld in onderstaande *tabel III.* De verplaatsingen zijn bovendien getekend in *fig. 20.* Daar de tangentiële spanningen evenredig zijn met de verplaatsingen, geeft *fig. 20* tevens op een zekere schaal de grootte dezer spanningen.

Tabel III. Verplaatsingen en momenten buitenplaat in cm resp. kg cm/cm

x	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
y	+0.0007	—0,0729	—0,1353	—0,1434	—0,1046	—0,1660	—0,1206	—0,2150	—0,1399	—0,2693	—0,2232	—0,5916	—0,9696
M	+0,0001	—2,3713	—13,5973	—21,6552	+88,7946	—54,6605	+144,041	—82,094	+202,39	—97,281	+279,281	—20,3950	—37,1190

§ 9. *Binnenplaat.*

Op dezelfde wijze als voor de buitenplaat worden de verplaatsingen en momenten in de binnenplaat bepaald. Hier geldt :

$$y_x = \frac{\beta'}{2k'} [(V_1 + D'_0) \varphi (\beta' x) + V_2 \varphi \{\beta' (x-100)\} + V_3 \varphi \{\beta' (x-200)\} + (V_4 + D'_1) \varphi \{\beta (x-300)\} + 2M'_0 \beta \zeta (\beta' x) + 2M'_1 \beta \zeta \{\beta' (x-300)\}]$$

en

$$M_x = \frac{1}{4 \beta'} [(V_1 + D'_0) \psi (\beta' x) + V_2 \psi \{\beta' (x-100)\} + V_3 \psi \{\beta' (x-200)\} + (V_4 + D'_1) \psi \{\beta' (x-300)\} + 2M'_0 \beta \Theta (\beta' x) + 2M'_1 . \beta \Theta \{\beta' (x-300)\}]$$

Enkele berekende waarden zijn weer opgenomen in onderstaande *tabel IV*, terwijl de verplaatsingen getekend zijn in *fig. 20.*

Tabel IV. Verplaatsingen en momenten binnenplaat in cm. resp. kg cm/cm

x	0	50	100	150	200	250	300
y	0,1063	0,0793	0,1222	0,1185	0,1425	0,1081	0,2268
M	0	— 38,42	+ 74,90	— 32,30	+ 91,50	— 65,86	0

§ 10. *Ringen.*

We berekenen tenslotte nog m.b.v. de afgeleide formules verschillende waarden voor de ringen.

RING I.

$$C_2 = 24{,}6838 . \frac{8{,}104.425}{1{,}5} = 133{,}365.337 \quad \text{(vergel. 55)}$$

$$C_1 = 0{,}8547 \frac{33{,}369483}{1{,}5} = 19{,}013.931.10^{-6} \quad \text{(vergel. 56)}$$

De verplaatsingen volgen uit vergel. 51) :

$$u_R = 19{,}01931 . 2000.10^{-6} + \frac{133{,}365337}{2000} = 0{,}1047 \text{ cm}$$

$$u_r = 19{,}013931 . 1.900.10^{-6} + \frac{133{,}365337}{1900} = 0{,}1063 \text{ cm}$$

Verder wordt (zie vergel. 52)

$$q_R = \frac{3}{4} 10^6 . \left\{ 76{,}055724.10^{-6} - 2 \frac{133{,}365337}{4.10^6} \right\} = 7{,}029791 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_r = \frac{3}{4} 10^6 \left\{ 76{,}055724.10^{-6} - 2 \frac{133{,}365337}{3.61.10^6} \right\} = 1{,}626.833 \text{ kg/cm}^2$$

en

$$t_R = \frac{3}{4} (76{,}055724 + 66{,}682669) = 107{,}053794 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_r = \frac{3}{4} (76{,}055 + 73.886613) = 112{,}456753 \text{ kg/cm}^2$$

RING II

Op dezelfde manier vinden we :

$$C_2 = 24{,}6838 \frac{9{,}113.608}{1{,}5} = 149{,}972.318$$

$$C_1 = 0{,}8547 \frac{39{,}956.698}{1{,}5} = 22{,}767.327$$

$$u_R = 22{,}767327.2000 + \frac{149{,}972.318}{2000} = 0{,}1205 \text{ cm}$$

$$u_r = 22{,}767327.1900 + \frac{149{,}972.318}{1900} = 0{,}122191 \text{ cm}$$

$$q_R = \frac{3}{4} (91{,}069308 - 2 \frac{149{,}972318}{4}) = 12{,}062.362 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_r = \frac{3}{4} (91{,}069308 - 2 \frac{149{,}972318}{3{,}61}) = 5{,}986.613 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_R = \quad = 124{,}54160 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_r = \quad = 130{,}61735 \text{ kg/cm}^2$$

RING III

$$C_2 = 24{,}6838 \cdot \frac{14{,}267031}{2} = 176{,}082.282$$

$$C_1 = 0{,}8547 \cdot \frac{61{,}133.076}{2} = 26{,}125220$$

$$u_R = 26{,}125220 \cdot 2000 + \frac{176{,}082282}{200} = 0{,}14029 \text{ cm}$$

$$u_r = 26{,}125220 \cdot 1900 + \frac{176{,}082282}{1900} = 0{,}14231 \text{ cm}$$

$$q_R = \frac{3}{4}\left(104{,}50088 - \frac{176{,}682282}{2}\right) = 12{,}344.805 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_r = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 5{,}211278 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_R = 144{,}407 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{en} \quad t_r = 151{,}540.043 \text{ kg/cm}^2$$

RING IV

$$C_2 = 24{,}6838 \frac{23{,}128576}{2} = 285{,}4506$$

$$C_1 = 0{,}8547 \frac{94.433492}{2} = 40{,}35615$$

$$u_R = 40.35615 \cdot 2000 + \frac{285{,}4506}{2000} = 0{,}22344 \text{ cm}$$

$$n_r = 40.35615 \cdot 1900 + \frac{285{,}4506}{1900} = 0{,}2497 \text{ cm.}$$

$$q_R = \frac{3}{4}\left(161{,}425 - 2\,\frac{285{,}4506}{4}\right) = 14{,}025 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_r = \frac{3}{4}(161{,}425 - 158{,}144) = 2{,}46 \text{ kg/cm}$$

$$t_R = \frac{3}{4}(304{,}15) = 228{,}1125 \text{ kg/cm}^2 \text{ en } t_r = 239{,}6768 \text{ kg/cm}^2$$

Conclusies.

We zien uit de verkregen resultaten dat de verplaatsingen van de beplatingen zeer goed overeenstemmen met die van de ringen. Verder volgt, na omwerking uit de grafieken van *fig. 20*, dat de totale tangentiële krachten voor de verschillende constructiedelen worden:

a.	buitenplaat	200 ton
b.	ring I + ring II	35 ton
c.	ring III + ring IV	76 ton
d.	binnenplaat	54 ton
		365 ton.

Uit de belasting volgt dat deze kracht uitwendig wordt:

$R = 20 \times 1|_2 \times 6 \times 6 = 360$ ton. Het verschil tussen beide waarden zou waarschijnlijk verminderd kunnen worden door voor meer punten de juiste waarden te berekenen.

§ 12. *Opmerkingen.*

1*e*. De krachtsverdeling in een constructie volgens het gekozen schema zal gunstiger zijn dan hier berekend, omdat

a. de verbinding tussen ringen en beplating niet scharnierend doch geheel of gedeeltelijk ingeklemd zal zijn afhankelijk van de constructiemethode. De berekening blijft voor dat geval in principe dezelfde, doch het aantal onbekenden wordt met acht vermeerderd, zodat dan dus 16 vergelijkingen met 16 onbekenden zouden moeten worden opgelost.

b. de buitenplaat aan de onderzijde een aanslag zal moeten vinden tegen de drempel.

2*e*. Ter contrôle op plooigevaar werd de onderste strook van de buitenplaat beschouwd als een aan één lange zijde ingeklemde lange plaat, belast door een gelijkmatige verdeelde belasting in het plaatvlak. Bij deze globale contrôle bleek dat plooigevaar aanwezig is. Door het aanbrengen van horizontale of verticale verstijvingen is dit gevaar wel te ondervangen. Een volledige contrôle voor dit plooigevaar vergt echter een berekening op zichzelf.

3*e*. Bovenstaande berekening heeft niet de pretentie de problemen rond de ontworpen constructievorm geheel op te lossen. Slechts is aangegeven hoe in een voorkomend geval de berekening opgezet zou kunnen worden.

Het gebruik van de betonhamer van Schmidt - B.B.R. in West Java

door
ir P. Tool.

Sinds enige jaren is ook in Indonesia de betonhamer van Schmidt-B.B.R. (modellen 1 en 2) geen onbekende op bouwwerken waar constructies in gewapend beton worden uitgevoerd.*) Dit is begrijpelijk, omdat het werken met dit instrument de hierna te noemen voordelen oplevert boven de conventionele contrôle middels betonkuben :

1. Men beproeft constructie-beton en niet het beton van een kubus, dat, alhoewel het meestal dezelfde samenstelling heeft, toch een afwijkende dichtheid en een ander verhardingsbeeld zal vertonen. (Een toevallige of opzettelijke afwijking in de betonsamenstelling is geen zeldzaamheid, omdat men veelal geneigd is voor proefkuben een betere specie te nemen).
2. Het drukken van kuben is in feite niet meer dan een steekproef, terwijl men met de betonhamer in korte tijd een ongelimiteerd aantal onderzoekingen kan verrichten, waarbij men dus tevens de spreiding der resultaten kan bepalen.
3. De betonconstructie wordt niet beschadigd.
4. De spreiding in de resultaten van de betonhamer is niet groter dan de spreiding bij het drukken der kuben.
5. Men kan in twijfelgevallen altijd aan de hand van enkele proefkuben de betrekking tussen de repulswaarde en de kubusvastheid bepalen.

Zoals bekend meet men met het apparaat de afstand, die een stalen cylindertje, dat middels een stalen veer tegen een betonvlak wordt geschoten, na de botsing aflegt : de repulswaarde R. Deze R-waarde wordt gemeten langs een schaal, waarna men uit een tabel of grafiek de vermoedelijke druksterkte van het beton kan aflezen.

De Zwitserse constructeurs van deze hamer hebben in het Laboratorium van de EMPA te Zürich in 1951 aan de hand van 550 kubus-proeven een dergelijke grafiek opgesteld voor model 1 (vide figuur 1) en in 1953 aan de hand van 700 kubus-proeven eveneens voor model 2 (vide figuur 2).

Deze lijnen zijn, mits het beproefde onderdeel niet onder spanning staat, uitsluitend geldig voor beton, dat met Zwitserse toeslagstoffen uit groeven ten Noorden van de Alpen, alsmede met cement van Zwitsers fabrikaat wordt vervaardigd.

Het cementpercentage, de korrelverdeling, de grootste diameter van het zand — grind—mengsel en de water — cement factor hebben, mits het beton goed verdicht is, practisch geen invloed op de repulswaarde. Het is voorts belangrijk te weten, dat de EMPA-kuben gedurende 7 — 90 dagen werden opgeslagen in lucht met een relatieve vochtigheid van 90%.

Proeven met materialen uit een ander deel van Zwitserland toonden aan, dat de drukvastheden lager waren dan men volgens de EMPA-grafiek zou mogen verwachten. Het is dus mogelijk, dat dit ook voor niet-Zwitserse materialen het geval zal zijn en met name voor sommige materialen hier ter lande, i.c. West Java.

Dit betekent, dat de in elke gebruiksaanwijzing opgenomen EMPA-lijn niet zonder nadere overweging mag worden toegepast en dat men dus de beschikking moet hebben over plaatselijk geldende gegevens.

Voor zover bekend, zijn deze gegevens hier ter lande nog niet verzameld, zodat men bij gebrek aan betere informatie, is aangewezen op publicaties uit andere landen.

Bij bestelling vanuit Nederland ontvangt men een tabel met de aanduiding „Nederlandse Spoorwegen" (I) en een tabel die afkomstig is van enkele Nederlandse proefstations (II). Deze tabellen geven bij gelijke R-waarden onderling verschillende drukvastheden, terwijl beide lagere waarden geven dan de Zwitserse lijnen.

Teneinde het verschil met een der EMPA-lijnen beter te laten zien zijn beide lijnen in figuur 1 opgenomen.

De gebruiker (hier ter lande) van model 1 zou uit deze lijnen de conclusie kunnen trekken dat hij aan de veilige kant blijft indien hij de lijn I aanhoudt.

Hoe aantrekkelijk deze gedachte moge zijn, zij is niet te verantwoorden zolang geen nader onderzoek heeft plaats gevonden naar het verband tussen de R-waarde en de kubusdruksterkte van beton, dat ter plaatse is vervaardigd.

De instantie die dit onderzoek zou kunnen uitvoeren, de Balai Penjelidikan Bahan[2] te Bandung beschikte indertijd helaas niet over voldoende personeel en tijd om dit onderzoek te entameren, weshalve werd besloten het onderzoek met de adviezen van het Laboratorium en de hulp van enkele aannemers te Bandung zelf ter hand te nemen en wel met het model 1.

De gevolgde procedure was zeer eenvoudig. De aannemers werden verzocht hun medewerking te verlenen, door de proefkuben die zij als routine-contrôle voor hun bouwwerken aanmaken, eerst te laten beschieten en ze daarna te laten drukken.

Het voordeel van deze werkwijze was, dat de kosten vrijwel nihil waren en dat de R-waarden werden gemeten op betonvlakken, die op het werk waren gemaakt.

Het nadeel was, dat men niet kan spreken van een uniforme wijze van vervaardiging en opslag en dat de proefstukken ten gevolge van de niet volkomen vochtige opslag ondanks de soms zeer zuivere mallen, wel niet alle zuivere kuben zullen zijn geweest.

Het beschieten van de kuben geschiedde nadat zij star waren ingeklemd of ondersteund en plaatselijk waren behandeld met de amaryl-slijpsteen op minstens 6 plaatsen per kubusvlak, dat in contact was geweest met de bekisting.

Sommige vlakken waren echter te ongelijk om uit de hand te worden bijgeslepen weshalve zij niet werden beschoten. Het minimum aan R-waarden bedroeg evenwel 12 per kubus. Voor de bepaling van het gemiddel-

*) Voor een beschrijving van het apparaat moge worden verwezen naar de desbetreffende literatuur (o.a. „Cement") en de gebruiksaanwijzing, alsmede de artikelen van het „Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik", Heft 5, 17. Jahrgang 1951.

de werd rekening gehouden met de door de fabrikant aangegeven grenzen.

In totaal werden 23 kuben met een betonsamenstelling 1 : 2 : 3 en 4 kuben met een betonsamenstelling 1 : 1,5 : 2,5 gedrukt, dus totaal 27 stuks.

De kuben werden in het Laboratorium gedrukt met een kartonplaat als tussenlaag. Aangezien zij niet alle op dezelfde dag konden worden beschoten en gedrukt, werden de druksterkten herleid tot op de dag der beschieting middels de grafiek die bij het Laboratorium in gebruik is. Drie kuben werden gedrukt op de 31ste dag na aanmaak, maar beschoten op de 18de dag, hetgeen een correctie van 13% noodzakelijk maakte. Voor de overige kuben bedroeg het herleidingspercentage maximaal 1,5%.

