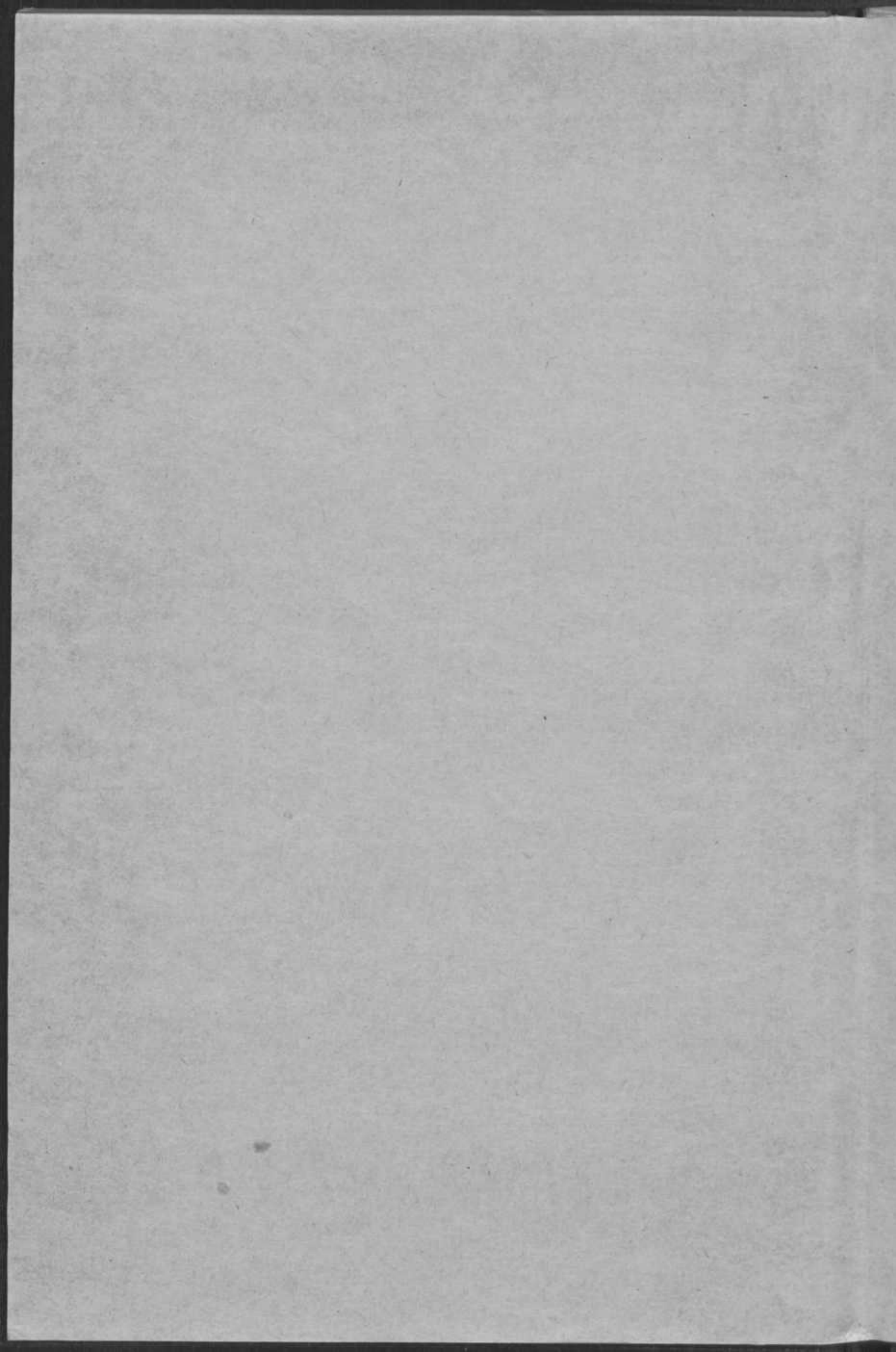
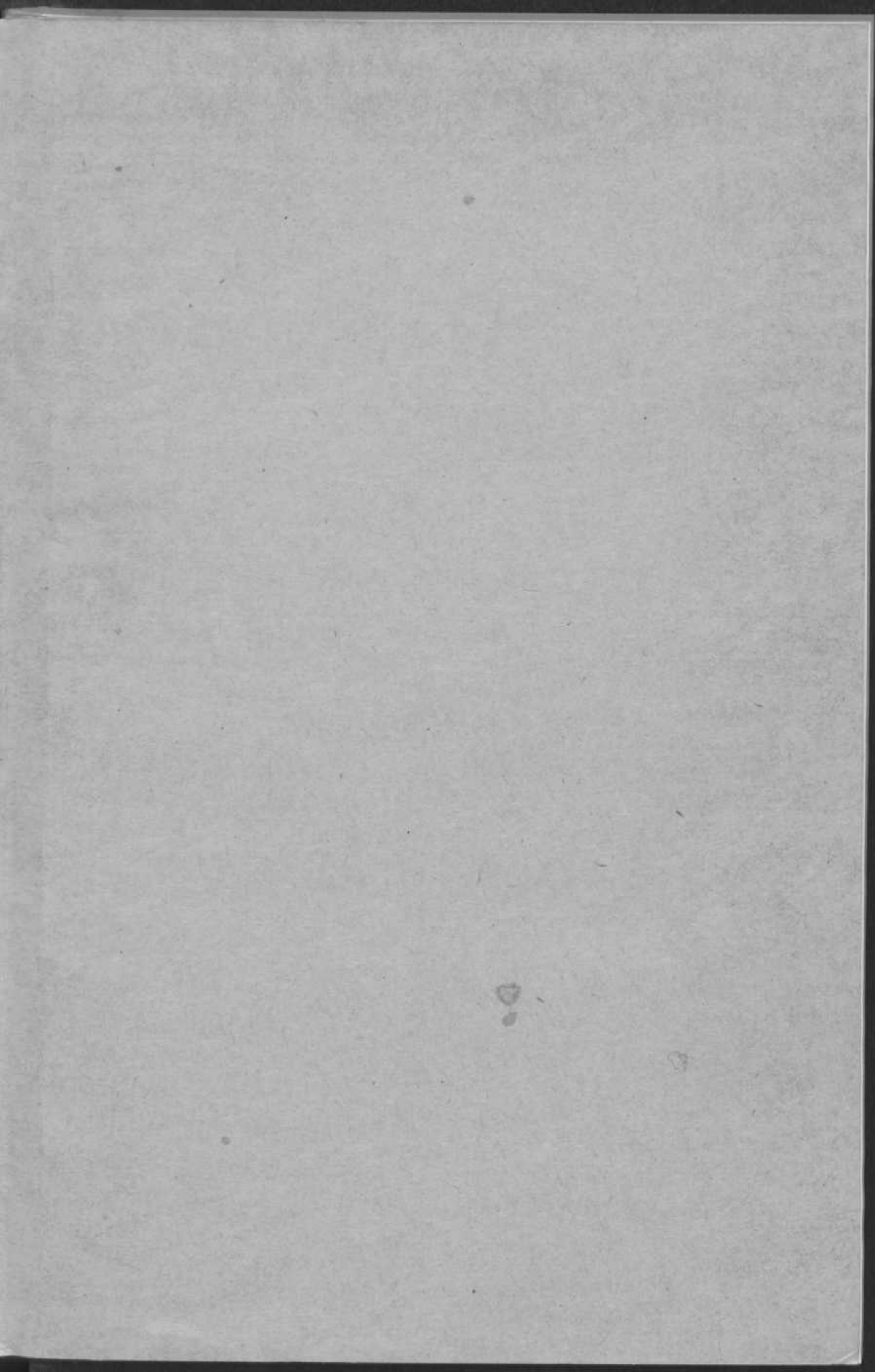


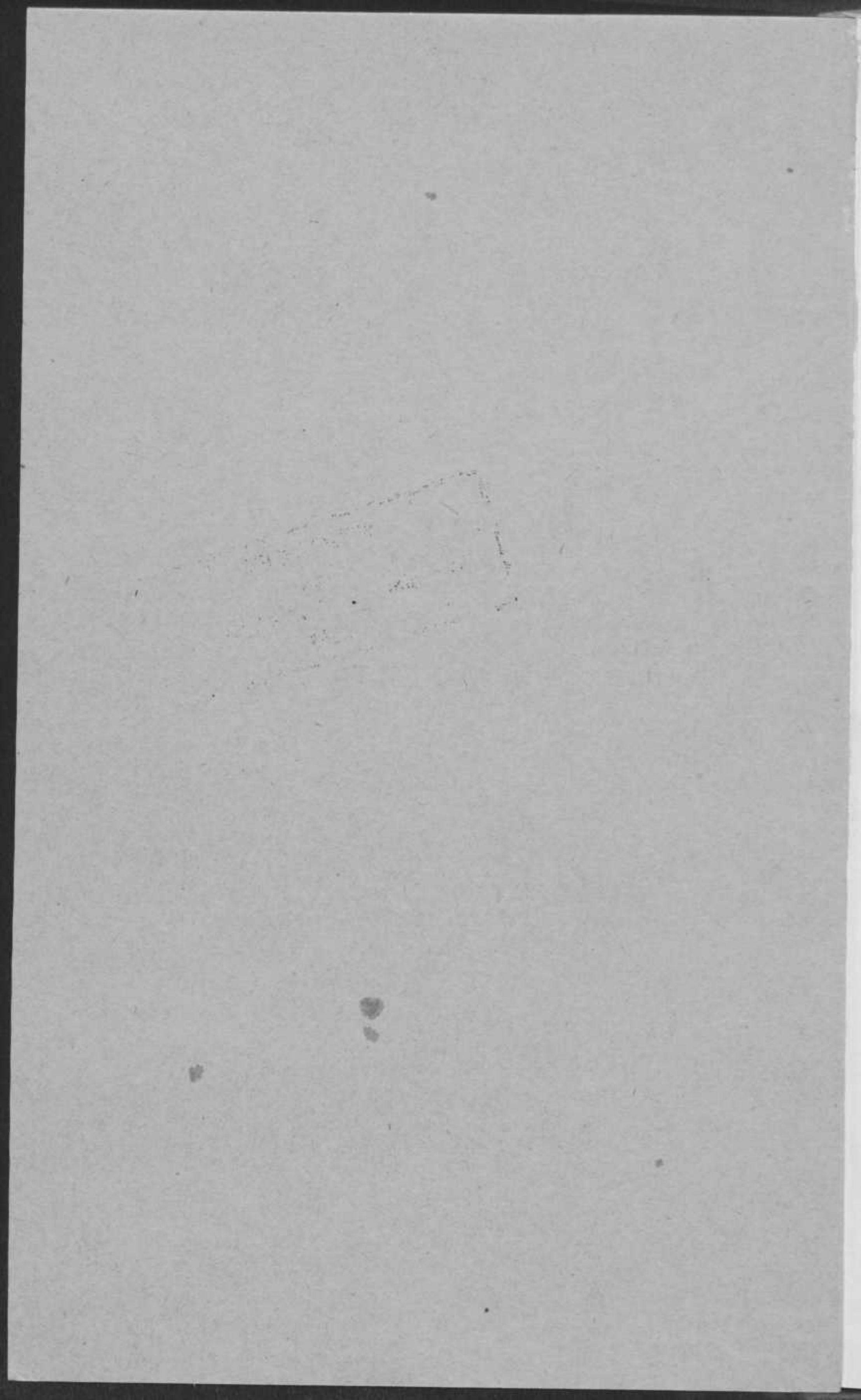
459 H

D

JOHNS HOPKINS UNIVERSITY  
LIBRARY

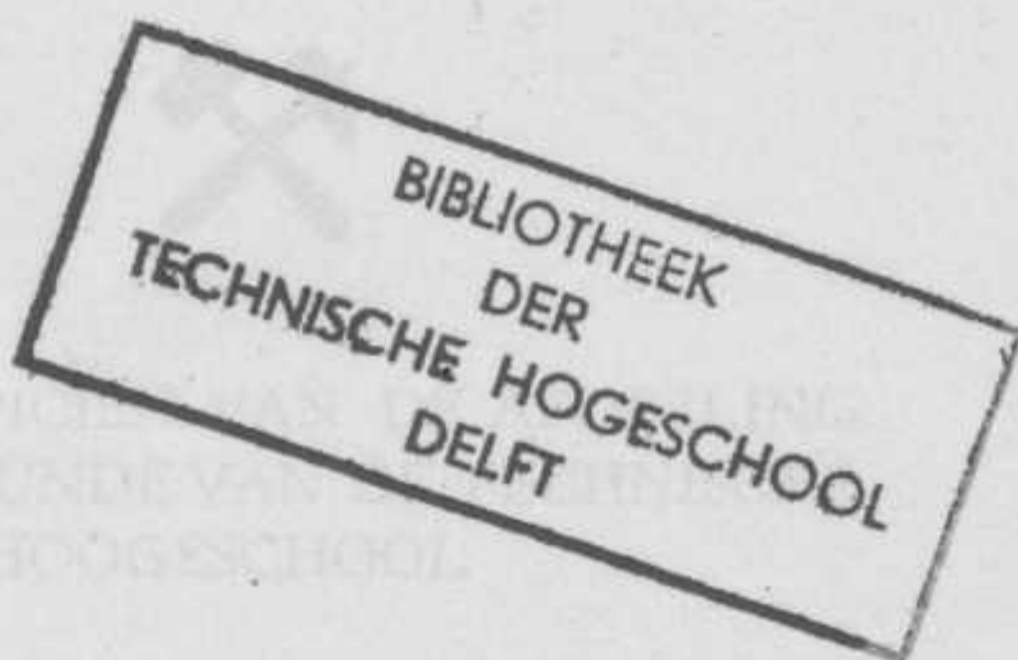






JAARBOEK  
DER MIJNBOUWKUNDIGE  
STUDENTEN TE DELFT

1938-1941



459F

JARBOEK  
DER MIJNBOLWKUNDIGE  
STUDENTEN TE DELFT

BIBLIOTHEEK  
DER  
TECHNISCHE HOOGESCHOOL  
DELFT

VV

# JAARBOEK DER MIJNBOUWKUNDIGE STUDENTEN TE DELFT

Technische Hoogeschool, Afdeling Mijnbouwkunde	
Hoogleraren, Assistenten	18
Opbouw van de Mijnbouwkunde	19
Examens en promoties	21
Mijnbouwkundige Vereniging	22
Faculteten	23
Bestuur der Mijnbouwkundige Vereniging	27



ONDER AUSPICIËN VAN DE AFDEELING  
MIJNBOUWKUNDE VAN DE TECHNISCHE  
HOOGESCHOOL

Geophyica	
De gravimetrische methode der geophysische opsporing methoden, door E. C. Schermer, deel 1	47
Over de toewijzing en interpretatie van magneten met de aardmagneet, door J. C. van der Vliet	124
Waarschijnlijkheid der geophysische methoden bij mijn- delandontginning, door Dr. J. Van der Vliet	133
Gravimetrische onderzoeksmethoden met Thomas' apparaat door Dr. R. A. De Groot en J. J. W. van der Vliet	182
Vandijkreeft in het Middelste gedeelte, door H. W. van der Vliet	174
Voordrachten en Bijdragen	
De spiegelcrans van den Janszij 1940, door Dr. J. J. van der Vliet	189
Mineralisatie op de ... 1938-1941	197
De ... door Dr. H. J. W. van der Vliet	197
Eenige bijdrachten van den alluvialen mijnbouw in noord- Belgische Congo, door Dr. H. J. W. van der Vliet	233

459

JAARBOEK

DER MIJNBOUWKUNDIGE  
STUDENTEN TE DELFT



ONDER AUSPICIËN VAN DE AFDELING  
MIJNBOUWKUNDE VAN DE TECHNISCHE  
HOOGESCHOOL

1938-1941



## INHOUD.

Voorwoord . . . . .	Blz. 15
---------------------	---------

### **Technische Hoogeschool, Afdeeling Mijnbouwkunde.**

Hoogleraren, Assistenten . . . . .	18
Gebouw voor Mijnbouwkunde . . . . .	19
Examens en promotiën . . . . .	21

### **Mijnbouwkundige Vereeniging.**

Eere-leden . . . . .	26
Besturen der Mijnbouwkundige Vereeniging . . . . .	27
In memoriam . . . . .	29
Jaarverslagen der Mijnbouwkundige Vereeniging . . . . .	36

### **Geophysica.**

De gravimetrische methode der geophysische opsporings- methoden, door E. C. SCHEFFER cand. m. i. . . . .	47
Over de uitvoering en interpretatie van metingen met de torsie-balans, door J. G. VAN EWIK . . . . .	124
Aanteekeningen over de topografische correctie bij torsie- balans-metingen, door Ir. TH. J. VRINS . . . . .	138
Gravimetrische opsporingsmethode met het Thyssen-apparaat, door Dr. R. A. DAMSTÉ en J. J. WOUTERS . . . . .	162
Veldonderzoek in het Vlodropgebied, door H. WORIES . . . . .	174

### **Voordrachten en Bijdragen.**

De spleet-eruptie van den Etna in 1910, door Prof. dr. J. H. F. UMBGROVE . . . . .	181
Mineralisatie op de Tineilanden (Billiton, Banka, Riouw- Lingga Archipel), door Dr. ir. J. WESTERVELD . . . . .	187
Enkele hoofdtrekken van den alluvialen mijnbouw in oostelijk Belgische Kongo, door Ir. T. DE VRIES . . . . .	235

Pyriet-flotatie toegepast op Boliviaansche tinertsen, door Ir. P. S. BAKELS . . . . .	259
Opsporing en ontginning van fosforieten in Twente, door Ir. T. DE VRIES . . . . .	289
Chocaya, een Boliviaansche tin-zilver ertsafzetting, door Ir. H. DEKKER . . . . .	294

### Excursies.

Verslag van de excursie naar Italië, 7—29 Sept. 1938, door W. P. TEEUWISSE cand. m. i. . . . .	309
Verslag van de excursie naar Bretagne en Massif Central, Juni 1939, door W. J. VAN RIEL cand. m. i. . . . .	333

### Practisch werken.

De adsorptie van mijngas door steenkool, door C. HORDIJK cand. m. i. . . . .	379
Practisch werk op een olieterrein in Roemenië, door J. T. L. BARTLEMA cand. m. i. . . . .	388

Index . . . . .	427
-----------------	-----

Literatuurlijst . . . . .	449
---------------------------	-----

### Adreslijst.

Mijnbouwkundige studenten . . . . .	463
Mijningenieurs afgestudeerd aan de T. H. T. . . . .	469

„*Saevis tranquillus in undis*”.

Willem de Zwijger.

## VOORWOORD.

De Commissie tot Redactie van het Jaarboek van de Mijnbouwkundige Studenten te Delft beschouwt het als een voorrecht, dit Jaarboek onder auspiciën van de Afdeeling Mijnbouwkunde van de Technische Hoogeschool te mogen uitgeven.

Het zijn louter financieele omstandigheden geweest, die verhinderd hebben, dat gedurende 4 jaar een Jaarboek kon verschijnen.

Het is aan het beleid van de laatste twee penningmeesters van de Mijnbouwkundige Vereeniging te danken, dat de rekeningen van vorige Jaarboeken vereffend zijn en de Commissie thans met een schoone lei kan beginnen.

De Commissie stelt zich dan ook tot doel, dit Jaarboek zich zelf te laten bekostigen, zoodat deze uitgave geen belemmering zal zijn voor een volgende.

Terwijl door het onbereikbaar zijn van de meeste buitengewone leden de inkomsten belangrijk verminderden, kon het ontstane tekort door giften weer eenigszins gecompenseerd worden, o,a. van het Delftsche Hoogeschool Fonds.

Voor deze medewerking zijn wij Prof. ir. C. L. VAN NES en Prof. ir. M. H. CARON veel dank verschuldigd.

Waren vroeger vaak de rubrieken „Praktisch Werken” en „Excursies” de eenige bijdragen der studenten, dit Jaarboek bevat ook eenige artikelen hunnerzijds.

Gezien de groote belangstelling, die momenteel voor de Geophysica bestaat, mede door het huidige onderzoek in Limburg en de cursussen der B. P. M., is hierover een aparte rubriek opgenomen.

De Commissie spreekt haar erkentelijkheid uit jegens allen, die door hun bijdragen deze uitgave mogelijk maakten, in het bijzonder:

Ir. P. S. BAKELS,  
 Dr. R. A. DAMSTÉ,  
 J. G. VAN EWYJK,  
 Prof. dr. J. H. F. UMBGROVE,  
 Ir. T. J. DE VRIES,  
 Ir. TH. J. VRINS,  
 Dr. ir. J. WESTERVELD en  
 H. WORIES.

Evenals vorige jaren was Ir. C. J. A. BERDING bereid het bijwerken en de verzorging van den Index voor zijn rekening te nemen, waarvoor wij hem hier onzen hartelijken dank willen betuigen.

De prentjes, die vervaardigd werden door de heeren R. P. SCHOEMAKER en G. DOEVE, brengen in dit boek de gewenschte sfeer.

Het technische teekenwerk werd op uitmuntende wijze verzorgd door den heer C. VAN WERKHOVEN.

De foto's ontvingen wij van de inzenders.

Een woord van dank voor de buitengewoon prettige medewerking, bij de technische uitvoering ondervonden van de zijde van de Uitgeverij Waltman en de Drukkerij Meinema, is hier zeker op zijn plaats.

Het is de wensch van de Commissie, dat dit boek op waardige wijze mag aansluiten bij de rij Jaarboeken van de Mijnbouwkundige Vereeniging.

De Commissie:

G. M. KRAMER,  
 W. J. BIERENS DE HAAN,  
 C. HORDIJK,  
 E. C. SCHEFFER,  
 A. REILINGH.

# TECHNISCHE HOOGESCHOOL



## AFDEELING MIJNBOUWKUNDE

**Hoogleraren.**Jaar van  
ambtsaanvaarding  
te Delft

- Ir. C. L. VAN NES, De mijnkunde, het mijnmeten en kar-  
teeren. *Voorzitter* 1925  
Dunklerstraat 49, 's-Gravenhage. Postrekening 88631.
- Ir. J. A. GRUTTERINK, De delfstof- en aardkunde. *Secretaris* 1906  
van Bleiswijkstraat 179, 's-Gravenhage. Tel. 551742. Postrek. 82760.
- Ir. H. F. GRONDIJS, De ertskunde 1926  
Willem Frederiklaan 4, 's-Gravenhage. Tel. 552308. Postrek. 107180.
- Ir. M. H. CARON, De metallurgie en de docimasie 1928  
Sportlaan 103, 's-Gravenhage. Tel. 334435. Postrekening 144862.
- Dr. ir. J. A. A. MEKEL, De geologie 1929  
Oude Delft 126. Tel. 1448. Postrekening 125016.
- Dr. J. H. F. UMBGROVE, De geologie 1930  
Bremhorstlaan 19, Wassenaar. Tel. 8632. Postrekening 165265.

**Assistenten.**

\* Dr. ir. W. F. DE JONG, De delfstofkunde.

Tweemolentjeskade 15.

Ir. E. ENGBERTS, idem.

Leiden, Haagweg 29.

Mej. Ir. N. E. HARTMANS, idem.

Voorburg, Hoogweidelaan 12.

Ir. H. DEKKER.

's-Gravenhage, Anemoonstraat 114.

\* Dr. ir. C. SCHOUTEN, De ertskunde.

Rotterdamscheweg 164.

Ir. J. A. C. TER MEULEN, idem.

Rijswijk (Z.-H.), Koninginnelaan 34.

Mej. Ir. A. C. W. C. BOT, De docimasie en de metallurgie.

Ruys de Beerenbrouckstraat 5.

Ir. F. P. C. S. VAN DER PLOEG, idem.

's-Gravenhage, Frankenslag 144.

\*) Hoofdassistent.

Ir. J. C. SCHAGEN VAN SOELEN, De mijnkunde.

Rijswijk (Z.-H.), Molenlaan 4.

J. TH. L. BARTLEMA, Het mijnmeten en karteeren.

Kanaalstraat 9.

\* J. G. VAN EWIKJ, De geologie.

Rijswijk (Z.-H.), Haagweg 58.

Dr. R. DE WIT, De historische geologie en de palaeontologie.

Leiden, Nachtegaallaan 9.

**GEBOUW VOOR MIJNBOUWKUNDE.** Mijnbouwstraat 20.

Telefoon 1982. Prof. ir. J. A. GRUTTERINK, beheerder.

Ir. J. DE VRIES, bedrijfsing.-conservator.

's-Gravenhage, Laan van Meerdervoort 760.

Mej. H. M. STEENHUIS, schrijfster 1e kl.

's-Gravenhage, Beeklaan 340.

P. C. ALBERS, concierge.

Mijnbouwstraat 18.

F. S. W. GAUTIER, bedrijfschef.

Maerten Trompstraat 6.

A. VAN WERING, timmerman.

Loudonstraat 30.

B. VAN TUIJL, tuinman.

Simonsstraat 27.

J. G. SMITS, bediende 1e kl.

Delfgauwscheweg 159.

**Laboratorium voor delfstofkunde.**

Prof. ir. J. A. GRUTTERINK, beheerder.

C. VAN DIJK, amanuensis.

Oostplein 7.

N. L. WITVELD, technicus 2e kl.

Gasthuislaan 191a.

M. P. VAN DER MEER, laboratoriumbediende.

Maerten Trompstraat 14.

**Laboratorium voor aardkunde.**

Prof. dr. ir. J. A. A. MEKEL, beheerder.

C. VAN WERKHOVEN, teekenaar.

de Vriesstraat 56.

E. VISSER, amanuensis.

Hof van Delftlaan 119.

**Laboratorium voor historische geologie en palaeontologie.**

Prof. dr. J. H. F. UMBGROVE, beheerder.

P. L. HENDRIKS, amanuensis.

Lipkensstraat 19.

**Laboratorium voor ertskunde.**

Prof. ir. H. F. GRONDIJS, beheerder.

L. J. VAN DER VALK, amanuensis.

Pijnacker, Kerkweg 65B.

M. S. R. MUSSERT, laboratoriumbediende.

Rijswijk (Z.-H.), Kerklaan 202.

**Laboratorium voor mijnkunde.**

Prof. ir. C. L. VAN NES, beheerder.

J. C. ALBERS, amanuensis.

Simonsstraat 41.

**Laboratorium voor docimasie en metallurgie.**

Prof. ir. M. H. CARON, beheerder.

H. F. VAN DREUMEL, amanuensis.

Rijswijk (Z.-H.), Beetslaan 56.

J. A. GROOTE, laboratoriumbediende.

Cornelis Trompstraat 39.

**Mineralogisch-geologisch museum.**

Dr. P. KRUIZINGA, conservator.

Rijswijk (Z.-H.), Julianastraat 21.



## GESLAAGD GEDURENDE DE CURSUS 1937—1938.

## A. PROPAEDEUTISCHE EXAMENS.

J. TH. L. BARTLEMA.	C. KOOL.
J. R. BEZAAN.	H. C. L. MEYER.
W. J. BIERENS DE HAAN.	J. E. OUWEHAND.
J. BIJL.	M. J. H. ROEP.
K. R. DAHMEN.	B. J. SCHOENMAKER.
G. B. DEBETS.	T. J. E. SMID.
C. J. GROOTHOFF.	A. W. SNELL.
J. HARDEMAN. †	H. M. STIASNY.
J. T. H. VAN DEN HONERT.	H. TERWOGT
C. HORDIJK.	

## B. CANDIDAATS-EXAMENS.

H. A. ANKERSMIT. †	A. J. J. KOCH.
J. BLOEMENDAL.	K. KOETEN.
J. CLEYNDERT.	P. T. VELZEBOER.
D. J. KNUTTTEL.	J. VISMAN.

## C. INGENIEURS-EXAMENS.

A. H. J. L. VAN DER BURG.	J. P. OUDGENOEG.
J. W. FENNELL.	J. WIENTJES.
A. L. HAIGHTON.	W. WIESKE.
E. J. VAN DE LAARSCHOT.	P. WINTGENS.
L. P. MASON.	

## GESLAAGD GEDURENDE DE CURSUS 1938—1939.

## A. PROPAEDEUTISCHE EXAMENS.

F. C. d'AUDRETSCH.	L. F. KLEIN BOG.
A. BOR.	A. H. KLEIJN.
M. C. BRANDES.	W. KRENNING.
H. A. E. BURGERS.	R. VON NORDHEIM.
G. DUIFJES.	W. M. OTTEN.
W. K. VAN GELDER.	C. J. VELZEBOER.
J. W. E. VAN DE GRAAFF.	F. H. WILLEUMIER.
J. W. R. HUSEN.	J. J. DE WITTE.

## B. CANDIDAATS-EXAMENS.

C. W. BAIS.	A. HOLS.
J. C. VAN DEN BERGE.	G. J. OORTHUYS.
R. M. J. VAN DEN BRANDELER.	W. J. VAN RIEL.
H. DEKKER (met lof)	P. ROOSCH.
P. EGAS.	E. C. SCHEFFER.
H. N. VAN DEN HEUVEL.	W. P. TEEUWISSE.

## C. INGENIEURS-EXAMENS.

E. H. ADELAAR.	P. O. LAP.
H. VAN ARKEL.	K. SIDERIUS.
H. HARTJENS.	

## GESLAAGD GEDURENDE DE CURSUS 1939—1940.

## A. PROPAEDEUTISCHE EXAMENS.

D. P. VAN AMEYDEN	S. VAN DER KLUGT.
VAN DUYM.	J. KRAAK.
F. L. VAN BERCKEL.	J. L. LARIVE.
K. A. BIEGMAN.	W. H. VAN RAADSHOOVEN.
G. J. W. DE BOER.	A. REILINGH.
A. BROEKHUYSEN.	R. P. SCHOEMAKER.
G. DOEVE.	J. W. VAN SLOOTEN.
J. L. HESSELBERG.	J. STUFFKEN.
D. HOLLAAR.	R. N. TAVERNE.
J. J. HOPMANS.	D. A. G. VASTENOU.
F. W. IMMINK.	H. J. VAN ZADELHOF.

## B. CANDIDAATS-EXAMENS.

G. B. DEBETS.	A. W. SNELL.
C. J. GROOTHOFF.	H. M. STIASNY.
M. VAN DER SLEEN.	H. TERWOGT.

## C. INGENIEURS-EXAMENS.

H. A. ANKERSMIT. †	D. J. KNUTTTEL.
J. C. VAN DEN BERGE.	K. KOETEN.
J. BLOEMENDAL.	P. T. VELZEBOER (met lof).
J. CLEYNDERT.	J. VISMAN.

## GESLAAGD GEDURENDE DE CURSUS 1940—1941.

## A. PROPAEDEUTISCHE EXAMENS.

G. BAKKER.	J. W. DE KORVER.
H. J. BRONS.	R. C. P. VAN LIER.
P. DAMAVE.	E. H. L. DE MUNCK.
P. C. GROENEWEGE.	E. T. SMEETS.
H. J. D. HAMERS.	L. SONNEVELD.
A. J. HARTLAND.	V. TAFEIËFF.
J. K. H. JORDAANS.	A. J. VERBIEST.
K. KLEITERP.	P. B. VOGELSANG.

## B. CANDIDAATS-EXAMENS.

J. G. F. BAST.	C. HORDIJK.
W. F. VAN BEEK.	G. M. KRAMER.
J. R. BEZAAN.	F. J. SANDERS.
J. BIJL.	R. J. DE VRIES.
A. VON FABER.	J. J. DE WITTE.
A. W. VAN HAEFTEN.	

## C. INGENIEURS-EXAMENS.

C. W. BAIS.	G. J. OORTHUYS.
H. N. VAN DEN HEUVEL.	T. J. VRINS (met lof).
A. J. J. KOCH.	

## GESLAAGD GEDURENDE DE CURSUS 1941—1942.

Vóór 1 December 1941.

## A. PROPAEDEUTISCHE EXAMENS.

G. J. BAKKER.	D. KRUYSS.
E. H. BRUIST.	A. MOL LOUS.
C. W. CORTS.	M. J. VAN RIJ.
C. J. W. EVERS.	L. TAMPOEBOLON.
J. R. HUBERT VAN BLYENBURGH.	P. C. VIETS.
J. T. R. KEMPERS.	

## B. CANDIDAATS-EXAMENS.

W. J. BIERENS DE HAAN.	J. E. OUWEHAND.
L. F. KLEIN BOG.	M. J. H. ROEP.
A. H. KLEYN.	C. J. VELZEBOER.
H. C. L. MEYER.	F. H. WILLEUMIER.

## C. INGENIEURS-EXAMENS.

H. DEKKER (met lof).	A. HOLS.
W. J. VAN RIEL.	

PROMOTIES TOT DOCTOR IN DE TECHNISCHE WETENSCHAPPEN AAN DE AFDEELING DER MIJNBOUWKUNDE.

3 Februari 1938: Ir. A. J. COSIJN.

Statistical studies on the phylogeny of some foraminifera. Cyclocypeus and lepidocyclina from Spain, globorotalia from the East Indies.

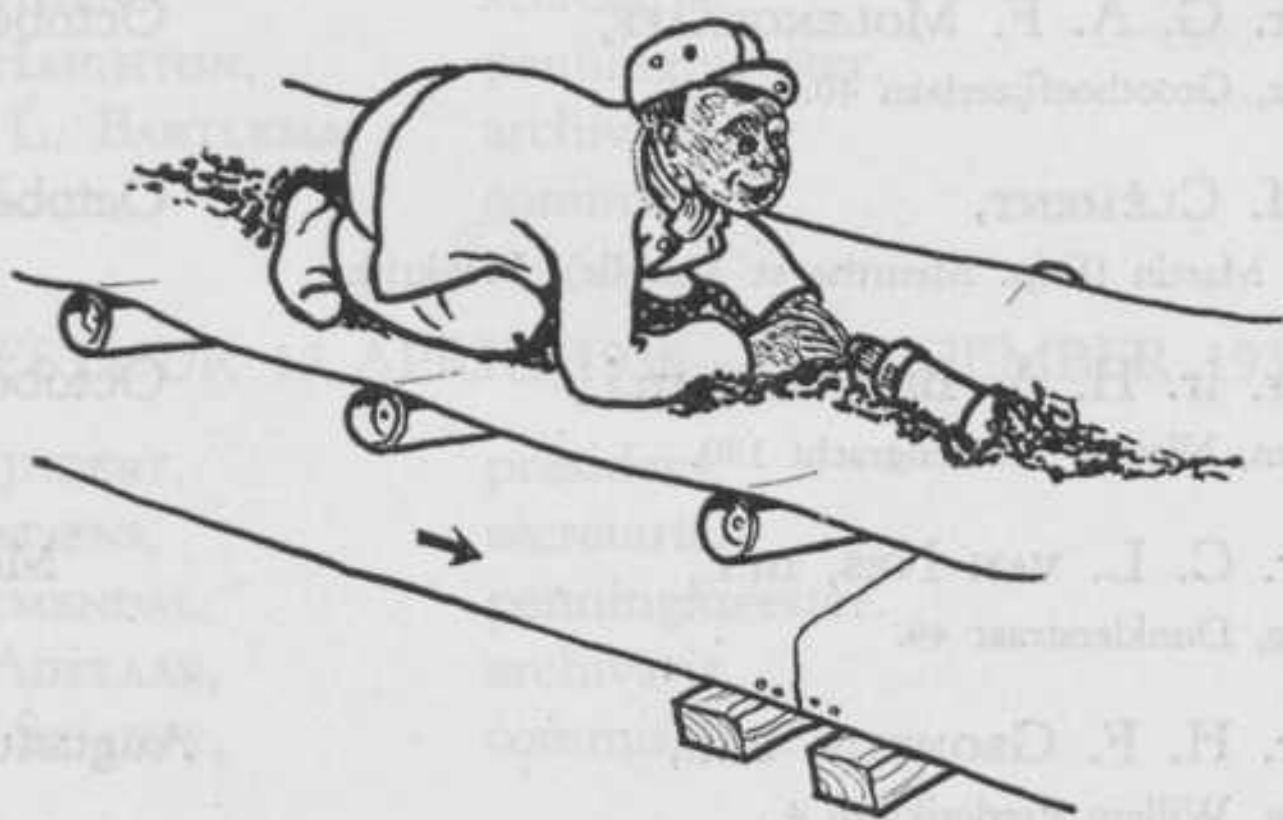
Promotor: Prof. dr. J. H. F. UMBGROVE.

8 Juni 1938: Ir. J. A. W. MULLER.

Enkele bedrijfseconomische beschouwingen over den Nederlandschen steenkolenmijnbouw.

Promotoren: Prof. dr. ir. J. GOUDRIAAN en Prof. ir. C. L. VAN NES.

# MIJNBOUWKUNDIGE



# VEREENIGING

W. B. van  
M. S.  
C. S.  
G. J. O.  
A. W. van H.

secretaris  
voorzitter  
bestuurder  
archivaris  
commissaris

## EERE-LEDEN.

- Prof. dr. J. F. VAN BEMMELEN, November 1902  
Den Haag, Prinsenvinkepark 27.
- Prof. ir. J. A. GRUTTERINK, m.i., October 1906  
Den Haag, van Bleiswijkstraat 179.
- Prof. dr. G. A. F. MOLENGRAAFF, October 1906  
Wassenaar, Groothoefijzerlaan 40.
- Prof. M. CLÉMENT, October 1907  
Mont St. Martin (Dep. Meurthe et Moselle), Frankrijk.
- Prof. dr. ir. H. A. BROUWER, m.i., October 1918  
Amsterdam, Nieuwe Prinsengracht 130.
- Prof. ir. C. L. VAN NES, m.i., Mei 1927  
Den Haag, Dunklerstraat 49.
- Prof. ir. H. F. GRONDIJS, m.i., Augustus 1927  
Den Haag, Willem Frederiklaan 4.
- Prof. ir. M. H. CARON, m.i., November 1929  
Den Haag, Sportlaan 103.
- Prof. dr. ir. J. A. A. MEKEL, m.i., Februari 1931  
Delft, Oude Delft 126.
- Prof. dr. J. H. F. UMBGROVE, December 1931  
Wassenaar, Bremhorstlaan 19.
- Ir. P. W. A. LANZING, m.i., Juni 1936  
Oruro, Bolivia.
-

MIJNBOUWKUNDIGE VEREENIGING  
DELFT.

(Opgericht October 1892).

BESTUUR 19 JANUARI 1937—13 APRIL 1938.

H. VAN ARKEL.	president.
P. WINTGENS,	secretaris.
A. L. HAIGHTON,	penningmeester.
J. TH. L. BARTLEMA,	archivaris.
A. J. KOCH,	commissaris.

BESTUUR 13 APRIL 1938—13 DECEMBER 1938.

J. CLEIJNDERT,	president.
H. HARTJENS,	secretaris.
J. BLOEMENDAL,	penningmeester.
E. H. ADELAAR,	archivaris.
H. M. STIASNY,	commissaris.

BESTUUR 13 DECEMBER 1938—19 OCTOBER 1939.

J. CLEIJNDERT,	president.
H. HARTJENS,	secretaris.
J. BLOEMENDAL,	penningmeester.
R. J. DE VRIES,	archivaris.
H. M. STIASNY,	commissaris.

BESTUUR 19 OCTOBER 1939—6 NOVEMBER 1940.

C. W. BAIS,	president.
H. M. STIASNY,	secretaris.
E. C. SCHEFFER,	penningmeester.
G. J. OORTHUYS,	archivaris.
A. W. VAN HAEFTEN,	commissaris.

## BESTUUR 6 NOVEMBER 1940—3 NOVEMBER 1941.

H. TERWOGT,	president.
G. M. KRAMER,	secretaris.
G. B. DEBETS,	penningmeester.
W. P. TEEUWISSE,	archivaris.
W. J. BIERENS DE HAAN,	commissaris.

## BESTUUR 3 NOVEMBER 1941.

J. TH. L. BARTLEMA,	president.
R. P. SCHOEMAKER,	secretaris.
C. HORDIJK,	penningmeester.
W. F. VAN BEEK,	archivaris.
H. C. L. MEYER,	commissaris.





IN MEMORIAM

van Aijnsheid gewonnen.  
Wij zijn er van overtuigd, dat allen, die met  
hem samen in de laatste moeilijke jaren een strijd  
aan zijn zijde gevoerd hebben

Hans Simon Thomas

BESTUUR 6 NOVEMBER 1940-3 NOVEMBER 1941

H. DEWEGT, president  
G. M. KRAMEY, secretaris  
G. B. DIERCK, voorzitter  
W. P. Teyssie, voorzitter  
W. J. Bizzozzi, voorzitter

J. Th. L. ...  
R. P. Simon ...  
C. Hornik ...  
W. F. van ...  
H. C. L. ...



In memoriam  
Hans Simon Thomas

*De Meester is daar en  
Hij zegt U.*

12 Mei 1940 is HANS SIMON THOMAS, te midden van zijn manschappen, die hij tot het laatste oogenblik bleef aanmoedigen, gesneuveld in de omgeving van Barneveld.

Allen, die verbonden zijn aan de Afdeeling Mijnbouwkunde en de ouderen onder de studenten zullen hem zich steeds herinneren zooals hij was: altijd opgeruimd, altijd bereid een ander te helpen.

Ofschoon zijn belangstelling zich ver buiten het gebied van zijn studie bewoog, kon men hem dikwijls op het Gebouw aantreffen, als hij bezig was met een of andere werkzaamheid, waar een ander geen tijd voor had.

Voor ons was hij als het ware een onderdeel van „Mijnbouw” geworden.

Wij zijn er van overtuigd, dat allen, die met hem waren in die laatste moeilijke uren, een steun aan zijn voorbeeld gehad hebben.



In memoriam  
Jaap Hardeman

*De Meester is daar en  
Hij roept U.*

Op 10 Mei, reeds in de eerste uren van den strijd, is JAAP HARDEMAN gesneuveld.

Gedurende de jaren, dat JAAP in Delft studeerde, betoonde hij zich een toegewijd vriend voor diegenen, die door hem met zorg uit zijn omgeving werden uitgekozen.

Omdat hij zoo'n gezond oordeel had, was het prettig met hem over problemen van gedachten te wisselen. Door zijn opgewektheid en optimisme wist hij ons vaak over moeilijkheden heen te helpen.

JAAP, sprankelend van levensblijheid, was altijd daar, waar het studentenleven hem riep; wanneer hij iets de moeite waard achtte, dan zette hij zijn geheele persoon in.

Steeds nog doet zijn persoonlijkheid zich gelden in onze verhalen en gedachten.

Hij deed zijn plicht en is als offer van dien plicht gevallen.



In memoriam  
Hendrik Anton Ankersmit

Op 7 December 1940 werd de mijnbouwkundige wereld opgeschrikt door de ontstellende mededeeling, dat Ir. HENDRIK ANTON ANKERSMIT op de mijn Julia door gasverstikking om het leven gekomen was.

Net afgestudeerd zijnde, was hij enthousiast zijn loopbaan begonnen, een loopbaan, welke hij vol idealen zag, die elk voor zich getuigden van een breede opvatting, zoowel in bedrijfstechischen, als in socialen zin, voor zijn vak.

Als student in Delft ontpopte hij zich als een uitermate goed systematicus en zijn hulp werd altijd zeer op prijs gesteld, terwijl hij ook voor het vereenigingsleven veel belangstelling aan den dag legde.

Alhoewel zijn karakter gesloten was, kenden zijn vrienden hem als een diep en fijn voelend mensch, op wiens vriendschap men terecht trotsch kon zijn.

Geen van ons had zich ooit kunnen indenken dat zijn drang naar onderzoek hem juist noodlottig zou worden.

Helaas heengegaan op een tijdstip, waarop hij nog niet tot volle ontwikkeling van zijn gaven had kunnen komen, zal hij toch voor ons allen een voorbeeld blijven.

Een voorbeeld, bezielend door zijn wezen en de wijze, waarop hij de taak van een mijnningenieur zag.

VERVOLG JAARVERSLAG VAN DEN SECRETARIS OVER  
HET VEREENIGINGSJAAR 1937—1938 VAN DE  
MIJNBOUWKUNDIGE VEREENIGING.

De lustrumviering van de M. V. vond plaats op 9, 10 en 11 December en mag als geheel ongetwijfeld als geslaagd beschouwd worden.

Na het lustrum moest het aantal lezingen wat beperkt worden door verschillende omstandigheden (o.a. financieele).

Op Zaterdag 26 Maart hield Prof. P. FOURMARIER een lezing, getiteld: „Les joints dans les roches, spécialement la schistosité”.

Op Zaterdag 2 April vertegenwoordigde een deputatie de Mijnbouwkundige Vereeniging bij het lustrum van de Leidsche Geologische Vereeniging.

Het Jaarboek verscheen op Woensdag 13 April. Een woord van dank aan de Jaarboekredactie, maar speciaal aan haar president, den heer J. CLEIJNDERT, die het leeuwenaandeel van het omvangrijke werk voor zijn rekening nam is hier zeker op zijn plaats.

Op 24 Maart werd het nieuwe Bestuur van de M. V., bij enkele candidaatstelling gekozen, bestaande uit de heeren:

J. CLEIJNDERT,	president.
H. HARTJENS,	secretaris.
J. BLOEMENDAL,	penningmeester.
E. H. ADELAAR,	archivaris.
H. M. STIASNY,	commissaris.

De Secretaris,  
P. WINTGENS.



JAARVERSLAG VAN DEN SECRETARIS  
OVER HET VEREENIGINGSJAAR 1938—1939.

Na het voor de M. V. zoo voorspoedig verloopene Lustrumjaar, is het jaar 1938—1939 een jaar van geringere activiteit der leden geweest voor zoover dit het Vereenigingsleven betreft. De belangstelling voor eenige lezingen was vooral in het voorjaar zeer gering te noemen.

Wat de studie betreft is hierin dit jaar geen verandering gekomen, hoewel over eventueele wijzigingen gesproken is in eenige vergaderingen. Dit leidde echter niet tot nieuwe gezichtspunten. De studieregeling kan dus op het oogenblik als aan de verwachtingen beantwoordend beschouwd worden.

Het bleek helaas dit jaar dat de collegialiteit onder de Mijnbouwkundige Studenten nogal te wenschen overlaat. Hierin is echter door het optreden van het Bestuur verbetering gekomen.

Voor de Mijnbouwkundige Vereeniging werden de volgende lezingen gehouden:

- 10 Mei 1938. Ir. L. G. BROWN over: „Mijnbouw in Uganda”.
- 5 Juli 1938. Excursie onder leiding van Prof. ir. C. L. VAN NES naar de nieuwe schacht van de S. M. Emma, den ventilator van de S. M. Hendrik en de kolenvasscherij van de S. M. Wilhelmina.
- 16 Dec. 1938. Ir. P. DE HAARDT over: „Het steenkoolwinningsbedrijf der K. P. M. ter Oostkust van Borneo”.
- 22 Dec. 1938. Een Filmavond van de Italiaansche excursie. Vertoond werden films van Prof. dr. J. H. F. UMBGROVE en H. SIMON THOMAS.
- 16 Febr. 1939. Lezing van Dr. ir. J. WESTERVELD, over „Mineralisatie op de Tin-Eilanden”.
- 10 Maart 1939. Ir. H. P. KOOPMANS over: „Mijnbouw in Bolivia”.
- Na afloop werd onder het genot van een glas bier op de koffiekamer door Ir. G. N. DE LAIVE een voordracht gehouden over: Petroleum in Californië.

Daar het bierdrinken het luisteren naar een spreker zeer schijnt te vergemakkelijken, werd 28 Maart 1939 een onofficieele lezing gehouden door Ir. J. A. VAN BLOM in Café het Noorden, over Bolivia.

31 Maart 1939 hield Ir. K. F. TROMP een lezing over „Problemen rondom het wasschen van kolen met zware vloeistoffen”.

Het Bestuur vertegenwoordigde de leden verder op:

- 2 April 1938 bij het lustrum der Leidsche Geologische Vereeniging.
- 8 Juni 1938 bij de Promotie van Ir. Muller m.i.
- 19 Sept. 1938 bij de Rectoraatsoverdracht.
- Oct. 1938 de Inaugureele rede van Prof. D. VAN DANTZIG.
- Nov. 1938 Lustrum Gezelschap „William Froude”.
- 13 Dec. 1938 Lezing van Dr. ir. H. W. V. WILLEMS voor het Mijnbouwkundig Geologisch Genootschap.
- 9 Jan. 1939 de dies der T. H.
- 18 Jan. 1939 Het 25-jarig ambtsjubileum van ALBERS.
- 25 Febr. 1939 Lustrum van „Practische Studie”.
- 2 Juni 1939 Ambtsjubileum van HENDRIKS,
- Sept. 1939 Rectoraatsoverdracht.

Het Bestuur der M. V. stelde zich op Donderdag 19 October als volgt samen:

C. W. BAIS,	president.
H. M. STIASNY,	secretaris.
E. C. SCHEFFER,	penningmeester.
G. J. OORTHUYS,	archivaris.
A. W. VAN HAEFTEN,	commissaris.

De Secretaris,  
H. HARTJENS.

## JAARVERSLAG VAN DEN SECRETARIS OVER HET VEREENIGINGSJAAR 1939—1940.

Doordat vele ouderejaars studenten gemobiliseerd waren of alsnog in H. M. dienst werden opgeroepen, is dit jaar zeer rustig verlopen.

Het studieprogramma onderging geen wijzigingen en er kwamen geen klachten over binnen bij het Bestuur.

Op de jaarvergadering op 6 November 1940 herdacht de heer Ir. C. W. BAIS met enkele persoonlijke herinneringen twee Leden van de Mijnbouwkundige Vereeniging, HANS SIMON THOMAS en JAAP HARDEMAN, die het beste gaven aan het Vaderland: hun Leven. De vergadering herdacht hen met eenige minuten stilte.

De volgende lezingen werden voor de leden gehouden:

- 9 Nov. 1939 Ir. Tj. DE VRIES over: „Alluviale Mijnbouw in de Belgische Congo”.
- 11 Dec. 1939 Prof. dr. CARL TROLL over „Nanga Parbat, Forschungen der Deutschen Himalaya Expedition 1937”.
- 15 Febr. 1940 Ir. Tj. DE VRIES over: „Opsporing en verwerking van primaire goudertsen in de Oostelijke Belgische Congo”.
- 19 April 1940 Dr. ir. G. J. H. MOLENGRAAFF over het onderwerp: „Correlatieproblemen in de Petroleumgeologie”.

Verder waren de leden uitgenoodigd op het wetenschappelijk deel der Algemeene Vergadering van het Geologische Mijnbouwkundige Genootschap op 13 April 1940.

Ter kennismaking met de eerstejaars werd op 28 October een excursie georganiseerd naar de Machinefabriek Jaffa in Utrecht onder leiding van Prof. ir. H. F. GRONDIJS, gevolgd door een lunch en wandeling.

Het Bestuur vertegenwoordigde de leden verder bij:

den Gedenkdag der Technische Hoogeschool en de Rectoraatsoverdracht.

Het Bestuur werd op Woensdag 6 November als volgt verkozen, bij enkele candidaatsstelling:

H. TERWOGT,	president.
G. M. KRAMER,	secretaris.
G. B. DEBETS,	penningmeester.
W. P. TEEUWISSE,	archivaris.
W. J. BIERENS DE HAAN,	commissaris.

De Secretaris,

H. M. STIASNY.

## JAARVERSLAG VAN DEN SECRETARIS OVER HET VEREENIGINGSJAAR 1940—1941.

Was reeds na den oorlog een nauwer contact ontstaan tusschen de leden der Mijnbouwkundige Vereeniging, zoo hecht als de band tusschen Mijnbouwers thans is, zal wel zelden het geval zijn geweest. Dit heeft zijn verschillende oorzaken:

Ten eerste beschikte gedurende het begin van het cursusjaar de Mijnbouwkundige Vereeniging over een orgaan, nl. een bijblad voor Vakvereenigingen van het O.O. „De Spiegel”.

Ten tweede: de sluiting der Technische Hoogeschool.

Trachtte men eerst in Delft door middel van dictatenbureaux, wedstrijden etc. de studenten bij elkaar te brengen, toen het zich liet aanzien, dat de sluiting over een lange periode zou gaan loopen, werd het parool: „Practisch werken in Limburg” gegeven.

De President en Penningmeester hebben zich daar buitengewoon verdienstelijk gemaakt door het practisch werken te combineeren met een cursus, waarbij zij van bevoegde zijde veel medewerking mochten ondervinden.

Intusschen vonden in Delft vele besprekingen plaats met de Centrale Commissie voor Studiebelenen en den Rector Magnificus.

De Centrale Commissie had net een voortreffelijke zelfstudie-regeling ontworpen, toen de Technische Hoogeschool wederom geopend werd. Helaas werd een zestal Mijnbouwkundige Studenten van de Technische Hoogeschool geschorst.

Dat de band tusschen de leden goed te noemen is, mag wel blijken uit het prettige verloop der onderlinge voetbalwedstrijden tusschen de jaren, waarbij het eerste jaar een verdiende overwinning behaalde op het zesde jaar, hetgeen echter later in Café „Het Noorden” door enkele eerstejaars betwijfeld werd.

Wat de studie betreft is thans weer een examen over de stof „toegepaste mechanica” 2de jaar ingesteld; de heer BARTLEMA geeft thans het onderwijs in de werktuigbouwkunde.

De verhouding tot de Hoogleeraren van de Afdeeling Mijnbouwkunde is uitstekend te noemen. Dat weer spoedig Prof.

MEKEL in staat zal zijn, zijn colleges voort te zetten, is een ieders wensch, evenals dat de colleges in Bouwkunde, Staatsrecht, Mijnrecht en aanverwante vakken weer voortgang mogen hebben.

De gebeurtenissen in chronologische volgorde zijn de volgende:

- 6 Nov. 1940 Bestuursoverdracht.
- 26 Nov. 1940 Sluiting der Technische Hoogeschool, nadat de studenten, na het verbod aan Joodsche Hoogleraren om college te geven, Maandag en Dinsdag geen colleges wenschten te loopen.
- 12 Dec. 1940 De heer H. M. STIASNY treedt als vertegenwoordiger der Mijnbouwkundige Vereeniging op bij de crematie van Ir. H. A. ANKERSMIT.
- 16 April 1941 Opening der Technische Hoogeschool, examens vinden doorgang in Juli.
- 10 Mei 1941 Twee kransen worden verzonden naar de graven van HANS SIMON THOMAS en JAAP HARDEMAN.
- 21 Mei 1941 Dr. ir. C. SCHOUTEN houdt een lezing over een uniek lood-zink erts in het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, die door een groot aantal leden der M. V. werd bijgewoond.
- 30 Mei 1941 Excursie op eigen gelegenheid naar het Zeiss-Planetarium.
- 6 Juni 1941 President en Secretaris vertegenwoordigen de M. V. op het lustrum van de Electrotechnische Vereeniging.
- 26 Juni 1941 President en Commissaris wonen intreerede van Prof. dr. ir. J. W. H. UYTENBOGAERT en de daarop volgende receptie bij.
- 4 Juli 1941 Ir. P. S. BAKELS houdt een lezing over: „Verwerking van pyriethoudende tinertsen door middel van flotatie in Bolivia”.
- 15 Sept. 1941 Secretaris en Archivaris luisteren naar de openingsrede van den Rector Magnificus en bezoeken de daaropvolgende receptie.
- 19 Sept. 1941 Huishoudelijke vergadering.
- 26 Sept. 1941 De heer J. VAN DER GAAG houdt een lezing met film over: „Geologisch Veldwerk”.

- 30 Sept. 1941 President en Archivaris wonen intreerede van Prof. dr. O. BOTTEMA en de daarop volgende receptie bij.
- 13 Oct. 1941 Secretaris en Commissaris hooren de intreerede van Prof. ir. B. C. KROON en bezoeken de daarop volgende receptie.
- 3 Nov. 1941 Bestuursoverdracht.

Het Bestuur werd als volgt samengesteld:

J. TH. L. BARTLEMA,	president.
R. P. SCHOEMAKER,	secretaris.
C. HORDIJK,	penningmeester.
W. F. VAN BEEK,	archivaris.
H. C. L. MEYER,	commissaris.

De Secretaris,  
G. M. KRAMER.

## VERSLAG VAN DE BOEKJAREN 1939—1940 EN 1940—1941.

## WINST- EN VERLIESREKENING.

Inkomsten:		Uitgaven:	
Over 1939—1940 . . . . .	f 1194,63	Over 1939—1940 . . . . .	f 988,84
Over 1940—1941 . . . . .	„ 1083,89	Over 1940—1941 . . . . .	„ 935,—
		Saldo winst . . . . .	„ 354,68
	<hr/>		<hr/>
	f 2278,52		f 2278,52

## BEGROOTING 1941—1942.

Contr. gew. leden . . . . .	f 600,—	Subsidies . . . . .	f 150,—
Contr. b.gew. leden . . . . .	„ 150,—	Administratie . . . . .	„ 40,—
Giften . . . . .	„ 100,—	Subsidie Jaarboek . . . . .	„ 600,—
		Saldo . . . . .	„ 60,—
	<hr/>		<hr/>
	f 850,—		f 850,—

Dank zij het uitstekend beheer van de vorige penningmeesters, de heeren E. C. SCHEFFER en G. DEBETS, is het Bestuur in staat, gelden beschikbaar te stellen voor de uitgifte van een Jaarboek der Mijnbouwkundige Studenten.

Uit dit verheugende feit mag echter niet geconcludeerd worden, dat de financiële toestand zeer gunstig is. Door den oorlogstoestand blijven wij verstoken van de contributies van onze Buitenslandsche Leden. Tevens moet rekening gehouden worden met een eventueele viering van het komende Lustrum.

Getracht zal worden de meeste achterstallige contributies en andere schulden aan de M.V. te innen, zoodat ook wij het reeds lichtende verschiet vol vertrouwen tegemoet kunnen gaan.

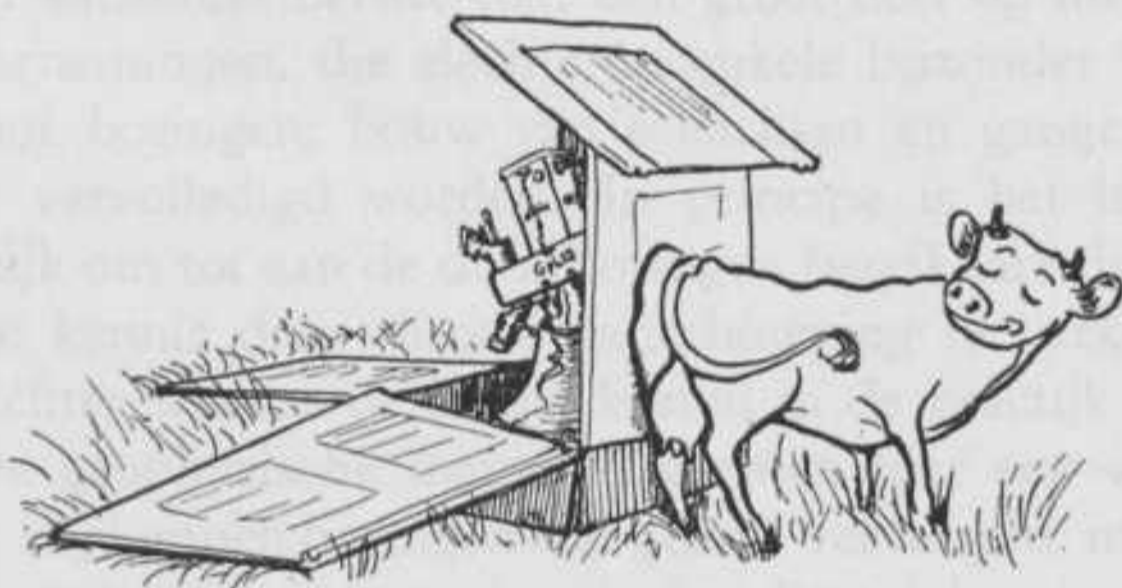
Den Haag, 24 Nov. 1941.

C. HORDIJK,  
Penningmeester.



DE GRAVIMETRISCHE METHODE  
DER GEOPHYSISCHE OPSPORINGSMETHODEN

GEOPHYSICA



De eerste geologische opsporingsmethode is de gravimetrische methode. Deze methode is gebaseerd op de wet van de zwaartekracht. De zwaartekracht is de kracht die op een lichaam werkt door de aantrekkingskracht van de aarde. De zwaartekracht is afhankelijk van de massa van het lichaam en de afstand tot het centrum van de aarde. De gravimetrische methode wordt gebruikt om de dichtheid van gesteenten te meten. Dit kan gedaan worden door de massa van een steekproef te meten en deze te delen door het volume. De dichtheid van een gesteente kan ook worden bepaald door de zwaartekracht te meten. Dit kan gedaan worden door de zwaartekracht te meten op verschillende plaatsen op de aarde. De gravimetrische methode wordt gebruikt om de dichtheid van gesteenten te meten en om de zwaartekracht te meten op verschillende plaatsen op de aarde. Dit kan gedaan worden door de zwaartekracht te meten op verschillende plaatsen op de aarde. De gravimetrische methode wordt gebruikt om de dichtheid van gesteenten te meten en om de zwaartekracht te meten op verschillende plaatsen op de aarde.

VERSLAG VAN DE BOEKJAREN 1939-1940 EN 1940-1941.

WINST- EN VERLIJSTREKENING.

Inkomsten	Uitgaven
Over 1939-1940	Over 1939-1940
Over 1940-1941	Over 1940-1941
<u>25.872,-</u>	<u>25.872,-</u>

Over 1939-1940	Over 1940-1941
Over 1939-1940	Over 1940-1941
Over 1939-1940	Over 1940-1941
Over 1939-1940	Over 1940-1941

Dank zij het initiatief van de vorige penningmeester, de heer E. C. Schuurman en G. Dreyer, is het bestuur in staat gelukkig beschikbare te stellen voor de uitgave van een Jaarboek der Museumkundige Studierien.

Uitall verheugende feit mag zeker niet overzaten worden, dat de financiële toestand niet gunstig is. Door het overgevoerd bijeen wij verlopen van de contributies van drie Bevelingsleden. Tevens moet rekening gehouden worden met het voortdurende stijgen van het komende Lustrum.

Gebracht zal worden de toezicht achtervolgende contributies en andere schulden van de M.V. te laten betalen ook wij het recht lichte verstaan van voortdurende toezicht houden.

E. Hoogstraaten  
Penningmeester

Den Haag, 24 Nov 1940.

## DE GRAVIMETRISCHE METHODE DER GEOPHYSISCHE OPSPORINGSMETHODEN.

### Inleiding.

#### **a. De beteekenis van geophysische opsporingsmethoden voor de geologie en mijnbouw.**

De voor de geologie en mijnbouw belangrijke kennis van de samenstelling der aardkorst berust voor een groot deel op directe geologische waarnemingen, die slechts op enkele bijzonder belangrijke punten door boringen, bouw van schachten en gangen, naar de diepte toe vervolledigd worden. In principe is het langs dezen weg mogelijk om tot aan de door boringen bereikbare diepte iedere gewenschte kennis door directe aanschouwing te verkrijgen, een weg, die echter wegens de hooge kosten in de practijk onuitvoerbaar is. De geophysische metingen vormen hier een waardevolle aanvulling. Zij kunnen boringen niet geheel vervangen, maar wel tot een minimum beperken, waardoor tijd en kosten bespaard worden.

De volgende geophysische opsporingsmethoden kunnen onderscheiden worden:

1. De Seismische-; 2. de Electriche-; 3. de Magnetische- en
4. de Gravimetrische methode.

De methoden 1 en 2 berusten op het verschijnsel, dat inhomogeniteiten in de aardkorst kunstmatige krachtvelden (elastische en electriche velden) in meetbare mate kunnen beïnvloeden.

De methoden 3 en 4 berusten op de meting van bestaande velden: de inhomogeniteiten kunnen nl. ook zèlf oorzaken van meetbare krachtvelden zijn. Zij vormen magnetische en gravitatie-velden. Naar den aard van de inhomogeniteit is de werking verschillend: een magnetische inhomogeniteit behoeft niet gelijktijdig de zwaartekracht te beïnvloeden of langs seismischen weg aan te toonen te zijn. Meestal werkt een inhomogeniteit echter op verscheidene wijzen. Wij zullen hier slechts de gravimetrische methode nader beschouwen.

## b. De Gravimetriscche opsporingsmethoden.

### 1. Algemeen.

Bij de gravimetriscche methoden worden veranderingen van de versnelling van de zwaartekracht gemeten en uit de afwijkingen (= de anomalieën) van de normaalwaarde wordt de ligging en uitgestrektheid der dichtheidsverschillen (der storende massa's) vastgesteld. Uit de theorie der zwaartekrachtspotential blijkt, dat oneindig veel verschillende massaconfiguraties in den ondergrond dezelfde verdeeling der zwaartekracht aan de oppervlakte der aarde kunnen veroorzaken. Mathematisch is het probleem dus oneindig veelvoudig. Aanvulling met andere methoden en samenwerking met den geoloog is vereischt. Door geschikte keuze der aanvullingsmethoden en door slechts het geologisch denkbare in aanmerking te nemen, kan men, zooals in de practijk gebleken is, het probleem veelal voldoende enkelvoudig bepalen.

### 2. De normaalwaarde en de anomalieën van het zwaartekrachtsveld.

Gehoorzamend aan de algemeene gravitatiewet oefent ieder massadeeltje een enkelvoudig bepaalden invloed uit op het zwaartekrachtsveld. De vaste aarde levert verreweg de grootste bijdrage. Deze bestaat uit: 1. de normaalwaarde; 2. de regionale anomalieën; 3. de locale anomalieën. Met de normaalwaarde wordt de werking van de geïdealiseerde aarde bedoeld, d.w.z. de aarde gedacht als omwentelingsellipsoïde. Dichtheidsinhomogeniteiten in de aarde, in den vorm van omwentelingsellipsoïdeschalen zijn niet uitgesloten; de uit de resultaten der seismologie afgeleide indeeling in drieën: korst, tusschenlaag, kern kan behouden blijven. De werking van deze inhomogeniteiten is in de normaalwaarde inbegrepen. Vaak is het ook practisch de regionale anomalie bij de normaalwaarde te rekenen, vooral bij metingen in zeer kleine gebieden.

De regionale en locale anomalieën worden veroorzaakt door dichtheidsverschillen in de aardkorst. Regionale anomalieën hangen samen met de ligging der groote aardschollen o.a. met de isostatische omstandigheden. Zij hebben voor de toegepaste geophysica weinig beteekenis.

Daarentegen zijn de locale, zelden meer dan eenige kilometers

metende, anomalieën van zeer groot belang. Zij staan in nauw verband met de geologische structuur van het landschap.

Wanneer men de normaalwaarde van de meetresultaten af-trekt verkrijgt men de anomalieën. De normaalwaarde der intensiteit van de versnelling van de zwaartekracht is empirisch gevonden en wordt in de bekende (zwaartekrachts-)versnellingsformules van Cassinis weergegeven. De normaalwaarde der andere groot-heden van het zwaartekrachtsveld worden uit de massa en den vorm van de aarde afgeleid, die op hun beurt uit bovenge-noemde versnellingsformules, gecombineerd met astronomische en geodetische metingen, zijn afgeleid.

Om de anomalieën te bevrijden van de regionale anomalie kan geen algemeene methode worden aangegeven. Streng genomen is daartoe de kennis omtrent de zwaartekrachtsverdeeling over een grooter gebied noodzakelijk. Vaak is het voldoende een geschikte, reeds uit de metingen van een klein gebied te bepalen, gemiddelde waarde af te trekken. Hierbij speelt de ervaring, zooals zoo vaak in de toegepaste geophysica, een groote rol. Regionale anomalieën kunnen de uitgestrektheid van een continent hebben, hun werking op de intensiteit van de versnelling van de zwaartekracht bedraagt tot eenige 100den milligal ( $1 \text{ milligal} = 10^{-3} \text{ gal} = 10^{-3} \text{ cm sec.}^{-2}$ ). De voor den mijnbouw en de toegepaste geophysica van belang zijnde anomalieën bereiken zelden een uitgestrektheid van meer dan 10 tot 20 km, bedragen van 10 tot 20 milligal zijn reeds groot.



## Hoofdstuk I.

### THEORIE VAN DE TORSIEBALANS.

Het hoofdinstrument der toegepaste geophysica voor gravi-metrische metingen is de torsiebalans van von Eötvös. Slinger-apparaten ook in hun besten uitvoeringsvorm zijn minder ge-

schikt, daar ze lastig te hanteeren zijn en daar nauwkeurige slingermetingen veel tijd kosten. Bovendien is zelfs de uiterste nauwkeurigheid (= tot op 1 milligal) niet voldoende, omdat voor de bepaling van details betreffende vorm en grootte van storende massa's bijzonderheden der zwaartekrachtsverdeeling tot op minder dan 1 milligal gemeten moeten worden.

### § 1. Grondgedachte der torsiebalans.

De torsiebalans van VON EÖTVÖS is een, volgens het principe van de torsiebalans van COULOMB en CAVENDISH, voor praktische doeleinden en veldmetingen geconstrueerd instrument. VON EÖRVÖS construeerde oorspronkelijk twee typen van balansen (zie fig. 1).

Het eerste type (krommingsvariometer) onderscheidt zich niet van de balans van COULOMB; het is eigenlijk geen geophysisch

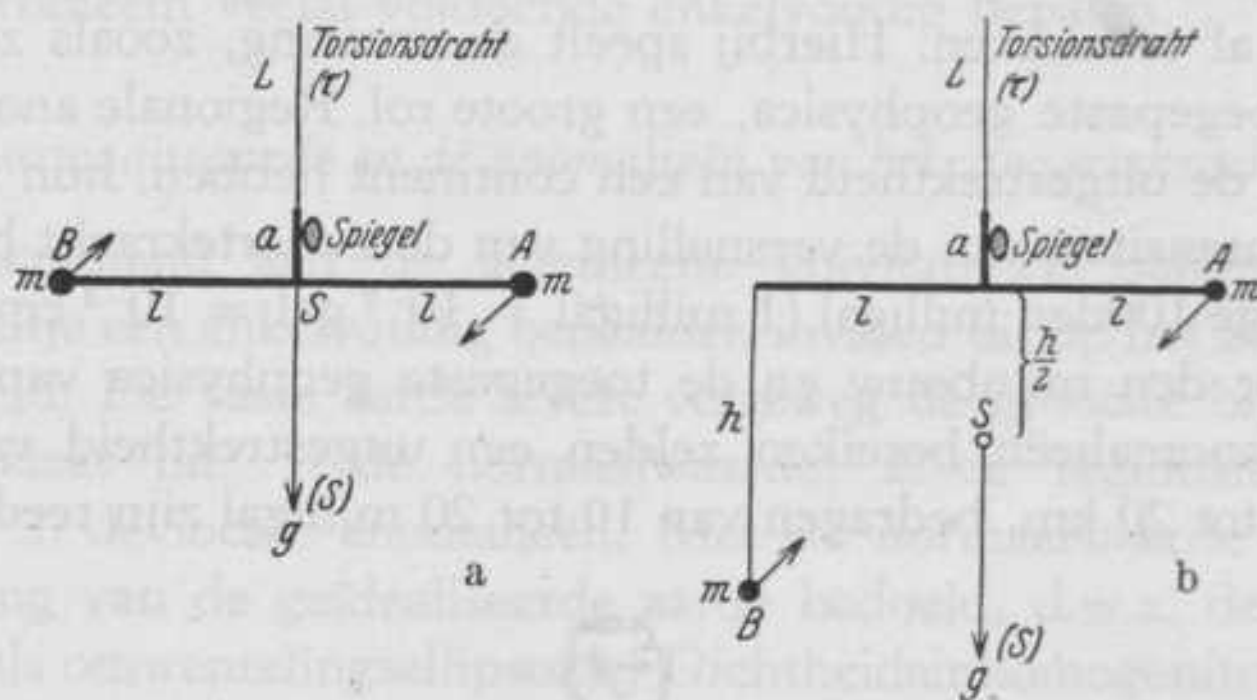


Fig. 1. a. Eötvösbalans van het eerste type.

b. Eötvösbalans van het tweede type.

instrument (zie blz. 77). Aan een torsiedraad hangt een balk (= balansarm), die aan beide uiteinden een gewicht draagt. De balk is in het midden opgehangen en de gewichten zijn even zwaar. Het instrument is dus in evenwicht en kan om de door den torsiedraad bepaalde as draaiingen (torsieslingeringen) uitvoeren. Bij het tweede type (horizontaalvariometer), de eigenlijke in de geophysica gebruikte torsiebalans, is één der gewichten niet direct aan de balansarm bevestigd, maar hangt aan het uiteinde van den balk aan een draad, zoodat dit gewicht zich in een lager

niveau bevindt. Het zwaartepunt  $S$  ligt bij het eerste type in het midden van den balk, bij het tweede type ongeveer het halve hoogteverschil der gewichten lager. De richting van de zwaartekracht in  $S$  wil samenvallen met de richting ophangpunt — zwaartepunt. Daar de balans in evenwicht is, kan de zwaartekracht in haar geheel niet werken; zij is door den spanning in de torsiedraad opgeheven. Werkzaam is het verschil tusschen de aan de massa's der gewichten in  $A$  en  $B$  aangrijpende zwaartekrachtsversnellingen en de versnelling  $g^S$  in  $S$  (zie § 4). Neemt men aan, dat de zwaartekracht binnen het huis, waarin het instrument is opgesteld, lineair verandert, dan zijn de op de gewichten werkende toegevoegde krachten aan elkaar gelijk en tegengesteld. Ze hebben zoowel verticale (aan  $g^S$  parallelle) als horizontale (loodrecht op  $g^S$  staande) componenten. De verticale componenten veroorzaken een kipping van de balansarm. Daar deze echter een eind boven het zwaartepunt, aan den zijstang is opgehangen, blijft de kipping ver beneden de waarnemingsgrens.

De horizontale kracht kan men in componenten ontbinden: de eene component in de richting van den balk, de andere loodrecht daar op. De eerste wordt door de stijfheid van den balk opgenomen. De tweede geeft den balk een draaimoment, dat de balansarm wil doen draaien om de door den torsiedraad bepaalde as tot het draaimoment nul geworden is, d.i. tot de balk de richting der niet ontbonden horizontale krachten heeft aangenomen. Bij het tweede type Eörvös-balans treedt nog een verplaatsing van het hangende gewicht of een kipping van de balans op, die echter geen van beide meetbaar zijn.

Daar de torsie van den ophangdraad de draaiing tegenwerkt, wordt de stand, waarin het draaimoment nul is, niet bereikt. Is het instrument opgesteld en wordt het aan zichzelf overgelaten, dan treedt na eenig heen en weer slingeren een evenwichts(=rust)-toestand in, waarin het draaimoment der horizontale krachten en het torsiemoment in den ophangdraad elkaar opheffen (zie § 4). De aflezing van dezen ruststand geschiedt visueel, door middel van een lichtstraal, die op een spiegel valt (welke aan de balansarm is bevestigd) en vervolgens teruggekaatst wordt op een schaalverdeeling — òf de registratie geschiedt automatisch, waarbij de lichtstraal van den spiegel op een fotografische plaat valt.

Voor de meting van de verandering van de versnelling der zwaartekracht heeft de torsiebalans dat op een slinger voor, dat de veranderingen geheel in de meting tot uiting komen en niet slechts een klein breukdeel vormen. Daarom is de meting met een goede torsiebalans lang niet zoo lastig en tijdroovend. De nauwkeurigheid der torsiebalans is voor de eischen der practijk voldoende. Wanneer de aan de massa's aangrijpende versnellingen een verschil van  $10^{-9}$  cm sec.<sup>-2</sup> per cm hebben dan kunnen zij met een goede torsiebalans nog gemeten worden. Dit komt overeen met 0,1 milligal per km.

**§ 2. De constanten van het instrument, het ten grondslag liggende coördinatensysteem en de grootheden, die het veld van de zwaartekracht karakteriseeren.**

*De constanten van het instrument.*

- $m$  = massa van elk der gewichten =  $\sim 25$  gram.  
 $l$  = halve lengte van de balansarm =  $\sim 20$  cm.  
 $h$  = hoogteverschil tusschen de gewichten =  $\sim 40$  cm.  
 $K$  = traagheidsmoment van de balans.  
 $A$  = enkelvoudige lichtweg spiegel—schaal of spiegel—plaat =  $\sim 50$  cm.  
 $p$  = aantal reflecties in den spiegel op de balansarm = 1 of 2.  
 $\tau$  = torsiecoëfficiënt van den draad, gedefinieerd door  
 Draaimoment =  $\tau \cdot$  uitslag ( $\tau = \sim 0,5$  g cm<sup>2</sup> sec.<sup>-2</sup>).  
 $L$  = Lengte torsiedraad =  $\sim 30$  cm.  
 $a$  = Lengte van het aanzetstuk, waar de balansarm aan is opgehangen en dat ook den spiegel draagt =  $\sim 10$  cm.

Gemeten wordt de hoek  $\delta$ , die de balans maakt met het huis, waar zij in opgehangen is. De stand, waarin geen kracht op de balans wordt uitgeoefend wordt met  $\delta_0$  aangeduid. Daar steeds krachten werken en dus de „krachtenvrije” stand niet bestaat, is  $\delta_0$  een onbekende. Afgelezen worden bij visueele waarneming de schaaldeelen  $n$ , bij fotografische registrering beteekent  $n$  de afstand van het lichtpunt tot een vast merkteeken op de plaat:  $n$  behoort bij  $\delta$ ,  $n_0$  bij  $\delta_0$ .



*Het coördinatensysteem.*

X, Y, Z wordt als volgt georiënteerd: Oorsprong is het zwaartepunt S van de balans, d.i. het punt ten opzichte waarvan de metingen gedaan worden; de in deze § genoemde potentiaal W van het zwaartekrachtsveld is de potentiaal van het zwaartepunt van de balans. Streng genomen is dit slechts geoorloofd, wanneer de zwaartekracht in 't huis lineair verandert. Indien we dit, zooals gebruikelijk is, aannemen, dan geldt de in § 4 voor den evenwichtstoestand van de balans afgeleide grondformule het nauwkeurigst (d.w.z. tot de termen van de 3de orde) voor het zwaartepunt van de balans (zie dissertatie Prof. MEKEL). Volgens de onderzoeken van MADER is de aanname omtrent het lineaire verloop van de zwaartekracht ook dicht bij groote bergmassa's geoorloofd.

De X-as wijst naar 't geografisch N, de Y-as naar 't E, de Z-as naar beneden in de richting van  $g^S$ , welke richting de verticaal in S heet. Is de X-as volgens de magnetische meridiaan georiënteerd, dan moeten de normaalwaarden op de magnetische richtingen getransformeerd worden.

De hoek, die het balanshuis met de X-richting maakt, heet  $\omega$ ;  $\omega$ ,  $\delta$  en  $\delta_0$  worden positief geteld van X over Y naar  $-X$ , dus van N over E naar S.

*De volgende grootheden karakteriseeren het zwaartekrachtsveld (zie Hoofdstuk 87).*

W = de potentiaal van het zwaartekrachtsveld = de potentiaal van het zwaartepunt van de balans. De dimensie van  $W = \text{cm}^2 \cdot \text{sec.}^{-2}$ .

$$\left. \begin{aligned} W_x &= \frac{\partial W}{\partial x} = g_x \\ W_y &= \frac{\partial W}{\partial y} = g_y \\ W_z &= \frac{\partial W}{\partial z} = g_z \end{aligned} \right\} = \text{de componenten van de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht.}$$

$g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2} = \text{intensiteit van de versnelling van de zwaartekracht. Uitgedrukt in Gal} = \text{cm sec.}^{-2} \text{ en Milligal} = 10^{-3} \cdot \text{cm sec.}^{-2}$ .

$$\begin{aligned}
 W_{xx} &= \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = \frac{\partial g_x}{\partial x} && \text{waarbij: } W_{xy} = W_{yx} \\
 W_{xy} &= \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} = \frac{\partial g_x}{\partial y} && W_{xz} = W_{zx} \\
 W_{xz} &= \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} = \frac{\partial g_x}{\partial z} && W_{zy} = W_{yz}
 \end{aligned}$$

$W_{xx}$  etc. wordt uitgedrukt in  $E$  (= Eötvös) =  $10^{-9}$  . sec.<sup>-2</sup>.

De hogere differentiaalquotienten der zwaartekrachtspotentiaal zijn bij lineair verloop der zwaartekracht gelijk aan nul.

### § 3. De slingeren van de balansarm.

Is het instrument opgesteld en wordt het aan zichzelf overgelaten, dan voert de balans eerst een samengestelde slinging uit, die bestaat uit een aantal kortperiodische nevenslindingen en een langperiodische hoofdslinging.

De kortperiodische snelafnemende slindingen zijn gecompliceerd, daar de verschillende slindingen elkaar overlappen. Zij hebben voor de metingen geen wezenlijke beteekenis. Met de in § 2 gegeven instrumentsconstanten vindt men volgens zekere benaderingsformules een slingertijd van ongeveer 1,5 sec.

Deze kortperiodische slindingen houden spoedig op en dan blijft de hoofdslinging om de door den torsiedraad bepaalde as

over met een slingertijd  $T = 2\pi \sqrt{\frac{K}{\tau}}$ ,  $T$  is ongeveer 21 minuten.

Deze slinging komt alleen tot uiting in een voldoende wijd huis, zoodat de balans niet aanslaat en niet te sterk gedempt wordt. In goede instrumenten is de demping bijna aperiodisch, om de balans snel tot rust te doen komen. NIKIFOROV werkt met een zwakke demping, daar hij de omkeerpunten van de hoofdslinging waarneemt en daaruit den ruststand berekent (zie blz. 78).

Bij de moderne apparaten is de aperiodische hoofdslinging na 30 minuten tot rust gekomen, na 40 min. kan men dus de waarneming doen.

#### § 4. De evenwichtsstand van de balans en de afleiding van de grondvergelijking.

De evenwichts(= rust)-stand van de balans is afhankelijk van de instrumentsconstanten en de aangrijpende krachten. De betrekking tusschen de instelling van de balans, de constanten en de krachten worden in de grondvergelijking uitgedrukt, die als grondslag voor alle instrumenteële berekeningen en onderzoeken dient.

Ter onderzoek van den evenwichtsstand en ter opstelling van de grondvergelijking mag men in verband met de constructie de massa van de balans in A en B geconcentreerd denken en de balk als massaloos beschouwen (zie blz. 66).

Achterstaande figuur geeft den evenwichtsstand van de balans. Het zwaartepunt  $S$  is het punt ten opzichte waarvan de metingen gedaan worden, dan is nl. de in deze § af te leiden grondvergelijking nauwkeurig tot de termen van de derde orde (zie § 2).  $S$  is ook de oorsprong van het vaste coördinatensysteem  $XYZ$  en van het hulpsysteem  $\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}$  ( $\bar{X}$  en  $\bar{Z}$  as resp. horizontaal en verticaal in het door de balansarm gaande verticale vlak en de  $\bar{Y}$ -as daar loodrecht op). In  $S$  zij de veldsterkte van het zwaartekrachtsveld = versnelling van de zwaartekracht =  $g^S$ . In de richting van  $g^S$  valt de positieve  $Z$ -as. In  $S$  heeft de versnelling dus geen horizontale componenten:  $g_z^S = g^S$  en  $g_x^S = g_y^S = 0$ . In de punten  $A$  en  $B$  heeft de veldsterkte = versnelling resp. de waarden  $g^A$  en  $g^B$ . Deze zijn i.h.a. niet gelijk aan  $g^S$ , in richting noch in grootte (dus als vectoren beschouwd) en hebben behalve de verticale hoofdcomponent een kleine horizontale component  $g_x^A$  en  $g_x^B$  in het door de balansarm gaande verticale vlak en  $g_y^A$  en  $g_y^B$  daar loodrecht op. Daar men mag aannemen, dat de veldsterkte (dus ook de zwaartekracht) in het balanshuis lineair verloopt, zijn  $g^A$  en  $g^B$ , omdat  $A$  en  $B$  even ver van  $S$  liggen, wat richting en grootte betreft in tegengestelden zin doch in gelijke mate ten opzichte van  $g^S$  veranderd. De vector  $g^S$  ligt in het verticale vlak door de balansarm, het eindpunt van  $g^A$  ligt echter even ver vóór dit vlak als het eindpunt van  $g^B$  er achter (wanneer men  $g^B$  een oogenblik naar  $C$  overgebracht denkt om van het scheef gaan staan van den draad  $CB$  af te kunnen zien), m.a.w.

brengt men den vector  $g^S$  naar A en B over, dan zijn de vectoren  $g^A - g^S$  en  $g^B - g^S$  aan elkaar gelijk en tegengesteld. Verder is  $g_z^B - g^S = -(g_z^A - g^S)$  en daar  $g_x^S = 0$  en  $g_y^S = 0$  is, is  $g_x^B = -g_x^A$  en  $g_y^B = -g_y^A$ .

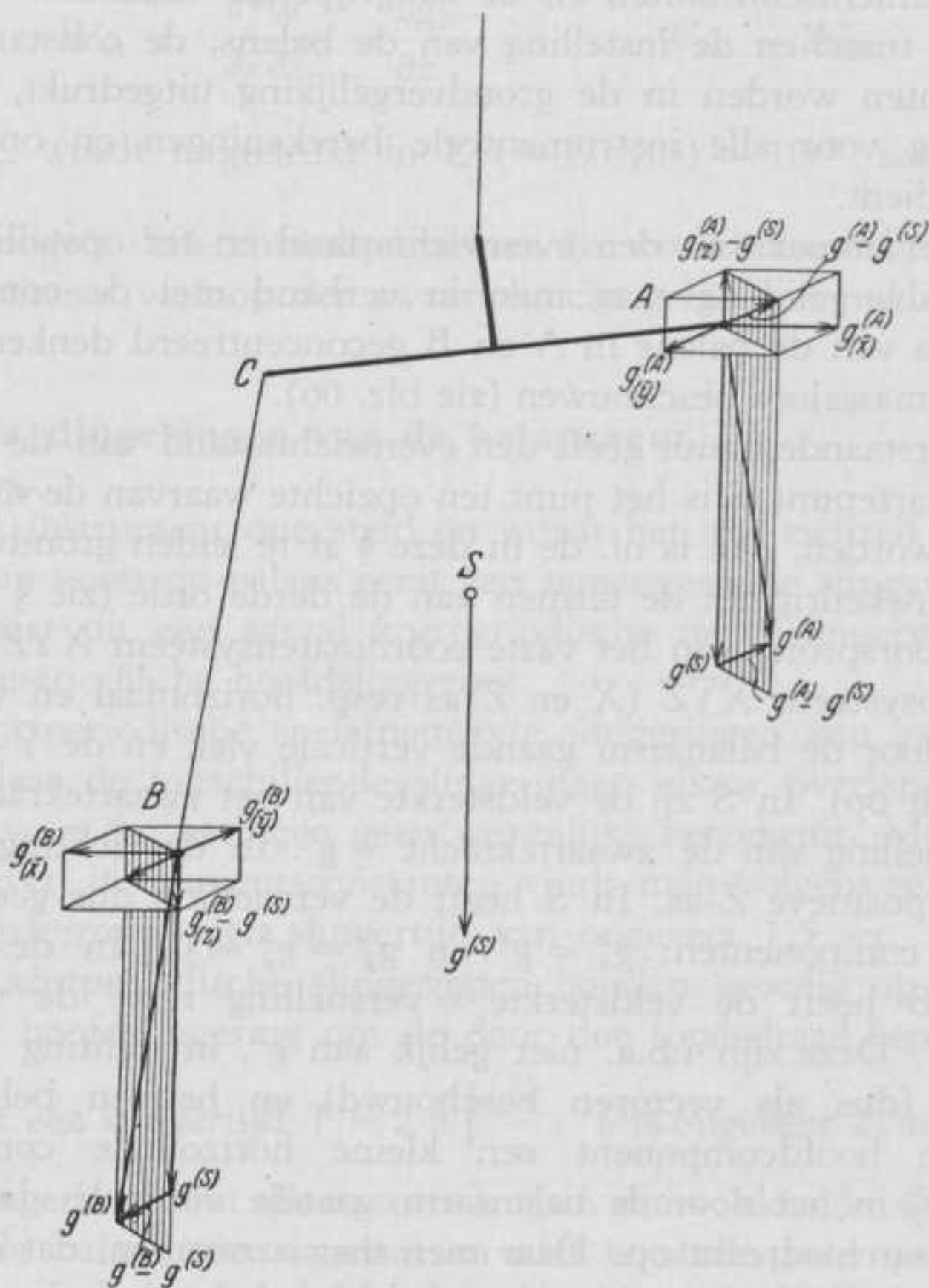


Fig. 2. De evenwichtsstand van de balans.

De zwaartekracht in zijn geheel kan niet werken, daar 't instrument uitgebalanceerd is. Werkzaam zijn slechts de versnellingsverschillen in A en B, waarvan echter alleen de  $\bar{y}$  componenten meetbare bijdragen geven voor de draaiing om de as van den torsiedraad. In A grijpen de horizontale componenten  $g_x^A$  en  $g_y^A$  aan;

in C werken dezelfde krachten als in B,  $g_x^B$  en  $g_y^B$ , welke door de spanning in den draad naar C overgebracht wordt. Het draaimoment der op de balk werkzame krachten is:

$$\pm l \cdot m \cdot (|g_y^A| + |g_y^B|) = 2 \cdot l \cdot m \cdot g_y^A.$$

Het tegenwerkende draaimoment van den torsiedraad is:  $\tau \cdot (\delta - \delta_0)$ .

In den evenwichtstoestand geldt dus:

$$\tau (\delta - \delta_0) = 2 \cdot l \cdot m \cdot g_y^A.$$

We voeren nu het coördinatensysteem  $X, Y, Z$  in;  $\omega$  is de hoek, die het balanshuis met de  $X$ -as maakt,  $\delta$  is de hoek tusschen het huis en de balansarm. Het  $\bar{X}\bar{Y}$ -systeem maakt dus een hoek  $(\omega + \delta)$  met het  $XY$ -systeem.

We vinden:  $g_y^A = g_y^S \cdot \cos(\omega + \delta) - g_x^S \sin(\omega + \delta)$ .

Volgens de reeksontwikkeling van TAYLOR is:

$$g_x^A = g_x^S + x^A \frac{\partial g_x^S}{\partial x} + y^A \frac{\partial g_x^S}{\partial y} + z^A \frac{\partial g_x^S}{\partial z}$$

$$g_y^A = g_y^S + x^A \frac{\partial g_y^S}{\partial x} + y^A \frac{\partial g_y^S}{\partial y} + z^A \frac{\partial g_y^S}{\partial z}.$$

Bij lineair verloop van de zwaartekracht zijn de 2e en hoogere afgeleiden van  $g_x$  en  $g_y$  gelijk aan nul.

Daar:  $g_x^S = g_y^S = 0$  en  $x^A = l \cdot \cos(\omega + \delta)$ ;  $y^A = l \cdot \sin(\omega + \delta)$

en  $z^A = -\frac{h}{2}$ , vinden we:

$$g_x^A = l \cdot \cos(\omega + \delta) \cdot \frac{\partial g_x^S}{\partial x} + l \cdot \sin(\omega + \delta) \cdot \frac{\partial g_x^S}{\partial y} - \frac{h}{2} \cdot \frac{\partial g_x^S}{\partial z}$$

$$g_y^A = l \cdot \cos(\omega + \delta) \cdot \frac{\partial g_y^S}{\partial x} + l \cdot \sin(\omega + \delta) \cdot \frac{\partial g_y^S}{\partial y} - \frac{h}{2} \cdot \frac{\partial g_y^S}{\partial z}.$$

Hierin is:

$$\frac{\partial g_x^S}{\partial y} = \frac{\partial g_y^S}{\partial x}.$$

We vinden dus:

$$\begin{aligned} \tau (\delta - \delta_0) = 2 ml^2 & \left[ \sin (\omega + \delta) \cdot \cos (\omega + \delta) \cdot \left( \frac{\partial g_y}{\partial y} - \frac{\partial g_x}{\partial x} \right) + \right. \\ & \left. + \left\{ \cos^2 (\omega + \delta) - \sin^2 (\omega + \delta) \right\} \frac{\partial g_x}{\partial y} \right] + \\ & + m h l \left[ \sin (\omega + \delta) \frac{\partial g_x}{\partial z} - \cos (\omega + \delta) \frac{\partial g_y}{\partial z} \right]. \end{aligned}$$

$2 ml^2 = K =$  traagheidsmoment van de balans.

$$\delta - \delta_0 = \frac{n - n_0}{2 p A} \quad (\text{voor } n, p \text{ en } A \text{ zie } \S 2).$$

$\delta$  kan men verwaarlozen ten opzichte van  $\omega$  in  $\sin (\omega + \delta)$  en  $\cos (\omega + \delta)$ .

Na invoeren van den hoek  $2 \omega$  en indien we de afgeleiden van  $g$  schrijven als afgeleiden van  $W$  in de notatie  $W_{xx}$ ,  $W_{xy}$  etc., waarbij  $(W_{yy} - W_{xx}) = W_{\Delta}$ , vinden we:

*De grondvergelijking.*

$$\begin{aligned} \delta - \delta_0 = \frac{n - n_0}{2 p A} = \frac{K}{\tau} & [\sin 2 \omega \cdot \frac{1}{2} W_{\Delta} + \cos 2 \omega \cdot W_{xy}] + \\ & + \frac{m h l}{\tau} \cdot [\sin \omega \cdot W_{zx} - \cos \omega \cdot W_{zy}]. \end{aligned}$$

$\delta - \delta_0$  wordt in boogseconden gemeten,  $\frac{K}{\tau}$  en  $\frac{m h l}{\tau}$  zijn constanten.

Met de torsiebalans is men dus in staat de volgende tweede differentiaal quotiënten van de zwaartekrachtspotential van het zwaartepunt van de balans te meten:

$$\frac{1}{2} (W_{yy} - W_{xx}) = \frac{1}{2} W_{\Delta}, W_{xy}; W_{zx}, W_{zy}.$$

De eerste twee dezer grootheden hangen ten nauwste samen met de krommingen van 't niveauvlak (zie Theorie der metingen, blz. 79) en worden in navolging van Eötvös onder de benaming krommingsfactor samengevat; de laatste twee differentiaalquotiënten geven de verandering der versnelling der zwaartekracht op het niveauvlak, zij bepalen de z.g. gradiënt.

### § 5. De gevoeligheid van de torsiebalans.

Onder de gevoeligheid van de torsiebalans verstaat men den uitslag  $n - n_0$  op een plaat of schaal, die door een krommingsfactor of een gradiënt van 1 E in het gunstigste geval, d.i. bij een geschikte hoek  $\omega$ , verkregen kan worden. Onder de hoekgevoeligheid verstaat men den corresponderenden hoek  $\delta - \delta_0$ . In het algemeen is de gevoeligheid voor den krommingsfactor:

$$2 p A \frac{K}{\tau} 10^{-8} \text{ mm en voor de gradiënt } 2 p A \frac{m h l}{\tau} 10^{-2} \text{ mm,}$$

wanneer de instrumentconstanten in cgs-eenheden zijn gegeven.

De corresponderende hoekgevoeligheid is respect.

$$2,06 \cdot \frac{K}{\tau} \cdot 10^{-4} \text{ " en } 2,06 \frac{m h l}{\tau} \cdot 10^{-4} \text{ "}$$

Tusschen beide soorten gevoeligheid bestaat de betrekking:

$$\text{Hoekgevoeligheid in boogseconden} = \frac{2,06 \cdot 10^4}{2 p A} \text{ gevoeligheid in mm.}$$

Met de in § 2 gegeven waarden van de instrumentconstanten vinden we  $\frac{K}{\tau} = 40.000 \text{ sec.}^2$  en  $\frac{m h l}{\tau} = 40.000 \text{ sec.}^2$ . De gevoelig-

heid voor den krommingsfactor is dus even groot als die voor de gradiënt. Voor de gevoeligheid vinden we 0,08 mm, voor de hoekgevoeligheid 8,2". Dit komt overeen met de waarden, die voor b.v. de Askania Z balans gelden. Daar de aflezing gebeurt met een nauwkeurigheid van 0,05 à 0,1 mm is dus zoowel de gradiënt als de krommingsfactor op 1 E nauwkeurig te bepalen. De in de practijk voorkomende gradiënten en krommingsfactoren liggen tusschen 0 en 150 E: meestal krommingsfactoren tot 60 E en gradiënten tot 30 E.

Beschouwen we de grondvergelijking dan merken we het volgende op:

- 1e. Is  $h = 0$ , d.w.z. is er geen niveauverschil tusschen de gewichten, dan valt de tweede term van het rechterlid van de grondvergelijking weg, m.a.w. de gradiënt kan niet worden gevonden. Daarom is de Eötvös-balans van het eerste type (zie blz. 50) ongeschikt als geophysisch instrument.

Maakt men  $h$  kleiner bij even groote  $l$ , dan wordt de gevoeligheid van het instrument wat betreft de gradiëntmeting minder.

2e. Is  $l = 0$ , dan is er geen uitslag.

Maakt men  $l$  kleiner (systeem RAINBOW), dan wordt de eerste constante  $\frac{K}{\tau} = \frac{2 m l^2}{\tau}$  kwadratisch kleiner, de tweede

constante  $\frac{m h l}{\tau}$  lineair. Verkleining van  $l$  gaat dus ten koste van de gevoeligheid van het instrument, echter bij den krommingsfactor sterker dan bij de gradiënt.

3e. De slingerperiode van een ongedempte torsieslinger is

$T = 2 \pi \sqrt{\frac{K}{\tau}}$ . De gevoeligheid van de torsiebalans voor den

krommingsfactor staat dus in nauw verband met de periode der ongedempte torsieslingering. Groote gevoeligheid gaat steeds samen met een groote periode, maar tevens duurt het langer voor de slinger tot rust komt. Men past daarom sterke demping toe of men maakt  $l$  kleiner (RAINBOW). Door  $l$  kleiner te maken wordt nl.  $K (= 2ml^2)$  kwadratisch en dus  $T$  lineair kleiner. Ook kan men de lengte van den torsiedraad kleiner maken of de doorsnede groter dan wordt  $\tau$  resp. lineair of in de vierde macht groter (systemen NIKIFOROV en RAINBOW). Bij kortperiodische instrumenten kan men veel sneller aflezen, de gevoeligheid (de uitslag) van het instrument is dan echter gering en men moet sterke optische vergrooting toepassen.

## § 6. De meetmethoden.

a. *Metingen in 5 azimuths.*

In de grondvergelijking komen 5 onbekenden voor, nl. de het zwaartekrachtsveld karakteriseerende grootheden:  $\frac{1}{2} (W_{yy} - W_{xx})$ ,  $W_{xy}$ ,  $W_{zx}$ ,  $W_{zy}$  en de krachtenvrije stand van de balans  $\delta_0$  of  $n_0$ . Dienovereenkomstig zijn in één station 5 registraties van de torsiebalans noodig om deze onbekenden te bepalen. De hoek  $\omega$ , het



azimuth der balans, kan willekeurig gekozen worden. Men meet in 5 azimuths, die het doelmatigst regelmatig verdeeld kunnen worden, dus telkens een hoek van  $72^\circ$  met elkaar vormend. Bij het begin der meting staat het huis in X-richting (N-S richting), dan is  $\omega = 0^\circ$ ; nadat de ruststand is ingetreden en daarop de hoek  $\delta$  is geregistreerd, wordt het instrument in positieven zin (van N over E naar S) gedraaid naar den tweeden waarnemingsstand. Zoodoende verkrijgt men door de gemeten  $n$ 's in te vullen in de bij de respect. azimuths behoorende grondvergelijkingen, 5 vergelijkingen met 5 onbekenden, die volgens geschikte reken-schema's opgelost kunnen worden. Men voert hierbij de groot-heden  $\Delta$  in, dat zijn de verschillen der  $n$ 's (b.v.  $\Delta_{21} = n_2 - n_1$ ); 
$$n_o = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5}{5}$$
. Op zichzelf is 't niet noodig  $n_o$  te bepalen, men doet het om den nulstand te controleeren (zie: d: nulpuntsverplaatsingen).

b. *Metingen met 2 balansarmen in 3 standen (6 azimuths).*

Daar de torsiebalans in iederen stand na 40 min. pas tot rust gekomen is, duurt een meting met één balans in 5 standen zeer lang. De meeste torsiebalansen hebben daarom twee balansarmen, die  $180^\circ$  ten opzichte van elkaar gedraaid zijn; de meettijd kan bij meting met 2 balansarmen in 3 standen (6 azimuths, voor elke balans om de  $120^\circ$ ) tot ongeveer de helft verkort worden. In dit geval zijn er 6 onbekenden; de 6de is de krachtenvrije stand van de tweede balans. Daar bij meting in 6 azimuths 6 vergelijkingen verkregen worden, kan deze 6de onbekende ook opgelost worden.

c. *Metingen in 4 azimuths.*

Metingen in 4 standen en 4 ( $90^\circ$  van elkaar verschillende) azimuths geven slechts de gradiënt en  $W_{xy}$ . Men verkrijgt 4 vergelijkingen voor de onbekenden  $W_{zx}$ ,  $W_{zy}$ ,  $W_{xy}$  en  $n_o$ .

Bij de balans van Haalck maken de 2 balansen een hoek van  $90^\circ$  met elkaar. Dan vindt men in twee standen (4 azimuths) alleen de gradiënt.

d. *Nulpuntsverplaatsingen.*

Bij goede instrumenten komen slechts geringe nulpuntsverplaatsingen voor en deze zijn dan meestal regelmatig. Om ze te elimi-

neeren worden voortdurend uit de registraties de waarden  $n_0$  berekend en van de corresponderende registratie afgetrokken.

Komen onregelmatige verplaatsingen of sterke nulpuntsverplaatsingen voor, dan kunnen zij volgens een door SHAW en LANCASTER JONES aangegeven interpolatiemethode gevonden en onschadelijk gemaakt worden.

### § 7. De massa van het instrument en de werking daarvan op de balans.

Elke massa oefent invloed uit op de torsiebalans, dus ook de massa van het instrument zelf. Men kan de bij het instrument behorende massa's verdeelen in meedraaiende en vaste massa's.

#### a. Meedraaiende massa's.

Meedraaiende massa's staan in ieder azimuth in denzelfden stand ten opzichte van de balans, zij hebben dus in ieder azimuth dezelfde werking. Tot de meedraaiende massa's behoort in de eerste plaats het balanshuis. Uit berekeningen blijkt, dat wanneer de balans zorgvuldig is ingetordeerd, zoodat de ruststand in het midden van het huis ligt, en het huis breed genoeg is ten opzichte van de grootte van het gewicht, er in de practijk geen gevaar bestaat, dat de wanden van het huis merkbaar storen.

#### b. Vaste massa's.

Bewezen kan worden, dat wanneer vaste massa's regulair  $n$ -stralig symmetrisch om de  $Z$ -as (= de as van den torsiedraad) gerangschikt zijn zij geen invloed uitoefenen op  $\frac{1}{2} W_{\Delta}$ ,  $W_{xy}$ ,  $W_{zx}$ ,  $W_{zy}$  wanneer ten aanzien van den krommingsfactor  $n \geq 3$  en ten opzichte van de gradiënt  $n \geq 2$  is.

Voor  $n = \infty$  geldt, dat ten opzichte van de  $Z$ -as radiaal symmetrische massa's geen invloed uitoefenen. Daarom kan een torsiebalans zonder bezwaar op een ronden voet of op een driepoot geplaatst zijn, de voetschroeven kunnen zooals gebruikelijk op  $120^\circ$  van elkaar staan. Dit laatste geldt niet alleen voor metingen in drie standen, maar algemeen (streng genomen is het slechts geldig voor een instrument met één balans, waarvan 't zwaartepunt in de symmetrie-as van den voet ligt). De tent, waarin de balans is opge-

steld heeft het best een rond, vierkant of zeshoekig grondvlak. Thermografen, accumulatoren, etc. ordent men zoo goed mogelijk in een n-stralige massaverdeeling.

In een bosch mag men de werking der boomstammen verwaarloozen, wanneer men de torsiebalans even ver van de dichtstbijzijnde boomen opstelt.

### § 8. De bepaling van de instrumentconstanten.

Het is voldoende de constanten tot op 1% nauwkeurig te bepalen, want krommingsfactoren en gradiënten van meer dan 100 Eötvös-eenheden zijn zeldzaam, en een nauwkeurigheid van minder dan 1 E kan wegens de niet nauwkeuriger uit te voeren topografische reductie niet bereikt worden. De grootheden  $m$ ,  $h$ ,  $l$  en  $A$  worden direct gemeten.  $K$  en  $\tau$  worden door slingerproeven bepaald, door vergelijking met een ijkdraad en ijkgewicht, waarbij  $K = K_{ijk} \cdot \frac{T^2}{T_{ijk}^2}$  en  $\tau = K_{ijk} \frac{4\pi^2}{T^2}$ , doet men het best in een aparte, ruimere slingerkast.

Eötvös bepaalde  $\frac{K}{\tau}$  direct in de torsiebalans uit  $T = 2\pi \sqrt{\frac{K}{\tau}}$  en  $\tau$  door een aantrekkingsproef met een zwaren looden kogel, die naast het onderste gewicht werd opgehangen.

## Hoofdstuk II.

### DE TORSIEBALANS ALS INSTRUMENT.

#### § 1. De eischen, waaraan de constructie van de Torsiebalans moet voldoen.

- a. Krommingsfactoren en gradiënten van 1 tot 2 E ( $1 E = 10^{-9} \text{ sec.}^{-2}$ ) behooren nog nauwkeurig gemeten te kunnen worden; de gevoeligheid mag echter niet te groot zijn, daar het anders te lang duurt eer de balans tot rust komt.
- b. Het instrument moet licht en handig zijn, met weinig handgrepen uit elkaar te nemen en veilig te transporteren, waarbij het een lichten stoot moet kunnen verdragen.

- c. Daartoe moet de balans doeltreffend en op eenvoudige wijze gearrêteerd kunnen worden, zoo mogelijk zonder het huis te openen.
- d. De nulstand van den torsiedraad mag gedurende een meting niet in storende mate veranderen; de instrumentsconstanten moeten in het algemeen tijdens een eenige maanden durende meetcampagne in voldoende mate onveranderd blijven.
- e. Foutenbronnen moeten gemakkelijk vastgesteld en hun werking geëlimineerd kunnen worden. Vooral moet voor een goede temperatuursisolatie gezorgd worden.
- f. Een veilige op alle stations gelijke opstelling moet mogelijk zijn.
- g. De waarnemer mag de metingen niet beïnvloeden; daarom is automatische fotografische registratie te verkiezen boven visuele aflezing.

## § 2. De constructie van de moderne torsiebalans.

We zullen hierbij de door SCHWEYDAR geconstrueerde en door de Askania Werke uitgevoerde groote L en kleine Z balans als voorbeeld nemen (zie fig. 3).

### a. De afmetingen.

In de practijk zijn kleine en lichte instrumenten gewenscht, zij mogen echter niet minder betrouwbaar zijn dan de grootere, oudere instrumenten. Er zijn eenige redenen, die een willekeurige verkleining van de torsiebalans verhinderen.

1. Uit beschouwingen over de hoekgevoeligheid en eigenschappen van den torsiedraad blijkt, dat kleine instrumenten een gering nadeel hebben ten opzichte van groote; dit nadeel is door optische vergrooting (kijkeraflezing, langere lichtweg) in zekere mate te compenseeren.

2. De diameter van den torsiedraad kan niet willekeurig verkleind worden (zie c).

3. Storende krachten, waartoe vóór alles de luchtstromingen (convectiestroomen) behooren, die zich ten gevolge van de temperatuursverdeeling binnen het balanshuis vormen, werken bij kleine instrumenten in verhouding tot de aan de massa's aangrijpende gravitatiekrachten, sterker dan bij groote.

Ondanks het streven naar kleine instrumenten is de grootte van de in het veld beproefde torsiebalansen ongeveer gelijk en ver-

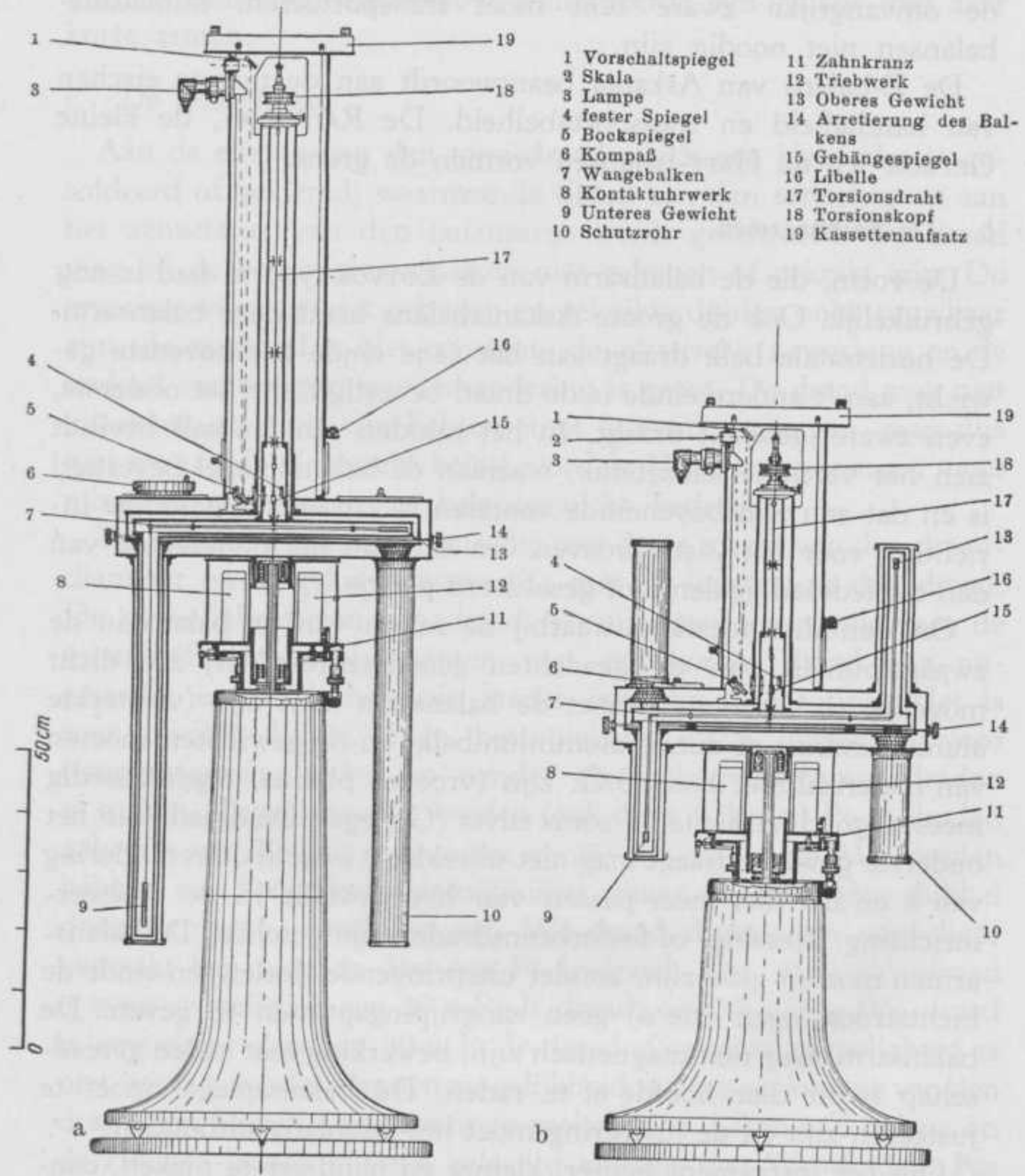


Fig. 3. De Askania L-balans (a) en Z-balans (b).

schilt slechts weinig van de oude Eörvös-balans. Dit streven naar groote gevoeligheid en kleine afmetingen mag niet overdreven worden daar de topografische reductie (zie blz. 111) zelden nauw-

keuriger dan tot 1 E is en ook omdat zoo lang men geen torsiebalans heeft die in de open lucht kan worden opgesteld en men de omvangrijke zware tent moet transporteeren, miniatuurbalansen niet noodig zijn.

De Z-balans van Askania beantwoordt aan de meeste eischen van handigheid en transportabelheid. De RAINBOW-, de kleine GEPEGE- en de HAFF-balansen vormen de grens.

*b. De balansarmen.*

De vorm, die de balansarm van de Eörvös type II had is nog gebruikelijk. Ook de groote Askaniabalans heeft deze balansarm. De horizontale balk draagt aan het ééne einde het bovenste gewicht, aan 't andere einde is de draad bevestigd, die het onderste, even zware, gewicht draagt. In het midden van den balk bevindt zich het verticale aanzetstuk, waaraan de balansspiegel bevestigd is en dat aan zijn bovineinde voorzien is van een eenvoudige inrichting voor het vastschroeven van een aan het ondereinde van den torsiedraad geklemd of gesoldeerd plaatje.

Om den ideaaltoestand, waarbij de massa van de balans in de zwaartepunten van de gewichten geconcentreerd is, zoo dicht mogelijk te benaderen, moet de balansarm licht zijn (versterkte aluminiumbuis of dunne aluminiumbalk) en de gewichten moeten van materiaal met hoog S.G. zijn (vroeger platina, tegenwoordig meestal goud (Askania) of soms zilver (Gepege)). De draad, die het onderste gewicht draagt mag niet uitrekken, wegens de verandering van  $h$  en het niet meer passen van het gewicht in de arrêeerinrichting. Messing- of fosforbronsdraden zijn geschikt. De balansarmen moeten glad zijn, zonder uitspringende deelen ten einde de luchtstromingen (zie *a*) geen aangrijpingspunten te geven. De balansarm mag niet magnetisch zijn, bewerking met stalen gereedschap is uit dien hoofde af te raden. De balansspiegel moet te justeeren zijn en de justeering moet het jarenlang uithouden.

Om het instrument lichter, kleiner en handiger te maken, construeerde SCHWEYDAR de balansarm van de kleine Askania Z-balans in den vorm van een liggende rechthoekige Z (in een verticaal vlak opgesteld); HAALCK gaf den arm van zijn balans den vorm van een staande Z. Bij de nieuwste Askaniabalans hangt een rechte balk met aan weerseinden vaste gewichten onder een

scherpen hoek aan den torsiedraad, een nieuwe methode, om een hoogteverschil tusschen de gewichten te verkrijgen bij een compactere constructie. RAINBOW construeerde een balans met zeer korte armen.

*c. De torsiedraad.*

Aan de einden van den torsiedraad wordt een klein plaatje gesoldeerd of geklemd, waarmee de draad aan den torsiekop en aan het aanzetstuk van den balansarm wordt geschroefd. De draad mag bij de bevestigingsplaatsen niet gebogen of geknikt zijn. De ervaring wijst uit, dat gebogen en geknikte draden onbetrouwbaar zijn: de nulstand is niet constant, de elastische nawerking en de invloed van temperatuursverandering is groot. De draad mag niet uitrekken en moet een lichten stoot kunnen verdragen, mag dus niet tot aan de vloeigrens belast worden. Het draagvermogen moet minstens twee maal het balansgewicht bedragen.

De torsiecoëfficiënt is evenredig met de 4e macht van den draaddiameter en omgekeerd evenredig met de lengte van den draad. De gevoeligheid van een draad is omgekeerd evenredig met de torsiecoëfficiënt, instrumenten met een korten draad zijn ongevoelig en vereischen een sterke optische vergrooting. Het is zeer moeilijk dunne, lange, betrouwbare (d.w.z. ongevoelig voor temperatuursinvloeden en zonder elastische nawerking) draden te maken. Tegenwoordig worden (ook door Askania) Pt-Ir draden gebruikt van 30—40  $\mu$  diameter en 25—60 cm lengte. Wo-draden hebben een hogere torsiecoëfficiënt, maar een meer dan dubbel draagvermogen, waardoor een Wo-draad dunner en gevoeliger gemaakt kan worden dan een Pt-Ir-draad. Een 21  $\mu$  Wo-draad is even gevoelig als een 30  $\mu$  Pt-Ir draad; een 30—26  $\mu$  Wo-draad is gevoeliger dan een 30  $\mu$  Pt-Ir-draad. Grootere gevoeligheid is niet noodig, zoodat hier een mogelijkheid is door verkorting van den draad een kleiner instrument te maken. De Askania Z-balans en de HECKER-balans kunnen geleverd worden met Wo-draden. Pas getrokken draden hebben een groote elastische nawerking. Door hangen onder belasting of, sneller, door temperen (voorzichtig verhitten) worden de draden bruikbaar. Dit temperen gebeurt in een gloeibuis of men stuurt electrischen stroom door den draad; Pt-Ir kan aan de lucht verhit worden, Wo alleen in een zuurstof-

vrije atmosfeer. Te lang of te heftig gloeien vermindert het draagvermogen aanzienlijk.

Iedere arrêteering verandert in het algemeen den ruststand ten gevolge van de elastische nawerking. Bij goede draden is deze

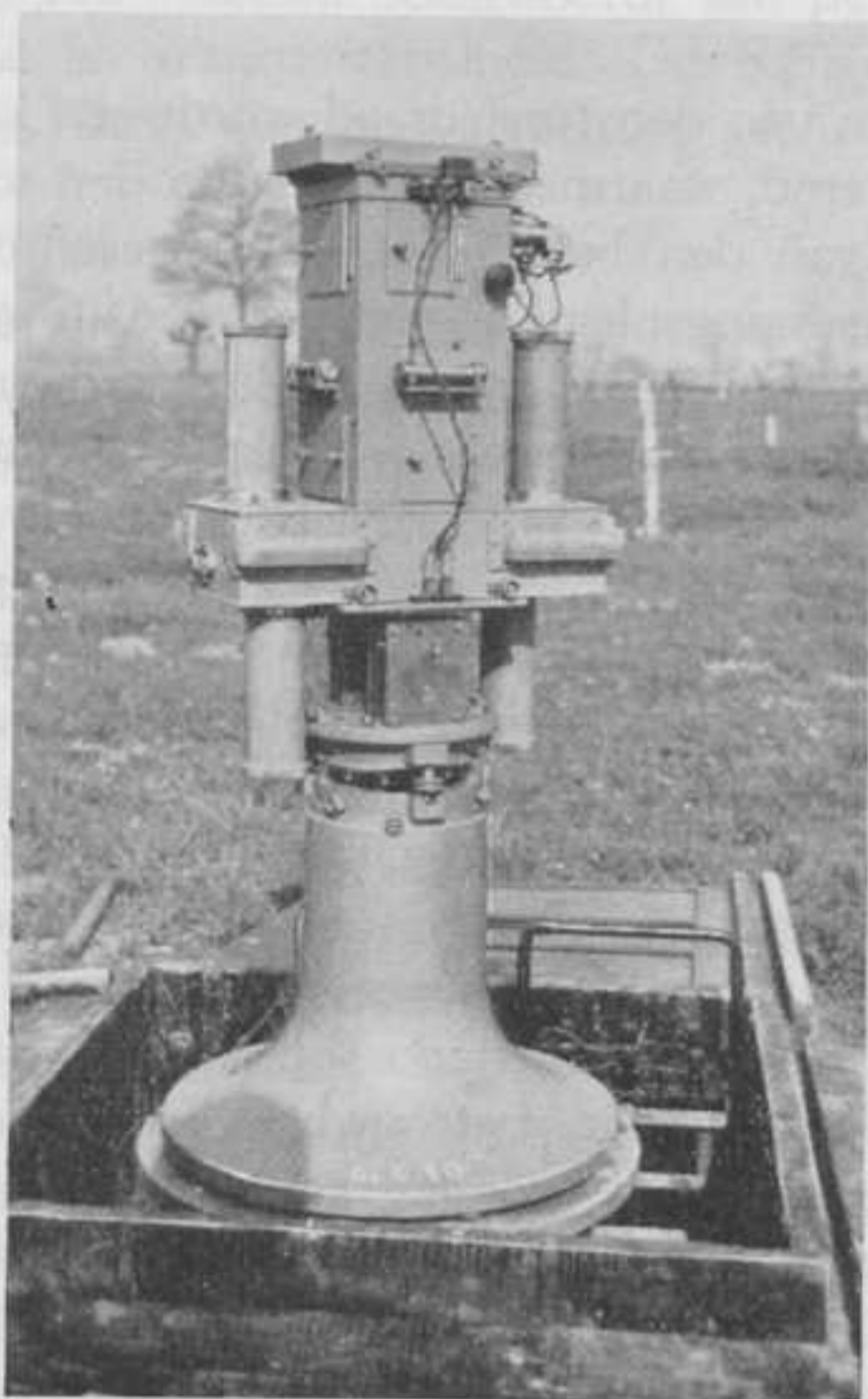


Fig. 4. De Askania (Z) balans.

echter klein. Draden moet men zoo min mogelijk in en uit nemen; een ongebruikte balans moet ongearrêteerd staan.

Ondanks de gunstige elastische eigenschappen en de geringe afhankelijkheid van de temperatuur hebben kwartsdraden niet voldaan; zij breken te gemakkelijk.

#### d. De torsiekop.

Het bovineinde van den torsiedraad is aan den torsiekop bevestigd. Deze is draaibaar om zijn verticale as en heeft een micrometerschroef voor de fijnregeling van den stand van den balans-



arm. De spil, waaraan de draad bevestigd is, kan op en neer bewogen worden en door middel van horizontale sleden, parallel en loodrecht op de balans, kan de balansarm precies in het midden van het huis geplaatst worden. Met de micrometerschroef tordeert men den draad zoo in, dat de balans in den ruststand evenwijdig aan de wanden van het huis hangt. De stand van den torsiekop is door geschikte schroeven gefixeerd met het oog op transport.

*e. Het huis.*

Het huis draagt den torsiekop, de aflees- en de registratieinrichting etc. en beschermt de balans tegen temperatuursveranderingen (en de ten gevolge daarvan optredende lucht-convectiestroomen in het huis), stof, wind etc. Met het oog op de temperatuursisolatie is het huis bij vrijwel alle balanstypen (ook de Askania) 3-voudig uitgevoerd. Bij de verbindingen der drie deelen onderling moet warmteïsoleerend materiaal worden tusschengeschakeld (de spil van den torsiekop is de eenige directe metallische verbinding naar buiten). Iedere huiswand zelf, vooral de binnenste, moet goed geleidend zijn teneinde temperatuursverschillen op te heffen; de buitenste twee bestaan uit aluminium, de binnenste uit messing of koper. Om wervelvorming der eventueel toch nog optredende luchtstroomen te voorkomen, moet het binnenste huis glad afgewerkt zijn. Door al deze voorzorgen zijn de moderne instrumenten weinig temperatuurgevoelig, alleen een plotselinge daling van de temperatuur na een stijging, of het omgekeerde, heeft een slechten invloed.

Hoe wijder de slingerruimte, hoe geringer de gravitatiewerking van de wanden, hoe minder de balans kleeft aan de aanslagpunten en hoe geringer de demping. Het kleven van de balans aan de aanslagpunten is een der lastigste storingen bij het veldwerk; de registratie blijft in dit geval geheel uit. Klevers treden vooral op bij sterke temperatuursdaling en worden veroorzaakt door condensatie van waterdamp. Men bestrijdt dit kleven door *a.* Toepassing van hygroskopische stoffen in het binnenste huis; *b.* Waschen met aether; dit is alleen aan te bevelen, indien de aether geheel zuiver en watervrij is. Na het aetheren moet de balans goed drogen. *c.* JUNG paste met succes aanslagpunten van kurk, rubber e.d. toe. *d.* Door niet de gewichten aan te doen slaan, maar een

punt meer in het midden van den balk, is het moment, door de klevende kracht uitgeoefend en dus het klevend effect geringer. Het huis is voorzien van een dwars- en een langsniveau om het instrument verticaal te stellen; met behulp van een opzetboussole wordt het instrument georiënteerd.

*f. De arrêteering.*

De balansarm wordt bij het arrêteeren door middel van lichters, die van buiten bediend worden, opgeheven en tegen den bovenwand van het huis gedrukt. Het hangend gewicht wordt bij de balans van het L-type mede opgeheven en door een irisdiafragma vastgehouden. De draden zijn dan ontlast. Bij grootere transporten is het beter het hangend gewicht er uit te nemen.

Bij de Askania Z-balans wordt de balk op dezelfde wijze opgeheven; de beide, star aan den balk bevestigde, gewichten worden hier door irisdiafragma's slechts nauwer ingesloten, niet vastgeklemd, daar dan de balk kan verbuigen. Steeds moet eerst de balansarm en dan pas de gewichten gearrêteerd worden; bij het desarrêteeren omgekeerd. De arrêteering kan doeltreffend gefixeerd worden met het oog op transport.

*g. De aflees- en registratie-inrichting.*

Men past visueele aflezing en fotografische registratie toe. Eötvös prefereerde visueele aflezing, die in zijn tijd wellicht betrouwbaarder was. De fotografische registratie werd door HECKER ingevoerd en wordt tegenwoordig meer en meer toegepast, ook door Askania (zie h).

Bij de visueele aflezing gaat een lichtstraal van een lamp naar den balansspiegel en wordt gereflecteerd naar een verrekijker of wordt (zie fotografische registratie) door voorschakeling van een spiegel op een van een schaal voorziene matglazen schijf geworpen.

Bij de fotografische registratie wordt de lichtstraal van de balansspiegel gereflecteerd naar een fotografische plaat. Bij de moderne gevoelige instrumenten doorloopt de lichtstraal den volgende weg: lamp - vaste spiegel - balansspiegel - vaste spiegel - fotografische plaat. Om ondanks de kleinere afmetingen toch gelijke gevoeligheid te hebben, is de lichtweg bij de Askania Z-balans als volgt: lamp - vaste spiegel - balansspiegel - vaste

hulpspiegel - balansspiegel - vaste spiegel - fotografische plaat. Hier is dus dubbele reflectie toegepast ( $p = 2$ ), waarbij de hoekverdraaiing  $4 \times$  wordt vergroot. Door voorschakeling van een spiegel kan de fotografische registratie bij de Askania-balansen in een visuele worden veranderd.

Daar de rand van de plaat geen betrouwbare nullijn vormt bij een afleesnauwkeurigheid van 0,1 mm, wordt bij de fotografische registratie een vaste spiegel aangebracht, die een vast punt op de plaat geeft, dat als nulpunt dient. Binnen in de balans is een kleine metaalthermometer bevestigd, waarvan de stand ook op de plaat

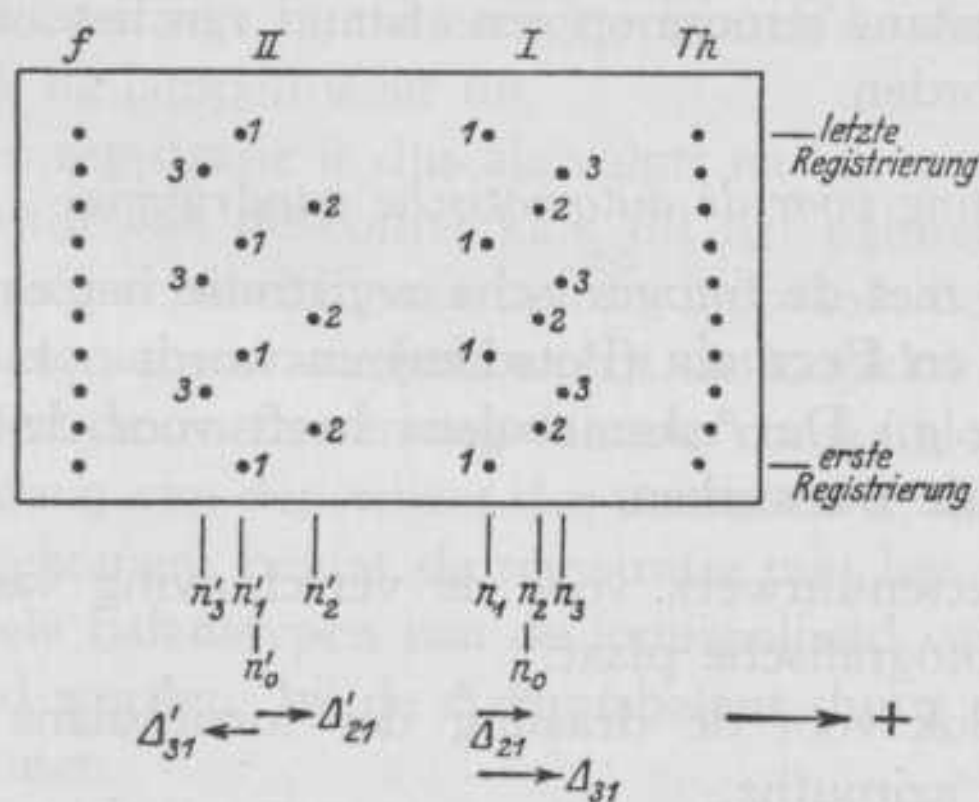


Fig. 5. De fotografische registratie in 3 standen (6 azimuths).

wordt geregistreerd door middel van spiegel en lichtstraal. Op de plaat worden dus van iedere instelling vier punten geregistreerd: één nulpunt, twee punten, die de instelling van de balansen aangeven en het temperatuurpunt (zie fig. 5). Deze punten liggen ongeveer op een horizontale lijn. Om de volgende instelling op te nemen wordt na de eerste registratie de plaat loodrecht op deze horizontale lijn verschoven; bij een verticaal staande plaat met de zwaartekracht mee naar beneden, bij de Askaniabalans, waar de plaat horizontaal ligt, evenwijdig aan den balansarm. Bij de Askania-balans laat men de plaat door middel van een uurwerk langzaam en continu bewegen, zoo langzaam, dat de beweging van de plaat gedurende den belichtingstijd (1 à 2 min.) beneden de afleesnauwkeurigheid (0,1 mm) is. Bij de kleine Gepegebalans van 1925 wordt

de verticaal staande plaat periodiek electromagnetisch bewogen.

Als lichtbron dienen 2 kleine elektrische lampen. De ééne lamp belicht balans II en den vasten spiegel, de andere balans I en den spiegel van den thermometer. De stroom wordt geleverd door zaklantarenbatterijen of andere droge elementen; accumulators zijn lastig te transporteren. Lampen, batterijen en platen zijn van gangbare typen, zoodat ze overal te krijgen zijn. (Voor de opstelling der nevenapparaten zie *h.*).

*O p m e r k i n g.* Een bijzondere afleesmethode is de elektrische registratie, waarbij de lichtstraal op een thermo-electrisch relais valt en de ontstane stroom op een afstand van het instrument gemeten kan worden.

*h. De inrichting voor de automatische aandrijving.*

Deze werd met de fotografische registratie het eerst ingevoerd door HECKER en FECHNER (Potsdam) en wordt ook door Askania toegepast (zie *g.*) De Askaniabalans heeft voor de automatische aandrijving drie uurwerken:

1. Het cassettenuurwerk voor de verschuiving van de cassette met de fotografische plaat.
2. De loopklok voor de draaiing der torsiebalans naar de gewenschte azimuths.
3. De contactklok ter bediening van de lichtcontacten en voor het inschakelen van de loopklok.

Het cassettenuurwerk is bij de Askaniabalans boven in het balanshuis aangebracht (zie afbeelding Askaniabalans). Bij de periodieke electro-magnetische beweging van de verticaal-staande plaat van de Gepegebalans is het cassettenuurwerk niet noodig: in een tandrad grijpt een pal, die de cassette ophoudt en het uitschakelen van de pal geschiedt electro-magnetisch door de contactklok.

De loopklok draait de torsiebalans na de registratie naar het nieuwe azimuth; zij is met het balanshuis verbonden en grijpt in een tandkrans in, die concentrisch op den voet van de torsiebalans is bevestigd. De voet en het huis zijn ten opzichte van elkaar draaibaar.

Is het nieuwe azimuth bereikt, dan wordt de loopklok bij aanslag tegen een nok, door middel van een pal gestopt. De aanslag moet licht zijn, daarom bewerkt de tegen de azimuthnok liggende

hefboom langs mechanischen weg een stopzetting van het uurwerk nog eer dit vastgelopen is tegen de nok.

Wanneer de draaiing van het instrument naar 't nieuwe azimuth moet beginnen, worden de nok en de pal, van de contactklok uit, mechanisch uitgeschakeld. Nokken bevinden zich bij  $0^\circ$ ,  $120^\circ$  en  $240^\circ$  bij registratie in drie standen; bij  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  of  $0^\circ$ ,  $72^\circ$ ,  $144^\circ$ ,  $216^\circ$ ,  $288^\circ$  voor registratie in resp. vier of vijf standen.

De contactklok is eveneens vast verbonden met het huis en draait mee. Na iederen rondgang van den wijzer der contactklok komt een electrisch contact tot stand, dat de lampen doet branden — de belichtingstijd bedraagt  $\frac{1}{3}$  tot eenige minuten — daarna schakelt de contactklok de lampen weer uit.

De gang der registratie is dus als volgt: na het uitschakelen van de lampen wordt van de contactklok uit het palmechanisme van de loopklok uitgeschakeld, waarop de loopklok de balans doet draaien. In het nieuwe azimuth wordt de loopklok door den pal gestopt, zonder de medewerking van de contactklok. Na afloop van den rondgang van den wijzer der contactklok, als de balansen tot rust zijn gekomen, begint de registratie met het oplichten der lampen. Bij vele balanstypen kan de loopsnelheid van de contactklok veranderd worden: bij de Askaniabalans duurt een rondgang 60 of 40 minuten.

Er zijn balansen, waarbij de loopklok electro-magnetisch wordt in- en uitgeschakeld door de contactklok; dan kan de contactklok gescheiden van het instrument opgesteld worden.

De opstelling van de nevenapparaten (batterij, thermograaf en eventueel ook de contactklok) moet, daar het niet meedraaiende massa's betreft, een massaconfiguratie van  $n$ -stralige symmetrie vormen om niet op de balans in te werken.

*i. Het onderstel van de torsiebalans.*

Tot het onderstel van de torsiebalans behooren: voet en voetplaat. De voetplaat stelt men horizontaal op drie in een gelijkzijdigen driehoek in den grond geslagen palen. Hoe hooger het zwaartepunt van de torsiebalans boven de aarde ligt, des te meer de werking van 't terrein ten opzichte van ververwijderde en diepliggende massa's op den achtergrond treedt, des te kleiner dus de topografische reductie is. Al te hoog kan men de torsiebalans niet

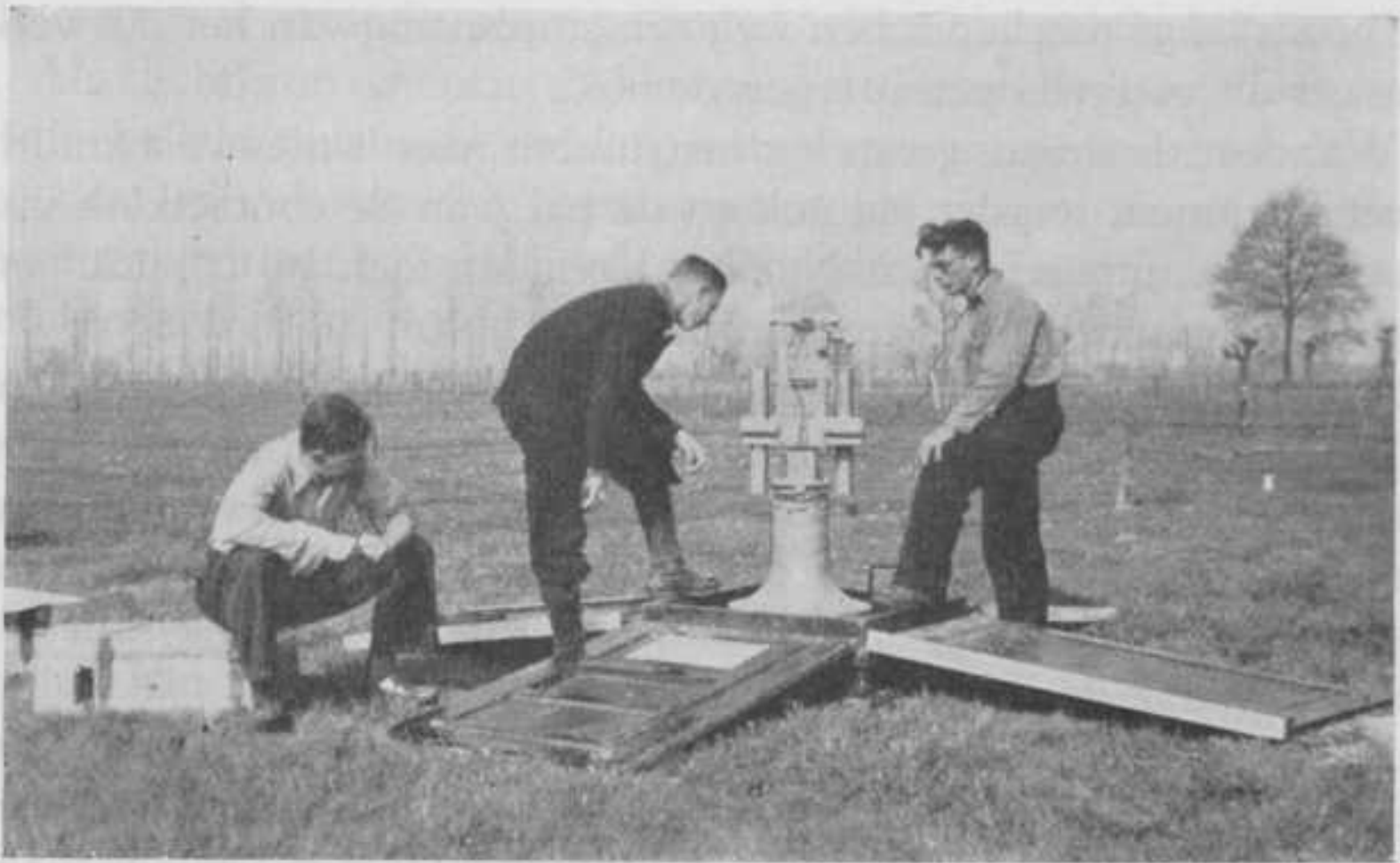


Fig. 6.

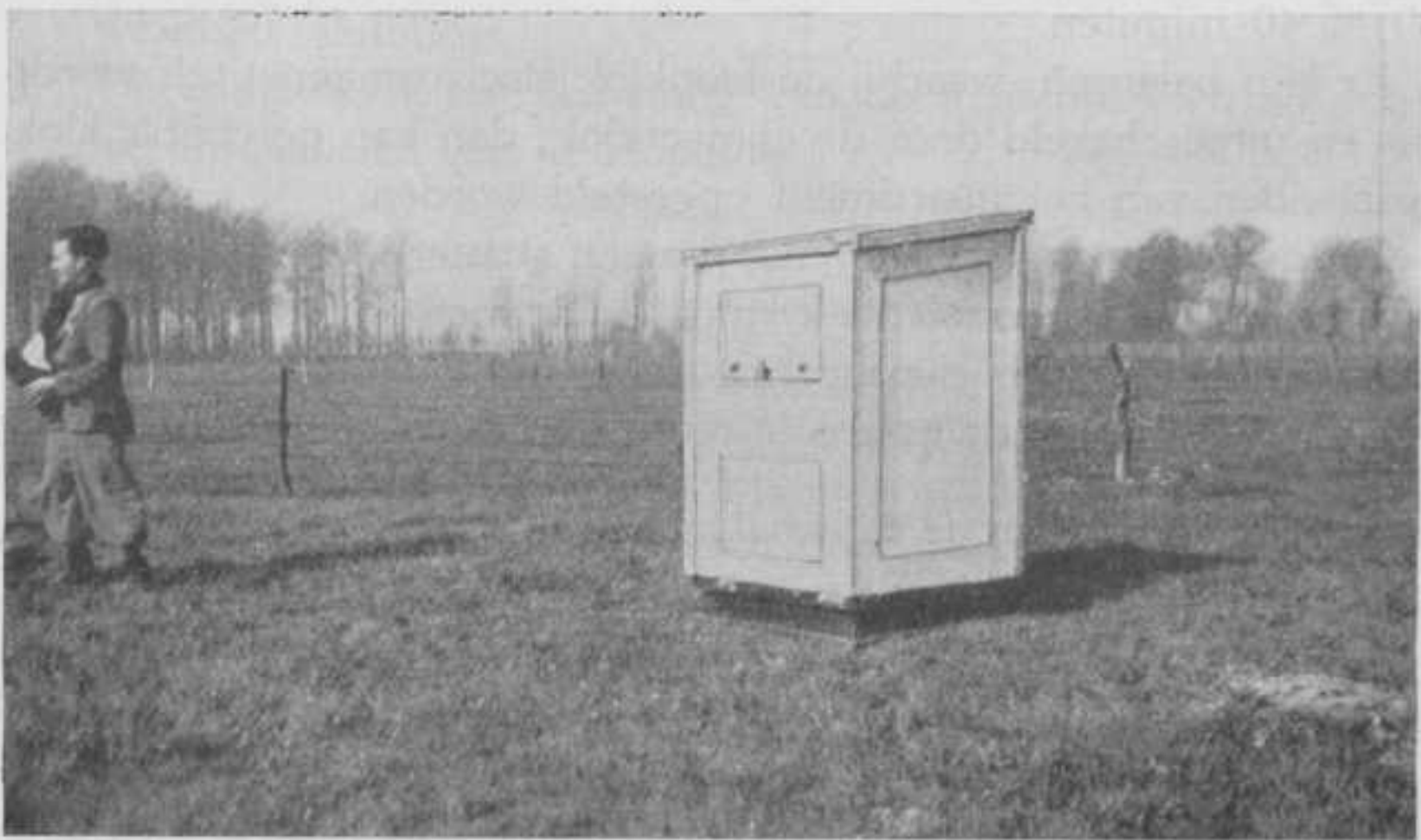


Fig. 7.

Het huisje waarin de torsiebalans wordt opgesteld.

opstellen, want dan wordt de opstelling onvast. De zwaartepunthoogte is bij de meeste balanstypen 90 of 100 cm; het zwaartepunt van de Askania Z-balans kan op vier verschillende hoogten gesteld worden (70, 90, 100 en 120 cm). Het onderstel van de torsiebalans behoort tot de niet meedraaiende massa's en moet dus rond zijn of een reguliere  $n$ -stralige symmetrie hebben.

De Askania Z-balans is in drie deelen uitneembaar. 1. Het huis met de balansen. 2. Tusschenstuk, bestaande uit een stationnair gedeelte (tandkrans) en een draaibaar deel (de draaitafel met daarop de loopklok en de contactklok). 3. Het voetstuk. Het huis wordt op het draaibare deel van het tusschenstuk bevestigd; het stationnaire deel wordt vastgeschroefd op den voet.

*k. Hulpapparaten en verdere uitrusting.*

1. De tent, waarin de torsiebalans wordt opgesteld.

Dit is meestal een dubbelwandige, goed gevoerde tent, die, zijnde een niet bewegende massa, reguliere  $n$ -stralige symmetrie moet hebben, terwijl de torsiebalans zoo nauwkeurig mogelijk in het midden van de tent moet staan: de tenten zijn rond, vierkant en zeshoekig.

Ook worden uit elkaar neembare, vierkante huisjes gebruikt, welke wit geschilderd zijn in verband met de temperatuursstraling (zie fig. 6 en 7).

Het gewicht van de tent of het huisje is in verhouding met dat van het instrument groot.

2. Inrichtingen voor de aflezing der fotografische plaat.

De aflezing der platen geschiedt door een van een geschikte verdeeling (// lijnen op een afstand van 0,5 mm: de doorsnede der registratiepunten is ook 0,5 mm), voorziene glasplaat, waar de fotografische plaat op gelegd wordt. De Gepege construeerde een afleesmicroscop (comparator) om tot op 0,01 mm af te kunnen lezen.

Ter aflezing der nulstand uit de omkeerpunten van een nog niet tot rust gekomen periodische slingering van den balansarm (methode NIKIFOROV) heeft CHIRIN voor zwak gedempte balansen een speciale glazen afleesschaal ontworpen.

### 3. De fotografische uitrusting.

Het inleggen der platen, het ontwikkelen, fixeeren en spoelen kan in de balanstent gedaan worden, wanneer deze lichtdicht is. Indien dit niet het geval is, worden lichtdichte ontwikkelkisten gebruikt, die voorzien zijn van mouwen. Bij koud weer kan men het ontwikkel- fixeer- en spoelbad verwarmen met een spirituskooktoestel.

### 4. De nivelleerinrichting.

Om de terreinwerking te bepalen moet een station rondom genivelleerd worden (zie blz. 116). Een eenvoudige theodoliet is voldoende, ter vastlegging van de richtingen dient een boussole. Voor het meten van den hellingshoek van den grond op de standplaats van de balans is een waterpas noodig. De afstanden worden met een meetlint of een touw (voorzien van knopen op de bepaalde afstanden) gemeten. De te nivelleeren punten moet men zoodanig merken, dat ze op grooten afstand te zien zijn.

### 5. Landkaarten.

De vèrverwijderde terreinhoogten vindt men op topografische kaarten 1 : 25.000. Voor 't algemeene overzicht dienen kaarten 1 : 50.000. Bij een zeer dicht stationsnet moeten kaarten 1 : 10.000 (en 1 : 5.000) gebruikt worden.

### 6. De waarnemerstent.

Ter onderdak van den waarnemer en als regenvrije plaats voor de uitvoering van berekeningen, het opbergen der hulpinstrumenten, etc. moet een aparte tent meegenomen worden.

### 7. Transportmiddel.

Voor het transport van de geheele torsiebalans-uitrusting is een auto het geschiktst; bij een dicht stationsnet kan men de waarnemerstent laten staan en de balans op een tweewieligen wagen vervoeren. In ongebaand terrein moet alles gedragen worden, daartoe zijn draagbaren, riemen, etc. noodig.

#### 1. De voor de meting van één station noodige tijd.

Ondanks de maatregelen tot 't verkorten van den tijd, waarin de balans tot rust komt, rekent men in het algemeen per meting



1 uur in 1 azimuth (met de Askaniabalans kan men 1 meting in 40 minuten doen), dus 3 uur per station. De moderne instrumenten zijn in tegenstelling met de oudere weinig temperatuurgevoelig, zoodat ook overdag gemeten kan worden, zelfs bij een tamelijk grooten temperatuursgang. Toch is het aan te bevelen minstens  $3 + 1$  registraties per station te maken, d.w.z. het eerste azimuth te herhalen. De meting in één station duurt dan dus 4 uur en het is mogelijk met één instrument 3 stations per dag te maken. Vaak wil men echter meerdere (b.v. 3) repetities der 3 registreeringen hebben ter contrôle op den temperatuursgang; dan kan men per dag 2 stations met  $3 \times 3$  registreeringen maken. Het bovenstaande geldt onder de gunstigste omstandigheden: kort en snel transport en voldoende personeel voor 't gelijktijdig voorbereiden van nieuwe stations en 't ombouwen van het instrument.

### § 3. Overzicht der bekendste typen van torsiebalansen.

1. De E Ö T V Ö S - b a l a n s. In 1890 werden de eerste twee typen geconstrueerd:

a. De *krommingsvariometer*, zonder hoogteverschil tusschen de gewichten. Dit is eigenlijk geen torsiebalans, het is een geodetisch instrument (gelijk aan de balansen van COULOMB en CAVENDISH), geschikt om de kromming van de niveauvlakken van het zwaartekrachtsveld te bepalen. Als geologisch instrument is het ongeschikt, omdat slechts de twee onbekenden gevonden worden, die den krommingsfactor bepalen, de twee andere onbekenden, die den gradiënt bepalen, komen niet voor in de grondvergelijking voor den evenwichtsstand. In 1909 werd een drievoudige krommingsvariometer geconstrueerd.

b. De *horizontaalvariometer*. Dit is het type met één hangend gewicht. Het toestel van 1890 had maar 1 balans en moest dus in 5 standen afgelezen worden. De verrekijker en de schaal zijn nog niet vast aan het huis verbonden.

In 1898 werd het instrument geconstrueerd, waarmede de beroemde metingen bij Arad zijn gedaan. De balans was nog enkelvoudig, de kijker en de schaal waren vast aan 't huis verbonden. In 1902 werd de eerste dubbele balans gecon-

strueerd, die later door PEKÀR verbeterd werd (temperatuurs-isolatie, etc.) en ook in kleineren vorm vervaardigd werd.

Tot op heden wordt de kleine dubbele EÖTVÖS-balans gemaakt.

2. De balans van HECKER en FECHNER, de eerste balans met automatische, fotografische registratie.

3. De ASKANIA L- en Z-balans, door SCHWEYDAR geconstrueerd.

4. De groote en kleine GEPEGE balans, door HECKER geconstrueerd.

5. De HAFF-balans — lijkt op de groote Gepegebalans, maar is kleiner en handiger.

6. De OERTLING-balans: registreert geen punten, maar een schaal met kruisdraden.

7. De NIKIFOROV-balans: Heeft torsiedraden van 2 cm lengte, een groote balansarm en visueele aflezing der omkeerpunten van een zwak gedempte slingering door middel van sterke optische vergrooting (wegens geringe gevoeligheid van den korten draad).

8. De RAINBOW-balans: Deze balans heeft een korten torsiedraad en een zeer korten balansarm. Het instrument is door één man te dragen; de B.P.M. heeft er ook in de tropen met succes mee gewerkt.

9. De HAALCK Z-balans: de balansarm heeft den vorm van een staande Z. De twee balansen zijn  $90^\circ$  ten opzichte van elkaar gedraaid. De gradiënt alleen kan in 2 metingen (4 azimuths) bepaald worden, voor de bepaling van gradiënt en krommingsfactor zijn 3 standen noodig.

10. De gradiometer van SHAW en LANCASTER JONES. Met deze balans kunnen alleen gradiënten gemeten worden, ten gevolge van den bijzonderen vorm van den balansarm, die nl. 3 takken heeft (één gewicht boven, twee half zoo zware gewichten beneden). Het is een speciale balans voor geologen.

11. De HECKER-balans met 4 balansen: meet in 2 standen (8 azimuths). Deze balans is te gecompliceerd.

12. De kwartsdraadtorsiebalans van TSUBOI. Kwarts is het ideale materiaal voor torsiedraden wegens de elastische eigenschappen. Kwartsdraad breekt echter te gemakkelijk. Het huis bestaat uit glas en de binnenste slingerruimte is

luchtledig gepompt. De balansarm weegt 1 gram en hangt aan een 20 cm langen  $5 \mu$  dikken kwartsdraad. Balans, huis en draad zijn verzilverd en geaard teneinde het optreden van electrostatische krachten te voorkomen. Over de resultaten van dit instrument is nog niets bekend.

13. De continu-draaiende torsiebalans van KILCHLING. Op de plaat wordt een kromme geregistreerd in plaats van punten in bepaalde azimuths. Na de eerste metingen zijn geen verdere resultaten gepubliceerd.

14. De in water gedompelde torsiebalans van TANGL. Om bij groote massa's een zoo dun mogelijke torsiedraad te kunnen toepassen brengt TANGL de massa's onder in een in water gedompeld drijflichaam. Eenige metingen zijn gelukt; er treden echter spoedig nulpuntsverplaatsingen op door den weerstand van de vloeistof, terwijl ook andere physische of chemische verschijnselen storen. Over de verdere ontwikkeling van dit instrument is niets bekend.



### Hoofdstuk III.

#### THEORIE DER METINGEN.

#### THEORETISCHE INLEIDING. VELDENTHEORIE.

##### § 1. Scalarvelden en vectorvelden.

Is aan elk punt van een gebied  $G$  der gewone driedimensionale ruimte één getal  $p$  toegevoegd, dan zegt men, dat in  $G$  een *scalarveld* gedefinieerd is;  $p$  is dus een in  $G$  gedefinieerde functie. Zijn  $(x, y, z)$  de coördinaten van een willekeurig punt van  $G$  ten opzichte van een orthogonaal coördinatenstelsel, dan geldt een vergelijking

van den vorm  $p = \varphi(x, y, z)$  of ook kortweg  $p = \varphi(\bar{r})$ , waarin  $\bar{r} = (x, y, z)$  de radiusvector van het punt  $(x, y, z)$  is. Wij houden ons uitsluitend met zulke velden bezig, waarvoor de functie  $\varphi(\bar{r})$  een voldoende aantal keeren continu-differentieerbaar is.

Oppervlakken, waarop  $p$  een constante waarde heeft, heeten aequiscalaire oppervlakken van het veld. De vergelijking van zoo'n oppervlak luidt  $\varphi(\bar{r}) = \text{constant}$ . Door elk punt van  $G$  gaat slechts één aequiscalair oppervlak.

Is aan ieder punt van  $G$  één vector toegevoegd, dan zegt men, dat in  $G$  een *vectorveld* gedefinieerd is. Zijn  $v_1, v_2, v_3$  de kentallen van dezen vector  $\bar{v}$  ten opzichte van een orthogonaal coördinatenstelsel, dan gelden voor een willekeurig punt van  $G$  met coördinaten  $(x, y, z)$  vergelijkingen van den vorm  $v_1 = \varphi_1(x, y, z)$ ,  $v_2 = \varphi_2(x, y, z)$ ,  $v_3 = \varphi_3(x, y, z)$  of kortweg  $\bar{v} = \bar{\varphi}(\bar{r})$ , waarin  $\bar{\varphi}$  staat voor de drie functies  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ . Wij houden ons weer alleen met zulke velden bezig, waarvoor  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  een voldoende aantal keeren continu-differentieerbaar zijn.

Uit elk vectorveld laat zich een scalarveld construeeren, nl. het veld  $\frac{\partial v_1}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial y} + \frac{\partial v_3}{\partial z}$ . Men kan bewijzen dat  $\frac{\partial v_1}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial y} + \frac{\partial v_3}{\partial z}$  voor elk ander orthogonaal coördinatenstelsel opgeschreven, hetzelfde scalarveld definieert. Dit veld heet de *divergentie* van het vectorveld  $\bar{v}$  en wordt met  $\text{div } \bar{v}$  genoteerd. Op overeenkomstige wijze kan men aantoonen, dat  $\frac{\partial v_3}{\partial y} - \frac{\partial v_2}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial v_1}{\partial z} - \frac{\partial v_3}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial v_2}{\partial x} - \frac{\partial v_1}{\partial y}$  voor welk orthogonaal coördinatenstelsel ook opgeschreven, de kentallen zijn van éénzelfde vectorveld, dat de *rotatie* van het vectorveld  $\bar{v}$  heet en met  $\text{rot } \bar{v}$  genoteerd wordt.

Uit elk scalarveld  $p$  kan men een vectorveld construeeren. Men kan nl. bewijzen, dat  $\frac{\partial p}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial p}{\partial y}$ ,  $\frac{\partial p}{\partial z}$  voor welk orthogonaal coördinatenstelsel ook opgeschreven, steeds de kentallen zijn van éénzelfde vectorveld, dat het *gradiëntveld* van  $p$  genoemd wordt en dat we met  $\text{grad } p$  zullen noteeren. Zijn  $P$  en  $Q$  twee naburige punten met radiusvectoren  $\bar{r}$  en  $\bar{r} + d\bar{r}$ , dan geldt voor het verschil  $dp$  der waarden van  $p$  in  $P$  en  $Q$  de formule:

$$1.1 \quad dp = p(\bar{r} + d\bar{r}) - p(\bar{r}) = \text{grad } p \cdot d\bar{r}$$

waarbij het symbool  $\cdot$  de scalaire vermenigvuldiging aangeeft (dus hier is  $\text{grad } p \cdot d\vec{r}$  gelijk aan  $\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz$ ).

Liggen  $P$  en  $Q$  op hetzelfde aequiscaleaire oppervlak, dan is  $dp = 0$  en staat  $\text{grad } p$  loodrecht op de infinitesimale vector  $d\vec{r}$ , waarvan begin- en eindpunt resp. in  $P$  en  $Q$  liggen;  $\text{grad } p$  staat dus in elk punt van  $G$  loodrecht op het door dit punt gaande aequiscaleaire oppervlak. Elk veld  $\vec{v}$ , waarbij een scalarveld  $p$  gevonden kan worden, waarvoor  $\vec{v} = \text{grad } p$  geldt, heet een gradiëntveld. Gemakkelijk ziet men in dat  $\text{rot } v = 0$  noodig is, opdat  $\vec{v}$  een gradiëntveld is en men kan bewijzen, dat dit ook voldoende is.

Ook geldt voor een gradiëntveld  $\vec{v}$  dat  $\int \vec{v} \cdot d\vec{r}$  geïntegreerd langs elke gesloten continu-differentieerbare kromme in  $G$ , nul oplevert. Is omgekeerd  $\int \vec{v} \cdot d\vec{r}$  voor elke gesloten continu-differentieerbare kromme nul, dan blijkt  $\vec{v}$  een gradiëntveld te zijn.

## § 2. Krachtvelden en potentiaalvelden.

Een gebied  $G$  in de gewone driedimensionale ruimte heet een *krachtveld* voor een bepaald materiedeeltje, indien op dit deeltje een kracht  $\vec{K}$  werkt, zoodra het zich in  $G$  bevindt en indien daaren boven nog grootte en richting van  $\vec{K}$  uitsluitend afhangen van de plaats, waar het deeltje zich in  $G$  bevindt. Deze laatste voorwaarde beteekent, dat  $\vec{K}$  in  $G$  een vectorveld is, d.w.z. de drie kentallen  $K_1, K_2, K_3$  van  $\vec{K}$  zijn functies van de coördinaten  $(x, y, z)$  van een willekeurig punt in  $G$ . De dimensie van  $\vec{K}$  is  $[mlt^{-2}]$ .

De *krommen* in  $G$ , die in elk punt de richting van de kracht  $\vec{K}$  hebben, heeten de *krachtlijnen*. Door ieder punt van  $G$  gaat slechts één krachtlijn.

Is  $m$  de massa van het materieele deeltje, dan luidt de bewegingsvergelijking, indien uitsluitend de krachten van het veld werkzaam zijn:

$$2.1 \quad m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{K}.$$

Vermenigvuldigt men beide leden scalair met  $\frac{d\vec{r}}{dt}$  en integreert men daarna, dan ontstaat de vergelijking:

$$2.2 \quad \left[ \frac{1}{2} m \frac{d\vec{r}}{dt} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} \right]_{t_1}^{t_2} = \int_{t_1}^{t_2} \bar{K} \cdot d\vec{r},$$

die uitdrukt, dat de toename der kinetische energie (zijnde  $\frac{1}{2} m \frac{d\vec{r}}{dt} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt}$ ) gedurende een bepaalden tijd gelijk is aan den gedurende dien tijd door het veld op het materiedeeltje verrichten

arbeid zijnde  $\int_{t_1}^{t_2} \bar{K} \cdot d\vec{r}$ .

Is  $\bar{K}$  een van den tijd onafhankelijk gradiëntveld, dan heet het krachtveld een *conservatief potentiaalveld*. Volgens § 1 bestaat in  $G$  een scalarveld  $V$ , waarvoor geldt  $\bar{K} = -\text{grad } V$ ; voor de kentallen van  $\bar{K}$  geldt:

$$K_1 = -\frac{\partial V}{\partial x}, \quad K_2 = -\frac{\partial V}{\partial y}, \quad K_3 = -\frac{\partial V}{\partial z}.$$

De scalaire grootheid  $V$ , die op een additieve constante na bepaald is, heet de *potentiele energie* van het materiedeeltje t.g.v. het veld of ook de *potentiaal* van het veld ter plaatse  $(x, y, z)$ . De dimensie van  $V$  is  $[ml^2t^{-2}]$ , hetgeen inderdaad de dimensie van een energie is. Daar  $\bar{K} \cdot d\vec{r} = -dV$  is, gaat voor een potentiaalveld (2.2) over in:

$$2.3 \quad \left[ \frac{1}{2} m \frac{d\vec{r}}{dt} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} + V \right]_{t_1}^{t_2} = 0$$

welke vergelijking tot uitdrukking brengt, dat de som van kinetische en potentiele energie gedurende de beweging van het deeltje constant is. Ook volgt uit  $\bar{K} \cdot d\vec{r} = -dV$ , dat  $\int \bar{K} \cdot d\vec{r}$  berekend langs een willekeurig in  $G$  verloopende kromme, met beginpunt  $A$  en eindpunt  $B$ , gelijk is aan  $V(A) - V(B)$  als  $V(A)$  de waarde van de potentiaal in  $A$  is en  $V(B)$  de waarde in het eindpunt. Spreekt men dus af, dat in een bepaald punt  $A$  de potentiaal  $V(A)$  nul is, dan is de arbeid, die 't veld verricht, indien een deeltje van een punt  $A$  naar een punt  $B$  gebracht wordt, gelijk aan  $-V(B)$ . De aequiscaleaire oppervlakken van  $V$  worden hier de aequipotentiaaloppervlakken van het veld genoemd. De

krachtlijnen zijn de orthogonale trajectoriën van het stelsel aequipotentialvlakken.