De ouderdom tijdens het drukken varieerde van 11 tot 88 dagen (t.w. 11 dagen (2), 14 dagen (1), 18 dagen (2), 25 dagen (4), 28 dagen (1), 31 dagen (3), 34 dagen (3), 35 dagen (2), 36 dagen (4 stuks 1 : 1,5 : 2,5), 78 dagen (2), 84 dagen (2), 88 dagen (1).

Geheel onafhankelijk van het bovenstaande verrichtte de *Hollandsche Beton Maatschappij* op een van haar werken in Djakarta van Februari 1954 tot en met Augustus 1955 een uitgebreid, maar overigens gelijkvormig onderzoek. Ten behoeve van de keuring der plaatselijke beschikbare materialen werden 397 proefkuben aangemaakt. Voor het onderzoek met de betonhamer werden 121 kuben met een betonsamenstelling 1 : 2 : 3 en 64 kuben met een betonsamenstelling 1 : 1,5 : 2,5, dus totaal 185 stuks, uitgekozen.

Van de eerste groep (1 : 2 : 3) werden 57 stuks een week na vervaardiging gedrukt en 64 stuks na vier weken. Voor de tweede groep (1 : 1,5 : 2,5) luiden deze aantallen respectievelijk 23 en 41.

Het aantal kuben dat tevens beschoten werd bedraagt 140 stuks, te weten :

105 stuks in de eerste groep (1 : 2 : 3) waarvan 47 na een week en 58 na vier weken; 35 stuks in de tweede groep (1 : 1,5 : 2,5) waarvan 12 na een week en 23 na vier weken.

De kuben werden gedrukt met een kartonplaat als tussenlaag en wel op dezelfde dag als de beschieting plaats vond. Aan het grootste deel der gebruikte betonspecie was 20 c.c. Darex per 50 kg. cement toegevoegd.

De beschietingen vonden gedeeltelijk plaats met model 1 en gedeeltelijk met model 2, zodat een splitsing der R-waarden onvermijdelijk is. De resultaten die werden verkregen met model 1 zijn toegevoegd aan de resultaten die in Bandung werden bereikt, t.w. in de eerste groep (1 : 2 : 3) 3 kuben na een week en 9 kuben na vier weken en in de tweede groep (1 : 1,5 : 2,5) 6 kuben na een week en 11 kuben na vier weken, dus totaal 29 stuks.

Behalve het onderzoek in kwestie werd voor 52 kuben in de eerste groep (waarvan 21 stuks na een week) en voor 17 kuben in de tweede groep (waarvan 6 stuks na een week) nagegaan welke de R-waarde was van dat deel der betonconstructie, dat op dezelfde dag was gestort als de betreffende kubus.

Behalve dit totaal van 69 stuks vonden nog 45 aanvullende beschietingen van de constructie plaats, echter zonder vergelijking met de R-waarde op een kubus, maar wel met de drukvastheid, t.w. 16 beschietingen op beton 1 : 2 : 3, waarvan 10 na een week en 6 na vier weken en 29 beschietingen op beton 1 : 1 : 1,5, waarvan 11 na een week en 18 na vier weken.

Ook hier werden beide modellen van de betonhamer gebruikt.

Resultaten

De resultaten welke werden bereikt met model 1 zijn opgenomen in figuur 1. Het betreft hier in totaal 56 waarnemingen, waarvan 35 stuks in de groep 1 : 2 : 3 (23 uit Bandung en 12 uit Djakarta) en 21 stuks in de groep 1 : 1,5 : 2,5 (17 uit Djakarta en 4 uit Bandung).

Voor model 2 luiden de aantallen als volgt : 111 waarnemingen in totaal, waarvan 93 stuks in de groep 1 : 2 : 3 en 18 stuks in de groep 1 : 1,5 : 2,5.

De resultaten zijn weergegeven in figuur 2.

Uit de figuren blijkt, dat de Bandung-cijfers (die de meerderheid vormen in figuur 1) geconcentreerd zijn in het gebied der hogere waarden en de Djakarta-cijfers (figuur 2) in het gebied der lagere waarden. Dit is wellicht te verklaren uit het feit, dat de gemiddelde leeftijd van een Bandung-kubus 38 dagen was en van een Djakarta-kubus 19 dagen, hetgeen betekent dat de drukvastheden in het eerste geval hoger zullen zijn geweest. Het is te betreuren dat de spreiding niet groter is geweest, maar wellicht kunnen de zo noodzakelijke aanvullingen aan dit hiaat worden aangepast.

Voor het onderhavige onderzoek is het verschil in leeftijd en evenzeer de geringe variatie in de betonsamenstelling van ondergeschikte betekenis, weshalve deze differentiatie in de figuren niet tot uiting komt.

De cijfers van de Hollandsche Beton Mij. zijn opgegeven als gemiddelden van beschietingen op meerdere kuben. Dit is in de figuren aangegeven door een cijfer naast de gemiddelde waarde in kwestie.

Uit het bovenstaande moge blijken, dat het aantal EMPA-waarnemingen voor model 1 ongeveer 10 maal zo groot is geweest en voor model 2 ongeveer 6,3 maal. Dit heeft tot gevolg, dat men aan het resultaat der onderhavige waarnemingen en zeker aan de cijfers van model 1 niet een zelfde nauwkeurigheid mag toekennen als aan de EMPA-lijnen.

Aangezien de bedoeling van het onderzoek is geweest met de ter beschikking staande middelen enig inzicht te verkrijgen in het verband tussen de repulswaarden en de kubussterkten, is ondanks het kleine aantal waarnemingen toch getracht een lijn tussen de punten te construeren. Hiertoe zijn evenals door de EMPA is gedaan, drie opeenvolgende repulswaarden samengevoegd.

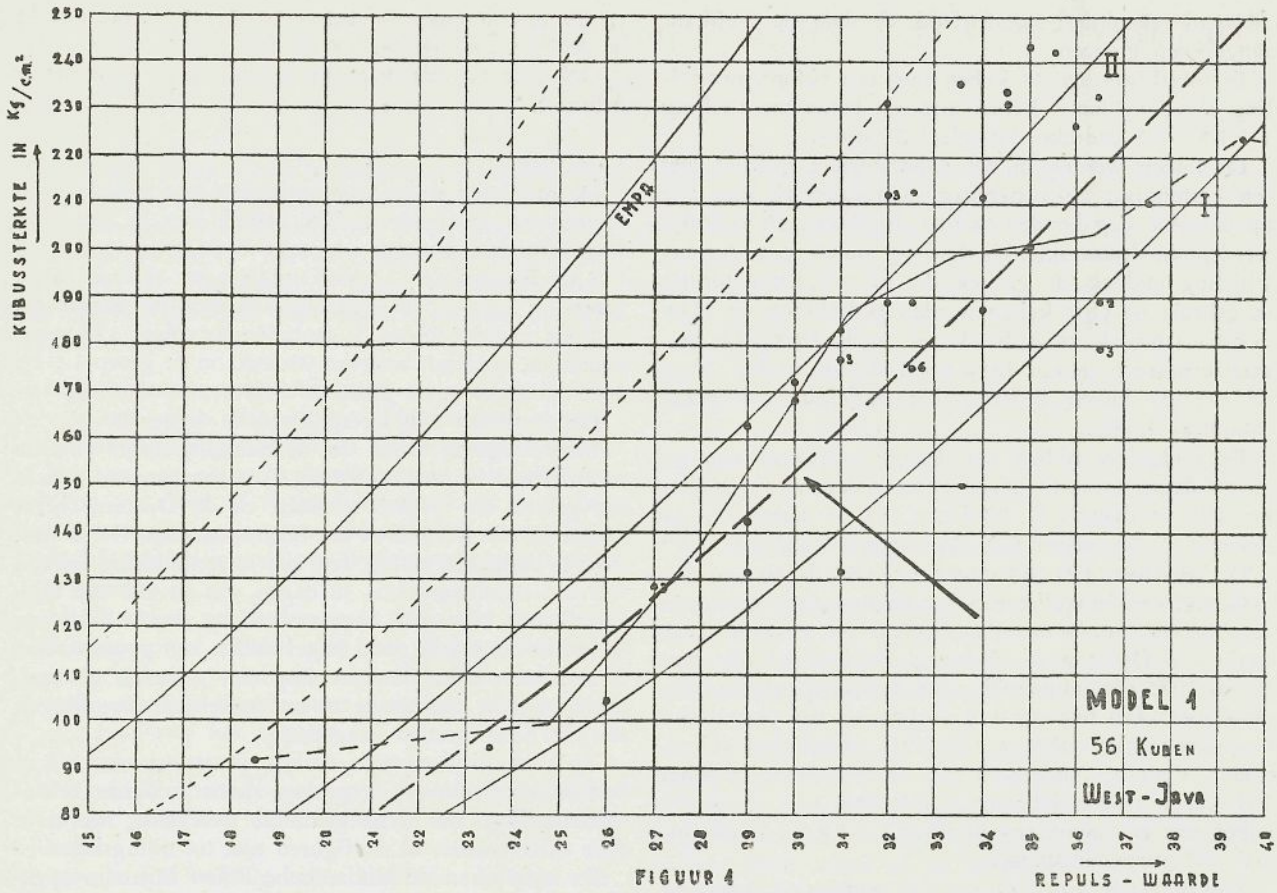
De grenzen van de gemiddelde afwijking zijn, gezien het relatief zeer geringe aantal waarnemingen, niet berekend, zulks in tegenstelling tot de EMPA-lijnen, waar dit gebied is aangegeven door stippellijnen.

Conclusie voor beton van normale samenstelling.

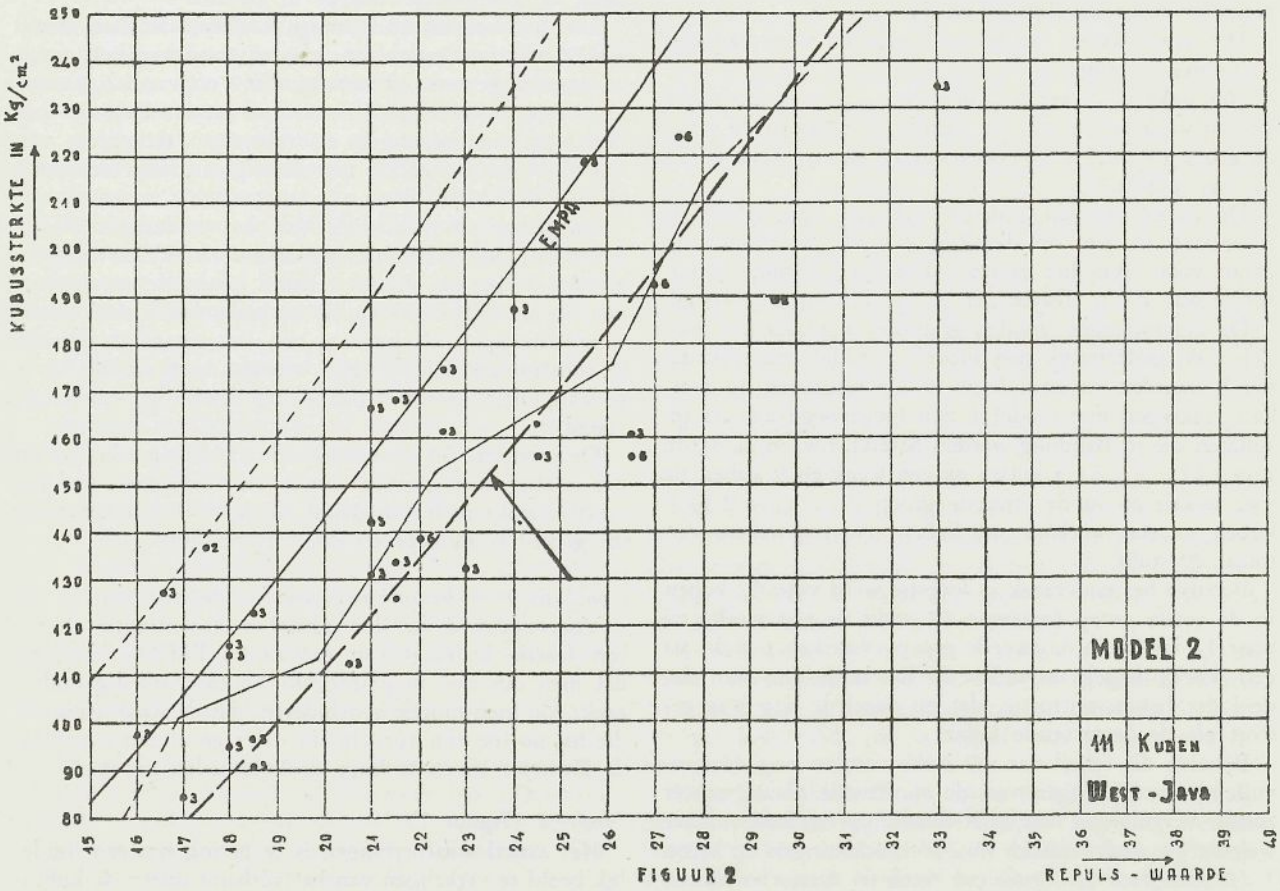
Vooropgesteld dat het aantal waarnemingen slechts een fractie bedraagt van het aantal EMPA-cijfers, en dat men dus niet mag spreken van een volledig onderzoek, zou men mogen concluderen, dat de waarnemingen die tot nu toe zijn verricht, in ieder geval aantonen, dat de Zwiterse lijnen te hoge drukvastheden geven.

Model 1 (figuur 1).

Het aantal waarnemingen is te gering om een duidelijk beeld te verkrijgen van het verband tussen de kubus-



FIGUUR 4



FIGUUR 2

sterkte en de repulswaarde. Vermoedelijk ligt de kromme iets dichter bij lijn I dan bij lijn II, weshalve men de zware stippellijn als gemiddelde zou kunnen beschouwen, met de lijnen II en I respectievelijk als boven- en benedengrens van het spreidingsgebied.

Aangezien model 1 vermoedelijk niet meer in de handel wordt gebracht, is dit deel van het onderzoek in feite van minder betekenis.

Model 2 (figuur 2).

De beneden-grens van het spreidingsgebied der EMPA-waarnemingen vormt vermoedelijk een redelijke aanduiding voor het verband tussen de repulswaarde en de kubussterkte voor beton van normale samenstelling en poriëngehalte, dus mits het niet valt onder de hierna te noemen afwijkingen.

Beton van bijzondere samenstelling

Voor beton met een samenstelling en een poriëngehalte, die afwijken van de normale, alsmede bij het gebruik van toeslagstoffen, die zwakker zijn dan het normale zand en grind, zijn de lijnen uit de figuren 1 en 2 niet geldig. Voor deze gevallen zijn speciale tabellen of grafieken op te stellen.

Hetzelfde geldt voor het beproeven van kleine betonvoorwerpen als tegels, buizen enz.

Zeer jonge, zeer oude en natte beton

Indien de repulswaarde kleiner is dan 15, is de spreiding groter dan door de EMPA aangegeven en het resultaat dus minder betrouwbaar. Om deze reden is de grafiek beperkt tot hogergenoemde waarde. Oude, uitgedroogde beton heeft aan de oppervlakte een hardere mortel dan in het inwendige. Indien deze huid niet kan of mag worden verwijderd verdient het in dit geval aanbeveling de repulswaarde te verminderen met gemiddeld 8 eenheden.