Eenzelfde gebied  $G$  kan voor meerdere en zelfs voor alle materiedeeltjes een krachtveld zijn. Laten  $m'$  en  $m''$  de massa's van twee dier deeltjes zijn en laten  $\bar{K}'$  en  $\bar{K}''$  de krachten zijn, die het veld op deze deeltjes uitoefent, indien ze zich achtereenvolgens in hetzelfde punt  $(x, y, z)$  van  $G$  bevinden. Wij beschouwen nu speciaal zulke velden, waarbij voor elke keuze der materiedeeltjes  $m'$  en  $m''$  en voor elke keuze van het punt  $(x, y, z)$  in  $G$  geldt:

$$\frac{\bar{K}'}{m'} = \frac{\bar{K}''}{m''}.$$

Iets korter, maar minder correct kan men zeggen, dat een dergelijk veld op elk materiedeeltje een met de massa evenredige kracht uitoefent. Men noemt de van  $m'$  onafhankelijke vector

$\bar{\mathbf{K}} = \frac{\bar{K}'}{m'}$  de *veldkracht per massa-eenheid* of *veldsterkte* of ook wel,

daar  $\bar{\mathbf{K}}$  de versnelling is, die het veld aan een willekeurig materiedeeltje geeft, de *veldversnelling*. De dimensie van het vectorveld  $\bar{\mathbf{K}}$  is  $[lt^{-2}]$ .  $\bar{\mathbf{K}}$  is in getalwaarde gelijk aan de kracht, die het veld op een deeltje met massa 1 uitoefent. Een slordig spraakgebruik pleegt in de definitie voor  $\bar{\mathbf{K}}$  de toevoeging „per massa-eenheid” weg te laten en noemt  $\bar{\mathbf{K}}$  kortweg „de veldkracht”. Daar door dit spraakgebruik  $\bar{\mathbf{K}}$  licht verward zou kunnen worden met de kracht, die het veld op een deeltje met massa 1 uitoefent, zullen wij het hier niet overnemen.

Is  $\bar{\mathbf{K}}$  een van den tijd  $t$  onafhankelijk gradientveld, dan is  $G$  voor elk materiedeeltje een conservatief potentiaalveld. Volgens § 1 kan men een op een additieve constante na bepaald scalarveld  $\mathfrak{V}$  vinden, dat voldoet aan  $\bar{\mathbf{K}} = -\text{grad } \mathfrak{V}$ . De dimensie van  $\mathfrak{V}$  is  $[l^2t^{-2}]$ , d.w.z. de dimensie van het kwadraat van een snelheid. Voor een in  $G$  bewegend materiedeeltje met massa  $m$  is de potentieele energie  $m \mathfrak{V}$ . Men noemt  $V$  de *potentieele energie per massa-eenheid* of *potentiaal per massa-eenheid*.

Uit (2.3) volgt, dat voor elk in  $G$  bewegend materiedeeltje

$$\left[ \frac{1}{2} \frac{d\bar{r}}{dt} \cdot \frac{d\bar{r}}{dt} + \mathfrak{V} \right]_{t_1}^{t_2} = 0 \text{ is,}$$

hetgeen beteekent, dat de som van de kinetische en de potentieele energie per massa-eenheid constant is gedurende de beweging van het deeltje.

### § 3. Het gravitatieveld van een massaverdeeling.

Twee materiedeeltjes met massa's  $m'$  en  $m''$  trekken elkaar volgens de *Gravitatiwet van NEWTON* aan met een kracht, die gericht is langs de verbindingslijn dier deeltjes en waarvan de grootte gegeven wordt door  $G \frac{m'm''}{r^2}$ . Daarin is  $r$  de afstand der deeltjes en  $G$  een universeele constante, de z.g. *Gravitatieconstante*, waarvan de dimensie is  $[m^{-1} l^3 t^{-2}]$ .  $G$  is in getalwaarde gelijk aan de kracht, die twee massa-eenheden op elkaar uitoefenen, wanneer zij zich op de eenheid van afstand van elkaar bevinden. De waarde van  $G$  is het eerst bepaald door *CAVENDISH* met een torsiebalans.

Volgens de meest recente metingen is in het c.g.s.-stelsel:

$$G = (6,67 \pm 0,01) 10^{-8} [\text{dyne} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{gram}^{-2}] \text{ of } [\text{gram}^{-1} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{sec}^{-2}].$$

Bevindt het deeltje met massa  $m'$  zich in het punt  $(x, y, z)$  en het deeltje met massa  $m''$  zich in het punt  $(\xi, \eta, \zeta)$  dan worden de componenten der aantrekkende kracht, die op het eerste deeltje werkt, gegeven door:

$$3.1 \quad K_1 = -G \frac{(x - \xi) \cdot m' \cdot m''}{\sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z - \zeta)^2}^3}; \text{ cyclisch,}$$

of in vectorieelen vorm

$$3.2 \quad \bar{K} = -G \frac{(\bar{r} - \bar{w}) \cdot m' \cdot m''}{|\bar{r} - \bar{w}|^3}.$$

Daarin is dan  $\bar{r} = (x, y, z)$  de radiusvector van het punt  $(x, y, z)$  en  $\bar{w} = (\xi, \eta, \zeta)$  die van het punt  $(\xi, \eta, \zeta)$  terwijl  $|\bar{r} - \bar{w}|$  de lengte  $\sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z - \zeta)^2}$  van den vector  $\bar{r} - \bar{w}$  aangeeft.

Is nu in de ruimte een massaverdeeling gegeven en stelt  $\sigma$   $(\xi, \eta, \zeta)$  de massa per volume-eenheid in een willekeurig punt  $(\xi, \eta, \zeta)$  voor (de dimensie van  $\sigma$  is dus  $[m^1 l^{-3}]$ ), dan wordt op een zich in een punt  $(x, y, z)$  bevindend materiedeeltje met massa  $m'$  een kracht



$\bar{K}'$  uitgeoefend, waarvan de componenten volgens de wet van NEWTON gegeven worden door:

$$3.3 \quad K'_1 = \iiint -G \frac{m' (x - \xi)}{\sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z - \zeta)^2}} \cdot \sigma(\xi, \eta, \zeta) d\xi \cdot d\eta \cdot d\zeta;$$

cyclisch.

De integratie moet daarbij over dat deel der ruimte uitgestrekt worden, waarin zich de massaverdeeling  $\sigma$  bevindt.

Men kan (3.3) als volgt vectorieel schrijven:

$$3.4 \quad \bar{K}' = -m' \cdot G \int \frac{\bar{r} - \bar{w}}{|\bar{r} - \bar{w}|^3} dm,$$

als  $dm = \sigma(\xi, \eta, \zeta) d\xi \cdot d\eta \cdot d\zeta$  gesteld wordt. Ten gevolge van de massaverdeeling ontstaat dus in de ruimte een krachtveld, het z.g. *gravitatieveld der massaverdeeling*, waarbij de kracht  $\bar{K}'$  met  $m'$  evenredig is. Volgens § 2 kunnen we dus de veldkracht  $\bar{\mathbf{K}}$  per massa-eenheid definiëren:

$$3.5 \quad \bar{\mathbf{K}} = -G \int \frac{\bar{r} - \bar{w}}{|\bar{r} - \bar{w}|^3} dm.$$

Daar  $\text{grad}_r \frac{1}{|\bar{r} - \bar{w}|} = -\frac{\bar{r} - \bar{w}}{|\bar{r} - \bar{w}|^3}$  ( $\text{grad}_r$  beteekent, dat bij het

berekenen steeds naar de componenten  $x$ ,  $y$  en  $z$  van  $\bar{r}$  gedifferentieerd moet worden, dus niet naar die van  $\bar{w}$ ) is, kan men voor (3.5) schrijven:

$$3.6 \quad \bar{\mathbf{K}} = G \int \text{grad}_r \frac{1}{|\bar{r} - \bar{w}|} dm = \text{grad}_r \int G \frac{dm}{|\bar{r} - \bar{w}|}.$$

Het *gravitatieveld* is dus een *potentiaalveld* en de potentieele energie per massa-eenheid (of: de specifieke potentiaal)  $\mathfrak{V}$  is bepaald door de formule

$$3.7 \quad \mathfrak{V} = - \int G \frac{dm}{|\bar{r} - \bar{w}|}.$$

Uit (3.6) en (3.7) volgt, dat  $\mathfrak{V}$  en de kengetallen van  $\bar{\mathbf{K}}$  in elk punt, dat niet op den rand van het integratiegebied ligt, continu zijn.

Men kan bewijzen, dat

$$\operatorname{div} \bar{\mathbf{K}} = -4\pi G \sigma \text{ is } \left( \operatorname{div} \bar{\mathbf{K}} = \frac{\partial K_1}{\partial x} + \frac{\partial K_2}{\partial y} + \frac{\partial K_3}{\partial z} \right).$$

Deze vergelijking is gelijkwaardig met

$$\nabla^2 \mathfrak{P} = -4\pi G \sigma,$$

als  $\nabla^2$  de Laplaceoperator  $\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  is. Deze laatste vergelijking biedt een mogelijkheid de potentiaal  $\mathfrak{P}$  langs een anderen weg, dan door de in (3.7) vermelde integratie, te berekenen.

#### § 4. Het zwaartekrachtsveld der aarde.

Het *zwaartekrachtsveld der aarde* is de *superpositie* van het *gravitatieveld der aarde* en het *veld der centrifugaalkrachten*, dat door de rotatie der aarde ontstaat. Legt men de *Z*-as van een orthogonaal met de aarde meebewegend coördinatenstelsel langs de rotatieas der aarde, dan werkt op een met de aarde meebewegend deeltje met massa  $m$  een kracht  $\bar{P}$  met componenten:

$$4.8 \quad \bar{P} = m \omega^2 (x, y, 0).$$

Hierin is  $\omega$  de hoeksnelheid der aarde in radialen per tijdseenheid gemeten. De dimensie van  $\omega$  is  $[t^{-1}]$ . In dit centrifugaalveld is de kracht, evenals bij het gravitatieveld, met de massa evenredig. We kunnen dus weer de veldkracht  $\mathfrak{P}$  per massa eenheid invoeren.

$$4.9. \quad \mathfrak{P} = \omega^2 (x, y, 0).$$

Ook deze kracht is afleidbaar van een potentiaal, en wel is

$$4.10 \quad \mathfrak{P} = \operatorname{grad} \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2),$$

zoodat de potentiaal per massa eenheid gegeven wordt door  $-\frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2)$ . Het centrifugaalveld is dus een conservatief potentiaalveld. Daar hetzelfde geldt voor het gravitatieveld der aarde, indien dit t.o.v. de bewegende aarde wordt beschouwd, is het *zwaartekrachtsveld der aarde* t.o.v. de bewegende aarde eveneens een *conservatief potentiaalveld*.

De potentiaal per massa eenheid is

$$4.11 \quad \mathfrak{U} = - \int G \frac{dm}{|\bar{r} - \bar{w}|} - \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2),$$

terwijl de veldkracht  $\bar{\mathbf{g}}$  per massaeenheid gegeven wordt door

$$4.12 \quad \bar{\mathbf{g}} = -\text{grad } \mathcal{W} = -\int G \frac{\bar{\mathbf{r}} - \bar{\omega}}{|\bar{\mathbf{r}} - \bar{\omega}|^3} dm + \omega^2 (x, y, 0).$$

In beide formules moet de integratie over het inwendige der aarde worden uitgestrekt. Beide formules gelden ten opzichte van een met de aarde meebewegend orthogonaal coördinatenstelsel, waarvan de  $Z$ -as met de rotatieas der aarde samenvalt.

$\bar{\mathbf{g}}$  heet de versnelling van de zwaartekracht en is in getalwaarde gelijk aan de kracht, die het zwaartekrachtsveld op een deeltje met massa 1 uitoefent, welke kracht de zwaartekracht genoemd wordt. De versnelling van de zwaartekracht is dus de veldsterkte van het zwaartekrachtsveld. De dimensie van  $\bar{\mathbf{g}}$  is  $[lt^{-2}]$  en die der zwaartekracht  $[mlt^{-2}]$ .

In de Geophysica pleegt men de uitdrukking:

$$4.13 \quad \int G \frac{dm}{|\bar{\mathbf{r}} - \bar{\omega}|} + \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2)$$

met  $W$  aan te duiden en deze uitdrukking de *potentiaal van het zwaartekrachtsveld* (per massaeenheid!) te noemen.

Uitdrukkelijk zij er op gewezen, dat deze potentiaal  $W$  per massaeenheid, op het teken na gelijk is aan de in de physica gebruikte potentiaal.  $\bar{\mathbf{g}}$  wordt in de geophysica met  $\bar{g}$  aangeduid.

Schrijft men (4.13) en (4.12) uit, dan vindt men

$$4.14 \quad W = \int G \frac{dm}{a} + \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2),$$

respect.

$$4.15 \quad g_x = \frac{\partial W}{\partial x} = \int G \frac{\xi - x}{a^3} dm + \omega^2 x$$

$$g_y = \frac{\partial W}{\partial y} = \int G \frac{\eta - y}{a^3} dm + \omega^2 y$$

$$g_z = \frac{\partial W}{\partial z} = \int G \frac{\zeta - z}{a^3} dm.$$

Hierin is  $a = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z - \zeta)^2}$ , terwijl  $g_x, g_y, g_z$  de componenten van  $\bar{\mathbf{g}}$  voorstellen.

De lengte  $g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}$  van  $\bar{g}$  heet de *intensiteit van  $\bar{g}$* .  
 Uit (4.14) volgt voor  $\nabla^2 W = W_{xx} + W_{yy} + W_{zz}$

$\left( W_{xx} = \frac{\partial^2 W}{\partial x^2}; \text{cyclisch} \right)$  de formule:

$$4.17 \quad \nabla^2 W = \nabla^2 \int G \frac{dm}{a} + \nabla^2 \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2).$$

Echter is volgens § 3:  $\nabla^2 \int G \frac{dm}{a} = -4\pi G \sigma$  voor een punt

binnen de aarde ( $\sigma =$  dichtheid in dit punt) en  $= 0$  voor een punt buiten de aarde. Daar verder  $\nabla^2 \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2) = 2 \omega^2$ , is dus:

$$4.18 \quad \nabla^2 W = -4\pi G \sigma + 2 \omega^2: \text{ binnen de aarde.}$$

en  $\nabla^2 W = 2 \omega^2: \text{ buiten de aarde.}$

De afgeleide van  $W$  in een willekeurige richting  $u$  wordt gegeven door  $\frac{\partial W}{\partial u} = W_u = g_u =$

$$= \cos(u, x) \frac{\partial W}{\partial x} + \cos(u, y) \frac{\partial W}{\partial y} + \cos(u, z) \frac{\partial W}{\partial z} =$$

$$4.19 \quad = \cos(u, x) g_x + \cos(u, y) g_y + \cos(u, z) g_z =$$

$$= g \cdot \cos(u, g).$$

Op elk equipotentiaaloppervlak  $W = \text{constant}$  is dus  $g_u = = W_u = 0$  voor een willekeurige richting  $u$  in dit vlak.

De versnelling van de zwaartekracht heeft in de equipotentiaalvlakken geen component, d.w.z. staat er loodrecht op. De zwaartekrachtlijnen zijn de orthogonale trajectoriën van het stelsel equipotentiaalvlakken. Door verschuiving van een massapunt in een equipotentiaalvlak wordt door het veld geen arbeid verricht.

Vloeistoffen zijn in evenwicht, wanneer hun oppervlakte een equipotentiaalvlak vormt. Daarom worden equipotentiaalvlakken in de geophysica ook *niveaувlakken* genoemd, een zeer anschouwelijke benaming, welke wij zullen volgen.

Zijn  $W = \text{constant}$  en  $W + dW = \text{constant}$  de vergelijkingen

van twee niveaувlakken welke op een afstand  $ds$  van elkaar verwijderd zijn, dan geldt  $\frac{dW}{ds} = g$  of  $dW = g \cdot ds = \text{constant}$ ; in

twee punten 1 en 2 geldt  $\frac{ds_1}{ds_2} = \frac{g_2}{g_1}$ . De afstand van twee niveaувlakken is dus omgekeerd evenredig met de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht.

### § 5. Formules voor de tweede afgeleiden van $W$ .

Wij zullen de tweede afgeleiden van  $W$  berekenen ten opzichte van een met de aarde meebewegend coördinatenstelsel, zooals wij reeds op blz. 53 hebben aangegeven. De oorsprong van dit coördinatenstelsel is het zwaartepunt  $S$  van de balans, de  $Z$ -as heeft de richting van  $\bar{g}^S$  (verticaal naar beneden), de  $X$ -as is naar 't geografisch Noorden en de  $Y$ -as naar 't geografisch Oosten gericht.

Wij denken ons de aardas gelegen in het  $XZ$ -vlak. Is  $\varphi$  de scherpe hoek, die de aardas met de  $Z$ -as insluit, dan zijn de richtingscoëfficiënten van de aardas  $(\sin \varphi, 0, -\cos \varphi)$ , zoodat wij voor  $W$  op dit coördinatenstelsel kunnen schrijven:

$$5.1 \quad W = \iiint G \frac{dm}{a} + \frac{1}{2} \omega^2 [y^2 + \{x \cos \varphi + (z - R) \sin \varphi\}^2].$$

en voor  $g$

$$5.2 \quad \begin{cases} g_x = \iiint G \frac{\xi - x}{a^3} dm + \omega^2 \{x \cos \varphi + (z - R) \sin \varphi\} \cos \varphi, \\ g_y = \iiint G \frac{\eta - y}{a^3} dm + \omega^2 y, \\ g_z = \iiint G \frac{\zeta - z}{a^3} dm + \omega^2 \{x \cos \varphi + (z - R) \sin \varphi\} \sin \varphi. \end{cases}$$

In deze formules is  $R$  de afstand van  $S$  tot het snijpunt van  $\bar{g}^S$  met de aardas.

Nu gelden:

$$5.3 \left\{ \begin{array}{l} W_{xx} = \frac{\partial g_x}{\partial x} = \iiint G \left\{ -\frac{1}{a^3} + 3 \frac{(\xi - x)^2}{a^5} \right\} dm + \omega^2 \cos^2 \varphi \\ W_{yy} = \frac{\partial g_y}{\partial y} = \iiint G \left\{ -\frac{1}{a^3} + 3 \frac{(\eta - y)^2}{a^5} \right\} dm + \omega^2 \\ W_{zz} = \frac{\partial g_z}{\partial z} = \iiint G \left\{ -\frac{1}{a^3} + 3 \frac{(\zeta - z)^2}{a^5} \right\} dm + \omega^2 \sin^2 \varphi \\ W_{xy} = \frac{\partial g_x}{\partial y} = \frac{\partial g_y}{\partial x} = \iiint 3 G \frac{(\xi - x)(\eta - y)}{a^5} dm \\ W_{zx} = \frac{\partial g_z}{\partial x} = \frac{\partial g_x}{\partial z} = \iiint 3 G \frac{(\zeta - z)(\xi - x)}{a^5} dm + \omega^2 \cos \varphi \sin \varphi \\ W_{zy} = \frac{\partial g_z}{\partial y} = \frac{\partial g_y}{\partial z} = \iiint 3 G \frac{(\zeta - z)(\eta - y)}{a^5} dm \end{array} \right.$$

De integratie moet over de geheele aarde uitgestrekt worden.

De differentiaties onder het integraalteeken zijn geoorloofd indien de integratiegrenzen onafhankelijk zijn van de grootheden waarnaar gedifferentieerd wordt en indien  $a$  eindig is. Dit is beide het geval.

Uit de eerste drie grootheden blijkt nog eens, dat

$$\nabla^2 W = W_{xx} + W_{yy} + W_{zz} = 2 \omega^2$$

invariant is (zie § 3).

De met de torsiebalans gemeten grootheden zijn:

$$5.4 \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2}(W_{yy} - W_{xx}) = \frac{1}{2}W_{\Delta} = \iiint \frac{3}{2} G \frac{(\eta - y)^2 - (\xi - x)^2}{a^5} dm + \omega^2 \sin^2 \varphi. \\ W_{xy} = \iiint 3 G \frac{(\xi - x)(\eta - y)}{a^5} dm. \\ W_{zx} = \iiint 3 G \frac{(\zeta - z)(\xi - x)}{a^5} dm + \omega^2 \cos \varphi \sin \varphi. \\ W_{zy} = \iiint 3 G \frac{(\zeta - z)(\eta - y)}{a^5} dm. \end{array} \right.$$

Wenschen wij deze grootheden voor het zwaartepunt S van de

balans, d.i. de oorsprong van het coördinatenstelsel, te kennen, dan moeten in 5.4  $x = 0$ ,  $y = 0$ ,  $z = 0$  gesteld worden.

De grootheden welke in 5.4 zijn gegeven, hebben betrekking op de potentiaal  $W_n$  van het normale zwaartekrachtsveld (d.w.z. aantrekking + rotatie) der geheele aarde, als homogene geoïde beschouwd. Wij wenschen echter in de practische geophysica dezelfde grootheden te kennen met betrekking op de potentiaal  $W_a$  van het gravitatieveld van bepaalde, in de aardkorst ingebedde, extra massa's, die de zwaartekrachtsanomalieën veroorzaken. Deze grootheden worden uitgedrukt door dezelfde formules 5.4, echter zonder de termen met  $\omega$ , daar het een zuiver gravitatieveld betreft; de integratie moet daarbij uitgestrekt worden over de beschouwde massa's.

Met de torsiebalans worden de grootheden van  $W_n$  plus die van  $W_a$  gemeten; om dus die van  $W_a$  te verkrijgen moeten die van  $W_n$  van het meetresultaat worden afgetrokken. Dit gebeurt d.m.v. de Normale reductie (zie blz. 107) waarbij het veld der aantrekking van de normale aarde en dat der aardrotatie worden geëlimineerd.

## § 6. De geodetische beteekenis der met slinger en torsiebalans gemeten grootheden.

### a. De versnelling van de zwaartekracht.

Met een slinger wordt de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht gemeten (d.w.z. de grootte van de versnelling afgezien van de richting). Zij is in getalwaarde gelijk aan de zwaartekracht, dat is de kracht, waarmee de massa van 1 gram ten gevolge van de werking van het zwaartekrachtsveld op haar ondersteuningsvlak drukt.

De eenheid van versnelling der zwaartekracht is in c.g.s.-eenheden  $= 1 \text{ gal} = 1 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$ , de eenheid van zwaartekracht  $= 1 \text{ dyne} = 1 \text{ gram cm} \cdot \text{sec}^{-2}$ .

Voor de practijk is voor de zwaartekrachts-versnellingsmetingen de eenheid 1 milligal  $= \frac{1}{1000} \text{ gal} = 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$  gebruikelijk.

De versnelling van de zwaartekracht bedraagt gemiddeld 981 gal; versnellingsveranderingen in kleinere gebieden, zooals in de toegepaste geophysica beschouwd worden, bedragen zelden meer dan ongeveer 50 milligal.

Zie voor verdere beschouwingen omtrent de versnelling van de zwaartekracht § 4.

b. *Isogammen, gradiënt, verandering van de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht.*

Waar de aardoppervlakte vlak is, vormt zij ongeveer een equipotentiaalvlak = niveauvlak. Het verschil is zoo klein, dat dit in de meeste gevallen verwaarloosd kan worden; hetgeen geldt voor een niveauvlak is ook geldig voor de vlakke aardoppervlakte. Wij bedoelen voortaan met „het niveauvlak”, de vlakke aardoppervlakte, welke wij gelijk stellen aan het equipotentiaalvlak door het zwaartepunt  $S$  van de balans.

De versnelling van de zwaartekracht is in de punten van het niveauvlak in het algemeen niet constant. Haar richting, steeds loodrecht op het niveauvlak is voor de doeleinden der toegepaste geophysica voldoende bekend; bij de voorstelling van de versnellingsverdeeling behoeft men slechts op de intensiteit te letten, dat wil zeggen alleen op de grootte van den versnellingsvector en niet op de richting. Men kan de versnelling hier dus als een scalaire grootheid opvatten. Daartoe voorziet men ieder punt van het niveauvlak van zijn intensiteit en verbindt punten van gelijke intensiteit door lijnen: de isogammen.

De verandering van de intensiteit der versnelling per lengte-eenheid op het niveauvlak in een willekeurige richting  $u$  is:

$$\frac{\partial g}{\partial u} = \frac{\partial}{\partial u} \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2} = \frac{1}{g} \left( g_x \frac{\partial g_x}{\partial u} + g_y \frac{\partial g_y}{\partial u} + g_z \frac{\partial g_z}{\partial u} \right).$$

In  $S$  (het zwaartepunt van de balans) is  $g_x = 0$ ,  $g_y = 0$ ,  $g_z = g$ , dus:

$$\frac{\partial g}{\partial u} = \frac{\partial g_z}{\partial u} = \frac{\partial \left( \frac{\partial W}{\partial z} \right)}{\partial u} = W_{zu}.$$

Overeenkomstig is  $\frac{\partial g}{\partial x} = W_{zx}$ ,  $\frac{\partial g}{\partial y} = W_{zy}$ .

$W_{zx}$  en  $W_{zy}$  liggen in het raakvlak in  $S$  aan de aarde.

In de directe omgeving van  $S$  gelden deze betrekkingen, zolang de aardkromming niet in acht moet worden genomen, met



voldoende nauwkeurigheid ook voor de aardoppervlakte, zonder dat het noodig is van punt tot punt een nieuw coördinatensysteem te kiezen.

Men meet met de torsiebalans dus o.a. de verandering van de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht per lengteenheid in de horizontale coördinaatrichtingen. De vector met de componenten  $W_{zx}$  en  $W_{zy}$  is de gradiënt van het scalaire veld der intensiteit der versnelling van de zwaartekracht en wordt kortweg *gradiënt* genoemd. Gradiënt en isogammen hebben in het niveauvlak dezelfde betrekkingen tot elkaar als de zwaartekrachtsversnellingsvector (veldsterkte) en de niveauvlakken in de ruimte. De gradiënt staat loodrecht op de isogammen.

De afstand van opeenvolgende isogammen is omgekeerd evenredig met de grootte van de gradiënt.

De componente van de gradiënt in een willekeurige richting  $u$  op het niveauvlak geeft de verandering van de zwaartekrachtsversnelling in deze richting aan.

De gradiënt geeft richting en grootte van de grootste positieve versnellingsverandering.

De gradiënt wordt door een van de standplaats uitgaande en in de richting van den grootsten positieven versnellingsverandering wijzenden vector voorgesteld, wiens lengte overeenkomt met die verandering. Deze vector wordt samengesteld uit de componenten  $W_{zx}$  en  $W_{zy}$ , die van de standplaats uit resp. in de  $X$ -richting (geografisch N) en de  $Y$ -richting (geografisch E) worden geteekend. Hierbij moet men op het teken van  $W_{zx}$  en  $W_{zy}$  letten. Voor de gradiënt gelden de volgende veel gebruikte formules.

*De maximale versnellingsverandering = Gradiënt =*

$$= G = W_{zs} = \frac{\partial g}{\partial s} = \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2}.$$

*Is  $\alpha$  = hoek  $(s, x)$  die de gradiënt met de  $X$ -as maakt, dan is:*

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{W_{zx}}{W_{zy}}, \quad \cos \alpha = \frac{W_{zx}}{W_{zs}}, \quad \sin \alpha = \frac{W_{zy}}{W_{zs}}.$$

$W_{zx} = W_{zs} \cdot \cos \alpha$ : versnellingsverandering in de  $X$ -richting.

$W_{zy} = W_{zs} \cdot \sin \alpha$ : versnellingsverandering in de  $Y$ -richting.

$W_{zu} = W_{zs} \cdot \cos \alpha = W_{zx} \cos(u, x) + W_{zy} \sin(u, x)$ : versnellingsverandering in de  $u$ -richting.

De c.g.s.-eenheid van de gradiënt en zijn componenten is  $1 \frac{\text{gal}}{\text{cm}} = \text{sec}^{-2}$ . In de praktijk is de Eötvös-eenheid gebruikelijk:  $1 E = 10^{-9} \text{ sec}^{-2}$ . Deze eenheid komt ongeveer overeen met de nauwkeurigheid der torsiebalansmetingen. De in de c.g.s.-eenheid uitgedrukte gradiënt geeft de versnellingsverandering per cm in gal aan.

*Een gradiënt van 10 E komt overeen met een verandering van 1 milligal per 1 km. In kaarten neemt men meestal de schaal 1 E = 1 mm.*

Zij  $g_0$  de versnelling van de zwaartekracht in de standplaats  $S$ .

In een punt  $D$  op de  $X$ -as op afstand  $dx$  van  $S$  is  $g_D = g_0 + \frac{\partial g_0}{\partial x} \cdot dx$ ,

in een punt  $F$  op de  $Y$ -as op afstand  $dy$  van  $S$  is  $g_F = g_0 + \frac{\partial g_0}{\partial y} \cdot dy$ .

Bewegen we ons 1 cm in de  $X$ -richting, dan is de verandering der versnelling van de zwaartekracht gelijk aan de  $X$ -componente van de gradiënt:  $W_{xx}$  in gal, idem in de  $Y$ -richting:  $W_{yy}$ . Wanneer we een cirkel om  $S$  teekenen met straal = 1 cm, dan is in ieder punt van dezen cirkel de versnelling anders, zij is het grootst in het punt ( $A$ ), waar de cirkel de gradiënt-richting snijdt:

$$g_A = g_0 + \sqrt{W_{xx}^2 + W_{yy}^2}.$$

In deze voorstelling gebruiken we dus twee schalen: een gradiëntenschaal (1 E = 1 mm) en een afstandschaal (cm) om aan te geven, hoe ver men zich van  $S$  verwijderd heeft.

Het komt er dus op neer, dat we de verandering der versnelling van de zwaartekracht meten over een afstand = 1 cm, die we ons verwijderd hebben van de standplaats. Uit de bekende variaties van de onbekende  $g_0$  in  $S$  moeten wij onze conclusies trekken.

Moet langs een weg  $U$  op het niveauvlak, van  $A$  naar  $B$  de versnellingsverandering ten opzichte van het beginpunt  $A$  bepaald worden, dan moet men de lijnintegraal van de gradiënt over dien weg nemen:

$$\Delta g = \int_B^A W_{zu} \cdot du.$$

Indien het niveauvlak verlaten wordt, moet nog een term

$\int_{z_A}^{z_B} W_{zz} \cdot dz$  toegevoegd worden; deze term is echter niet nauwkeurig genoeg te meten en wordt daarom door de Bouguersche reductie voor de versnellingsverandering met de hoogte vervangen (zie blz. 110).

De gradiënt (resp. haar componenten) is het differentiaalquotiënt van de kromme, die 't verloop van de versnelling aangeeft.

Veel voorkomend is het onnauwkeurige spraakgebruik: de gradiënt in de richting  $u$  in plaats van de versnellingsverandering in de richting  $u$  of „de  $u$  componente van de gradiënt”, hetgeen echter nauwelijks aanleiding tot misverstand kan zijn.

*c. Krommingen der niveaувlakken, hoofdkrommingen, krommingsfactor.*

De geodetische beteekenis van  $W_{\Delta}$  en  $W_{xy}$  is minder gemakkelijk en aanschouwelijk dan die der andere met de torsiebalans gemeten grootheden. Ten einde de beteekenis te verklaren, diene de volgende beschouwing van het niveaувlak door  $S$ , het zwaartepunt van de balans. Nemen we een rechthoekig assenkruis ( $XYZ$ ) aan, dat  $S$  tot oorsprong heeft en waarvan de  $Z$ -as samenvalt met de richting van de zwaartekracht in  $S$  (verticaal naar beneden), dan raakt het  $XY$ -vlak in  $S$  aan het niveaувlak, dat voor te stellen is door  $Z = \varphi(x, y)$ .

De vergelijking van het niveaувlak in de onmiddellijke omgeving van  $S$  is volgens de reeksontwikkeling van TAYLOR voor te stellen door

$$z = \frac{1}{2!} \left( \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \cdot x^2 + 2 \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \cdot xy + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \cdot y^2 \right)$$

waarbij dus de termen van hooger en dan den tweeden graad zijn verwaarloosd. Het niveaувlak is hier een tweedegraadsoppervlak. Snijden we het niveaувlak met een horizontaal vlak  $z = c$  zeer dicht bij  $S$ , dan is de snijkromme dus een tweedegraadskromme, en wel een middelpuntskromme (= kegelsnede: ellips of hyperbool), in formule:

$$c = \frac{1}{2!} \left( \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \cdot x^2 + 2 \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \cdot xy + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \cdot y^2 \right).$$

Deze vergelijking heet de Indicatrix van DUPIN voor  $S$ . Opdat de snijkromme reëel zij, wordt het horizontale snijvlak, bij positieve kromming van het niveauvlak (convex naar boven) beneden  $S$ , bij negatieve kromming (concaaf naar boven) boven  $S$  aangebracht.

Naar den aard der snijkrommen onderscheidt men de punten van het niveauvlak in *elliptische* en *hyperbolische* punten. In het grensgeval ontaardt de snijkromme in twee evenwijdige lijnen; zulke punten noemt men *cylindrische* punten. Verder komen voor *navelpunten* of *cirkelpunten*, d.i. een speciaal geval van de elliptische punten, waarbij de snijkromme een cirkel is en dus de krommingen in alle richtingen gelijk zijn. *Vlakke punten* zijn punten, waar in alle richtingen de krommingen nul zijn.

De vergelijking van het niveauvlak, die hier op den vorm  $z = \varphi(x, y)$  is gebracht, kan ook worden geschreven:

$$W = f(x, y, z) = C.$$

Door twee keeren te differentieeren vinden wij:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} \left( \frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 + \frac{\partial W}{\partial z} \cdot \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0.$$

Nu is  $\frac{\partial W}{\partial z} = g$  en daar het  $XY$ -vlak een raakvlak is,  $\frac{\partial z}{\partial x} = 0$ .

Derhalve is:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + g \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0 \quad \text{of} \quad \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = -\frac{1}{g} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2}.$$

Op dezelfde wijze vinden wij:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = -\frac{1}{g} \frac{\partial^2 W}{\partial y^2}; \quad \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = -\frac{1}{g} \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}$$

en in 't algemeen voor een richting  $u$  in  $S \perp Z$ -as:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial u^2} = -\frac{1}{g} \frac{\partial^2 W}{\partial u^2}.$$

De vergelijking van het niveauvlak in de omgeving van  $S$  wordt derhalve:

$$z = -\frac{1}{2g} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \cdot x^2 + 2 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} xy + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} y^2 \right).$$

Zij nu  $\varrho_x$  de in het normaalvlak  $XSZ$  gelegen kromtestraal, dan zal dus in de omgeving van  $S$  de doorsnijding van niveauvlak en normaalvlak samenvallen met een cirkel, die  $\varrho_x$  tot straal heeft. Gemakkelijk is dan af te leiden, dat bij groote benadering

$$z = \frac{x^2}{2 \varrho_x}.$$

Ook is in het normaalvlak  $YSZ$ :  $z = \frac{y^2}{2 \varrho_y}$  en in het algemeen geldt voor een richting in  $S \perp Z$ -as:  $z = \frac{u^2}{2 \varrho_u}$ . Differentieëren we  $z$  twee maal naar  $u$ , dan vinden we  $\frac{\partial z}{\partial u^2} = \frac{1}{\varrho_u}$  en daar

$\frac{\partial^2 z}{\partial u^2} = -\frac{1}{g} \frac{\partial^2 W}{\partial u^2}$  geldt dus in het algemeen:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial u^2} = -g \frac{1}{\varrho_u}.$$

Nemen we nu een vlak  $X'SZ$ , dat een hoek  $\lambda$  maakt met het  $XSZ$ -vlak, en zij  $r$  de afstand van een punt in het  $X'SZ$ -vlak tot de  $Z$ -as en  $\varrho_\lambda$  de in het normaalvlak  $X'SZ$  gelegen kromtestraal, dan geldt dus voor de doorsnijding van dit laatste vlak en het niveauvlak:

$$z = \frac{r^2}{2 \varrho_\lambda}.$$

De vergelijking van het niveauvlak ten opzichte van het nieuwe assenstelsel wordt nu, daar  $x = r \cos \lambda$  en  $y = r \sin \lambda$ :

$$z = -\frac{1}{2g} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} r^2 \cos^2 \lambda + 2 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} r^2 \sin \lambda \cos \lambda + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} r^2 \sin^2 \lambda \right).$$

Derhalve is:

$$\frac{1}{\varrho_\lambda} = -\frac{1}{g} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \cos^2 \lambda + 2 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \sin \lambda \cos \lambda + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \sin^2 \lambda \right).$$

Om de hoek  $\lambda$  te vinden, waardoor  $\varrho_\lambda$  haar extreme waarde krijgt, stellen we:

$$\frac{\partial \left( \frac{1}{\varrho_\lambda} \right)}{\partial \lambda} = 0.$$

We vinden dan:

$$\operatorname{tg} 2\lambda = \frac{2 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}}{\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2}}.$$

Deze uitdrukking geeft ons twee waarden  $\lambda$  en  $\lambda + \frac{\pi}{2}$ , waardoor dus de stand wordt bepaald van twee normaalvlakken (hoofdvlakken), waarin de maximum en minimum kromtestraal, de z.g. *hoofdkromtestralen* zijn gelegen. (Vergelijk de Stellingen van MEUSNIER en EULER uit de theorie der gebogen vlakken; hier zij tevens opgemerkt dat de hoofdassen van de Indicatrix van DUPIN eveneens in de hoofdvlakken liggen).

Zij nu  $\varrho_\lambda$  de maximum en  $\varrho_{\lambda + \frac{\pi}{2}}$  de minimumkromtestraal, dan is dus:

$$\frac{1}{\varrho_{\lambda + \frac{\pi}{2}}} - \frac{1}{\varrho_\lambda} \text{ positief.}$$

Uit:

$$\frac{1}{\varrho_{\lambda + \frac{\pi}{2}}} = -\frac{1}{g} \left\{ \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \cos^2 \left( \lambda + \frac{\pi}{2} \right) + \right. \\ \left. + 2 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \sin \left( \lambda + \frac{\pi}{2} \right) \cos \left( \lambda + \frac{\pi}{2} \right) + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \sin^2 \left( \lambda + \frac{\pi}{2} \right) \right\}$$

en

$$\frac{1}{\varrho_\lambda} = -\frac{1}{g} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \cos^2 \lambda + 2 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \sin \lambda \cos \lambda + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \sin^2 \lambda \right)$$

vinden wij na invoering van de grootheid  $R$ : den *krommingsfactor*:

$$R = g \left( \frac{1}{\varrho_{\lambda + \frac{\pi}{2}}} - \frac{1}{\varrho_\lambda} \right) = \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} (\cos^2 \lambda - \sin^2 \lambda) + \\ + 4 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \sin \lambda \cos \lambda + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} (\sin^2 \lambda - \cos^2 \lambda).$$

Verder is:

$$\frac{\sin 2\lambda}{\cos 2\lambda} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right) = -2 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}.$$

Na vereenvoudiging vinden we dan gemakkelijk:

$$R = g \left( \frac{1}{\varrho_{\lambda + \frac{\pi}{2}}} - \frac{1}{\varrho_{\lambda}} \right) = - \frac{\left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)}{\cos 2\lambda} = \frac{2 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}}{\sin 2\lambda}.$$

Anders genoteerd:

$$R = - \frac{W_{\Delta}}{\cos 2\lambda} = \frac{2W_{xy}}{\sin 2\lambda}$$

$$R = \sqrt{(W_{\Delta})^2 + (2W_{xy})^2}.$$

De beteekenis der grootheden  $W_{\Delta}$  en  $W_{xy}$  is dus thans duidelijk.

Uit:  $\operatorname{tg} 2\lambda = - \frac{2W_{xy}}{W_{\Delta}}$

vinden wij twee hoeken, welke  $\pi$  verschillen.

Kiezen wij nu steeds die waarde, welke de uitdrukking:

$$R = g \left( \frac{1}{\varrho_{\lambda + \frac{\pi}{2}}} - \frac{1}{\varrho_{\lambda}} \right) = - \frac{W_{\Delta}}{\cos 2\lambda}$$

positief maakt, dan stelt dus volgens het voorgaande  $\lambda$  de hoek voor, welke het hoofdvlak, waarin de maximum kromtestraal van het niveauvlak ligt, maakt met de X-as.

De kromtestralen  $\varrho_{\lambda}$  en  $\varrho_{\lambda + \frac{\pi}{2}}$  kunnen beide zoowel positief als negatief zijn. Zijn zij beide positief, of is een der kromtestralen positief en de andere negatief, dan zal  $\lambda$  dus behooren bij het hoofdvlak, waarin de grootste positieve kromtestraal ligt; zijn beide negatief, dan behoort  $\lambda$  bij het hoofdvlak, waarin die kromtestraal ligt, waarvan de absolute waarde het kleinst is. Is de kromtestraal positief, dan is, daar de positieve Z-as verticaal naar beneden gericht is, de snijlijn van het niveauvlak met het hoofdvlak, waarin de kromtestraal is gelegen convex naar boven; is zij daarentegen negatief, dan is de snijlijn concaaf naar boven.

De beteekenis der hoofdvlakken, waarin zich de hoofdkromtestralen bevinden, kan nog als volgt beschouwd worden. Is de balansarm van de torsiebalans vrij draaibaar opgehangen, dan zal deze, bij een als homogene geoïde gedachte aarde, in het geodetisch hoofdvlak gaan staan, dat door de aardas gaat. Dan is er nl. stabiel

evenwicht. In het andere hoofdvlak, loodrecht op het eerste, heerscht labiel evenwicht. Het gedrag van de torsiebalans is dan dus te vergelijken met dat van een magneetnaald.

De krommingsfactor is een gerichte grootheid. Men stelt haar voor, door een lijnstuk met lengte  $R$ , die met de  $X$ -as een hoek  $\lambda$  maakt.

Om den krommingsfactor te teekenen is het practisch een hulpvector  $K$  met de componenten  $K_x = -\frac{1}{2}W_{\Delta}$  en  $K_y = W_{xy}$  in te voeren. Deze vector heeft dus de lengte  $\frac{R}{2}$  en de richting  $2\lambda$ .

Door de hoek  $2\lambda$  te halveeren,  $\frac{R}{2}$  op deze richting om te cirkelen en te verlengen over het stationspunt  $S$  heen tot de dubbele lengte, verkrijgt men den krommingsfactor  $R$ . De krommingsfactor zelf is dus géén vector.

De eenheid van krommingsfactor is als bij de gradiënt  $1 E = 10^{-9} \text{ sec.}^{-2}$ . De kromtestralen van het niveauvlak der aardoppervlakte zijn van de orde van grootte van de aardstraal (6370 km).

*Een krommingsfactor van 1 E komt overeen met een verschil der hoofdkromtestralen van ongeveer 4 km.*

Alleen met de torsiebalans is het niet mogelijk den vorm van het niveauvlak te bepalen. Hiertoe is de kennis van alle tweede differentiaalquotienten ( $W_{xx}$ ,  $W_{yy}$ ,  $W_{zz}$ ,  $W_{xy}$ ,  $W_{xz}$ ,  $W_{yz}$ ) noodig, bv.:

Om de verandering van de loodrichting te kunnen bepalen, moeten de grootheden  $W_{xx}$  en  $W_{yy}$  gescheiden bekend zijn. Of de kromming van het niveauvlak naar boven convex of concaaf is, kan slechts bepaald worden, wanneer de verticale gradiënt van de

zwaartekrachtsversnelling  $W_{zz} = \frac{\partial g}{\partial z}$  bekend is. Deze te kennen

zou ook voor de toegepaste geophysica van belang zijn, daar inhomogeniteiten der in den ondergrond verborgen massa's vaak juist in  $W_{zz}$  duidelijk uitkomen. Zou  $W_{zz}$  bekend zijn, dan is  $W_{xx} + W_{yy}$  te bepalen uit de vergelijking van LAPLACE:

$W_{xx} + W_{yy} + W_{zz} = 2\omega^2$ , waarin  $\omega =$  de hoeksnelheid van de aardrotatie. (Is de Besselsche reductie, zie blz. 107 op  $W_{xx}$ ,  $W_{yy}$ ,  $W_{zz}$  reeds aangebracht, dan is de werking van de centrifugaal-



kracht reeds geëlimineerd en is het rechterlid = nul.) Daar met de torsiebalans  $W_{yy} - W_{xx} = W_{\Delta}$  te vinden is, zouden dus  $W_{yy}$  en  $W_{xx}$  gescheiden bekend zijn. De meting van  $W_{zz}$  is echter niet bevredigend geslaagd. BERROTH geeft het principe aan van een om een horizontalen draad in een verticaal vlak slingerende torsiebalans, waarmee alle tweede differentiaalquotienten van  $W$  gemeten kunnen worden. Dit instrument is uiterst moeilijk te construeeren en is onnauwkeurig.

In punten met ontaarde indicatrix, de cilindrische-, navel- en vlakke punten, zijn torsiebalansmetingen voldoende voor de vormbepaling van het niveauvlak. Bij navel- en vlakke punten is het triviaal. Bij cilindrische punten is de kromming in de strijkrichting  $v$  van het niveauvlak = 0, dus  $W_{vv} = 0$ ; voor de andere componenten geldt  $W_{uu} + W_{zz} = 2\omega^2$  (of = 0, wanneer de Besselsche reductie reeds is uitgevoerd), waarbij  $W_{uu} = -(W_{vv} - W_{zz})$  met de torsiebalans gemeten wordt. In dit geval kunnen dus  $W_{zz}$  en de vorm van het niveauvlak bepaald worden.

Bij horizontaalliggende, zeer langgestrekte ingebedde massa's, die overal dezelfde doorsnede hebben (z.g. tweedimensionale massaformaties) komen slechts cilindrische punten voor. In dit belangrijke, in de practijk vaak met groote benadering voorkomende geval, zijn dus met den krommingsfactor ook  $W_{zz}$  en het niveauvlak bekend.

Het ongestoorde niveauvlak aan de aardoppervlakte heeft slechts elliptische punten met zwakke positieve krommingen (kromtestraal ongeveer 6370 km). Of op de door massaonregelmatigheden beïnvloede geoïdeoppervlakte cilindrische en hyperbolische punten voorkomen is niet bewezen, in ieder geval zouden ze slechts bij steile massaformaties, b.v. bij rotswanden te vinden kunnen zijn. In de toegepaste geophysica pleegt men echter de meetresultaten door de Besselsche reductie (zie blz. 107) van de werking van het normale zwaartekrachtsveld (werking van de afgeplatte omwentelingsellipsoïde en de centrifugaalkracht) te bevrijden. De rest bevat alleen nog de werking van locale massaonregelmatigheden en gedraagt zich alsof het hoofddeel van het zwaartekrachtsveld der aarde in 't geheel niet aanwezig was. De met die rest corresponderend gedachte niveauvlakken, kunnen alle soorten punten bevatten.

**§ 7. De voorstelling der krommingsfactor, de gradiënt en van de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht.**

*a. Krommingsfactor en gradiënt.*

De getalwaarde van den krommingsfactor wordt aangegeven door het waardepaar  $R, \lambda$  of door hun componenten  $W_{\Delta}$  en  $W_{xy}$ . Bij de gradiënt worden  $G$  en  $\alpha$  of de componenten  $W_{zx}$  en  $W_{zy}$  aangegeven. Eötvös voerde reeds de volgende grafische voorstelling van krommingsfactor en gradiënt in: Een vector met beginpunt in het stationspunt geeft richting en grootte van de gradiënt aan; een door het stationspunt getrokken lijn geeft richting en grootte van den krommingsfactor. Hoe men den vector en het lijnstuk grafisch bepaalt uit de gemeten grootheden,  $W_{\Delta}$ ,  $W_{xy}$ ,  $W_{zx}$ ,  $W_{zy}$  is reeds in de vorige § aangegeven. Wanneer de richtingen van krommingsfactor en gradiënt over een grooter oppervlak bekend zijn, dan is het voldoende de waarden door isolijnen, of grafisch voor te stellen. Bijzondere beteekenis hebben voor de practische geophysica het tweedimensionale en het radiaal-symmetrische geval. Het tweedimensionale geval correspondeert met het veld van een horizontaal liggende, zeer langgestrekte ingebedde massa, met overal gelijke doorsnede, waarvan de werking in de strijkrichting ( $v$ -richting) niet of bijna niet verandert en zich dus in twee dimensies,  $u$  en  $z$ , laat beschrijven. Daar het veld dus onafhankelijk van de  $v$ -richting is, is  $W_v = g_v = 0$ ,  $W_{vv} = 0$ ,  $W_{uv} = 0$  en  $W_{zv} = 0$ . Het niveauvlak bevat slechts cilindrische punten, en de indicatrix bestaat uit twee dicht bij elkaar gelegen aan  $v$  evenwijdige rechten. Voor de interpretatie van de torsiebalansmetingen mag men aannemen, dat de ingebedde massa in de  $v$ -richting oneindig uitgestrekt is. Dan staan de gradiëntpijlen loodrecht op de strijkrichting, d.i. in de richting der positieve of negatieve  $u$ -as; de krommingsfactoren zijn evenwijdig aan of loodrecht op de gradiënt gericht. Hier is de grafische voorstelling aan te bevelen. Abscis is de  $u$ -coördinaat en als ordinaat worden de grootten van den krommingsfactor en de gradiënt uitgezet. De gradiënt teekent men positief, wanneer zij gelijk gericht is als de positieve  $u$ -as, de krommingsfactor is positief, wanneer deze parallel aan de gradiënt is. Wijst de gradiëntpijl

naar afnemende waarden van  $u$  en staat de krommingsfactor loodrecht op de gradient, dus in de strijkriching van de ingebedde massa, dan worden zij negatief geteekend.

Op dezelfde wijze kan men bij zwaartekrachtsvelden te werk gaan, die corresponderen met ten opzichte van de  $Z$ -as radiaal (axiaal) symmetrische ingebedde massa's. Daarbij zijn de gradienten radiaal naar buiten of naar binnen gericht, de krommingsfactoren radiaal of tangentiaal. Het is voldoende de grootheden op één straal te meten.

*b. De intensiteit der versnelling van de zwaartekracht.*

Wanneer niet juist de verandering van de loodrichting gevraagd wordt is de richting van de versnelling nauwkeurig genoeg bekend en is het voldoende haar intensiteit aan te geven. Op een plat vlak is de voorstelling door lijnen van gelijke intensiteit (= isogammen) gebruikelijk. De isogammen kunnen als de projectie der hoogtelijnen van een ruimtevlak  $F(\Delta g) =$  blokdiagram van het versnellingsverloop voorgesteld worden. De grootste helling in een punt op  $F$  ligt in de gradiëntrichting in dat punt; het bedrag  $G$  van de gradiënt is de tangens van den hellingshoek in die richting.

Wil men slechts het verloop van de intensiteit langs een zekeren weg  $s$  kennen, dan is een grafische voorstelling gebruikelijk. Men verkrijgt de  $\Delta g$  kromme door het over  $s$  loodrecht op het grondvlak opgerichte en door het vlak  $F$  begrensde cilindervlak te ontwikkelen. De tangens van den hellingshoek van de raaklijn in een punt van de  $\Delta g$  kromme geeft de grootte der, in het corresponderende punt van  $s$  in de richting van de raaklijn vallende component van de gradiënt.

In het tweedimensionale geval is het zwaartekrachtsveld langs één der horizontale richtingen onveranderlijk. Slechts het versnellingsverloop over het loodrecht op deze richting staande profiel is van belang. Hier is ook de grafische voorstelling gebruikelijk. Eveneens in het radiaalsymmetrische geval, waar slechts het verloop volgens één straal voldoende is.

*c. De bepaling van de verandering der versnelling van de zwaartekracht uit de gradiënt.*

Zij de versnelling in een punt  $A$ ,  $g^A$ , dan is de versnelling

in een punt  $B$ , wanneer we  $A$  en  $B$  op een richting  $u$  denken:

$$g^B = g^A + \int_{u^A}^{u^B} \frac{\partial g}{\partial u} \cdot du.$$

Dit is in het algemeen niet exact op te lossen. Bovendien heeft iedere gemeten gradiënt streng beschouwd, slechts plaatselijke beteekenis. Daar de gradiënt in ongunstige gevallen, b.v. wanneer een groote steen dicht onder de standplaats ligt, reeds bij verplaatsing van eenige meters belangrijk kan veranderen, is de mogelijkheid der afleiding van betrouwbare waarden voor het verloop van de intensiteit der versnelling gebonden aan een kleinen afstand tot het torsiebalansstation. Dit is bijzonder belangrijk, wanneer de stations zoo liggen, dat ze niet onderling, of door middel van slingermetingen gecontroleerd kunnen worden. Overigens is de isogammenkaart, hoe aanschouwelijk ook, voor de toegepaste geophysica slechts van ondergeschikte beteekenis.

Kan men niet bepalen in hoe verre een gemeten gradiënt als een gemiddelde waarde voor de omgeving van het station beschouwd mag worden, dan is het gewoonte de tangentenpolygoon der  $\Delta g$ -kromme te teekenen onder de aanname, dat de gradiënt tot halverwege het volgende station geldt, d.w.z.: zijn  $W_{zu}^A$  en  $W_{zu}^B$  resp. de projecties van  $g^A$  en  $g^B$  in  $A$  en  $B$  op  $AB$ , dan is de gemiddelde

projectie van de gradiënt over den afstand  $AB = \frac{W_{zu}^A + W_{zu}^B}{2}$ ,

dus dan is  $g^B = g^A + \frac{W_{zu}^A + W_{zu}^B}{2} \cdot AB$ .

Ook kan dit grafisch gebeuren. Kunnen we langs twee wegen van  $A$  naar  $B$  komen, dan ontstaan in het algemeen sluitfouten; door middelen moeten deze weggewerkt worden.

Bij meting van een gestrekte polygoon is de voorstelling door de  $\Delta g$ -kromme het geschiktst. Bij het meten van een oppervlakte worden de isogammen geteekend, waarbij deze overal loodrecht op de gradiëntrichtingen moeten staan.

## Hoofdstuk IV.

## BETEEKENIS DER METINGEN.

## § 1. De reductie der zwaartekrachtmetingen.

Op de resultaten van zwaartekrachtmetingen is de werking van alle massa's in het heelal van invloed. Daar de instrumenten zoo geconstrueerd zijn, dat hun massa de meting niet of bijna niet beïnvloedt, zijn alle het instrument omgevende massa's werkzaam. Van belang is echter alleen de anomalie, in 't bijzonder de werking van de in den ondergrond verborgen onbekende massa-onregelmatigheden. Om deze alleen over te houden moet men de werking van alle andere massa's berekenen en van de meting aftrekken, d.i. de metingen reduceeren.

De ligging van alle massa's is veranderlijk, want de zichtbaar veranderlijke massa's der hemellichamen oefenen niet alleen op de gemakkelijk beweegbare massa's der lucht en van de zee een invloed uit, die verandering van plaats ten gevolge heeft, maar ook op de vaste aarde. Als onveranderlijk kan, streng genomen, slechts een gemiddelde toestand beschouwd worden.

Het op de torsiebalans werkende aantrekkingsveld is samengesteld uit de volgende velden:

A. *Het gemiddelde onveranderlijke veld, bestaande uit:*

1. Het normale aardveld, corresponderend met den afgeplatten omwentelingsellipsoiden vorm der aarde met de door de bekende formules van CASSINIS uitgedrukte verdeeling der intensiteit van de versnelling, waarbij de standplaats van het instrument op de ellipsoïde gedacht moet worden.
2. Het veld, dat bestaat uit de verandering van de normale zwaartekracht, van het ellipsoïdeoppervlak tot aan de hoogte van de standplaats en de werking van de zich tusschen ellipsoïde en station bevindende gesteenteplaat, waarbij de gesteenteplaat homogeen en de oppervlakte der aarde in de nabijheid van de standplaats vlak verondersteld wordt.
3. Het veld, veroorzaakt door de afwijkingen, die de vorm van de aardoppervlakte vertoont ten opzichte van een plat vlak

en het veld der eventueele bekende ingebedde massa's in den ondergrond.

4. Het veld, veroorzaakt door onbekende in den ondergrond ingebedde massa's.

De velden 2, 3 en 4 vormen tezamen (eventueel ook met B.) de op blz. 48 genoemde locale en regionale anomalie.

*B. Het met den tijd veranderlijke toegevoegde veld.*

1. De werking van eb en vloed van de zee en de wisselende stand van meren, rivieren en grondwater.
2. De werking van massabewegingen in de atmosfeer (eb en vloed, meteorologische gebeurtenissen).
3. De werking van eb en vloed van het vaste land.
4. De werking van eventueele ondergrondsche massaverschuivingen (vulkanische en gebergtevormende gebeurtenissen).
5. De werking der hemellichamen.

In de toegepaste geophysica zoekt men de werking  $A_4$  der onbekende ingebedde massa's. Soms kan ook naar de werking  $B_4$  van ondergrondsche massaverschuivingen gevraagd worden, dit vereischt meerdere metingen op dezelfde plek. Daar zulke verschuivingen zich, behalve in de onmiddellijke nabijheid van vulkanen, zeer langzaam voltrekken, kan hun werking bij de eenvoudige meting van een gebied, zooals voor de geologie en mijnbouw gebruikelijk is, verwaarloosd worden.

*R e d u c t i e s* zijn noodig:

1. Wegens de normale gestalte van de aardellipsoïde ( $A_1$ , aftrekking van de normale waarde der versnelling van de zwaartekracht = Besselsche reductie). Noodig voor intensiteit der versnelling, gradiënt en krommingsfactor.
2. Wegens de hoogte van de standplaats boven de aardellipsoïde en de gesteenteplaat tusschen ellipsoïde en de standplaats ( $A_2$ , Vrije-luchtreductie + Bouguersche reductie). Slechts noodig bij 't bepalen van de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht.
3. Wegens den vorm van de oppervlakte der aarde en bekende

ingebbede massa's ( $A_3$ , Topografische reductie). Noodig voor intensiteit der versnelling van de zwaartekracht, gradiënt en krommingsfactor.

4. Zeer zelden en slechts bij in de onmiddellijke nabijheid van de kust gelegen standplaatsen (tot 300 m van de strandlijn) moet een reductie wegens eb- en vloedwerking van de zee aangebracht worden ( $B_1$ , Getijdenreductie). Slechts noodzakelijk voor gradiënt en krommingsfactor.

De overige invloeden kunnen verwaarloosd worden.

Wij zullen de eerste drie reducties nader beschouwen.

### 1. Normaalreductie (Besselsche reductie).

#### a. De intensiteit der versnelling van de zwaartekracht.

De normale waarde der versnelling van de zwaartekracht is het bedrag, dat de versnelling op de betreffende geografische breedte bij een vlakke aardoppervlakte, zonder verborgen storende massa's, ter hoogte van den zeespiegel zou hebben.

In de geophysica gebruikt men den verkorten vorm van de internationale formule van CASSINIS voor de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht.

In plaats van:

$$g = 978,049 (1 + 0,0052884 \sin^2 \varphi - 5,9 \cdot 10^{-6} \sin^2 2\varphi) \text{ gal}$$

( $\varphi$  = geogr. breedte),

neemt men:

$$g = 978 (1 + 0,0053 \sin^2 \varphi) \text{ gal}$$

dus:  $\Delta g = 5,3 \cdot \Delta (\sin^2 \varphi) \text{ milligal}$

of:  $\Delta g = \frac{G}{10} \cdot \Delta_{(\text{km})} \text{ milligal,}$

waarin  $G$  de ter plaatse bestaande naar 't N. gerichte normaalwaarde van de gradiënt beteekent en  $\Delta_{\text{km}}$  de afstand aangeeft, die een der beschouwde stations noordelijker ligt dan 't andere. Op  $52^\circ$  breedte is de verandering van  $g$  per km = gradiënt  $\times$  1 km = 0,8 m gal per km.

Dus:  $g = 0,8 \cdot \Delta_{\text{km}} \text{ milligal op } 52^\circ \text{ breedte.}$

De veranderlijkheid van de intensiteit is een gevolg van de aardrotatie en den vorm van de aarde. Beide zijn inbegrepen in

de formule van CASSINIS en er behoeft dus geen aparte reductie voor de aardrotatie aangebracht te worden.

*β. Gradiënt en Krommingsfactor.*

De normaalwaarden hangen ook hier af van de geographische breedte en kunnen tot ongeveer 10 E bedragen; zij zijn dus in het algemeen niet te verwaarlozen. N = geografisch Noorden, E = geografisch Oosten, N en E richting zijn de raaklijnen, resp. aan meridiaan en breedtecirkel. Nulpunt der coördinaten is de standplaats van de torsiebalans.

Daar de normale intensiteit der versnelling van de zwaartekracht geen loodrecht op 't meridiaanvlak gerichte E component heeft en in 't geheele meridiaanvlak  $W_e = \text{constant} = 0$  is, geldt:

$$W_{ne} = \frac{\partial}{\partial n} \cdot W_e = 0 \text{ en } W_{ze} = \frac{\partial}{\partial z} \cdot W_e = 0.$$

Daarentegen zijn  $W_{nn}$ ,  $W_{ee}$  en  $W_{zn} \neq 0$ ; deze waarden moeten berekend worden.

*Gradiënt.*

$W_{zn}$  = de normale waarde van de gradiënt, wordt gevonden door de formule voor de versnelling van de zwaartekracht naar  $n$  te differentieëren.

$$W_{zn} = \frac{\partial}{\partial n} \cdot g = \frac{\partial}{\partial \varphi} \cdot g \frac{\partial \varphi}{\partial n} = 978 \cdot 0,0053 \cdot 2 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \frac{1}{R}$$

$$R = \text{aardstraal} = 6,37 \cdot 10^8 \text{ cm.}$$

$$W_{zn} = 8,1 \sin 2\varphi \text{ Eötvöseenheden.}$$

De normale gradiënt is steeds naar de polen gericht.

*Krommingsfactor.*

De normaalwaarde van den krommingsfactor is iets moeilijker te vinden.

Bij de afleiding van den krommingsfactor hebben we reeds gevonden, dat in het algemeen

$$W_{uu} = -g \frac{1}{r_u},$$

dus hier is:

$$W_{nn} = -g \frac{1}{r_n} \text{ en } W_{ee} = -g \frac{1}{r_e}.$$



$r_n$  = kromtestraal van de aardellipsoïde in N-richting, d.i. de meridiaanrichting.

$r_e$  = kromtestraal in E-richting, d.i. de richting van den breedte-cirkel.

Deze kromtestralen kunnen uit de aardassen (aequatoras en poolas) of uit één der aardassen en de afplatting der aarde berekend worden.

We vinden:

$$\frac{1}{2} (W_{ee} - W_{nn}) = 5,2 \cos^2 \varphi \text{ Eötvöseenheden.}$$

De normale krommingsfactor is steeds W—E gericht.

Past men magnetische coördinaten toe dan moet men deze normaalreducties voor de intensiteit, de gradiënt en den krommingsfactor transformeeren.

## 2. Reductie op gelijk niveau boven den zeespiegel. (Vrije lucht reductie + Bouguersche reductie).

Deze reductie behoeft slechts voor de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht te worden toegepast. Bij den krommingsfactor en de gradiënt is de invloed van de hoogte boven de zee zoo gering, dat men deze kan verwaarloozen.

Men voert de reductie gewoonlijk in twee trappen uit. Eerst wordt gereduceerd alsof zich tusschen het niveau van de standplaats en 't nieuwe niveau geen massa bevond (= als in vrije lucht = vrije-luchtreductie). Daarna wordt de werking van de zich tusschen de niveaus bevindende gesteenteplaat beschouwd (= Bouguersche reductie).

Bij de Vrije-luchtreductie mag men de aarde bolvormig en haar massa in 't middelpunt geconcentreerd denken.

Van de gemeten waarde der versnelling van de zwaartekracht moet afgetrokken worden het bedrag:

$$\delta g = \frac{\partial g}{\partial h} \cdot \delta h$$

( $\delta h$  = niveauverschil standplaats — reductieniveau).

Uit:

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

( $M$  = massa-,  $R$  = straal van de aarde,  $G$  = gravitatieconstante) volgt:

$$\frac{\partial g}{\partial h} = \frac{\partial g}{\partial R} = -2 G \frac{M}{R^3} \text{ en } \delta g = -2 G \frac{M}{R^3} \delta h.$$

In getalwaarde is:

$$\delta g = -0,3086 \delta h \text{ milligal } (\delta h \text{ in meters}).$$

Bij de *Bouguersche reductie* blijft de kromming van de aardoppervlakte buiten beschouwing; men reduceert alsof de gesteenteplaat door twee platte vlakken op een afstand gelijk aan het niveauverschil wordt begrensd. De topografische vorm van de oppervlakte en de werking van bekende ingebedde massa's worden bij de topografische reductie in acht genomen (zie blz. 111).

De werking  $W_z$  van een  $\infty$  ver uitgestrekte vlakke gesteenteplaat op de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht is evenredig met haar dikte en onafhankelijk van de diepte, waarop haar oppervlak zich beneden de standplaats van de torsiebalans bevindt:

$$W_z = 2 G \cdot \pi \cdot \sigma \cdot \delta h$$

$$W_z = 0,0419 \cdot \sigma \cdot \delta h \text{ milligal } (\delta h \text{ in meters}).$$

De totale reductie op gelijke hoogte boven den zeespiegel is dus:

$$-\delta g = (0,3086 - 0,0419 \sigma) \cdot \delta h \text{ milligal } (\delta h \text{ in meters}).$$

$\delta g$  moet van de gemeten waarde van de zwaartekracht worden afgetrokken. Reductie op een lager niveau verhoogt de intensiteit van de versnelling, reductie op een hoger niveau vermindert haar. Een zeer ver uitgestrekte gesteenteplaat van de dichtheid 2,4 en een dikte van 10 m oefent op de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht een werking van 1 milligal uit.

In de vrije lucht verandert de afplatting der niveaувlakken met de hoogte en er bestaat dus theoretisch een afhankelijkheid van den krommingsfactor van de hoogte boven den zeespiegel. Bij een hoogteverandering van 1 km verandert de afplatting met rond 0,01%, waarmee correspondeert een verandering van den krommingsfactor van ongeveer 0,01% der Besselsche reductie, een bedrag, dat stellig verwaarloosd kan worden. Op de gradiënt werkt

bij hoogteverandering in de vrije lucht hoofdzakelijk de verandering der centrifugaalkracht (per km ongeveer 0,02%). Dit leidt bij 1 km hoogteverandering tot een reductie van ongeveer 0,01% der Besselsche reductie. Een oneindig ver uitgestrekte vlakke plaat heeft geen invloed op de krommingen van het niveauvlak, en verandert de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht overal in gelijke mate. Daarom is er geen analogon der Bouguer-sche reductie voor krommingsfactor en gradiënt.

### 3. Topografische reductie.

Om de werking van den topografischen vorm van de aardoppervlakte en de werking van bekende ingebedde massa's te elimineeren, moeten hun bedragen berekend en van de gemeten waarden afgetrokken worden.

We beschouwen de werking van de massa  $dm = \sigma dv = \sigma \cdot d\xi \cdot d\eta \cdot d\zeta$  van een volume-element op het zich in den oorsprong van het coördinatenstelsel bevindende zwaartepunt van het instrument en integreeren over het geheele volume der beschouwde massa's. Het is doelmatig de massa's in gebieden van constante dichtheid te verdeelen, waarover men sommeert, dan kan  $\sigma$  voor het integraalteeken geschreven worden. Men verkrijgt de werking van het terrein in den vorm van de volgende formules:

$$g = W_z = G \sum \sigma \iiint \frac{\zeta}{r^3} \cdot d\xi \cdot d\eta \cdot d\zeta \quad r = \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}$$

$$\frac{1}{2} (W_{yy} - W_{xx}) = \frac{1}{2} W_{\Delta} = \frac{3}{2} G \sum \sigma \iiint \frac{\eta^2 - \xi^2}{r^5} \cdot d\xi \cdot d\eta \cdot d\zeta$$

$$W_{xy} = 3 G \sum \sigma \iiint \frac{\xi \cdot \eta}{r^5} \cdot d\xi \cdot d\eta \cdot d\zeta \quad (a)$$

$$W_{zx} = 3 G \sum \sigma \iiint \frac{\zeta \cdot \xi}{r^5} \cdot d\xi \cdot d\eta \cdot d\zeta$$

$$W_{zy} = 3 G \sum \sigma \iiint \frac{\zeta \cdot \eta}{r^5} \cdot d\xi \cdot d\eta \cdot d\zeta.$$

In 't algemeen geldt: een massa, die zich beneden het zwaarte-

punt van de balans bevindt, versterkt de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht en veroorzaakt een op haar gerichte gradiënt; een massa, die zich boven het zwaartepunt bevindt, verzwakt de intensiteit en veroorzaakt een van haar afgerichte gradiënt. (Gradiënten zijn dus van gebergten afgericht!). Massa's, die een grootere dichtheid hebben dan hun omgeving versterken de intensiteit der versnelling wanneer ze beneden het zwaartepunt van de balans liggen; verzwakken deze wanneer ze er boven liggen. In het eerste geval veroorzaken zij een op hun gerichte gradiënt, in het tweede geval een van hun afgerichte. Bij massa's, die een geringere dichtheid hebben dan hun omgeving geldt het omgekeerde, wanneer de homogene ondergrond als normaal wordt beschouwd. (Bij ondergrondsche metingen keeren al deze regels om, zie blz. 123!). De werking van den topografischen vorm van de aardoppervlakte op de intensiteit der versnelling is steeds negatief, de corresponderende reductie dus steeds positief. Want massa's, die zich boven het stationsniveau bevinden en massa's, die beneden dit niveau afwezig zijn, werken in denzelfden zin verkleinend op de intensiteit. De werking op krommingsfactor en gradiënt kan positief en negatief zijn. De reductie voor den vorm van de aardoppervlakte, waar steeds de reductie voor den invloed van bekende ingebedde massa's bij inbegrepen mag zijn, bestaat daarin, de integralen ( $a$ ) op een geschikte zoo min mogelijk materiaal en tijd vergende methode te berekenen en de zoo bepaalde terreinwerking af te trekken. Voor de dichtheid moet bij het oppervlakterelief de gemiddelde dichtheid, bij ingebedde massa's het dichtheidsverschil ten opzichte van de omgeving genomen worden (zie verder § 2).

De terreinwerking op de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht bereikt slechts in zeer bergachtig gebied bedragen van 1 milligal. (De terreinwerking heeft daardoor op slingers (gravimeters) weinig invloed, deze kunnen in bergachtig terrein gebruikt worden). Daarentegen is zij bij den krommingsfactor en gradiënt van de grootte-orde der gemeten waarde, vaak zoo groot, dat de gemeten waarden geheel op de werking van het terrein berusten (tot 100 Eötvös bij den krommingsfactor en 30—40 bij de gradiënt zijn niet zeldzaam).

§ 2. De werking van gegeven massa's, op de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht, de krommingsfactor en de gradiënt.

a. Willekeurig gevormde massa's.

a. Algemeen.

Het is voldoende massa's van constante dichtheid te beschouwen daar massa's met gebiedsgewijze constante dichtheid — hierom gaat het in de practijk — door optelling en aftrekking van massa's met constante dichtheid verkregen kunnen worden. In de formules (a) komt de lengtedimensie bij de intensiteit van de versnelling in de 1e macht, bij krommingsfactor en gradiënt in de 0e macht voor. Daarom geldt: Geometrisch gelijkvormige, ten opzichte van het zwaartepunt van de balans gelijke ligging hebbende massa's van gelijke dichtheid werken op krommingsfactor en gradiënt op dezelfde wijze; op de intensiteit echter evenredig met de lineaire uitgestrektheid.

Bij eenige regelmatig gevormde massa's is een strenge integratie van de formules (a) mogelijk, die bij vele massaformaties ook tot bruikbare uitdrukkingen leidt. In het algemeen zal men echter tot grafische of rekenkundige benaderingsmethoden moeten overgaan. Zulke methoden zijn in vele vormen gepubliceerd, vooral voor de berekening der werking op krommingsfactor en gradiënt. Alle benaderingsmethoden zijn gebaseerd op de formules (a).

Geen van de methoden heeft principieele moeilijkheden; behalve rechthoekige coördinaten worden cylinder- en bolcoördinaten toegepast. Het gaat er om de methode te vinden, volgens welke met zoo min mogelijk arbeid en materiaal de integraties uit te voeren zijn. De gekozen methode hangt, behalve van den vorm van de te onderzoeken massa, af van de hulpmiddelen en het aantal, de scholing, de oefening en den smaak van de bewerkers.

*β. Berekening van de werking van onregelmatig gevormde massa's op de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht.*

Onregelmatig gevormde massa's worden in een voldoende groot aantal volume-elementen van eenvoudige gedaante verdeeld, wier

werking door overzichtelijke formules berekend kan worden. Daar groote massa's op de intensiteit nog slechts een werking van 1 milligal uitoefenen kunnen details verwaarloosd worden en men kan de verdeeling op grove wijze uitvoeren. Het meest gebruikelijk is een verdeeling in loodrechte zuilen, die boven en beneden begrensd zijn door platte vlakken, en wier grondvlakken door stralen en concentrische cirkels (met het zwaartepunt van de balans als middelpunt) worden omsloten (cylindercoördinaten). HELMERT bepaalde volgens deze methode de werking van gegeven massa's op de intensiteit der versnelling. De berekening van de werking op krommingsfactor en gradiënt is volgens deze methode practisch niet uitvoerbaar. Men zou teveel op details moeten ingaan en ook zijn de formules voor de werking van een zuil te ingewikkeld.

*γ. Diagrammen als hulpmiddel ter bepaling van de werking van onregelmatig gevormde massa's op de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht, den krommingsfactor en de gradiënt.*

De toepassing van diagrammen biedt belangrijke vereenvoudigingen en maakt de bepaling van de werking op krommingsfactor en gradiënt volgens de in  $\beta$  genoemde methode practisch mogelijk. De diagrammen zijn op één of andere wijze, bijv. door concentrische cirkels en stralen (JUNG) of door trappenpolygonen en rechten (HAALCK) verdeeld in velden, die gelijke invloed hebben op het centrum, waar men zich het zwaartepunt  $S$  van de balans denkt. Men maakt over de beschouwde massa's *doorsneden met kegelvlakken* (= doorsneden van gelijken hellingshoek), waarvan de top in  $S$  ligt en die ten opzichte van het niveau door  $S$  opeenvolgend toenemende hellingshoeken hebben (JUNG) of men maakt *verticale profielen* door de massa's in bepaalde azimuths (HAALCK en HEILAND). De doorsneden of profielen legt men op de diagrammen en door het uittellen van de ingesloten velden wordt de integratie over twee dimensies uitgevoerd. De derde dimensie wordt in rekening gebracht door voor verschillende waarden dezer dimensie de velden een ander gewicht te geven (JUNG) of door het telresultaat in formules in te vullen, die de derde dimensie als argument bevatten (HAALCK) of door voor verschil-

lende waarden van de derde dimensie verschillende diagrammen te gebruiken (HEILAND).

LANCASTER JONES construeerde een speciale rekenliniaal voor de berekening van den invloed van in horizontale schijven verdeelde onregelmatige massa's op krommingsfactor en gradiënt.

JUNG maakte de formules van BELOW voor de bepaling van den invloed van verwijderde terreindeelen door een transformatie geschikt voor willekeurige massa's. Hierbij worden de oppervlakken der doorsneden van gelijken hellingshoek bepaald met een planimeter.

*b. Speciale methoden ter bepaling van de terreinwerking. (Topografische werking en kartografische werking).*

Onder terreinwerking verstaat men de werking der afwijking, die de vorm der aardoppervlakte vertoont ten opzichte van een plat vlak. Hierbij gaat het om een gebied met een straal van hoogstens eenige km. De kromming van de aardoppervlakte kan dus verwaarloosd worden, nadat de werking van den omwentelings-ellipsoïdevorm der aarde ten opzichte van een bol plus de werking der centrifugaalkracht als normale werking reeds van de afmetingen zijn afgetrokken. In wezen gaat het hier óók om de bepaling der werking van onregelmatig gevormde massa's. De oneffenheden van het terrein zijn daardoor gekenmerkt, dat de hoogteverschillen ten opzichte van den afstand tot de standplaats klein zijn. Hierdoor zijn belangrijke vereenvoudigingen mogelijk; men kan voor de berekening der terreinwerking en de gradiënt, eenvoudige formules opstellen, ook voor den krommingsfactor en de gradiënt, wat in 't algemeene geval niet mogelijk is. De speciaal voor de terreinwerking afgeleide methoden zijn niet algemeen toe te passen; zij gelden slechts onder de bij hun afleiding gemaakte voorwaarden.

Het uitgangsniveau is het niveau van het zwaartepunt *S* van de balans. Waar zich het terrein boven het uitgangsniveau verheft zijn tusschen dit niveau en de aardoppervlakte massa's met positieve dichtheid aanwezig; daalt het land onder het uitgangsniveau, dan is de dichtheid negatief, daar massa ontbreekt tusschen het uitgangsniveau en de aardoppervlakte. In plaats van het genoemde uitgangsniveau kan men ieder willekeurig niveau aannemen, want de vlakke gesteenteplaat tusschen de niveaus oefent op krommings-

factor en gradiënt geen invloed uit. Men kan bij de gradiënt voor verschillende afstanden verschillende hulpniveaus aannemen, wanneer men symmetrie ten opzichte van de standplaats in acht neemt; bij den krommingsfactor moet men echter hiermee oppassen. Bij de afleiding van rekenmethoden blijkt, dat alle terreindeelen (hooger of lager dan het uitgangsniveau) gelijk behandeld

kunnen worden, daar de integraal  $+\sigma \int_{-h}^0$  gelijk van teeken is als

$$-\sigma \int_0^{-h}$$

a. *De methode van SCHWEYDAR ter bepaling der terreinwerking op de torsiebalans, en soortgelijke methoden.*

SCHWEYDAR heeft een speciale methode ontwikkeld om de vergelijkingen (a) te berekenen. Voor een gedetailleerde beschouwing dezer methode verwijzen we naar het in dit jaarboek voorkomende artikel van Ir. TH. J. VRINS. Hier zullen we volstaan met een korte beschrijving.

Om de standplaats heen worden op het terrein concentrische cirkels gedacht met een bepaalde opeenvolging der stralen:  $\rho_n$ . Eveneens worden van de standplaats uit  $p$ -stralig symmetrisch een aantal stralen gedacht met azimuth  $\varphi = \frac{2\pi}{p}$ . Van de snijpunten

van cirkels en stralen wordt het hoogteverschil  $h$  ten opzichte van de standplaats bepaald door middel van waterpassen: nivelleeren genoemd (zie fig. 8). Wanneer men de cirkels dicht genoeg bij elkaar neemt, mag men veronderstellen, dat er tusschen de cirkels een lineair verloop van het terrein is en dat langs de stralen de terreinoppervlakte door een gebroken rechte benaderd wordt. Voor terrein met een geringe helling mag de afstand van het instrument tot een punt in het terrein  $r = \sqrt{\rho^2 + h^2}$  vervangen worden door  $\sqrt{\rho^2 + H^2}$ . ( $H$  = hoogte van het zwaartepunt  $S$  van de balans).

Het hoogteverschil  $h$  kan dan langs een straal het geschiktst voorgesteld worden door  $h = a + \beta\rho$  (voor den krommingsfactor) of  $h^2 = a + \beta\rho + \gamma\rho^2$  (voor de gradiënt). Het verloop van  $h$  langs een cirkel is volgens een Fourierreeks:



$h = a + b \sin \varphi + c \cos \varphi + d \sin 2\varphi + e \cos 2\varphi$  (krommingsfactor)  
of:

$h^2 = A + B \sin \varphi + C \cos \varphi + D \sin 2\varphi + E \cos 2\varphi$  (gradiënt)

Op deze wijze is dus  $h$  als functie van  $\varrho$  en  $\varphi$  uitgedrukt.

Het terrein is aldus in een aantal ringen verdeeld, waarvan ring

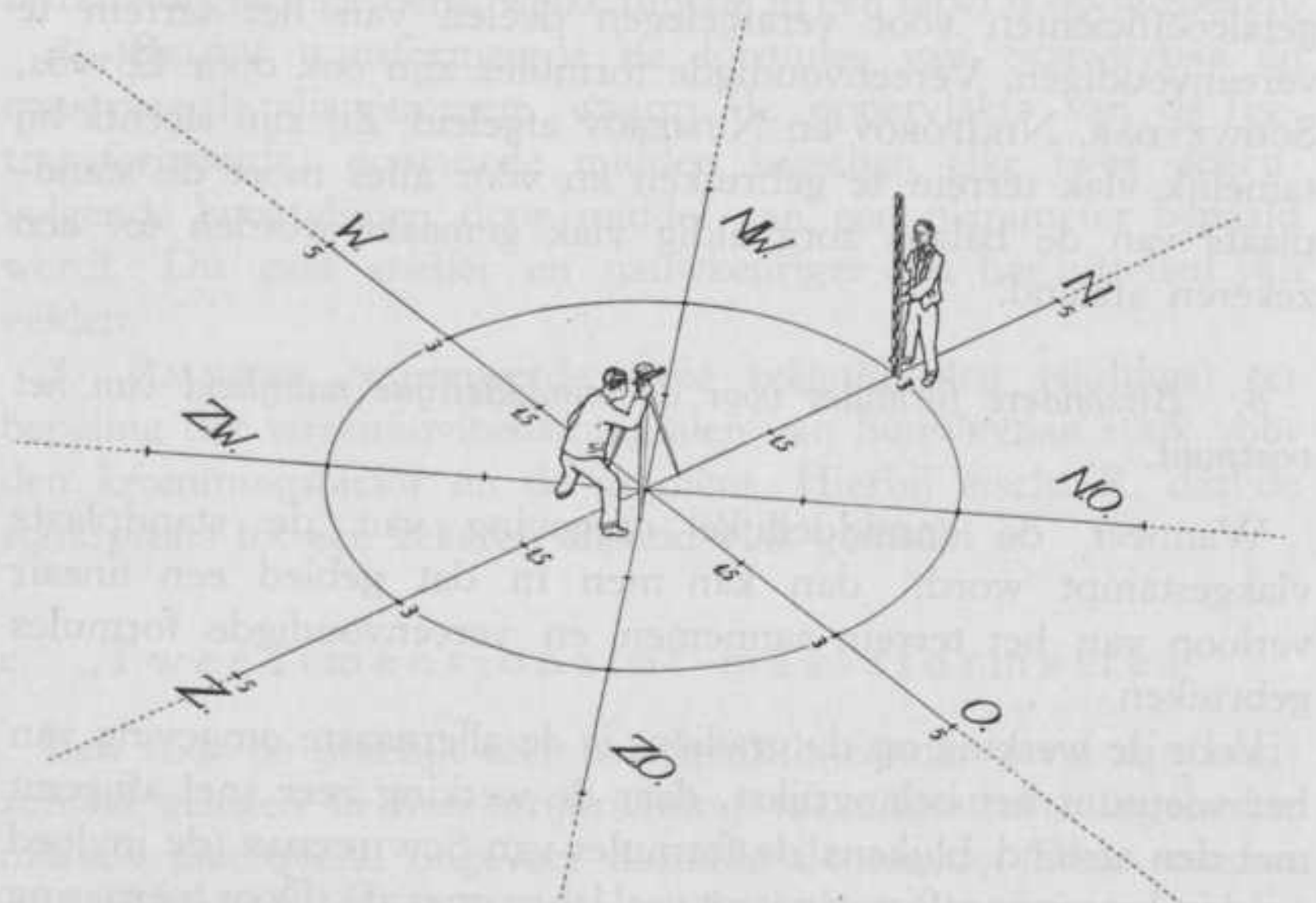


Fig. 8.

voor ring de invloed bepaald wordt door integratie naar  $\varrho$  van  $\varrho_n$  tot  $\varrho_{n+1}$  en naar  $\varphi$  van 0 tot  $2\pi$ .

Door sommeering der werkingen wordt de totale terreinwerking verkregen.

SCHWEYDAR geeft voor de afstanden  $\varrho = 1,5 - 3 - 5 - 10 - 20 - 40 - 60 - 100$  etc. meter bij de azimuths  $\varphi = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ , etc. en  $H = 1$  m zekere coëfficiënten behoorende bij elk der waarden van  $\varrho$ . Bij een gegeven verloop van  $h$  (in meters uitgedrukt) kunnen met behulp van deze coëfficiënten de grootheden  $W_\Delta$ ,  $W_{xy}$ ,  $W_{zx}$  en  $W_{zy}$  der terreininvloed in Eötvöseenheden gevonden worden.

Bij afstanden van meer dan 100 meter kan de hoogte van het zwaartepunt van de balans ten opzichte van den afstand verwaarloosd worden. De met deze afstanden corresponderende, door bij-

zonder vereenvoudigde methoden te berekenen werking duidt Eötvös als „kartografische werking” aan, in tegenstelling met „topografische werking” van dichterbij gelegen terreindeelen. Het verschil tusschen kartografische en topografische werking komt in de voor de practijk geschikte formules van SCHWEYDAR niet meer tot uiting, maar is door HEILAND gebruikt om de berekening van de getalcoëfficiënten voor verafgelegen deelen van het terrein te vereenvoudigen. Vereenvoudigde formules zijn ook door EÖTVÖS, SCHWEYDAR, NIKIFOROV en NUMEROV afgeleid. Zij zijn slechts bij tamelijk vlak terrein te gebruiken en vóór alles moet de standplaats van de balans zorgvuldig vlak gemaakt worden tot een zekeren afstand.

*β. Bijzondere formules voor de onmiddellijke nabijheid van het voetpunt.*

Wanneer de onmiddellijke omgeving van de standplaats vlakgestampt wordt, dan kan men in dat gebied een lineair verloop van het terrein aannemen en vereenvoudigde formules gebruiken.

Voor de werking op de gradiënt is de allernaaste omgeving van het voetpunt het belangrijkste, daar de werking zeer snel afneemt met den afstand blijkens de formules van SCHWEYDAR (de invloed op den krommingsfactor neemt veel langzamer af). Door toepassing van één der vereenvoudigde formules verkrijgt men een voldoende nauwkeurige waarde voor een eerste schatting.

Kan de standplaats niet vlak gemaakt worden, dan maakt men z.g. hoogtestations op een stelling; de terreinvloed op de gradiënt is dan te verwaarloozen. Dit doet men vaak in de tropen.

*γ. Diagrammen en andere methoden ter bepaling van de werking van vèrverwijderde terreindeelen (kartografische werking).*

1. De diagrammen van NUMEROV zijn onder de veronderstelling afgeleid, dat de hoogteverschillen in 't terrein en de hoogte van 't zwaartepunt van de balans klein zijn ten opzichte van den afstand. De diagrammen zijn dus niet algemeen te gebruiken zooals die van JUNG, HAALCK, HEILAND: zij zijn bruikbaar bij afstanden van meer dan 50 meter. In deze diagrammen wordt zooals bij de

vroeger genoemde diagrammen van JUNG het aantal velden uitgeteld, dat ingesloten wordt door opeenvolgende doorsneden van gelijke hellingshoek. Hier mogen daarvoor wegens den grooten afstand de horizontale doorsneden genomen worden midden tusschen elke twee opeenvolgende hoogtelijnen. Het gewicht wordt in den vorm van een functie van de zwaartepuntshoogte en de terreinhoogte ingevoerd, welke functie in een tabel is op te zoeken.

2. BELOW transformeerde de formules van SCHWEYDAR en construeerde diagrammen, waarin de oppervlakte van de (getransformeerde) doorsnede midden tusschen elke twee opeenvolgende hoogtelijnen door middel van een planimeter bepaald wordt. Dit gaat sneller en nauwkeuriger dan het uittellen van velden.

3. RAINBOW construeerde twee rekenlinealen (slidings) ter bepaling der terreinvloedsintegralen van SCHWEYDAR resp. voor den krommingsfactor en de gradiënt. Hierbij eischt R. dat de standplaats tot een zekeren afstand vlak gemaakt is.

#### c. „Tweedimensionale” massaformaties.

Een voor de practijk zeer belangrijk bijzonder geval zijn horizontaal gelegen in hun strijkriching ver uitgestrekte ingebedde massa's met overal ongeveer dezelfde doorsnede. Deze worden meestal met voldoende benadering als in de strijkriching oneindig ver uitgestrekt beschouwd, met constante doorsnede. Het met deze massa's corresponderende zwaartekrachtsveld zal geen verandering in de strijkriching vertoonen, maar alleen in de twee daar loodrecht op staande richtingen, vandaar de naam tweedimensionale massaformatie. JUNG geeft de werkingen van eenige tweedimensionale ingebedde massa's. Men kan weer diagrammen gebruiken voor 't uittellen van den invloed van een doorsnede. Daar slechts twee dimensies beschouwd behoeven te worden, hebben alle velden gelijk gewicht. Diagrammen zijn gegeven door NUMEROV, JUNG, HAALCK e.a.; in principe zijn deze alle gelijk. Ook hier is de methode van BELOW de doorsnede zoodanig te transformeeren dat haar werking met een planimeter te bepalen is, toe te passen. Veel voordeel levert de methode hier echter niet op. MATUYAMA en HAGASINAKA ontwikkelden een methode ter ana-

lytische berekening der werking van kromlijng begrenste doorsneden. GAMBURZEFF geeft mechanische integratoren aan.

d. Formules voor eenige regelmatige massasformaties.

Voor driedimensionale massa's worden deze gegeven door MEKEL, JUNG, HELMERT, EÖTVÖS, SCHWINNER, NIKIFOROV.

Voor tweedimensionale massa's, o.a. verschuivingen en anticlinalen geven MEKEL, JUNG e.a. formules.

**§ 3. De bepaling van ligging en uitgestrektheid van ingebedde massa's uit metingen der intensiteit der versnelling van de zwaartekracht, de krommingsfactor en de gradiënt.**

(Zie het in dit jaarboek voorkomende artikel van den heer J. G. VAN EWYJK.)

In het algemeen kan met den slinger de intensiteit der versnelling zelden nauwkeurig genoeg bepaald worden om betrouwbare gegevens omtrent locale, storende ingebedde massa's op te leveren. Meestal zal men tevreden moeten zijn met eenige gegevens over de vermoedelijke ligging en afmetingen van een ingebedde massa.

Tot het opzoeken van details dienen metingen van krommingsfactor en gradiënt met de torsiebalans. Gelukt het den krommingsfactor nauwkeurig te meten, dan is zij voor de bepaling van ligging en grootte van de storende massa bijzonder waardevol. In zeer vele gevallen echter laat de in verhouding groote topografische invloed op den krommingsfactor haar nauwkeurige bepaling niet toe en moet men tevreden zijn met den gradiënt alleen. Om de ligging en grootte van de ingebedde massa's uit de karakteristieke verdeling van krommingsfactor en gradiënt te bepalen, behoeft men niet de geodetische beteekenis van deze grootheden te kennen. Het is voldoende hen als de een of andere grootheid te beschouwen, die door bepaalde ingebedde massa's op een bepaalde wijze beïnvloed worden.

Het probleem heeft in mathematischen zin niet één oplossing,

daar oneindig vele massaconfiguraties dezelfde werking op het zwaartekrachtsveld kunnen uitoefenen. Door raadpleging van andere methoden en overwegingen van geologischen aard kan dit groote aantal oplossingen aanzienlijk beperkt worden, vaak zelfs geheel tot één teruggebracht.

*a. De indirecte methode.*

De veelvormige verschijning der in de practijk voorkomende ingebedde massa's veroorlooft het slechts zelden, volgens één der voor eenvoudige massavormen uitgewerkte methoden de ingebedde massa uit karakteristieke bijzonderheden der verdeeling van krommingsfactoren en gradiënten te bepalen. In de meeste gevallen zal men indirect te werk moeten gaan.

Door vergelijking van de gemeten waarden met de krommen der uitgewerkte voorbeelden van bekende massaconfiguraties eventueel aangevuld met overwegingen van geologischen aard, wordt een kwalitatief inzicht in de massaverdeeling van den ondergrond verkregen. Ter quantitative uitwerking worden vervolgens onder verschillende plausibele aannamen omtrent dichtheidsverschillen en details van de ligging der massa, de werkingen op het zwaartekrachtsveld volgens de in de vorige § aangegeven methoden bepaald en met de metingen vergeleken. Zoo vindt een geoefende interpretator door systematisch probeeren in naar verhouding korten tijd de waarschijnlijkste massaverdeeling, voorzover de meetresultaten eenigszins zekere gevolgtrekkingen toelaten. De resultaten rechtvaardigen deze methode geheel.

*b. De directe methode.*

De directe methode is eleganter, maar slechts op regelmatige massavormen toe te passen en op onregelmatige, zoolang deze met voldoende nauwkeurigheid door regelmatige vormen benaderd kunnen worden. Dit laatste geval is niet zeldzaam: het komt voor bij alle eerste schattingen en vaak ook dan, wanneer de waarnemingen te groote hiaten vertoonen om bepaling van details te veroorloven. Nadat volgens *a* kwalitatief is vastgesteld, van welken aard de storende massa kan zijn (ertslichaam, verschuiving, anticlinaal, etc.) wordt de quantitative bepaling, zonder probeeren uit eenige

bijzonder karakteristieke kenteekenen der verdeeling van de intensiteit der versnelling van de zwaartekracht, krommingsfactor en gradiënt uitgevoerd. Hierbij beschouwt men de ingebedde massa bijna steeds als tweedimensionaal en de hierdoor gemaakte fouten zijn in 't algemeen niet groot. Directe methoden ter bepaling van ligging en grootte van eenvoudige massavormen uit krommingsfactor en gradiënt worden gegeven door MEKEL, KÖNIGSBERGER, MEISSER, JUNG, NIKIFOROV, SHAW en LANCASTER JONES; SCHWINNER geeft krommen voor de toepassing der intensiteit der zwaartekrachtsversnelling.

#### § 4. Eenige voorbeelden van torsiebalans-metingen van locale anomalieën.

a. *Op bevroren meren valt de topografische correctie weg of is zeer gering, daar de ijsoppervlakte als volmaakt vlak beschouwd kan worden. Wanneer men van de meetresultaten de normaalwaarde aftrekt, dan verkrijgt men de werking van het bodemrelief van het meer. Door het groote dichtheidsverschil tusschen water en gesteente (zelden minder dan 0,8) en de vaak gelijkmatige structuur van den bodem is de karakteristieke werking van het bodemrelief zeer duidelijk waar te nemen. Door vergelijking met loodingen is de betrouwbaarheid van de gravimetrische methode te toetsen. Bekend zijn de metingen van EÖTVÖS op het Balatonmeer, van HOLST op Titisee en NUMEROV op het Schuvalowomeer.*

b. *Door vergelijking van torsiebalans en slingermetingen van dezelfde anomalie heeft men een andere mogelijkheid om de betrouwbaarheid van gravimetrische metingen te controleeren. In de eerste plaats moeten hier als voorbeeld de klassieke metingen van v. EÖTVÖS bij Arad aan den rand van de Hongaarsche laagvlakte, genoemd worden. Een vergelijking van de resultaten van deze torsiebalans- en slingermetingen is door OLTAY gepubliceerd; de overeenstemming is door de buitengewoon gunstige bodemomstandigheden uitzonderlijk te noemen. Ook BERROTH, JUNG, NUMEROV deden vergelijkende metingen.*

c. *Een zeer typische verdeeling van gradiënt en krommingsfactor treedt op boven zouthorsten. De krommingsfactor staat buiten de horst loodrecht op de gradiënt (negatief), binnen is zij evenwijdig*

aan de gradiënt (positief). Zout is lichter dan steen, de gradiënt wijst er dus vandaan. Men onderscheidt zouthorsten met een dunne anhydrietkap en met een dikke anhydrietkap. Anhydriet is nl. dichter dan zout en dichter dan het omringende gesteente. Het verzwakt dus de werking van de zouthorst. Bij de Blue Ridge Dome in Texas wordt de werking van het zout zelfs opgeheven en omgekeerd, zoodat de gradiënt bij het centrum van de Dome naar de zouthorst toe wijst. Op grotere afstand van de horst overweegt echter weer het dieper liggende groote, lichte zoutlichaam, zoodat daar de gradiënt weer van de zouthorst afwijst.

*d. Men kan met de torsiebalans ook ondergronds meten.* Bij metingen bovengronds wijzen de gradiënten naar dichtere ingebedde massa's, ondergronds is het omgekeerde het geval, daar de werkzame massa voornamelijk boven de standplaats ligt. Bij ondergrondsche metingen wijst de gradiënt dus naar een lichter zoutlichaam toe en van een zwaarder ertslichaam af. In zoutmijnen zijn metingen gedaan om de afmetingen van het anhydrietlichaam te bepalen in het overige steenzout. In het algemeen heeft men echter ondergronds de torsiebalans nog niet vaak toegepast.

*e. De belangrijkste toepassing vindt de torsiebalans tegenwoordig in de olievelden.* Men stelt daar met de torsiebalans de ligging van anticlinalen en zouthorsten vast, waar zich eventueel olieaccumulaties kunnen bevinden.

*f. Van het kolengebied van Zuid-Limburg naar dat van de Peel* zijn in 1941 met de torsiebalans metingen gedaan om voornamelijk het verloop en de spronghoogte der verschuivingen te bepalen, die de kolenlagen bij Roermond op meer dan 2000 m diepte doen liggen en vervolgens bij de Peelhorst tot een diepte van 600 m omhoog doen komen. In verband met concessiegrenzen en plaatsing van de schachten der kolenmijnen is het van groot belang de juiste uitgestrektheid der ongestoorde gebieden te kennen.

Eenige in dit artikel voorkomende foto's geven een beeld van deze metingen.

E. C. S.



## OVER DE UITVOERING EN INTERPRETATIE VAN METINGEN MET DE TORSIE-BALANS

door J. G. VAN EWYJK.

Bij het onderzoek van de aardkorst naar delfstoffen is het noodzakelijk de tektoniek van een bepaald gebied te leeren kennen, ten einde de gunstigste plaatsen te bepalen waar boringen, die ten slotte de aan- of afwezigheid van de gezochte delfstof moeten bewijzen, aangezet zullen worden.

Dit onderzoek naar de tektonische gesteldheid kan op verschillende wijzen verricht worden. Zijn voldoende ontsluitingen van dieper liggende lagen aanwezig, bijv. in diep ingesneden beeken rivierbeddingen, dan verricht de geoloog hieraan de noodige metingen van helling en strekking der lagen, terwijl ook meestal meer of minder diepe proefputten en -boringen medehelpen om een inzicht in den geologischen bouw van het betreffende gebied te verkrijgen. Verdere gegevens kunnen geleverd worden bijv. door analyse van het water uit bronnen en putten.

Zijn echter dikke, voor de delfstofwinning onbelangrijke dek-lagen aanwezig, vooral wanneer deze afgezet zijn nadat een plooiingsperiode afgelopen is, of wanneer transgressie en regressie hebben plaats gehad, dan kan de geoloog slechts uit de profielen van verrichte boringen conclusies trekken over den geologischen opbouw. Dit vereischt echter, willen deze conclusies niet al te onzeker zijn, een groot aantal boringen, waardoor een dergelijk onderzoek buitengewoon kostbaar wordt.

In een dergelijk geval zal men zijn toevlucht nemen tot een geophysisch onderzoek, en daarbij zijn de tegenwoordig meest gebruikte methoden die van het seismisch onderzoek en het zwaartekrachtsonderzoek.

Voor een regionale verkenning wordt meestal een onderzoek met gravimeters ingesteld, d.w.z. instrumenten, die de ware of relatieve grootte van de zwaartekracht op meerdere kilometers uit elkaar liggende punten meten.



Voor een nadere detaillering komen dan de seismische en torsiebalans-metingen in aanmerking. Voor sommige speciale gevallen zal men ook andere methoden toepassen, bijv. bij geringe diepten en groote geleidbaarheidsverschillen de elektrische- en voor het zoeken naar ijzerertsen de magnetische methode.

Torsiebalansmetingen worden op de volgende wijze uitgevoerd: Uit de regionale geologie of gravimetermetingen kunnen wij de tektonische hoofdrichtingen afleiden. Wij projecteeren nu loodrecht hierop meetlijnen, waarop om de 200 tot 400 meter een meting met de torsiebalans, een station genaamd, gemaakt wordt. De richting nemen wij zooveel mogelijk loodrecht op de storingsrichtingen ten einde een maximaal effect te bereiken.

Dit geldt dus voor breuken, anticlinalen en synclinalen. Voor zoutkoepels, die dikwijls niet of althans op niet waar te nemen wijze aan andere tektonische storingen gebonden zijn, moeten wij een andere meettaktiek volgen. Hiervoor wordt het terrein òf met elkaar kruisende meetlijnen overdekt, zoodanig dat de afmetingen van de ontstane ruiten iets kleiner zijn dan de gemiddelde doorsnede der koepels, òf het geheele terrein wordt gelijkmatig met metingen overdekt. De gesteldheid van het terrein, het te verwachten aantal en de grootte der zoutkoepels zullen de factoren zijn, die uitmaken, welke methode de voorkeur verdient.

Uit de op deze wijze gewonnen gradiëntenkaarten worden nu krommen geconstrueerd.

Als abscis nemen wij de rechte lijn, die de gemiddelde richting der meetlijn aangeeft. Hierop worden de stations geprojecteerd. Als ordinaten worden in deze projectiepunten de in de richting van de abscis ontbondenen van de bijbehorende gradiënten genomen. Door de aldus verkregen punten teekenen wij nu een kromme. Daar de gradiënten meestal storingen vertoonen, zal deze kromme allerlei bochten en bochtjes maken, die voor de interpretatie van geen belang zijn; deze worden dus verwaarloosd en wij teekenen door de kromme een vloeiende lijn, hetgeen meestal op het oog gedaan wordt.

Wij krijgen dus een kaart met ongeveer parallel loopende grafieken. Deze kunnen eerst kwalitatief geïnterpreteerd worden. Hoe manifesteren verschillende tektonische storingen zich nu?

Het eenvoudigste geval is dat wij met een verticale breuk te

maken hebben. Nemen wij aan, dat wij van links naar rechts van de laagliggende naar de hoogliggende schol gaan; dat dit de positieve richting van de abscis of  $X$ -as is; en noemen wij de componenten van de gradiënten in die richting eveneens positief; verder, dat het soortelijk gewicht van de diepere laag steeds hoger is dan dat van de deklaag.

Gaan wij nu langs de  $X$ -as in positieve richting, dan naderen wij een gebied met hoger gemiddeld soortelijk gewicht. Er is dus een positieve gradiënt, die steeds aangroeit totdat wij het breukvlak gepasseerd zijn, waarna de gradiënt geleidelijk weer tot nul daalt. Er is dus een gradiënt-maximum; de vorm en hoogte der kromme worden bepaald door het verschil in soortelijk gewicht der lagen, spronghoogte van de breuk en dikte der deklaag. De kromme is symmetrisch ten opzichte van het punt, waar het maximum optreedt, hetzelfde punt, waar de breuk bij verlenging de oppervlakte zou snijden.

Is de breuk niet verticaal, dan wordt de kromme asymmetrisch ten opzichte van het maximum. De linkertak is vlakker, de rechter steiler. Bovendien valt het maximum nu links van het hoogste punt van de breuk en wel des te meer naarmate de richting van de breuk meer van de verticaal afwijkt. Laten wij den hoek tusschen breukvlak en verticaal steeds grooter worden, dan wordt bij overigens gelijkblijvende omstandigheden de kromme steeds vlakker en het maximum dus minder geprononceerd.

Verwisselen wij de hooge en de lage schol, dan zullen de gradiënten natuurlijk eveneens omkeeren; het maximum wordt een minimum in een negatieve kromme.

Uit deze vier gevallen, verticale en scheeve breuk, ieder weer met de afschuiving naar links of naar rechts, kunnen wij nu alle verder mogelijke gevallen samenstellen.

De belangrijkste zijn:

*a. De symmetrische anticlinaal.*

De kromme gaat door een maximum, wordt nul boven de as van de anticlinaal, gaat dan door een minimum en is symmetrisch.

*b. De asymmetrische anticlinaal.*

De kromme verloopt als bij de symmetrische anticlinaal, echter wordt het nulpunt verplaatst in de richting van de vlakste flank,

terwijl de afwijking boven deze flank kleiner is dan boven de steile flank.

Als bijzonder geval hebben wij nog het volgende. Indien een dieper liggende laag over vele tientallen kilometers een gelijkmatige helling heeft en wij meten over een gedeelte daarvan, dan vinden wij een praktisch constante gradiënt in de richting van de stijging.

Combineeren wij dit met een daarboven liggende anticlinaal, dan zal de anticlinaal-kromme dus op deze constante gesuperponeerd worden, waarbij het zelfs kan voorkomen, dat de kromme niet meer negatief wordt en de gradiënten dus geen omkeering vertoonen.

Van de gradiëntenkaart zouden wij dus op het eerste gezicht een breuk kunnen aflezen, waar in werkelijkheid een anticlinaal aanwezig is.

Recapituleerend: bij de kwalitatieve analyse geeft een maximum of minimum een breuk aan; een maximum direct overgaand in een minimum een anticlinaal; een minimum direkt overgaand in een maximum een synclinaal, alles steeds genomen in de positieve richting van de  $X$ -as.

In de beide laatste gevallen zal de kromme meestal de nullijn snijden tusschen maximum en minimum.

Sterk geprononceerde, maar locale anomalïën wijzen op ondiepe storingen, minder geprononceerde maar uitgestrekte anomalïën wijzen op diepliggende storingen.

Een goed voorbeeld hiervan vinden wij bij sommige z.g. „salt-domes” in de Gulf Coast, het gedeelte van Texas en Louisiana, dat aan de Golf van Mexico grenst.

Deze saltdomes zijn slanke zoutpilaren, die uit groote diepte door de sedimenten omhooggeperst zijn, soms tot bij de oppervlakte. In de grondwater-zône of reeds dieper wordt in den kop het zout opgelost, waarbij de zwaardere, onoplosbare bestanddeelen achterblijven en de z.g. „caprock” vormen. Zoowel in deze caprock als in de bij de doorboring omhooggesleurde lagen kunnen groote hoeveelheden aardolie aanwezig zijn.

Maken wij nu een torsiebalans-opmeting van de saltdome en omgeving, dan vinden wij op eenigen afstand van de koepel afgerichte, vrij kleine gradiënten, veroorzaakt door de zoutpilaar, die

in den regel een lager soortelijk gewicht heeft dan de omringende lagen. Naderen wij de caprock, dan vinden wij eerst tot nul naderende gradiënten, daarna sterk aangroeiende naar de koepel wijzende, die ongeveer boven de grens van de caprock maximaal en vrij groot worden en veroorzaakt worden doordat het soortelijk gewicht van de caprock grooter is dan dat van de omringende lagen.

Wij hebben hier dus een groot, vrij ondiep minimum, veroorzaakt door de zoutpilaar; daarin een klein, sterk geprononceerd maximum, veroorzaakt door de dicht aan de oppervlakte liggende, maar in massa veel kleiner dan de pilaar zijnde kap.

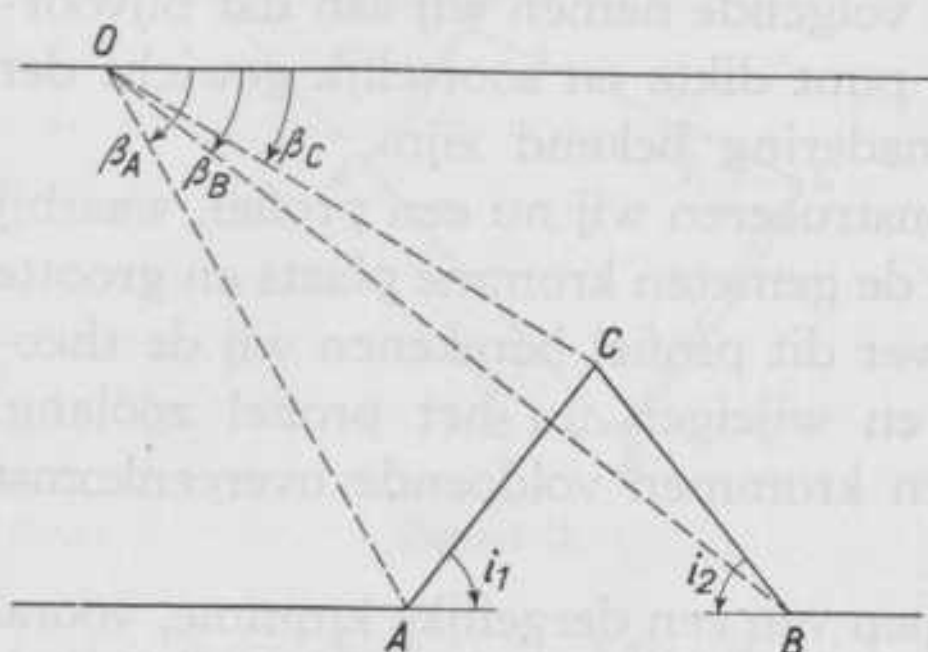
In vele gevallen is het van groot belang behalve de kwalitatieve ook de kwantitatieve analyse te maken, d.w.z. een massaverdeeling te vinden, die bij berekening dezelfde gradiëntenkromme oplevert als de in het terrein verkregene.

Hierbij veronderstellen wij steeds dat de storingen zich loodrecht op de meetlijn oneindig ver onveranderlijk uitstrekken. Natuurlijk is dit in werkelijkheid niet het geval, maar mits de onveranderde storing zich aan beide zijden van de meetlijn slechts enkele malen de afmetingen onder de meetlijn uitstrekt is het verschil zoo klein, dat dit verloren gaat in de fouten, welke ontstaan uit de verdere veronderstellingen en vereenvoudigingen, welke wij noodzakelijk moeten maken.

De berekening van de gradiënten over drie-dimensionale lichamen is reeds voor eenvoudige gevallen zoo ingewikkeld en kost zooveel tijd, dat een kwantitatieve analyse vrijwel alleen academische waarde heeft.

Verdere veronderstellingen zijn, dat elk sediment homogeen en scherp begrensd is door andere sedimenten. Ook deze beide veronderstellingen zijn in de praktijk niet juist, waar immers door den druk van bovenliggende lagen of reeds in de laag zelf het diepere deel meestal ineengedrukt, dus dichter en van iets hooger soortelijk gewicht zal zijn, terwijl verder scherpe sediment-grenzen ook zeer zelden voorkomen. Wat de homogeniteit betreft, veel sedimenten zullen feitelijk bestaan uit een opeenvolging van materiaal van iets verschillende samenstelling, terwijl ook nog langs de meetlijn facies-veranderingen en daarmee dichtheids-veranderingen kunnen optreden.

Theoretisch kan elke gradiëntenkromme door een oneindig aantal massa-verdeelingen verklaard worden, echter zullen slechts een beperkt aantal daarvan geologisch aanvaardbaar zijn. Werken wij in een geologisch vrijwel onbekend gebied, dan zullen wij veronderstellingen moeten maken omtrent mogelijk voorkomende



Figuur 1.

sedimenten, hun dikten en soortelijk gewicht; meestal door extrapolatie uit een beter bekend, nabijliggend gebied. Zoodra echter minstens één boring in het betreffende gebied voorhanden is, hebben wij daar uit gegevens, welke het aantal mogelijkheden weer sterk beperken, zoodat er ten slotte slechts enkele,

onderling weinig verschillende mogelijkheden overblijven.

In figuur 1 is schematisch een anticlinaal voorgesteld. Wij kunnen in verschillende punten  $O$  de theoretische gradiënt berekenen met behulp van de formule:

$$Gr = 2G(s_1 - s_2) \left[ \left\{ \sin i_1 \cos i_1 (\beta_A - \beta_C) + \sin^2 i_1 \ln \frac{OA}{OC} \right\} - \left\{ \sin i_2 \cos i_2 (\beta_B - \beta_C) + \sin^2 i_2 \ln \frac{OB}{OC} \right\} \right]$$

waarin:

$G$  = de zwaartekrachtsconstante =  $66,7 \times 10^{-9}$  c.g.s.

$s_1$  en  $s_2$  = de soortelijke gewichten van de beide lagen.

$\beta$  uitgedrukt is in radialen.

De waarden, welke wij voor de gradiënten in verschillende punten  $O$  vinden geven ons dus de theoretische gradiëntenkromme over deze anticlinaal.

Wij kunnen voor een zeer groot aantal gevallen dergelijke krommen berekenen en een gemeten kromme vergelijken met deze theoretische krommen totdat wij met één daarvan of een combinatie van meerdere overeenstemming vinden.

Dit vereischt een zeer groot voorbereidend werk, hetgeen echter slechts ééns gedaan behoeft te worden en dus geen bezwaar is, wanneer voorzien kan worden, dat zeer vele metingen voor quantitative interpretatie in aanmerking zullen komen. Gaat het echter om slechts enkele interpretaties, dan moeten wij op andere wijze te werk gaan. Voor het volgende nemen wij aan dat bijvoorbeeld uit een boring op één punt dikte en soortelijk gewicht der opeenvolgende lagen bij benadering bekend zijn.

Uitgaande van dit punt construeeren wij nu een profiel, waarbij de ervaring ons zal leeren uit de gemeten kromme plaats en grootte der storingen te schatten. Over dit profiel berekenen wij de theoretische gradiëntenkromme en wijzigen nu het profiel zóólang, tot de berekende en gemeten krommen voldoende overeenkomst vertoonen.

Nu is het herhaald berekenen van een dergelijke kromme, vooral over een niet-eenvoudig profiel, ook weer een enorme arbeid, en daarom is getracht dit te vereenvoudigen door de constructie van nomogrammen. Hiervan bestaan vele en zeer verschillende uitvoeringen.

Eén van de eenvoudigste en handigste nomogrammen vinden wij in een artikel van K. JUNG, getiteld: *Diagramme zur Bestimmung der Terrainwirkung für Pendel und Drehwage und zur Bestimmung der Wirkung „zweidimensionaler“ Massenordnungen*; verschenen in het *Zeitschrift für Geophysik*, Bd. 3, 1927, blz. 201—212. JUNG spreekt hier van „twee-dimensionale“ lichamen, niet in de ware beteekenis daarvan, maar ook hier wordt de derde dimensie, loodrecht op het vlak van doorsnede, als oneindig aangenomen.

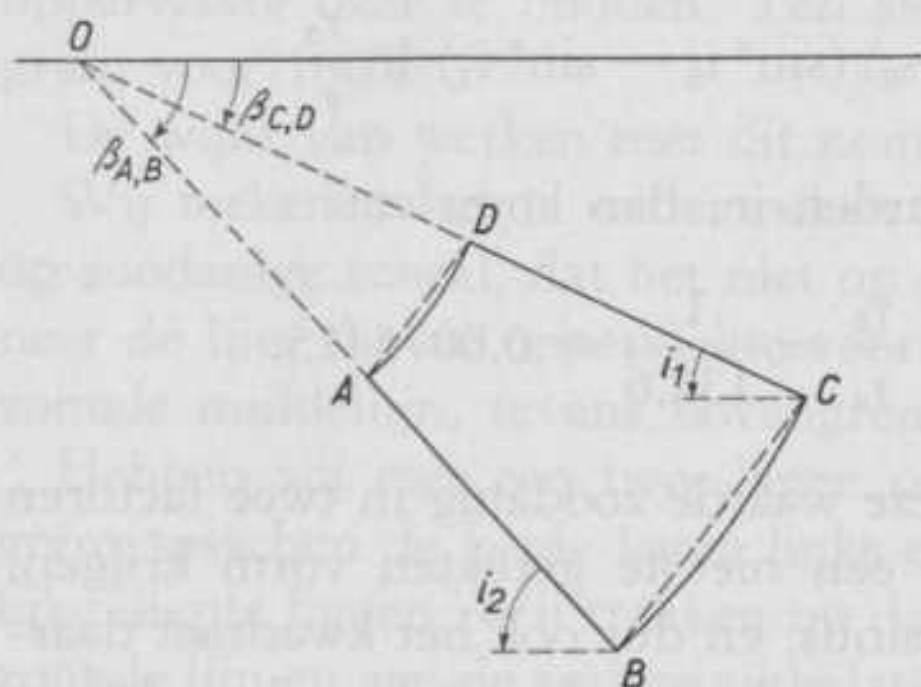
Het door hem geconstrueerde nomogram bestaat uit een aantal concentrische cirkels en stralen, zoodanig dat elk aldus ontstaan blokje eenzelfde gradiënt tevoorschijn roept in het middelpunt.

Het nomogram is te construeeren met behulp van de formule voor de theoretische gradiënt boven een hellende breuk (AC in fig. 1).

$$Gr = 2 G (s_1 - s_2) \left\{ \sin i \cos i (\beta_A - \beta_C) + \sin^2 i \ln \frac{OA}{OC} \right\}.$$

Wij zullen de oppervlakte van ieder blokje zoodanig bepalen,

dat de invloed daarvan in  $O$  gelijk is aan  $1 E = 1 \times 10^{-9}$  c.g.s., wanneer  $s_1 - s_2 = 1$ . ( $E$  is afkorting voor Eötvös). Dit is een goede



Figuur 2.

waarde, want in de praktijk komt een zoo groot verschil in soortelijk gewicht tusschen twee lagen feitelijk nooit voor, en de waarde van het blokje wordt dus ook naar verhouding kleiner.

Beschouwen wij figuur 2. Wij moeten dus den invloed bepalen in  $O$  van het blokje  $ABCD$ , tusschen twee stralen en twee con-

centrische cirkelbogen. Mits de cirkelbogen klein zijn, kunnen wij deze vervangen door de gestippelde rechten  $AD$  en  $BC$ .

De invloeden van de zijden  $AD$  en  $BC$  heffen elkaar op.

$$Gr_{AD,BC} = 2 G (s_1 - s_2) \left[ \left\{ \sin i \cos i (\beta_A - \beta_D) + \sin^2 i \ln \frac{OA}{OD} \right\} - \left\{ \sin i \cos i (\beta_B - \beta_C) + \sin^2 i \ln \frac{OB}{OC} \right\} \right]$$

waarin  $i$  de hoek is tusschen  $AD$  en  $BC$  met de horizontaal en dus voor beide gelijk.

Verder is  $\beta_A = \beta_B$ ,  $\beta_D = \beta_C$ ,  $OA = OD$  ( $\ln \frac{OA}{OD} = 0$ ) en  $OB = OC$  ( $\ln \frac{OB}{OC} = 0$ ), zoodat:

$$Gr_{AD,BC} = 0.$$

Voor de zijden  $AB$  en  $DC$ , en dus voor het geheele blokje  $ABCD$  geldt:

$$Gr_{ABCD} = 2 G (s_1 - s_2) \left[ \left\{ \sin i_2 \cos i_2 (\beta_B - \beta_A) + \sin^2 i_2 \ln \frac{OB}{OA} \right\} - \left\{ \sin i_1 \cos i_1 (\beta_C - \beta_D) + \sin^2 i_1 \ln \frac{OC}{OD} \right\} \right].$$

Nu is  $\beta_B = \beta_A$  en  $\beta_C = \beta_D$ ;  $OB = OC = r_2$  en  $OA = OD = r_1$ , rest dus:

$$Gr_{ABCD} = 2 G (s_1 - s_2) (\sin^2 i_2 - \sin^2 i_1) \ln \frac{r_2}{r_1}.$$

Vullen wij nu de getal-waarden in, dan komt er:

$$(\sin^2 i_2 - \sin^2 i_1) \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{1}{132,6} = 0,0075415.$$

Het komt er dus op aan deze waarde zoodanig in twee factoren te ontbinden, dat de veldjes een niet te gerekten vorm krijgen. Hierbij geldt ook nog dat de sinus, en dus ook het kwadraat daarvan varieert tusschen 0 en 1, en dat wij bovendien deze  $90^\circ$  in een geheel aantal hoeken verdeelen willen.

Een goede verdeling bereiken wij, indien wij 20 hoeken nemen, dan wordt dus:

$$\sin^2 i_2 - \sin^2 i_1 = 0,05$$

en:

$$\ln \frac{r_2}{r_1} = 0,15083.$$

Is  $i_2 = 90^\circ$ , dan hebben wij:

$$1 - \sin^2 i_1 = 0,05$$

$$\sin^2 i_1 = 0,95$$

$$\sin i_1 = 0,97468$$

$$i_1 = 77^\circ 5'$$

Verder is:

$$\ln r_2 - \ln r_1 = 0,15083.$$

Nemen wij de straal van één der cirkelbogen = 100 cm, dan krijgen wij:

$$\ln 100 - \ln r_1 = 0,15083.$$

Hieruit volgt:

$$r_1 = 93,45 \text{ cm.}$$

Zoo verder rekenende vinden wij dus de hoeken en stralen, waarbij voor de stralen onder 10 cm natuurlijk het tiende gedeelte



van die beneden de 100 cm straal genomen kan worden, totdat de cirkelbogen te dicht bij elkaar komen om nog blokjes van eenige oppervlakte over te houden. Ten slotte voltooiën wij het nomogram voor  $180^\circ$ .

De wijze van werken met dit nomogram is als volgt.

Wij teekenen het te onderzoeken profiel op doorzichtig papier op zoodanige schaal, dat het niet op de kleinste blokjes valt, wanneer de lijn, die de oppervlakte voorstelt, samenvalt met de horizontale middellijn, tevens bovengrens van het nomogram.

Hebben wij met een twee-lagen probleem te doen, dan zal de grens tusschen de beide lagen links en rechts dikwijls niet op gelijke diepte liggen. Wij trekken nu door het laagste punt een horizontale lijn en aan de andere zijde laten wij deze lijn met een loodrechte breuk stijgen naar het hooger liggende scheidingsvlak op de plaats van waar af wij zonder bezwaar het grensvlak verder horizontaal kunnen laten verlopen.

Voor deze rechte breuk moeten wij nu met behulp van de eenvoudige formule

$$Gr = 2 G (s_1 - s_2) \ln \frac{r_1}{r_2},$$

waarin  $r_1$  steeds de afstand van  $O$  naar het laagste punt en  $r_2$  die naar het hoogste punt van de breuk is, voor verschillende plaatsen van  $O$  de gradiënt berekenen.

Het profiel is dus nu verdeeld in een rechte breuk en een op de afgeschoven schol liggende massa.

De invloed van deze massa wordt nu als volgt bepaald. Wij leggen het punt, waar wij de gradiënt willen berekenen in het middelpunt van het nomogram en tellen alle blokjes binnen de massa vallende rechts van de verticaal door  $O$ ; dan alle blokjes links.

Is de positieve  $X$ -as naar rechts gericht, dan zal dus de gradiënt positief zijn, als het aantal blokjes rechts grooter is, en wel even groot als het verschil tusschen het aantal blokjes rechts en links van de verticaal, vermenigvuldigd met het verschil in soortelijk gewicht der beide lagen; en omgekeerd. Wij krijgen nu de totale gradiënt door hierbij te voegen de ter zelfder plaatse berekende gradiënt van de rechte breuk, positief of negatief naar gelang deze breuk rechts of links van het punt  $O$  ligt.

Bij een meer-lagen probleem behandelen wij eerst de beide bovenste lagen, dus het eerste scheidingsvlak en doen alsof de tweede laag zich tot oneindige diepte uitstrekt. Daarna nemen wij de lagen 2 en 3, waarbij alles boven laag 2, dus laag 1, daarbij gerekend wordt en alles onder laag 3 tot déze laag gerekend wordt, enzoovoort.

De totale gradiënt is de som van alle deelgradiënten, waarbij op hun voortekken gelet moet worden.

Met deze methode is dus de gradiënten-kromme van elk profiel, hoe ingewikkeld ook, in korten tijd te berekenen. Hierbij geldt natuurlijk ook, dat het profiel zóólang gewijzigd moet worden, totdat de gradiëntenkromme voldoende overeenkomst vertoont met de in het veld gemetene. Dit wijzigen komt echter feitelijk neer op het toevoegen of afnemen van kleine massa's, die wij apart berekenen kunnen met het nomogram en de aldus verkregen kleinere kromme bij de eerder berekende voegen, zoodat wij op deze wijze dus kleine verschillen in berekende en gemeten kromme weg kunnen werken.

JUNG heeft ook voor de berekening van de theoretische krommingsgrootten een nomogram geconstrueerd. Feitelijk is dit hetzelfde nomogram, echter  $45^\circ$  gedraaid, waarbij nu alles tusschen de beide lijnen, die hoeken van  $45^\circ$  met de oppervlakte maken, positief is; en alle veldjes tusschen deze lijnen en de horizontaal, die de oppervlakte voorstelt, negatief gerekend worden. De formule voor de eventueel noodige rechte breuk is nu:

$$Krgr = 2 G (s_1 - s_2) (\beta_1 - \beta_2),$$

waarbij  $\beta_1$  weer steeds de hoek tusschen de positieve X-as en de lijn naar het laagste punt van de breuk is en  $\beta_2$  de hoek tusschen de positieve X-as en de lijn naar het hoogste punt van de breuk, beide weer in radialen uitgedrukt.

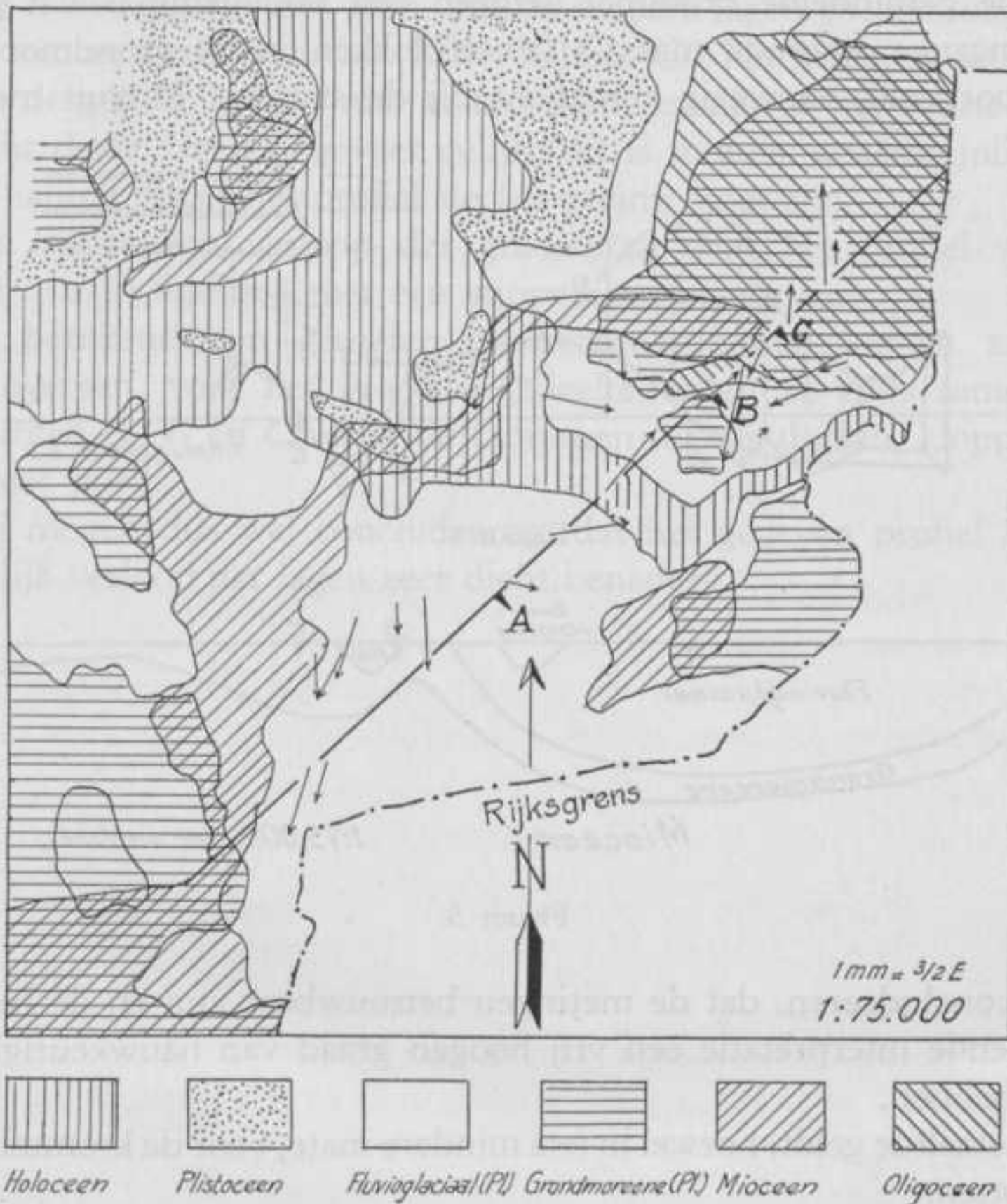
De krommingsgrootten zijn hier echter buiten beschouwing gelaten, omdat zij voor interpretaties uiterst zelden gebruikt worden.

Ten slotte volgt hier een praktische toepassing op een meetlijn, in 1932 door Dr. J. SMITS in de buurt van Groenloo opgemeten.

Het aantal metingen is feitelijk te gering om een interpretatie te kunnen geven. Daar de geologie hier door geologische opnamen

bekend is, ligt het voor de hand te trachten daaruit de gemeten gradiënten te verklaren.

Figuur 3 geeft de gemeten gradiënten ingetekend in een gedeelte van de geologische kaart, uitgegeven door de Topografische



Figuur 3.

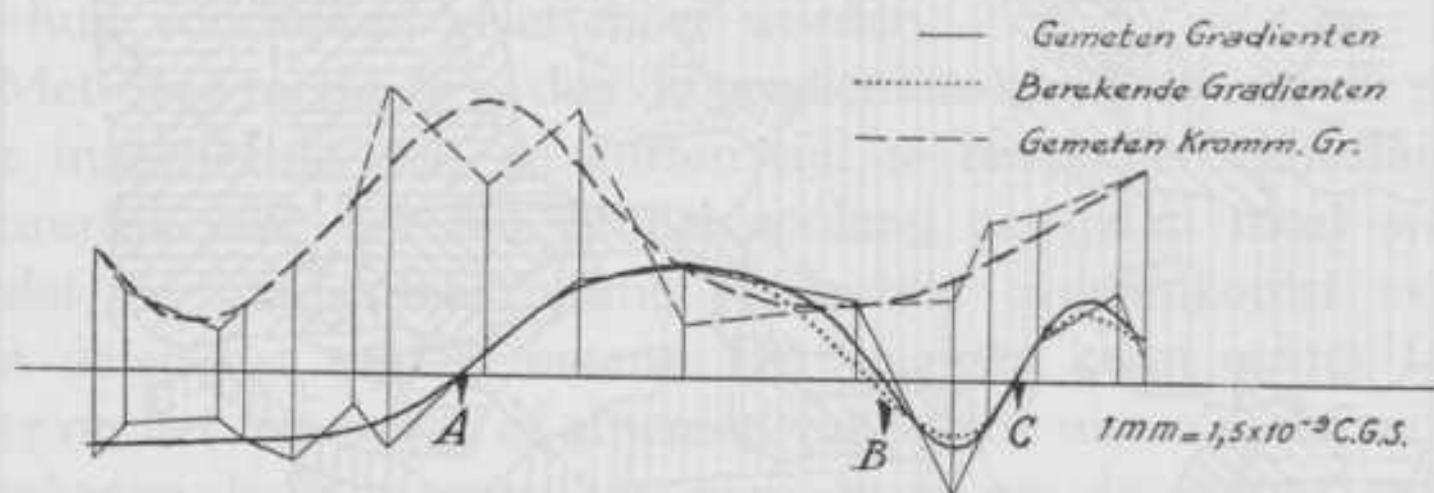
Inrichting, blad 34, Groenloo, kwartblad IV, geologie door Dr. P. TESCH.

Figuur 4 geeft een uit de gradiënten geconstrueerde kromme. Een gemiddelde kromme is als vloeiende lijn daar doorheen getrokken. De streepjeslijn is de kromme der krommingsgrootten met eveneens een gemiddelde kromme.

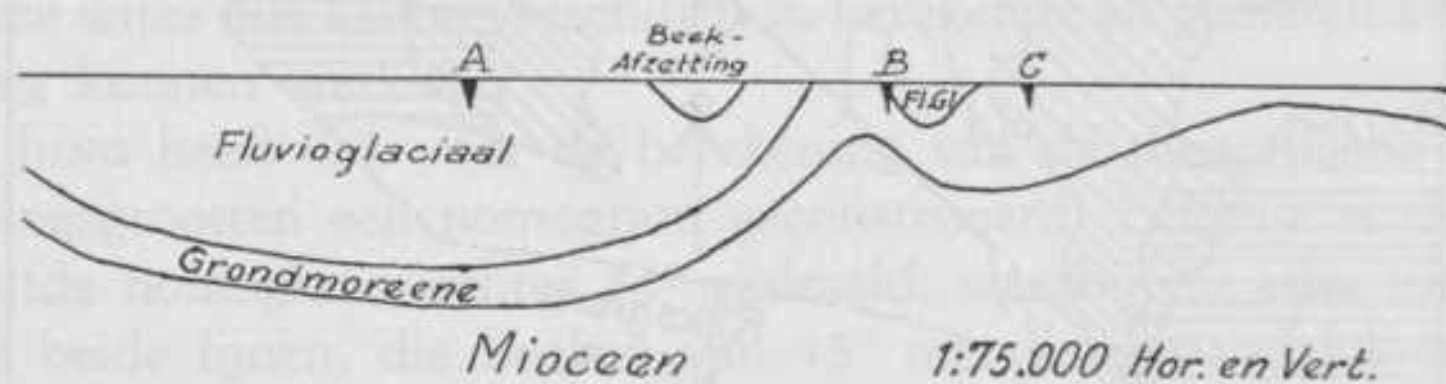
Figuur 5 is een profiel, eenigszins vereenvoudigd geconstrueerd uit de geologische kaart en de gravimetrische metingen.

Beschouwen wij eerst figuur 4.

Er is slechts weinig verschil tusschen de individueele gradiënten en de gemiddelde kromme, hetgeen een aanwijzing is dat geen belangrijke storende massa's (zwerfblokken in de grondmoreene bijvoorbeeld) aanwezig zijn dicht bij de stations. Hieruit mogen



Figuur 4.



Figuur 5.

wij concludeeren, dat de metingen betrouwbaar zijn en de hierna volgende interpretatie een vrij hoogen graad van nauwkeurigheid zal hebben.

Hetzelfde geldt, hoewel in iets mindere mate, voor de krommingsgrootten.

De gradiëntenkromme gaat op drie punten, A, B en C door nul. A en C zijn minima, B is een maximum, m.a.w. A en C geven plaatsen aan, waar de zwaardere, diepergelegen lagen een laag niveau bereiken, terwijl B een hoog niveau dezer lagen aanduidt (resp. synclinaal en anticlinaal).

Vergelijken wij deze punten in de figuren 4 en 5, dan zien wij dezen vorm in het verloop der grenzen tusschen fluvioglaciaal—grondmoreene en grondmoreene—mioceen.

Een verschuiving van de gravimetrische ten opzichte van de geologische as wordt veroorzaakt door de geheel rechts gelegen anticlinaal.

Uit het op de geologische kaart voorkomende profiel langs de lijn *D-E* in figuur 3 ziet men, dat de diepere lagen eoceen, oligoceen, mioceen, alle naar het Z.W. hellen. Uit het gemeten profiel is een dergelijke helling niet af te leiden, zoodat òf het soortelijk gewicht dezer lagen ongeveer gelijk (dit is minder waarschijnlijk) òf de helling onder het profiel slechts gering moet zijn.

Het theoretisch verloop der gradiënten over het profiel van figuur 5 is in figuur 4 met een stippellijn aangegeven.

De berekende en gemeten gradiëntenkrommen komen zeer goed overeen, voor het grootste gedeelte vallen zij zelfs samen. De punten *A*, *B* en *C*, waar de krommen door nul gaan, kloppen ook zeer goed.

Wij mogen dus wel concludeeren, dat het gegeven profiel het werkelijk verloop der lagen zeer dicht benadert.

## AANTEEKENINGEN OVER DE TOPOGRAFISCHE CORRECTIE BIJ TORSIEBALANS-METINGEN.

door Ir. TH. J. VRINS.

Twee gebruikelijke methoden voor de berekening van deze correctie worden besproken (SCHWEYDAR, NUMEROV).

Beide rekenschuiven van RAINBOW ter bepaling van het topografisch effect zijn niet volgens hetzelfde principe gebouwd.

Een methode wordt ontwikkeld, welke — werkend onder zekere gegeven, overigens willekeurige omstandigheden — de meest nauwkeurige numerieke integratie aangeeft (voor de gradiëntcorrectie).

Bij het gebruik van een bepaalde rekenmethode behooren aanwijzingen, volgens welke het topografisch nivellement moet worden uitgevoerd, indien men de nauwkeurigheid van de torsiebalans-meting niet te zeer wil verminderen.

### § I.

De metingen van een torsiebalans — het bepalen van de tweede afgeleiden van de potentiaal-functie van de zwaartekracht — moeten, aangezien men slechts de anomalieën in het zwaartekrachtveld ten gevolge van ondergrondsche onregelmatigheden in de massaverdeeling wil opsporen, bevrijd worden van alle storende invloeden.

Eén van deze invloeden is die, welke wordt veroorzaakt door de onregelmatigheid in de topografie van het terrein: d.i. de afwijking van het terreinoppervlak van het platte vlak. Dit vlak mag plat worden aangenomen, omdat het hier een effect betreft, dat zich hoogstens tot op enkele km afstand van het station uitstrekt — men verwaarloost dus de kromming in het oppervlak van de rotatie-ellipsoïde. Het platte vlak — het uitgangsniveau — legt men soms door het zwaartepunt van de torsiebalans.

De invloed van de onregelmatige massa's, ingesloten tusschen terreinoppervlak en uitgangsniveau, moet bepaald worden.

Dezen invloed, betrokken op de afgeleiden van de zwaartekrachtfunctie, noemt men het „landeffect” of de „topografische correctie”. Verheft het terrein zich boven het uitgangsniveau, zoo moet men in de formules, die den invloed tot uitdrukking brengen, de soortelijke massa positief aannemen — daalt daarentegen de bodem beneden het niveau, dan moet men den invloed van de ontbrekende massa's vaststellen of met andere woorden, de soortelijke massa kan negatief worden beschouwd.

Daar de invloed van een zich oneindig ver uitstrekkende platte gesteenteplaat gelijk aan nul is voor de tweede afgeleiden van de zwaartekracht-functie, kan men het uitgangsniveau op willekeurige hoogte leggen: b.v. door het voetpunt van de balans.

## § II.

Verschillende rekenmethoden bestaan voor de bepaling van de topografische correctie.

Neem een rechthoekig rechtsch coördinatenstelsel aan met als oorsprong (A) het voetpunt van de balans:

positieve X-as naar het geographische noorden,

positieve Y-as naar het oosten,

positieve Z-as naar beneden, evenwijdig aan de zwaartekracht, welke werkt in het zoogenaamde „Zwaartepunt” O van de balans.

De coördinaten van dit zwaartepunt O zijn: 0, 0, Z.

Een willekeurig massa-element  $dm$  (s.m.  $\sigma$ ) heeft ten opzichte van den oorsprong A de cylinder-coördinaten ( $\varrho$ ,  $z$ ,  $a$ ), waarbij dus:

$$x = \varrho \cos a \text{ en } y = \varrho \sin a.$$

In overeenstemming met W. SCHWEYDAR <sup>1)</sup> leggen de verschillende onderzoekers om een station cirkels met stralen  $\varrho_1 \varrho_2 \dots \varrho_p$ . Op zulk een cirkel (de  $n^e$ ) zijn de hoogten  $z_n$  ten opzichte van het voetpunt A door een nivellement in een (willekeurig) aantal punten gemeten.

Nu is:

$$z = F(a, \varrho) \quad (1)$$

Algemeen neemt men voor:

$$F(a, \varrho = \text{const.}): F_n(a), \quad (2)$$

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Geophysik '24/'25 en '27.

voorstellend  $p$ -reeksen van FOURIER. (De integratie naar  $a$  door de periodieke functies voor te stellen door de trigonometrische reeksen van FOURIER is doelmatiger dan het gebruik der mechanische kwadratuur formules van SIMPSON, WEDDLE e.a.).

De hoogte op den  $n^{\text{em}}$  cirkel, welke betrekking heeft op een zeker azimuth  $a - F_n(a)$ , kan door een ver ontwikkelde reeks met willekeurige nauwkeurigheid worden vastgelegd:

$$F_n(a) = C_0^n + C_1^n \cos a + C_2^n \cos 2a + \dots \quad (3)$$

$$\dots + S_1^n \sin a + S_2^n \sin 2a \dots$$

Algemeen gesproken heeft men voor de gradiënt van de zwaartekracht in de  $X$ -richting de volgende bepaalde integraal:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = + 3 G \sigma \int_0^{2\pi} \int_0^{\rho} \int_{z_1}^{z_2} \frac{(z - Z) \varrho^2 \cos a}{\{\varrho^2 + (z - Z)^2\}^{5/2}} da d\varrho dz, \quad (4a)$$

welke door differentiatie is gevonden uit de potentiaal<sup>1)</sup> van het zwaartepunt  $O$  van de balans:

$$U_0 = G \int_v \frac{\sigma \varrho da d\varrho dz}{\{ \varrho^2 + (z - Z)^2 \}^{3/2}} \quad (5)$$

Vergelijking (5) is een andere schrijfwijze voor den bekenden vorm van de potentiaalfunctie<sup>1)</sup>:

$$U_0 = G \int \frac{dm}{r^2}. \quad (5a)$$

Waarbij:  $U = [\text{cm}^2 \text{sec}^{-2}]$ .

De massadifferentiaal  $dm$  (element van het stoffelijk lichaam met massa  $m$ ) =  $\sigma dv$  (s.m.  $\sigma$  geldt in verband met den overgang tot de limiet bij de integratie voor het geheele volume-element  $dv$ ) =  $\sigma \varrho da d\varrho dz$  (in cyl. coörd.).

$r$  is de afstand van het massa-element  $dm$  tot  $O$  ( $0, 0, Z$ ); uitgedrukt in cyl. coörd. wordt dit:

$$r = \{\varrho^2 + (z - Z)^2\}^{1/2}.$$

<sup>1)</sup> De namen „potentiaalfunctie” (naar G. GREEN) en „potentiaal” (naar C. F. GAUSZ) stellen hier éézelfde begrip voor.

<sup>2)</sup> Deze vorm geldt onveranderd — ook voor punten binnen, of op het oppervlak van het beschouwde lichaam.



De in het algemeen van punt tot punt veranderlijke s.m. van de storende massa's wordt in het vervolg constant beschouwd (in Limburg b.v. veelal:  $\sigma = 1,8$ ).

$G$  (de gravitatie-constante van NEWTON) =  $66,7 \cdot 10^{-9}$  c.g.s.

De coördinaten van het zwaartepunt  $O$  van de torsiebalans ten opzichte waarvan de potentiaal  $U$  en haar afgeleiden gelden, zijn:  $0, 0, Z$  ( $Z = -h = -90$  cm = zwaartepuntshoogte van het instrument). Uit de theorie van de torsiebalans volgt, dat men als uitgangspunt ten opzichte waarvan men de functie  $U$  en haar afgeleiden ontwikkelt, het best dit zwaartepunt  $O$  van de balans kan nemen. De door een torsiebalans gemeten afgeleiden van  $U$  gelden nl. bij benadering voor het zwaartepunt  $O$  van het instrument <sup>1)</sup>.

Voert men in de variabele:

$$\zeta_\rho = z - Z = z + h \quad (6)$$

dan wordt:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = + 3 G \sigma \int_0^{2\pi} \int_0^\rho \int_{\zeta_1}^{\zeta_2} \frac{\zeta \varrho^2 \cos \alpha}{(\varrho^2 + \zeta^2)^{3/2}} d\alpha d\varrho d\zeta \quad (4b)$$

De nieuw gekozen variabele stelt voor het hoogteverschil met betrekking tot het zwaartepunt van de balans op afstand  $\varrho$ .

De eerst uit te voeren integratie is steeds naar de variabele  $\zeta$  tusschen de grenzen  $\zeta_1$  en  $\zeta_2$ . Legt men het uitgangsniveau  $XAY$  door het voetpunt  $A$  van de balans, dan is:

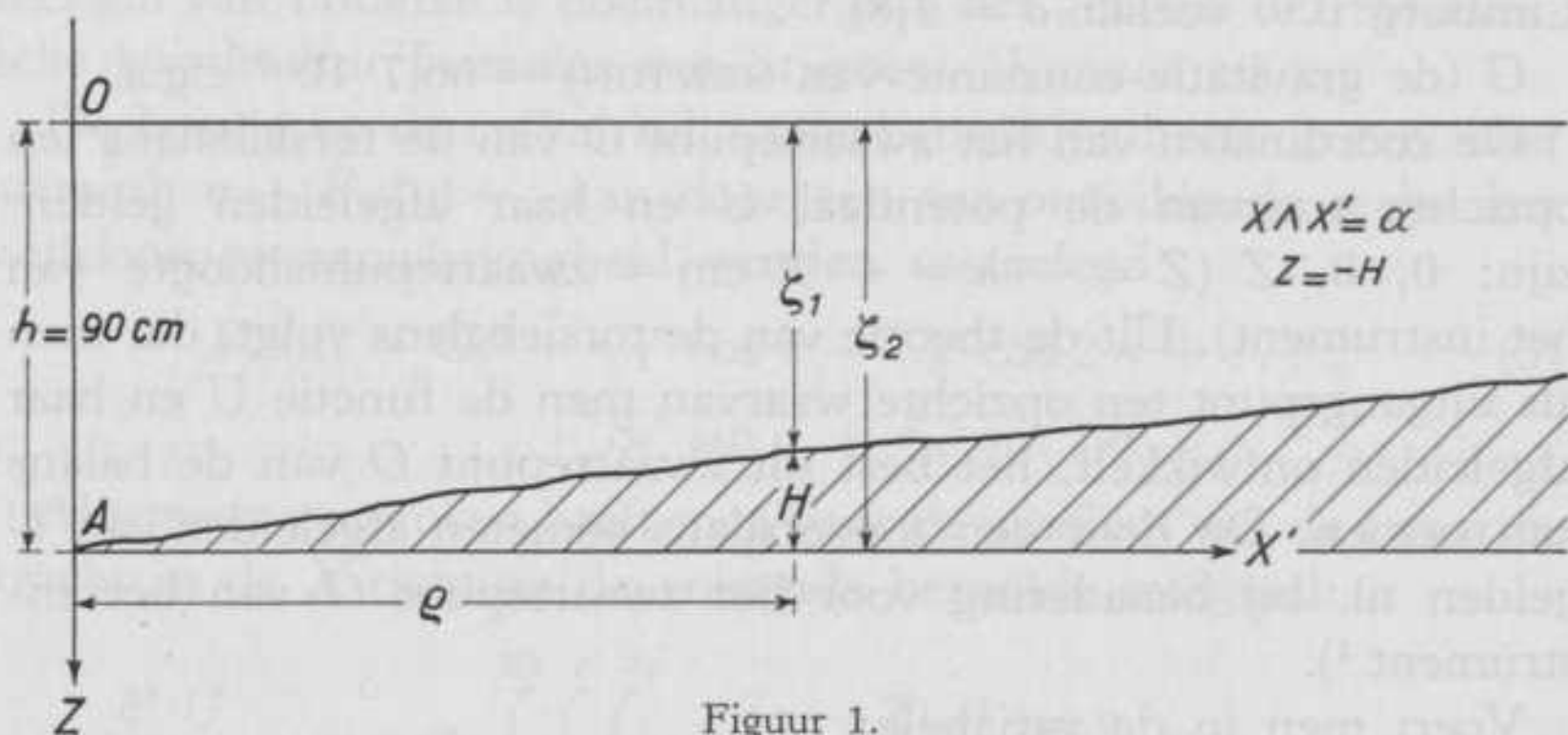
$$\left. \begin{array}{l} \zeta_1 = h - H \\ \zeta_2 = h \end{array} \right\} \text{ zie fig. 1} \quad (7)$$

Hierbij wordt  $H$  positief gerekend, indien het terreinpunt boven het coörd. vlak ligt (zooals in de fig.). Daalt de bodem beneden het uitgangsniveau, zoo moet de invloed van de ontbrekende massa's een negatieve waarde aannemen. Indien men  $H$  dan negatief in rekening brengt, behouden de integratiegrenzen hun vorm:

$$-\sigma \int_h^{h-H} \dots = \sigma \int_{h-H}^h \dots$$

<sup>1)</sup> Zie b.v. J. A. A. MEKEL, Theorie van het tektonisch-gravimetrisch onderzoek.

Bij beschouwing van fig. 1 zij men er op bedacht, dat de positieve Z-as naar beneden is gericht!



Figuur 1.

### § III.

De methode van W. SCHWEYDAR neemt aan, dat:

$$\rho^2 + \zeta^2 \approx \rho^2 + h^2. \quad (8)$$

Deze aanname geldt bij benadering voor vlak land (zie fig. 1).

Men vindt na integratie van (4b) naar de variabele  $\zeta$  tusschen de grenzen  $\zeta_1 = 0$  en  $\zeta_2 = \zeta_\rho = z_\rho + h$ ; dus nu met als uitgangsniveau het vlak door het zwaartepunt O:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = {}^1) - \frac{3}{2} G \sigma \int_0^{2\pi} \int_0^\rho \frac{\rho^2 \cos \alpha \, d\alpha \, d\rho}{(\rho^2 + h^2)^{5/2}} \zeta_\rho^2 \quad (9)^2$$

Voor de integratie naar  $\rho$  moet men het functioneel verband kennen tusschen  $\zeta_\rho$  en  $\rho$  of dat tusschen  $\zeta_\rho^2$  en  $\rho$ .

Oorspronkelijk nam SCHWEYDAR een lineair verband aan tusschen twee opeenvolgende cirkels (vergelijk met (10)):

$$z_r = F_n + (\rho - \rho_n) \operatorname{tg} \varphi \quad (\alpha = \text{const.}) \quad (11)$$

1) Het minteken ontstaat doordat  $\sigma$  negatief moet worden beschouwd.

2) SCHWEYDAR vindt in voornoemde publicaties met een andere notatie:

$$U_{xz} = - \frac{3}{2} G \sigma \int_0^{2\pi} \int_0^r \frac{r^2 \cos \alpha \, d\alpha \, dr}{(r^2 + h^2)^{5/2}} (z_r - h)^2 \quad (10)$$

de Z-as is hier positief naar boven gekozen: (linksch stelsel)

$$z_r = -z_\rho; \quad z_r - h = \zeta_r = -\zeta_\rho \quad \text{zie (6).}$$

waarbij:

$$\frac{F_{n+1} - F_n}{\varrho_{n+1} - \varrho_n} = \operatorname{tg} \varphi.$$

In plaats van de hoogten  $z$  kan men ook dit verband voor de relatieve hoogten  $\zeta$  — zie (6) — opstellen.

In (11) werd  $F_n$  — het hoogte verschil van den  $n^{\text{en}}$  cirkel — vastgelegd door een reeks van FOURIER — zie (3).

Uitgaande van (9) of (10) is (11) ondoelmatig: de constanten van een extra reeks van FOURIER moeten dan mede worden bepaald:

$$\begin{aligned} \zeta_n \cdot \zeta_{n+1} = & C_0^{n, n+1} + C_1^{n, n+1} \cos a + C_2^{n, n+1} \cos 2a + \dots \\ & \dots S_1^{n, n+1} \sin a + S_2^{n, n+1} \sin 2a + \dots \end{aligned} \quad (12)$$

Vandaar, dat hij in de laatste publicatie ('27) het verband kwadratisch vastlegt:

$$\zeta_r^2 = M + Nr + Pr^2 \quad (13)$$

Uit drie opeenvolgende „relatieve hoogten”  $\zeta_n$ ,  $\zeta_{n+1}$  en  $\zeta_{n+2}$  volgen de constanten  $M$ ,  $N$  en  $P$ : drie hoogte verschillen  $\zeta = z - h$  — zie (10) — gemeten op drie opeenvolgende cirkels  $n$ ,  $n + 1$  en  $n + 2$ .

In de plaats van vergelijking (3) komt nu:

$$\begin{aligned} \zeta_n^2 = & C_0^n + C_1^n \cos a + C_2^n \cos 2a + \dots + C_m^n \cos ma + \\ & + C_{m+1}^n \cos (m+1)a + \dots + S_1^n \sin a + S_2^n \sin 2a + \dots + \\ & + S_m^n \sin ma + S_{m+1}^n \sin (m+1)a + \dots \end{aligned} \quad (14)$$

Opdat men gemakkelijk de constanten van deze reeks van FOURIER kan bepalen, worden de relatieve hoogten  $\zeta_n$  op den  $n^{\text{en}}$  cirkel op gelijke afstanden gemeten. Verder wordt de berekening mede vereenvoudigd door de functie in 8, 16 of 32 ordinaten vast te leggen, al naar gelang men de termen van de ontwikkeling van  $m + 1$  af verwaarlozen kan. (Men heeft dan een  $m$ -stralig nivellement uitgevoerd, waarbij  $m$  de waarden 8, 16 en 32 kan aannemen).

Het blijkt, aldus werkend, dat slechts de constanten  $S_1^n$  en  $C_1^n$  voor de gradiënt moeten worden bepaald en  $S_2^n$  en  $C_2^n$  voor de beide elementen van den „krommingsfactor  $R$ ” zie b.v. (24).

Men komt aldus voor  $\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$  tot de uitdrukking:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = \frac{\sigma}{2} (-172,9 C_1^1 - 11,64 C_1^2 - 17,92 C_1^3 \dots) \quad (15)$$

waarbij door de keuze van de op gelijken afstand geplaatste ordinaten  $\zeta_n$  de constante  $C_1^n$  eenvoudig gevonden wordt uit:

$$\frac{m}{2} C_1^n = \sum_m \zeta_{n,m}^2 \cos a \quad (16)$$

Hierin is:  $C_1^n$  de coëfficiënt van  $\cos a$  bij de ontwikkeling van  $\zeta_n^2$  in een reeks van FOURIER — zie (14) —

$$\zeta_n = z_n - h \text{ (in meters!)}$$

$m$  geeft aan  $m$ -stralig nivellement.

$n$  geeft aan  $n^{\text{en}}$  cirkel van het nivellement.

De cirkels liggen hier op 1,5; 3; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 70; 100 meter.

Zwaartepunthoogte ( $h$ ) van de balans = 90 cm.

Bovenstaand kwadratisch verband heeft het nadeel, dat de „relatieve hoogten”  $\zeta_{n+2}$ , gelegen op even genummerde cirkels voortdurend twee keer bij de kwadratuur worden gebruikt tegen de „hoogten” op oneven genummerde cirkels  $\zeta_{n+1}$  slechts éénmaal.

Er wordt hier een grooter gewicht gehecht aan de hoogtemetingen verricht op de even-genummerde cirkels in vergelijking met die gedaan op de oneven nummers — hetgeen in een „onregelmatig verloopend” terrein niet wenschelijk is.

Vergelijking (10) of (9) kan men ook splitsen in meerdere termen;

$$U_{xz} = -\frac{3}{2} G \sigma \int_0^{2\pi} \int_0^r \frac{r^2 \cos a \, da \, dr}{(r^2 + h^2)^{5/2}} (z_r^2 - 2 z_r h + h^2) \quad (17)$$

De term met  $\int_0^{2\pi} h^2 \cos a \, da$  valt weg:

$$U_{xz} = -\frac{3}{2} G \sigma \int_0^{2\pi} \int_0^r \frac{r^2 \cos a \, da \, dr}{(r^2 + h^2)^{5/2}} (z_r^2 - 2 z_r h) \quad (18)$$

Vergelijking (18) bestaat uit twee termen:

De 2e term is toonaangevend in de nabijheid van het station ( $z_r$  is dan klein) — voor hem kan b.v. het functioneel verband (11) worden ingevoerd.

$$U_{xz}^{2e \text{ term}} = \frac{\sigma}{2} (+ 2,364 c_1^1 + 0,643 c_1^2 + 0,239 c_1^3 + \dots) \quad (19)$$

waarbij:  $\frac{m}{2} c_1^n = \sum_m z_{n,m} \cos \alpha$  — voor de beteekenis der letters, zie (14), (15) en (16). De hoogten  $z_{n,m}$  echter in cm!

De 1e term (de zogenaamde „kwadratische term”) is op dezelfde wijze te behandelen als (9). Hij geeft dan de extra bijdrage:

$$U_{xz}^{1e \text{ term}} = \frac{\sigma}{2} (- 172,9 C_1^1 - 11,64 C_1^2 - 17,92 C_1^3 \dots) \quad (20)$$

Vergelijking (20) is geheel analoog aan (15) — de hoogten  $z_{n,m}$  weer in meters te nemen!

Dus tezamen:

$$\begin{aligned} U_{xz} &= U_{xz}^{2e t.} + U_{xz}^{1e t.} = \\ &= \frac{\sigma}{2} \{ (+ 2,364 c_1^1 + 0,643 c_1^2 + \dots) - (172,9 C_1^1 + \\ &\quad + 11,64 C_1^2 \dots) \} \quad (21) \end{aligned}$$

De beide tweede afgeleiden van de potentiaal  $U$ , welke tezamen den zogenaamden „Krommingsfactor  $R$ ” geven, bezitten dezen kwadratischen term niet:

$$\text{b.v. } 2 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = 3 G \sigma \int \frac{\rho^3 \sin 2 \alpha}{(\rho^2 + \zeta^2)^{3/2}} d \alpha d \rho d \zeta \quad (22b)$$

(22b) is analoog aan (4b).

Vergelijking (22b) wordt gevonden uit:

$$2 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = 3 G \sigma \int \frac{\rho^3 \sin 2 \alpha}{\{\rho^2 + (z - Z)^2\}^{3/2}} d \alpha d \rho d \zeta \quad (22a)$$

(22a) is analoog aan (4a).

Voor de beteekenis van de notatie zie (4a), (4b) en (5).

Na de invoering van  $\zeta = z - Z$  (6), SCHWEYDAR's aanname (8)

en integratie van (22b) naar  $\zeta$  tusschen de grenzen  $\zeta_1 = 0$  en  $\zeta_2 = \zeta_\rho$ :

$$2 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = -^1) 3 G \sigma \int_0^{2\pi} \int_0^\rho \frac{\rho^3 \sin 2\alpha d\alpha d\rho}{(\rho^2 + h^2)^{3/2}} \zeta_\rho^2 \quad (23a)$$

Vergelijking (23a) of (23b) vertoont dus den kwadratischen term niet.

Het functionneel verband (11) invoerend geeft dit voor

$$2 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} : 2 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = \frac{\sigma}{2} (3,302 s_2^1 + 1,962 s_2^2 + 1,343 s_2^3 + \dots). \quad (24)$$

Waarbij  $\frac{m}{2} s_2^n = \sum_m z_{n,m} \sin 2\alpha$ .

Voor de beteekenis der letters zie weer (14), (15) en (16).

Vergelijking (24) is de formule volgens welke de rekenschuif van RAINBOW is geconstrueerd geldend voor de „curvature for height 90 cms”.

De gradiënt-schuif van RAINBOW is niet volgens (21) vervaardigd; de cirkels op afstanden zooals SCHWEYDAR ze koos, werden echter behouden — zie (40).

#### § IV.

Men kan het probleem ook als volgt behandelen:

Integreer vorm (4b) naar variabele  $\zeta$  tusschen de grenzen  $\zeta_1 = h - H$  en  $\zeta_2 = h$  (fig. 1).

<sup>1)</sup> Zie index <sup>1)</sup> van (9).

<sup>2)</sup>  $\zeta_\rho = -\zeta_r = -z_{\text{SCHWEYDAR}} + h$  ( $z_{\text{S}}$  geeft de  $z$ -coördinaat, met de  $Z$ -as positief gerekend naar boven; linksch stelsel)

$$2 U_{xy} = + 3 G \sigma \int_0^{2\pi} \int_0^r \frac{r^3 \sin 2\alpha d\alpha dr}{(r^2 + h^2)^{3/2}} z_r \quad (23b)$$

Dit is de vorm, welke SCHWEYDAR aangeeft.