Beton dat enige weken onder water heeft gestaan blijft in verhouding langer zacht, zodat de repulswaarden in dit geval met gemiddeld 3 eenheden mogen worden verhoogd.

Invloed van de betonspanning.

Zoals hoger vermeld, zijn de lijnen in de figuren 1 en 2 (onder verwaarlozing van de krimpspanning in de kubus) uitsluitend geldig voor beton, dat spanningsloos is.

Krimp in groter constructiedelen, eigen gewicht, uitwendige belasting en andere oorzaken, die tot spanningen kunnen leiden, hebben enige invloed op de repulswaarden, weshalve het noodzakelijk is deze zoveel mogelijk te elimineren.

Het gebruik van de hamer tijdens de bouw. In dit geval kunnen krimspanningen tot een minimum worden gereduceerd door de betonconstructie goed vochtig te houden. Het eigen gewicht kan bij een kolom worden uitgeschakeld door de kop te beschieten, zolang de aansluitende balken en/of vloeren nog niet op de kolom rusten, dus zolang laatstgenoemden nog worden gestut en de volgende kolom nog niet is gestort.

Het zelfde geldt voor balken, met dien verstande, dat deze alleen mogen worden beproefd, zolang de stutten, alsmede die van de aansluitende vloeren, nog werkelijk dragen. Bij beschieting van vloeren is de invloed van het eigen gewicht, zolang de vloer nog wordt gestut, meestal te verwaarlozen.

Uitwendige belasting moet altijd worden verwijderd.

Aangezien de betonhamer alleen mag worden toegepast op vlakken die bekist zijn geweest, zal men in het algemeen de keuze hebben tussen de zijkant en de onderkant van een constructiedeel.

Voor kolommen en balken (vóór het verwijderen van de stutten) komt uiteraard de zijkant het meest in aanmerking. Voor vloeren kan eveneens de zijkant dienen, maar de onderkant zal meestal een beter overzicht geven, weshalve het beschieten der vloeren moet geschieden met verticaal gerichte hamer (voor welk geval de gebruiksaanwijzing een correctie opgeeft) door een opening in de bekisting. Het beschieten van het bovenvlak is onjuist, indien daar, zoals meestal het geval is geen bekisting is gebruikt.

Het gebruik van de hamer bij dragende constructies.

De nuttige belasting kan in dit geval weliswaar worden verwijderd, maar de overige oorzaken der spanningen kunnen meestal niet meer worden opgeheven. Derhalve moet dus een correctie worden aangebracht op de gemeten repulswaarde. Over de grootte van de factor is nog weinig bekend.

Het onderzoek dat de Hollandsche Beton Maatschappij in dit opzicht heeft verricht bestaat uit twee gedeelten :

A. De beproevingen op 69 kuben met gelijktijdige beschieting van dat deel der constructie dat van dezelfde betonspecie was gemaakt, aangevuld met 45 beschietingen zonder vergelijking met de kubusrepulswaarde, maar wel met de kubus-drukvastheid. De repulswaarden van de betonconstructie bedroegen de hierna te noemen percentages van de repulswaarden der kuben :

Beton 1 : 2 : 3		
na een week :	84 — 209 %	(gemiddeld 133%)
na vier weken :	83 — 219 %	(gemiddeld 139%)
Beton 1 : 1,5 : 2,5		
na een week :	156 — 168 %	(gemiddeld 163%)
na vier weken :	133 — 138 %	(gemiddeld 135%)

B. Het beschieten van 4 kuben bij oplopende belasting. De repulswaarden waren bij een kubusspanning van 50 kg/cm² en een repulswaarde van 32 — 32,5 — 33,5 — 35,5 respectievelijk 2 — 4 — 2 — 1,5 eenheden hoger dan bij de spanningsloze toestand, en bij een kubusspanning van 100 kg/cm² respectievelijk 2 — 5 — 3 — 3 eenheden hoger.

Conclusie

Aangezien drukspanningen van invloed zijn op de R-waarden, is het noodzakelijk de gemeten waarden te reduceren met een bepaald bedrag.

De Hollandsche Beton Maatschappij stelt deze reductie, voor een constructie die geheel ontkist maar verder nog belast is, op 10 — 15% of 3 — 5 eenheden, hetgeen aan de veilige kant is.

Wellicht is het juister, de gemiddelde reductie in dit geval te stellen op 3 eenheden en bij geheel belast bouwwerk op 4 eenheden.

Aanvullende proeven zullen moeten aantonen of deze voorlopige cijfers enige waarde hebben, waarbij dan te-

vens rekening dient te worden gehouden met een eventuele invloed van de wapening.

Resumé:

Het verband tussen de repulswaarde (gemeten met de betonhamer van Schmidt- BBR) en de kubussterkte van in Bandung en Djakarta vervaardigd normaal beton, dat niet onder spanning staat, wordt vermoedelijk aangegeven door de zware stippellijn in figuur 1 (model proefhamer 1) en de beneden-grens van het spreidingsgebied der EMPA-waarnemingen in figuur 2 (model proefhamer 2). Aanvullende proeven zijn echter noodzakelijk om deze veronderstelling te staven.

Indien de betonconstructie ontkist en in gebruik is genomen lijkt het verstandig de gemeten repulswaarden met 4 eenheden te verminderen, terwijl voor zeer oude beton zelfs een reductie met 8 eenheden noodzakelijk kan zijn.

Voor beton dat gedurende langere tijd onder water is geweest geeft een vermeerdering met 3 eenheden een beter beeld van de kubussterkte.

Ook hiervoor zijn aanvullende proeven zeer gewenst.

Schrijver dezes is bijzondere dank verschuldigd aan de Directie der Hollandsche Beton Maatschappij voor het verkrijgen van inzage in de resultaten, die op het werk „Karet" werden bereikt.

Tevens bedankt hij de Directies van Kantor Insinjur & Arsitek „Puntjak" en Volker Aanneming Maatschappij voor hun medewerking.

Tenslotte een woord van dank aan de Directie van het Ingenieurs-Bureau Ingenegeren Vrijburg N.V. te Bandung, die schrijver dezes in staat stelde deze bijdrage te kunnen leveren, terwijl niet moge worden vergeten de heren Momod en Liem, die respectievelijk het verrichten van de proeven en het tekenwerk voor hun rekening namen.

Moge dit onderzoek ten spoedigste worden aangevuld met meerdere gegevens.

BOEKBESPREKING

REUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS ET DE RECHERCHES SUR LES MATERIAUX ET LES CONSTRUCTIONS

„RILEM".

Analysis of two volumes
of International Symposium on Nondestructive
Testing of Materials and Structures

The present work embodies the texts of the papers read before the International R.I.L.E.M. Symposium on Nondestructive Tests of Concrete held in Paris in January 1954. These new methods of measurement already currently applied in the field make possible a precise analysis of the mechanical characteristics and the physical properties of concrete in place and enable one to detect the defects, cracks, frost effects, patching of faulty concreting. They revolutionize the testing techniques of concrete structures, the testing of which up to the present was virtually limited to the conventional crushing on cubes, whose defects and inaccuracies are well known.

The nondestructive tests call for three kinds of measurements :

— measurement of the speed of sound in the concrete
— measurement of the rebound of a metal ball on the surface of the concrete
— radioactive measurements.

The lastest results obtained by researchers in 19 countries will be found in this document, in particular the different laws proposed for linking the mechanical characteristics determined by these tests to the compressive resistance that is given by the test on cubes and that appears in the specifications. The text of the discussions that followed the reading of the papers on each of the three methods enumerated above will also be found herein.

This work is published by the RILEM, 12, rue Brancion, Paris 15.

The price of this publication is :

— Member of RILEM ..... frs. 1.400,—
— Non member ..... frs. 2.000,—
— Postage ..... frs. 200,—

(F. LAISNE.)

Drukkerij waardepapieren van de N. V. Pertjetakan Kebajoran te Kebajoran

door
ir H. Roebbers.

Voorgeschiedenis :

Reeds voor 1950 werd door N. V. Joh. Enschedé en Zonen te Haarlem aan de N.V. Architecten en Ingenieursbureau Fermont-Cuypers opdracht gegeven tot het ontwerpen van een modern drukkerijcomplex, bestemd voor het drukken van bankbiljetten en andere waardepapieren in Indonesië. Bovendien moest de huisvesting voor stafemployé's en arbeiders hierbij verzorgd worden. Na diverse situaties in Bandung te hebben onderzocht, o.a. rondom de z.g. oorlogskluis van de voormalige Javasche Bank, het ondergronds onderkomen op het terrein van de Technische Hogeschool te Bandung en andere situaties viel ten slotte de keus op de huidige situering te Kebajoran, de satellietstad van Djakarta.

De opdracht werd inmiddels overgenomen door de N.V. Pertjetakan Kebajoran, een naamloze vennootschap, waarin de Indonesische Regering als grootste aandeelhouder optreedt, terwijl N.V. Joh. Enschedé en Zonen gedurende de eerste aanvangsjaren zorgt voor de technische leiding en experts en tevens de opleiding ter hand neemt van Indonesisch stafpersoneel. Dit teneinde na een overeengekomen aantal jaren de uitgezonden deskundige krachten geheel door Indonesiërs te kunnen vervangen.

Opzet :

De opzet van het plan, welke in samenwerking met het architectenbureau Ed. Cuypers te Amsterdam tot stand is gekomen, is als volgt :

Aan weerszijden van een groot kluizencomplex, totaal breed 18 M. en lang 45 M. bevinden zich twee uitgestrekte fabricageruimten, elk breed 2×6 is 12 M. en lang 19×6 is 114 M. Het kluizencomplex bevindt zicht op de begane grond teneinde hinderlijke niveauverschillen te voorkomen. In dit centrale kluizencomplex bevindt zich niet alleen de papiervoorraad (ongedrukt) maar ook buiten de werkuren de gehele productie van *alle* afdelingen, bedrukt papier, dus in alle stadia van drukken, alsmede uiteraard het afgewerkt product. Deze werkwijze houdt reeds een contrôle en veiligheid in, daar 's morgens papier onbedrukt of gedeeltelijk bedrukt de kluizen uitgaat en 's avonds een zelfde hoeveelheid hierin moet terugkeren. Deze telling geschiedt o.a. met behulp van electrische telmachines.

De contrôle wordt afgezien nog van het speciale papier (vandaar ook nog weer opslag in kluizen) verder druktechnisch bewerkstelligd door het successievelijk gebruik maken van verschillende druktechnieken, kleurtechnieken en nummering, welke een zelfde muntbiljet allemaal moet doorlopen alvorens het uiteindelijk in de geldkluis komt, gereed voor afgifte aan de Bank Indonesia.

Al deze drukprodédé's vinden plaats in afgescheiden gazen kooien of geheel beglaasde afdelingen, welke zich in de eerder genoemde fabricagevleugels bevinden.

In de diverse leidingen en luchtkokers, welke de afdelingen onderling verbinden, zijn evenals bij diverse air-conditioneringskanalen voorzieningen getroffen om mogelijk optredende ongewenste praktijken te verhinderen. Laatstgenoemde kanalen bevinden zich daartoe op de zolders der fabrieksvleugels, eveneens om eventuele storingen te kunnen verhelpen zonder dat daartoe een onnodig aantal mensen de diverse streng gecontroleerde ardelingen behoeft te betreden. Dit geeft o.a. een vereenvoudiging van het interne veiligheidsysteem. Bezoekers kunnen een blik op diverse fabricage-afdelingen werpen zonder het interne veiligheidssysteem onnodig te belasten. Zij begeven zich via het kantoorgebouw over het dak van het kluizencomplex, waar de bedrijfscantine is gelegen, naar de z.g. bezoekersgalerijen. Deze bevinden zich op een hoogte van 2.70 boven het vloerpeil van de fabriek en strekken zich aan weerszijden van het kluizencomplex uit over ca. 3/4 lengte van de twee fabrieksvleugels, uitkragend in de werkruimten. Hierdoor behoeft tevens het bedrijf niet gestoord te worden.

In het verlengde van het kluizencomplex bevindt zich de watertoren met een z.g. licht- en luchthof. Dit laatste o.a. voor ventilatie der gangen naast de kluizen, verder het centraal gelegen toiletgebouw, de werkplaats voor uitvoeren van diverse machinereparaties in eigen bedrijf, de airconditioning-centrale en de dieselcentrale voor opwekking van electriciteit.

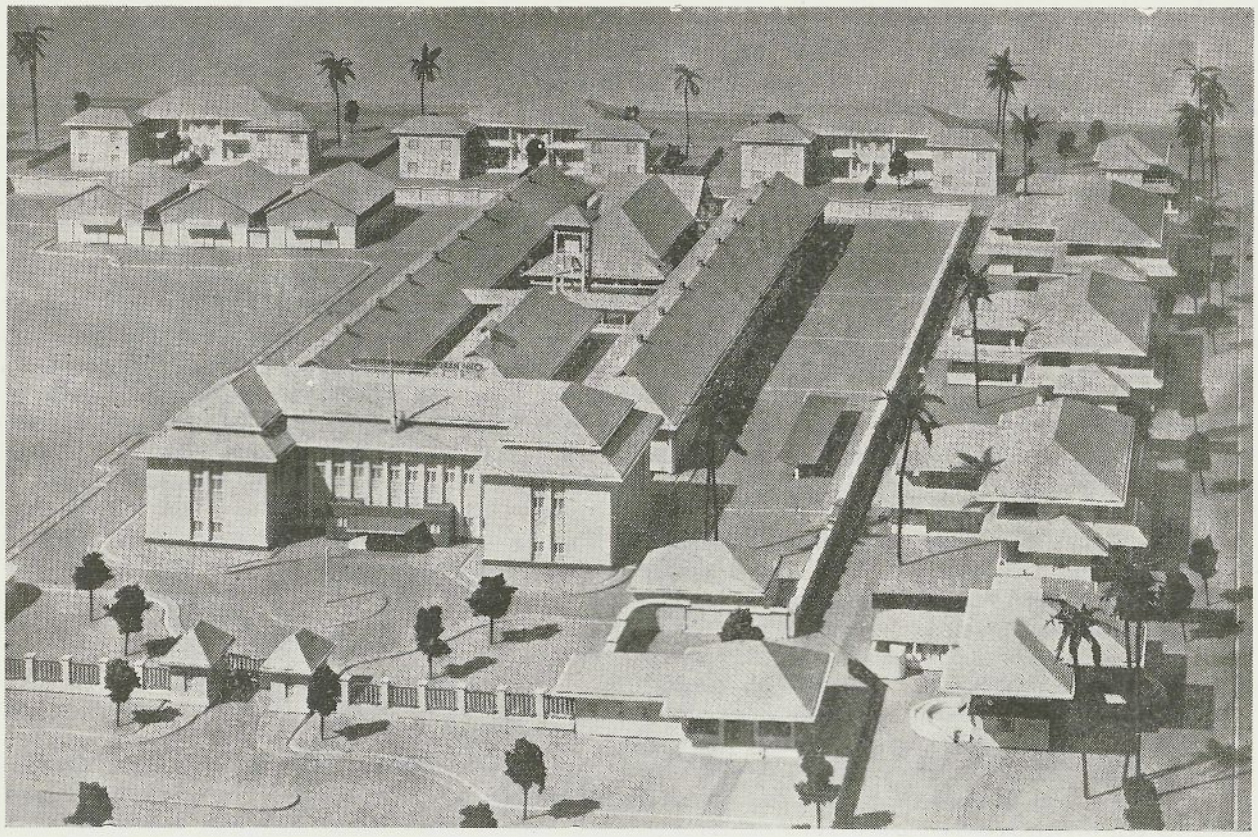
Aan de voorzijde bevindt zich, vrij van de fabriek, het kantoorgebouw. Tevens bevindt zich hierin de z.g. trillingsvrije ruimte, waar diverse graveerapparaten zijn opgesteld, zover mogelijk van alle eventueel trillingopwekkende machines. Ook heeft de fotografische afdeling hierin haar plaats. Het kantoor is via een brede lage hal met de fabriek verbonden.