De term met  $\int_0^{2\pi} h \sin 2\alpha d\alpha$  valt weg.

SCHWEYDAR's notitie geeft ten onrechte een tweeden term van het binomium; deze moet wegvallen in verband met aanname (8).

Dan geeft dit:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = -G \sigma \int_0^{2\pi} \cos a \, da \int_0^{\rho} d\varrho \left[ \frac{\varrho^2}{(\varrho^2 + \zeta^2)^{3/2}} \right]_{h-H}^h \quad (25)$$

dus nu zonder aanname (8) van SCHWEYDAR.

$$\left[ \frac{\varrho^2}{(\varrho^2 + \zeta^2)^{3/2}} \right]_{h-H}^h \text{ is een functie van de straal } \varrho: f(\varrho). \quad (26)$$

Dan:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = -G \sigma \int_0^{2\pi} \cos a \, da \int_0^{\rho} f(\varrho) \, d\varrho. \quad (27)$$

De bepaalde integraal  $\int_0^{\rho} f(\varrho) \, d\varrho$  moet door één der formules

van de numerieke integratie worden opgelost (b.v. door toepassing van den „een derde regel van SIMPSON’’).

Ter globale aangave van de keuze der stralen moet men het volgende in aanmerking nemen: In  $f(\varrho)$  komt  $H$  voor, welke zelf weer één of andere functie van  $\varrho$  is:  $H = \varphi(\varrho)$ . (28)

Onderstel nu dat:  $H = \varrho \varepsilon$ , waarbij  $\varepsilon$  — van de orde van grootte der terreinhelling — in feite een onbekende functie van  $\varrho$  is. (29)

Ontwikkel vervolgens de binomiaalreeks naar machten van  $\varepsilon$ :

$$f(\varrho) = 3\varepsilon \frac{h\varrho^3}{(\varrho^2 + h^2)^{5/2}} + \frac{3}{2}\varepsilon^2 \frac{\varrho^4(4h^2 - \varrho^2)}{(\varrho^2 + h^2)^{7/2}} - \frac{5}{2}\varepsilon^3 \frac{h\varrho^5(3\varrho^2 - 4h^2)}{(\varrho^2 + h^2)^{9/2}} \dots \quad (30)$$

De eerste term, welke maatgevend is voor de grootte van  $f(\varrho)$  bereikt zijn maximum voor een waarde  $\varrho_{\max.} = \frac{h}{2} \sqrt{6} = 1,103 \text{ m}$  ( $h = 0,9$  meter), terwijl hij nul wordt voor  $\varrho = 0$  en  $\varrho = \infty$ .

De algemeene aanname (29) geldt in vele gevallen, welke men in de praktijk tegenkomt, niet ten volle. Dit bezwaar vervalt

echter grootendeels bij de grootere afstanden b.v. (naar NUMEROV)<sup>1)</sup> bij de stralen groter dan vier meter.

Voor dergelijke groote straalafstanden is  $f(\varrho)$  eventueel wel voor te stellen door:  $f(\varrho) = \frac{a}{\varrho^2} + \frac{b}{\varrho^3} + \frac{c}{\varrho^4}$ , welke vorm integreerbaar is. (31)

Binnen de vier meter kan men  $\int_0^4 f(\varrho) d\varrho$  b.v. door middel van „SIMPSON's een derde regel" oplossen. NUMEROV legt dan, aangezien deze kwadratuurformule een even aantal gelijke intervallen vereischt, de cirkels met straal  $\varrho$  op 1, 2, 3 en 4 meter. Hij neemt de intervallen klein (= één meter), omdat  $\varrho$  zich hier in de omgeving van  $\varrho_{\max}$  bevindt — zie (30).

De „een derde regel van SIMPSON" onderstelt:

$$f(\varrho) = a + b\varrho + c\varrho^2. \quad (32)$$

Over de eerste vier meter is  $f(\varrho)$  nu door twee 2e graads parabolen vervangen. De regel is ontstaan uit NEWTON's interpolatieformule met verwaarloozing van de derde verschillen en hoogere; hetgeen overeenkomt met de vervanging van  $f(\varrho)$  door een polynomium van den 2en graad:

$$\int_0^4 f(\varrho) d\varrho = \frac{1}{3}f(0)^2 + \frac{4}{3}f(1) + \frac{2}{3}f(2) + \frac{4}{3}f(3) + \frac{1}{3}f(4) \quad (33)$$

Buiten de vier meter kiest NUMEROV voor  $f(\varrho)$  een integreerbare machtfunctie van  $\frac{1}{\varrho}$  (beginnend met  $\frac{1}{\varrho^2}$ ) — zie (31).

De drie onbekende constanten  $a$ ,  $b$  en  $c$  van  $f(\varrho)$  — (31) — worden weer uit drie via metingen verkregen ordinaten  $f(o)$ ,  $f(p)$  en  $f(q)$  berekend — 3 vergelijkingen van den 1en graad met 3 onbekenden. (Op 3 opeenvolgende stralen  $o$ ,  $p$  en  $q$  worden  $f(o)$ ,  $f(p)$  en  $f(q)$  door de aldaar gemeten hoogten  $H$  vastgelegd — zie (26).

<sup>1)</sup> B. NUMEROV, Zeitschrift für Geophysik 1928.

<sup>2)</sup>  $f(0) = 0$ .



$$\int_0^q f(\varrho) d\varrho = a \left( \frac{1}{o} - \frac{1}{q} \right) + \frac{b}{2} \left( \frac{1}{o^2} - \frac{1}{q^2} \right) + \frac{c}{3} \left( \frac{1}{o^3} - \frac{1}{q^3} \right) =$$

$$= C_1 f(o) + C_2 f(p) + C_3 f(q) \quad (34)$$

b.v.

$$C_1 = \frac{o^4 (p - q) \left\{ \left( \frac{1}{o} - \frac{1}{q} \right) - (p + q) \frac{1}{2} \left( \frac{1}{o^2} - \frac{1}{q^2} \right) + pq \frac{1}{3} \left( \frac{1}{o^3} - \frac{1}{q^3} \right) \right\}}{D} \quad (35a)$$

waarbij:

$$D = \begin{vmatrix} o^2 & o & 1 \\ p^2 & p & 1 \\ q^2 & q & 1 \end{vmatrix} \quad (35b)$$

De formules (31), (32) tezamen met (25), (26) en (27) geven de grondslag voor de tabellen van NUMEROV (in het gekozen voorbeeld is dit de gradiënt-tabel).

Past men één der formules van de mechanische kwadratuur, b.v. (32), toe op de vergelijking (27) en gebruikt men de stralen van SCHWEYDAR: 1,5, 3, 5, 10 . . . . meter, dan wordt dit over de eerste drie meter:

$$\int_0^3 f(\varrho) d\varrho = \frac{3^{3/2}}{3} \{ f(0) + 4 f(3/2) + f(3) \} =$$

$$= 2 f(3/2) + 1/2 f(3). \quad (36)$$

Ingevuld in (27):

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = - G \sigma \int_0^{2\pi} \cos a da \{ 2 f(3/2) + \dots \} =$$

$$= \frac{\sigma}{\pi} \int_0^{2\pi} \cos a da [ - G \pi \{ 2 f(3/2) + \dots \} ] = \sigma C_1 \quad (37)$$

waarbij:

$$[\dots] = C_0 + C_1 \cos a + C_2 \cos 2a + \dots$$

$$+ S_1 \sin a + S_2 \sin 2a + \dots \quad (38)$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = \sigma C_1 = \frac{2\pi \sigma}{m \pi} \sum_{i=1}^m [\dots] \cos a = \frac{\sigma}{m} \sum_{i=1}^m \{ 2 [\dots] \} \cos a \quad (39)$$

$m$  stelt weer een  $m$ -stralig nivellement voor.

Rekent men  $\{2 [-G \pi 2 f^{(3/2)}]\}$  uit voor  $H = +10$  cm en  $h = 90$  cm, dan heeft men aldus de „invloedconstante” voor  $+10$  cm op den  $3/2$  meter cirkel verkregen:

$$-4 G \pi \left[ \frac{1,5^2}{(1,5^2 + \zeta^2)^{3/2}} \right]_{\zeta_1=0,8}^{\zeta_2=0,9} = 31,46 \cdot 10^{-9} \text{ c.g.s.} = 31,46 \text{ E } ^1) \quad (40)$$

Dit is de eerste invloedconstante van de rekenschuif van RAINBOW — („gradient for height 90 cms”). De overige vindt men op analoge wijze (b.v. door toepassing van (31) of door middel van de interpolatieformule van LAGRANGE, geldend voor ongelijke intervallen van de onafhankelijk variabele  $\varrho$ , enz.).

De gradiëntschuif is dus geconstrueerd volgens het principe van vergelijking (32) (waarbij de ordinaten „ $-f(\varrho)$ ” op gelijke afstanden zijn gekozen) of van analoge interpolatieregels, terwijl de schuif voor den „krommingsfactor  $R$ ” de hoogte  $H$  (of de relatieve hoogte  $\zeta$ ) — na aannahme van (8) — in direct functioneel verband stelt met de onafhankelijk variabele  $\varrho$  — volgens vergelijking (11).

## § V.

Ter globale aangave van de keuze der stralen werd aangenomen:  $H = \varphi(\varrho) = \varrho \varepsilon$ ; zie (29). Dit onderstelt een constante terreinhelling ( $\text{tg } \alpha = \varepsilon$ ). Men zag tot welke conclusie deze aannahme van NUMEROV leidde.

In ons land mag men een dergelijk lineair verloop *à priori* niet aannemen:

Uit een groot aantal nivellementen (volgens SCHWEYDAR) in midden Limburg verricht — waarbij in de directe omgeving van het station in 99% van de gevallen niets werd veranderd — blijkt, indien men  $\beta$  hoogtemetingen bij een groot aantal willekeurige stations op den  $\varrho$  meter cirkel uitvoert, men  $a$  keer een absoluut hoogteverschil van  $H$  meter meet (d.w.z.  $a$  keer een hoogteverschil binnen de grenzen van b.v.  $H$  plus of min 25%). Zie voor de teekening van  $H$  figuur 1.

<sup>1)</sup> 1 E =  $10^{-9}$  c.g.s.

Indien men  $\alpha_{\max}$  bepaalt, stelt de bijbehorende  $H$  het meestvoorkomende hoogteverschil op den betreffenden straal voor.

Aldus wordt een aantal „vergelijkbare hoogten  $H$ ” verkregen, welke het „gemiddelde terreinverloop” in zekere straalrichting aangeeft.

Bijvoorbeeld:  $\beta = 432$ ; aantal stations 50.

$\rho[m]$	$H[m]$	$\alpha$	$\rho$	$H$	$\alpha$	$\rho$	$H$	$\alpha$
1,5	0,01	85	10	0,05	83	20	0,07	78
	0,02	103		0,06	102		0,08	73
	0,03	82		0,07	95		0,09	79
	0,04	61		0,10	61		0,10	79
3	0,02	81	30	0,10	61	20	0,11	80
	0,03	105		0,15	88		0,12	84
	0,04	87		0,18	77		0,13	80
	0,05	78		0,20	89		0,14	77
				0,25	74		0,15	74
5	0,03	94	40	0,15	31	20	0,16	75
	0,04	116		0,22	73		0,17	79
	0,05	90		0,25	85		0,18	82
	0,06	85		0,26	87		0,19	75
	0,07	87		0,30	73		0,20	75
	0,08	81					0,21	71
						0,22	70	

$$\begin{array}{l} \rho \quad 0 \quad 1,5 \quad 3 \quad 5 \quad 10 \quad 20 \quad 30 \quad 40 \\ H \quad 0 \quad 0,02 \quad 0,03 \quad 0,04 \quad 0,06 \quad 0,12 \quad 0,18 \quad 0,26 \end{array} \quad (41)$$

Uitdrukkelijk worden dus onder de termen het „gemiddelde terreinverloop” en de „vergelijkbare hoogten  $H$ ” niet verstaan, dat het werkelijke terrein in de betreffende richting aldus zou verlopen.

Getracht werd slechts de onregelmatige verdeling van zéér kleine positieve en negatieve afwijkingen <sup>1)</sup> om het voetpunt van de balans door een gemiddelde kromme voor te stellen.

<sup>1)</sup> Door het absolute bedrag van  $H$  in één straalrichting te nemen, wordt dus in deze richting een terrein met hetzij slechts geringe positieve afwijkingen (= „hobbels”), hetzij slechts kleine negatieve afwijkingen (= „kuilen”) benaderd.

Overigens betreft het hier den invloed van een groot aantal geringe oneffenheden op het topografisch effect.

Vergelijking (41) geeft deze kromme in fig. 2a *getrokken* weer. Men ziet uit deze figuur duidelijk, dat door de eenvoudige nivelleermethode, waarbij om het station niets aan het veld wordt

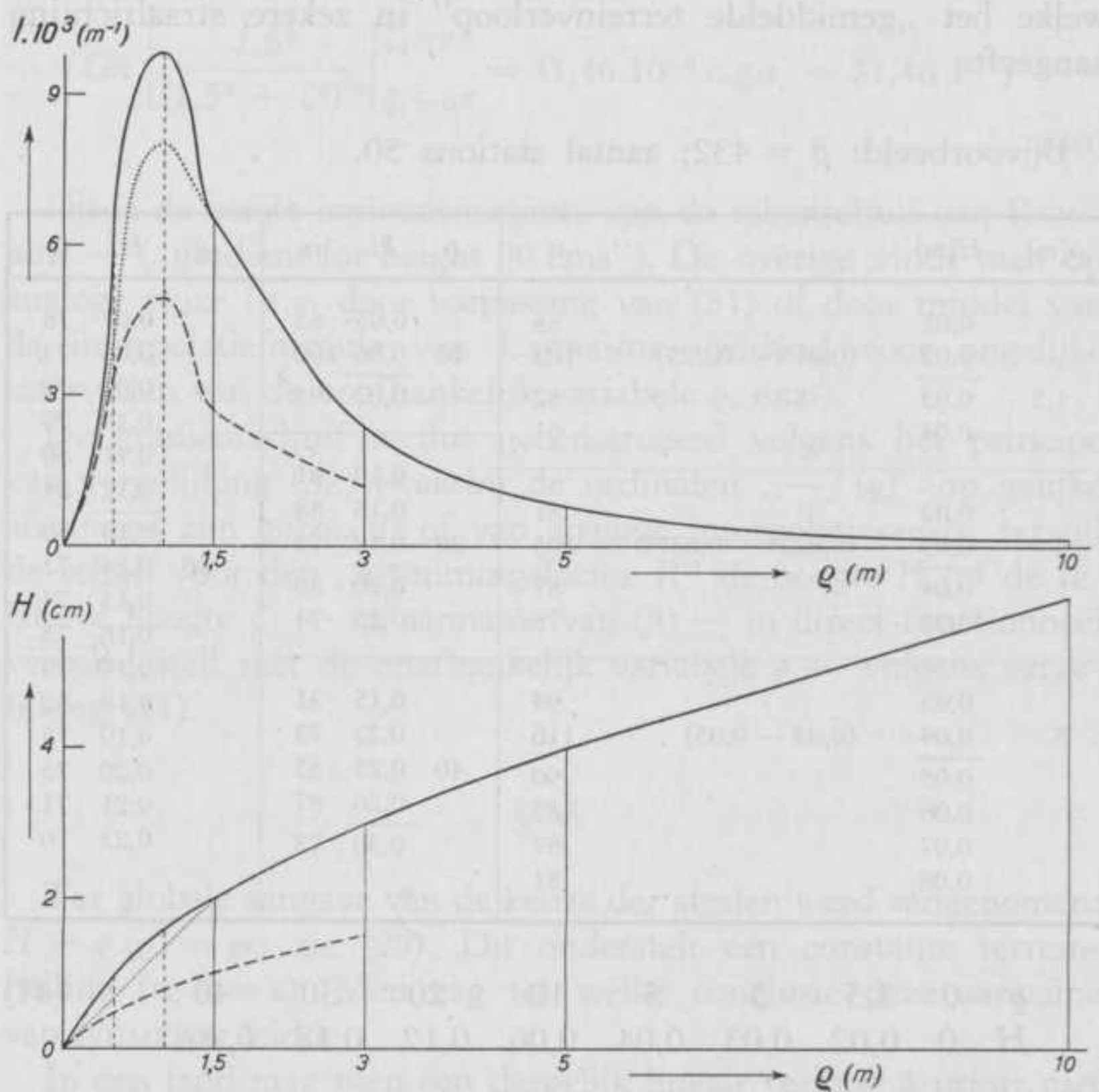


Fig. 2.  $\begin{cases} 2a \text{ onder.} \\ 2b \text{ boven.} \end{cases}$

veranderd, de onderstelling van een „effen” terrein (d.i. gelijkmatig hellend) in de directe omgeving van het instrument in de meeste gevallen niet geldt: De gecultiveerde bodem en het beperkte aantal personeel maakten het „vlakmaken” van het terrein om de balans over de eerste 5 meter onmogelijk.

De bijdrage tot de totale gradiënt <sup>1)</sup>  $\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$  van een zuiltje van  $H$

<sup>1)</sup> Het probleem zal voor de gradiënt worden uitgewerkt, aangezien slechts deze grootte in de meeste gevallen wordt gevraagd.

meter hoogte met openingshoek  $d\alpha$  is op afstand  $\varrho$  van het voetpunt  $A$  van de balans:

$$- G \sigma \cos \alpha d\alpha f(\varrho)_{h-H}^h d\varrho \text{ — zie (27) —} \quad (42a)$$

Dit is éézelfde azimuth  $\alpha$  beschouwend en slechts de variabele  $\varrho$  in aanmerking nemend evenredig met den „Invloedfactor”

$$I = -f(\varrho)_{h-H}^h$$

Het meest nauwkeurig wordt de tweede afgeleide van de zwaartekracht functie bepaald door de ordinaten  $H$  op die plaats dicht opeen te meten waar  $\frac{\partial I}{\partial \varrho}$  sterk varieert en  $I$  groot is.

Immers de totale bijdrage van een segment met openingshoek  $d\alpha$  is evenredig aan de bepaalde integraal  $\int_0^\infty I d\varrho$  (42b)

Berekent men den invloedfactor  $I$  voor de verschillende stralen met de bijbehorende „vergelijkbare hoogten”  $H$ <sup>1)</sup> en zet men de uitkomst grafisch uit, zoo volgt hieruit het verband tusschen  $\varrho$ ,  $H$  en  $I$ :

$\varrho$ [m]	0	(0,5)	(1)	1,5	3	5	10	20	30	40	
$H$ [cm]	0	(1*)	(1,6*)	2	3	4	6	12	18	26	(44)
$I \cdot 10^3$ [ $m^{-1}$ ]	0	(5,94)	(9,87)	6,47	2,40	0,79	0,14	0,04	0,02	0,01	

(44) geeft: fig. 2a en b aangegeven als *getrokken* krommen tot en met den 10 meter straal.

De geïnterpoleerde waarden zijn tusschen haakjes geplaatst.

\*: Is op de 0,5 mtr.  $H = 0,7$  cm, zoo wordt  $I \cdot 10^3 = 4,16$ ,

Is op de 1,0 mtr.  $H = 1,3$  cm, zoo wordt  $I \cdot 10^3 = 8,02$ .

Beide waarden geven de *gestippelde* krommen in fig. 2a en 2b. Zij zijn afgeleid uit de lineaire interpolatie tusschen 0 en  $\frac{3}{2}$  mtr.

Door de oneffenheden in het terrein liggen de gemiddelde cijfers weer boven deze waarden. Zou men immers de 1,5 mtr. lineair interpoleeren tusschen de 0 en 3 meter, dan verkrijgt men 1,5 cm inplaats van de boven gevonden waarde van 2 cm, enz.

De *gestippelde* kromme  $I$  zou daarentegen gelden, indien men

<sup>1)</sup>  $I$  wordt in het vervolg berekend voor het geval, dat  $H$  positief is: wanneer het terrein — in de betreffende straalrichting van het voetpunt  $A$  afgaand — oploopt.

Zie fig. 1.

het terrein om de balans over  $\frac{3}{2}$  meter vlak maakt (d.i. effen, niet horizontaal!).

Dat het hier gaat om het terreinverloop — dus de verhouding van de „vergelijkbare hoogteverschillen  $H$ ” ten opzichte van elkander — blijkt, indien men bovenstaande waarden tot en met den 3 meter straal 50% kleiner maakt.

Het „terreinverloop” blijft dan hetzelfde en de kromme  $I = -f(\varrho)_{h-H}^h$  behoudt een overeenkomstig karakter: Haar maximum valt weer nagenoeg samen met den een-meterstraal (gestreept aangegeven in fig. 2a, b).

$\varrho$	0	0,5	0,75	1	1,5	3	5	....
$H$	0	0,5	0,66	0,8	1	1,5	4	....
$I \cdot 10^3$	0	3,29	4,56	4,90	2,73	1,22	0,79	....

(45)

Verricht men echter het terrein-nivellement van het torsie-balans-station op de wijze, zooals het veelal gebruikelijk is — dan verkrijgt men een andere afhankelijkheid van de „vergelijkbare hoogte  $H$ ” en den bijbehorenden straal.

Het terrein wordt in dit geval minstens binnen den 3 mtr. cirkel „effen” gemaakt (indien mogelijk binnen den 5 mtr.), terwijl het binnen den  $\frac{3}{2}$  mtr. cirkel zoo horizontaal mogelijk moet worden.

Op den 5- en 3-mtr. straal vindt men dan in ons voorbeeld b.v. de gemiddelde  $H$  van resp. 3 en 1,5 cm (75% en 50% van het vroegere bedrag). Men kan nu tusschen den 3-mtr. en  $\frac{3}{2}$ -mtr. cirkel een lineair verloop aannemen ( $\varepsilon = \frac{0,0015}{3}$ ) en verkrijgt voor  $H_{\frac{3}{2}}$ : 0,75 cm.

Binnen de  $\frac{3}{2}$  mtr. moet het terrein behalve een plat-, ook een volkomen horizontaal vlak benaderen.

Neem in ons voorbeeld bijvoorbeeld aan:

$$H_{1,0} = 0,2 \text{ cm en } H_{0,5} = 0,1 \text{ cm. } ^1)$$

$\varrho$	0	0,5	1	1,5	3	5
$H$	0	0,1 <sup>1)</sup>	0,2 <sup>1)</sup>	0,75	1,5	3
$I \cdot 10^3$	0	0,6	1,22	1,81	1,22	0,60

(46)

Dit stelt de *getrokken* kromme voor in fig. 3a, b.

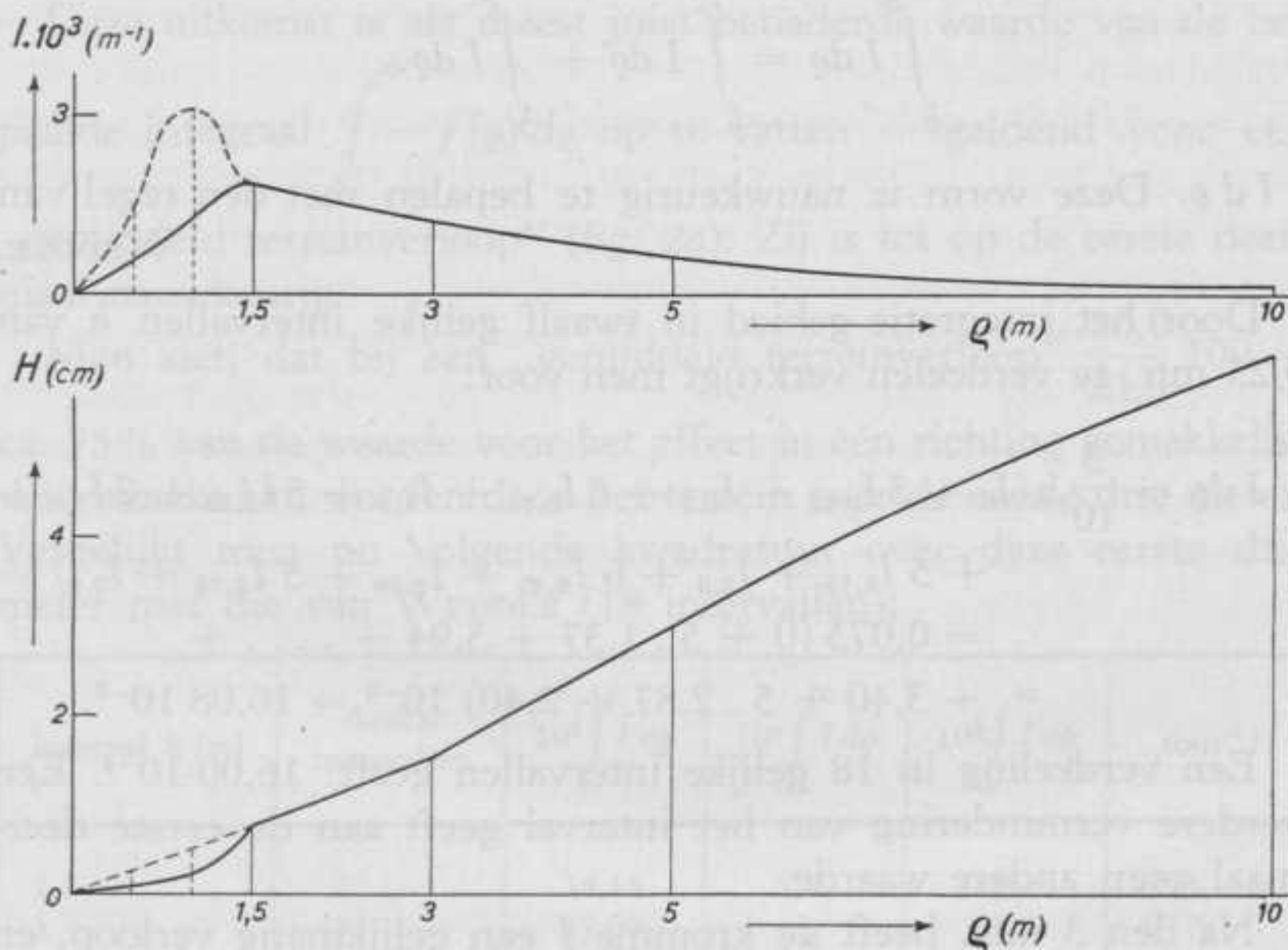
<sup>1)</sup> Deze bedragen zijn mogelijk door resteerende buitengewoon geringe oneffenheden iets te klein gekozen — de getrokken kromme in fig. 3a en b loopt in dat geval iets minder vlak.

Indien men het terrein om het station slechts vlak zou maken, — zoodat een lineair verloop is aan te nemen over het eerste drietal meters om het toestel — verkrijgt men de *gestreepte* kromme in fig. 3a, b.

$\varrho$	0	0,5	1	1,5	3	5
$H$	0	0,25	0,5	0,75	1,5	3
$I \cdot 10^3$	0	1,48	3,07	1,81	1,22	0,60

(47)

Uit het voorgaande blijkt, dat de vraag naar de *juiste keuze der stralen* — uitgaande van een te voren vastgesteld aantal — is teruggebracht tot de bepaling der meest doelmatige numerieke inte-



Figuur 3.  $\left\{ \begin{array}{l} 3a \text{ onder.} \\ 3b \text{ boven.} \end{array} \right.$

gratie uit een aantal waarden van de integrand  $I = -f(\varrho)_{h-H}^h$  —(42b)—, berekend uit dit gegeven aantal stralen en de gegeven functie  $H = \varphi(\varrho)$ . (Grafisch vastgelegd en afhankelijk van de omstandigheden, waaronder het nivellement in het veld wordt uitgevoerd).

## § VI.

Gebruikt men de rekenschuif van RAINBOW (gradiënt), welke werkt met straalafstanden van SCHWEYDAR, dan moet men — (wil men de nauwkeurigheid van de torsie-balansmeting niet te zeer beïnvloeden — zooals nader zal blijken — de veldaanwijzingen op blz. 154 opvolgen.

Bereken nauwkeurig de waarde van  $\int_0^{\infty} I d\varrho$  uit fig. 2b (normaal terreinverloop fig. 2a):

De kwadratuur valt duidelijk in twee deelen uiteen:

$$\int_0^{\infty} I d\varrho = \int_0^3 I d\varrho + \int_3^{\infty} I d\varrho.$$

$\int_0^3 I d\varrho$ . Deze vorm is nauwkeurig te bepalen met den regel van WEDDLE.

Door het integratie-gebied in twaalf gelijke intervallen  $h$  van 0,25 mtr. te verdeelen verkrijgt men voor:

$$\begin{aligned} \int_0^3 I d\varrho &= \frac{3}{10} h (I_0 + 5I_{0,25} + I_{0,5} + 6I_{0,75} + I_{1,0} + 5I_{1,25} + 2I_{1,5} + \\ &\quad + 5I_{1,75} + I_{2,0} + 6I_{2,25} + I_{2,50} + 5I_{2,75} + I_{3,0}) = \\ &= 0,075 (0 + 5 \cdot 1,37 + 5,94 + \dots + \\ &\quad + 3,40 + 5 \cdot 2,87 + 2,40) 10^{-3} = 16,08 10^{-3}. \end{aligned}$$

Een verdeling in 18 gelijke intervallen geeft:  $16,00 10^{-3}$ . Een verdere vermindering van het interval geeft aan de eerste decimaal geen andere waarde.

Na den 3 mtr. heeft de kromme  $I$  een gelijkmatig verloop, en kunnen de intervallen iets grooter worden genomen:

$$\begin{aligned} \int_3^{\infty} I d\varrho &= \int_3^5 I d\varrho + \int_5^{10} I d\varrho + \int_{10}^{40} I d\varrho + \int_{40}^{\infty} I d\varrho. \\ \int_3^5 I d\varrho &= \frac{1}{3} 1 (2,40 + 4 \cdot 1,30 + 0,79) 10^{-3} = 2,80 10^{-3} \\ &\quad (\frac{1}{3} \text{ regel van SIMPSON — 2 intervallen}) \end{aligned}$$



$$\int_5^{10} I d\varrho = \frac{1}{3} 2,5 (0,79 + 4 \cdot 0,23 + 0,14) 10^{-3} = 1,54 \cdot 10^{-3}$$

( $1/3$  regel van SIMPSON — 2 intervallen)

$$\int_{10}^{40} I d\varrho = \frac{3}{8} 10 (0,14 + 3 \cdot 0,04 + 3 \cdot 0,02 + 0,01) 10^{-3} = 1,24 \cdot 10^{-3}$$

( $3/8$  regel van SIMPSON — 3 intervallen).

$$\int_{40}^{\infty} I d\varrho = 0,0 \text{ — in verband met de waarde van } I_{40} \text{ —}$$

$$\int_0^{\infty} I d\varrho = (16,00 + 2,80 + 1,54 + 1,24) 10^{-3} = 21,6 \cdot 10^{-3}. \quad (48)$$

Deze uitkomst is als meest juist benaderde waarde van de bepaalde integraal  $\int_0^{\infty} -f(\varrho) d\varrho$  op te vatten — geldend voor een „gemiddeld terreinverloop” (fig. 2a). Zij is tot op de eerste decimaal nauwkeurig.

Men ziet, dat bij een „gemiddeld terreinverloop”  $\frac{16,0}{21,6} 100 =$  ca. 75% van de waarde voor het effect in één richting gemakkelijk veroorzaakt kan worden door het terrein over de eerste drie meter. Vergelijkt men nu volgende kwadratuur over deze eerste drie meter met die van WEDDLE (18 intervallen):

Interval $h$ [m]	Aantal intervallen	$10^3 \int_0^3 I d\varrho$	$10^3 \int_3^{\infty} I d\varrho$	$10^3 \int_0^{\infty} I d\varrho$	„fout” <sup>1)</sup>
1,5	2	14,14	5,59	19,7	—9%
1	3	17,60	„	23,2	+7%
0,75	4	17,32	„	22,9	+6% (49)
0,5 <sup>(3x)</sup> 0,75 <sup>(2x)</sup>	5 <sup>(3+2)</sup> <sup>2)</sup>	16,48	„	22,1	+2%
0,25	12	16,08	„	21,7	+0,5%
0,16 <sup>7</sup>	18	16,00	„	21,6	—

Door den „knik” bij den  $3/2$  meter van de kromme  $I$  (fig. 2b) geeft de kwadratuur met vier gelijke intervallen nog een fout

<sup>1)</sup> Percentage van (48).

<sup>2)</sup> Wordt nader besproken.

van 6%. De knik is ten deele ontstaan door de zéér globale aangave van de „vergelijkbare hoogten”  $H_{1,0}$  en  $H_{3/2}$ . Overigens geeft hij echter — zei het misschien ietwat te geprononceerd — den duidelijken invloed aan, welke de terreinonregelmatigheden over den eersten  $3/2$  meter hebben op het topografisch effect: de invloedfactor  $I$  heeft een uitgesproken maximum in de nabijheid van den één-meterstraal. De knik is verdwenen bij de gestippelde kromme (fig. 2b) — deze geldt echter voor een over den eersten  $3/2$  meter effen gemaakt terrein. <sup>1)</sup>

De numerieke integratie met twee intervallen volgde RAINBOW — zie (36). Zij geeft voor één straal een afwijking van ca. 9% (te klein) ten opzichte van de benaderd juist gevonden waarde — (48) —. Uit de gestreept aangegeven kromme, fig. 2a, b volgt, dat — voor het geval de correctie in deze richting toe- of afneemt — deze „fout” steeds ongeveer hetzelfde percentage van het effect aanneemt; (mits het terreinverloop hetzelfde blijft). Met andere woorden:

Voor groote correcties in een onregelmatig terrein <sup>2)</sup> (b.v. 10 E en meer: mits — zooals in ons land het geval is — voor ca. 75% veroorzaakt door het eerste drietal meter) is dus in verhoogde mate een meer nauwkeurige d.i. meer doelmatige opmeting over de eerste drie meter gewenscht! (zelfs, indien de bodem mooi effen — d.i. lineair — over de eerste meters verloopt: de gestippelde kromme van fig. 2a en b).

Een voor onze omstandigheden geschikte kwadratuur van de eerste drie meter is de volgende keuze der intervallen <sup>3)</sup>:

$$0 — 0,5 — 1,0 — 1,5 — 2,25 — 3,0. \quad (\text{zie } (49)).$$

Zij geeft een te verwaarloozen fout <sup>4)</sup> van 2% (te groot).

Het interval van 0—1,5 mtr. is met den  $3/8$  regel van SIMPSON behandeld — het interval 1,5—3 mtr. met den  $1/3$  regel. Men ver-

<sup>1)</sup> De kwadratuur  $\int_0^3 I d\varrho$  van deze kromme zal reeds een zéér kleine fout op-

leveren, indien men drie gelijke intervallen van een meter neemt.

<sup>2)</sup> In een onregelmatig terrein zijn de hobbels en kuilen om het toestel namelijk niet gelijkmatig verdeeld, noch wat grootte, noch wat ligging betreft.

<sup>3)</sup> Zie alinea (42b).

<sup>4)</sup> Te verwaarloozen fout ten opzichte van de algeheele onnauwkeurigheid inhaerent aan elk nivellement. Zie laatste blz.

richt hier 5 metingen over de eerste drie meter (waarvan de eerste meting op 0,5 mtr. b.v. door middel van een niveau met stelschroef of een zwakke voorzetlens kan geschieden.)

Het gebied buiten de 3 mtr. kan nu — zie (44) — tot en met den 40-meterstraal in één richting voldoende nauwkeurig worden vastgelegd door 4 metingen: op 5, 10, 25 en 40 mtr. Totaal geeft dit 9 metingen over dezen afstand in plaats van de 7 metingen bij SCHWEYDAR.

Onderzoekt men nu volgend voorbeeld als station van de torsiebalans:

Een naar het Zuiden zwak hellende bodem met overigens „gemiddeld <sup>1)</sup> terreinverloop” — zie fig. 2a.

Dit geeft b.v. een ongunstig geval, indien er ten Noorden van het toestel meer „hobbeltjes” zijn — ten Zuiden daarentegen meer „kuiltjes” <sup>2)</sup> met een door het Oosten en Westen gelijkmatigen overgang. <sup>3)</sup>

Met weglating van alle constante factoren verkrijgt men, indien de numerieke integratie met slechts 2 intervallen wordt gebruikt:

0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315° <sup>4)</sup>
+19,7	+7,9 <sup>3)</sup>	0	-7,9	-19,7 <sup>5)</sup>	-7,9	0	+7,9
+1	+0,707	0	-0,707	-1	-0,707	0	+0,707 <sup>6)</sup>
+19,7	+5,6	0	+5,6	+19,7	+5,6	0	+5,6

De totale correctie op de gradiënt in de Noordrichting ( $U_{xz}$ ) van dit „gemiddelde” <sup>1)</sup> terrein met ongunstige verdeling der bodemafwijkingen <sup>2)</sup> bedraagt — zie (39) —:

$$U_{xz} = \frac{\sigma}{m} 2 \pi G \cdot 10^{-3} \int_0^{\infty} -f(\varrho) d\varrho =$$

$$= \frac{1,8}{8} 2 \cdot 3,14 \cdot 66,7 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{-3} \cdot 61,8 = 5,8 \text{ E (a).}$$

<sup>1)</sup> De waarde  $H$  heeft een gemiddelde grootte.

<sup>2)</sup> Een onregelmatige verdeling dus met overwegend geringe positieve afwijkingen Noord, resp. negatieve Zuid ten opzichte van het voetpunt  $A$  van de balans.

<sup>3)</sup> Als maat voor den gelijkmatigen overgang (positief→negatief) van de onregelmatige verdeling der afwijkingen werd voor „tussenrichtingen” b.v. 40% van 19,7 genomen. Vergelijk (45).

<sup>4)</sup> 8-stralig nivellement.

<sup>5)</sup>  $f(\varrho)_{h-|H|}^h \approx -f(\varrho)_{h+|H|}^h$ .

<sup>6)</sup> Vermenigvuldigd constanten van  $U_{xz}$ .

Terwijl de meest juiste integratie een waarde geeft, welke ca. 10% hooger is (= ca. 9% van (48)) t.w.: 6,4 E (b).

De gekozen kwadratuur met 5 intervallen geeft voor dit voorbeeld 6,5 E (c).

Het verschil tusschen (a) en (b) wordt weer grooter, indien het terrein om het station — zooals soms niet anders mogelijk is — sterker helt. Correcties van 10 E — mits op deze wijze veroorzaakt — kunnen dus mogelijk — bij gebruik van de RAINBOW-schuif zonder opvolging van de betreffende veldaanwijzingen — door verwaarloozing van de bodemoneffenheid direct om het station een fout van 1 E geven (d.i. reeds een ongunstig geval!)

Aangezien het hier een invloed betreft, berekend uit de gemiddelde kromme  $H = \varphi(\rho)^1$ , kan in meer extreme gevallen de grootste onnauwkeurigheid, veroorzaakt door de voor deze omstandigheden ondoelmatige 2-interval kwadratuur, wellicht 2 tot 3 E bedragen! Terwijl deze onnauwkeurigheid bij de 5-interval kwadratuur  $\frac{1}{5} \cdot 2\frac{1}{2}$  ca. 0,5 E bedraagt. Een onnauwkeurigheid van dezelfde orde van grootte als die men zal vinden voor den invloed van de plaatselijk niet opgemerkte oneffenheden (zie blz. 161).

Volgt men echter de veldaanwijzingen op blz. 154: fig. 3a, b, zoo geeft de 2-interval-kwadratuur een goed resultaat en zal men in dat geval nu ook een te verwaarloozen fout verkrijgen van 2 à 3%.

Men moet zich, in verband tot bovenstaande vraag naar „de doelmatige keuze der stralen”, de bronnen van onnauwkeurigheid inhaerent aan elk nivellement duidelijk voor oogen houden:

Hoé doelmatig de keuze ook is, de functies gebruikt bij de numerieke integraties zullen nooit de topografie geheel kunnen volgen.

De soortelijke dichtheid van den bodem wordt in de practijk niet bepaald en slechts voor een geheele sectie (of een gedeelte) gemiddeld aangenomen.

De afleesnauwkeurigheid bedraagt ca.  $\frac{1}{5}$  schaaldeel = 2 mm.

Deze onnauwkeurigheid stijgt voorts ongetwijfeld naarmate men meer oneffenheden om het instrument aantreft en deze niet bij het nivellement zèlf opmerkt en door oplettend baak-houden tracht te elimineeren.

<sup>1)</sup> Zie fig. 2a.

Zal men niets aan het terrein om de balans veranderen — dus het geval, dat besproken werd — dan zijn in extreme voorbeelden mogelijk oneffenheden van 1,5 cm over het hoofd te zien!

Een dergelijke oneffenheid, waardoor men mogelijk  $\frac{3}{2}$  cm te hoog of te laag op de baak kan aflezen, heeft:

Op den  $\frac{3}{2}$  mtr. cirkel bij de 2-interval-kwadratuur een (= max.) invloed van:

$$\frac{1,8}{8} 2 \cdot 3,14 \cdot 66,7 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{-3} \left\{ \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{2} \cdot 4 \cdot (6,47 - 0,89)^1 \right\} = 1,1 \text{ E.}$$

Op den 1 mtr. cirkel bij de 5-interval-kwadratuur een (= max.) invloed van:

$$\frac{1,8}{8} 2 \cdot 3,14 \cdot 66,7 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{-3} \left\{ \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot (9,87 - 0,60) \right\} = 0,5 \text{ E.}$$

Men ziet, dat de doelmatiger kwadratuur de onnauwkeurigheid — ontstaan door niet opgemerkte oneffenheden op de plaats van de baak — halveert! Deze eveneens niet te vatten factor van de nauwkeurigheid van het topografisch effect wordt door de tweede wijze van opmeting wel zeer aanzienlijk verminderd.

1)  $10^{-3} \cdot 0,89 = -f(\varrho)_{0,9-0,005}^{0,9}$ ;  $H = 0,005$  in plaats van  $= 0,02$  (1,5 mtr. straal).

## GRAVIMETRISCHE OPSPORINGSMETHODE MET HET THYSSEN-APPARAAT.

door Dr. R. A. DAMSTÉ en J. J. WOUTERS.

Het Thyssen-apparaat, genoemd naar zijn uitvinder BARON VON THYSSEN, is een product van de Seismos-fabrieken te Hannover.

Het toestel is eerst een vijftal jaren in gebruik en oorspronkelijk bestemd voor regionaal onderzoek.

Het instrument is een zogenaamde „astatische veergravimeter”, m.a.w. een gravimeter waarin de compenseerende kracht wordt uitgeoefend door een veer.

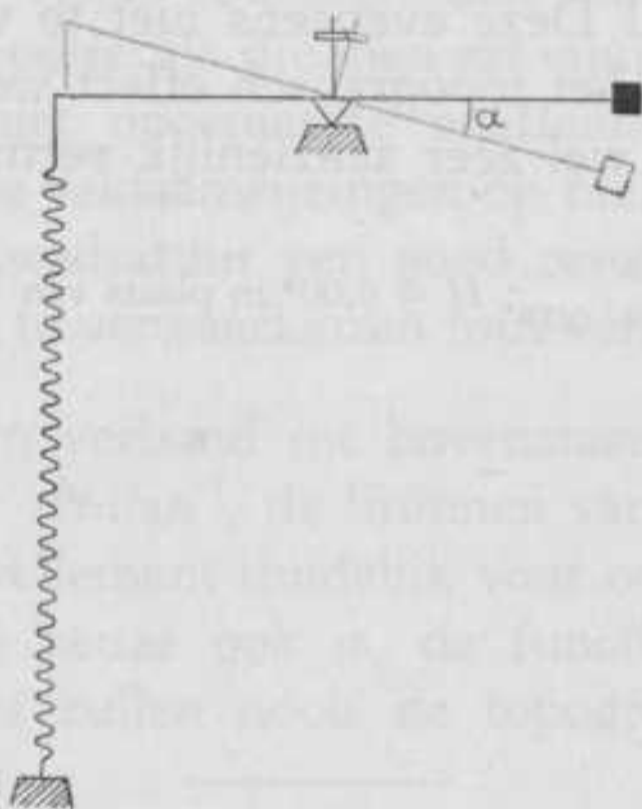


Fig. 1.

Het vitale gedeelte van het apparaat bestaat uit een balansarm vervaardigd van kwartsglas waaraan een mes van agaat is vastgekit, hetwelk weer rust op een agaten lager.

Aan de eene zijde van de balansarm bevindt zich een metalen massa, terwijl aan de andere zijde de veer bevestigd is door middel van een platinadraad.

Aan de massa is een schaalverdeeling bevestigd welke slingert

over een schaalverdeeling die in een loupe is aangebracht.

Een waarneming nu bestaat uit het aflezen van de beide omkeerpunten van een enkele slingering, waarvan het gemiddelde dus aangeeft het evenwichtspunt waarom de balans slingert.

Om nu de gedachte te bepalen nemen wij aan, dat op het station A de evenwichtsstand der balans in het horizontale vlak ligt, hetgeen wil zeggen dat de balansarm met de  $x$ -as samenvalt.

Op station B vinden wij ten gevolge van de verandering van de zwaartekracht een andere evenwichtsstand.

Hierdoor zal de balansarm een hoek  $\alpha$  maken met de  $x$ -as.

Deze hoek  $\alpha$  nu is een maatstaf voor de verandering van de zwaartekracht over den afstand AB.

In het apparaat zijn nu twee van bovenomschreven stelsels aangebracht welke in tegengestelde richting opgehangen zijn in een zogenaamde binnenkast welke weer omgeven is door een buitenkast.

In het toestel is een libelstelsel aangebracht, bestaande uit een dwars- en een overlanglibel, waarbij de laatste het gevoeligst is.

In het instrument bevinden zich verder nog twee thermometers teneinde de temperatuur der beide veeren nauwkeurig te kunnen bepalen.

De werkwijze is als volgt:

Het instrument wordt zeer voorzichtig op een statief geplaatst, hetwelk tevoren reeds genivelleerd is.

De beide libellen worden nu zoo nauwkeurig mogelijk ingespeeld daar het van het grootste belang is, dat de balansarmen in het vertikale vlak slingeren.

Hierna wordt het toestel desarrêteerd, de balansarmen worden dus aan het slingeren gebracht.

De slingertijd van het instrument wordt bepaald, de temperatuur afgelezen en de omkeerpunten waargenomen.

Daar dit laatste bij beide stelsels gelijktijdig moet geschieden is het dus noodzakelijk dat de „crew” van een Thyssen-partij uit minstens twee personen bestaat.

Tijdens de waarnemingen worden de veranderingen van de libel waargenomen, waarvoor later een correctie wordt aangebracht.

Na de waarnemingen wordt wederom de temperatuur afgelezen, de balansen garrêteerd, het toestel van het statief getild en naar een volgend station getransporteerd.

Door geroutineerde waarnemers kan deze geheele handeling binnen de tien minuten verricht worden.

In een volgend punt geschiedt ditzelfde met uitzondering van het waarnemen van den slingertijd, wat niet op ieder station behoeft te gebeuren.

Op deze wijze is dus het verschil in zwaartekracht tusschen twee stations gemeten.

Teneinde echter het verloop in het instrument ook in rekening te kunnen brengen, wordt nu nogmaals op het eerste punt waargenomen, hetgeen theoretisch natuurlijk hetzelfde resultaat zou moeten opleveren, doch in de praktijk bijna altijd een klein verschil blijkt te geven.

Het transport geschiedde in den goeden ouden tijd per auto waarin twee Thyssen-apparaten in veeren opgehangen waren.

In de vloer was een luik aangebracht, waardoor het statief werd neergelaten, terwijl in koude en gematigde streken een verwarmingsinstallatie in de auto was aangebracht, ten einde een gelijkmatige temperatuur te verkrijgen.

In deze benzinelooze tijden geschiedt het vervoer echter per driewieler, waardoor al direct het voordeel der verwarming komt te vervallen.

In deze driewieler is een veerenstelsel aangebracht waarin het instrument is opgehangen.

Het is echter gebleken, tot groote verwondering van insiders, dat de resultaten door het primitieve transport zeker niet minder geworden zijn, integendeel in vele gevallen nauwkeuriger waren.

Dit is voornamelijk een gevolg van het feit, dat het toestel veel minder onderhevig is aan schokken en veelal schokteweegbrengende oneffenheden van den weg vermeden konden worden.

De groote moeilijkheid bij het onderzoek in Zuid-Limburg is nu, dat, in tegenstelling met de gangbare gewoonte, de torsie-balans het eerst zijn secties over het te onderzoeken gebied gelegd heeft, waarbij als aanknoopingspunten werden aangenomen de boringen die in dit gebied door de Staatsmijnen verricht zijn.

Daar nu de torsie-stations vrijwel alle in het open veld gelegen zijn en het Thyssen-apparaat uit den aard der zaak aan wegen



gebonden is, bleek het in vele gevallen zeer moeilijk te zijn deze stations met den Thyssen-gravimeter te benaderen.

In Noord-Holland, waar wij voor de Rijkscommissie voor Geodesie in Nederland onder de bezielende leiding van Prof. F. A. VENING-MEINESZ en Dr. NIEUWENKAMP een onderzoek, wat tien maanden in beslag nam, uitvoerden, geschiedde het vervoer geheel door middel van deze driewieler.

Daar wij de wintermaanden doorwerkten zal het U duidelijk zijn, dat deze vervoerwijze geen sinecure wasen van de „observers” behalve een goed waarnemingsvermogen, ontwikkelde kuitspieren een eerste vereischte was.

Als U nagaat, dat de afsluitdijk, welke een lengte heeft van 32 km, waarbij stations om de 4 km gelegd werden en iedere verbinding tweemaal gemeten moest worden, in drie dagen werd bewerkt, dan zal het U duidelijk zijn, dat ons verlangen naar een luxueuser vervoermiddel daar wel zeer sterk tot uiting kwam.

In Zuid-Limburg werden de moeilijkheden tengevolge van het heuvelachtige terrein nog grooter.

Het kwam hier verscheidene malen voor, dat we een helling te voet moesten beklimmen.

Het vervoer over het Julianakanaal bezorgde ons veel hoofdbrekens, daar o.a. de brug bij Buchten tijdens de oorlogsdagen opgeblazen en nog niet hersteld was.

Daartoe werd het toestel in een wankel bootje naar de overzijde vervoerd.

In Noord-Holland waren wij door de moerassige bodem genoodzaakt de gastvrijheid van boeren in te roepen om op deze wijze als plaats van waarneming een cementen of betonnen vloer ter beschikking te kunnen krijgen.

In Zuid-Limburg daarentegen was het door de reeds eerder genoemde torsie-stations slechts in enkele gevallen mogelijk een dergelijke vloer uit te zoeken en moesten wij dus in het vrije veld onze waarnemingen verrichten.

Dit had tengevolge, dat de libelmoeilijkheden grooter werden en om gunstige resultaten te verkrijgen de waarnemingen snel verricht moesten worden.

Asfaltwegen bleken als ondergrond ten eenen male ongeschikt te zijn. In de buurt van de mijnen was het toestel onderhevig

aan trillingen, die de waarnemingen niet ten goede kwamen.

Ook in Noord-Holland hadden wij dezelfde moeilijkheden in de buurt van fabrieken, waarbij vermeldenswaardig is, dat de directie van de gasfabriek te Alkmaar op ons vriendelijk verzoek zoo welwillend was gedurende een tiental minuten haar enorme breekmachines stop te zetten.



Fig. 2. Foto van het instrument.

*De berekening is als volgt:*

De waargenomen omkeerpunten worden gemiddeld, zoowel van den eersten als van den tweeden waarnemer genomen, waarna met behulp van de toestelconstanten de voorloopige verschillen bepaald worden.

Hierop worden dan nog de diverse correcties aangebracht nl.  
 temperatuurcorrectie

libelcorrectie

amplitudecorrectie. <sup>1)</sup>

Dit zijn de zoogenaamde toestelcorrecties.

Om de eindresultaten te verkrijgen moeten nog de breedte en de hoogtecorrecties aangebracht worden.

De breedte-correctie wordt berekend met behulp van de formule van CASSINIS, welke op iedere breedte de versnelling van de zwaartekracht op de geoïd aangeeft.

Zooals U bekend is, neemt de versnelling van de zwaartekracht toe van de evenaar naar de polen.

De geoïd is de theoretische aardoppervlakte (niveauvlak) waarvan het zichtbare gedeelte met de oppervlakte van de zich in rust bevindende oceanen samenvalt.

We kunnen dus onderscheiden een berekende en een waargenomen zwaartekrachtsverschil waarbij het berekende zwaartekrachtsverschil uit de formule van CASSINIS is afgeleid, terwijl het waargenomen zwaartekrachtsverschil met inrekening brengen van *alle* correcties uit de waarnemingen volgt.

Het verschil van deze twee grootheden, anomalie genaamd, kan ons nu een beeld geven van de geologische structuur in de ondergrond.

De hoogte-correctie dient om alle waarnemingen op één zelfde niveau te brengen waarvoor in den regel het zeeniveau wordt genomen.

Het is dus noodzakelijk van ieder station de hoogte boven N.A.P. te bepalen.

Ieder meter hoogteverschil maakt een zwaartekrachtsverschil uit van 0,3 milligal.

Aangezien wij het werk in Zuid-Limburg met ons tweeën uitvoerden, was het tijdroovend en daarom ondoenlijk zelf waterpassingen uit te voeren. We waren derhalve gebonden aan hoogtepunten op de topografische kaarten en in het mijngebied aan de verschillende verkenmerken, die door de meetafdeeling der Staatsmijnen aangebracht waren.

<sup>1)</sup> Voor een uitvoerige behandeling dezer laatste correctie zie diss. R. A. DAMSTÉ,

Zeer toevallig ontmoetten wij eenige landmeters van de Rijkswaterstaat, waarbij bleek, dat het hoogteverschil tengevolge van de mijnverzakkingen aanzienlijk grooter was dan wij verwacht hadden.

Zoo bijvoorbeeld was een station in de buurt van Amstenrade liggend in het rayon van de staatsmijn Emma sinds 1935 van ongeveer 108 meter tot ongeveer 104 meter gedaald, hetgeen dus een verschil van ongeveer 1,2 milligal zou uitmaken.

Waar wij met een middelbare fout van 0,25 milligal werken, is het U duidelijk, dat een dergelijk verschil ontoelaatbaar is.

Het was dus noodzakelijk de hoogtebepaling van diverse stations te herzien en werden zelfs verscheidene stations opnieuw gemeten door de afdeling mijnmeting der Staatsmijnen, ressorteerend onder Dr. GROND.

Normaliter vindt het Thyssen-onderzoek bij de Bataafsche Petroleum Maatschappij met meerdere instrumenten in het zelfde gebied plaats, o.a. om een contrôle te hebben op de waarnemingen.

Men gaat hierbij uit van zoogenaamde vaste punten.

Deze vaste punten kunnen zijn Holweck-Lejay stations of met andere slingers gemeten stations zooals bijvoorbeeld in Nederland de zeer waardevolle waarnemingen gedaan door Prof. F. A. VENING MEINESZ gedurende de jaren 1913—1921, zie hiervoor: „Observations de Pendule dans les Pays-Bas” par F. A. VENING MEINESZ.

Uitgaande van een dezer stations wordt een zoogenaamd basisnet gelegd, hetgeen wil zeggen, dat op groote onderlinge afstanden tusschen deze vaste punten Thyssen-stations worden gelegd.

Deze afstanden varieeren van 15—20 km.

Daar wij hierbij uitgegaan zijn van een dezer vaste punten, vormen de andere vaste punten dus contrôle stations.

Nadat op deze wijze het basisnet is vastgelegd, worden om de basis punten stervormig de andere Thyssen-stations gelegd waarvan de onderlinge afstanden van 1—3 km varieeren.

Uit deze gegevens wordt nu een isonormalen-kaart geconstrueerd, waarbij verschillende nader te bestudeeren gedeelten naar voren komen en de torsiebalans gebruikt wordt om deze interessante gedeelten nader te detailleeren.

Daar wij in Noord-Holland slechts één toestel ter beschikking

hadden en bovendien het transportmiddel zich niet leende tot het meten van verschillen over afstanden van 15—20 km, moesten wij een andere methode toepassen.

Eveneens hadden wij door het gemis van een tweede toestel geen directe contrôle op onze waarnemingen, waarop ons dan ook van diverse zijden gewezen is.

In Noord-Holland werden nu om de 3—5 km stations gelegd, die in verschillende lussen gerangschikt waren.

De eerste contrôle, die wij hadden, waren de verschillende waarnemingen van Prof. VENING MEINESZ.

Deze zijn voor Noord-Holland (von Sterneck-apparaat):

	Waargenomen g.	Berekende g.	Anomalie.
Haarlem	981,290	981,289	+ 1
Schoorl	981,314	981,317	— 3
Den Helder	981,338	981,340	— 2
Enkhuizen	981,312	981,317	— 5
Hoorn	981,309	981,311	— 2
Amsterdam	981,288	981,287	+ 1

Deze stations lagen nu op de verschillende lussen Thyssen-waarnemingen, die wij vanuit Haarlem opgebouwd hadden.

Met uitzondering van Enkhuizen kwamen de uit de Thyssen-waarnemingen berekende anomalieën overeen met die van Prof. VENING MEINESZ.

Op grond hiervan hadden wij dus een contrôle op de juistheid van onze waarnemingen.

Verder bleek door de veelvuldige testes tijdens het onderzoek, dat de toestelconstanten zeer betrouwbaar waren.

Tenslotte werden door het maken van zooveel mogelijk rondmetingen de ontstane sluitfouten volgens de methode der kleinste vierkanten vereffend, welke sluitfouten bijna onveranderlijk zeer gering waren.

Zoo werden in Noord-Holland 137 stations gemeten welke over 13 rondmetingen verdeeld waren.

Uit het voorgaande blijkt dus duidelijk, dat wij de betrouwbaarheid van het instrument afdoende bewezen hebben.

In Zuid-Limburg, waar wij voor Dr. L. U. DE SITTER, leider

van het geophysisch onderzoek der Staatsmijnen, een project uitvoerden, waren wij gebonden aan de reeds meer genoemde torsie-secties.

Hierbij was het ondoenlijk rondsluitingen te maken daar het Thyssen-apparaat slechts gebruikt werd om de verschillende torsie-secties te verbinden.

Wel werd een begin gemaakt met een uitgebreid net voor de Peel, deel uitmakend van het werkprogram voor 1942.

Als vast punt namen wij in Limburg de ambachtsschool in Sittard aan, eveneens een punt van Prof. VENING MEINESZ, waarbij wij als contrôle-stations hadden de volgende punten:

	Waargenomen g.	Berekende g.	Anomalie.
Sittard	981,158	981,167	— 9
Weert	981,168	981,190	— 22
Blerik	981,197	981,201	— 4
Deurne	981,196	981,208	— 12

In Zuid-Limburg was onze eerste opdracht 6 torsie-secties te verbinden, waarvoor wij 3 dwarstracées over deze 6 secties hebben gelegd.

De onderlinge afstand der stations bedroeg hierbij 1—1½ km en het besloeg het gebied ten Noorden van de lijn Berg-Amstenrade tot Susteren en ten Oosten en ten Westen begrensd respectievelijk door de Duitse en de Belgische grens.

Ook ten Noorden van Susteren, in den Roermondslenk, werden stations gelegd, waarvan echter de onderlinge afstanden 3—4 km bedroegen.

Eén enkele verbinding met Deurne werd getrokken, zijnde de laatste verbinding van de torsie-secties van Ir. VRINS en Dr. ZIJLSTRA.

Voor de Peel werd een plan geprojecteerd, wat op dezelfde wijze als in Noord-Holland zal worden uitgevoerd.

Dit laatste om een voorloopige overzichtskaart te krijgen, waarop voor 1942 de torsiebalans zijn plan de campagne zou uitzetten.

Dit project zal voorloopig wel niet uitgevoerd worden, gezien het feit, dat de Bataafsche Petroleum Maatschappij een reeds lang bestaand plan in het Oosten van het land ten uitvoer gaat brengen.

Het regionaal onderzoek van de Peelhorst zal dus eenige tijd uitgesteld moeten worden, evenals een plan, dat door de Rijkscommissie voor Geodesie voor Zeeland werd geprojecteerd.

Zeeland neemt namelijk op de gravimetrische kaart van Nederland nog een open plaats in en in aansluiting met Zuid-Holland kan dit nog vele geheimen bevatten, die de moeite waard zijn om ontsluitend te worden.

Uit het voorafgaande blijkt dus, dat de Thyssen-gravimeter zeer geschikt is om snel een regionaal onderzoek te verrichten, doch het instrument kan ook zeer goed voor detailwerk gebruikt worden, hetgeen overtuigend bewezen is bij het Thyssen-onderzoek in de Orinoco-delta in Venezuela.

Hier werden de onderlinge stations, waartusschen het zwaartekrachtsverschil gemeten werd, maximaal 500 meter uit elkander gelegd.

Het behoeft dus geen betoog dat hier van een detailwerk sprake is. Het transport geschiedde hier met behulp van booten, hetgeen gezien de uitnemende resultaten een zeer bevredigende werkwijze was.

Door een dergelijk onderzoek heeft het Thyssen-apparaat een gedeelte van de vroeger tot de torsie-balans behorende taak overgenomen.

Ook hier in Limburg zijn wij er van overtuigd, dat door een gedetailleerd Thyssen-onderzoek de verschillende fenomenen ge-localiseerd kunnen worden.

Toch blijft altijd de torsiebalans voor kleine tectonische verschijnselen het aangewezen instrument.

Om nu de resultaten van Thyssen-gravimeter en Torsie-balans te kunnen vergelijken, is het noodig, dat uit de gradiënten-profielen van de torsie-balans de zwaartekrachtsverschillen worden afgeleid.

Hiertoe moeten de genoemde gradiënten-curven geïntegreerd worden, waarbij noodzakelijkerwijze foutjes optreden, daar o.a. het gradiënterverloop tusschen twee torsiestations lineair wordt aangenomen.

Aangezien de torsie-balans bij het onderzoek in Limburg zijn waarnemingen verricht in geaccidenteerd terrein, kan dit vooral bij lange profielen verschillen geven.

Het is dan ook de bedoeling het Thyssen-net als juist aan te nemen en daar de torsie-balans-resultaten tusschen te interpoleeren.

Ten dien einde zijn dan ook op iedere lange torsiesectie meerdere Thyssen-stations gelegd.

Bij kortere tracée's worden de uiteinden der secties door middel van twee overlansche tracée's verbonden.

Met behulp van het regionaal Thyssen-net en de torsiebalanssecties is het mogelijk een uitstekende isonormalenkaart te vervaardigen.

De torsiebalans-gegevens geven behalve de zwaartekrachtverschillen ook nog de richting der isonormalen aan, daar deze loodrecht op de richting der gradiënten staan.

Daar komt nog bij, dat de torsiebalans behalve de gradiënten ook nog de krommingsgrootheden geeft, welke echter in de praktijk van minder belang blijken te zijn dan de gradiënten.

Voor het bepalen van breukzônes zijn echter de krommingsgrootheden wel van belang, daar de richting dezer grootheden omkeeren moet bij het passeeren eener breuk.

Resumeerend kunnen wij dus vaststellen dat voor het bepalen van kleinere details de torsiebalans het meest geschikt is.

Het nadeel echter is, dat de nauwkeurigheid mede door de noodzakelijke bepaling van het landeffect minder is dan de nauwkeurigheid van het Thyssen-apparaat.

Daar komt nog bij dat de snelheid van het Thyssen-apparaat veel grooter is dan die der Torsiebalans, waardoor dus ook weer de onkosten van een „Thyssen-survey" aanmerkelijk geringer zijn dan die der torsiesurveys.

Ook is voor exploratiedoeleinden een ver doorgevoerde detailbepaling meestal onnoodig.

Het is dan ook interessant, om te onderzoeken of de detailbepaling van het Thyssen-apparaat voor genoemde exploratiedoeleinden voldoende zal blijken te zijn.

Een belangrijk gegeven hiervoor is het reeds eerder genoemde onderzoek van de Orinocodelta in Venezuela.

Ook in Britsch-Indië hebben reeds „Thyssen-surveys" plaats gehad geheel los van ieder ander instrument en, voor zoover ons bekend is, met gunstig resultaat.



Tenslotte willen wij niet nalaten nog iets te vertellen over de nauwkeurigheid, waarmede wij in Zuid-Limburg met het Thyssen-apparaat gewerkt hebben.

Het is de gewoonte iedere verbinding tweemaal te meten, waarbij vastgesteld is, dat het verschil hier tusschen maximaal 0,4 milligal mag zijn.

Is het verschil groter dan moet de verbinding nogmaals gemeten worden.

Het aantal stations in de buurt van de mijnen dus ten Zuiden van de Roermondslenk bedroeg 43.

Hierbij is het slechts eenmaal noodzakelijk gebleken een station meer dan tweemaal te meten.

Als we verder het gemiddelde van de verschillen tusschen de tweemaal gemeten stations bepalen, komen wij op 0,18 milligal.

We hopen op deze wijze U een idee gegeven te hebben van een instrument, dat uitmuntende eigenschappen bezit en waarover U in de toekomst zeker nog belangwekkende resultaten te zien zult krijgen.

Het ligt niet in de bedoeling in dit artikel de finesses van het instrument en het onderzoek in Noord-Holland te bespreken, daar het mijn voornemen is, begin 1942 uitvoerig over dit onderwerp te publiceeren.

Belangstellenden zal ik gaarne op hun verzoek een publicatie toesturen.

Roermond, 9 November 1941.

## VELDONDERZOEK IN HET VLODROPGEBIED

door H. WORIES.

In Augustus 1940 werd door het Geologisch Bureau voor het Mijng gebied te Heerlen een eenvoudig veldonderzoek begonnen van het meest Zuidelijke gedeelte van de Peelhorst, dat bij Vlodrop binnen onze landsgrenzen ligt. Het doel van dit onderzoek was het opsporen van storingen in het randgebied van de horst, welke wellicht aan of dicht onder de oppervlakte konden worden aangetoond. Suplementair werd eenige aandacht besteed aan den bouw en ligging van de kwartaire afzettingen.

Bij het beschouwen van de chromo-topografische kaart van 1 : 25.000 (bladen 747, 748 en 751) blijkt uit de ligging van de hoogtelijnen, dat het gebied oostelijk van Herkenbosch trapsgewijze steigt met drie duidelijke N.W-Z.O. gerichte treden. De eerste trede valt gedeeltelijk samen met de spoorlijn naar Dalheim, waar deze Zuidoostwaarts ombuigt. Het terrein stijgt hier van 30 m tot 45 à 50 m hoogte en vormt, volgens de geologische kaart 1 : 50.000 (blad 58 IV), de overgang van laag- naar midden-terras.

De tweede trede ligt ca. 2 km oostelijker en doet zich voor als een steile, ca. 15 m hoogen rand, welke zeer duidelijk door het terrein loopt. Dit is de rand van het hoogteterras, dat zich oostwaarts ver uitstrekt als een min of meer versneden plateau.

De derde trede is een 20 m hooge rand in het hoogterras bij het begin van den rechthoek, de „Meinweg”. Het eigenaardige is, dat hier aan den voet van dezen steilen rand, een beekdal aanwezig is, met een zeer gelijdelijk hellenden westelijken zijwand, terwijl de algemeene richting evenwijdig is aan de terrastreden en loodrecht op de normale richting der overige beekdalen in de omgeving.

De algemeene vormen van dit terrein wijzen op een mogelijk verband met de groote randstoringen van de Peelhorst, terwijl

enkele door de Rijksopsporing van Delfstoffen en anderen ge-  
maakte diepboringen de aanwezigheid van belangrijke storingen  
hebben aangetoond. Aan de hand van alle uit boringen in de om-  
geving beschikbare gegevens heeft het Geologisch Bureau een

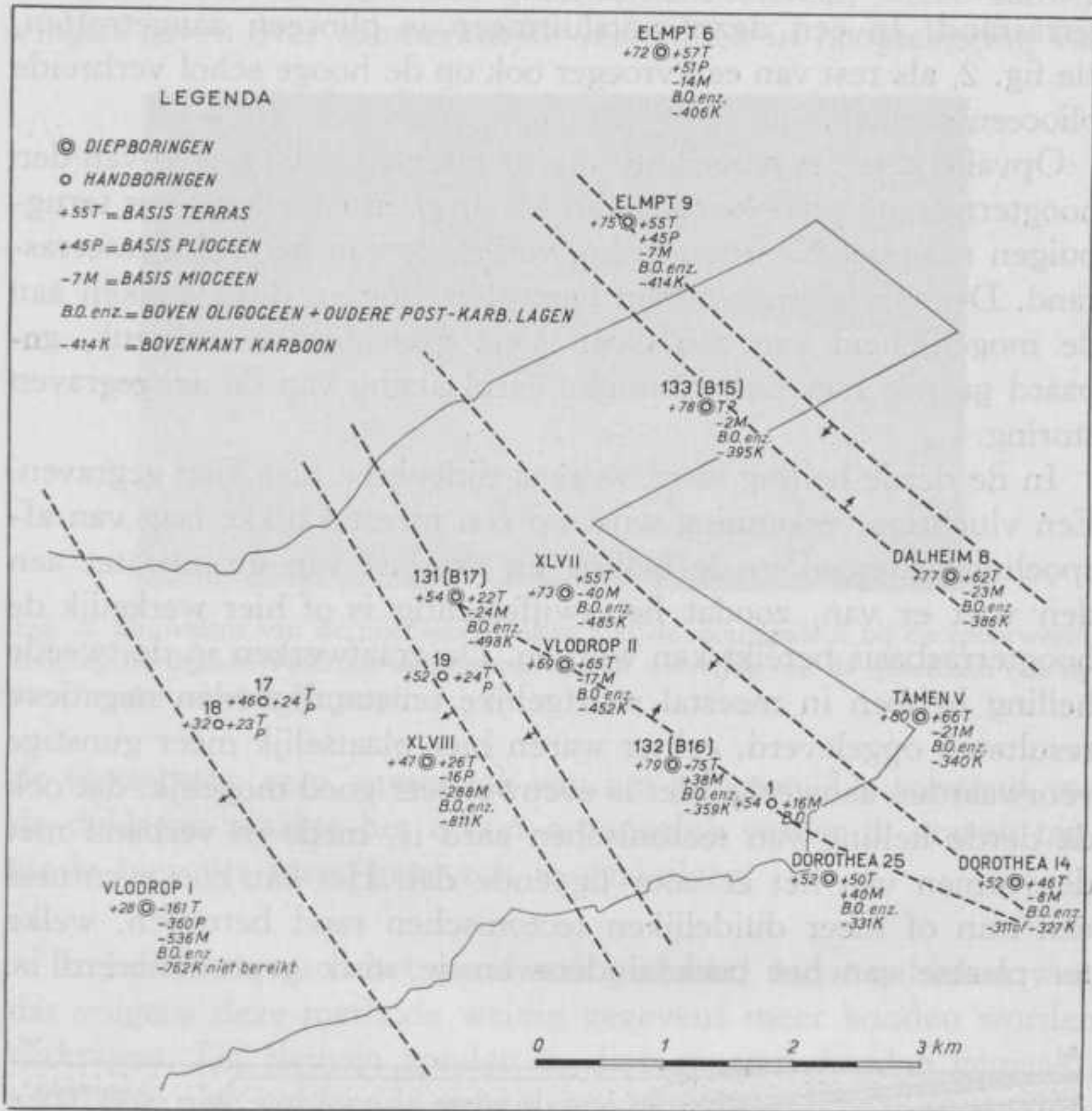


Fig. 1. De uit de boorgegevens geprojecteerde storingen.

aantal storingen geprojecteerd, zoals op bijgaand kaartje (fig. 1) is aangegeven.

Een groot aantal gaten werd gegraven om in de tweede trede de hoogterrasbasis te volgen, waarna het hieronder liggende mioceen in westelijke richting werd gevolgd. Op meerdere plaatsen werd dit laatste onmogelijk door te dikke deklagen van afspoelings-

materiaal en stuifzand of door te hoogen grondwaterstand. Echter werd op twee ca. 2 km uiteenliggende punten de begrenzing van het mioceen in een storing aangetoond. Deze storing heeft tijdens of tot na de vorming van het hoogterras aan de oppervlakte door-  
gewerkt en is aanleiding geweest tot het ontstaan van den hoog-  
terrasrand. In een dezer ontsluitingen is plioceen aangetroffen, zie fig. 2, als rest van een vroeger ook op de hooge schol verbreide plioceenformatie.

Opvallend is het plotselinge ombuigen naar het Westen van den hoogterrasrand ten Noorden van Vlodrop en later het weer terug-  
buigen naar het Noorden in het verlengde van den middenterras-  
rand. Deze ombuigingen zijn heel plotseling en doen denken aan de mogelijkheid van een Oost-West gerichtten dwarsbreuk, ge-  
paard gaande met een westelijke verplaatsing van de aangegraven  
storing.

In de derde helling werd wegens tijdgebrek niet diep gegraven. Een vluchtige verkenning wijst op een meestal dikke laag van af-  
spoelingsmateriaal in de helling en overlast van grondwater aan  
den voet er van, zoodat het twijfelachtig is of hier werkelijk de  
hoogterrasbasis bereikt kan worden. De graafwerken in de tweede  
helling hebben in meestal soortgelijke omstandigheden negatieve  
resultaten opgeleverd, echter waren hier plaatselijk meer gunstige  
voorwaarden aanwezig. Het is evenwel zeer goed mogelijk, dat ook  
de derde helling van tectonischen aard is, mede in verband met  
de vormen van het er voor liggende dal. Het kan hier eventueel  
een min of meer duidelijken tectonischen rand betreffen, welke  
ter plaatse van het beekdal door erosie sterk geprononceerd is.

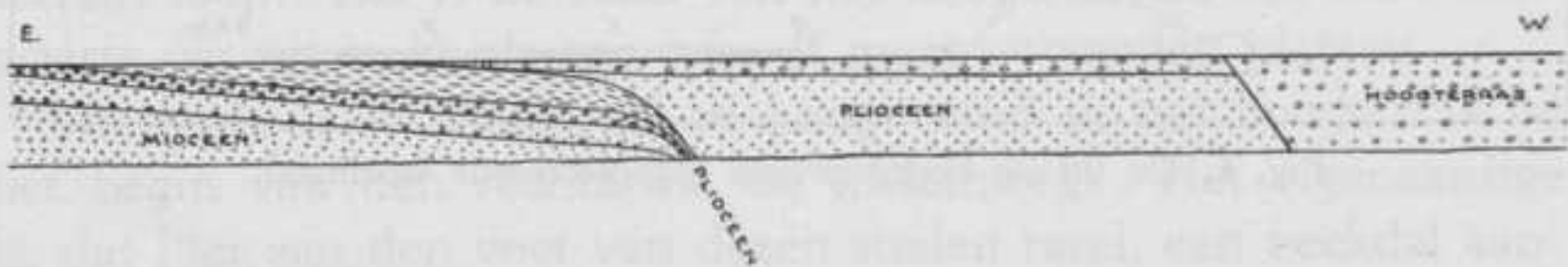


Fig. 2. Schematische doorsnede van storingspleuf in spoorweginsnijding bij Station Vlodrop.

De middenterrasrand is een normale morfologische terrasrand, zooals gebleken is uit de hoogteligging van de terrasbasis in de  
ondiepe boringen 17 en 18. Echter is het mogelijk, dat de uit-

breiding van het laagterras hier indirect beïnvloed is door de groote storing, welke tusschen de boringen Vlodrop I en XLVIII aanwezig moet zijn.

In de naaste omgeving van Station Vlodrop werden op verscheidene plaatsen grootere graafwerken verricht, welke aanwijzingen gaven over aanmerkelijke verschillen in hoogteligging van



Fig. 3. Equivalent van de plioceene kleilaag van de storingsleuf bij de spoorwegin-snijding bij Station Vlodrop, aangegraven aan de overzijde van de spoorbaan (zie fig. 2). Er onder mioceen fijn zand.

de terrasbasis, resp. oppervlak van het mioceen. De toestand van de deklagen maakte het echter onmogelijk verder te graven ten-einde hierover meer gegevens te verkrijgen.

In Juli 1941 werd het graafwerk gestaakt, nadat gebleken was, dat volgens deze methode weinig gegevens meer konden worden verkregen. De sleuven zouden te diep moeten worden gemaakt, waarvoor niet voldoende arbeidskrachten beschikbaar waren, terwijl overigens op vele plaatsen het grondwater een onoverkomenlijke handicap zou zijn.

Ten slotte kan men concludeeren, dat in het beschouwde gebied de omstandigheden over het algemeen niet geschikt zijn voor het opsporen van storingen door middel van graafwerken.

In één enkel geval was het mogelijk een storing te ontsluiten, maar de overige storingen, welke aanwezig moeten zijn, zooals

uit een vergelijking der boorprofielen blijkt, kunnen alleen nader bepaald worden door middel van ondiepe boringen, eventueel voorafgegaan door geophysisch onderzoek.

Over dit onderzoek zal binnenkort een gedetailleerde publicatie verschijnen in het laatste Jaarverslag van het Geologisch Bureau voor het Mijngedied.



In de  
Een v  
gieding

De afzetting van de zand- en klei- en veenlagen is in de meeste gevallen te wijten aan de afzetting van de zand- en klei- en veenlagen in de zand- en klei- en veenlagen. De afzetting van de zand- en klei- en veenlagen is in de meeste gevallen te wijten aan de afzetting van de zand- en klei- en veenlagen in de zand- en klei- en veenlagen.

Ten slotte kan men concluderen, dat in het beschouwde gebied de omstandigheden over het algemeen niet geschikt zijn voor het ontstaan van steengruis. Het is mogelijk dat in sommige gevallen het ontstaan van steengruis kan worden toegeschreven aan de afzetting van de zand- en klei- en veenlagen in de zand- en klei- en veenlagen.

DE SPELEET ERUPTIE VAN DEN ETNA IN 1916

door J. H. F. Ungerer.

VOORDRACHTEN EN BIJDRAGEN

Fig. 1. Het landschap van de Etna van Nocera up gezien.

Onder de kenmerken van de Etna (den grooten (3273 m. hooft) vulkaan van Europa) behoort ook een zeer sprekend Voor- een de vlakke vlakte van de Etna. Deze vlakte wordt gevormd door de eruptie van de Etna in 1624. De Etna is een van de meest bekende vulkanen van Europa. De Etna is een van de meest bekende vulkanen van Europa. De Etna is een van de meest bekende vulkanen van Europa.



De Etna-bellende geboorte van den berg is het resultaat van het groot aantal diep- en oppervlakkige, zeer sterke lavastromen, die van dit hooft deel hebben gehad. In reeds vele jaars de vulkanische tijdperk van de Etna is er veel gevallen met de vorming van uit- en omliggende lavastromen, die van de Etna afvloeien, op een of ander punt van de Etna.

De Val del Bove is een zij- vulkanische indringing, ontstaan door instorting van een gedeelte van de magneet met lange verloopende naar de Etna toe. De Etna is een van de meest bekende vulkanen van Europa. De Etna is een van de meest bekende vulkanen van Europa.

1. W. J. de Vries, *Atlas der Etna*, 1847-1861.  
 2. W. J. de Vries, *Atlas der Etna*, 1847-1861.  
 3. Fig. 2 is een tekening van A. N. J. F. de Vries, *Atlas der Etna*, 1847-1861.

dit het verslag der hoogleiding doet, kunnen alle in deze  
 bezondere toestand opzichte der hoogleiding te maken  
 kennis van de hoogleiding te maken.

Over dit onderwerp zal hoogleiding een hoogleiding  
 worden verschijnt in het laatste Jaarboek van het  
 Instituut van de hoogleiding.

## VOORDRACHTEN EN BIJDRAGEN





## DE SPLEET-ERUPTIE VAN DEN ETNA IN 1910.

door J. H. F. UMBGROVE.

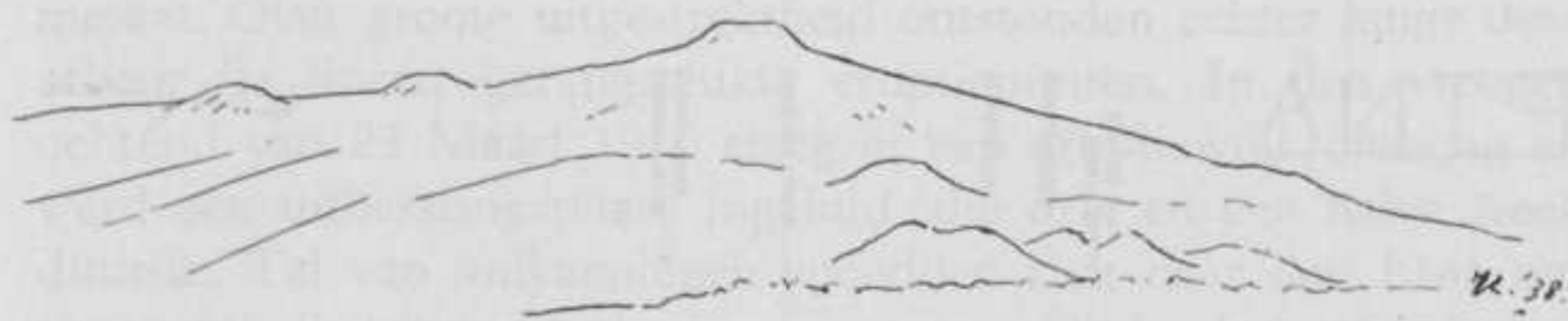


Fig. 1. Het bovenstuk van den Etna, van Nicolosi uit gezien.

Onder de kenmerken van den Etna <sup>1)</sup>, den grootsten (3273 m hoogen) vulkaan van Europa, zijn er drie zeer opvallend. Voor eerst de vlak-kegelvormige gedaante met de talrijke secundaire eruptiepunten (fig. 1), vervolgens het enorme naar zuidoost geopende breede dal, dat den naam draagt van Val del Bove, en verder de merkwaardige lineaire en veelal radiaire rangschikking der talrijke parasitaire kratertjes.

De flauw-hellende gedaante van den berg is het resultaat van het groot aantal dun-vloeibare, zeer gasrijke lavastroomen, die aan dit bouwsel deel hebben gehad. In tegenstelling tot de taai-vloeibare touw- en kussenlava's van den Vesuvius, zijn de oppervlakten der lavastroomen van den Etna in vele gevallen niets dan één groote wir-war van poreuze, op sinters gelijkende lavaslakken.

De Val del Bove is een z.g. vulkanotektonische inzinking, ontstaan door instorting van een gedeelte van de magmakamer langs vermoedelijk reeds pre-existerende radiaire breukvlakken in het vulkaanlichaam <sup>2)</sup> (fig. 2). Op weg van Catania naar Messina kijkt men er pal in en krijgt een levendigen indruk van de enorme

<sup>1)</sup> W. SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN. Atlas des Ätna, 1845—1861.

W. SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN und A. VON LASAULX. Der Ätna, 1880.

<sup>2)</sup> Fig. 2 is naar een teekening van A. N. J. THOMASSEN A TUESSINK VAN DER HOOP in het Instituut voor Mijnbouwkunde te Delft; ze is reeds eerder afgebeeld bij een artikel van W. VAN BEMMELN, Een Etna-bestijging. Onze Aarde, I, 1926.

afmetingen van dit verschijnsel. Van tal van vulkanen zijn dergelijke slenken bekend, b.v. Stromboli, La Palma, Fogo, Maui <sup>1)</sup> en in Nederlandsch Indië: Papandajan, Galoengoeng, Tengger, Krakatau, Toba-meer en Sibajak.

Met radiaire breukvlakken in den vulkaan houdt ook het derde kenmerk ten nauwste verband. Het waren juist deze flankeruptions met hun lineair gerangschikte kraters, die het speciale doel vorm-

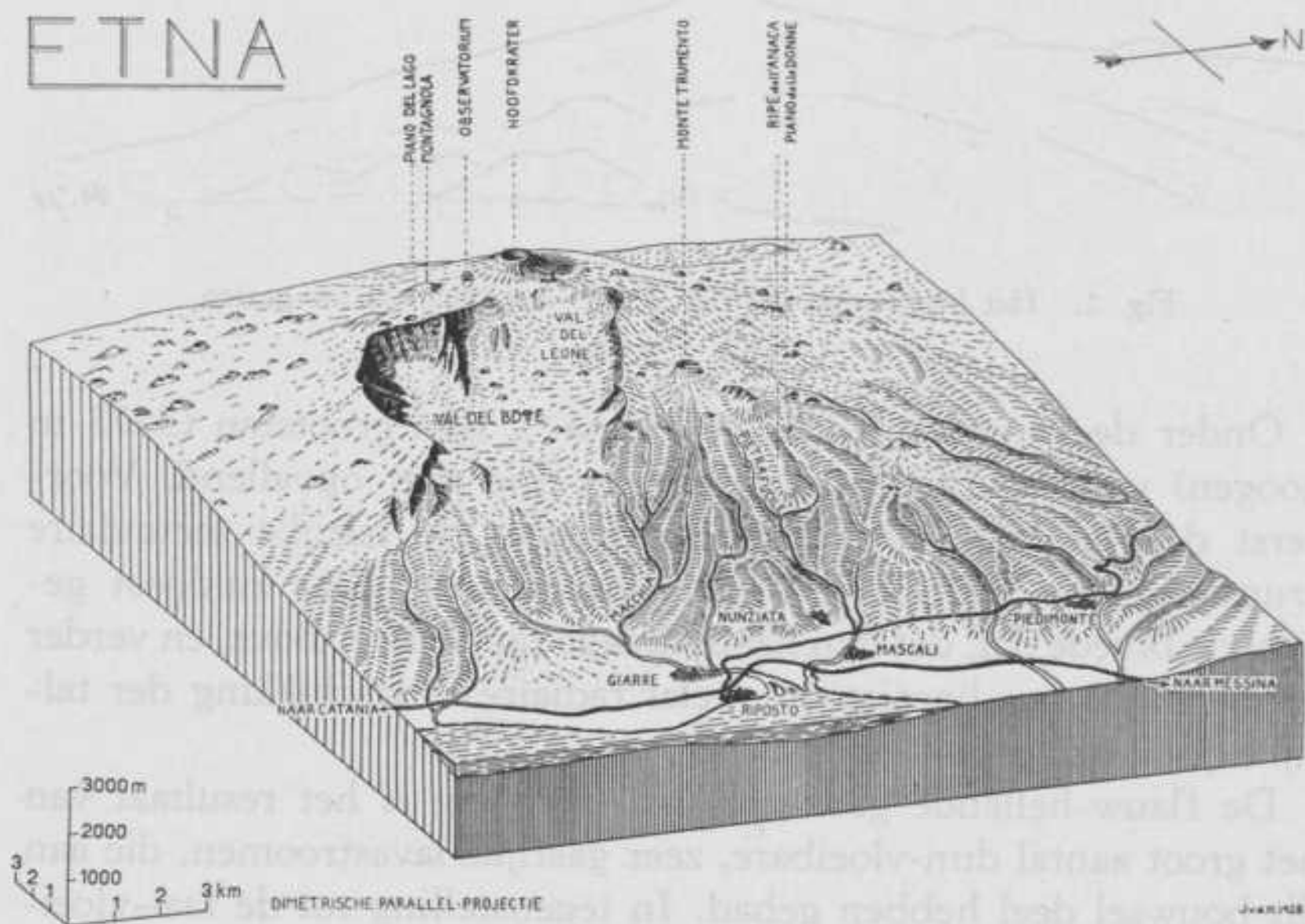


Fig. 2. Blokdiagram van den Etna.

den van ons bezoek aan den Etna in 1938. Het lag voor de hand om de flank-eruptie van 1910 te bezoeken, omdat deze van Catania uit gemakkelijk te bereiken is en bovendien een zeer fraai voorbeeld levert.

Een autoweg voert via Nicolosi naar een punt op 1882 m boven zee gelegen, waar een oud steenen gebouwtje, de Casa Cantoniera, voorloopig het eindpunt van dien weg vormt. In de onmiddellijke

<sup>1)</sup> I. FRIEDLAENDER. Ueber Vulkanische Verwerfungstäler. Zeitschr. für Vulkanologie, Bd. 2, 1916.

nabijheid vond de uitbarsting van 1910 plaats en de kronkelende autoweg passeert eenige malen den lavastroom, die toen uitgevloed is. De uitbarsting begon met de vorming van een radiaire spleet in den vulkaanwand, die van de Piano del Lago (zie fig. 2) benedenwaarts tot kort boven de Cantoniera te vervolgen is. De spleet zelf is op meerdere plaatsen nu nog duidelijk te zien en de beide wanden toonen plaatselijk zelfs een spronghoogte van 3 meters. Over groote uitgestrektheid ontstonden echter langs deze scheur de lineair gerangschikte eruptiepunten. In den vroegen ochtend van 23 Maart 1910 steeg er een eruptiewolk omhoog en werd een uitbarstingsphase ingeluid, die drie en een halve week duurde. Tal van vulkanologen spoedden zich naar den Etna om van nabij dit schouwspel waar te nemen. Onder hen was de bekende PERRET<sup>1)</sup>. Er werd een monographie over deze eruptie samengesteld door een aantal Italiaansche onderzoekers<sup>2)</sup>, en de eveneens welbekende geophysicus en vulkanoloog SIEBERG bestudeerde het gebied kort na de uitbarsting<sup>3)</sup>. Intusschen blijkt, dat de spaarzame vegetatie, noch de geringe erosie in staat zijn geweest noemenswaard de vormen aan te tasten van dit klassiek terrein. Klassiek, niet alleen omdat het de verschijnselen van een spleeteruptie uitstekend toont, doch ook omdat SIEBERG, op grond van hetgeen de Etna hier te zien geeft, een zeer aannemelijke verklaring kon geven van de oppervlaktevormen, die bij een dergelijke uitbarsting ontstaan. De hoogste kraters zijn explosietrechters, diepe gaten, die door een gasexplosie ontstonden. Het doorbroken gesteente is vergruisd en ligt in hoekige fragmenten om de opening heen, doch nieuw vulkanisch materiaal werd niet uitgeworpen. Bergafwaarts gaande langs de spleet treffen wij een aantal kraters aan, die behalve fragmenten van den stuk geslagen ondergrond ook lapilli en enkele bommen uitgegooid hebben. Nog meer benedenwaarts worden aantal en afmetingen der vulkanische bommen steeds grooter en de opgeworpen wallen om de kraters hooger (fig. 3).

<sup>1)</sup> F. A. PERRET. Volcanic Vortex Rings and the direct conversion of Lava into Ash. *Americ. Journ. Sci.* 34, 1912.

<sup>2)</sup> E. VINASSA DE REGNY, A. RICCO, S. ARCIDIACONO, F. STELLA STARRABBA, L. TAFFARA e O. DE FIORE. L'Eruzione Etnea del 1910. *Instit. Geol. della R. Univ. e R. Osserv. Geodinamico di Catania*, 1912.

<sup>3)</sup> A. SIEBERG. Einführung in die Erdbeben- und Vulkankunde Südtaliens, 1914.

Het onderste eruptiepunt, de monte Ricupero, ook monte Ricco genaamd naar een Italiaanschen vulkanoloog <sup>1)</sup> is een typisch op-



Fig. 3. Lineair gerangschikte kraters behorende tot de spleet-eruptie van 1910.

bouwsel van aan elkaar geplakte lavaflodders. Er ontstond eerst een steile kegel ten gevolge van de gestadig op elkaar volgende

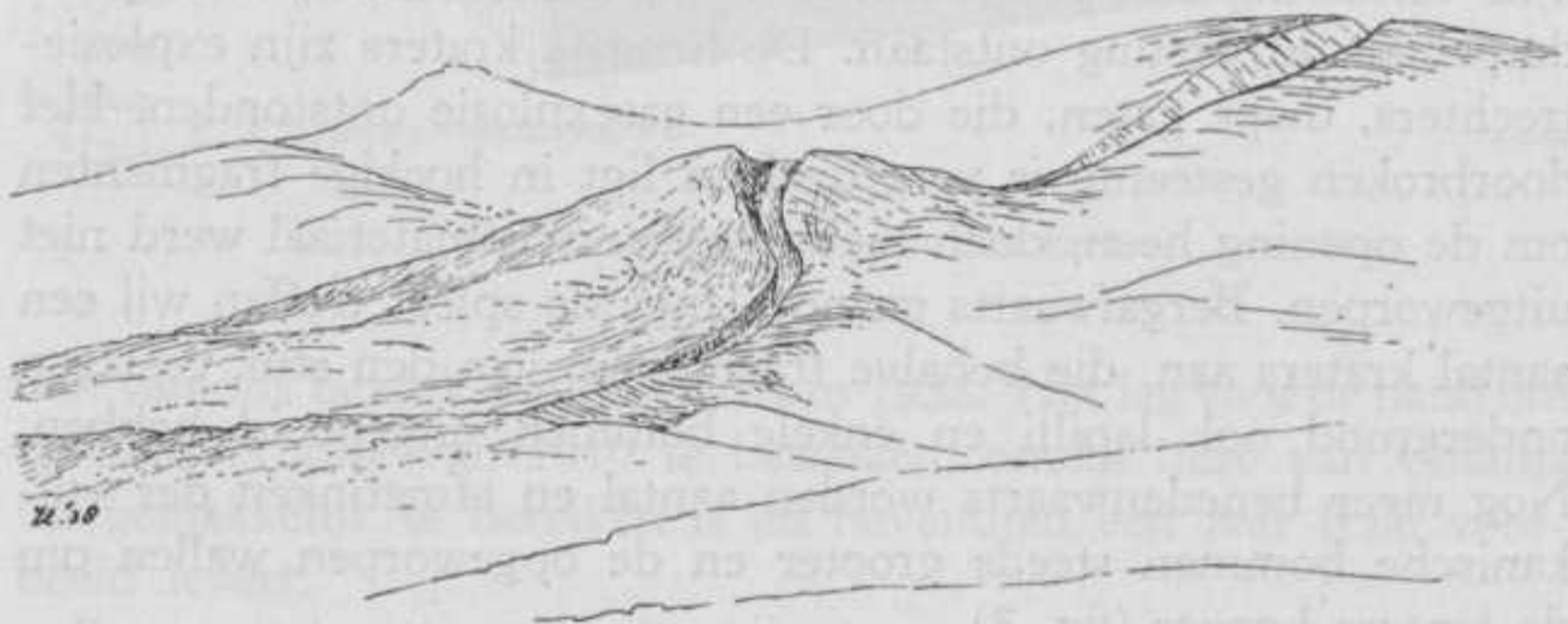


Fig. 4. De Monte Ricco met spleet en ingestorte lavatunnel.

stromboliaansche erupties, eerst later werden deze overdekt door een hoeveelheid producten, die in minder gloeiend-vloeibaren

<sup>1)</sup> A. Ricco. Sur l'éruption de l'Etna du 28 Mars 1910. Nature 83, 1910.

staat omhoog geslingerd werden. En ten slotte vloeide uit dit eruptiepunt een lavastroom (fig. 4), die den eersten dag van de

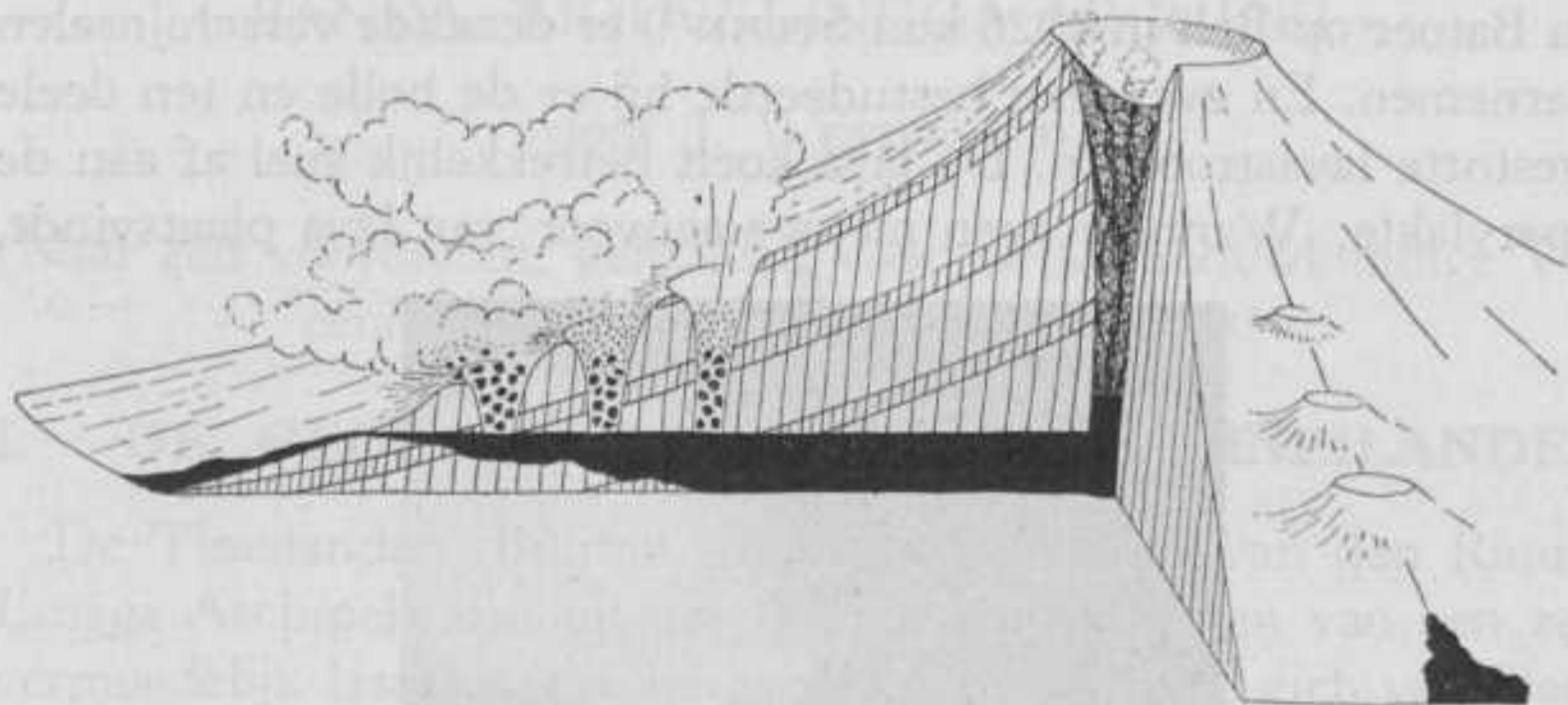


Fig. 5. Schema van een spleet-eruptie.

uitbarsting reeds 6 km lang was, in totaal 10 km ver stroomde en ten Westen van Nicolosi tot stilstand kwam. De verklaring van



Fig. 6. Ingestorte lavatunnel bij de Casa Cantoniera.

deze merkwaardige opeenvolging van eruptieverschijnselen toont de zeer schematische figuur 5. Het zal wel nauwelijks nodig zijn

er nog tekst en uitleg aan toe te voegen. Terwijl het schema slechts drie eruptiepunten weergeeft, zijn er in werkelijkheid een 16-tal, in groepen van 2 en 4 gerangschikt. Tijdens de uitbarsting van den Batoer op Bali in 1926 kon STEHN <sup>1)</sup> er dezelfde verschijnselen waarnemen. En eveneens bestudeerde hij er de holle en ten deele ingestorte lavastroommen. De lava koelt betrekkelijk snel af aan de oppervlakte. Wanneer geen nieuwe aanvoer van lava plaatsvindt,



Fig. 7. In de lavatunnel ten Noorden van de Monte Ricco.

stroomt de nog gloeiende inhoud van den stroom omlaag en laat een tunnel achter. Veelal stort de tunnel naderhand in en dat beeld toont zoowel fig. 4 als de foto, fig. 6, die in tegenovergestelde richting, met de monte Ricco in den rug, genomen is. Doch bij den monte Ricco is een lavatunnel, die door een dak van aaneengebakken lavaflodders boven de spleet ontstaan is, nog bewaard gebleven (fig. 7) en biedt gelegenheid lavastalaktieten, schrammen en stroomingsfiguren langs den rand te bekijken, terwijl de omgeving van het laagste eruptiepunt een aantal fraaie hornito's te zien gaf.

<sup>1)</sup> CH. E. STEHN. De Batoer op Bali. Vulkanologische en Seismologische Mededeelingen, nr. 9, 1928.

## MINERALISATIE OP DE TINEILANDEN (BILLITON, BANKA, RIOUW-LINGGA ARCHIPEL).

door J. WESTERVELD.

(Naar een voordracht, gehouden voor de Mijnbouwkundige Vereeniging te Delft op 16 Februari 1939).

### I. DE GEOLOGISCHE BOUW DER TINEILANDEN.

De Tineilanden (Billiton, Banka, de eilanden van den Riouw-Lingga Archipel) zijn uit zee opstekende gedeelten van een zeer vermoedelijk laat-Jurassische gebergteketen, welke zich van Oost-Birma via het Maleische Schiereiland en het hier te bespreken gebied tot in West- en Centraal-Borneo laat vervolgen en in het westelijke gedeelte van den Oost-Indischen Archipel het kerngebied vormt, waaromheen zich alle jongere ketengebergten, waaronder zich Cretaceïsche en Tertiaire gebergtestammen bevinden, scharen. Men kan het oud-Mesozoïsche complex van geplooiden sedimenten en effusiva met de daarin stekende granieten en aanverwante intrusiva, w.o. de tinbrengers, omschrijven als het Maleische orogeen, waarvan de westgrens op den Sumatraanschen wal moet liggen, de oostgrens ten Westen van het Meratoes-Bobaris-gebergte in Z.O.-Borneo en de zuidgrens in het zuidelijke gedeelte van de Javazee.

**De pre-granitische formaties** van het Maleische orogeen omvatten op de Tineilanden kristallijne schisten, Triadische sedimenten en effusiva van Triadischen of Permocarbonischen ouderdom.

**Kristallijne schisten**, gesteenten van waarschijnlijk pre-Carbonischen en ev. pre-Palaeozoïschen ouderdom, zijn slechts met name genoemd van het district Blinjoe op Banka, waar chloriet- en muscovietschisten gevonden werden aan beide zijden van den Klabat-graniet.<sup>1)</sup> Soortgelijke gesteenten komen echter

<sup>1)</sup> J. ZWIERZYCKI, Enkele nieuwere geologische waarnemingen op de tineilanden en op Sumatra betreffende het tinvraagstuk. *De Mijningenieur*, 14, 171 (1933).

De Klabat-graniet zoo genoemd naar de Klabat-baai.

blijkens mondelinge mededeeling van Dr. J. W. H. ADAM, Chef-geoloog der Billiton Maatschappij, ook voor ten Westen van Dabo op Singkep<sup>1)</sup>, terwijl er eveneens aanduidingen bestaan over hunne aanwezigheid op het eiland Bintan ten Oosten van Tandjoengpinang.<sup>2)</sup>

**Oudere eruptiva**, rhyolieten, porfieren, breccies en tuffen, welke lithologische overeenkomst vertoonen met de Carbonische tot Triadische „Pahang Volcanic Series” van het Maleische Schiereiland, zijn aangetroffen op eenige eilanden van den Riouw Archipel (Lingga, Boelan, Batam (zie kaart IV), waar zij blijkbaar ontwikkeld zijn aan de basis van het Triadische lei-zandsteen-complex.<sup>3)</sup>

Verreweg het grootste gedeelte der pre-granitische formaties wordt echter ingenomen door een eentonige serie van kleisteenen en zandsteen en van ongetwijfeld aanzienlijke dikte en waarschijnlijk in haar geheel van **Triadischen** ouderdom. De zandsteen bestaan voornamelijk uit kwartskorrels met unduleuze uitdooving, afkomstig van oudere, vermoedelijk niet ontsloten granitische gesteenten; accessorisch vindt men bovendien tamelijk veel microklien. De granitische oorsprong van deze mineralen vindt bovendien steun in de plaatselijke aanwezigheid van conglomeraten met rolsteen van gedrukte graniet, bijv. op P. Sambo tegenover Singapore.<sup>4)</sup> Een Triadisch fossiel (*Daonella* sp.) werd slechts éénmaal aangetroffen in schalies bij Tg. Limboeng op Lingga,<sup>5)</sup> doch op het Maleische Schiereiland werden in soortgelijke gesteenteseries, welke daar aan weerszijden van den graniet van de Main Range zeer verbreid voorkomen, op eenige plaatsen Triadische lamellibranchiatenfauna's gevonden.<sup>6)</sup> Bovendien bevatten de Triadische leien hier soms radiolariënhoorn-

<sup>1)</sup> R. EVERWIJN sprak reeds vroeger (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Ned. Oost-Indië, I, II, 96 (1872)) van glimmerschisten op een heuvel ten W. van Dabo op Singkep.

<sup>2)</sup> A. CHR. D. BOTHÉ, Geologische verkenningen in den Riouw-Lingga Archipel en de eilandengroep der Poelau Toedjoeh, etc. Jaarb. v. h. Mijnw. in Ned. Oost-Indië, 54, Verh. II, 121 (1925a).

<sup>3)</sup> A. CHR. D. BOTHÉ, Op. cit., 122—130 (1925a).

A. CHR. D. BOTHÉ, Brief outline of the geology of the Rhio-Archipelago and the Anambas Islands. Jaarb. v. h. Mijnw. in Ned. Oost-Indië, 54, Verh. II, 98 (1925b).

<sup>4)</sup> A. CHR. D. BOTHÉ, Op. cit., 98 (1925b).

<sup>5)</sup> A. CHR. D. BOTHÉ, Op. cit., 143 (1925a).

<sup>6)</sup> J. B. SCRIVENOR, The Geology of Malaya, 62—71 (1931).



steen, o.a. in Kedah, welk soort afzettingen eveneens beschreven of genoemd is van Billiton <sup>1)</sup> en Banka (district Djeboes) <sup>2)</sup>. Op Billiton zijn radiolariëngesteenten o.a. bekend uit de mijn Klappa Kampit. Dat de kalkarme Triadische sedimentserie afgezet moet zijn in een ondiepe, vlakke zee, en zelfs plaatselijk onder terrestrische omstandigheden, blijkt, behalve uit de aanwezigheid van vele, dikke zandsteenbanken, uit een vondst van stukken verkiezeld coniferenhout op het eiland Soegi (Riouw Arch.) <sup>3)</sup>.

Het stratigrafische verband tusschen bovengenoemde gesteenteseries is nog slechts gebrekkig bekend. Tektonisch kenmerkt de (Triadische) lei-zandsteenserie zich door een intensieve, soms isoclinale plooiing, waarvan de details evenmin nauwkeurig bestudeerd zijn. Van alpine structuren kan men echter zeer waarschijnlijk niet spreken; de lagenseries zijn vrijwel niet metamorf en er bestaat allerminst reden, gelijk dit wel eens gedaan is <sup>4)</sup>, om in de pre-granitische gesteenten van den Riouw Archipel de wortelstructuren te zien van een dekblad, waarvan het frontgedeelte zich in Boven-Djambi zou bevinden. De pre-Triadische en Triadische afzettingen der Tineilanden werden waarschijnlijk tegen het eind der Jura-periode het laatst intensief geplooid, terwijl er reden is aan te nemen, dat de plooiings- en opschuivingsstructuren en de graniet-granodioriet-batholieten in het pre-Tertiaire gebergte van Sumatra zich eerst ná het onder-Krijt, doch vóór het Neogeen ontwikkelden, dus tot een jongeren gebergtestam behooren; het z.g. *S u m a t r a - o r o g e e n*. <sup>5)</sup>.

**De post-Triadische intrusiva** der Tineilanden, w.o. de tingranieten, omvatten een complex van granitische tot dioriti-

<sup>1)</sup> G. J. HINDE, Note on a Radiolarian Chert from the island of Billiton. Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 26 (1897).

<sup>2)</sup> J. WESTERVELD, On the Geology of North Banka (Djeboes). Kon. Akad. van Wetensch. te Amsterdam; Proc., 39, 1128 (1936a).

<sup>3)</sup> P. M. ROGGEVEEN, Mesozoïsches Koniferenhout (Protocupressinoxylon Malayense n.s.) von der Insel Soegi im Riouw-Archipel, Niederländisch Ost-Indien. Kon. Akad. van Wetensch. te Amsterdam; Proc., 35, 580—584 (1932).

<sup>4)</sup> J. ZWIERZYCKI, Geologische Overzichtskaart van den Nederlandsch-Indischen Archipel, schaal 1 : 1000.000. Toelichting bij blad VIII (Midden-Sumatra, Bangka, Riouw-eilanden). Jaarb. v. h. Mijnw. in Ned. Indië, 58, Verh., 115, 116 (1929).

<sup>5)</sup> J. WESTERVELD, Three geological sections across South-Sumatra. (Kon.) Ned. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam; Proc., 44, 1131-1139 (1941).

sche dieptegesteenten en ondergeschikt ook basische ganggesteenten.

**Uralitische diabazen**, welke hier en daar als concordante, plaatvormige laaggangen voorkomen tusschen Triadische sedimenten op Banka en Billiton, vormen de oudste groep van post-Triadische stollingsgesteenten. Op Banka komen gesteenten van dit type voor op het schiereiland van den berg Penjaboeng (westelijk gedeelte van het district Djeboes, zie kaart III), waar zij verschillende laaggetrouwe intrusies vormen tusschen zandsteen en verkiezelde, radiolariënhoudende schalies. De gesteenten zijn soms porfieritisch ontwikkeld en meestal sterk hydrothermaal omgezet door den op eenige diepte aanwezigen, jongeren graniet, waardoor de oorspronkelijke augiet- en plagioklaaskristallen ten deele omgezet zijn in uralitischen amfibool, prehniet, epidoot, chloriet en pyriet. Plaatselijk werden insluitsels van dezen diabaas in graniet waargenomen aan den voet van den G. Penjaboeng <sup>1)</sup>. Van Billiton zijn door R. D. M. VERBEEK en C. DE GROOT <sup>2)</sup> diabaasachtige gesteenten vermeld van Tg. Siantoe ten N. van den graniet van Tandjoengpandan en van eenige andere, verspreide plaatsen (A. Senja aan de oostzijde van den graniet van Tandjoengpandan, bovenloop van S. Rautan in Z. Billiton, N.O. kust van het eiland tusschen A. Besar en A. Bakoeng bij Tg. Boeroengmandi, zie kaart II). DE GROOT's gesteenten werden beschreven door A. WICHMANN <sup>3)</sup>, die deze basische intrusiva resp. „epidioriet”, „dioriet”, „diabaas”, „diabaas-conglomeraat” en „proterobaas” noemde. De mineralogische samenstelling (latvormige plagioklaas, lichtgekleurde pyroxeen, lichtgroene, vezelige, uralitische amfibool, chloritische substantie, epidoot, korrels magnetiet, ilmeniet en pyriet) komt blijkbaar geheel overeen met die van de hydrothermaal omgezette diabazen van Djeboes op Banka; evenals de diabazen van G. Penjaboeng worden de analoge gesteenten van Billiton gesneden door adertjes met kwarts, epidoot en actinoliet, zoodat wij ook op Billiton zeer waarschijnlijk in deze ge-

<sup>1)</sup> J. WESTERVELD, Op. cit., 1126—1127 (1936a).

<sup>2)</sup> R. D. M. VERBEEK, Geologische Beschrijving van Banka en Billiton. Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 26, 68, 69 (1897). Met atlas.

<sup>3)</sup> In: C. DE GROOT, Herinneringen aan Blitong, 149—153 (Den Haag, 1887; met atlas).

steenten basische voorloopers van den graniet hebben te zien.<sup>1)</sup>

**Granieten** en aanverwante stollingsgesteenten, w.o. de moeder-gesteenten der tinertsafzettingen een eerste plaats innemen, vormen de voornaamste groep van post-Triadische intrusiva op de hier besproken eilanden. Het meest voorkomende type van graniet, de *tingraniet*, is een porfierische biotietgraniet met tot 5 à 6 cm en zelfs 8 cm groote phenocrysten van orthoklaas in Karlsbadertweelingen en als voornaamste mineralen orthoklaas, microklien, perthiet, zure plagioklaas, biotiet, kwarts, zirkoon, apatiet en titaniet. Amfiboolgranieten komen hier en daar voor, blijkbaar bij voorkeur in de kleinere massieven, o.a. in het Boeroengmandi-massief in N.O.-Billiton en in de kleinere massieven van Z.-Billiton en van het district Toboali op Banka. Kwarts-amfibool-dioriet is plaatselijk ontwikkeld op Bintan (G. Bintan Besar), terwijl kwartsporfieren en granietporfieren vermeld zijn van Bintan (G. Bintan Ketjil), N.O.-Batam (hier blijkbaar jonger dan den graniet) en Z.W.-Lingga; laatstgenoemd gesteentetype ook van N.O.-Billiton<sup>2)</sup>. Donkerder granietvariëteiten, fijner van korrel, rijk aan biotiet, vaak met amfibool en soms van dioritische samenstelling, werden door den schrijver opgemerkt als insluitsels in den porfierischen Klabat-graniet van N.-Banka (Djeboes). Genoemde meer basische gesteenten zijn in het algemeen op te vatten als randfacies van biotietgranieten, welke als een iets later gestold differentiaat kunnen worden beschouwd, dat resten der meer basische en weer doorbroken dakpartijen soms als insluitsels in zich heeft opgenomen. Latere differentiaten van het granitische

<sup>1)</sup> C. DE GROOT (Op. cit., 448 (1887) en R. D. M. VERBEEK (Op. cit., 68, 69 (1897)) beschouwden den diabaas van Tg. Siantoe resp. als een postgranitisch ganggesteente en als een concordant ingeschakelde lava. Beide meeningen moeten m.i. als onjuist worden aangemerkt. Evenals op Banka wijst de ontwikkeling van uraliet, epidoot, chloriet, etc., op beïnvloeding door den graniet, terwijl het „diabaas-conglomeraat” van den noordpunt van Tg. Siantoe volgens de beschrijving blijkbaar een verkiezelde contactbreccie is. Ook de diabazen van Djeboes beschouwde VERBEEK (Op. cit., 95 (1897)) als concordant ingeschakelde lava's, doch volgens de waarnemingen van den schrijver heeft men hier met post-Triadische intrusies te doen. Van de aanwezigheid van tuffen, gelijk VERBEEK meende, is geen sprake.

<sup>2)</sup> Een overzicht, met verwijzing naar de literatuur, van de petrografie der granieten en aanverwante gesteenten op de Tineilanden en het Maleische Schiereiland is gegeven in: J. WESTERVELD, The granites of the Malayan Tin-Belt compared with Tin-granites from other Regions. Kon. Akad. van Wetensch. te A'dam; Proc., 39, 1199—1208 (1936b).

magma zijn, behalve de later aangevoerde bestanddeelen van toermalijnaders, tinertsaders en andere pneumatolitische en hydrothermale mineraalgezelschappen in en om de granietbatholieten, aders van pegmatiet en apliet. Deze laatste treden blijkbaar bij voorkeur gemeenschappelijk op, hetgeen o.a. door den schrijver in N.-Banka werd geobserveerd. <sup>1)</sup> De aplietaders bestaan hier in hoofdzaak uit kwarts en veldspaat; de pegmatietnesten, soms niet scherp te scheiden van den omgevenden, grofkorreligen graniet, uit de gewone granietmineralen en later gevormden, zwarten toermalijn, welke den orthoklaas verdringt. Vloeispaat en zwarte toermalijn, veel voorkomende mineralen in en nabij tinertsaders over de geheele wereld, kunnen ook primaire bestanddeelen vormen van den graniet, hetgeen o.a. werd vastgesteld in den graniet van het district Djeboes (N.-Banka) <sup>2)</sup> en in den graniet van O.-Singkep <sup>3)</sup>. Door de aanwezigheid van primairen vloeispaat en toermalijn en vermoedelijk ook van primairen cassiteriet, welk verschijnsel zich bij nader onderzoek waarschijnlijk bij tingranieten over de geheele wereld zal kunnen laten vaststellen, dragen de tingranieten in het hier besproken gebied en elders op de wereld het karakter van granietmagma's, welke een zeer vérgaanden graad van differentiatie hebben bereikt en vrijwel in het stadium verkeerden van pegmatieten met pneumatolytische mineraalassociaties, waarvan de vormingstemperaturen tusschen  $\pm 400^\circ$  en  $\pm 600^\circ$  C liggen. Het bereiken van dezen hoogen graad van differentiatie is blijkbaar slechts beperkt tot betrekkelijk weinige granietgebieden op aarde en geeft door zijn relatieve zeldzaamheid een verklaring van de geringe algemeenheid in de verspreiding van het mineraal cassiteriet, waarvan het metaalbestanddeel slechts bij vérgevorderde differentiatie van het moedermagma met de vluchtige bestanddeelen kan ontsnappen ten gevolge van de eenigermate lithophiele eigenschappen van het element tin. Dit voortgeschreden differentiatiestadium maakt tevens, dat de tingranieten op de Tineilanden en elders zeer kalirijke granieten zijn, waarin het gehalte aan normatieven

<sup>1)</sup> J. WESTERVELD, Op. cit., 1125 (1936a).

<sup>2)</sup> J. WESTERVELD, Op. cit., 1124 (1936a).

<sup>3)</sup> CH. H. J. WILHELM, De Tinertsafzettingen van het Eiland Singkep en de Genese der Alluviale Afzettingen. Diss. Delft, 18, 19 (1928).

orthoklaas ongeveer gelijk is aan dat van normatieveen albiet, terwijl de verhouding tusschen normatieveen alkaliveldspaat en totalen normatieveen veldspaat  $\pm 0,9$  bedraagt, in moleculaire verhoudingen uitgedrukt. Het kaliumgehalte kan in bijzondere gesteentetypes tot abnormaal hoge waarden stijgen. Zoo vond W. VAN TONGEREN <sup>1)</sup> in graniet van P. Berhala in straat Malakka, welke tot dezelfde magmatische provincie behoort als de granieten der Tineilanden, 9,57%  $K_2O$  tegen 1,70%  $Na_2O$  (normaal ruim 4—5,7%  $K_2O$  tegen 2,7—3,8%  $Na_2O$ ). De concentratie van K in het granitische magma ging samen met een concentratie aan Sn tot boven het gemiddelde in granitische gesteenten. Zoo vond C. WINKLER in granieten van Banka en Billiton  $SnO_2$ -gehaltes van 84—288 gr. per ton, gemiddeld 176 gr. per ton <sup>2)</sup>, terwijl volgens V. M. GOLDSCHMIDT <sup>3)</sup> het tingehalte in granieten gemiddeld 80 gr. per ton of 101,5 gr.  $SnO_2$  per ton bedraagt. Al moge het door WINKLER behaalde resultaat met de hedendaagsche kwantitatieve bepalingen langs spectrografischen weg verbeterd kunnen worden, zoo kan men toch reeds uit zijn langs gravitatieven weg verkregen cijfers opmaken, dat het Sn-gehalte der tingranieten van Banka en Billiton hooger is dan het universeel vastgestelde gemiddelde. Het zou alleszins de moeite waard zijn deze kwestie nogmaals ter hand te nemen en behalve het Sn-gehalte in diverse granietmineralen (in het bijzonder de glimmers) ook de concentratie na te gaan van elementen als Li, Bi, Co, U, Ga, W, etc., welke elders in glimmers uit tingranieten (Cornwall, Saksen) in geringe hoeveelheden zijn gevonden <sup>4)</sup>.

Karakteristiek voor de granieten der Tineilanden is tevens hun hoog gehalte aan zeldzame aarden (Y, La, Ce, Nd). De ceriet-aarden zijn ongetwijfeld voor een belangrijk deel geconcentreerd

<sup>1)</sup> W. VAN TONGEREN, Chemische analyses van gesteenten van Poeloe Berhala. Kon. Akad. v. Wetensch. te A'dam; Proc., 38, 636 (1935).

<sup>2)</sup> Het  $SnO_2$ -gehalte van een granitisch ganggesteente van Tg. Kedamin bij Toboali op Banka, door WINKLER als 680 gr. per ton opgegeven, zij hier buiten beschouwing gelaten, hoewel in dit gesteente evenmin als in de andere granieten de aanwezigheid van tin in den vorm van cassiteriet aangetoond kon worden na scheiding der zware mineralen d. m. v. zware vloeistoffen.

<sup>3)</sup> V. M. GOLDSCHMIDT, Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente; IX, Die Mengenverhältnisse der Elemente und der Atomarten. Skr. utgitt av Det Norske Videnskapsakademi i Oslo; I, Mat.-Naturv. Klasse 4, 92 (1938).

<sup>4)</sup> Zie samenvatting in: J. WESTERVELD, Op. cit. (1936b).

in de mineralen monaziet en orthiet, terwijl het yttriumgehalte mogelijk voor een deel in xenotiem ligt opgesloten. Monaziet is een bekende begeleider van het tinerts in residuaire afzettingen op de Tineilanden <sup>1)</sup> en het Maleische Schiereiland. <sup>2)</sup> Op het eiland P. Berhala in Straat Malakka vond J. H. DRUIF <sup>3)</sup> dit mineraal als primair bestanddeel van graniet, „biotietgneis” en „biotietschist”, terwijl door denzelfden onderzoeker in strandzanden om dit eiland xenotiem werd aangetroffen. In de residuaire tinertsafzettingen van Banka wordt xenotiem samen aangetroffen met kwarts, toermalijn, cassiteriet, titaanijzererts, zirkoon, monaziet, markasiet, topaas, anataas, brookiet, rutiel, magnetiet, en soms gedegen goud. <sup>4)</sup> Orthiet is een regelmatig bestanddeel o.a. van den Klabat-graniet in N.-Banka. <sup>5)</sup> De relatieve aanrijking van de elementen Y, La, Ce, Nd in de granieten der Tineilanden blijkt duidelijk uit nevenstaand overzicht van quantitative bepalingen, door W. VAN TONGEREN verricht langs spectrografischen weg. Ter vergelijking zijn in deze tabel tevens opgenomen de cijfers voor het gemiddelde gehalte dezer aarden in de gesteenten der buitenste aardkorst in Ned. Oost-Indië volgens VAN TONGEREN <sup>6)</sup> en de overeenkomstige cijfers voor de buitenste aardkorst in haar geheel volgens GOLDSCHMIDT <sup>7)</sup> (omgerekend op oxyden). Men ziet uit nevenstaande tabel, dat vooral de cerietaarden in de granieten der Tineilanden een aanrijking tot boven gemiddelde waarden hebben ondergaan en dat de concentratie in de granieten tevens zeer aanmerkelijk is in vergelijking met die in een basischen voorlooper als de uralietdiabaas van G. Penjaboeng in Djeboes.

<sup>1)</sup> W. VAN TONGEREN (Mineralogical and Chemical Composition of the Syenite-granite from Boekit Batoe near Palembang, etc. Kon. Akad. v. Wetensch. te A'dam; Proc., **39**, 670 (1936)) vond zelfs 1%  $\text{La}_2\text{O}_3$  en 5—10%  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  in een tinsteenconcentraat van Banka!

<sup>2)</sup> J. B. SCRIVENOR, The Geology of Malayan Ore-Deposits, 143—145 (1928).

<sup>3)</sup> J. H. DRUIF, Over gesteenten van Poeloe Berhala (Straat v. Malakka, gouv. S.O.K.). Kon. Akad. v. Wetensch. te A'dam; Proc., **38**, 639—649 (1935).

<sup>4)</sup> H. JUNKER, Die Zinnerzlagertstätten von Banka. XVII. Bericht der Freiburger Geologischen Gesellschaft, 11 (1939).

<sup>5)</sup> J. WESTERVELD, Op. cit., 1123, 1124 (1936a).

<sup>6)</sup> W. VAN TONGEREN, On the Occurrence of the Rarer Elements in the Netherlands East Indies, etc. Dissert., Utrecht, 146, 147, 178 (1938).

<sup>7)</sup> V. M. GOLDSCHMIDT, Op. cit., 35—43, 99—101 (1938).

	%Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Banka.</b>				
Biotietgraniet, Djeboes	0.005	0.005	0.01	0.005
Biotietgraniet, Djeboes	0.01	0.003	0.005	0.002
Biotiet-amfiboolgraniet, Djeboes	0.003	0.02	0.02	0.01
Uralietdiabaas, Djeboes	0.001	0.0003	—	—
Uralietdiabaas, Djeboes	0.001	0.0002	—	—
<b>Billiton.</b>				
Biotietgraniet, S. Sekoeng	0.003	0.005	0.01	0.005
Amfiboolgraniet, G. René	0.005	0.005	0.005	0.005
Graniet, G. Bloeroe	0.003	0.005	0.01	0.01
Amfiboolgraniet, G. Menang	0.002	0.005	—	0.005
<b>Riouw-Archipel.</b>				
Graniet, Semamal, Karimon	0.005	0.005	0.01	0.01
Graniet, P.Nongsa, N.O.-Batam	0.001	0.005	0.01	0.005
Graniet, O. van Tandjoengpinang	0.001	0.005	0.01	0.005
Graniet, P. Rangas	0.05	0.03	0.03	0.03
<b>P. Berhala (S.O.K.).</b>				
Biotietgraniet	0.01	0.005	0.005	0.005
<b>Gesteenten van N.O.I., gemiddeld</b>	0.0022	0.0023	0.0029	0.0021
<b>Lithosfeer, gemiddeld</b>	0.0037	0.0021	0.0054	0.0028

Het intrusieve karakter der granieten ten opzichte van de omringende gesteenten blijkt direct uit de aanwezigheid van pneumatolytische hoornrotsen op de betrekkelijk niet vele plaatsen, waar het contact met het nevingesteente ontsloten is, voor welke plekken men meestal op de door de zee schoongespoelde strandontsluitingen aange-  
wezen is.

Zoo vertoont de graniet van Tandjoengpandan op Billiton een zoom van hoornrots ten Z. van Tg. Binga, bij welke kaap het intrusiegesteente talrijke insluitsels bevat van omgezet sediment.<sup>1)</sup> Bij Tg. Setjoepak ten Z.O. van Tg. Binga snijdt een granietgang door (Triadischen) zandsteen.<sup>2)</sup> Langs den oost- en zuidrand wordt hetzelfde granietmassief omgeven door heuvels van met kwartsaders doorzette, harde, brooze, verkiezelde schalies en in kwartsiet omgezette zandsteen (G. Kaboeng, G. Tadjem, G.

<sup>1)</sup> Mededeeling van Ir. P. H. A. ZAALBERG.

<sup>2)</sup> R. D. M. VERBEEK, Op. cit., 67 (1897).

Liang, G. Bantan, G. Aoer). Verkiezelde zandsteenen vindt men ook langs den noord- en zuidrand van den Boeroengmandi-graniet <sup>1)</sup> en voorts in gezelschap van verkiezelde schalies op talrijke, verspreide punten over het geheele eiland, waar zij een aanwijzing vormen voor de aanwezigheid van graniet op geringe diepte.

Op Banka werden insluitsels van hoornrots in graniet waargenomen op het eiland Bedaoen in de Klabat-baai. <sup>2)</sup> Dezelfde Klabat-graniet vertoont in het district Djeboes vaak fijnkorrelige randfacies, wordt aan de zuidzijde begeleid door heuvels van verkwartste zandsteenen en schalies en bevat aan den voet van G. Penjaboeng insluitsels van uralitischen diabaas. <sup>3)</sup> Verharde schalies begeleiden ook den westrand van dit granietmassief in Soengeiliat, terwijl bij Tg. Antoe aan den oostrand eveneens metamorfe sedimenten, hier gesneden door chalcopryrietadertjes, zijn waargenomen. <sup>4)</sup> De Menoembing-graniet bij Muntok is begrensd door hoornrotsen met diopsied, albiet, vezeligen amfibool en prehniet bij Tg. Pahit. <sup>5)</sup> Nabij Pangkalpinang bestaat de heuvel Selinta uit metamorfen zandsteen, gesneden door cassiteriet-wolframietadertjes. <sup>6)</sup> In Zuid-Banka kent men bij Tg. Kedamim aan de westzijde van den Namak-graniet gangen van grof- en fijnkorreligen toermalijngraniet in hoornrotsen, <sup>7)</sup> terwijl de graniet van Toboali bij Tg. Ketapang insluitsels bevat van hoornrots. Het oude fort van Toboali staat niet ver van den rand van den Toboali-graniet op harden, donkergroenen hoornrots met kwarts, wat veldspaat, groenen amfibool, geüralitiseerden

<sup>1)</sup> C. DE GROOT, Op. cit., 454 (1887).

<sup>2)</sup> R. D. M. VERBEEK, Op. cit., 95 (1897). Het contactgesteente bevat kwarts, bruine glimmer, plagioklaas, zirkoon en spinel.

<sup>3)</sup> J. WESTERVELD, Op. cit., 1125, 1126 (1936a).

<sup>4)</sup> P. H. VAN DIEST, Rapport van het Distrikt Soengeiliat, Eiland Bangka. Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I. 1, II, 3—71 (1872).

<sup>5)</sup> Kort verslag v. d. Dienst v. d. Mijnbouw over het 3de kwartaal 1933. De Menoembing-graniet zoo genoemd naar G. Menoembing (445 m).

<sup>6)</sup> P. H. VAN DIEST, Verslag der Onderzoekingen aan den heuvel Salinta. Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 2, II, 145—149 (1873).

<sup>7)</sup> J. A. HUGUENIN, Rapport van het District Toboali, Eiland Bangka. Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 6, I, 81—186 (1877). De plek is later afgebeeld door VERBEEK (Op. cit., atlas fig. 4—6 (1897)). De Namak-graniet zoo genoemd naar G. Namak.



pyroxeen, bruinen glimmer, ilmeniet, titaniet en zirkoon<sup>1)</sup>. De graniet van Bt. Lang in het district Toboali wordt langs zijn noordrand begeleid door een zoom van metamorfe leien over een afstand van 18 km bij een breedte van  $\pm 2$  km.<sup>2)</sup>

Op de eilanden van den Riouw-Lingga Archipel zijn contact-metamorfe sedimenten o.a. gevonden om het granietmassief van het eiland Lingga en langs den westrand van de hoofdgraniet-intrusie op Singkep. Van Lingga worden vlekkeien, adinoool en hoornrots genoemd,<sup>3)</sup> van Singkep chiasoliet-mica-„schist”, in westelijke richting opgevolgd door grafitische „schisten” en nopjesleien.<sup>4)</sup>

Indirect blijkt het intrusieve karakter der granieten uit hun nauwe verbondenheid met de primaire en residuaire tinertsafzettingen en andere vormen van ertsformaties, waarvan zij steeds het centrum vormen. Dit geldt in het bijzonder voor de granieten van Billiton, Banka (zie kaarten II en III) en Singkep, op welke eilanden de residuaire tinertslagen zich laten vervolgen tot in het hart der grootere granietgebieden en zich bovendien uitstrekken over zones van bepaalde breedte over sedimentgesteenten buiten de granietgrenzen. Ook de granieten op de eilanden Karimon en Koendoer worden gesneden door tinertshoudende valleien, terwijl ook cassiteriet, hoewel blijkbaar in mindere hoeveelheden, voorkomt in en om de granieten van Batam, Bintan en Lingga.<sup>5)</sup> Bovendien valt er zoowel bij de primaire als secundaire afzettingen van cassiteriet en andere metaalertsen een zekere zonale rangschikking op te merken rondom de granietbatholieten, van welke kwestie nog verderop sprake zal zijn.

*Voor de aanwezigheid van ontsluitingen van oudere granieten,*

<sup>1)</sup> R. D. M. VERBEEK, Op. cit., 95, 93 (1897). Het gesteente van fort Toboali is, zeer waarschijnlijk verkeerdelijk, door VERBEEK als verkiezelde porfiertuf gedetermineerd.

<sup>2)</sup> J. A. HUGUENIN, Op. cit., (1877).

<sup>3)</sup> A. CHR. D. BOTHE, Op. cit., 127 (1925a).

<sup>4)</sup> CH. H. J. WILHELM, Op. cit., 12 (1928).

<sup>5)</sup> Het voorkomen van tinerts in den Riouw-Archipel en op de eilandengroep van P. Toedjoe (Anambas- en Natoena-eilanden). Verslagen en Meded. betr. Indische Delfstoffen en hunne Toepassingen, 18 (1925). Hierin kaarten van de eilanden in den Riouw-Archipel. De geologische notaties in dit rapport zijn vaak niet in overeenstemming met die op de kaart van BOTHE (op. cit., (1925a)).

waarvan men het bestaan wel eens heeft meenen te moeten aannemen <sup>1)</sup>, valt geen enkel steekhoudend argument aan te voeren.

Aangezien de voortzetting van het Maleische orogeen in Centraal-Borneo (Seberoeangebied) discordant overdekt wordt door sedimenten uit het onder-Krijt volgens recente onderzoekingen van C. P. A. ZEIJLMANS VAN EMMICHOVEN <sup>2)</sup>, doch aan de andere zijde granitische intrusies in hetzelfde gebergtesysteem in West-Borneo (de zg. Chineesche Districten) kalksteen van vermoedelijk Jurassischen ouderdom contactmetamorf hebben veranderd, wordt de ouderdom der granieten van het Maleische Schiereiland en de Tineilanden door den schrijver voor laat-Jurassisch gehouden. <sup>3)</sup>

**Post-granitische, basische ganggesteenten** zijn blijkbaar in het hier behandelde gebied zeer schaarsch ontwikkeld. Van Singkep wordt een diabaasgang van 4—5 m. breedte gemeld in graniet van den Bt. Trap in het oostelijke deel van het eiland, terwijl een soortgelijk gesteente werd gevonden in „schisten” ten Oosten van het hoofdgranietlichaam (A. Poetih) en in den graniet van de Dabo-vallei nabij de zuidzijde van hetzelfde massief. <sup>4)</sup> De gesteenten bestaan uit plagioklaas, augiet, wat biotiet, pyriet en magnetiet.

Diabazen van niet nader bepaalden ouderdom werden voorts aangetroffen op de eilanden Galang en Tjombol in den Riouw-Lingga Archipel. <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> O.a. bij N. WING EASTON, *The Tin Ores of Banca, Billiton and Singkep, Malay Archipelago. Economic Geology*, 32, 1—30, 154—182 (1937). Zie repliek hierop in: J. WESTERVELD, *The Tin Ores of Banca, Billiton and Singkep, Malay Archipelago. — A Discussion. Econ. Geol.*, 32, 1019—1041 (1937).

<sup>2)</sup> C. P. A. ZEIJLMANS VAN EMMICHOVEN, *Korte Schets van de Geologie van Centraal-Borneo. De Ing. in Ned.-Indië; IV. Mijnbouw en Geologie*, 5, 135—149 (1938).

<sup>3)</sup> Zie over deze kwestie ook: J. WESTERVELD, *Metaalprovincies in Nederlandsch Oost-Indië. Openbare les, Amsterdam*, 5—15 (1939).

<sup>4)</sup> CH. A. J. WILHELM, *Op. cit.*, 10, 11, 17 (1928).

<sup>5)</sup> *Verslagen en Mededeelingen betreffende Indische Delfstoffen, etc.*, 18 (1925).

Opmerking: De afkortingen van Maleische woorden hebben de volgende beteekenissen:

A. = Aer = Rivier of water; S. = Soengei = Rivier; P. = Poelau = Eiland; Tg. = Tandjoeng = Kaap; Bt. = Boekit = Heuvel of berg; G. = Goenoeng = Berg.

## II. PRIMAIRE ERTSAFZETTINGEN.

### A. Billiton (zie kaart I).

Van al de Tineilanden zijn de primaire tinertsafzettingen van Billiton het meest bekend geworden door haar intensieve ontginning en niet onbelangrijke bijdrage tot de tinproductie van het eiland in de afgelopen decennia. Volgens haar geologische positie en mineralogischen inhoud kan men ze verdeelen in een drietal hoofdgroepen:

1. Pneumatolytische afzettingen in graniet (cassiteriethoudende greisenzones, cassiteriet- en wolframethoudende kwartspegmatieten, cassiteriet als primair bestanddeel van graniet en op toermalijnaders).

2. Pneumatolytische adernetwerkafzettingen („stock-works”) in sedimenten langs granietranden en boven verborgen granietkoepels.

3. Sulfidische, pneumatolytisch-hydrothermale tinertsaders in sedimenten.

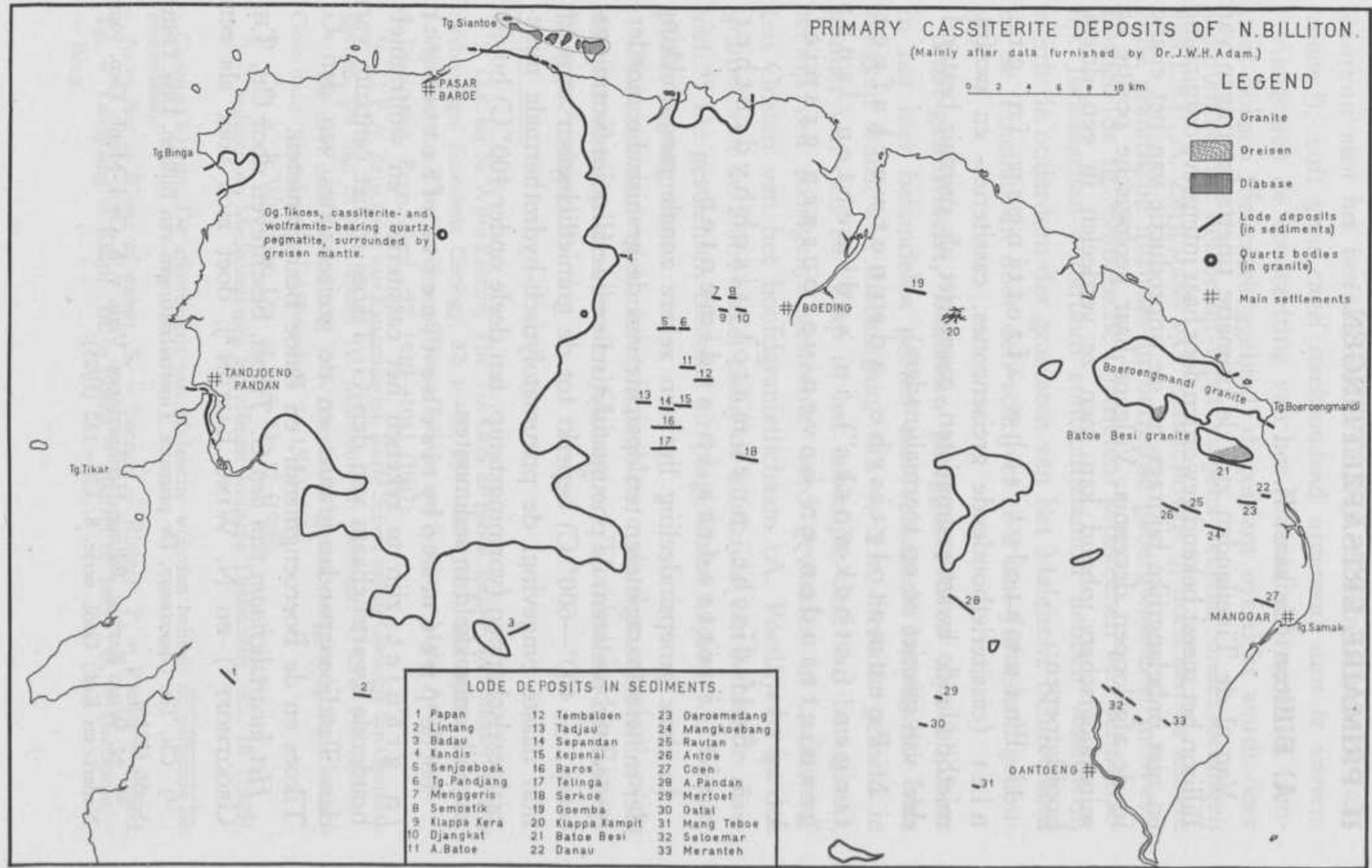
In deze groepsindeeling ligt een zekere zonale rangschikking der mineraalparagenesen ten opzichte van de granitische moedergesteenten besloten: de pneumatolytische mineralisaties (vormingstemp.  $\pm 400^{\circ}$ — $600^{\circ}$  C) beperkt tot de granietlichamen zelve en hun naaste omgeving, de pneumatolytisch-hydrothermale mineraalgezelschappen (vormingstemp. ten deele onder  $400^{\circ}$  C) hoofdzakelijk ontwikkeld in sedimenten.

Tot de pneumatolytische tinertsafzettingen in graniet zijn te rekenen het cassiteriet- en wolframiethoudende kwartslichaam van den G. Tikoes in het centrum van den Tandjoengpandan-graniet en de greisenzones van den G. Tikoes en de Boeroengmandi- en Batoe Besi-granieten.

Het kwartslichaam van den G. Tikoes, beschreven door CH. TH. GROOTHOFF <sup>1)</sup> en N. WING EASTON <sup>2)</sup>, doet zich voor als een

<sup>1)</sup> CH. TH. GROOTHOFF, De primaire Tinertsafzettingen van Billiton. Diss. Delft, 3—56 (1916).

<sup>2)</sup> N. WING EASTON, Billiton-Herinneringen. Verh. v. h. Geol.-Mijnb. Gen. voor Nederl. en Kol.; Geol. serie, 8, 125—132 (1925).



lensvormig lichaam temidden van porfierischen biotietgraniet, ten opzichte waarvan de grenzen van het kwartslichaam soms weinig scherp zijn. Mineralogisch bestaat de kwartslens uit overwegend in  $\alpha$ -kwarts omgezetten  $\beta$ -kwarts, voorts uit plaatvormigen wolframiet (afmeting der kristallen tot  $10 \times 3\frac{1}{2}$  cm) en grofkorreligen cassiteriet (afmetingen tot  $6 \times 3$  cm). De vorming van het kwartslichaam hing blijkbaar ten nauwste samen met die van aplietgangen, waarvan een enkele het kwarts-wolframiet-cassiteriet-lichaam bleek te snijden, doch zelf ook weer doorzet werd gevonden door jongeren kwarts. De wolframiet in de kwartslens werd door GROOTHOFF als het eerst uitgekristalliseerde mineraal opgevat, op den voet gevolgd door cassiteriet en daarna door kwarts. WING EASTON echter beschouwde den wolframiet en den cassiteriet als later gevormd dan de hoofdkwartsmassa, die vóór de introductie van deze mineralen aan sterken druk en plaatselijke breccieering langs verschuivingsvlakken onderhevig moet zijn geweest. De kwartslens wordt omgeven door een greisenzone en gekaoliniseerden graniet. Deze onregelmatig begrensde greisenmantel bevat in hoofdzaak topaas, Li- en F-houdenden glimmer, cassiteriet, weinig wolframiet, pyriet, chalcopyriet, arsenopyriet, sfaleriet en galeniet, terwijl om dezen greisenmantel de graniet nog impregnaties bevat van arsenopyriet, pyriet, chalcopyriet, sfaleriet en galeniet en gangetjes van fluoriet. De greisenmineralen (later gevormde topaas, fluorglimmer, cassiteriet, wolframiet en sulfiden) dringen ook plaatselijk tot in het kwartslichaam door. Voorts vond men in deze afzetting nog verschillende andere mineralen, die ten deele als supergeen moeten worden beschouwd (azuriet, bismuthien, borniet, calcië, cerussiet, chalcosien, chloriet, gilbertiet, haematiet, kaolien, limoniet, magnetiet, malachiet, oxydische Mn-ertsen, molybdeniet, nakriet, scheeliet, skorodiet, sideriet, symplesiet, toermalijn en de gewone granietmineralen). In het klein is de afzetting van den G. Tikoes dus een fraai voorbeeld van zonale rangschikking der mineraalassociaties volgens dalende vormingstemperaturen: in het centrum het pegmatietisch-pneumatolytische kwartslichaam; daaromheen de pneumatolytisch-hydrothermale greisenmantel en deze weer omgeven door een zone van hydrothermale omzettingen en dooraderingen in den graniet.

De greisenzones in den Boeroengmandi-graniet zijn vooral geconcentreerd aan de zuidzijde van deze granietopwieling.<sup>1)</sup> In het centrum van den graniet is dit gesteente slechts ten deele omgezet in cassiteriethoudenden greisen met magnetiet en ilmeniet, waarin nog duidelijk veldspaat te herkennen valt. Ook trof men er aders met kwarts, cassiteriet, fluorglimmer en weinig Fe-erts en tinertshoudende kwartssnoeren aan in een gang van granietporfier in graniet. Een greisenrug in heuvels nabij den zuidrand van dit massief (beschreven als de 4 Kandisheuvels) bleek aders met kwarts, topaas, fluorglimmer, toermalijn, cassiteriet, pyriet, arsenopyriet, chalcopyriet en fluoriet te bevatten (richting N. 73° O.).

De graniet van Batoe Besi bevat aan de zuidzijde aders gevuld met kwarts, toermalijn en fluorglimmer in greisenzones met kwarts, fluorglimmer, toermalijn, cassiteriet, wolframiet, topaas, magnetiet, haematiet, arsenopyriet, pyriet en chalcopyriet, terwijl de graniet bovendien ten deele gekaoliniseerd is, volgens GROOTHOFF<sup>2)</sup> primair. De harde graniet op de heuveltoppen bevat zwarten en donkergroenen toermalijn (meest op spleten) en zelden topaas, bovendien fijnverdeelden cassiteriet, magnetiet, haematiet, arsenopyriet, pyriet en chalcopyriet. De richting der greisenzones is N. 30° O.—N. 80° O. De graniet van dit massiefje is soms pegmatietisch ontwikkeld met veldspaatindividuen tot 24 cm. en kwartsen tot 10 cm. lengte. Op eluviale tinertsafzettingen op dezen graniet vond men in harde knollen toermalijn, topaas, cassiteriet, kwarts en glimmer in vele combinaties.

Pneumatolytische tinertsadertjes in sedimenten („stock-works”) zijn o.a. bekend geworden langs den zuidrand van den Boeroengmandi-graniet, om den graniet van Batoe Besi, in den heuvel van Manggar, om den sulfidischen ader Garoemedang en van eenige andere plaatsen. Tegen den Boeroengmandi-graniet zijn het kwarts-toermalijnsnoeren met wat cassiteriet en fluorglimmer in weinig veranderde zandsteen, in den heuvel van Manggar cassiteriet-kwarts-toermalijnsnoeren en cassiteriet-kwarts-glimmersnoeren en om den ader

<sup>1)</sup> CH. TH. GROOTHOFF, Op. cit., 58—65 (1916).

<sup>2)</sup> CH. TH. GROOTHOFF, De greisenvorming in het Batoe-Besie Granietmassief (Billiton). Verh. v. h. Geol. Mijnb. Gen. voor Nederl. en Kol.; Geol. serie, 1, 319—336 (1915).

Garoemedang cassiteriet-kwartssnoeren met fluorglimmer. <sup>1)</sup> Voorts noemde VERBEEK <sup>2)</sup> kwarts-tinsteenadertjes in leien van G. Mer-toet ten Z. van A. Linggang en kwarts-cassiteriet-wolframiet-adertjes van de noordhelling van G. Seloemar. Deze „stock-works” zijn gemineraliseerde sedimentpartijen, waarin de mineralisatie ten gevolge van verstopping der fijne toevoerwegen na het pneumatolytische stadium vrijwel is opgehouden; slechts in de bredere ertsaders is het ook nog tot vorming van sulfidische mineraalparagenesen gekomen. Economisch zijn de „stock-works” op Billiton nu niet meer van veel belang, doch zij verdienen zeer zeker, en dit geldt ook voor Banka en de overige Tineilanden, de aandacht, aangezien deze vorm van fijnverdeelde tinertsen elders vaak met vrucht in exploitatie is genomen. Op het Maleische Schiereiland kan men als voorbeelden aanhalen het Rahman „stock-work” in het gelijknamige district in Perak nabij de Siamesche grens en het Bruseh „stock-work” aan de westzijde van den Main Range-graniet ten Z.O. van de Kinta-vallei. <sup>3)</sup> In Cornwall werden soortgelijke afzettingen met Sn-W-Cu-ertsen in dagbouw ontgonnen o.a. bij Bodmin en St. Austell (mijnen Wheal Prosper and Michell, Mulberry, Minear Downs). <sup>4)</sup>

Sulfidische, pneumatolytisch-hydrothermale tinertsafzettingen in sedimenten vormen economisch verreweg de belangrijkste groep van primaire ertsformaties op Billiton. Zij zijn reeds sedert de tweede helft der vorige eeuw bekend (G. Tadjouw-ader 1859, Meranteh-aders 1862, Seloemar-ader 1864, Mangkoebang-ader 1864, Garoemedang- en Klappa Kampit-aders 1869) en worden thans op groote schaal ontgonnen in de mijn Klappa Kampit. Vroeger hadden ontginningen en exploraties verder o.a. plaats op de aders Seloemar, Garoemedang, Papan en Senjoeboek. Een bijzonderheid van vele dezer aders, o.a. de Roengoen-ader langs het zuidelijke contact van den Boeroengmandi-graniet <sup>5)</sup>, de Batoe Besi-

<sup>1)</sup> CH. TH. GROOTHOFF, Op. cit., 58, 59, 67, 68 (1916).

<sup>2)</sup> R. D. M. VERBEEK, Op. cit., 160—162 (1897).

<sup>3)</sup> J. B. SCRIVENOR, Op. cit., 38—41, 96—99 (1928).

<sup>4)</sup> C. LE NEVE FOSTER, On some Tin Stockworks in Cornwall. The Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London, 34, 654—658 (1878).

H. DEWEY, South-West England; British Regional Geology, p. VII, 52 (1935).

<sup>5)</sup> Niet op kaart I aangegeven.

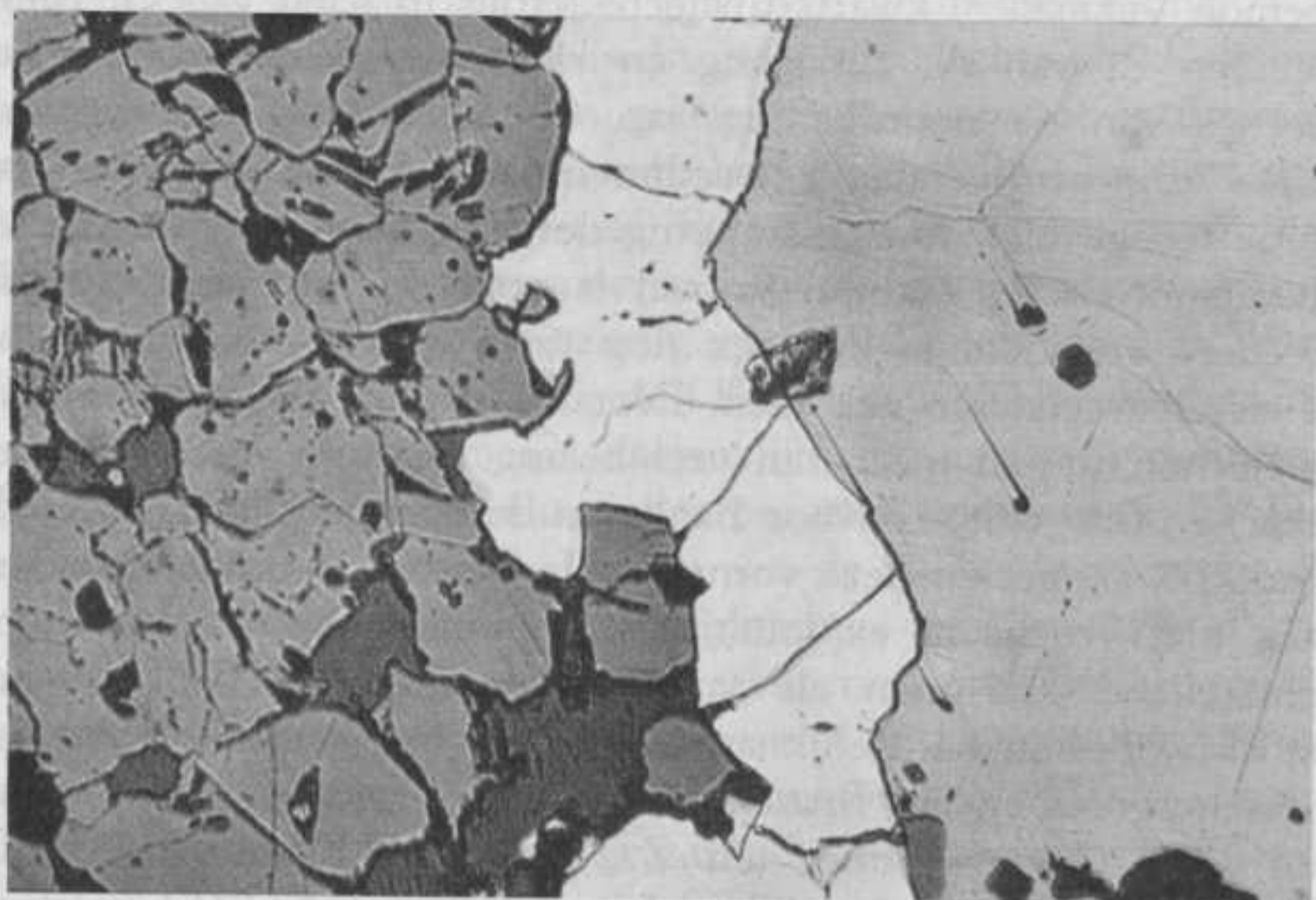


Foto 1. Klappa Kampit mijn, oostelijk ertslichaam.  
 Aggregaat van cassiterietkristallen (grijs), overkorst door jongeren arsenopyriet  
 (wit), die op zijn beurt gecorrodeerd is door chalcopyriet (licht grijswit).  
 Donkergrijs: ganggesteente. × 190

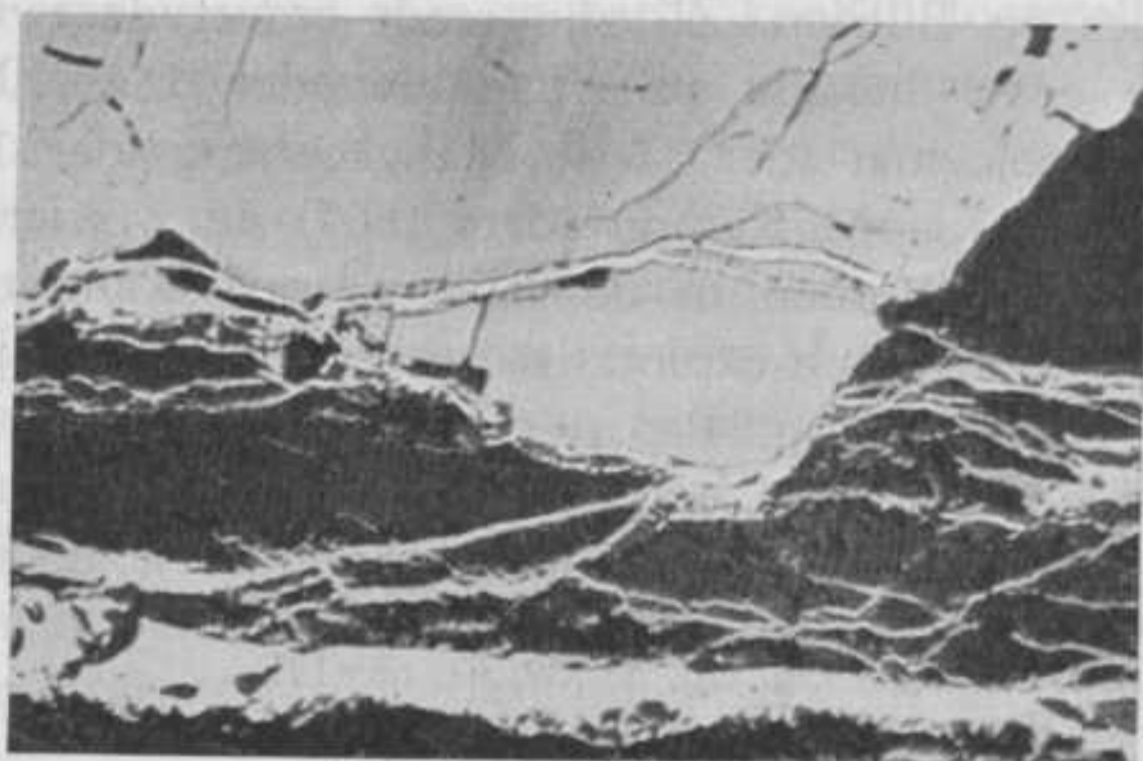


Foto 2. Klappa Kampit mijn, oostelijk ertslichaam,  
 4de niveau.  
 Arsenopyrietkristal, aan den rand doorsneden door adertjes  
 van melnikoviet-pyriet. Donkergrijs: ganggesteente. × 190



ader nabij den graniet van Batoe Besi, de Coen-ader op den heuvel van Manggar en de groote Seloemar-ader, is het voorkomen van groote hoeveelheden magnetiet naast cassiteriet, sulfidische ertsmineralen en silikaten, waardoor de ertsaders van Billiton een tamelijk apart type vertegenwoordigen onder de tinertsafzettingen. Het al of niet voorkomen van veel magnetiet gaf GROOTHOFF<sup>1)</sup> aanleiding de ertsaders van N.O.-Billiton te splitsen in een groep van tinertshoudende, oxydische ertsaders met veel magnetiet en een groep van tinertshoudende, sulfidische ijzerertsaders met veel pyriet, pyrrhotien, arsenopyriet en magnetiet en bovendien met toermalijn en fluoriet. Bij voortschrijding van de exploratie is volgens J. W. H. ADAM echter gebleken, dat alle aders in de sedimentserie onderling zeer groote overeenkomst vertoonen in de mineralisatie en dat door het regelmatig voorkomen van magnetiet naast pyrrhotien van een scheiding tusschen sulfidische en oxydische aders geen sprake meer kan zijn.<sup>2)</sup>

De voornaamste tinertsaders in de sedimentserie zijn volgens ADAM „Lagergänge” of „beddingaders”, gevormd door impregnatie, verbonden met intensieve pyrometasomatische omzetting, van kleisteenlagen, zeer vaak nabij het contact van zeer breede ( $\pm 500$  m. breedte), vrijwel kleisteenlooze zandsteenbanken (aders Seloemar, Coen, Mangkoebang-Rautan, Antoe, Garoemedang, Hoofdader Klappa Kampit, Papan). Deze beddingaders worden doorsneden door vaak talrijke verschuivingen, welke diagonaal of loodrecht ten opzichte van de laagrichting staan en soms het karakter van overschuivingen dragen. Deze verschuivingen zijn zelf in den regel gemineraliseerd en in vele gevallen dragers van ontginbare ertsen gebleken<sup>3)</sup>. De beddingaders hebben een breedte, welke varieert van enkele cm. tot eenige meters (bij Hoofdader Klappa Kampit van enkele cm. tot  $\pm 5$  m.), terwijl de lengte eenige

<sup>1)</sup> CH. TH. GROOTHOFF, Op. cit., 67 (1916).

<sup>2)</sup> Schriftelijke mededeeling van Dr. J. W. H. ADAM, Chef-geoloog der Billiton Mij. aan den schrijver, ddo. 24 Nov. 1937. In de hier gegeven korte beschrijving der Billiton-aders is bovendien dankbaar gebruik gemaakt van notities omtrent de Billiton-ertsen, welke door Dr. ADAM waren toegezonden aan Prof. Dr. J. I. J. M. SCHMUTZER te Utrecht, die zoo vriendelijk was den schrijver hiervan inzage te verlenen. Deze laatste mededeelingen zijn gedateerd 22 Febr. 1935 en 11 Mei 1935.

<sup>3)</sup> Zie ook: P. M. ROGGEVEEN, Tektonik des Zinnerzgrubengebietes von Klappa-Kampit, Billiton, Niederländisch Ost-Indien. Kon. Akad. van Wetens. te Amsterdam; Proc. 35, 575—579 (1932).