Rondom de fabriek bevindt zich een omheiningsmuur met een vrije ruimte voor omloop. Aan de buitenzijde hiervan bevinden zich de woningen der stafemployé's. Alles is dus bouwkundig reeds gedaan om het naderen en betreden van het complex zo moeilijk mogelijk te maken, afgezien nog van eigen politionele beveiliging en diverse alarminstallaties.

Bouw :

Begonnen werd met de bouw van de omheiningsmuur en een deel der stafwoningen. Het eerste voor het verzekeren van een grotere veiligheid voor de opslag van de diverse kostbare bouwmaterialen der fabriek, het tweede voor direct toeziend personeel van het te stichten bedrijf. Tevens werd binnen in het complex een aanvang gemaakt met de "proeffabriek". Deze bestaat uit een driebeukige loods, staalcontructie met dak van eternite golfplaten en baksteen wandvulling en is thans in gebruik als drukkerij voor particulier drukwerk. Deze proeffabriek werd gebruikt voor het opleiden van personeel, zodat deze scholing reeds kon plaatsvinden tijdens de bouw van de eigenlijke drukkerij van waardepapieren.

Bijna gelijktijdig werd op ruim anderhalve kilometer afstand van het bouwwerk met de bouw van een



Detailfoto maquette van het drukkerij-complex.
(I.v.m. bedrijfsveiligheid en fabrieksgeheimen kunnen geen plattegronden en nadere details gepubliceerd worden).

serie arbeiderswoningen begonnen, bestemd voor personeel van het bedrijf. Successievelijk volgden meerdere staf- en arbeiderswoningen teneinde een goede personeelsbezetting zeker te stellen. Als sluitstuk werd de bouw van de drukkerij met het kantoorgebouw opgezet. Hiermede werd in Maart 1953 begonnen, terwijl in April 1955 het geheel was voltooid.

Fundering :

Het gehele complex is op staal gefundeerd. De dieselaggregaten zijn met een betonblok van ± 6 t. elk opgehangen aan een 8-tal zware veren. Deze laatste bevinden zich voor alle vijf aggregaten in een frame van gewapend beton, welke vrij is gehouden van de fabrieksfundaties.

Constructie :

Het kluizencomplex is van gewapend beton, waarin extra netten betonijzer zijn aangebracht. Deze fabricage- en andere ruimten alsmede het kantoorgebouw hebben een betonskelet, moduul 6×6 M, zolders en vloeren eveneens gewapend beton, terwijl alle gebouwen van een stalen kapconstructie zijn voorzien. De clausters zijn gemaakt van trilbeton op het werk, evenals de raamstijlen, de raamelementen van het kantoorgebouw en de betontegels.

Opbouw :

De skeletvullingen zijn van baksteen. De eerder genoemde stalen kapconstructie is afgedekt met Echtse pannen, met een dakvulling van 30°. Onder de kassau's is eternite aangebracht. Op de bovenzijde van de zoldervloeren bevindt zich een laag van 5 cm. isolerende betonstenen. In het dakoverstek zijn ventilatieroosters gespaard voor betere luchtcirculatie in de kap. Daartoe zijn eveneens windrotors op de kap geplaatst. Gebleken is door temperatuursmetingen tijdens de kentering dat de maximum optredende temperatuur bedroeg 39°C. Dit was van belang voor het berekenen van de air-conditioningsinstallatie, welke in diverse ruimten onder deze zoldervloer is toegepast.

Afwerking :

De kluizen zijn afgesloten met zware kluisdeuren. Het gebouw is voorzien van stalen ramen die zich minimaal 3 M. boven het maaiveld bevinden. In die ruimten welke automatisch gekoeld worden zijn glazen bouwstenen gebruikt voor het toetreden van het licht.

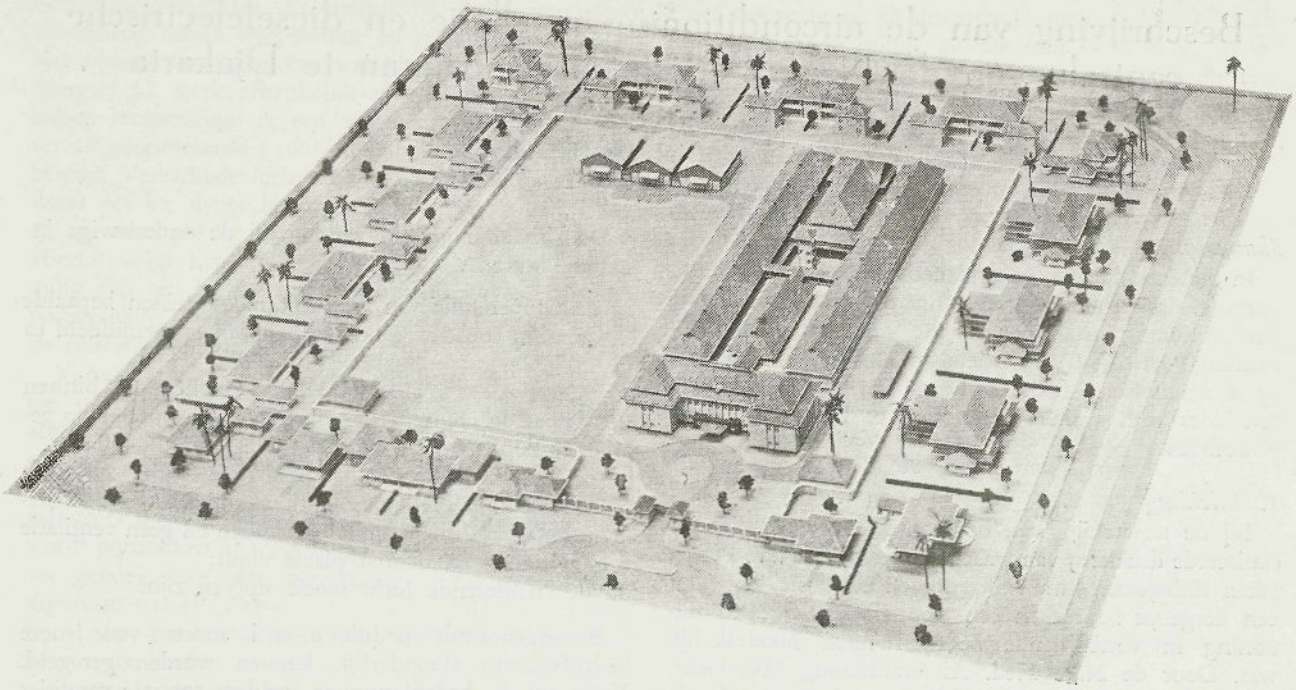
Vloeren zijn van dubbelhard gebakken tegels. In cantine en kantoor van terrazotegels. De diverse fabricageruimten en bijzonder drukmachines zijn gescheiden door gazen kooien in stalen frame's. Ruimten die gekoeld worden zijn gescheiden door stalen puien, welke van vloer tot plafond lopen.

Voor de toiletten zijn badcelstenen gebruikt :

Technische installatie's :

In het hart van het bedrijf bevindt zich de ca. 20 M. hoge watertoren, zowel voor bedrijf als voor de omliggende employé's-woningen. De boorbuis strekt zich tot 200 M. in de grond uit.

In de dieselcentrale bevinden zich 4 aggregaten 375 P.K. elk, alsmede plaats voor een vijfde. Hierop is voorlopig een tijdelijk aggregaat van 80 P.K. opgesteld,



Totaal maguette van drukkerij-complex met woningen stafemployé's.

afkomstig van de proefdrukkerij. Totaal vermogen bedraagt 1050 kW.

Tevens bevindt zich hiernaast de air-conditioneringscentrale, waarover in het volgende artikel meer bijzonderheden worden gegeven. Genoemde air-conditioneringsinstallatie bleek nodig voor het gedurende lange tijd in stand houden van een zelfde temperatuur en vochtigheidsgraad tijdens de diverse te doorlopen stadia van het drukwerk. Ook worden hiermede de kluizen gekoeld en geventileerd, terwijl tevens diverse ruimten stofvrij gehouden konden worden waarin zulks vereist werd om drukplaten niet te verontreinigen.

De kantoorruimten zijn niet geconditioneerd, mede omdat er door de bouwtechnische voorzieningen niet zozeer behoefte toe bestaat, evenals bij diverse fabricageruimten.

Het tot stand gekomen drukkerij-complex behoort tot de modernste van Azië en door haar uitgebreid en gespecialiseerd machinepark tot een der best ingerichte ter wereld.

Beschrijving van de airconditioning-installatie en dieselelectrische centrale van de N. V. Pertjetakan Kebajoran te Djakarta

door
E. Fick, Dipl. Ing. E. T. H.
en G. van Reeden.

Summary.

In the introduction an explanation is given about the purpose, design and working-principle of this industrial airconditioning installation for the Indonesian Banknote-Printing Office N.V. Pertjetakan Kebajoran, followed by a description of the technical lay-out. The article concludes with a short description of the dieselelectric powerhouse.

1. *Inleiding.*

Bij de uitwerking van de plannen voor deze gespecialiseerde drukkerij van waardepapieren, de N.V. Pertjetakan Kebajoran, kwam men tot de conclusie, dat voor een dergelijk bedrijf in een tropisch klimaat airconditioning in verschillende bedrijfsruimten noodzakelijk was. Door de N.V. Ned. Airconditioning Mij. Gebr. van Swaay werd in nauw overleg met de bouwheer, de architect en de aannemer een airconditioninginstallatie geprojecteerd, die zo goed mogelijk is aangepast aan de vele byzondere eisen, die moesten worden gesteld.

Naast de voorwaarden, waaraan moest worden voldaan voor wat betreft het afzonderlijk regelen en constant houden van temperatuur en relatieve vochtigheid in iedere bedrijfsruimte, alsmede met betrekking tot de aanvoer van zuurstofrijke en stofvrije lucht, moest nog met speciale eisen worden rekening gehouden in verband met de byzondere aard van het bedrijf en de daaraan verbonden strenge veiligheidsmaatregelen.

Zo werd als voorwaarde gesteld dat geen airconditioning-apparaten, die regelmatig controle en/of onderhoud behoeven, mochten worden opgesteld in de bedrijfsruimten. In verband hiermede werden de eigenlijke luchtconditioneringsinstallaties geprojecteerd boven het betonnen plafond van de Noord - en Zuidvleugel en in speciale daarvoor ontworpen kelders onder het kluizencomplex en onder de zgn. „trillingsvrije ruimte" in het kantoorgebouw.

Evenals bij andere industriële airconditioning-installaties dienen deze installaties om de lucht in de bedrijfsruimten in een conditie te houden, die tijdens het fabricageproces zo gunstig mogelijk is voor het product, onafhankelijk van de meer of minder wisselende bedrijfsomstandigheden en condities van de buitenlucht. Dergelijke installaties worden ook toegepast in de tabakverwerkende industrie, waar de geur van tabak zeer sterk beinvloed wordt door variatie van de relatieve vochtigheid; verder in de voedingsmiddelen - en geneesmiddelen - industrie, waarbij bovendien een belangrijke factor is dat de lucht tijdens het fabricageproces absoluut steriel moet zijn.

In de textiel - en papierindustrie is vooral het handhaven van een constante relatieve vochtigheid van groot belang, daar de rek en sterkte van textielvezels en papier zeer sterk afhankelijk zijn van de relatieve vochtigheid. Bij te droge lucht kan ook hinderlijke statische electriciteit optreden. In drukkerijen is de temperatuur ook van invloed op het vloeien van de drukinkt.

De eisen die gesteld werden bij de onderhavige installatie waren :

a. de temperatuur van de lucht moest tussen bepaalde grenzen constant gehouden worden op gemiddeld ca 26° C.;
b. de relatieve vochtigheid van de lucht moest binnen bepaalde grenzen constant gehouden worden op gemiddeld 60%.
c. er moest voldoende zuurstofrijke lucht voor de ademhaling worden gedistribueerd, daar de bedrijfsruimten volledig afgesloten werden en geen ventilatie via ramen en deuren plaats vindt;
d. de circulerende lucht moest stofvrij zijn.

Bovengenoemde condities a. en b. moeten voor iedere bedrijfsruimte afzonderlijk kunnen worden geregeld. Voor enkele bedrijfsruimten gelden speciale condities voor wat betreft temperatuur en relatieve vochtigheid, waarvoor speciale voorzieningen werden getroffen.

Bij het projecteren van deze airconditioninginstallatie, die op het ogenblik de grootste is in Indonesië, werd rekening gehouden met de vrij grote en plotselinge veranderingen, die kunnen optreden in de buitenluchtcondities (zowel wat temperatuur als wat vochtigheid betreft) en met de omstandigheid dat de condities moeten worden gehandhaafd onafhankelijk of al dan niet de drukkerijmachines, die de nodige warmte ontwikkelen, in bedrijf zijn en of al dan niet het personeel aanwezig is, hetgeen ook een belangrijke invloed heeft op de warmte - en vochtontwikkeling. Het menselijk lichaam produceert normalerwijze 50 tot 100 kcal/h, bij lichamelijke arbeid tot ca. 150 kcal/h. De vochtontwikkeling door verdamping bedraagt ca. 50 gr. water per uur per persoon.

Voor ventilatie (aanvoer van zuurstofrijke lucht) rekent men ongeveer met 15 m^3 per uur per persoon (wanneer gerookt wordt in een bepaalde ruimte wordt dit aanmerkelijk hoger).

Een gunstige omstandigheid was dat de temperatuur- en vochtigheidcondities, die vereist werden tijdens het fabricageproces voor de kwaliteit van het product, ook aangenaam zijn voor het personeel. De aan te houden temperatuur en relatieve vochtigheid liggen binnen de grenzen, die men aanhoudt bij zgn. „comfort" installaties (voor kantoren, ziekenhuizen, winkels, bioscopen, hotels en woningen) en bepaald worden door het zgn. behaaglijkheidsgevoel van de mens.

De toepassing van airconditioning zal dan ook een gunstige invloed uitoefenen op de arbeidsprestaties van het personeel.

2. *Werkingsprincipe.*

Voordat wij nu tot de beschrijving van de installatie overgaan willen wij voor een beter begrip nog gaarne het volgende memoreren :

De factoren welke met een airconditioninginstallatie beheerst moeten kunnen worden zijn allerminst onaf-

hankelijk van elkaar. Er bestaat bij lucht een nauwe samenhang tussen temperatuur en relatieve vochtigheid. Het opnamevermogen van waterdamp is bij een luchtmengsel nl. sterk afhankelijk van de temperatuur. Bij iedere temperatuur is een maximum waarbij de zgn. verzadigingstoestand (100% relative vochtigheid) wordt bereikt. Verzadigde lucht van 15° C. bevat ca. 10.7 gr. water per kg. droge lucht; terwijl lucht van 26° C. ca. 21 gr. water per kg. droge lucht maximaal kan bevatten. Hieruit volgt het bekende verschijnsel dat bij verwarming van een luchtmengsel met gelijkblijvend absoluut vochtgehalte (zonder dat vocht toe of afgevoerd wordt) de relatieve vochtigheid afneemt.

Verwarmt men verzadigde lucht van 15° C. zonder toe of afvoer van vocht tot 26° C., dan blijft het absolute vochtgehalte hetzelfde, maar verandert de relatieve vochtigheid van 100% tot ca. 50%.

Omgekeerd zal de relatieve vochtigheid toenemen, wanneer men lucht gaat afkoelen, zonder dat vocht wordt onttrokken of toegevoegd. Zet men deze afkoeling ver genoeg door, dan bereikt men tenslotte de verzadigingstoestand (100% relatieve vochtigheid) terwijl bij verder doorkoelen vochtneerslag uit de lucht plaats heeft (condensatie).

Bovenstaande en andere eigenschappen, zoals de warmteinhoud enz. van een lucht-waterdampmengsel, zijn verwerkt in de zgn. „psychometrische kaart", welke in feite een deel van het bekende Mollierdiagram is, doch aangepast aan de behoefte van de airconditioning-ingenieur, die hieruit kan halen wat hij nodig heeft voor de berekening van zijn installaties.

De airconditioninginstallatie is opgezet volgens het zgn. „vaste-dauwpunt" principe, waarbij lucht met constante (lagere) temperatuur in practisch verzadigde toestand in de betreffende ruimte wordt geblazen en zich dan vermengt met de daar aanwezige lucht. Al naar gelang de toestand van deze aanwezige lucht wordt meer of minder geconditioneerde lucht toegevoegd, zodat het mengsel voldoet aan de gestelde eisen van temperatuur en relatieve vochtigheid.

Bij het bepalen van de capaciteit van de airconditioning-installatie is in nauwe samenwerking met bouwheer, architect en aannemer nagegaan welke factoren van invloed zijn. In de tropen is allereerst een belangrijke factor de verwarming tengevolge van zonbestraling en warmtetransmissie door de wanden en daken. Hiermede hangt nauw samen de opzet van de bouwconstructie en toegepaste bouwmaterialen. De andere belangrijke factoren, waarmede rekening gehouden moet worden, zijn, zoals reeds vermeld, de warmte-ontwikkeling van machines en motoren en de warmte - en vochtontwikkeling van het aanwezige personeel. Er werd nagegaan welke extreme belastingen konden optreden en in hoeverre het economisch verantwoord was om, door het toepassen van bepaalde constructie - en isolatiematerialen, de maximaal optredende warmtebelasting te reduceren en zodoende te besparen op de koelcapaciteit van de installatie.

Behalve het nauwkeurig berekenen van de capaciteit, die nodig is bij de maximaal optredende warmtebelastingen, was het ook nodig voorzieningen te treffen voor die gevallen, waarbij deze warmtebelastingen zeer laag kunnen zijn, b.v. op regenachtige koele dagen, wanneer de zonbelasting is weggevallen en buiten de bedrijfsuren ook het machinepark niet in gebruik is en het personeel niet aanwezig is, en desondanks toch de vereiste luchtcondities in de ruimte moeten kunnen worden gehandhaafd. Hiervoor werd een grote flexibiliteit in de lucht- en sproeiwaterhoeveelheidregeling en electrische na-verwarming van de lucht toegepast.

Zonder in te gaan op de nadere detaillering van alle mogelijke combinaties kan vermeld worden dat door de toepassing van een goed gebalanceerde regelapparatuur ervoor gezorgd werd, dat onder alle omstandigheden een optimale efficiency der installatie gewaarborgd is.

3. *Beschrijving.*

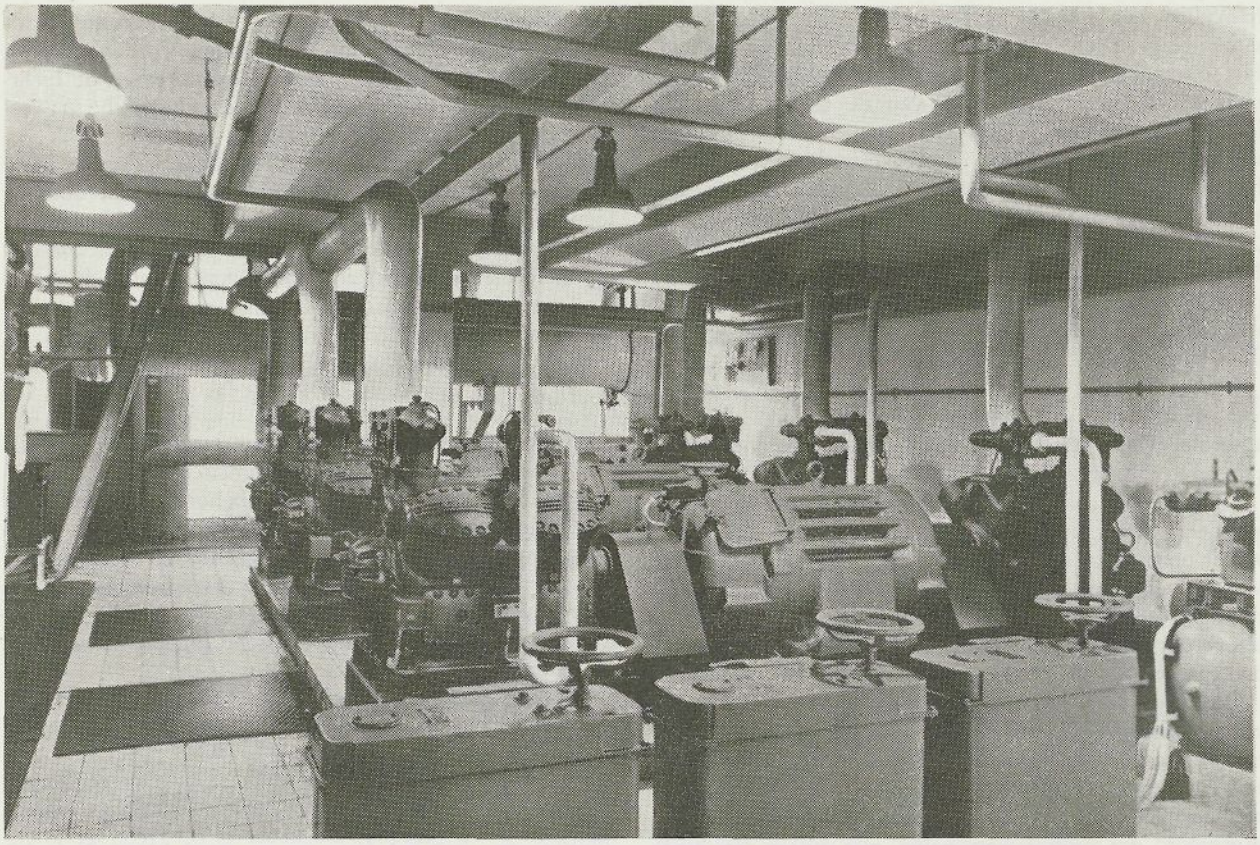
De installatie is onder te verdelen in de volgende hoofdgroepen :

a. de koelcentrale met freoncompressoren, condensors, waterkoelers en de koelmediumcircuits;
b. het koudwatercircuit met bijbehorende pompen en leidingen;
c. de eigenlijke airconditioninginstallaties met wassers, distributieventilatoren, toe - en afvoerkanalen en retourventilatoren;
d. de installaties voor automatische pneumatische regeling;
e. de electrische installatie met motoren, automatische start en beveiligingsapparatuur, relais en kabelaanleg.

Bij de opzet van de koelcentrale diende er een keuze gemaakt te worden tussen de koelmedia NH_3 (ammoniak) en F 12 (freon). De keuze is op freon gevallen, hoewel de koelcapaciteit per eenheid freon lager ligt dan bij ammoniak, zodat de circulerende hoeveelheid per tijdseenheid groter moet zijn. Daar staat echter tegenover het belangrijke voordeel dat de moderne Carrier freon-compressoren vanwege de veel lagere werkdruk in het koelsysteem voor een veel hoger toerental (1500 T/min.) konden worden uitgevoerd, zonder dat dit enige invloed heeft op de bedrijfszekerheid. Ook met het oog op de affiniteit van ammoniak op de toe te passen materialen en het gevaar bij eventuele lekkage, werd afgezien van dit koelmedium. Bovendien speelde een belangrijke rol dat de sneller lopende Freon-compressoren weinig plaatsruimte vereisten.

Afb. 1 geeft een overzicht van de zeer compact gebouwde koelcentrale waarin parallel staan opgesteld 3 zgn. duplex compressoragregaten, ieder bestaande uit 2 achtcylinder freon-compressoren gekoppeld aan weerszijden van een 110 pk. sleepringankermotor. De 6 compressoren zijn uitgevoerd met automatische ingebouwde capaciteitsregeling, welke het voordeel heeft dat bij afnemende belasting de werking van een of meer cylinders achtereenvolgens automatisch wordt uitgeschakeld. Hierdoor kan een soepele regeling van de koelcapaciteit van ieder compressor-aggregaat bereikt worden.

De freonkoelsysteemcircuits zijn met opzet voor iedere compressor afzonderlijk gehouden ter verhoging van de bedrijfszekerheid. Telkens zijn 2 freoncircuits van een duplexcompressoraggregaat aangesloten op een waterkoeler (verdamper), waarbij de koelmedia door de pijpenbundels geleid worden, zodat vervuiling hiervan practisch niet kan optreden. In deze waterkoelers wordt door middel van de verdampende freon het water, dat om de pijpenbundels wordt gevoerd, gekoeld en dan gedistribueerd naar de eigenlijke airconditioninginstallaties. Totaal zijn er 3 van deze waterkoelers.



Afb. 1: Koelcentrale met drie 110 pk electrisch aangedreven duplexfreoncompressoraggregaten.

De condensors, die zich boven de koelcompressorruimte bevinden, werken in verband met het gebrek aan grote hoeveelheden koelwater volgens het zgn. verdampingskoel-principe, waarbij water gesproeid wordt op het grote oppervlak van de condensorpijpbundels ter verhoging van de koelwerking, terwijl zuigtrekventilatoren in de condensorruimte aangebracht, zorgen voor een flinke luchtcirculatie voor afvoer van de condensorwarmte.

Door middel van het koudwatercircuit wordt het in de verdampers in de koelcentrale gekoelde water (temperatuur ca. 5 tot 6° C.) gedistribueerd via geisoleerde pijpleidingen naar de 4 verschillende eigenlijke airconditioninginstallaties. Een aantal pompen zorgt voor deze koudwaterdistributie, terwijl automatisch de te distribueren waterhoeveelheid wordt geregeld afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden. Het verbruikte koelwater wordt teruggevoerd naar de centrale pompenkelder onder de koelcentrale en vandaar weer opgepompt. Suppletie van koelwater vindt plaats met welwater van ca. 30° C.

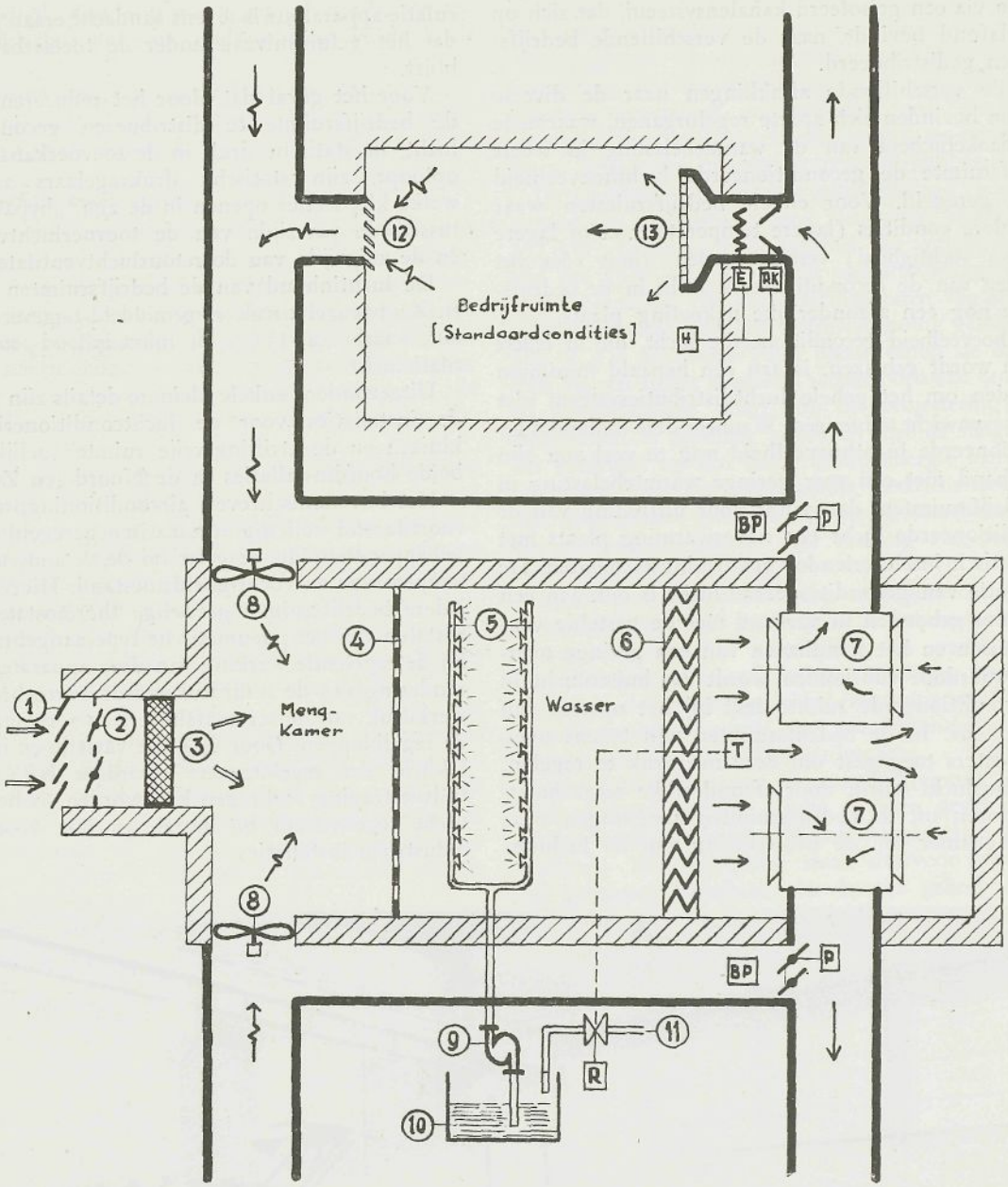
De eigenlijke airconditioninginstallaties zijn te onderscheiden in 4 groepen n.l. een 2-tal hoofdinstallaties voor resp. de Noord- en Zuidvleugel van de drukkerij, alsmede één installatie voor de luchtconditionering van de verschillende kluizen en één voor de luchtconditionering van de zgn. „trillingsvrye ruimte" in het kantoorgebouw, waar de gevoelige graveer- en foto-apparaten staan opgesteld.