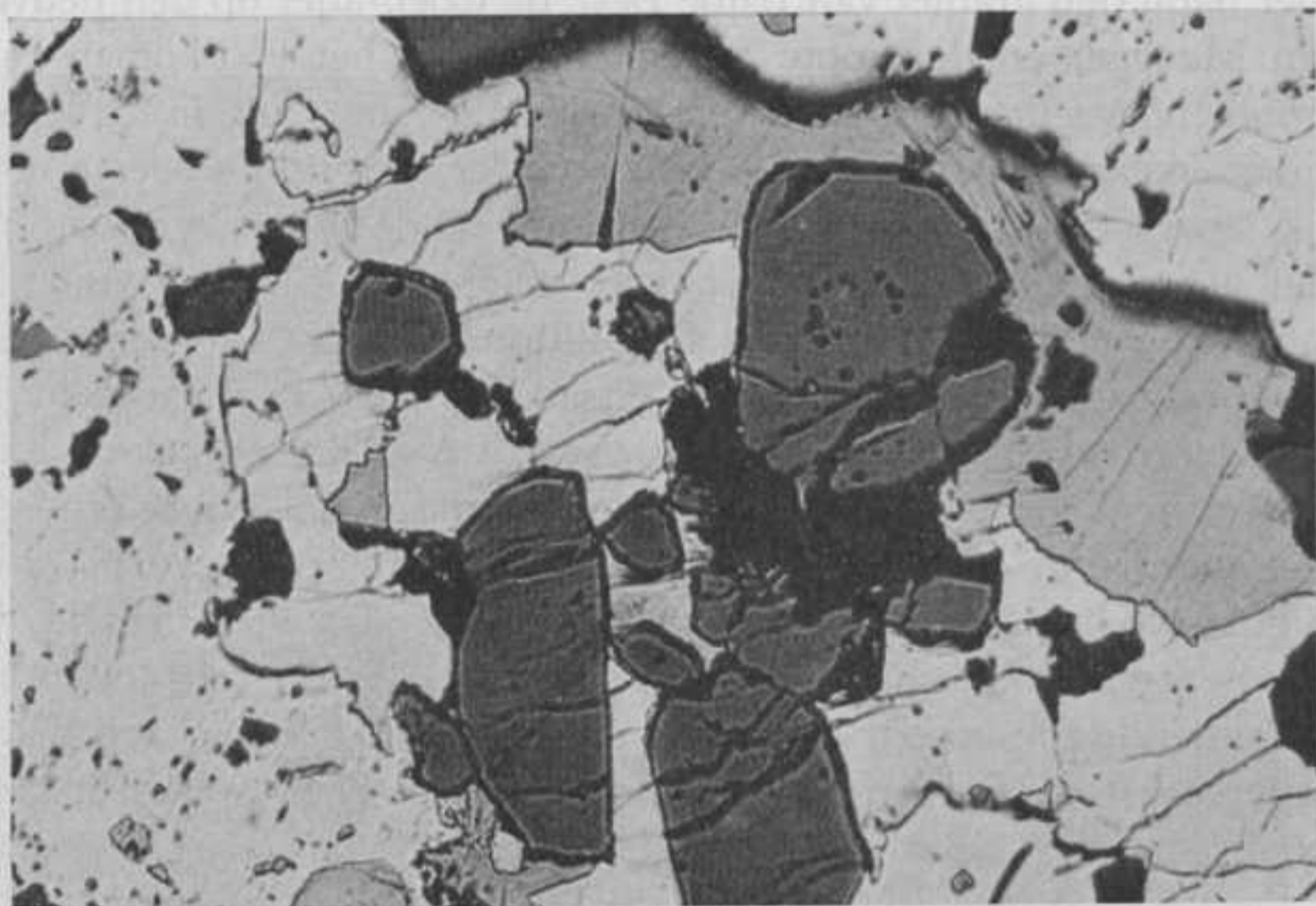


Foto 3. Klappa Kampit mijn, oostelijk ertslichaam.  
 Kristallen van cassiteriet (donkergrijs, sterk relief), omgeven door jongeren  
 arsenopyriet (wit, met barstjes), die op zijn beurt gecorrodeerd is door pyriet (wit,  
 met veel putjes) links en rechts boven op het beeld. Chalcopyriet (licht grijswit,  
 met polijstkrasjes, zwak relief) is het jongste mineraal.  $\times 190$



Foto 4. Klappa Kampit mijn, ader Rajah.  
 Silikaatganggesteente (zwart), waarin een jongere combinatie van magnetiet  
 (grijs) en pyrrhotien (wit) is binnengedrongen. De magnetiet, die door pyrrhotien  
 vervangen wordt, doet zich voor als octaëdrische kristalskeletten.  $\times 190$

honderden meters en zelfs eenige kilometers kan bedragen (lengte Hoofdader Klappa Kampit op 160 m. onder zeeniveau  $\pm$  600 m.; lengte Seloemar-ader meer dan 3 km.). Volgens ADAM heeft de mineralisatie waarschijnlijk plaats gehad tijdens het begin der verschuivingsbewegingen, aangezien waargenomen is, dat in de beddingaders aan weerskanten van een verschuiving (soms zeer aanzienlijke) verschillen in ontwikkeling en positie kunnen optreden, die ook niet verklaard kunnen worden door een verticale componente der verschuivingsbeweging, welke uit hoofde van de bijna horizontale richting der wrijfkrassen nimmer zeer groot kan zijn geweest. Bovendien zijn deze verschuivingen, waaronder de diagonale in de mijn Klappa Kampit een bedrag van 300 m. kunnen bereiken, ook zelf in den regel gemineraliseerd. In genoemde beddingaders is intensieve mineralisatie der kleisteenlagen beperkt gebleven tot de onmiddellijke nabijheid der voedende spleten, zoodat men niet zelden tusschen ertsstrooken vrijwel onveranderde klei- of zandsteenlagen aantreft en het nevengeesteente er zeer dicht bij de ader vrijwel onveranderd uitziet.

Mineralogisch onderscheiden de Billiton-aders zich naar de mededeeling van Dr. ADAM aan den schrijver door de aanwezigheid van biotietrots als meestvoorkomend, pyrometasomatisch silikaatgesteente, terwijl ook amfibool- en chlorietrots niet zeldzaam zijn en beide in dezelfde ader kunnen voorkomen. Behalve genoemde mineralen en cassiteriet bevatten zij bovendien kwarts, rooden granaat, andradiet, pyroxeen, toermalijn, fluoriet, witten glimmer, magnetiet (soms in groote hoeveelheden), pyrrhotien (in groote hoeveelheid), pyriet, chalcopyriet, arsenopyriet, sfaleriet, gedegen Bi, bismuthien, soms galeniet, plaatselijk vrij veel sideriet, ilvaïet, fayaliet (ader Seloemar), vivianiet, zirkoon (in silikaten zeer verspreid en dan omringd door pleochroïtische hoven)<sup>1)</sup>, een zeer ondergeschikte hoeveelheid phenakiet<sup>2)</sup>, apatiet en topaas, plaatselijk kaolien, en verder als verweeringsmineralen limoniet, malachiet en vitriolen. Wolframiet en stannien werden volgens ADAM

<sup>1)</sup> Zie ook: J. W. H. ADAM, Over verschijnselen van radioactiviteit in de tinertsaders van Klappa-Kampit, Billiton. De Ing. in Ned. Indië; IV. Mijnbouw en Geologie, 1, 182 (1934).

<sup>2)</sup> Zie ook: J. W. H. ADAM, Phenakiet in Billiton-erts. De Mijningenieur, 13, 145 (1932).

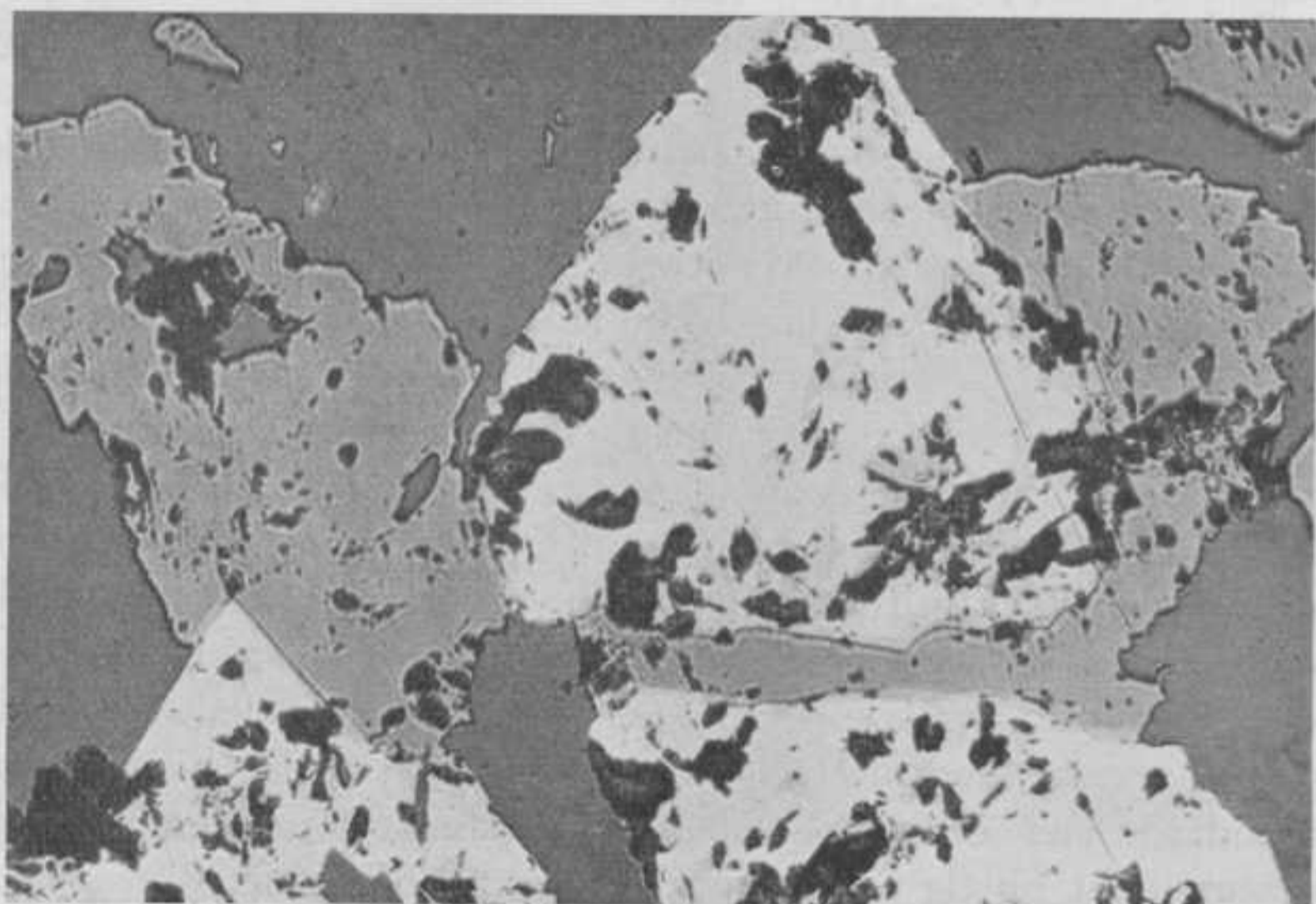


Foto 5. Klappa Kampit mijn, ader Rajah.  
 Octaëdrische magnetietkristallen (wit), ten deele door cassiteriet (grijs) omgeven.  
 Donkergrijs: ganggesteente. × 190

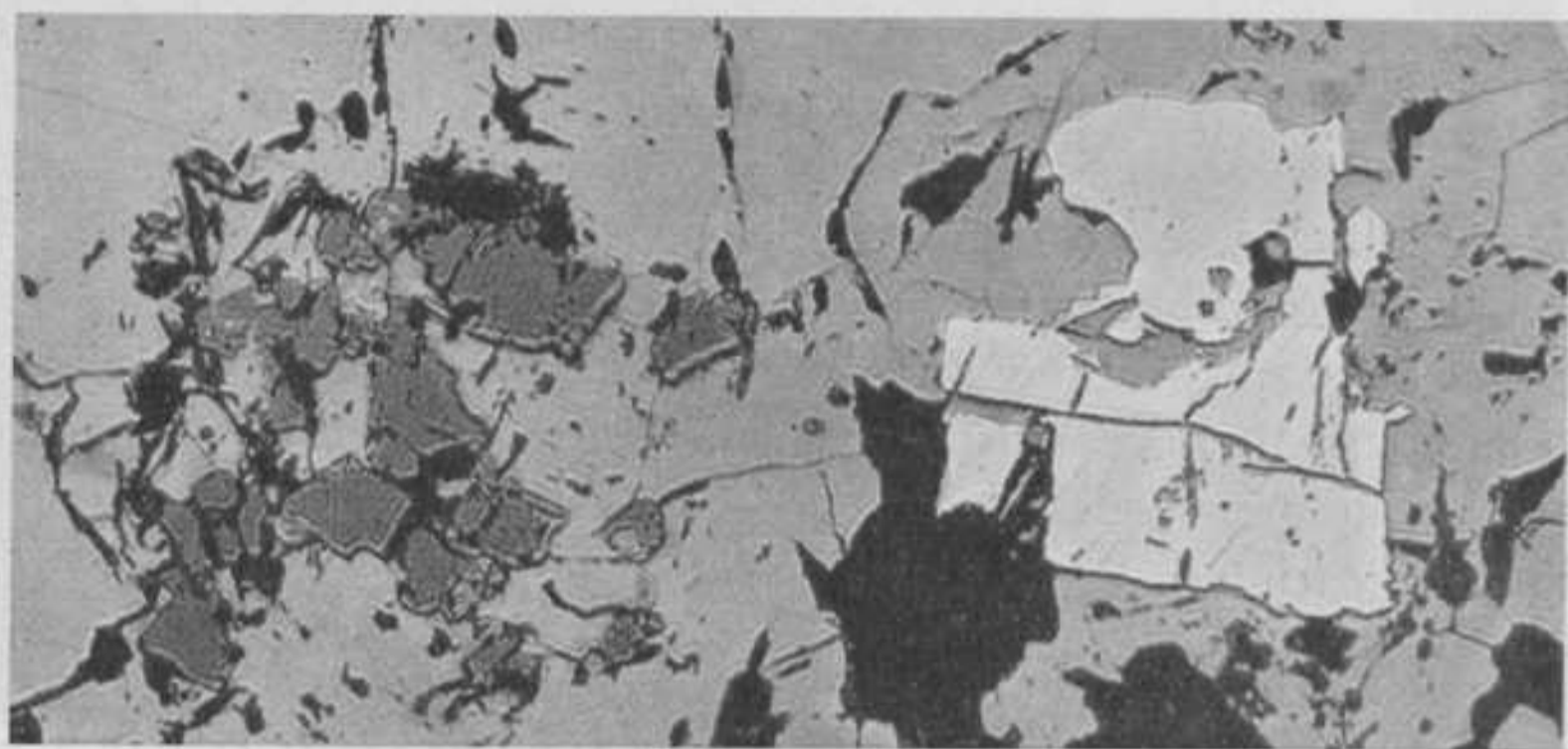
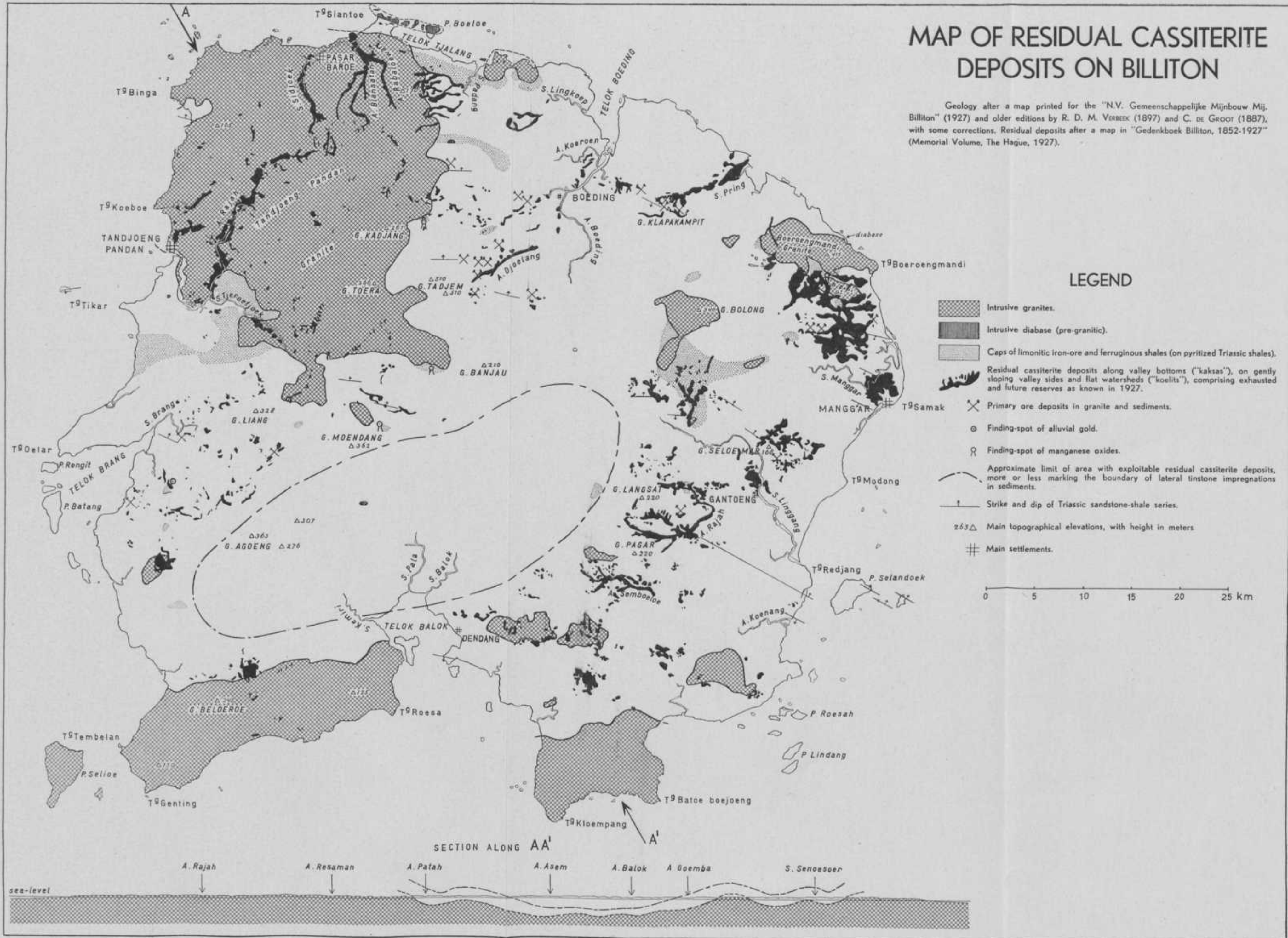


Foto 6. Klappa Kampit mijn, ader Rajah.  
 Resten van arsenopyriet en magnetiet (resp. wit en grijs, hoog relief), gecorro-  
 deerd door pyrrhotien (grijswit). Zwart: ganggesteente en putjes. × 190

# MAP OF RESIDUAL CASSITERITE DEPOSITS ON BILLITON

Geology after a map printed for the "N.V. Gemeenschappelijke Mijnbouw Mij. Billiton" (1927) and older editions by R. D. M. VERBEEK (1897) and C. DE GROOT (1887), with some corrections. Residual deposits after a map in "Gedenkboek Billiton, 1852-1927" (Memorial Volume, The Hague, 1927).



## LEGEND

- Intrusive granites.
- Intrusive diabase (pre-granitic).
- Caps of limonitic iron-ore and ferruginous shales (on pyritized Triassic shales).
- Residual cassiterite deposits along valley bottoms ("kaksas"), on gently sloping valley sides and flat watersheds ("koelits"), comprising exhausted and future reserves as known in 1927.
- Primary ore deposits in granite and sediments.
- Finding-spot of alluvial gold.
- Finding-spot of manganese oxides.
- Approximate limit of area with exploitable residual cassiterite deposits, more or less marking the boundary of lateral tinstone impregnations in sediments.
- Strike and dip of Triassic sandstone-shale series.
- Main topographical elevations, with height in meters.
- Main settlements.



# RESIDUAL CASITERITE DEPOSITS ON BILLTON

Geological Survey of South Africa  
Pretoria, 1957

## LEGEND

Residual Cassiterite Deposits  
Cassiterite  
Quartz  
Mica  
Feldspar  
Gneiss  
Schist  
Siltstone  
Sandstone  
Limestone  
Dolomite  
Basalt  
Granite  
Gabbro  
Diorite  
Andesite  
Tuff  
Siltstone  
Sandstone  
Limestone  
Dolomite  
Basalt  
Granite  
Gabbro  
Diorite  
Andesite  
Tuff



nimmer in dit soort aders aangetroffen. <sup>1)</sup> Een interessant mineralogisch beeld vertoont de  $\pm 3$  km. lange Seloemar-ader, het prototype van de aan magnetiet rijke tinertsaders, waarvan de dagzoom als een muur van magnetisch ijzererts boven de omgeving uitsteekt. Onder de uit cassiteriethoudenden magnetiet bestaande bovenste ertspartij bleek de ader op de tweede verdieping aan de vloerzijde plaatselijk uit fayaliet (met wat granaat) te bestaan, terwijl verder het erts hoofdzakelijk sulfidisch was met pyrrhotien, sfaleriet, galeniet en wat cassiteriet als voornaamste mineralen. Op het derde niveau werd de fayaliet-sulfidemassa weder geheel vervangen gevonden door magnetiet. GROOTHOFF vergeleek de Seloemar-ader met tinertshoudende magnetietafzettingen uit het Zeehan-ertsveld in Tasmanië. Een gelijksoortige vorm van afzetting is mogelijk ook ontwikkeld te Pelepah Kanan in Johore op het Maleische Schiereiland, waar een magnetiethoudend haematietlichaam met een zeker gehalte aan tinerts ontwikkeld is in metamorf gesteente nabij intrusies van hoornblende-graniet, porfier en pegmatietaders. De haematiet is blijkbaar voor een deel ontstaan door martietisatie van magnetiet, terwijl cassiteriet ook gevonden werd in één der pegmatietaders en in de nabije „schisten”, w.o. magnetiethoudende hoornblendeschisten. <sup>2)</sup>

De volgorde der mineraalvorming wordt door ADAM voor de ader Rajah (Klappa Kampit), welke veel amfibool, pyroxeen, sulfiden, magnetiet, cassiteriet en fluoriet bevat, gedacht volgens het schema: pyroxeen — amfibool — magnetiet + cassiteriet — pyrrhotien  $\rightarrow$  chalcopyriet + sfaleriet — sideriet. Amfibool blijkt op sommige plaatsen duidelijk uit pyroxeen te zijn ontstaan, terwijl amfiboolnaalden vaak ingesloten zijn in tinerts en amfibool wel eens door magnetiet vervangen wordt. Pyrrhotien komt nooit zonder chalcopyriet voor, terwijl chalcopyriet wèl zonder pyrrhotien voorkomt. Sfaleriet, meestal in geringe hoeveelheden, is gebonden aan pyrrhotien <sup>3)</sup>. Bijgaande foto's geven een beeld van de

<sup>1)</sup> CH. TH. GROOTHOFF (Op. cit., 75—79 (1916)) vermeldt echter wolframiet als zeldzaamheid in de ader Garoemedang, waarin behalve vele der genoemde mineralen werden aangetroffen beryll, haematiet, lazuliet, orthoklaas, en de secundaire mineralen calciëet, gips, halotrichiet en markasiet.

<sup>2)</sup> Federated Malay States; Report of the Geological Survey Dept. for the year 1936, p. 18, 19.

<sup>3)</sup> Mededeelingen van Dr J. W. H. ADAM.

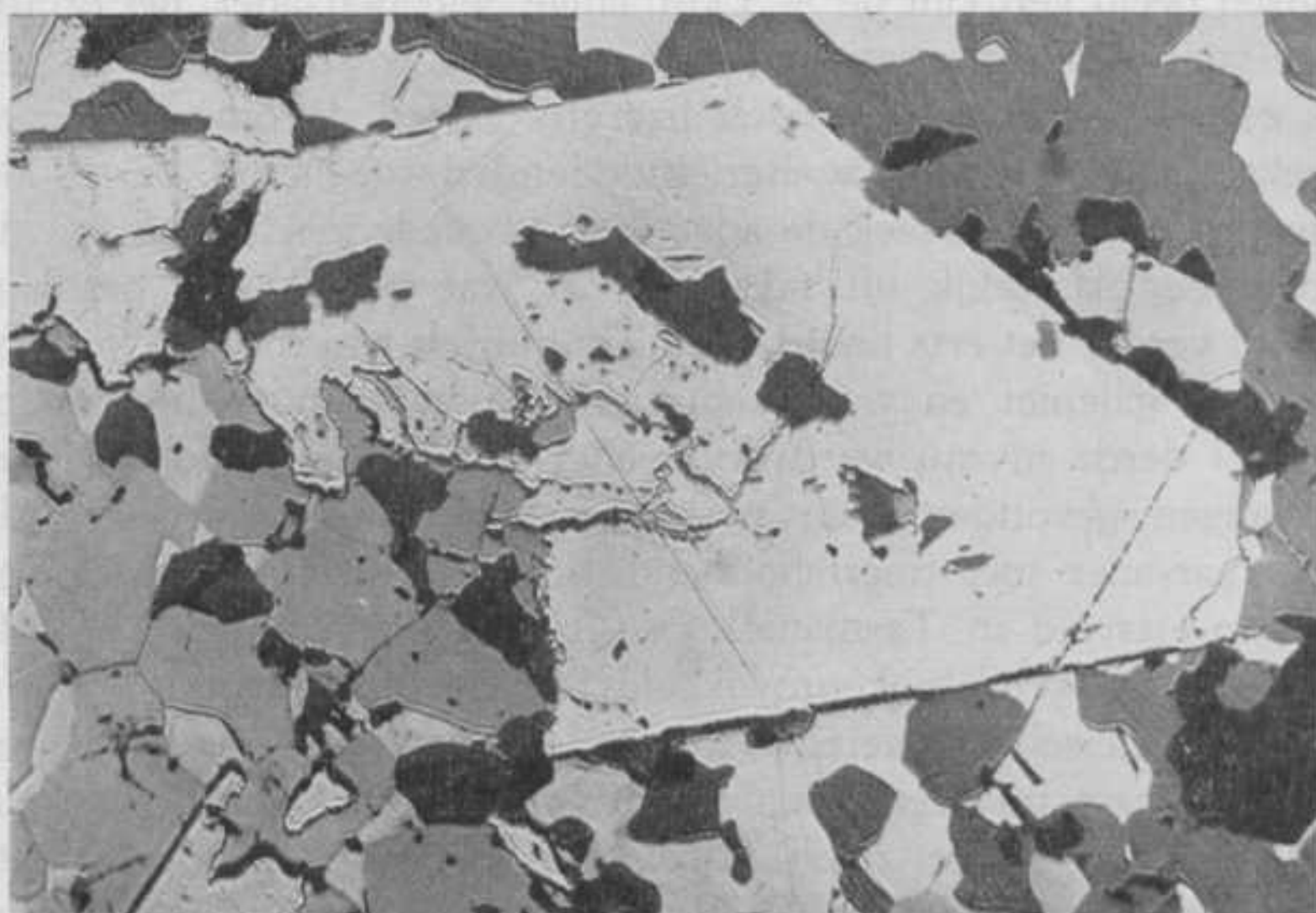


Foto 7. Seloemar-ader.

Arsenopyrietkristal (wit, sterk relief) gecorrodeerd door een mozaïek-achtige vergroeiing van pyrrhotien (lichtgrijs, linkerhelft van de foto), sfaleriet (donkergrijs, rechter- en bovenste deel van de foto) en galeniet (wit, laag relief). Sfaleriet en galeniet zijn jonger dan pyrrhotien.  $\times 190$

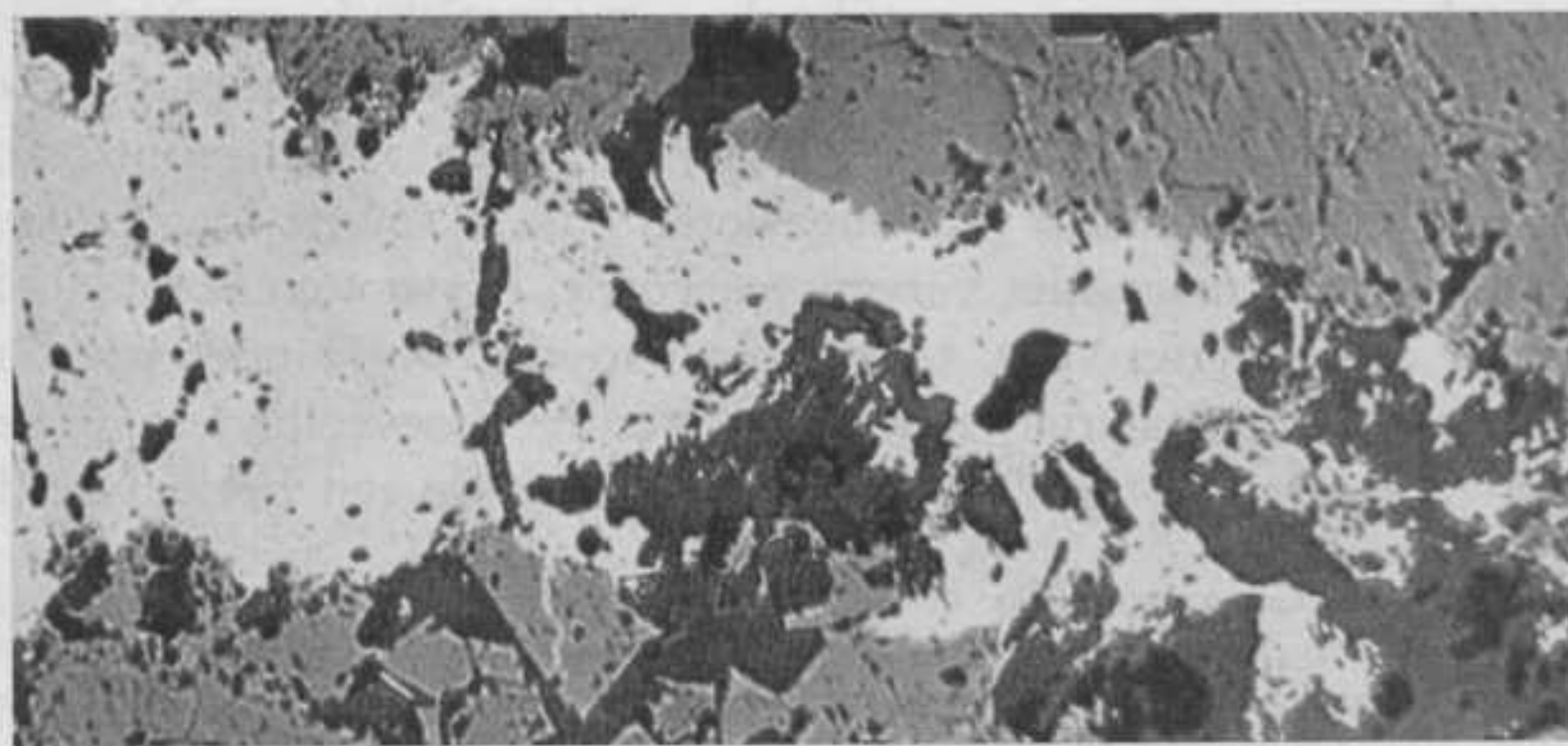


Foto 8. Seloemar-ader.

Aggregaat van octaëdrische magnetietkristallen (donkergrijs), ten deele verdrongen door een pyrietgangetje.  $\times 190$



onderlinge vergroeiingswijze van mineralen uit ertsen van de mijn Klappa Kampit en de Seloemar-ader. Men ziet er uit, dat magnetiet vervangen kan worden door pyriet (foto 8) en ook aangetast kan zijn door cassiteriet (foto 5), terwijl arsenopyriet later gevormd is dan cassiteriet (foto's 1,3), doch op zijn beurt weer verdrongen wordt door pyriet (w.o. de melnikovietvorm, foto's 2, 3), pyrrhotien, chalcopyriet, sfaleriet en galeniet (foto's 1, 6, 7). Chalcopyriet is jonger dan pyriet (foto 3) en magnetiet is vanzelf ook eerder gevormd dan pyrrhotien (foto's 4, 6). De ouderdomsvolgorde beantwoordt dus in algemeene trekken, met eenig voorbehoud en onder aanname, dat de kristallisaties elkaar ook eenigszins overlappen, voor eenige der belangrijkste mineralen ongeveer aan het volgende schema: pyroxeen → amfibool → magnetiet → cassiteriet → arsenopyriet → pyriet → pyrrhotien → chalcopyriet + sfaleriet → galeniet.

De beperking van de sulfidische ertsaders van Billiton tot de sedimentgebieden in het Noorden van het eiland, met andere woorden haar ontwikkeling boven en buiten de graniet-sedimentcontacten, vindt op het Maleische Schiereiland een evenbeeld in de overeenkomstige ligging van de daar bekende pneumatolytisch-hydrothermale ertsafzettingen, welke, gelijk bijv. de sulfidische tinertspijpen in Carbonische kalksteen in de vallei van Kinta (de Lahat „pipes”) en de ertsaders der Pahang Consolidated Cy. nabij de S. Kuantan, vrijwel geheel in sedimenten zijn gelegen.<sup>1)</sup> Dit beeld verschilt dus relatief eenigszins van de wijze van voorkomen van den cassiteriet in Cornwall, waar de grootste hoeveelheden tinsteen in de groote, ten deele sulfidische ertsaders juist geconcentreerd is even boven en onder de contacten der intrusieve granieten met de sedimentaire, oud-Palaeozoïsche „killas”.<sup>2)</sup>

Tot slot van de beschouwingen over Billiton kan nog gewezen

<sup>1)</sup> J. B. SCRIVENOR, *Op. cit.*, 91—94, 122—126 (1928).

<sup>2)</sup> Zie o.a.: J. B. HILL, D. A. MACALISTER, etc., Falmouth, Truro, and the Mining District of Camborne and Redruth. *Memoir to sheet 352* (Falmouth, Truro, Camborne and Redruth), one inch to one mile; *Geol. Surv. of England and Wales* (1906).

C. REID, J. S. FLETT, etc., *Geology of the Land's End. Memoir to sheet 351, 358* (Land's End), one inch to one mile; *Geol. Surv. of England and Wales* (1907).

H. DEWEY, *Op. cit.* (1935).

J. CH. BROWN, Lagerstätten und erzmikroskopische Untersuchung der Zinnerzgänge der East Pool-Mine bei Redruth in Cornwall. *Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.*, **68**, Beil. Bd. A, 298—336 (1934).

worden op de vele oppervlakteafzettingen van limonitisch ijzererts en limoniethoudende schalies op sedimenten, welke ontstaan zijn door oxydatie en uitlooting van gepyrietiseerde, Triadische kleisteenen of leien, waarbij  $\text{SiO}_2$ , alkaliën, CaO en MgO werden verwijderd en limonitisch ijzererts residuair achterbleef. Dit proces, waarvan de uitwerking ook op Banka en de overige Tineilanden in sedimentgebieden, welke onderworpen zijn geweest aan impregnatie met ijzersulfiden buiten de granietcontacten, waar te nemen valt, is op één lijn te stellen en ook niet te scheiden van in het hier besproken gebied op ruime schaal plaats gehad hebbende bauxietvorming. Ook oxydische mangaanertsen <sup>1)</sup> zijn op deze wijze plaatselijk op Billiton, blijkbaar steeds op sedimenten ten gevolge van het hydrothermale karakter der primaire Mn-mineralen, gevormd.

### B. Banka (zie kaart III).

De op Banka bekend geworden primaire tinertsafzettingen zijn tot nu toe van weinig economisch belang gebleken en haar verdere opsporing is door den bijzonderen rijkdom der residuaire afzettingen en de hierin ook thans nog opgehoopte, groote ertsreserves nog niet van urgent belang geweest. De verspreide mededeelingen <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> C. DE GROOT, Op. cit., 133, 136, 221 (1887).

<sup>2)</sup> Verspreide mededeelingen in de geologisch-mijnbouwkundige verslagen over de districten Blinjoe, Soengeiliat, Merawang, Soengeiselan, Toboali, Pangkalpinang en Koba door J. E. AKKERINGA, P. H. VAN DIEST, G. P. A. RENOUD, J. A. HUGUENIN en J. H. CORDES in Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 1872 I, 1872 II, 1873 I, 1874 I, 1877 I, 1878 I en 1885 I.

Mededeelingen over ertsadertjes in de heuvels Sambonggiri en Selinta, in Djeboes en langs de Oostkust van Banka door P. H. VAN DIEST, R. EVERWIJN en D. DE JONGH Hzn. in Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 1873 I, 1885 II.

R. D. M. VERBEEK, Op. cit. (1897).

F. VAN DER PLOEG, Bijdrage tot de kennis van het ontstaan van het tinerts op het eiland Banka. Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 40, Verh. 245—247 (1911).

H. J. VAN LOHUIZEN, Over de wijze van voorkomen van tinerts in het district Blinjoe op Banka. Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 46, Verh. I, 192—207 (1917).

P. HÖVIG, Banka, the geology and the Tin ores. Meded. v. h. Alg. Ingenieurscongres, 5de sectie, Batavia, 8—15 Mei 1920.

Kort verslag v. d. Dienst v. d. Mijnbouw over het 3de kwartaal 1933.

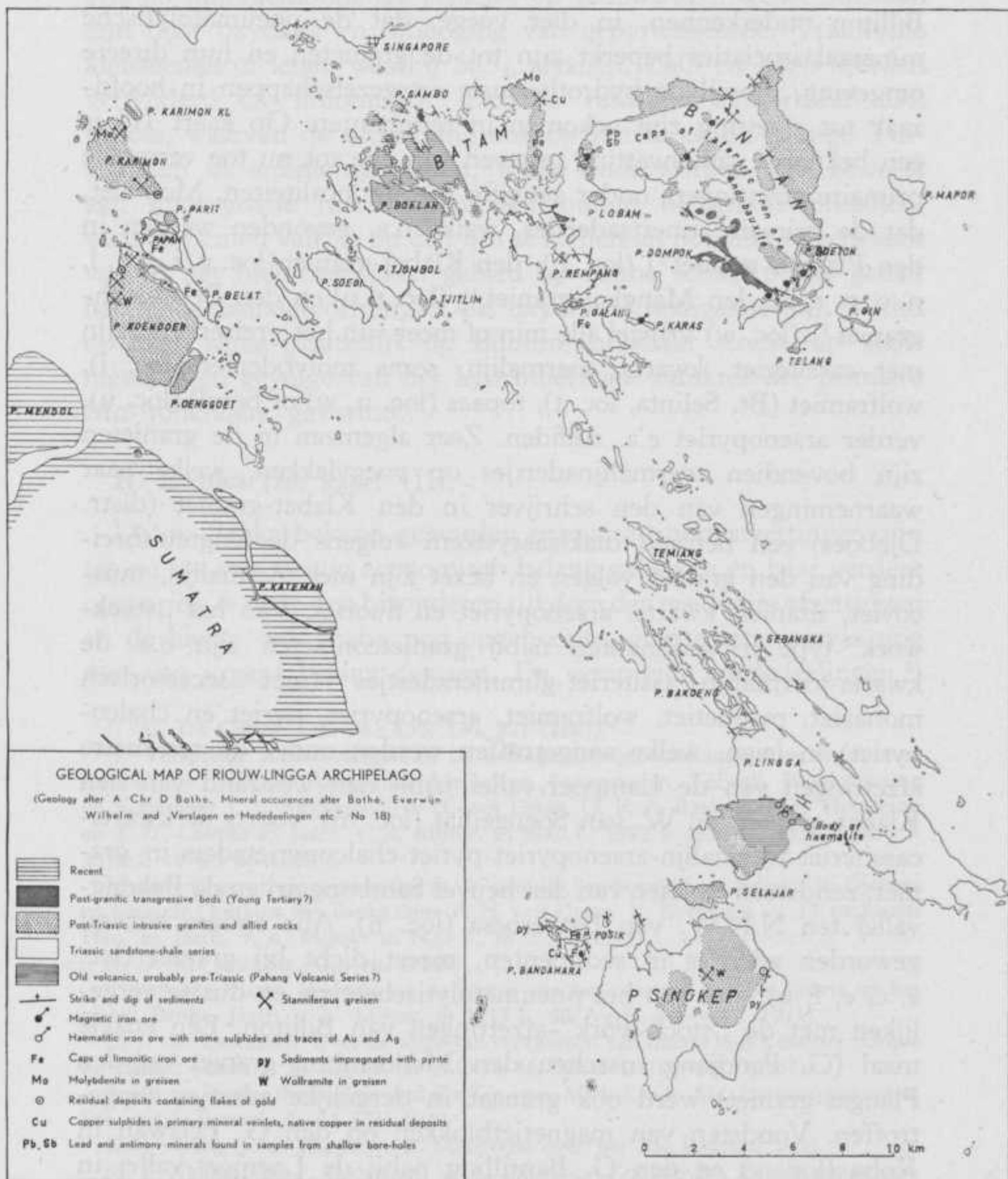
M. E. AKKERSDIJK, P. ESENWEIN, W. C. BENSCHOP KOOLHOVEN, Enkele geologische gegevens betreffende het Pemali-tinertsvoorkomen op het eiland Banka. De Mijn-ingenieur, 13, 6—10 (1932).

J. WESTERVELD, Op. cit., (1936a).

over het voorkomen van cassiteriet op primaire ligplaats op dit eiland laten echter reeds duidelijk een zekere overeenkomst met Billiton onderkennen, in dier voege, dat de pneumatolytische mineraalassociaties beperkt zijn tot de granieten en hun directe omgeving, terwijl de hydrothermale ertsgezelschappen in hoofdzaak tot afzetting zijn gekomen in sedimenten. Op kaart III is een beknopte samenvatting gegeven van alle tot nu toe vermelde primaire afzettingen, onder aangifte van de localiteiten. Men ziet, dat de primaire tinertsadertjes, welke o.a. gevonden werden in den Plangas-graniet<sup>1)</sup> (loc. b), den Klabat-graniet (loc. g, i, j, k, l, n, o, p, r, s), den Mangkol-graniet<sup>1)</sup> (loc. t, u) en den Beboeloeh-graniet<sup>1)</sup> (loc. w) vrijwel alle min of meer van het greisentype zijn met cassiteriet, kwarts, toermalijn, soms molybdeniet (loc. i), wolframiet (Bt. Selinta, loc. t), topaas (loc. u, w) of beryll (loc. u), verder arsenopyriet e.a. sulfiden. Zeer algemeen in de granieten zijn bovendien toermalijnadertjes op voegvlakken, welke naar waarnemingen van den schrijver in den Klabat-graniet (distr. Djeboes) een bepaald diaklaassysteem volgens de lengteuitbreiding van den graniet volgen en bezet zijn met toermalijn, muscoviet, titaniet, kwarts, arsenopyriet en fluoriet. Van het „stock-work“-type in sedimenten nabij granietcontacten zijn o.a. de kwarts-toermalijn-cassiteriet-glimmeradertjes (met accessorisch monaziet, magnetiet, wolframiet, arsenopyriet, pyriet en chalcopyriet) in leien, welke aangetroffen werden onder de residuaire afzettingen van de Lampoer-vallei nabij den westrand van den Klabat-graniet ten W. van Soengeiliat (loc. m); voorts de kwarts-cassiteriet-toermalijn-arsenopyriet-pyriet-chalcopyrietaders in graniet, zandsteen en leien van den heuvel Sambonggiri en de Bakong-vallei ten N.N.W. van Batoeroesa (loc. n). Alle andere bekend geworden adertjes in sedimenten, meest dicht bij graniet (loc. a, c, e, f, q), zijn van het pneumatolytische type en dus te vergelijken met de „stock-work“-afzettingen van Billiton. Een enkele maal (G. Pandjang tusschen den Menoembing-graniet en den Plangas-graniet) werd ook granaat in dergelijke adertjes aangetroffen. Vondsten van magnetietblokken op den G. Pelawan in Koba (loc. v) en den G. Bantilling nabij de Loemoet-vallei in

<sup>1)</sup> Resp. zoo genoemd naar de Plangas-vallei, G. Mangkol (398 m.) en G. Beboeloeh (654 m.).

Kaart IV.



Blinjoe, afkomstig uit aders in sedimenten, duiden op de mogelijke aanwezigheid van magnetiethoudende tinsteenaders van het Seloemar-type. Kwarts-arsenopyrietadertjes met een gering koper-, goud- en zilveragehalte worden gevonden in leien tusschen gangen van uralitischen diabaas aan zee bij G. Penjaboeng (distr. Djeboes). Van verschillende plaatsen, zooveel mogelijk aangegeven op kaart III, wordt tevens melding gemaakt van pyrietisatie der sedimenten, waaraan evenals op Billiton het ontstaan van de vele en vaak uitgestrekte kappen van limonitisch ijzererts, welke men om de granieten op sedimenten aantreft en waarvan de verbreiding ongetwijfeld veel aanzienlijker is dan op kaart III uit de beschikbare gegevens kon worden aangegeven, moet worden toegeschreven. Ook werden op enkele plaatsen mangaanoxyden op sedimenten aangetroffen.

### C. Riouw-Lingga Archipel (zie kaart IV).

Het weinige, wat er over de primaire ertsvormingen op de eilanden van den Riouw-Lingga Archipel bekend is gemaakt, is geheel in overeenstemming met het beeld, dat Billiton en Banka ons bieden. Ook hier de pneumatolytische mineraalgezelschappen in en direct om de granieten, terwijl de hydrothermale mineraalassociaties in hoofdzaak beperkt zijn tot de sedimentgebieden.

Tinhoudende greisenzones in graniet zijn aangetroffen op Singkep, Koendoer, Karimon, O.-Batam en Bintan. De door gangen van cassiteriethoudenden toermalijnpegmatiet gesneden, porfierische biotietgraniet van *Oost-Singkep* bevat op de heuvels Toemang en Seroe kwarts-tinsteenadertjes in kwarts-muscoviet-cassiterietgreisen. Op den Bt. Toemang bevatten deze adertjes ook wolframiet. Buiten het granietcontact komt een cassiteriet-toermalijnimpregnatie voor in de heuvelreeks Kapitan-Aboen langs den rechteroever der Dabo-vallei bij de zuidkust van het eiland.<sup>1)</sup> Van het eiland *Koendoer* worden tot 5 cm. breede aders met cassiteriet, topaas, kwarts en F-Li-glimmer in greisenzones en gekaoliniseerden graniet vermeld van den linkeroever der Timoer-vallei, waar de graniet evenwijdig aan de greisenzones doorzet is met toermalijnsnoeren. Verder werden hier adertjes

<sup>1)</sup> CH. H. J. WILHELM, Op. cit., 10—33 (1928).

met toermalijn, cassiteriet en wolframiet gevonden in de Kangka Sei-Limau. <sup>1)</sup> Op *Karimon* zijn greisenzones met kwarts, toermalijn, glimmer en cassiteriet gevonden bij de S. Limau en S. Tjemat en ten N. hiervan, <sup>2)</sup> terwijl ook molybdeniet werd waargenomen in granietapliet in de S. Baran. <sup>3)</sup> Van *Batam* worden greisenaders in graniet met magnetiet, cassiteriet en sulfidisch Cu-erts vermeld van Tg. Bembang, <sup>2)</sup> terwijl op de N.O.-kust van dit eiland eveneens molybdeniet voorkomt in granietapliet <sup>3)</sup>. Op *Bintan* zijn talrijke greisennesten ontwikkeld in graniet aan de noordkust ten O. van Tg. Sebong, terwijl de graniet doorbroken wordt door apliet- en pegmatietgangen. Voorts zijn op dit eiland greisennesten met toermalijn en glimmer ontwikkeld bij Kp. Pengoedang, terwijl het uit graniet bestaande, nabijgelegen eiland P. Rangas en de N.W.-hoek van P. Soempoet eveneens met greisenaders doorzet zouden zijn. <sup>2)</sup> Voorts werden op *Bintan* in arme, residuaire tinertsterreinen op „glimmerschist” om den G. Gelombang Tiga cassiteriet, fluoriet, rubelliet, veldspaat, muscoviet, lepidoliet, chloriet, pyriet en talk gevonden, hetgeen zou wijzen op de aanwezigheid van een ader (of aders) van lithiumpegmatiet in den ondergrond.

Onder de bekend geworden pneumatolytisch-hydrothermale afzettingen in sedimenten verdienen eenige haematiet- en magnetietafzettingen de aandacht. Op *Lingga* zijn aan de N.O.-zijde van het intrusieve granietcomplex sfaleriet- en pyriethoudende haematietertsen met sporen Au en Ag ontwikkeld in kwartsieten en verkiezelde gesteenten <sup>3)</sup>. Voorts is massieve magnetiet genoemd van P. Karas ten O. van P. Galang, terwijl eveneens melding is gemaakt van magnetiet bij G. Sekoening en G. Senay op *Bintan* <sup>4)</sup> Een nader onderzoek van deze plaatsen ware zeker aan te bevelen, teneinde het karakter van deze ertsen beter te leeren kennen. Sulfidische ertsen van eenige beteekenis zijn niet beschreven. Slechts vindt men melding gemaakt van het aantreffen van Sb-Pb-mineralen in boorgaten op sedimentterrein op *Bintan* en van wat gedegen Cu naast tinsteen op P. Ambatjang in den Posik Archipel <sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> A. CHR. D. BOTHÉ, 137—140 (1925a).

<sup>2)</sup> A. CHR. D. BOTHÉ, 137—139 (1925a).

<sup>3)</sup> Verslagen en Meded., etc., 18, Op. cit. (1925). Zie kaarten alhier.

<sup>4)</sup> R. EVERWIJN, Verslag van een onderzoek naar tinerts op eenige eilanden behorende tot de residentie Riouw. Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I. 1, II, 76—78 (1872).

Pyrietisatie der sedimenten moet echter een zeer algemeen verschijnsel zijn, gezien het veelvuldig voorkomen van kappen limonitisch ijzererts buiten de granietgebieden, o.a. om den graniet in Oost-Singkep<sup>1)</sup>, op de eilanden van den Posik Archipel, op talrijke verspreid liggende plaatsen op Bintan, op het eiland Seraja<sup>2)</sup> en bij G. Metina en G. Saras op het eiland Galang (of Gallat)<sup>3)</sup>. Uit deze waarnemingen blijkt voldoende, dat ook de uit sediment bestaande eilanden gemineraliseerd zijn en uit ertskundig oogpunt de aandacht verdienen.

### III. HETGEEN DE RESIDUAIRE TINERTSAFZETTINGEN LEEREN OMTRENT DE PRIMAIRE VERSPREIDING VAN DEN CASSITERIET.

**A. Ontstaanswijze der residuaire tinertsafzettingen** (zie kaarten II en III).

Gelijk algemeen bekend, wordt de tinsteen op Banka, Billiton en Singkep voor het grootste deel gewonnen uit secundaire afzettingen, welke men met goede redenen als *residuaire* kan beschouwen. Naar de ligplaats kunnen twee hoofdvormen van vindplaatsen worden onderscheiden, nl.: 1. concentraties van tinsteen in oppervlakkige verweeringskorsten op flauwe heuvelhellingen, boven den grondwaterspiegel gelegen, op graniet zoowel als op sediment, en ontginbaar onder natuurlijke afvloeiing van het water (z.g. „*koelit*”-terreinen); 2. concentraties van tinsteen op valleibodems (z.g. „*kaksa's*”), welke bedekt zijn door een vaak aanzienlijke dikte van alluviale deklagen, onder den grondwaterspiegel liggen en slechts ontginbaar zijn in kunstmatig drooggehouden putten of „*kollongs*”. Tusschen beide hoofdvormen kent men nog verschillende overgangen. Zoo zijn de residuaire afzettingen der valleien niet slechts beperkt tot de diepste gedeelten hiervan, doch vindt men ze ook op de door alluviale deklagen be-

<sup>1)</sup> CH. H. J. WILHELM, Op. cit., 34—37 (1928).

<sup>2)</sup> Verslagen en Meded., etc., 18. Op. cit. (1925). Zie kaarten alhier.

<sup>3)</sup> R. EVERWIJN, Op. cit., 77 (1872).

dekte gedeelten der valleihellingen (kaksa's op hoogen „bed-rock" of „kong"). Langs de randen der valleien liggen de alluviale deklagen der „kaksa's" soms reeds boven den grondwaterspiegel ten gevolge van een recente daling van den zeespiegel en kan men dus „kollongs" hebben met natuurlijke afwatering, z.g. „koelittollongs". Bovendien zijn de afzettingen der valleien niet slechts beperkt tot de grenslaag direct boven het — min of meer verweerde — vaste gesteente (de „bed-rock" of „kong"), doch kent men ook „hangende" ertslagen (z.g. „mentjang"-ertsen) tusschen de alluviale deklagen. De „kaksa's" zijn evenals de „koelits" in het algemeen ongelaagd, meestal vrij van rolsteenen en gemengd met materiaal, dat lithologisch meestal correspondeert met den „kong". Door meerdere schifting van het materiaal op de valleibodems zijn de „kaksa's" echter een mengsel van kwartszand met wat tinsteen e.a. zware mineralen, terwijl de „koelits" ertsconcentraties zijn in uitloogingskorsten op het gesteente, waaruit de tinsteen ook direct afkomstig is, afgezien van eventueele horizontale verplaatsing door „creep".

Een markant verschijnsel bij de afzettingen op valleibodems is, dat zij nabij den oorsprong der valleien boven den zeespiegel gelegen zijn, doch geleidelijk hieronder dalen en bij de kusten der Tineilanden op aanzienlijke diepte onder zeeniveau worden aangetroffen, ja, zich zelfs tot op belangrijken afstand buiten de kustlijnen kunnen voortzetten. Zoo ligt, om eenige voorbeelden te noemen, de diepste ertslaag in de Pelamboeng-vallei op het eiland Karimon 30 m. onder zeeniveau <sup>1)</sup>, de „kong" van de verdronken Djankang-vallei op 1300 m. buiten de kustlijn van Z.O.-Singkep op — 17 m. <sup>2)</sup>, de bodem van de Mesoe-vallei aan zee bij Pangkalpinang (Banka) op minstens — 32 m. en die van de Tempilang-vallei in het district Muntok op Banka nabij zee op — 18 m. <sup>3)</sup>. Op Billiton ligt het diepste punt van de belangrijke en breede Manggar-vallei ten N. van den heuvel van Manggar bij de kust-

<sup>1)</sup> Verslagen en Meded., etc., Op. cit., 18, 10—15 (1925).

<sup>2)</sup> G. A. F. MOLENGRAAFF en M. WEBER, Het verband tusschen den pleistocenen ijstijd en het ontstaan der Soenda-zee (Java- en Zuid-Chineesche zee) en de invloed daarvan op de verspreiding der koraalriffen en op de land- en zoetwaterfauna. Kon. Akad. v. Wetensch. te A'dam; Versl., 28, 515 (1919).

<sup>3)</sup> G. J. GEURSEN, „Kaksa und kein Ende". De Mijnningenieur, 14, 176—178 (1933).



lijn op — 20 m.<sup>1)</sup>. Door de diepe ligging van de valleibodems nabij zee is men genoopt geweest de voor de ontginning der zich hierin bevindende tinertsafzettingen bestemde baggermolens uit te rusten met emmerinstallaties, welke het zand tot 30 m. diepte kunnen ophalen. Voortzettingen der tinvalleien in zee zijn o.a. bekend van de Z.O.-kust van Singkep, waar zij reeds sedert geruimen tijd afgedregd worden. Men kent ze ook op verschillende plaatsen langs de kusten van Banka, o.a. langs de westkust van de Klabatbaai (ten N.W. van Tg. Roe), nabij Pangkalpinang (valleien Mesoe en Benoeang) en Soengeiliat (valleien Liat en Baroe-Sigembir) en in het district Toboali (Toboali-vallei e.a. nabij de vestiging Toboali). Hetzelfde verschijnsel doet zich ook voor langs de noordkust van Billiton.

De oorzaak van de diepe ligging der valleibodems nabij en ook buiten de kustlijnen dient gezocht te worden in de post-Pleistocene rijzing van den zeespiegel, waardoor een uitgestrekt, diepgedendeerd landgebied tusschen Sumatra, Borneo en Java (het voormalige Soendaland), op enkele hoogere gedeelten van de laat-Jurassische gebergteketen tusschen het Maleische Schiereiland en West-Borneo na, door de zee overstroomd werd. De rijzing van den zeespiegel wordt door G. A. F. MOLENGRAAFF in zijn bekende verhandelingen over de geologie der zeeën van Nederlandsch Oost-Indië op 40 vademmen ( $\pm 72$  m.) geschat<sup>2)</sup>, doch ook een hooger cijfer, 100 m., is wel genoemd door J. H. F. UMBGROVE.<sup>3)</sup> Door deze post-glaciale rijzing van het zeeniveau kwamen de tin-

<sup>1)</sup> Van verschillende zijde (A. C. DE JONGH, R. W. VAN DER VEEN, in op een volgende blz. te citeeren artikelen) is gewag gemaakt van het bestaan van een abnormaal diep gelegen „kong” in een bocht van de beneden Loemoet-vallei in het district Blinjoe (Banka), waar ertslagen zouden zijn gevonden resp. op 10, 20 en 50 m. diepte, terwijl op 88 m. diepte de bodem van de vallei nog niet bereikt zou zijn. De valleibodem zou hier dus slechts 10—15 m. hebben gelegen boven het laagste niveau, dat de Zuid-Chineesche zee, op een afstand van  $\pm 750$  km. van Banka, eventueel ooit in het Pleistocene bereikt zou hebben. Het wil den schrijver voorkomen, dat men hier mogelijk verweerd gesteente met ertsadertjes voor alluviale deklagen heeft aangezien. Dat hier een diepe uitschuring door getijstroomen zou hebben plaats gehad (veronderstelling van A. C. DE JONGH) lijkt niet zeer aannemelijk.

<sup>2)</sup> G. A. F. MOLENGRAAFF en M. WEBER, Op. cit. (1919).

G. A. F. MOLENGRAAFF, De zeeën van Nederlandsch Oost-Indië; VI, Geologie, 272—357. Uitgave v. h. Kon. Ned. Aardr. Gen. (1922).

<sup>3)</sup> J. H. F. UMBGROVE, De koraalriffen der Duizend-Eilanden (Javazee). Dienst v. d. Mijnbouw in Ned. Indië; Wetensch. Meded., 12, 40—45 (1929).

ertslagen in de benedenlopen der valleien en ook de laaggelegen „koelits” geleidelijk onder zeeniveau te liggen en geraakten bedekt door zich in breede estuariën afzettende, alluviale zand- en kleilagen, welke soms plantaardig materiaal, bijv. boomstamlagen, bevatten. De lager gelegen, residuaire ertslagen werden door de overdekking met alluviale lagen als het ware in een „bevroren” toestand gebracht, d.w.z. de concentratie van tinsteen kwam hier tot stilstand, terwijl dit proces boven het niveau der deklagen thans nog steeds voortgang heeft. Aan tijdelijke regressies van de zee is het vermoedelijk te wijten, dat zich ook soms ten gevolge van de versnelling van den stroom der door de valleien stroomende riviertjes ook nog tusschen de alluviale lagen „hangende” ertslagen konden vormen. Door de opvulling der valleien tot een aanzienlijke hoogte boven hun oorspronkelijken bodem doen zij zich in de benedenlopen thans voor als tamelijk breede vlakten, waardoor onaanzienlijke riviertjes stroomen, welke zich nabij de kust verwijden tot breede, door getijstroomen uitgeschuurde estuariën. De „bevroren” toestand van de onder zeeniveau gelegen, residuaire ertslagen verklaart, waarom deze behalve op de valleibodems ook gevonden worden op de bedolven valleihellingen („kaksa's” op hoogen „kong”). Een fraai voorbeeld hiervan vormen o.a. de door alluviale lagen bedekte „koelits” op de flanken van de heuvels Manggar en Samak in N.O.-Billiton. De heuvelglooiingen laten zich volgens ADAM <sup>1)</sup> op natuurlijke wijze vervolgen tot onder de alluviale afzettingen der kustvlakte en de rijkste afzettingen, met 30 à 40 kg tin per m<sup>2</sup>, liggen op bedolven plateaux op de flanken der heuvels. De afzettingen van Manggar hebben  $\pm 20.000$  pikol ( $\pm 1.235.000$  kg) tin opgeleverd of gemiddeld 5 kg per m<sup>2</sup>. Dat de „kaksa”-lagen vóór de post-Pleistocene rijzing van den zeespiegel op een landoppervlakte gevormd zijn volgt verder o.a. uit vondsten van fossiele boomstronken, takken en vruchten in deze tinzanden, waarvan WILHELM <sup>2)</sup> interessante voorbeelden beschrijft uit Zuid-Singkep, waar wortelstronken van  $\frac{1}{2}$  m. diameter tot soms 3 m. diepte in den „kong” werden aangetroffen. Op Banka zijn fossiele vruchten gevonden in de Loemoet-vallei

<sup>1)</sup> J. W. H. ADAM, Kaksa-Genese. De Mijningenieur, (13), 14, 22—25 (1932—1933).

<sup>2)</sup> CH. H. J. WILHELM, Op. cit., 37—59, 96 e.v. (1928).

(distr. Blinjoe)<sup>1)</sup>. Ook zijn in de Dabo-vallei op Singkep en in de Lajang-vallei op Banka (mijn Banhin No. 8) in de „kaksa” kiezen gevonden van *Elephas Sumatranus*<sup>2, 3)</sup>, waarmede tevens is aangetoond, dat de vorming van deze diepere ertslagen eerst in Holocenen tijd plaats gevonden heeft en ook de Kwartaire deklagen van dezen ouderdom moeten zijn. Deze laatste, hoewel overwegend van terrestrischen aard, bevatten bij de kusten der Tineilanden soms mariene tusschenschakelingen in den vorm van schelpenbanken<sup>1)</sup>, welke dicht boven de „kaksa” kunnen voorkomen, zooals o.a. door DE GROOT<sup>4)</sup> op Billiton werd waargenomen in de mijn Ditjong 8 in het district Tandjoengpandan, of ook wel op een hooger niveau, zooals in de omgeving van den heuvel van Manggar in N.O.-Billiton<sup>5)</sup>. De 61 species omvattende fauna van de mijn Ditjong 8 bestond volgens determinaties van K. MARTIN<sup>4)</sup> slechts uit recente soorten. Op uitgebreider schaal dan op de Tineilanden werden in post-glacialen tijd mariene afzettingen gevormd in de noordoostelijke kustzone van Sumatra, waar marien, schelpenhoudend, kleiig Holocéen het geplooide Neogeen van Palembang en de Lampoengsche Districten discordant overdekt en volgens waarnemingen van J. VAN TUYN<sup>6)</sup> langs den benedenloop van de Mesoedji-rivier ook rust op een oude landoppervlakte, welke herkenbaar is aan het optreden in boorgaten van roodgekleete, geoxydeerde kleien tusschen de Neogene Midden-Palembang-lagen en de blauwgroene, mariene, Holocene deklagen.

Ten aanzien van de geologische oorzaak van de post-Pleistocene rijzing van den zeespiegel boven het Soenda-plat, waarop, behalve om de Tineilanden, op vele plaatsen aan de isobathen nog de onderzeesche voortzetting der rivierlooppen van Oost-Sumatra en West-Borneo in de richting van de Zuid-Chineesche zee te

<sup>1)</sup> R. D. M. VERBEEK, Op. cit., 174 (1897).

<sup>2)</sup> CH. H. J. WILHELM, Op. cit., 37—59, 96 e.v. (1928).

<sup>3)</sup> P. SCHELTEMA-BEDUIN, Aanbieding van fossiele beenderen uitgegraven in de vallei Ajer Lajang op Bangka. Nat. Tijdschr. voor Ned.-Indië, 34, 336 (1874).

K. MARTIN, Ueberreste vorweltlicher Proboscidier von Java und Bangka. Samml. des geol. Reichsmuseums von Leiden, 4, 1—13 (1884).

<sup>4)</sup> C. DE GROOT, Op. cit., 208, 470—472 (1887).

<sup>5)</sup> J. W. H. ADAM, Op. cit., 82—85 (1932—1933).

<sup>6)</sup> J. VAN TUYN, Toelichting bij blad 13 (Wiralaga) der geologische kaart van Sumatra, schaal 1 : 200.000, 20—25 (1934).

vervolgen valt, kan, zonder hier de diverse opvattingen tegen elkander op te wegen, in het kort opgemerkt worden, dat vele onderzoekers (R. A. DALY, G. A. F. MOLENGRAAFF<sup>1)</sup>, A. PENCK) het ontstaan der Soenda-zee zagen als het gevolg van het afsmelten van ijskappen in de gematigde en arctische luchtstreken aan het eind van de glaciale periode. Echter heeft men dit ontstaan ook wel willen toeschrijven aan een daling van de landmassa tusschen Sumatra, Borneo en Java ten gevolge van het op groote schaal wegvloeien van magma op grootere diepte naar de orogenetisch jongere randgebieden<sup>2)</sup>, of wel aan een poolverplaatsing gedurende het Pleistoceen, waardoor de evenaar als gevolg van een roteerende beweging van het aequatoriale vlak om een in Centraal-Afrika en het centrum van den Pacifischen Oceaan uittredende as in het gebied van de Zuid-Chineesche zee een 18-tal graden verplaatst zou zijn, hetgeen een stuwing der oceanische watermassa's boven het thans verdronken Soenda-land tot resultaat zou hebben gehad<sup>3)</sup>.

In recenten tijd heeft weder een geringe daling van den zeespiegel plaats gehad, waarvoor talrijke aanwijzingen langs de kusten om de Java-zee en Zuid-Chineesche zee bestaan en waarvan het totale verticale bedrag door VAN TUYN<sup>4)</sup> op 5—10 m. werd geschat. Op de Tineilanden blijkt deze daling, evenals langs de oostkust van Sumatra, bijv. uit het geleidelijk drooglopen van vlakke kustgebieden (de oppervlakte der Kwartaire kustafzettingen), de aanwezigheid van schaarsche, opgeheven koraalriffen en het optreden van evenwijdige reeksen strandwallen. Opgeheven koraalriffen komen o.a. plaatselijk op Banka voor, doch zij verheffen zich volgens VERBEEK<sup>5)</sup> niet meer dan 1 à 2 m. boven den hoogwaterstand. Oude strandwallen vindt men op Banka o.a. zeer fraai ontwikkeld ten Z.W. van Tg. Pengail en ten Z.O. van Tg. Samak

<sup>1)</sup> G. A. F. MOLENGRAAFF, Op. cit. (1919, 1922).

<sup>2)</sup> R. W. VAN BEMMELN, De Undatietheorie, hare afleiding en hare toepassing op het westelijk gedeelte van den Soendaboog. *Natuurk. Tijdschr. v. Nederl.-Indië*, **92**, 85—234 (1932).

<sup>3)</sup> G. H. RALPH VON KOENIGSWALD, Soenda-plat en poolverplaatsing. Proeve eener verklaring. *De Mijningenieur*, **14**, 124—129 (1933).

<sup>4)</sup> J. VAN TUYN, Over een recente daling van den zeespiegel in Nederlandsch Oost-Indië. *Tijdschr. v. h. Kon. Ned. Aardr. Gen.*, 2de serie, **49**, 89—97 (1932).

<sup>5)</sup> R. D. M. VERBEEK, Op. cit., 62 (1897).

in het Noordoosten van het district Blinjoe, waar zij minstens drie evenwijdige, lage heuvelreeksen vormen pallel aan de aangrenzende kustlijn.<sup>1)</sup> Dergelijke zandwallen, welke opéénvolgende stadia in het terugtrekken van de zee markeeren, werden ook aange troffen op de eilanden Karimon, Koendoer, Bintan, Batam en Singkep<sup>2)</sup> en voorts langs de oostkust van Zuid-Sumatra<sup>3)</sup>. Aan deze recente daling van den zeespiegel moet men wel met R. W. VAN DER VEEN<sup>4)</sup> het verschijnsel der met natuurlijke afwatering werkende „koelit-kollongs” toeschrijven.

Bij de verklaring van het ontstaan van de ertslagen zelve is men wel langzamerhand tot de overtuiging gekomen, dat de „koelits” ontstaan zijn door diepgaande verweering en chemische uitloosing van de oppervlakkige gesteentezones op sediment en graniet, waarbij ook het verplaatsen van de oppervlakkige verweeringskorsten langs dalhellingen door het „kruipen” van den bodem volgens A. C. DE JONGH en J. W. H. ADAM<sup>5)</sup> een rol moet hebben gespeeld.

De intensieve chemische uitloosing der bovenste gesteentelagen boven de tegenwoordige en vroegere valleyniveaux spreekt wel het duidelijkst uit de allerwegen op de Tineilanden en ook op het Maleische Schiereiland<sup>6)</sup> verbrede bauxiet- en laterietvorming, bij welk proces  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  en alkaliën worden afgevoerd en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  achterblijven. Deze bauxiet- en laterietvorming, welke, gelijk bekend, o.a. op Bintan heeft geleid tot de vorming van economisch winbaar Al-erts, werd door H. W. JUNKER<sup>7)</sup> in het district Muntok op Banka zoowel op graniet als

<sup>1)</sup> Zie topografische kaart van Banka, schaal 1 : 25.000.

<sup>2)</sup> A. CHR. D. BOTHÉ, Op. cit. (1925a).

<sup>3)</sup> J. v. TUYN, Toelichting bij blad 13 (Wiralaga) der geologische kaart van Sumatra, schaal 1 : 200.000, 20—25 (1934).

<sup>4)</sup> R. W. VAN DER VEEN, Het ontstaan der secundaire tinertsafzettingen op Banka en Billiton. De Ingenieur, 34, 170—176 (1919).

<sup>5)</sup> A. C. DE JONGH, Het ontstaan van wascherts-afzettingen op hooge kanten en in valleien van het eiland Banka. Meded. v. h. Alg. Ingenieurscongres, 8—15 Mei 1920, Batavia.

J. W. H. ADAM, Kaksa-Genese. De Mijningenieur, 13, 217 e.v., 14, 20 e.v., 81 e.v. (1932—1933).

<sup>6)</sup> Over bauxiet op het Mal. Schiereiland zie o.a.: Federated Malay States Report of the Geol. Surv. Dept. (1936, 1937).

<sup>7)</sup> H. W. JUNKER, Bauxit und Laterit auf Banka. De Ing. in Ned. Indië; IV. Mijnbouw en Geologie, 3, 15—23 (1936).

op sediment waargenomen. Van beneden naar boven ziet men volgens dezen schrijver boven het onveranderde gesteente: 1. een zone met nog bewaard gebleven gesteentestructuur en gekarakteriseerd door kaolinitvorming; 2. een gevlekte zone met begin van bauxiet- en laterietvorming; 3. een ijzerrijke korst met honingraatstructuur en concentratie van ferriverbindingen, gels van kiezelzuur, Al-oxyde en Al-hydraten. Op granieten kan de granitische structuur nog fraai bewaard zijn gebleven in de bauxietlaag, welke zelfs fraaie bauxietpseudomorphosen naar Baveno- en Karlsbadertweelingen van orthoklaas kan bevatten. De granietbauxieten zijn steeds verontreinigd door kwarts. Op sedimenten vormen zich, al naar het Al-gehalte, bruine, roodbruine en roodachtig violette concreties, z.g. „krikils”, die veelvuldig als weg-materiaal worden gebruikt en waarin soms de oorspronkelijke leestructuur valt te herkennen bij de bruine en roodbruine variëteiten. De ijzerrijke „krikils” danken hun ontstaan aan pyrietisatie der sedimenten. Een illustratief voorbeeld van den invloed van chemische uitloosing van een oppervlaktezone beschrijft ook ADAM<sup>1)</sup> van den heuvel van Manggar in N.O.-Billiton. De dagzoom van de zich hier op de zuidhelling bevindende magnetietrijke en steil zuidwaarts hellende beddingader Coen grenst tegen alle verwachting in aan haar noordzijde, dus hellingopwaarts, aan een veld van magnetietblokken, welk feit slechts te verklaren is door een noordwaarts samenklappen van de sedimentlagen tegen de heuvelhelling op. Inderdaad valt hier ook een noordwaartsche ombuiging der kleisteenlagen waar te nemen, hetgeen er dus op wijst, dat in dit geval de inkrimping door chemische uitloosing het heeft gewonnen van zuidwaarts gericht „creep”. Dit bauxietisatie- en laterietisatieproces is alleen mogelijk geweest door het vèrgaande peneplainisatie-stadium, waarin de oppervlakte der Tineilanden, welke vermoedelijk voor het grootste deel sinds het begin van het Krijt niet onder zee is geweest, thans verkeert. Dat dit stadium op Banka en Billiton het schiervlakte-stadium nadert blijkt uit de eigenaardige oppervlaktetopographie, welke zich voordoet als een flauw golvend heuvellandschap, waarboven verspreide, steile topjes zich als „monadnocks” verheffen, hetgeen vooral op in het oog vallende wijze tot uiting komt in de min of

<sup>1)</sup> J. W. H. ADAM, Op. cit., 22—25 (1932—1933).

meer richtinglooze granietterreinen met hun geïsoleerde, hoewel nog soms tamelijk hoge, steile topjes, omgeven door weinig geaccidenteerde, lage terreinen.<sup>1)</sup> Op sedimenten spreekt dit verschijnsel iets minder ten gevolge van den invloed der wisselende hardheid van de sedimentlagen op het topografische relief.

Van het kruipen van den bodem halen DE JONGH en GEURSEN<sup>2)</sup> eenige sprekende voorbeelden aan van Banka. Zoo werden ten Oosten van den Mangkol-graniet in het district Pangkalpinang „koelits” met granietkwarts en rolsteenen van graniet, kwarts en verkiezelden leisteen gevonden op steil hellende leien en zandsteenen, dus op sedimentair terrein, hetgeen alleen te verklaren is door mechanisch transport van een verweeringskorst uit de randzone van den graniet naar den lager liggenden sedimentmantel. Op verschillende plaatsen werd bovendien een echte „kaksa” in boringen op eenige diepte aangetroffen onder een oppervlakkigen „koelit”, o.a. in het district Toboali langs de Menkoeboengvallei bij A. Bara en langs een zijtak van de Inas-vallei, in het district Blinjoe langs de A. Saga (bovenloop Boeboes-vallei) en vermoedelijk ook langs de Sigembir-vallei in het district Soengeiliat. Dat door het kruipen van de oppervlakkige verweeringskorst de graniet-„koelits” afstanden tot 6 km. zouden hebben kunnen afleggen, hetgeen DE JONGH meende te moeten veronderstellen op grond van de m.i. ongemotiveerde veronderstelling, dat de rijkste en grootste Banka-„koelits” van granitischen oorsprong zouden zijn, lijkt den schrijver geologisch niet bewezen en ook niet erg waarschijnlijk. Vele rijke „koelits” op sedimenten, o.a. die langs de valleien Rankwe, Pedindang, Boeloeh, Krasak, Mesoe en Banoeang ten N.O. en W. van den Mangkol-graniet, zijn van den graniet door smallere en bredere vallei-depressies gescheiden en men kan moeilijk aannemen, dat transport door „creep” terrein-insnijdingen zou hebben kunnen overwinnen.

De „kaksa's”, welke zich van de „koelits”, afgezien van de lig-

<sup>1)</sup> Zeer fraai te zien op de topografische kaart van Banka, schaal 1 : 25.000, in 175 bladen! Zeer ten onrechte heeft men vaak het begrip „peneplain” toegepast bijv. op het Neogene heuvelland van Palembang, waar het rivierstelsel en ook het relief sterk beheerscht worden door de zeer jonge tektoniek.

<sup>2)</sup> A. C. DE JONGH, Op. cit., (1920).

G. J. GEURSEN, Op. cit., (1933).

ging onder alluviale deklagen, onderscheiden door hun scherpe scheiding van den vasten ondergrond of „kong”, bezitten bovendien in het algemeen een hogere tinsteenconcentratie dan de oppervlakkige afzettingen op heuvelhellingen en vlakke waterscheidingen (deze laatste wel bekend onder den naam „padangs”). Volgens R. W. VAN DER VEEN <sup>1)</sup> bevatten bijv. de „koelits” op Billiton in het algemeen maximaal 2 kg tin per m<sup>2</sup>, in uitzonderingsgevallen 4 kg per m<sup>2</sup>, terwijl er op hetzelfde eiland „kollong”-ontginningen op „kaksa's” met 17,5—44 kg tin per m<sup>2</sup> oppervlakte bekend zijn. Ter verklaring van deze concentratie van tinsteen op dalbodems kunnen de zuiver alluviale hypothesen, waarvan ook nog VAN DER VEEN in zekeren mate een voorstander was, wel als verouderd beschouwd worden, aangezien de „kaksa's” in het algemeen arm zijn aan rolstenen en gesteentefragmenten (gangkwarts, cassiterietkorrels) blijkbaar meestal een hoekigen vorm bezitten, terwijl bovendien de aanwezigheid van makkelijk vergruisbaar materiaal als bauxietknollen naast hoekige fragmenten van contactmetamorfe sedimenten, welke associatie door JUNKER <sup>1)</sup> werd waargenomen in valleien in de districten Muntok (S. Bendoel, S. Rambat, S. Kadoer), Soengeiliat (S. Sigembir), Pangkalpinang (S. Selan) en Toboali (S. Sereh) op Banka, op beperkt transport van het „kaksa”-materiaal wijst. De onregelmatigheden in de valleibodems, bijv. harde, uitstekende zandsteenbanken, zullen ook het vervoer van den zwaren tinsteen door „sluicebox”-werking hebben tegengegaan. Bij beschouwing der kaarten valt het tevens op, dat langs grootere valleien tot aan de grenzen der ertsgebieden ook de op sedimentterreinen ontspringende zijvalleien tinerts bevatten en bovendien naast de valleien ook zeer vaak „koelit”-terreinen gevonden worden, hetgeen mede tegen belangrijk alluviaal transport langs valleibodems pleit, aangezien in het laatste geval ook op grooteren afstand buiten de gemineeraliseerde gebieden de op graniet ontspringende valleien tinsteen zouden moeten bevatten en niet meer vergezeld zouden mogen zijn door „koelits” en tinertshoudende zijvalleien. Ook een concentratie door de eb- en vloedwerking van de zee gedurende hare rijzing gedurende het Kwartair (Holoceen), zooals verondersteld

<sup>1)</sup> R. W. VAN DER VEEN, Op. cit. (1919).



werd door J. RUEB <sup>1)</sup>, of een aanrijking van den tinsteen door getijstroomen, een opvatting voorgestaan door DE JONGH <sup>2)</sup>, vindt geen bevestiging aan de hand van de bekende geologische feiten, hoewel de werking van deze invloeden op beperkte schaal nabij de kusten (strandafzettingen van Z.O.-Singkep) niet direct ontkend kan worden. Immers vindt men in de bovenlopen der valleien „kaksa's” op een niveau (tot meer dan 20 m. boven den zeespiegel), dat door de zee nimmer bereikt werd en verschillen deze hooger gelegen tinertslagen weinig of niet van die in de benedenlopen der valleien. Veel dichter wordt volgens den schrijver de waarheid benaderd door J. W. H. ADAM <sup>3)</sup>, die de „kaksa's” beschouwt als zuiver residuaire puin-ertsafzettingen, welke in een zeer laat stadium van den erosie (beter denudatie-)cyclus, in het schier-vlakte-stadium („rock-floor stage” of „valley-floor stage”), uitsluitend door denudatie in valleien ontstonden. De „kaksa”-lagen representeeren volgens deze opvatting een gefixeerden toestand, die behouden is gebleven door de verhooging van de erosiebasis in post-glacialen tijd. *De kaksa's zijn dus eigenlijk verzameldépôts van materiaal, dat in glacialen en ook nog lateren tijd door het dalwaarts kruipen van „koelits” van tinsteenhoudende aarde verzameld werd op den bodem der valleien en ev. nog door waterwerking en verdere chemische uitloosing vrijwel ter plaatse aangerijkt is.* De tegenwoordige „koelits” dienen beschouwd te worden als latere en wel zeer recente vormingen, hetgeen volgens VAN DER VEEN <sup>4)</sup> een aardige bevestiging vindt in de verspreiding der bekende glas-kogels of „billitonieten” op Billiton, welke oorspronkelijk over het geheele eiland gevallen moeten zijn, doch thans alleen in de „kaksa's” van het eiland worden aangetroffen. Deze zeer waarschijnlijk kosmische glasgesteenten of tectieten, welke in Zuid-oost-Azië zeer verbreid zijn (Billiton, Borneo, Java, Phillippijnen, Maleische Schiereiland, Natoena-eilanden, Indo-China, Zuid-China), zijn nabij Soerakarta (Solo) op Java door G. H. R. VON

<sup>1)</sup> J. RUEB, Ontstaan der alluviale tinertsafzettingen op Bangka en Billiton. De Ingenieur, 30, 90—92 (1915).