De beide hoofdinstallaties zijn ondergebracht in de kapconstructie (vliering) van de resp. Noord - en Zuidvleugel en zijn indentiek. De omkasting, waterbakken enz. werden zoveel mogelijk in het gebouw opgenomen. Door tijdige co-ordinatie tussen airconditioning-ingenieur, architect en aannemer kon op deze wijze belangrijk bespaard worden op de totale aanschaffingskosten.

Alle installaties werken volgens het principe van open koeling door middel van wassers, waarbij de zgn. „dauwpuntsregeling" werd toegepast.

In *afb. 2* is schematisch de werkingswijze weergegeven. Elke installatie bestaat uit een mengkamer, waarin worden gemengd de verse buitenlucht en de retourlucht die uit de bedrijfsruimten wordt gezogen. De buitenlucht wordt eerst gereinigd met zgn. „duststopfilters". De hoeveelheid buitenlucht wordt enerzijds bepaald door de ventilatie-eisen (voor de ademhaling) en anderzijds door de omstandigheid dat continue suppletielucht nodig is, omdat de retourlucht van enkele afdelingen, in verband met daarin aanwezige gevaarlijke dampen, naar buiten dient te worden afgevoerd en niet mag circuleren. Het mengsel retour- en buitenlucht komt vervolgens in de wasser en wordt daarin gewassen (van stof gereinigd) en gekoeld, waarbij al naar gelang de toestand van het luchtmengsel waterdamp wordt toegevoegd of onttrokken, zoals boven uiteengezet. De wasser is voorzien van een diffusorplaat om het luchtmengsel gelijk te verdelen over het wasseroppervlak.

De wasser zelf bestaat uit enkele sproeibanken met een groot aantal sproeiers, waarmede het koelwater fijn wordt verstoven. Door toepassing van de „dauwpunt-thermostaatregeling" wordt bereikt dat verzadigde lucht uit de wasser treedt met een gelijkmatige



1.	jalouzieën	8.	retourventilatoren	T.	thermostaat		buitenlucht
2.	brandklep	9.	sproeiwaterpomp	H.	hygrostaat		
3.	duststopfilter	10.	sproeiwaterbak	P.	pressostaat		retourlucht
4.	diffusorplaat	11.	koelwatertoevoer	R.	regelafsluiter		
5.	sproeibanken	12.	retourrooster	RK.	regelklep		geconditioneerde lucht
6.	druppelvangers	13.	outlet	BP.	bijpasklep		
7.	toevoerventilatoren			E.	electr. naverwarming		

Afb. 2: Schematisch overzicht van de luchtconditioneringsinstallaties in Noord- en Zuidvleugel.

samenstelling, d.w.z. van constante lage temperatuur en met een relatieve vochtigheid van 100%.

De circulatie van het sproeiwater in de wassers wordt verkregen door een aantal afzonderlijke sproeiwaterpompen, waarvan aan de zuigzijde voorzieningen zijn getroffen, waardoor afhankelijk van de behoefte automatisch meer of minder koudwater uit de koelcentrale wordt gesuppleerd.

Om te voorkomen, dat de geconditioneerde lucht nog vrije waterdruppels bevat, zijn zgn. druppelvangers toegepast. De geconditioneerde lucht wordt vervolgens door middel van grote centrifugaalventi-

latoren via een geisoleerd kanalensysteem, dat zich op het plafond bevindt, naar de verschillende bedrijfsruimten gedistribueerd.

In de verschillende aftakkingen naar de diverse ruimten bevinden zich aparte regelorganen, waarmede in afhankelijkheid van de warmtebelasting in iedere bedrijfsruimte de geconditioneerde luchthoeveelheid wordt geregeld. Voor enkele bedrijfsruimten waar bijzondere condities (lagere temperatuur en/of lagere relatieve vochtigheid) vereist worden, vindt vóór het uittreden van de geconditioneerde lucht in de bedrijfsruimte nog een afzonderlijke nakoeling plaats.

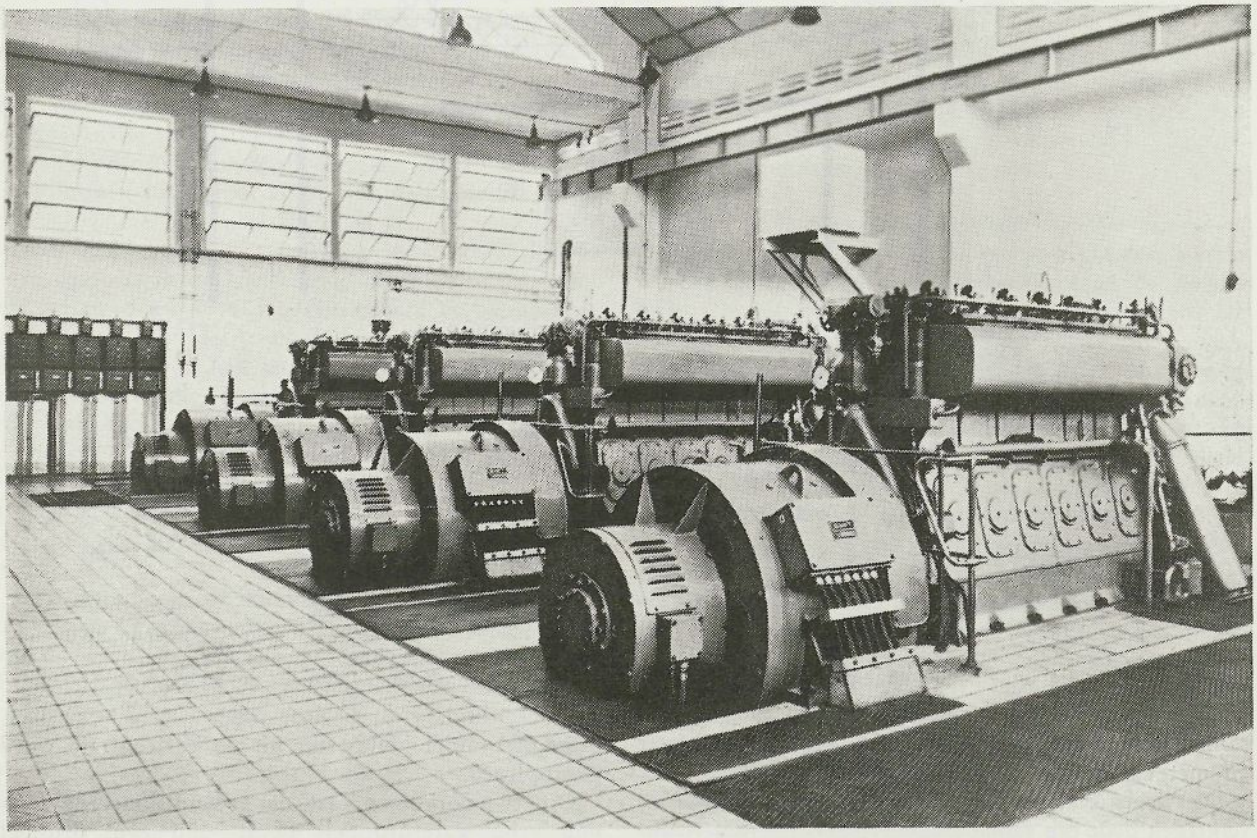
De hoeveelheid geconditioneerde lucht, die in iedere ruimte wordt geblazen, is aan een bepaald minimum gebonden om het gehele luchtdistributiesysteem niet uit het evenwicht te brengen. Wanneer deze minimum geconditioneerde luchthoeveelheid nog te veel zou zijn in verband met een zeer geringe warmtebelasting in de bedrijfsruimten, dan vindt vóór uittreding van de geconditioneerde lucht een naverwarming plaats met automatisch inschakelende verwarmingselementen. De distributie van geconditioneerde lucht is ook aan een minimum gebonden in verband met de gestelde ventilatie-eisen en het handhaven van een geringe overdruk, waardoor voorkomen wordt dat buitenlucht in de geconditioneerde ruimte lekt bij het openen van deuren, enz. In de bedrijfsruimten zijn tevens overdrukroosters toegepast om deze overdruk te regelen. De retourlucht wordt door afzonderlijke retourluchtventilatoren uit de bedrijfsruimten aangezogen naar de mengkamer. Bij de projectering van de luchtcirculatie-apparatuur is tevens aandacht eraan geschonken dat het geluidsniveau onder de toelaatbare grenzen blijft.

Voor het geval dat, door het reduceren van de in de bedrijfsruimte te distribueren geconditioneerde lucht, de statische druk in de toevoerkanalen te veel oploopt, zijn statische drukregelaars aangebracht, welke klepsecties openen in de zgn. „bypass" kanalen tussen de perszijde van de toevoerluchtventilatoren en de zuigzijde van de retourluchtventilatoren.

De luchtinhoud van de bedrijfsruimten in Noord- en Zuidvleugel circuleert gemiddeld ongeveer 12 × per uur, waarbij ca. 1½ × de ruimteinhoud aan verse ventilatielucht.

Uitgezonderd enkele kleinere details zijn in principe de installaties voor de luchtconditionering in de kluizen en de „trillingsvrije ruimte" gelijk aan deze beide hoofdinstallaties in de Noord- en Zuidvleugel.

Het bovenomschreven airconditioningproces wordt voortdurend volledig automatisch geregeld met een regel-apparatuur, die reageert op de veranderingen in de temperatuur en vochtigheidstoestand. Hiervoor zijn in iedere bedrijfsruimte gevoelige thermostaten en hygrostaten van het pneumatische type aangebracht, waarbij de regelende werking van deze apparaten door verandering van de stuurdruk wordt overgebracht op de werkdruk van de servo-afsluiters en servomotoren van de regelkleppen. Door de grote variatie en instelmogelijkheid der regelorganen, waardoor b.v. de nodige tijdsvertraging verkregen kan worden, is het pneumatische regelsysteem bij uitstek geschikt voor dit soort industriële installaties.



Afb. 3: Dieselelectrische centrale met vier 375 pk 4-tact Sulzer-Smit aggregaten, 6-cylinder, met oplading.

De benodigde druklucht wordt geproduceerd door een kleine drukluchtcompressor, ondergebracht in de koelcentrale.

Bij de opzet van deze airconditioninginstallatie werd rekening gehouden met de mogelijkheid van latere uitbreiding van de drukkerij.

4. *Dieselelectrische centrale. (Afb. 3).*

Het vermogen van deze centrale werd bepaald door het geinstalleerde electrisch vermogen van de drukkerijmachines en de verlichting van fabriek, terrein en woningen, waarbij rekening gehouden werd met een uit ervaring vastgestelde gelijktijdigheidsfactor. Een belangrijk electrisch vermogen werd benodigd voor de aandrijving van compressoren, ventilatoren, pompen en de naverwarming van bovenomschreven airconditioninginstallatie.

Rekening houdend met de voor de bedrijfszekerheid nodige reserve, werd geprojecteerd de opstelling van 4 SULZER-motoren met een nominaalvermogen van 375 pk, die onder tropische verhoudingen een vermogen kunnen ontwikkelen van continue 345 pk. Met de mogelijkheid van uitbreiding werd rekening gehouden door ruimte vrij te houden voor een vijfde identiek aggregaat. Voorlopig is in de plaats daarvan opgesteld een Kromhout noodstroomaggregaat van 80 pk/60 kVA.

De 6—cylinder Sulzermotoren werken volgens het 4—tact principe met directe inspuiting en zijn voorzien van de bekende Büchi-turbo-oplading. Daar slechts weinig koelwater ter beschikking staat, zijn de motoren uitgevoerd met een gesloten koelwatercircuit, waarbij het koelwater evenals de smeerolie wordt gekoeld door middel van radiatoren, die aan de achterzijde van de centrale zijn opgesteld.

Het starten van de dieselmotoren geschiedt met druklucht, waarvoor zowel een electrisch als een met een benzinemotor aangedreven compressor in de centrale staan opgesteld. De dieselmotoren zijn voorzien van een signalering - en alarminrichting voor controle van de koelwatertemperatuur, smeeroliedruk enz. Verder zijn een aantal thermo-elementen ingebouwd ter controle van de op belangrijke plaatsen optredende temperaturen.

De dieselmotoren zijn star gekoppeld aan flensasgeneratoren van het fabrikaat Smit Slikkerveer van 335 kVA 235 kW. Totaal is in de centrale een vermogen opgesteld van 1340 kVA (excl. het noodstroomaggregaat).

Ter besparing van aanschaffingskosten van kabels en schakelmateriaal werd als bedrijfsspanning gekozen 220/380 V. De distributie vindt plaats vanuit de dieselcentrale via een aldaar opgesteld schakelbord van eenvoudige en overzichtelijke opzet. Bij de projectering van dit schakelbord is rekening gehouden met de mogelijkheid dat eventueel op een later tijdstip energie kan worden betrokken van het gemeentelijk electriciteitsbedrijf en zijn de afgaande groepen naar keuze omschakelbaar op een railsysteem, waarop deze voeding van buiten kan worden aangesloten.

In de generatorpanelen zijn ondergebracht de spanningsregelapparatuur (Oerlikon segment-snelregelaar) en de gebruikelijke beveiligings - en meetapparatuur, terwijl tevens een synchronisatie-inrichting aanwezig is met dubbel-Voltmeter, dubbel-frequentiemeter en nulspanningsvoltmeter voor het parallelschakelen van de generatoren op het verzamelrailsysteem.

Aan de fundatie van de dieselaggregaten is byzondere aandacht besteed, omdat in geen geval trillingen mogen worden overgebracht naar de gevoelige drukkerijmachines. De aggregaten staan daarvoor opgesteld op een gewapend-betonblok, dat in zijn geheel verend is opgehangen in een aantal spiraalveren.

Beschouwingen over het 6000 Volt Kabelnet te Bandung

door
ir A. Leupen.

Oorspronkelijke opzet.

De oorspronkelijke opzet van het kabelnet te Bandung werd uit de aard der zaak gebaseerd op de toenmalige situatie. Ik spreek nu over de jaren omstreeks 1910. Men legde een aantal kabels naar verschillende transformatorstations en ontwierp dit kabelnet voor de toen te verwachten energie-omzet.

De bedrijfsspanning werd op 6000 Volt (gekoppeld) bepaald.

Belangrijkste invloeden.

De invloeden die zich doen gelden bij de ontwikkeling van een dergelijk kabelnet zijn van tweeërlei aard :

1e de stadsontwikkeling in de ruimste zin des woords (dus zowel planologisch als economisch).
2e de ontwikkeling van de toepassing der electriciteit.

Deze twee invloeden hebben dit gemeen, dat hun ontwikkeling van te voren nauwelijks is te schatten.

Stadsontwikkeling.

De stadsontwikkeling gaat tegenwoordig wel met enig systeem gepaard. Moderne steden beschikken veelal over een afdeling „Stadsontwikkeling" waarbij planologisch de uitbreidingsmogelijkheden van de stad onder de ogen worden gezien en bij voorbaat reeds speciale gebieden voor villabouw, middenstandswoningen, winkelwijken, industriële gebieden enz. worden aangewezen. Het doel is de ontwikkeling van de stad in bepaalde banen te leiden, zodat deze ontwikkeling op harmonische wijze tot stand kan komen. Van zelf sprekend is voor de verwezenlijking van deze plannen tijd nodig, tientallen jaren moet men vaak vooruit denken, en het is begrijpelijk dat oorspronkelijk opgezette plannen maar al te vaak doorkruist worden door nieuwe gedachten en nieuwe ontwikkelingen waardoor het oorspronkelijk opgezette plan dikwijls grondig gewijzigd moet worden.

Een aardig voorbeeld heeft zich destijds voorgedaan aan de Djalan Tjipaganti (Nijlandweg). De gemeente Bandung had hier een villawijk geprojecteerd en drong er bij het electriciteitbedrijf op aan om bij voorbaat vast de electriciteitsvoorziening voor te bereiden, door een transformatorstation met distributienet te bouwen, waardoor het bouwen van villa's daar ter plaatse nog gestimuleerd zou worden.

Het transformatorstation werd inderdaad opgericht. Het stond midden in het open veld, en door lage laagspanningsverbindingen werden de weinige huizen aan de grote weg gevoed. Tien jaren later was de situatie zo dat alleen het aantal huizen aan de Nijlandweg belangrijk was toegenomen, welke alle door de genoemde zeer lange leidingen vanuit het station moesten worden gevoed. Gevolg, klachten over slechte spanning en de noodzaak om dichter bij de huizen een nieuw transformatorstation op te richten. Het oorspronkelijke station moest toen maar weer worden afgebroken.

Hieruit blijkt dat het wel goed is om plannen voor stadsontwikkeling tijdig gereed te hebben, doch dat het niet altijd mogelijk is alleen op grond van deze plannen vroegtijdige beslissingen te nemen t.a.v. de uitbreiding van een electrisch net.

Ontwikkeling toepassing van electriciteit.

De toename van het gebruik van de electriciteit is een nog veel onzekerder factor. Ook dit moet in de ruimste zin worden beschouwd.

Verlichting en verlichtingstechniek ontwikkelen zich nog steeds. Apparaten voor huishoudelijke doeleinden zijn in vele gevallen ruimschoots voor het publiek bereikbaar. Sociale wijzigingen, zoals stijgende lonen voor personeel voor de huishouding, bevorderden de ontwikkeling van het gebruik van electrische apparaten, ter meerdere verlichting van de taak van de overbelaste huisvrouw (stofzuigers, wasmachines, strijkijzers enz.).

Ook op industrieel gebied is de toepassing van electriciteit voor kracht, warmte, chemische doeleinden enz. sterk gestegen. Met de ontwikkeling van deze toepassing neemt de hoeveelheid benodigde energie sterk toe, wel is waar wordt dit weer beinvloed door het prijspeil van deze energie.

Het zal duidelijk zijn dat een blik in de toekomst geen definitieve gegevens oplevert voor de te verwachten energie-omzet. Een voortdurend bestuderen van de industrialisatieplannen blijft noodzakelijk.

Vijftig jaren geleden had men zeker niet kunnen voorzien dat de toepassing van electriciteit zo'n enorme vlucht zou nemen !

Prognose.

Het is derhalve duidelijk dat het ontwerpen van plannen voor een hoogspanningskabelnet niet zo eenvoudig is wanneer men zich moet baseren op bepaalde prognoses voor de toekomst en dit geldt niet alleen voor kabelnetten doch voor het gehele systeem (inclusief de electrische centrales) dat dient om de electriciteit op te wekken, te transporteren en te verdelen onder de verbruikers. Het opstellen van een dergelijke prognose zal derhalve gepaard moeten gaan met het aannemen van bepaalde ontwikkelingen.

Een gebruikelijke veronderstelling is dat de ontwikkeling in de toekomst normaal een voortzetting is van die in het verleden. Stelt men dit grafisch vast b.v. door het aantal aansluitingen of de belasting gedurende de laatste tien jaren in een grafiek uit te zetten, dan geeft deze grafische voorstelling een beeld van de ontwikkeling in het verleden, en het zou mogelijk moeten zijn de aldus verkregen lijnen door te trekken voor de jaren die voor ons liggen.

Heeft deze lijn een eenvoudige vorm, bijvoorbeeld die van een rechte lijn of een parabool, dan is het toekomstige verloop van die lijn gemakkelijk vast te stellen.

Aannemende dat de ontwikkeling zich dus op gelijke wijze voortzet kan dan zelfs een vrij nauwkeurig toekomstbeeld worden verkregen. Normaal is dit echter niet het geval, de grafische voorstelling geeft wel is waar in grote lijnen een stijgend, gelijkblijvend of dalend karakter weer, doch er zijn teveel invloeden van inci-

dentele aard waardoor het grafische beeld soms zeer onregelmatig wordt. Dit is zeker het geval bij de voorstelling van het aantal aansluitingen, respectievelijk van de belastingen in West Java, gedurende de laatste tien jaren.

Ten gevolge van de wereldoorlog hebben zich hierbij allerlei facetten daarvan gedemonstreerd. Tegenover een abnormaal snelle toename na de oorlog stonden de beperkende invloeden van het gebrek aan centralevermogen, alsmede de beperkte materiaal import. De verhoudingen liggen thans zo, dat het maandelijks aantal nieuwe aansluitingen moet worden gerantsoeneerd, om een al te snelle groei te vermijden. Bovendien moeten soms periodieke uitschakelingen plaats vinden om aan de moeilijkheden met het centralevermogen het hoofd te bieden.

Het geschetste beeld van na de oorlog geeft dus nauwelijks weer de normale ontwikkeling van een electriciteitbedrijf en het zou zeer interessant zijn wanneer vastgesteld zou kunnen worden hoe dit beeld er zou uitzien, wanneer er wel voldoende centralevermogen aanwezig zou zijn, en alle beperkingen dus weg vielen. Het aantal nieuwe aansluitingen schatten wij dan zeer zeker op 2500 per maand, terwijl de werkelijkheid thans een cijfer van 600 à 700 aangeeft. Deze cijfers gelden voor het gehele concessiegebied van de Perusahaan Listrik Gebeo, N.V. in West Java.

Gezien de situatie zal het zeker nodig zijn de beperkingen voorlopig te handhaven, zodat bij een prognose voor de naaste toekomst wel enig houvast bestaat, zij het dat deze prognose is gebaseerd op rantsoenerings - en restrictiemaatregelen. Nu is dit alles voor de aanpassing van het H.S.-kabelnet zeer belangrijk, doch hiertegenover staat dat men bepaalde ingrijpende verbeteringen niet voor een paar jaren ontwerpt, doch meestal een zodanige marge neemt, dat men zeker wel voor de eerste tien à twintig jaren voldoende is gewaarborgd. Deze mogelijkheden worden dan begrensd door de limiet welke met een 6000V-kabelnet bereikbaar is. Wordt deze limiet overschreden dan zal men op andere, hogere spanningssystemen moeten overgaan. Voorts leert de ervaring dat zeer zelden een kabeldoorsnede werd toegepast welke op den duur te zwaar bleek te zijn, bijna altijd was het omgekeerde het geval.

Het kabelnet.

In de ontwikkeling van het kabelnet moeten wij onderscheid maken tussen twee dingen :

a. de capaciteit van het kabelnet
b. het systeem.

Het eerste punt heeft betrekking op de beschikbare koperdoorsneden van de kabels.

Het tweede punt heeft meer betrekking op het schema en het principe waarop dit net werd opgebouwd.

Capaciteit van het kabelnet.

a. De capaciteit van het kabelnet wordt in de eerste plaats beheerst door de afmetingen van de hoofdvoedingskabels. De keuze van de doorsnede van deze kabels wordt vastgesteld aan de hand van de te verwachten belasting, en ook al zou men deze onderschatten, dan blijft altijd de mogelijkheid bestaan de kabels uit te wisselen tegen zwaardere, of het aantal voedingskabels te vermeerderen.

Het is natuurlijk economischer om tijdig de juiste keuze te doen.

De H.S.-kabels zijn opgebouwd volgens de „Normaal Voorschriften". Het Nederlandsche normalisatieblad N 222 geeft de dimensionering van deze 6000 Volt kabels weer, en het Gebeo bestelt deze kabels in het algemeen met verwijzing naar dit normaalblad. Hierbij mag worden opgemerkt dat deze normalisatie dateert van vele jaren geleden en dat de kabeltechniek in dien tijd niet heeft stilgestaan. Strikt gesproken zou men hieruit de gevolgtrekking kunnen maken dat de eisen die in deze Normaal Voorschriften gesteld werden wel verminderd zouden kunnen worden, hetgeen tot goedkopere kabels zou kunnen leiden. Niettemin is mij niet bekend dat hierop ooit door belanghebbenden werd aangedrongen. Dit biedt aan de andere kant het voordeel dat de thans door ons bestelde kabels behoorlijk „safe" geacht kunnen worden.

De toelaatbare belastingen in de kabels zijn terug te vinden in de vooroorlogse A.V.E. (Algemene Voorschriften voor Sterkstroominstallaties in Nederlands-Indië).

Verder valt nog op te merken dat in verband met de heersende situatie hier te lande (weining verdiepingbouw, grote erven) de lengte der leidingen en kabels relatief meestal groot wordt en wij hebben dan ook veel meer te kampen met spanningsverliezen dan met overbelasting van kabels.

Er is nog een andere factor welke bij de keuze der kabeldoorsnede een rol speelt. De doorsnede van een kabel is evenredig mer r^2 (r = de straal van de kabeldoorsnede).

Het afkoelende oppervlak daarentegen met $2\pi r$ en er bestaat dus een onevenredigheid tussen de doorsnede en het afkoelende oppervlak, en dit demonstreert zich hierin, dat de maximaal toelaatbare stroombelasting van een kabel niet evenredig met de koperdoorsnede toeneemt. Vooral bij zeer zware koperdoorsneden gaat dit ook in economisch opzicht een belangrijke rol spelen. Berekeningen op dit gebied hebben ons voorlopig doen besluiten geen zwaardere kabeldoorsneden dan 70 mm² voor het 6 kV-net toe te passen. Is een grotere doorsnede noodzakelijk dan worden 70 mm² kabels parallel geschakeld.

Het systeem.

b. Het systeem van een kabelnet wordt in grote lijnen bepaald door aard, karakter en vorm van de te electrificeren projecten. Het is echter meestal zo dat met eenvoudige systemen wordt aangevangen, en dat met de groei van een plaats, aanpassing, respectievelijk herziening, dient plaats te vinden.

Wanneer wij vandaag aan de dag een stad als Bandung zouden moeten electrificeren, dan zou het kabelnet er waarschijnlijk heel anders uitzien dan de werkelijkheid thans weergeeft.

Men begint meestal vanuit een voedingspunt (dit kan zijn een centrale of onderstation) een hoofdvoedingskabel te leggen naar een of meer centrale punten in het te electrificeren object. In deze centrale punten bouwt men schakelstations van waaruit sectie-kabels leiden naar de diverse sectoren van het gebied. Deze sectiekabels

verdelen zich soms weer in de diverse transformatorstations, waar tertiaire kabels worden uitgevoerd. *)

Deze wijze van energieverdeling ligt vrij voor de hand en kan als een der eenvoudige systemen worden aangemerkt.

In de practijk is het echter zo dat men bij een verdere ontwikkeling van een zodanig kabelnet meestal weinig systematisch te werk gaat. Wanneer ergens buiten de bestaande kabelroute een nieuw transformatorstation moet worden opgericht gaat men na in welke der dichtstbijzijnde stations een „vrije kabel" beschikbaar is, en van hieruit wordt dan een kabel gelegd naar het nieuwe station.

Is een dergelijke vrije cel niet beschikbaar dan dient men óf een bestaand station uit te breiden (hetgeen wegens plaatsgebrek niet altijd mogelijk is), óf men dient een der dichtstbij gelegen kabels van zijn route af te buigen en deze in het nieuwe station in - en uit te voeren. Meestal kiest men die oplossing die op dat moment het minste werk vereist en dus het goedkoopste is.

Deze werkmethode is vrij algemeen gebruikelijk en heeft er toe geleid dat vele kabelnetten in grote plaatsen niet alleen hier, doch ook in Europa, op den duur systeemloos werden. Er ontstaat een netwerk van kabels hetwelk langzamerhand is gegroeid en waarbij men meestal op een bepaald moment vast loopt. Dit is in zekere zin jammer en men kan zich terecht afvragen waarom men dan niet tijdig volgens bepaalde richtlijnen tewerk is gegaan. Het antwoord hierop is eenvoudig, namelijk dat het komt omdat men niet in de toekomst kan zien. Wij hebben dan ook licht de neiging onze voorgangers verwijten te maken dat zij bij de aanleg van het kabelnet niet meer diligent zijn gebleven, doch wij vergeten, dat de ontwikkelingen die op dit moment een feit zijn, voor onze voorgangers een volkomen onbekende toekomst waren.

Meestal komt het dan ook hierop neer dat wij in de ontstane chaos achteraf orde trachten te scheppen door met meer systeem de nodige verbeteringen aan te brengen.

Er is ook tijd voor nodig om te weten welke systemen onder bepaalde verhoudingen vereist worden, en het heeft bepaald moeite gekost om bij de ontwikkeling van het kabelnet-Bandung tot het besef te komen dat wij een systeem moesten kiezen, en wèlk systeem moest worden uitgevoerd.

De bestudering van het net heeft ons voor Bandung wel een oplossing aan de hand gedaan en het heeft ons ook geleerd dat met dit systeem t.a.v. de toekomst veel voordelen bereikt kunnen worden.

Wanneer een uitgaande sectiekabel een bepaalde belasting moet overbrengen naar diverse transformatorstations, dan moet deze kabel dit met redelijke spanningsverliezen kunnen doen. Door de ontwikkelingen bestaat de kans dat dit criterium overschreden wordt. Schept men echter de mogelijkheid deze sectiekabels van twee kanten te voeden, met andere woorden ontwikkelt men deze sectiekabels zodanig dat zij altijd beginnen in een schakel - of onderstation en eindigen in een ander schakel - of onderstation, dan heeft men het voordeel dat de lengte van de kabel in tweeën gedeeld kan worden, terwijl de belasting eveneens gehalveerd wordt. Electrisch gesproken levert dit grote winsten op t.a.v. het spanningsverlies.

Alle verbeteringen in ons kabelnet, zowel de ontwikkeling voor nieuwe uitbreidingen, als de veranderingen in het bestaande net zijn thans gericht op dit doel, want afgezien nog van een betere spanning wordt hier de mogelijkheid van reservevoeding geschapen. Bij storing in een sectiekabel kan deze storing tussen twee transformatorstations geïsoleerd worden, en de scheiding naar dit punt worden verlegd. De reparatie kan rustig aan het gestoorde, spanningloze kabelstuk worden verricht terwijl alle transformatorstations in deze sectiekabel onder spanning blijven.

Dit systeem schept als het ware een nieuwe reserve doordat kabels die vroeger ondergedimensioneerd waren thans weer volledig tot hun recht komen. Deze oplossing lijkt betrekkelijk eenvoudig en toch is het slechts weinige jaren terug dat wij tot de erkenning moesten komen, dat deze werkwijze als de enige juiste moest worden gezien. Gevolgen van het systeemloos werken kunnen op talrijke plaatsen van het kabelnet worden teruggevonden.

De eisen welke aan sectiekabels worden gesteld zijn, dat ze zoveel mogelijk in een rechte lijn een bepaalde sector moeten doorlopen en daarbij zoveel mogelijk transformatorstations moeten opnemen. Dit moet als onderdeel van het beschreven systeem worden beschouwd.

Er zijn verschillende sectiekabels in onze netten te vinden welke langs zeer grillige wegen en na vele omzwervingen tenslotte hun einddoel bereiken.

Ten nauwste hiermede samenhangend moet nog even worden gesproken over de transformatorstations zelve.

Ieder station wordt geacht een zeker gebied te kunnen voeden, en berekeningen op economische grondslag hebben uitgewezen, dat bij de huidige vrij lage distributiespanningen van 110 V te Bandung en 127 V op de buitenplaatsen, de economische grens bereikt wordt indien een transformatorstation een gebied bedient met een straal om dit station van ca 250 à 300 m. Wordt dit gebied overschreden dan zal men reeds moeten overwegen nieuwe transformatorstations te bouwen.

Uit het voorgaande volgt, dat de normale afstand tussen de transformatorstations max. ca 500 m bedraagt. Dat dit op zich zelf invloed heeft op de configuratie van het kabelnet spreekt van zelf.

Opgemerkt dient te worden dat het echter zelden mogelijk is om precies daar een transformatorstation op te richten waar dit mathematisch en electrisch gesproken zou moeten komen, integendeel men is afhankelijk van de plaats van de grond welke beschikbaar is, en vooral in het meer dichtbebouwde gedeelte van een stad levert dit vaak een onoverkomelijke moeilijkheid op.

Het kabelnet Bandung moest oorspronkelijk worden aangepast aan de bestaande voedingsmogelijkheden. Ik wil niet teveel terugkomen op de oudste ontwikkelingen waarbij de Bandoengsche Electriciteit Maatschappij (B.E.M.), de voorloper dus van het G.E.B.E.O. (Gemeenschappelijk Electriciteit Bedrijf Bandung en Omstreken), over een Waterkrachtwerk beschikte in de buurt van de centrale Bengkok en de energie via een 6 kV-Hsp. lijn naar Bandung werd gevoerd.

*) Ter nadere toelichting deel ik mede dat zich bij ons bedrijf een bepaald woordbegrip heeft ingeburgerd waarbij onder een onderstation wordt verstaan een voedingspunt waar de energie van een hoge spanning op 6 kV. wordt getransformeerd.
In een schakelstation daarentegen wordt de energie slechts verdeeld.

Er zijn te weinig gegevens over deze ontwikkeling terug te vinden om hier nader op te kunnen ingaan. Het is echter wel zeker dat niet alleen deze centrale en de 6 kV-Hsp. lijn, doch ook een groot gedeelte van het toenmalige 6 kV-kabelnet in de stad Bandung, reeds lang is verdwenen.

Later, omstreeks 1920, werd het G.E.B.E.O. opgericht, en eerst toen had een definitieve taakverdeling plaats tussen deze nieuwe maatschappij en de overheid.

De *OVERHEID* zou zorgen voor *opwekking* en *transport van* de electrische energie naar de voornaamste afname-centra.

Het G.E.B.E.O. zou deze energie in enkele voedingspunten afnemen, deze naar de distributiepunten transporteren, en voor deze distributie zorgdragen.

De Overheid bouwde de centrales Bengkok (met Dago), Plengan en Lamadjan en legde een 25 kV-Hsp. net aan tussen deze centrales.

De voeding van het toenmalige Radiostation Malabar, met boogzender van dr. de Groot, had een belangrijke invloed op deze aanleg.

Padalarang vormde een knooppunt in dit net en speciaal t.a.v. de toen reeds aanwezige plannen voor een koppeling met Djakarta.

De voeding van Bandung geschiedde toen met een 35 mm² 6 kV-kabel vanuit de centrale Bengkok, welke werd aangelegd langs de Djalan Dago en die nog steeds, doch nu gedeeltelijk als sectiekabel, in bedrijf is.

In het *OOSTEN* vereiste de aanwezigheid van de toenmalige Artillerie Constructie Winkel, thans P.S.M. geheten, een voedingspunt van waaruit tevens kabels naar Oost - Bandung werden aangelegd.

In het *ZUIDEN* bij Tegallega ontstond later het voedingspunt Tjigerelleng dat aangesloten werd op een aftakking van de koppellijn Bengkok-Malabar-Lamadjan.

Bandung beschikte toen dus over drie voedingspunten, t.w. in het

NOORDEN — Bengkok
OOSTEN — Kiaratjondong
ZUIDEN — Tjigerelleng

De ontwikkeling van het kabelnet heeft zich hierop aangepast. Zo ontstond in verband met de steeds toenemende belasting de noodzaak van veel zwaardere 6 kV voedingsaders, en de oprichting van schakelstations in de verschillende stadsdelen, ter verdere verdeling van de energie.

Zo kwam vanuit Bengkok tot stand een nieuwe voedingsader bestaande uit 2 parallele 70 mm² kabels naar het schakelstation-Noord en verder doorlopend naar het schakelstation Braga in het centrum van de stad.

Hetzelfde geschiedde vanuit Tjigerelleng, waar 2 parallele 70 mm² kabels werden aangelegd ter voeding van het schakelstation-Zuid, en verder doorlopend eveneens naar Braga.

Zo was derhalve een vrij sterke verbinding ontstaan tussen Noord en Zuid, welke vele mogelijkheden bood.

Een zelfde ontwikkeling vond plaats in het Oosten van Bandung. Eerst na de oorlog werden steeds meer moeilijkheden ondervonden in het Westelijke gedeelte van de stad. De vrij grote energiebehoefte van de vliegbasis bij Andir (Husein Sastranegara) en de ontwikkeling van een groot gedeelte van West-Bandung tot industriegebied, eisten een oplossing. Dit leidde tot de oprichting van het voedingspunt *WEST*, dat middels een hoogspanningslijn vanuit Tjigerelleng op het algemene net werd aangesloten. Hierbij merk ik op dat de spanning van het net door de Japanse bedrijfsleiding tijdens de oorlog van 25 kV op 30 kV werd verhoogd.

Dit was altijd de bedoeling geweest, doch het werd steeds weer uitgesteld.

Thans beschikt Bandung derhalve over 4 voedingspunten.

De energie wordt hier onder 30 kV aangevoerd en door het Gebeo onder 6 kV afgenomen.

De gedachte is om om Bandung heen een Hsp. ringlijn te bouwen van 30 kV (later misschien 70 kV), waardoor het aantal voedingspunten zo nodig kan worden opgevoerd.

Vanuit een economisch standpunt bezien is dit thans de meest voordelige wijze waarop in de toekomst in de steeds toenemende energiebehoefte van de zich nog voortdurend uitbreidende stad kan worden voorzien. Grijpt men de gelegenheid tot het bouwen van deze ringlijn nu niet aan, dan komt men later voor de zeer ernstige consequentie te staan dat energie onder 30 kV en wellicht wel onder 70 kV met ondergrondse kabels de stad moet worden ingeleid, hetgeen een zeer kostbare uitvoering zou worden.

Thans zijn reeds onderhandelingen gaande, en worden voorbereidingen getroffen, voor een aantal nieuwe voedingspunten en wel :

Padasuka aan de Grote Postweg, ten Noordoosten van Bandung, en

Margahaju aan de Koppoweg naar Soreang, ten Zuidwesten van Bandung.

Er zijn ook reeds plannen voor een voedingspunt in Zorgvliet in het N.W. deel van de stad.

Wanneer deze plannen verwezenlijkt worden dan zal Bandung over 7 voedingspunten beschikken en kan voorlopig weer voor een aantal jaren de verdere ontwikkeling met vertrouwen worden tegemoet gezien.

Het aanpassen van het bestaande kabelnet aan deze nieuwe voedingspunten is uit den aard der zaak noodzakelijk, doch het laat zich aanzien dat door dit regelmatig uitbreiden van het aantal voedingspunten in de steeds toenemende energiebehoefte van Bandung voor de eerste jaren zeker bevredigend kan worden voorzien.

RESUMERENDE is thans de volgende toestand ontstaan :

BENGKOK — 2 kabels van 70 mm², via schakelstation-Noord naar schakelstation-Braga,

BENGKOK — 1 kabel van 35 mm² naar schakelstation-dr. de Groot,

KIARATJONDONG — 2 kabels van 70 mm², naar schakelstation-Oost,

TJIGERELLENG — 2 kabels van 70 mm² via schakelstation-Braga,

VOEDINGSPUNT-WEST — 1 kabel van 70 mm² naar schakelstation-Ardjuna.

In verschillende van deze schakelstations (Oost, Zuid en Ardjuna) wordt de spanning bovendien nog door middel van inductieregelaars bijgeregeld. Vanuit de voedingspunten zelf gaat ook reeds een aantal sectiekabels ter verzorging van de energievoorziening van de naaste omgeving daarvan.

CONCLUSIE Om de ontwikkeling van de energiebehoefte van Bandung te kunnen volgen zou grote aandacht moeten worden besteed aan de volgende punten :

1e er zal een soliede ringlijn voor 30 kV (later wellicht 70 kV) om Bandung heen moeten worden ontwikkeld, waardoor het aantal voedingspunten van Bandung regelmatig uitgebreid zal kunnen worden.

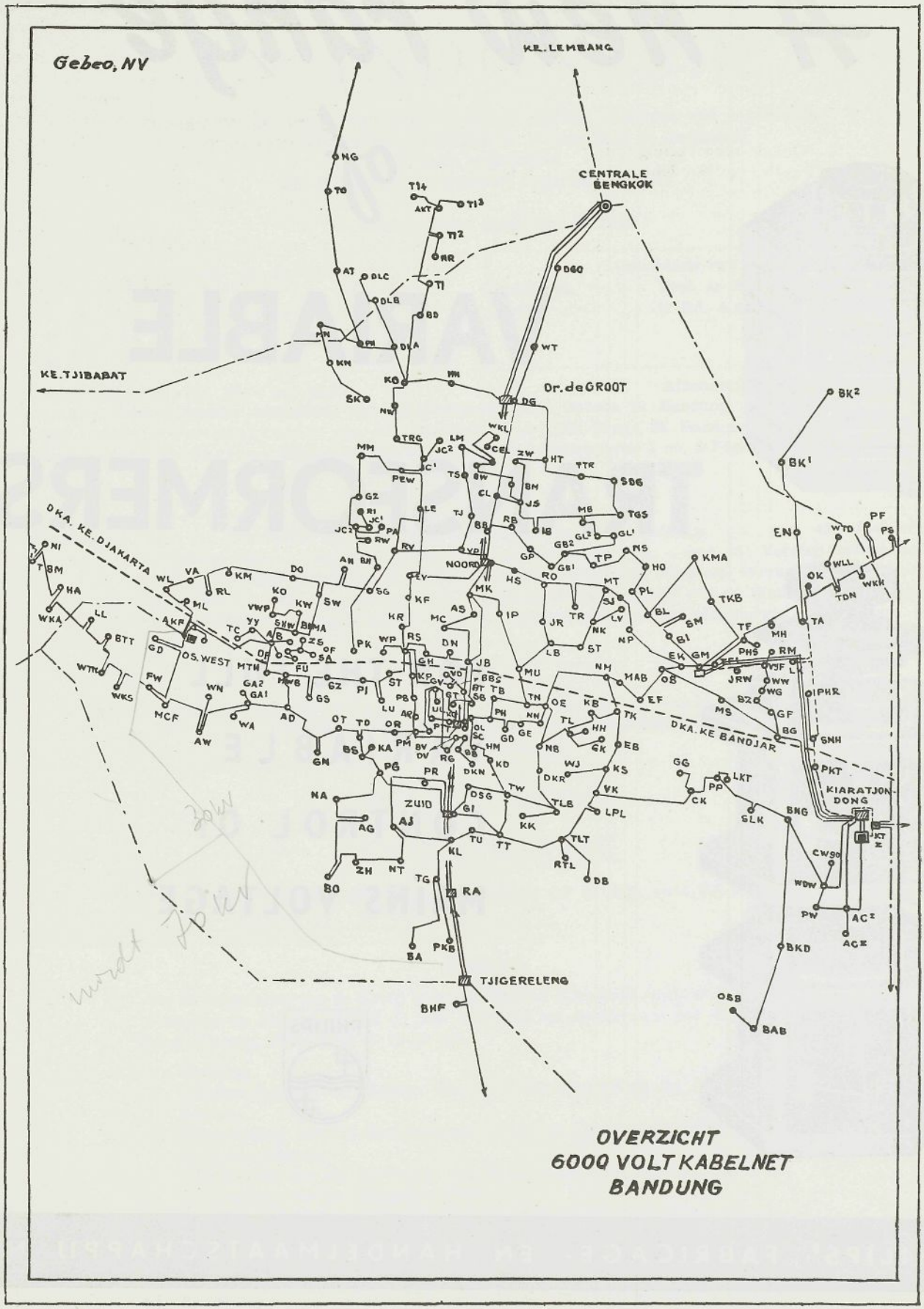
2e De van deze voedingspunten uitgaande hoofdvoedingskabels zullen naar schakelstations moeten worden geleid en het bestaande 6 kV-kabelnet zal aan de nieuwe omstandigheden moeten worden aangepast, volgens richtlijnen en systemen welke hierboven werden uiteengezet.

Het eerste is de taak van de *OVERHEID*.

Het tweede is de taak van de *PERUSAHAAN LISTRIK GEBEO, N.V.*

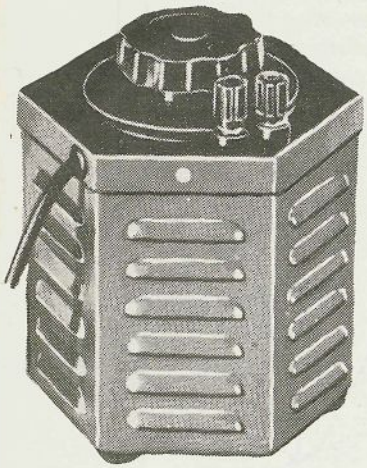
---

dit zal men
toch wel dadelijk
moeten uitkiezen want
er zijn veel onderstations

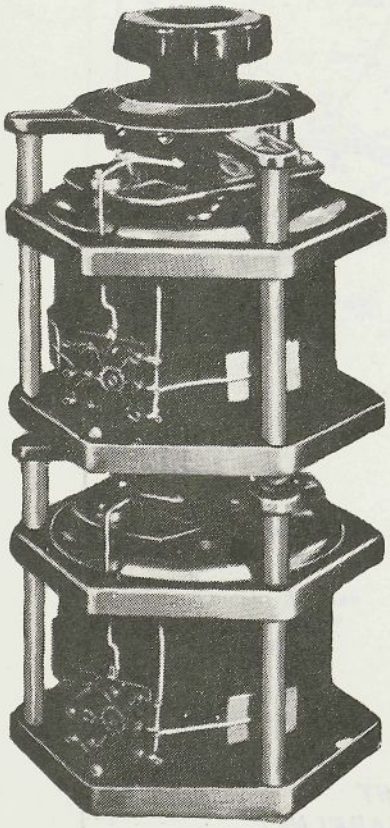


OVERZICHT
6000 VOLT KABELNET
BANDUNG

A new range of



VARIABLE TRANSFORMERS



FOR THE FULL VARIABLE CONTROL OF MAINS VOLTAGE

PHILIPS

PHILIPS' FABRICAGE- EN HANDELMAATSCHAPPIJ N.V.