J. RUEB, Ontstaan der alluviale tinertsafzettingen. De Ingenieur, 35, 21—27 (1920).

<sup>2)</sup> A. C. DE JONGH, Op. cit. (1920).

<sup>3)</sup> J. W. H. ADAM, Op. cit., 217 (1932—1933).

<sup>4)</sup> R. W. VAN DER VEEN, De geologie van het stroomtin in Nederlandsch-Indië. De Ingenieur, 38, 576—584 (1923).

KOENIGSWALD <sup>1)</sup> samengevonden met typische vertegenwoordigers der door genoemden onderzoeker voor midden-Pleistoceen gehouden vertebratenfauna van Trinil. De aanwezigheid van tectieten in de Billiton-„kaksa's" is dus niet in tegenspraak met de opvatting, dat de tinertsafzettingen op valleibodems en haar deklagen Holocceen zijn, hoogstens ten deele nog jong-Pleistoceen. Dat er tijdens de vorming der „kaksa's" en vroegere verweeringskorsten een droog-warm klimaat zou hebben geheerscht in den Oost-Indischen Archipel, zooals verschillende schrijvers meenen te hebben moeten aannemen (N. WING EASTON, J. RUEB, CH. H. J. WILHELM, e.a.), lijkt mij een onvoldoende bewezen hypothese. Diepgaande verweering en chemische uitloosing en vooral het kruipen van den bodem hebben zeker op het oogenblik op intensieve wijze onder vochtig-warme klimatologische condities plaats.

Tot slot van onze beschouwingen over de vorming der residuaire afzettingen kan er nog op gewezen worden, dat de tusschenlaagsche „kaksa's" of „mentjang"-ertsen tusschen de Holocene deklagen met eenig recht als alluviaal kunnen worden beschouwd en afgezet zijn in rivierbeddingen, welke op de vermoedelijk door tijdelijke regressies van de zee drooggelopen, vlakke en reeds ten deele door alluviale zand- en kleilagen bedekte valleibodems werden afgezet. VAN DER VEEN <sup>2)</sup> vermeldt van de Dabo-vallei op Singkep, dat van de 3 aldaar boven elkaar aangetroffen ertslagen de onderste, welke direct op den „kong" ligt, grof tinerts heeft (korrels tot 30 gram) en tevens rol- en schuifstukken van pegmatiet, kwarts-kristallen, resten van verweerden graniet en toermalijn; de 2de ertslaag, welke op een kleilaag rust, heeft fijner tinerts, is armer en gaat naar boven over in een zandlaag, terwijl de 3de ertslaag het fijnst van korrel werd bevonden en bovendien stroomafwaarts geen afname van korrelgrootte vertoont.

### **B. De ruimtelijke verspreiding van den cassiteriet en de breedte der mineralisatie-aureolen op Banka en Billiton.**

*Het residuaire karakter der secundaire tinertsafzettingen, zooals dit werd omschreven, voert tot de algemeene gevolgtrekking, dat de*

<sup>1)</sup> G. H. R. VON KOENIGSWALD, Vorläufige Mitteilung über das Vorkommen von Tectiten auf Java. Kon. Akad. v. Wetensch. te A'dam; Proc., 38, 287—289 (1935).

<sup>2)</sup> R. W. VAN DER VEEN, Op. cit. (1923).

verspreiding der oppervlakteconcentraties van het mineraal cassiteriet tevens bij benadering een beeld geeft van den ruimtelijken omvang der tinsteenvorming in en om de granieten. Bezien wij het verloop der tinertshoudende valleien op Banka, Billiton, Singkep, Koendoer en Karimon <sup>1)</sup>, de voornaamste eilanden, waarop tinsteenhoudende valleien van economische beteekenis worden of werden ontgonnen, zoo valt het ons op, dat deze tot in het centrum der grootere granietlichamen doorloopen en buiten deze granieten op Singkep, Banka en Billiton nog binnen een zone van wisselende breedte op sedimenten te vervolgen zijn, hetgeen ook geldt voor de „koelit”-terreinen. Uit dit in het oog loopende feit volgt onmiddellijk, dat het mineraal cassiteriet in de granieten, zij het ook in zeer kleine hoeveelheden, primair alomtegenwoordig moet zijn en in de sedimentgesteenten om deze zure intrusiva eveneens in vrij gelijkmatige verdeling binnen aan de granietlichamen grenzende mantels van een zekere dikte moet zijn afgezet. In de granieten bevindt zich een gedeelte van den tinsteen op greisen-aders en op kwarts-toermalijn-aders, doch aangezien deze zich niet overal in gelijkmatige verdeling laten vaststellen en greisen-aders zeer lokaal ontwikkeld zijn, moet men wel tot het besluit komen, dat het tinmateriaal in kleine hoeveelheden deel uitmaakt van het primaire mineraalgezelschap der fluoriet- en toermalijnhoudende granieten, een kwestie, welke zeker de moeite waard is op grootere hoeveelheden granietmateriaal nader te onderzoeken. In de sedimentzones zal het grootste gedeelte van den tinsteen op secundaire ligplaats afkomstig zijn uit pneumatolytische toermalijn-kwarts- en kwartsadertjes en zeer waarschijnlijk slechts voor een gering deel uit grootere, sulfidische ertsaders van het pneumatolytisch-hydrothermale type, welke slechts plaatselijk worden aangetroffen. Waar de tinvalleien slechts beperkt zijn tot de randzones der granietontsluitingen, zooals bijv. bij den Beboeloeh-graniet in Zuid-Banka en bij enkele kleinere granietlichamen, is dit te verklaren door het sterk geaccidenteerde karakter van het granietcentrum, waardoor concentratie van residuair tinsteen

<sup>1)</sup> Zie kaarten II en III bij dit artikel, voorts de kaarten van Singkep van J. H. MENTEN (Verslag van een onderzoek naar tinerts op het eiland Singkep. Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 6, II, 145 e.v. (1877)) en CH. H. J. WILHELM (Op. cit., (1928)) en de kaarten van de eilanden in den Riouw-Archipel in „Verslagen en Meded., etc.”, 18 (1925).

nog slechts beperkt is gebleven tot de vlakkere randzones met haar dikke verweerings- en uitloogingskorsten, welke zich op steilere heuvelhellingen door het daar heerschende overwicht van het mechanische transport nog niet hebben kunnen ontwikkelen. Waar de geheele breedte van een granietlichaam wordt ingenomen door vlak terrein, kruisen de tinertshoudende valleien het dieptegesteente van de eene naar de andere zijde. Fraaie voorbeelden hiervan zijn o.a. de Rambat-vallei in den Plangas-graniet en de gecombineerde Djeliti-Liat-Sigenting-Plaban-valleien in het Z.O.-einde van den Klabat-graniet op Banka, voorts de A. Rajah-S. Sidjoek-valleien in den graniet van Tandjoengpandan op Billiton.

Bij een beschouwing van kaart III, waarop, evenals voor Billiton op kaart II, naar de beschikbare gegevens getracht is door middel van schematische grenslijnen een indruk te geven van de omgrenzing der tinsteenhoudende gesteentezones in plattegrond en profiel, valt het tamelijk duidelijk op, dat zich op Banka van het noordelijkste tot het zuidelijkste punt een vrijwel aanéengesloten gemineraliseerd gebied uitstrekt, dat in het Noorden in een breeden band over den Klabat-graniet en zijn omgeving loopt, zich vervolgens over den Mangkol-graniet uitbreidt, om daarna tusschen de S. Bangkakota en S. Koerau in het waarschijnlijk over zijn geheele oppervlakte gemineraliseerde Zuid-Banka over te gaan. Ten Westen van den Mangkol-graniet vertoont de mineralisatiezone ten Zuiden van S. Mendoek klaarblijkelijk een vooruitstekenden punt, terwijl de benedenlopen van S. Selan en S. Koerau vermoedelijk ertsvrij zijn. Binnen den grooten inham in het hoofdmineralisatie- gebied ten Zuiden van den Klabat-graniet bevinden zich twee kleinere gemineraliseerde gebieden, waarvan het grootste den Menoembing-graniet en den Plangas-graniet overlapt en het kleinste den Tempilang-graniet (zoo genoemd naar het dorp en de vallei Tempilang) tot centrum heeft. Mogelijk staan beide gebieden via een breede bocht met elkaar in verbinding via den weinig bekenden Mantjoeng-graniet (zoo genoemd naar het dorp Mantjoeng).<sup>1)</sup> Om dit geïsoleerde mineralisatiegebied

<sup>1)</sup> A. C. DE JONGH (Op. cit., (1920)) noemt als steriele granieten op Banka den graniet van Klappa in het district Muntok (de Mantjoeng-graniet) en den graniet ten Oosten van Bentja in Toboali (de S. Kepoh-graniet), welke onbewezen opvatting wel

mag men met eenige waarschijnlijkheid steriele zones verwachten nabij de monding van S. Djering, in het stroomgebied van S. Kotawaringin-S. Djeroek en langs het Maras-gebergte.

*Ter verkrijging van een beter inzicht in de toekomstmogelijkheden van Banka verdient het zeer zeker aanbeveling de grenzen van de met residuaire tinertsen bedekte zones door middel van proefboringen nauwkeurig vast te stellen.*

Afgaande op het reeds nu uit de kaart sprekende algemeene beeld mag men verwachten, dat zich, behalve om den slecht bekenden Mantjoeng-graniet, ook nog een tinertshoudend areaal uitstrekt tusschen S. Selan en S. Mendoek (waar reeds wat tinerts ontgonnen is) en voorts tusschen den Permis-graniet (genoemd naar het dorp Permis) en den S. Kepoh-graniet (genoemd naar S. Kepoh) via den S. Oelim-graniet (genoemd naar S. Oelim), eventueel met een directe uitbreiding naar den S. Gosong-graniet en den Toboali-graniet (resp. zoo genoemd naar S. Gosong en de vestiging Toboali).<sup>1)</sup> Vroeger is reeds tinerts ontgonnen op den Permis-graniet en den S. Oelim-graniet. Het exploitatie-centrum om den Toboali-graniet strekt zich vermoedelijk ook uit tot de streek nabij Tg. Besar en Tg. Roe.

De breedte der zones met secundaire tinertsafzettingen op sedimenten om de granieten bedraagt op Banka vele kilometers, hetgeen wijst op een aanzienlijke uitbreiding der mineralisatie-aureolen boven het gewelfde granietoppervlak. Bovendien blijkt hieruit, dat het granitische magma zich onder het geheele eiland Banka uitgebreid heeft (mogelijk in den vorm van een grooten laccoliet?) en de granietoppervlakte opwelvingen en depressies

---

aanleiding heeft gegeven tot de aanname van het aan den dag treden van oudere granieten op Banka, o.a. door J. ZIERZYCKI (Op. cit., 108 (1929)). In werkelijkheid betreft het hier weinig of niet afgeboorde gebieden; tusschen den Beboeloeh-graniet en den S. Kepoh-graniet is echter reeds het bestaan van tinertshoudende valleien bekend, welke reeds tot in den S. Kepoh-graniet doorloopen.

<sup>1)</sup> Door R. D. M. VERBEEK (Op. cit., (1897)) is op zijn geol. kaart van Banka een granietontsluiting aangegeven ten Westen van S. Balar (later ook op een geol. kaart uitgegeven door de Banka-Tinwinning, schaal 1 : 100.00 (1920)). Volgens de topografische kaart van Banka, schaal 1 : 25.000, in 175 bladen, wordt een breede zoom ten Westen van deze rivier echter als moerasvlakte aangegeven, zoodat een eventueel in deze streek ontsloten graniet, zooals aangegeven op kaart III, meer naar het N.W. te zoeken zal zijn, hetgeen reeds eenigermate uit de topografie van deze streek opgemaakt schijnt te kunnen worden.

vertoont, waarmede de omtrek van het gemineraliseerde gebied aan de aardoppervlakte ten nauwste samenhangt.

Op Billiton is de verspreiding van den tinsteen buiten de graniet-contacten ongetwijfeld beperkt tot zones van geringere verticale hoogte dan op Banka, hetgeen afgeleid kan worden uit het feit, dat op eerstgenoemd eiland de granietontsluitingen den rand van het ertslooze gebied, dat in de zuidelijke helft van Billiton een  $\pm$  O.N.O.-waarts gerichte, ellipsvormige oppervlakte inneemt, steeds tot op dichten afstand naderen, waaruit men moet opmaken, dat van het granitische magma op Banka een grootere mineralisatiekracht uit is gegaan dan op Billiton. Deze opvatting vindt ook steun in den relatief grooteren rijkdom der residuaire tinertsafzettingen op Banka in vergelijking met die van Billiton.

De verspreiding der residuaire tinertsen op Billiton verraadt eveneens de aanwezigheid van het granitische moedergesteente op niet al te groote diepte onder de geheele oppervlakte van het eiland.

Tot slot dient een woord gezegd te worden over de positie van het in geringe hoeveelheden in de secundaire tinertslagen gevonden metaal goud t.o.v. de granietcontacten. Gelijk bekend is, dient het goud gerangschikt te worden onder de bij matige of zelfs betrekkelijk lage temperatuur gevormde, hydrothermale ertsmineralen en vindt men het dienovereenkomstig op het Maleische Schiereiland en in West-Borneo (in de zg. Chineesche Districten) op primaire en secundaire ligplaatsen meestal buiten de granietcontacten, terwijl bovendien tin en goud in eerstgenoemd gebied in tamelijk gescheiden landstreken voorkomen. <sup>1)</sup> Ook op de Tineilanden blijkt de ten opzichte van de granietcontacten centrifugale positie van het goud uit de bekend geworden vondsten van dit metaal, welke alle op sedimenten plaats hadden. Van Billiton is slechts één goudvindplaats vermeld, nl. ten Zuiden van den graniet van Tandjoengpandan in de mijnen 31 (Foekli) en 32 (Poetih) <sup>2)</sup>, doch van Banka zijn verschillende vondsten opgegeven

<sup>1)</sup> J. B. SCRIVENOR, Op. cit. (1928).

Zie voor West-Borneo de geschriften van C. J. VAN SCHELLE (Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 1884—1886), N. WING EASTON (Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 1904) en L. J. C. VAN ES en G. BOUWMEESTER (Jaarb. v. h. Mijnw. in N.O.I., 1918).

<sup>2)</sup> J. C. MOLLEMA, De ontwikkeling van het eiland Billiton en van de Billiton Maatschappij, 135 (1922).

nabij den Klabat-graniet, o.a. in kwartsaders onder aan den berg Penjaboeng (district Djeboes), in de S. Antan (Djeboes), in de vallei Samsa (distr. Soengeiliat), in de Loemoet-vallei (distr. Blinjoe), op de eilandjes Karang Mangong nabij Tg. Antoe in het district Merawang (hier evenals bij G. Penjaboeng vermoedelijk afkomstig uit kwartsadertjes); voorts bij den Mangkol-graniet vermoedelijk in de vallei Kajoe Besi bij Tg. Bonga en nabij den graniet van Toboali in de valleien Paja-Obi en Toboali.<sup>1)</sup> Op de eilanden van den Riouw-Lingga Archipel werd op Oost-Singkep o.a. goud gevonden buiten den graniet in de A. Poetih bij de oostkust van het eiland; op Bintan bij Selat Bintang aan de westkust<sup>2)</sup>, terwijl voorts vondsten van goudkorrels zijn vermeld van de oostkust van Batam en van de eilanden Karimon en Koendoer.<sup>3)</sup>

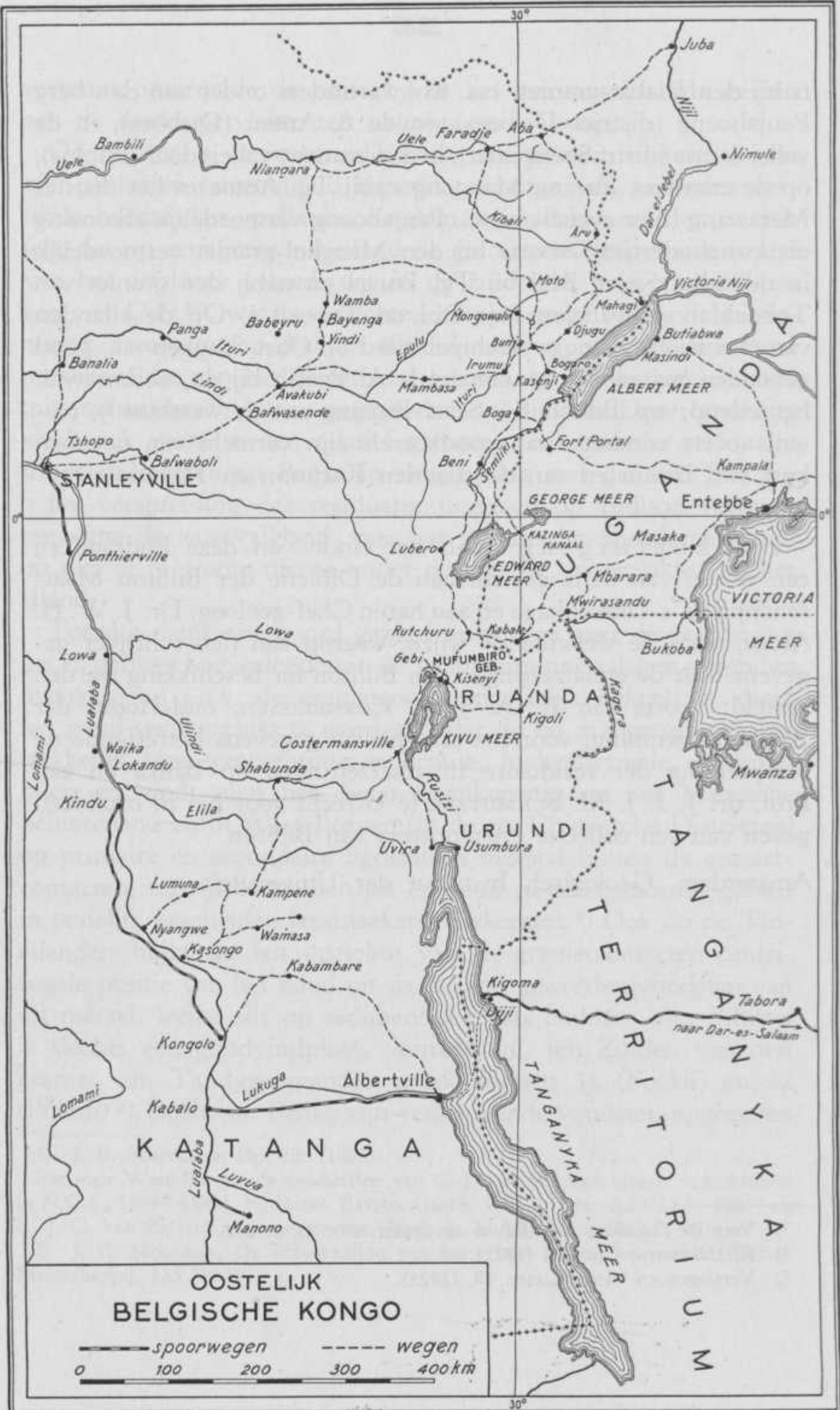
Dankbetuiging. Aan het einde van deze bijdrage zij een woord van dank gericht aan de Directie der Billiton Maatschappij te 's-Gravenhage en aan haren Chef-geoloog, Dr. J. W. H. ADAM, voor de welwillende wijze, waarop aan den schrijver gegevens over de ertsafzettingen van Billiton ter beschikking werden gesteld; voorts aan Ir. A. J. R. CORNELISSEN, oud-Hoofd der Banka-Tinwinning, voor het afstaan van gegevens betreffende de verspreiding der residuaire tinertsafzettingen op Banka en aan Prof. dr. J. I. J. M. SCHMUTZER te Utrecht voor het in bruikleen geven van een collectie ertsmonsters van Billiton.

Amsterdam, Geologisch Instituut der Universiteit.

<sup>1)</sup> Voor de literatuur over Banka zie onder noot 2), p. 212.

<sup>2)</sup> R. EVERWIJN, Op. cit., (1872).

<sup>3)</sup> Verslagen en Meded., etc., 18, (1925).





## ENKELE HOOFDTREKKEN VAN DEN ALLUVIALEN MIJNBOUW IN OOSTELIJK BELGISCHE KONGO

door Ir. T. DE VRIES.

### Inleiding.

Het onderstaande artikel bepaalt zich voornamelijk tot dat deel van de Kongo, gelegen tusschen  $5^{\circ}$  N.B. en  $8^{\circ}$  Z.B. en  $25^{\circ}$ — $32^{\circ}$  O.L., m.a.w. tot een strook ter breedte van ongeveer 400 km aan den westrand van de groote Centraal-Afrikaansche slenk met de meren: Bangwelo, Moero, Tanganyka, Kivu, Edward (George) en Albert. Deze strook vormt den oostrand van het wijde Kongo-bekken, dat gemiddeld 200 m boven den zeespiegel ligt.

Vanaf de Kongorivier, welke, stroomopwaarts van Stanleyville (zie kaartje), Lualaba heet, stijgt het landschap naar het Oosten, eerst geleidelijk, daarna sneller tot gemiddeld 1300 m, met enkele hoogere gedeelten tot 1700 m bij Djugu en Mahagi bij den N.W.-oever van het Albertmeer, tot over 2000 m bij Rutchuru en 4000 m in de Mufumbirobergen tot over 5000 m in het Ruwenzori-gebergte. In dit gebied overheerscht de savanne: het oerbosch is ten N. van den breedtecirkel  $3^{\circ}$  N.B. zeldzaam. Naar het Z. gaande nadert het oerwoud bij Immu hoe langer hoe meer den westrand van de slenk, om deze dan verder langs Kivu- en Tanganyka-meer als zijn Oostelijke begrenzing te volgen. Aan den oostrand van de slenk ontbreekt het oerbosch geheel; Uganda, Ruanda-Urundi en westelijk Tanganyka Territorium vormen hier één aaneengesloten golvend hoogland, gemiddeld 1300 m boven zee-niveau. Uitgezonderd de weinige beboschte rivierdalen is het land een groot gedeelte van 't jaar met gras begroeid, met hier en daar boomen van een „waterarme” flora, zooals *Candelabra Euphorbia* en *Spathodea Campanulata* (= tulpenboom).

Gedurende den drogen tijd wordt het gras verbrand en dien-tengevolge is het geheele gebied buiten de oerwouden, aan beide zijden van de slenk, gedurende een paar maanden één kale, zwarte

vlakke. Met deze verdeeling van savanne en grasland is dan tegelijkertijd de geringe regenval gekarakteriseerd, tegenover de zware regens ten westen van de slenk. De westrand van de slenk, die bij het Albertmeer van 800 tot 1000 m lager ligt dan het omliggende gebied en hier ca. 40 km breed is, vormt tevens de waterscheiding van de stroomgebieden van Nijl en Kongo en bovendien is de slenk de politieke grens tusschen de Britsche en Belgische interessensferen, met uitzondering van Ruanda-Urundi, dat aan België, na den wereldoorlog van 1914—1918, als mandaatgebied werd toegewezen. De grootere regenval, waaraan het oerbosch zijn levensvatbaarheid dankt en welke voor den mijnbouw van het meest essentiële belang is, komt op Belgisch gebied tot uiting door het groote aantal rivieren, welke schier alle Oost-West stroomen, en alle in de Kongo uitmonden. Deze is bij Stanleyville ongeveer 800 m breed, maar bij Leopoldville reeds aange-groeid tot eenige kilometers breedte.

Het land wordt door een groot aantal negerstammen bewoond, welke voor 1900 in den regel met elkaar in oorlog waren. Ze behooren allen tot het Bantu-ras, met uitzondering van de pygmeeën, welke als de autochthone bewoners worden beschouwd en bij voorkeur in de oerboschen van de jacht leven.

Verdere bijzonderheden over deze zeer interessante menschen leze men bij SCHEBESTA.

De groote goederentransportweg is de rivier, de Lualaba, aangevuld met spoorwegen langs die gedeelten, waar de rivier onbevaarbaar is. Vanuit het zuiden bij Bukama, dat vanuit Kaapstad en Lobito (Benguela) aan de westkust direct per spoor te bereiken is, vaart men de rivier af tot Kabalo, waar een zijlijn de verbinding vormt met Albertville aan het Tanganykameer en over dit meer met Kigoma, vanwaar men per trein naar Dar-es-Salaam aan de Oostkust kan reizen. Van Kabalo tot Kongolo per boot, daarna over Kasongo tot Kindu per trein, per boot tot Ponthierville en per trein tot Stanleyville. Men ziet dat, speciaal voor goederentransport, de reis nog verre van ideaal is. Alle andere transporten moeten per as langs de wegen, welke thans in grooten getale zijn aangelegd en, rekening houdend met de tropische regens, in een uitstekenden staat verkeeren. Aldus is het auto-transport in het hier te bespreken gebied hoofdzaak, hoewel plaat-

selijk nog zeer veel op de hoofden der inlanders wordt vervoerd, soms over een afstand van 200 km.

### **Tektonische Geologie.**

Het is zeer waarschijnlijk, dat aan den westrand van de slenk op vele plaatsen zeer oude gedeelten van de aardkorst aan de oppervlakte komen, welke tot het vroegste prekambrium behooren. Het is het z.g. „Basement complex” der Engelschen, hetwelk hier als het Kibalisysteem in het Noorden en als het Rusizi-systeem (bij het Kivumeer) in een serie kristallijne schisten aan den dag treedt. Deze schisten zijn op zeer veel plaatsen geïntroduceerd door magmas van granitische tot gabbroïde samenstellingen.

Op het Rusizisysteem ligt discordant een pakket van fylleten van geringer metamorfisme. Dit pakket is het Umudi-systeem (= het Nkole-Karagwe-systeem der Engelsche geologen), dat tot 10 km dikte is waargenomen.

De schisten van het Kibalisysteem behooren wellicht voor een zeker gedeelte ook tot deze serie fylleten.

Daar nergens fossielen zijn gevonden, moet men met petrologische facies paralleliseeren, wat natuurlijk met groote omzichtigheid en onzekerheid gepaard gaat; immers kunnen door orogenerische bewegingen en contact-metamorfe veranderingen ten gevolge der intrusies de jongere gesteenten volkomen op veel oudere gaan gelijken, zoodat ze er soms niet meer van te scheiden zijn.

De schisten en fylleten van de Kibali-Umudisystemen, met de intrusiva, vormen de hoofdschotel der gesteenten in dit gebied. Daarnaast komen o.a. in het Ituri-oerwoud en in de Maniéma (bij Kama en Kabambare) de jongere roode leien, zandsteenen en kalkhoudende zwarte schisten voor van het z.g. Kundelungu-systeem. Vermeldenswaard is nog, dat in Katanga, aan de basis van het Kundelungu, een conglomeraatbank gevonden wordt, welke als tilliet is gevormd en dus onmiskenbaar van glaciale oorsprong is. Tusschen onder- en boven-Kundelungu is een tweede dergelijke keileem, met gletscherkrassen op de keien, aangetroffen, terwijl volgend op een discordantie een serie afzettingen is gevonden, met aan de basis opnieuw een tilliet. Deze z.g. Lukugaafzettingen behooren tot de Karroo van Z. Afrika en de tilliet is

dezelfde als de bekende Dwycka conglomeraat van Transvaal. Men vindt ze in O. Kongo op vele plaatsen tusschen de Lukuga en de Ituri tot Irumu toe.

Een gebied, waar dusdanige dikke pakketten van kleiige zanden zijn afgezet over honderden km, verraadt zich spoedig als een geosynelinale.

De Kibali- en Rusizischisten hebben dan ook een intensieve plooïing ondergaan, met de hoofdrichting Z.W.-N.O. De ontzaglijke tijdruimte, welke met de vorming van deze gesteenten is gemoeid, maakt het begrijpelijk, dat ook andere plooïassen zich vertoonen; echter treedt hier de algemeene tectonische regel op, dat de tweede richting bij voorkeur loodrecht staat op de eerste. Deze regel kennen we reeds in orogenitische zones over de geheele wereld. In Europa bijv. de armorikaansche (N.W.-) en varistische (N.N.O.-) richtingen der Karboonplooïingen, in Afrika de (erythreïsche) en somalische richtingen evenals in alle andere plooïingsgebieden van dit werelddeel. Men noemt ze wel „gekoppelde” richtingen.

Zoowel de bovengenoemde Kibali- en Rusizischisten, als de daaropvolgende Urundi-fyllieten zijn volgens de twee richtingen geplooid en wel zoo intensief, dat er in het Zuiden een hooggebergte moet zijn gevormd, vanwaar de gletschers naar het N. zijn afgezakt, die aan de basis de tilliet hebben gevormd. Ook het Kundelungu vertoont overeenkomstige richtingen van plooïingen (SW—N.E. en S.E.—N.W.).

### **Economische Geologie.**

In deze gesteenten zijn vele granietische en diorietische magmas gedrongen: de granietmassieven zijn zeer talrijk, terwijl de basische intrusiva, bijv. ten W. van het Albertmeer (Kibali-Ituridistrict) meer lokale beteekenis hebben, hoewel van groot belang voor den mijnbouw. In dit gebied van den grootsten goudproducent, de Kilo-Moto-mijnen, krijgt men sterk den indruk, dat de geheele „toonladder” van differentiatieproducten van een „normaal” magma door zeer intensieve erosie aan de oppervlakte is gekomen. Van dolerieten (veranderd tot violette schisten) en diorieten, pegmatieten, apofysen tot kwartsgangen en fijne aders wordt overal melding gemaakt; de ware samenhang is nog niet be-

wezen. Pneumatolyse is weinig aangetoond in het Kilo-Motogebied, echter weer zeer duidelijk in groote contactaureolen in de Maniéma, in Ruanda en Uganda rond granietmassieven.

Dat echter de magmatische activiteit nog geenszins heeft opgehouden, en de bergvormende bewegingen, in 't bijzonder in en rond de slenk nog steeds aanhouden, bewijzen de acht nog werkende vulkanen ten N.O. van het Kivumeer, de z.g. Virungaketten, en verder de warme bronnen aan de Ruwenzori.

Deze intrusieve gesteenten zijn aanleiding geweest tot de vorming van een groot aantal ertsafzettingen, welke op hun beurt het ontstaan der alluviale aanrijkingen bepalen.

Onder de magmatische liquide afzettingen zijn tot dusver hier geen voorbeelden bekend. (Met uitzondering van een mogelijk primair-goudgehalte der Kilo-diorieten.) Weliswaar komen rond Wamba in het N. in verscheidene rivierbeddingen diamanten voor, maar hun ontstaan is nog niet opgehelderd.

De pneumatolytisch pegmatietische afzettingen vindt men, speciaal ten Z. van den evenaar, aan beide zijden van de slenk als contactmetamorfe zones rond bijna uitsluitend granietintrusies. Ze vertoonen de normale paragenese: kwarts, muscoviet (of soms lepidoliet), toermalijn, sericiet, vergezeld van zeer onregelmatige aanrijkingen van cassiteriet, wolframiet en soms niobiet-tantaliet. Dikwijls ook greisenvorming en soms toermalinisatie in de pegmatieten.

In vele gevallen zijn de pegmatieten niet economisch te verwerken maar wel hun erosieproducten in de eluviale of alluviale afzettingen.

✓ Een groot verweerd pegmatietlichaam, met gemiddeld 1 à 2% cassiteriet (zeer sterk wisselend gehalte) wordt sedert enkele jaren ontgonnen door de „Géomines” te Manono, 45 km ten oosten van de Lualaba op 7° Z.B., terwijl alle cassiteriet van Uganda (o.a. rond Mwirasandu) en Ruanda zonder uitzondering uit pegmatietgangen gewonnen wordt, welke dikwijls niet of nauwelijks verweerd zijn. De regenval was blijkbaar in dit geval te gering om alluviale afzettingen te vormen en de erosie heeft slechts eluviale zanden en kleien opgeleverd, die plaatselijk zeer rijk aan cassiteriet of wolframiet kunnen zijn (Mwirasandu).

De Géomines produceerden in 1939 ruim 2600 ton tinmetaal, ter plaatse electrisch gesmolten uit cassiteriet-concentraten.

Van zeer groot economisch belang zijn ten slotte de hydrothermale afzettingen. In de eerste plaats vallen hieronder de kwartsgangen, die voor minstens 95% het goud geleverd hebben der alluviale afzettingen. De meeste zijn aan granietische, echter sommige ook aan kwarts-diorietische intrusies gebonden. We treffen de normale paragenese aan: rifkwarts met meer of minder verweerde pyriet-spikkels (kuben), op welks holten het goud na de verwerking is overgebleven of nog in de onverweerde pyriet is te vinden. Ook komt verder vrij goud in de kwarts voor, hoewel niet met zekerheid is vast te stellen of dit ten slotte ook van de pyriet afkomstig is.

Groote netwerken van gangen en systemen van elkaar loodrecht kruisende gangen zijn zeer algemeen met de hierboven geschetste tectoniek.

Merkwaardig is het, dat indien een systeem (b.v. het N.W.-S.E.-systeem) goudhoudend is, het andere het meestal niet of in veel geringer mate is, terwijl op de snijpunten *in den regel* geen extra aanrijking wordt aangetroffen. Men heeft echter momenteel nog te weinig gegevens hieromtrent: slechts bij Yindi en te Kilo (iets ten N. van Bunia) zijn primaire kwartsgangen ontgonnen, sommige ten deele ondergronds.

Het is hier echter niet de plaats dieper in te gaan op de problemen der genese dezer primaire ertsafzettingen.

Terwijl hierboven sprake is geweest van de *goudplacers*, spreekt het wel vanzelf, dat ook vele andere alluviale ertsen gevonden worden, hoewel in zeer ondergeschikte hoeveelheden en van minder economische waarde. Diamant wordt geregeld, maar in onbetekenende quantiteiten in de goudplacers van het Noorden, b.v. bij Panga en Babeyru aangetroffen, maar de groote productie van diamant komt uit het Kasai-district (S.W.-deel van de Kongo). Een begeleidend mineraal is steeds stauroliet. Verder treft men aan *cassiterietplacers*, met kwarts, muscoviet, toermalijn, haematiet, ilmeniet, rutiel en zelden monaziet, topaas, beryl en spinel.

De cassiterietafzettingen worden gevonden in de maniéma, dus bij Manono, Kampene, Shabunda en verder vooral in Ruanda. Manono ligt reeds in Katanga, maar hoort geologisch tot hetzelfde gebied.

Wolframiet en tantaliet zijn tot nu toe in verscheidene rivierbeddingen gevonden, maar niet in economische hoeveelheden.

## Prospectie.

Met bovenstaande kennis min of meer vertrouwd, moet de prospector in dit deel van Afrika zijn werk doen. Particuliere prospectie komt uiterst weinig voor, aangezien bijna alle terreinen aan de groote maatschappijen in concessie zijn gegeven, in tegenstelling met het Britsche deel, waar eigenlijk uitsluitend door enkelingen wordt geprospecteerd.

In de Kongo kan men zeggen, dat de maatschappijen 3 soorten van prospectie onderscheiden.

- 1°. Vluchtige prospectie („prospection volante”), V.P.,
- 2°. Kwalitatieve prospectie („prospection détaillée”), Kl.P.,
- 3°. Kwantitatieve prospectie („prospection de développement”) Kt.P.

De vluchtige prospectie heeft practisch overal afgedaan. Het geheele land is reeds door blanken doorlopen, die in de meeste rivieren wel eens een paar pannen zand en grint hebben gepand op de doelang. Jammer genoeg zijn dit niet altijd voldoende onderlegde en ervaren prospectors geweest. De Australiërs uit de periode vóór 1920 hebben ongetwijfeld goed werk gedaan, maar bij vele maatschappijen heerscht een duidelijk merkbaar scepticisme ten aanzien van de vele negatieve resultaten hunner prospectors. Behalve om redenen van onkunde en al te groote oppervlakkigheid, zouden de onbetrouwbare experts de rivieren, welke goede kwaliteiten vertoonen, tòch kunnen afkeuren, om ze later zelf te ontginnen, als de maatschappijen de concessie zouden opgeven.

De V.P. had zeer goede algemeene topografische en geologische gegevens van het land kunnen opleveren, maar heeft slechts op enkele gebieden aan dit doel beantwoord.

De Kl.P. bedoelt na te gaan, of een vondst van zeker mineraal in een zekere rivier of areaal, eenig uitzicht op exploitatie biedt. Zij moet dus, steeds met inachtneming van cijferresultaten, de geologische gesteldheid van het gebied onderzoeken, het liefst en dikwijls (in 't oerwoud) bijna uitsluitend aan zijn alluviale afzettingen.

Heeft de V.P. geen détailkaart opgeleverd, dan wordt deze thans gemaakt, gewoonlijk met kompas en passen-telling, waarbij

de samenvloeiing van 2 rivieren of een berg de vaste punten in 't terrein vormen. Zulke kaarten van 2 aangrenzende gebieden sluiten natuurlijk dikwijls slecht bij elkaar aan, zoodat op de meeste concessiekaarten de stroomgebieden de basis van begrenzing vormen en dus de waterscheidingen de grenzen zelf.

De Kl.P. zal natuurlijk eveneens een zeer uitgebreide serie monsters nemen; niet alleen van alle gepande concentraten uit de rivierbedding en 't vaste gesteente, maar ook van alle aanstaande gesteenten en gangen. (Zie fig. 1: Au-houdende kwartsgang loopt dwars door een drassig rivierdal bij Yindi).



Figuur 1.

Dikwijls wordt tijdens deze Kl.P. reeds beslist of het dal rijk genoeg is voor een mogelijke ontginning, waarop de Kw.P. als vanzelf aansluitend op de reeds onderzochte gedeelten, wordt begonnen. Thans komt het er echter op aan een groot aantal factoren definitief te bepalen.

- 1°. Het debiet van de rivier in het droge en natte seizoen.
- 2°. de nauwkeurig berekende hoeveelheid van het mineraal op bepaalde profiellijnen van putten dwars over het dal:
  - a. gemiddelde dikte van grindlaag en steriele deklaag;



- b. gemiddeld gehalte van de grindlaag uit minstens 3 pannen per put:  $\pm 120$  pannen per  $m^3$  kiezel;
  - c. gehalte aan metaal in het concentraat:
    - a. fijnheid alluviaal goud:  $\pm 900$  à  $925$ ,
    - $\beta$ . Sn-gehalte van cassiteriet:  $76$  à  $78\%$  Sn;
  - d. voorkomen van *nuggets*, e.d. in het vaste gesteente: deze worden *niet* in de reserve berekend, maar zijn in zichzelf een welkome reserve.
- 3°. de fijnheidsverdeling der korrels en het vermoedelijke winningspercentage in de waschgoot; verder ook het *kleigehalte* der grindlaag;
  - 4°. een nauwkeurige kaart van het terrein en de profielen, opgemeten met een behoorlijk instrument (boussole of theodoliet);
  - 5°. de kwaliteit en hoeveelheid van het beschikbare timmerhout; (in het oerwoud zijn dikwijls slechts 3 of 4 soorten te gebruiken van de  $\pm 60$  soorten!);
  - 6°. plaats voor een werkliedenkamp en bananentuinen (eventueel ook maïs en maniok) en aanvoer van vleesch (wild), palmolie, visch e.d.; wegverbinding (event. bruggen) naar bestaanden hoofdweg;
  - 7°. beschikbare hoeveelheid en soort werkvolk uit de buurt en kosten per man-dag (wisselt van 6-10 frs per dag);
  - 8°. de bepaling van het limietgehalte der laag, waarbij nog juist ontgonnen kan worden, en aldus de afbakening van drie gedeelten, welke niet in exploitatie behooren te worden genomen; (in dit verband kan er op gewezen worden, dat in sommige gunstig gelegen rivierbeddingen met weinig steriel (deklaag) een grindlaag met  $0,1$  à  $0,2$  gram Au/ $m^3$  nog loonend verwasschen kan worden;
  - 9°. de kwestie van al of niet beschikbaarstelling van mechanische kracht (deze is meestal zeer duur en eischt dus relatief rijke en groote afzettingen);
  - 10°. bepaling van de optimum maandelijksche productie, b.v. te berekenen door totaalkosten der ontginning te differentieeren naar het aantal jaren.

### Ontginning.

Wordt na een degelijke bestudeering van het rapport der kwan-

titatieve prospectie tot ontginning besloten, dan komen de volgende overwegingen naar voren:

### I. Plaats van afdamming der rivier.

Deze dam wordt bij voorkeur daar gelegd, waar hij een groot bassin vormt, om aldus een aanzienlijke reserve water te verkrijgen.

Voor bijna alle gevallen is de neerslag in de Kongo dermate groot en heeft het oerwoud een dusdanige „latente” reserve aan



Figuur 2.

water, dat afdamming van de rivier noodzakelijk is, zelfs al heeft men voldoende waschwater uit andere bron.

De dam wordt 't liefst in het droge seizoen uit de hand aangestort en gestampt met leemige laterietaarde (zie fig. 2). Het stampen geschiedt op de maat, terwijl de voorman op een aantal houtjes (soort xylofoon) slaat om het rythme aan te geven. Daarbij wordt dan steeds flink gezongen.

### II. Wijze van ontginning.

In den regel moet men zich op handenarbeid instellen. Juist bij de alluviale afzettingen was het tot nu toe een hooge uitzondering,

dat men een volledig mechanisch bedrijf heeft geïnstalleerd. Deze hooge uitzondering is het bedrijf der „Géomines” te Manono, waar zoowel het loswerken van den grond, als het transport en de verwassching volkomen mechanisch worden uitgevoerd met energie van een groote elektrische centrale aan de Luvua.

Verder hebben de Kilo-Moto-mijnen (rond Bunia) een groote centrale ten Zuiden van Bunia, die het geheele gebied van Bunia tot Mongowalu, met ruim 200 ontginningen bedient, waarvan echter alleen de grootere ( $\pm 20$ ) ten deele mechanisch worden gedreven.

De volgende werkwijzen komen in aanmerking:

A. *Uit de hand:*

- 1°. *direct*: scheppen in de waschgoot; alleen bij kleine rivieren met voldoende helling en met geringe deklaag;
- 2°. *indirect*: transport van de grind (met kruiwagens of kipwagentjes naar de waschgoot;

B. *mechanisch*: (vereischt relatief veel water)

- 1°. dragline + kipkarren  $\rightarrow$  waschgoot;
- 2°. monitor + a. hydraulische elevator (komt niet voor);  
                                   $\beta$ . grindpomp (komt niet voor);
- 3°. excavateur (komt niet voor);
- 4°. baggermolen (slechts één enkele kleine te Kilo). (De „steamshovel” komt hier eigenlijk nimmer in aanmerking; echter des te meer bij eluviale ontginningen).

In de meeste gebieden, waar nog geen grootbedrijf is gevestigd (zooals Kilo-Moto en Géomines) werkt men voornamelijk volgens A 2°. Zelfs kipkarren zijn nog een nieuwtje in dit gebied wegens de hooge aanschaffingskosten ter plaatse. De andere vormen van mechanische energie, zooals benzine- en oliemotoren zijn akelig duur; benzine en olie kosten hier evenveel, daar de transportkosten alles overheerschen, en wel  $\pm 25$  cts/liter (1939).

Een illustratie van de gebruikelijke werkmethoden vindt men achtereenvolgens in de volgende foto's, alle van goudontginningen.

Fig. 3. Rivier stroomaf gezien met de gewasschen grindhoopen en een juist ten deele afgebroken waschgoot voor transport stroomop. De strooken van afbouw worden hier in de lengterichting van

de rivier genomen; de deklaag wordt op den voorgrond (rechts afgestoken en op het uitgewerkte deel (links) geworpen. Tusschen



Figuur 3.

beide stroomt het drainagewater, dat zich uit de dalwanden hier vergaart.

Fig. 4. Normale ontginning in dwarsstrooken. De kruiwagens rijden op planken (die alle uit de hand worden gezaagd van boomen)



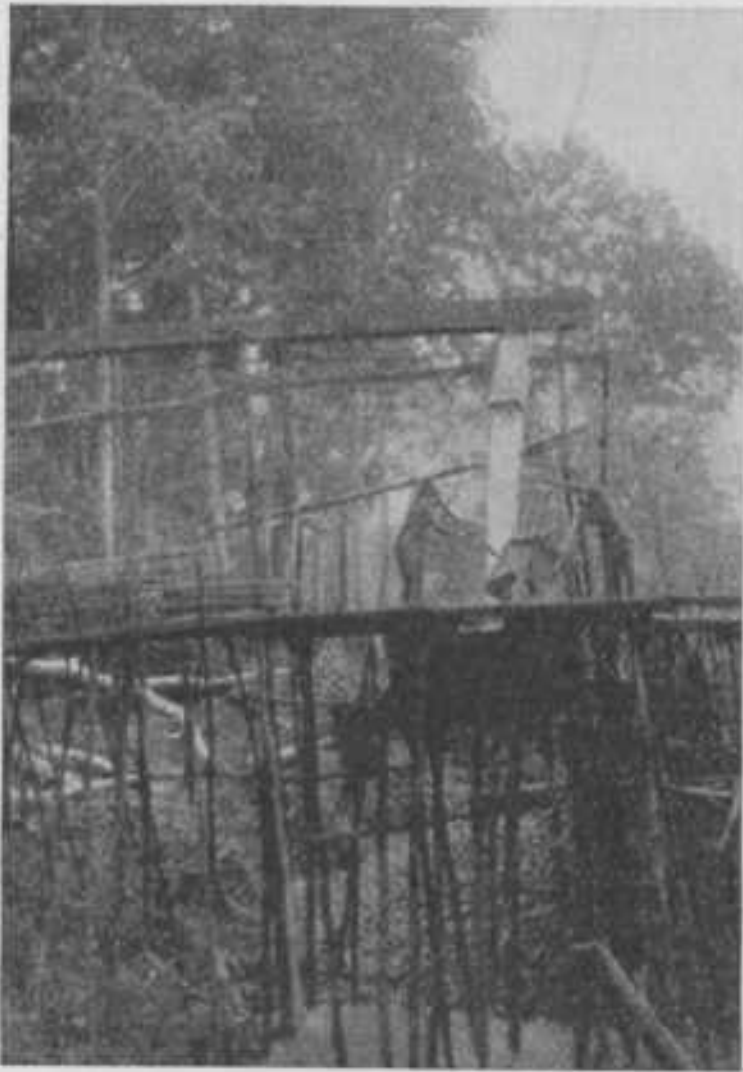
Figuur 4.



Figuur 5.

op de grindlaag, die hier geen deklaag heeft. De mannen rechts staan op het vaste gesteente. Men lette op het zware oerbosch, dat eerst verwijderd moet worden en gewoonlijk de lastigste „deklaag” vormt.

Fig. 5. De kruiwagens rijden van het front geleidelijk over stellingen (geheel van takken en lianen gebouwd) naar den kop van



Figuur 6.



Figuur 7.

de waschgoten (hier 3), waar de grind in een mengbak wordt gestort, waarin ook het water van de „waterleiding” (= watergoot) valt.

Hoe grooter de valhoogte, des te beter de kleiuitspoeling en desintegratie. Vandaar dat het water uit het reservoir „boven” den dam in een kanaal (in den dalwand uitgegraven) wordt geleid, met slechts 0,5 à 1 per mille helling, op deze wijze woekerend met de hoogte, wint men soms veel stroomafwaarts, zooals in Fig. 6, waar het water met kracht in den mengbak valt. De desintegratie was hier zoo goed, dat de gewasschen grint geen „panbaar” goud meer bevatte en dus vanaf het rooster (grizzly) direct als tailing in letterlijken en figuurlijken zin kon uitvallen (zie fig. 8). Slechts

één man was hier noodig om het rooster schoon te houden.

Met 't oog op dit uitvallen was de mengbak ongewoon hoog geplaatst: men ziet de afgescheiden grind, door de palen heen, op een hoop liggen (fig. 6). In fig. 8 passeert de pulp na 't rooster de waschgoten, waarin op 't eind slechts 4 man werken om den staart van de goot vrij van grind te houden. Deze goot werkte in



Figuur 8.

de rivier van fig. 3 met ongeveer 60 man en kon ruim 60 m<sup>3</sup> per dag verwasschen.

Dikwijls is het ook noodig om meer mannen aan den kop te plaatsen, die er voor zorgen, dat de kleiige grindkluiten volkomen uiteenvallen. Ze staan dan meestal op een meehellend rooster (grizzly-bak), in tegenstelling met het tegenhellend rooster van fig. 8, dat betrekkelijk zelden kan worden toegepast.

Een begin van mechanisatie toont fig. 7, waar de grind direct in de kipkar wordt geschept. De prestaties gaan aldus met ongeveer 50% omhoog (uitgedrukt in m<sup>3</sup> per man-dag). Vooral in rivieren met veel vertakkingen biedt deze transportmethode naar een centrale waschgoot, veel voordeelen.

Voor de groote rivieren worden thans door de Kilo-Moto-mijnen een aantal electricch gedreven draglines gebruikt; zie fig. 9. In boschrijke streken hebben deze machines het *enorme nadeel*, dat ze een boom- en stobbe-vrijen grond vereischen. Te Kilo zijn de meeste draglines zeker meer dan eens gekapseisd, doordat de boomstronken het wonnen van de dragline. Nu is het boomstronkvrij maken van een rivierdal een buitengewoon kostbaar werk en het voordeel van de ontginning in 't oerwoud met de zooveel soepeler handenaarbeid springt hier dan ook direct in het oog. In boschrijke



Figuur 9.

gebieden zouden dus veeleer de monitor en grindpomp in aanmerking komen als mechanisatiemiddelen. Men ziet deze echter nog niet in dit deel van de Kongo. In ieder geval is het duidelijk, dat men huiverig is voor bovengenoemde nadeelen: slechts het geleidelijk nijpender wordend gebrek aan arbeiders zal de maatschappijen dwingen tot mechanisatie over te gaan.

Ten slotte ziet men in fig. 10 een „waschinrichting” voor *cassiterietgrinden*. Het water komt van rechts boven uit de goot en valt in den mengbak, waarin ook de 2 skiplorries, rijdende op steilspoor ter weerszijden van de goot, de grind storten. De lorries zijn boven uitgebalanceerd over een katrol met kabel. De eene lorie wordt, na gekipt te zijn en weer rechtgevallen op het spoor, met water gevuld uit de goot, waarna deze lorie tijdens de af-

daling de andere (met grint geladen) omhoog trekt. Het zeer kleiige grind valt met het water over 2 roosters met tegenhelling (elk  $45^\circ$  met horizontaal vlak), waarna de steenen ( $> 30$  mm) in den kop van de waschgoot vallen, terwijl het water en het fijne zand door 't rooster in de waschgoot vallen en als pulp weggevoerd worden. (beneden links). Het water komt in dit geval uit een reservoir, 900 m stroomopwaarts gelegen.



Figuur 10.

### Waschgoot.

In het volgende vindt men een schematisch overzicht van de praktijk van goud- en tingoten.

In beide gevallen zijn de functies van de goot steeds:

- 1°. aanrijken van waardevol, zwaar mineraal;
- 2°. transporteur van de grinden en zanden.

*De tweede functie is minstens zoo belangrijk als de eerste en wordt al te dikwijls veronachtzaamd, waardoor de goten geregeld boordevol met grind en zand staan en onmogelijk behoorlijk kunnen functioneeren.*



## WASCHGOTEN.

Goud.	Cassiteriet, Wolframiet, e.d.
1. hoeveelheid water bepaalt de wijdte van de goot, maar max. 30-40 cm.	1. wijdte zoo groot mogelijk; 50-120 cm en meer.
2. kleine, vaste, dikwijls „vak- werk"-riffels ( $\pm 6$ cm).	2. lat-riffels op afstanden van ongeveer een meter en op- hoogen tijdens bedrijf.
3. golfbeweging ongewenscht.	3. harken en liefst 2 à 3 golven tusschen 2 riffels.
4. geen grove steenen ( $> 3$ cm)	4. 10 à 15% grove steenen aan te bevelen.
5. helling 4 à 8% ( <i>zelden</i> 10%) bepaald door korrelgrootte van de grind.	5. helling 7-15%.
6. klei zeer nadeelig, dus flink cribleeren.	6. klei zeer nadeelig (kleiballen apart behandelen).
7. undercurrent zeer gewenscht voor fijngoud.	7. niet van beteekenis.
8. clean-up 1 à 2 $\times$ per maand.	8. clean-up elken dag.
9. geen zijdelingsche chicanes in goot plaatsen, voor ver- snelling waterstroom bij zwakke hellingen.	9. wel van beteekenis.
10. eerste afdeelingen afsluiten tegen diefstal.	10. van geen beteekenis.
11. waterbehoefte: water : grind $\pm 10 : 1$ .	11. waterbehoefte: $\pm 15$ à $20 : 1$ .

In het bovenstaande vindt men de practijk, zooals de ervaring die geleerd heeft, en die het beste voldoet. Natuurlijk moet men steeds en overal zich aan de locale omstandigheden aanpassen. Het zou ons echter te ver voeren hierin op details in te gaan, aangezien er legio afwijkingen bestaan.

Terwijl eigenlijk nimmer naar de tailings van cassiterietgoten

wordt omgekeken, is het merkwaardig, dat men in de Kongo algemeen van opinie is, dat de goudtailings reeds na verloop van 3 à 4 jaar opnieuw dusdanig zijn aangerijkt, dat ze geprospecteerd dienen te worden. We raken hier aan de fel omstreden vraag of goud bij deze aanrijking in oplossing gaat, dan wel dat deze migratie verklaard moet worden door eenvoudig gravitatieve werking van het regenwater.

Interessante proeven zijn te Kilo genomen en hebben m.i. bewezen, dat goud onder de genoemde omstandigheden wel in oplossing gaat. Het zet zich dan bij voorkeur op wortels van doode boomen af (6). Ook van een andere zijde is de bevestiging van de goud-migratie gekomen (7). In ieder geval worden te Kilo, waar men sedert ongeveer 1905 goudplacers wast, de tailings meestal eenmaal en soms 2 of zelfs 3 × herwasschen, na verloop van gemiddeld 4 of 5 jaar.

### Clean-up.

#### A. Goud.

De gootconcentraten kunnen op een der volgende manieren worden behandeld:

- 1°. *pannen uit de hand*; drogen en de midlings en tailings van dit proces door *blazen* aanrijken. Met dit blazen scheidt men de meer ronde korrels ijzeroxyd, ilmeniet, toermalijn enz. van de meest platte gouddeeltjes. Inplaats van handpannen ook:
- 2°. *in betonnen gootjes verwasschen*, na afzeven op 8 mesh., het grovere deel gaat in den molen met de tailings; deze worden hier gebroken met stalen kogels en dan geamalgameerd;
- 3°. *tafelen*: eveneens na afzeving op 8 mesh., b.v. Wilfley-tafel met 5 mm slag en 400 slagen/min.
- 4°. De tailings worden in den molen (= „barril”) als onder 2° verwerkt.
- 5°. Alle concentraten, zoowel die onder 1°, 2° als 3° worden verzameld en geamalgameerd, b.v. in een z.g. „barril”, een kleinen molen (zonder kogels) of in een „automixte”.

Volgens 3° wint men meestal 99,50 à 99,90% van al het goud in het gootconcentraat.

Na de amalgamatie wordt het amalgaam òf gedistilleerd òf opgelost in verdund salpeterzuur, waarbij het kwik in oplossing

gaat en het goud achterblijft. Het kwik wordt teruggewonnen door koperstaven in de oplossing te plaatsen, terwijl het goud gesmolten wordt en van z'n onzuiverheden ontdaan door de droes af te scheppen. Het goud heeft dan een fijnheid van 900 à 950, terwijl eluviaal goud tot 750 en rifgoud tot 500 kan dalen.

B. Cassiteriet (event. Wolframiet, Tantaliet e.d.).

Het gootconcentraat wordt op overeenkomstige wijze aangerijkt als dat van de goudgoten, en wel door:

- 1°. pannen (bij kleine hoeveelheden);
- 2°. jiggen, b.v. door handjig of voetjig;
- 3°. kleine goot met hoge riffels („boîte à étain”);
- 4°. tafelen (voor fijne tailings met korrels  $> 0,5$  mm).

Bij de dagelijksche clean-up is het pannen een zeer bruikbare methode, maar, gebruik makende van de aangeboren behoefte aan rythme en dansen van den neger, heb ik eens een voetjig geconstrueerd, welke uitstekende resultaten leverde, vooral toen men door de hutch heen kon jiggen en dus een doorlopende bewerking kreeg.

De boîte à étain is een goot van ongeveer 1 m breed en 8 m lang, met riffels, die met latjes kunnen worden opgehoogd. Een zwakke waterstroom neemt de kwarts- en muscovietkorrels verder mee dan de cassiterietkorrels, die achter de eerste riffels blijven liggen.

Het gehalte van het concentraat is dikwijls tot op een  $1/2\%$  nauwkeurig te berekenen, door het s.g. van het concentraat te bepalen. Dit kan in 't veld, door bijv. in een buret het volume van 100 g concentraat te bepalen. Daar men meestal slechts met verontreinigingen van kwarts, muscoviet en iets toermalijn heeft te doen, dus met een gemiddeld soortelijk gewicht van b.v. 2,7 en de cassiteriet op één voorkomen steeds constant is (b.v. 6,9) kan men met een mengformule gemakkelijk het percentage cassiteriet in het concentraat berekenen.

### **Arbeidsprestaties.**

De meeste negerstammen, zoowel in de Kongo als in het Britsche gebied zijn geen onwillige werkers en zeker niet lui. Hun werk is echter meestal spel voor hen, zoodat ze zich nimmer ernstig con-

centreeren, maar aan den anderen kant ook steeds blijven doorwerken, als hun een verrassing of extra belooning staat te wachten. De prestaties liggen derhalve veel lager dan bij europeesche arbeiders, en wel is voor een alluviale ontginning het gemiddelde grondverzet b.v. 1 à 1,5 m<sup>3</sup> per man-dag, gerekend over alle mannen aan 't front en de goot. Een Europeaan heeft meestal maximaal ongeveer 300 man onder zich in een ontginning. Daarvan zijn hoogstens 60%, dus 180 aan het productieve werk, terwijl de rest hulpwerkzaamheden verricht, zooals planken zagen, tuinieren, clean-up, timmeren, smeden, magazijn ordenen, transport van goederen, enz. De Europeaan moet vooral letten op de volgende factoren:

- 1°. goede verhouding van scheppers tot kruiers aan het front;
- 2°. een nauwkeurige berekening van het verwerkte aantal m<sup>3</sup> grond;
- 3°. een zoodanig opgelegde taak, dat deze, met hard aanpakken om 15 of 16 uur beëindigd kan zijn.

(Hierbij komen nog vele andere zaken, als goede productie, goede verzorging, hygiëne in 't kamp, premies uitdeelen en verder *overall* toezicht houden).

De eisch onder 1° komt dikwijls hierop neer, dat, in een ontboscht (afgekapt) rivierdal, elke schepper twee kruiwagens bedient.

De eisch onder 2° sluit in de bepaling van het gemiddelde gehalte (Au, SiO<sub>2</sub> e.d.) en 3° een juiste schatting van de moeilijkheden bij de ontginning.

De eisch onder 3°, nl. de vaststelling van een *redelijke* dagtaak met *maximum* prestatie is een buitengewoon moeilijke opgave. Men moet voor de oplossing hiervan een goed psycholoog zijn en een scherp opmerkingsvermogen bezitten.

a. Is de Europeaan (baas) een uur aanwezig in een zekere rivier (dikwijls heeft hij ong. 20 totaal), dan zullen de mannen in dat uur altijd harder werken dan normaal. Blijft hij een heelen dag van 7 tot 17 uur, dan zijn de kerels tegen 13 of 14 uur volkomen uitgeput en zóó de kluts kwijt, dat ze de volgende dagen haast niets kunnen uitvoeren.

b. Laat men het aantal kruiwagens door een ouden inlander tellen, die in de waschgoot worden geleegd (dit geschiedt door

voor iederen kruiwagen een steentje neer te leggen), dan heeft men geen zekerheid, dat elke kruiwagen 30 liter grond bevatte, of zelfs half geladen was. Het is dikwijls vastgesteld, dat in 't bijzijn van den baas de gemiddelde lading van den kruiwagen met 25 à 30% stijgt ten opzichte van de lading zonder toezicht!

Men heeft dus met eenige factoren rekening te houden, die moeilijk nauwkeurig kunnen worden bepaald.

c. De middelen, waarmee de arbeidsprestatie omhoog kan worden gebracht, zijn de volgende:

- 1°. een vrouw geven. Dit is verreweg het effectiefste middel, maar natuurlijk onuitvoerbaar;
- 2°. sigaretten (zeer effectief op vele mijnen);
- 3°. geld (weinig effectief);
- 4°. 's middags om 13 à 14 uur vrijaf;
- 5°. extra porties eten, visch, vooral zout;
- 6°. menschen van één stam in één ploeg;
- 7°. vlag voor de beste ploeg (helpt slechts tijdelijk).

Om op den langen duur maximum-prestaties te krijgen, zijn de middelen onder 2°, 5° en 6° het beste. Ter illustratie echter van 1° diene de volgende ware historie. Een vliegveld van ongeveer 1 km<sup>2</sup> moest in 't oerbosch worden aangelegd: het ontbosschen, stronken wegwerken en egaliseeren werd door een groote firma op 7 à 8 maanden geschat met 200 man, die de Staat beschikbaar stelde. Er was echter haast bij en een particulier nam aan het werk in 4 maanden op te leveren. Hij was precies in 100 dagen klaar!

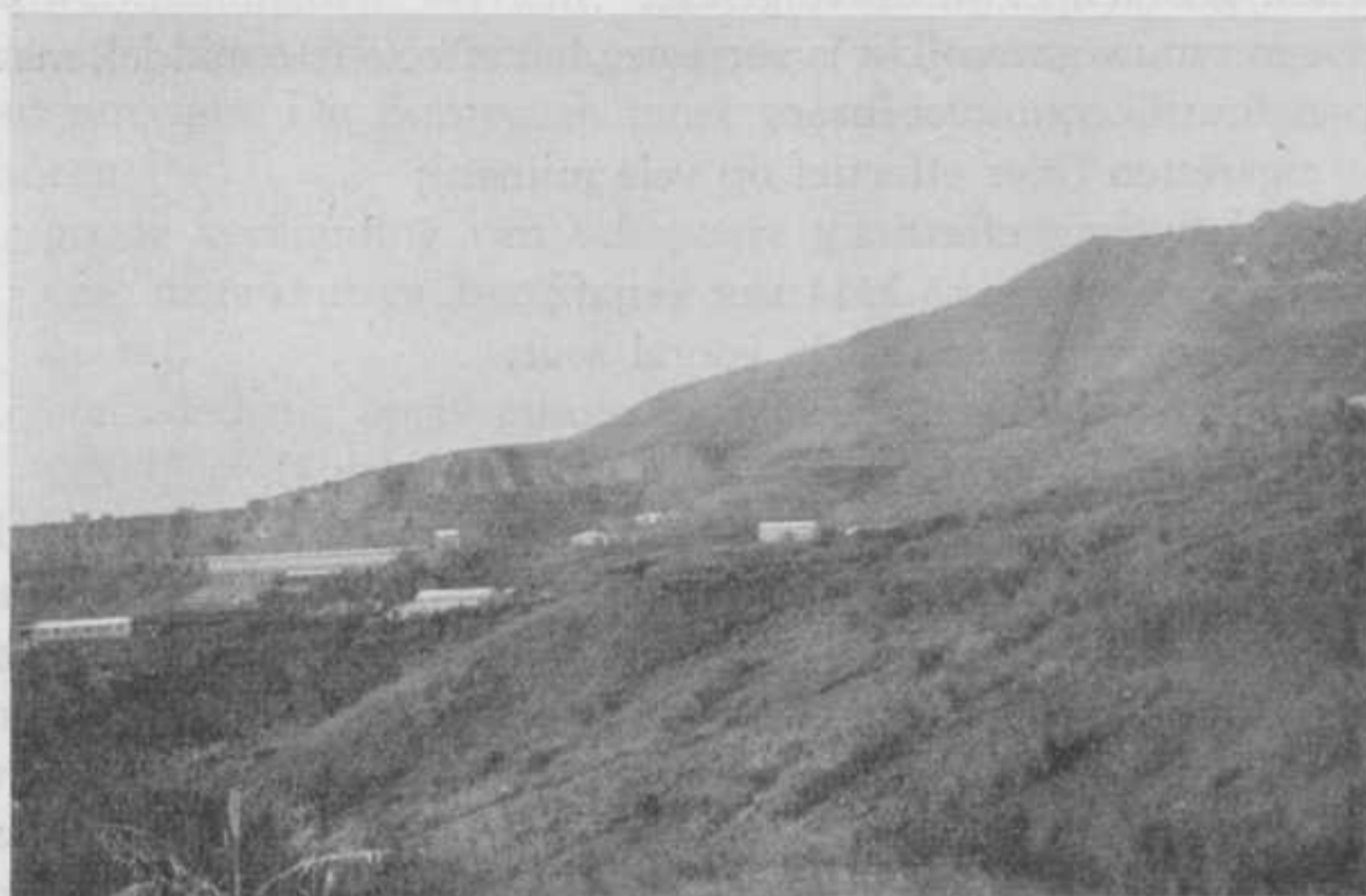
Den kerels had hij bij 't begin van het werk een vrouw gegeven (door middel van een contract met een paar stamhoofden) en hun een 2e vrouw beloofd als ze binnen 4 maanden klaar waren. De Staat gaf hem echter geen toestemming een 2e vliegveld aan te leggen in record-tijd!

### Mont-Tsi.

Ten slotte wordt hier op een goudertsvoorkomen gewezen, dat uniek mag heeten. Bij Kilo, tusschen Bunia en Djugu ligt een 1700 m hooge berg, de Mont-Tsi, aan welks voet een paar riviertjes stroomen, die vroeger belangrijke hoeveelheden goud hebben opgeleverd. Toen men den berg ging verkennen, bleek, dat deze

bestond uit een schisteus, zacht gesteente, paars tot rood van kleur en met de chemische samenstelling van doleriet.

Er werden tunnels op verschillende hoogten door den berg gedreven: de gehalten aan amalgameerbaar goud varieerden van 0,4 tot 0,9 g/ton. Nergens ontdekte men eenig spoor van kwartsgangen of kwartsadertjes. Is het goud hier nu syngenetisch? Men schijnt wel haast gedwongen het aan te nemen, wegens het zeer gelijkmatige gehalte aan goud in een groot deel van den berg.



Figuur 11.

Sommigen noemen het gesteente een metamorfe doleriet, anderen sluiten de mogelijkheid niet uit dat het een sterk verweerde amfiboliet is, behorende tot een zeer oude intrusieve serie van gesteenten. Hoe het zij, de schisten vallen reeds van een hoogte van 5 m kapot, zoodat men het aandurfde een wasscherij te bouwen, die ongeveer 40.000 ton per maand verwerkt. De berg wordt aldus geleidelijk lager door de afgesneden „plakken” (étages). Men laat het erts ongeveer 500 m vallen langs een steile helling, waar het beneden tegen een betonmuur uit elkaar slaat. Zie fig. 11, achtergrond rechts. Het gemiddelde gehalte van het erts was in 1939 0,5 g Au/ton, waarvan 0,42 werd gewonnen. Dit is wel het armste primaire(?) gouderts ter wereld, dat verwerkt wordt. Toegegeven

dient te worden, dat de breking uiterst gemakkelijk gaat, maar aan den anderen kant zit men hier in het hartje van Afrika, ongeveer 1800 km van de kust! Dat men vele moeilijkheden overwon en nog steeds voor nieuwe staat, behoeft geen betoog.

### Mijnbouwmaatschappijen.

De voornaamste mijnmaatschappijen in dit deel van de Kongo zijn de volgende:

<i>Naam:</i>	<i>Product:</i>	<i>Gebied:</i>
1°. Géomines	tinmetaal	Manono
2°. Cobelmin	goud + iets cassiteriet	Kabambare, Kampene, Kindu
3°. Minières des Grands Lacs	goud + iets cassiteriet	Strabunda, Costermansville, Lubero, Beni
4°. Minétain	cassiteriet	Kigoli, enz. Ruanda
5°. Forminière (dochtermij. Tele)	goud	Babeyru, Bayenga, Yindi, Mambasa
6°. Soc. Mines d'or de Kilo-Moto	goud	Irumu, Bunia, Kilo, Mongowalu, Moto, Djugu.

Al deze maatschappijen zijn in een holding-company vereenigd, nl. de *Société Générale de Belgique*, die nagenoeg alle maatschappijen in de Kongo direct of indirect in haar macht heeft.

### Literatuur.

1. PAUL SCHEBESTA. Bambuti, die Zwerge vom Kongo. id. Der Urwald ruft wieder.
2. H. CLOOS. Einführung in die Geologie. Berlin 1936, blz. 270.

3. FOURMARIER. Les lignes directrices de la géologie du Congo Belge. *Revue Universelle des Mines*. 1937, 94—106.
4. id. Carte géol. du Congo Belge. Note Explicative. 1930.
5. Éd. POLINARD. Les conditions de gisement de l'or en Afrique Centrale. Congrès Intern. Mines etc. Paris 1935, pp. 45—58.
6. R. ANTHOINE. Traitement des minéraux aurifères d'origine filorrienne. *Verh. Kon. Belg. Kol. Inst. T. 1., afl. 2, 1933*, pp. 7—28.
7. FRED. W. FREISE. The transportation of gold bij organic underground solutions. *Econ. Geol.* XXVI, 1931, 421—431.

November 1941.



## PYRIET-FLOTATIE TOEGEPAST OP BOLIVIAANSCH TINTERTSEN

door Ir. P. S. BAKELS \*).

Het hier volgende artikel behandelt het onderwerp, waarover ik op mijn lezing heb gesproken, op eenigszins andere wijze. Terwijl ik op 4 Juli 1941 niet meer dan één stamboom heb besproken, heb ik thans de vrijheid genomen om de stof uit te breiden tot een meer afgerond geheel. Aan den anderen kant lijkt het mij niet noodig de verschillende werktuigen zoo uitvoerig te beschrijven, als ik ze op mijn voordracht heb besproken.

Het Andesgebergte in Bolivia is zeer rijk aan ertsen. De ertsvoorkomens zijn vele en ze liggen overal verspreid van het uiterste Noorden tot heel in het Zuiden. Geen twee zijn er aan elkaar gelijk, hun mineralogische samenstelling is steeds weer anders en het feit, dat de meeste tinhoudend zijn, maakt ze economisch belangrijk. Het voornaamste tinmateriaal in de wereld is de tinsteen, cassiteriet, een zwaar oxydisch mineraal, dat in zuiveren toestand 78% Sn bevat. Ook in Bolivia is dit het geval. De tinsteen wordt door wasschen geconcentreerd en geëxporteerd in zakken. Dit exportproduct noemt men in Bolivia barrilla; het bevat gewoonlijk 55—65% Sn. In Bolivia zelf wordt geen erts versmolten. De brandstof ervoor ontbreekt.

In Oost-Azië vormen placers het hoofdvoorkomen. In Bolivia exploiteert men ook dergelijke voorkomens, doch van groot belang zijn ze niet. Ze blijven hier geheel onbesproken, evenals de oxydische hoedertsen. Ons gaat het hier om de frissche, onverweerde ertsen. Deze ertsen en de gesteenten, die ze omsluiten, zijn vaak zeer hard. De oorzaak hiervan ligt in het mineralisatieproces zelf. De heete oplossingen toch, die de ertsen brachten, voerden ook groote hoeveelheden kiezelzuur mede. De oorspronkelijke neven-

\*) Zie ook Jaarboek 1934—'35, pag. 46.

gesteenten, de leisteenen, zandsteenen en vulkanische gesteenten als rhyoliet, daciet, enz. zijn daardoor tot soms onherkenbaar wordens toe veranderd.

Ik behandel hier ook niet de verwerking van zilverhoudende tinertsen, die zooveel voorkomen in Bolivia. Het zilver treedt er op als bestanddeel van tetrahedriet, jamesoniet, galeniet, enz. Ik heb het ook niet over de voorkomens van sulfidisch tin. Het is bekend, dat in Bolivia tin voorkomt in: stannien, franckeiet, cilindriet, tealliet. Deze mineralen bevatten, tusschen twee haakjes, ook vaak wat zilver. Komen zilver of andere waardevolle elementen voor of willen we het sulfidische tin ook winnen, dan nemen de metallurgische problemen met het kwadraat toe.

We hebben dus hier een vereenvoudigde probleemstelling. We zullen het hebben over de combinatie: ganggesteenten plus kwarts,  $\text{SnO}_2$  in cassiterietkristallen en sulfiden, waarvan pyriet (pyrrhotien) steeds het belangrijkste is. Heb ik het in het hier volgende over pyriet, dan bedoel ik eigenlijk alle mogelijke sulfiden.

De tinsteenkristallen zijn er in alle groottes van 1 cm tot 1 duizendste millimeter. Het gehalte van het erts, dat verwerkt wordt, wisselt van 1,5% tot 5% Sn (dus aan tinsteen van 2% tot 8%). De hoeveelheid sulfide wisselt van sporen tot 80%.

Om nu dit drievoudige complex uit elkaar te halen, moet men dus in ieder geval, steeds breken, malen en dan zijn er, als we afzien van roosten, waar ik het aan het slot nog even over zal hebben, 2 procédés:

1e. Wasschen, d.w.z. een scheiding der vrijgemalen mineralen te weeg brengen naar soortelijk gewicht. We krijgen:

a. een lichte fractie bestaande uit kwarts en ganggesteente (s.g. 2,7);

b. een zware fractie, bestaande uit pyriet (s.g. 5,0) en tinsteen (s.g. 7).

2e. Floteeren, d.w.z. gebruik maken van de eigenschap van de sulfidische mineralen om zich te hechten aan luchtbelletjes en zich zoo te verzamelen in een schuim. De oxydische mineralen blijven in de suspensie van water en gemalen erts zweven. We krijgen dus in het schuim de pyriet en de andere sulfiden en in de non-float de kwarts, het ganggesteente en de tinsteen.

Er is dus geen sprake van een cassiteriet flotatie, d.w.z. een ver-

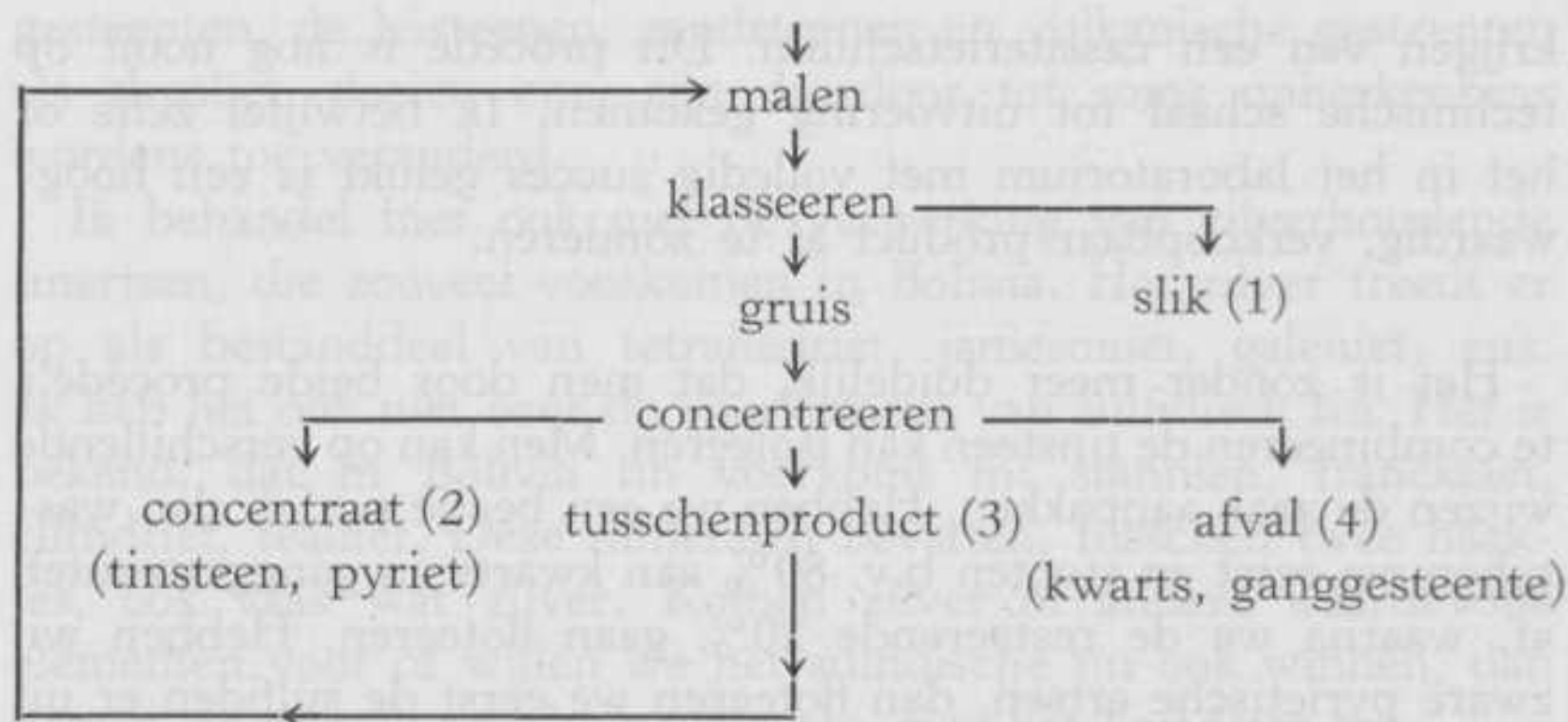
krijgen van een cassiterietschuim. Dit procédé is nog nooit op technische schaal tot uitvoering gekomen. Ik betwijfel zelfs of het in het laboratorium met volledig succes gelukt is een hoogwaardig, verkoopbaar product af te zonderen.

Het is zonder meer duidelijk, dat men door beide procédé's te combineeren de tinsteen kan isoleeren. Men kan op verschillende wijzen de zaak aanpakken. Hebben we een beetje pyriet, dan wasschen we eerst en stooten b.v. 80% aan kwarts en ganggesteenten af, waarna we de resteerende 20% gaan floteeren. Hebben wij zware pyrietische ertsen, dan floteeren we eerst de sulfiden er uit en gaan dan het beetje, dat er over blijft en waarin zich de tinsteen heeft aangerijkt, verwasschen. Zoo lijkt de zaak vrij eenvoudig, maar in de praktijk blijken er groote moeilijkheden te voorschijn te komen.

Het breken moet zoo ver gaan, dat er geen vergroeide korrels meer zijn. De vergroeiing van de diverse mineralen is bij de Boliviaansche ertsen soms uiterst fijn. Over dit onderwerp heb ik in „De Ingenieur” van 22 November 1935 een artikel gepubliceerd, waarnaar ik hierbij verwijs. Hier leg ik er meer den nadruk op, dat bij breken (droog) en malen (nat) onvermijdelijk slik ontstaat (deelen kleiner dan 0,05 mm). Dit fijne slik nu is nooit met een hoog rendement te concentreeren, ofschoon juist daarin de mineralen vrijgemaakt zijn. In beide procédé's is dit niet te verwezenlijken.

Wasschen heeft om te beginnen één groot voordeel boven floteeren: We kunnen in trappen werken en grof beginnen, al b.v. bij stukken van 1 cm. Hebben wij zoo ver voorgebroken, dat er tinsteenkristallen, pyriet en kwarts volledig of voor een behoorlijk deel vrijgemaakt zijn, dan beginnen we het concentratieproces.

Wij komen dan steeds deze figuur tegen, die in de hier gepubliceerde stamboomen telkens wederom optreedt:



*Breken* geschiedt met kaakbrekers, conische brekers, walsen, staafmolens of kogelmolens.

*Klasseeren* met zeven, hydraulische classifiers of mechanische classifiers.

*Concentreeren* met jigs en tafels.

Hoe meer afvalproduct (tailing) we kunnen afstooten des te beter, dat spreekt van zelf. Het hermalen behoeft niet in hetzelfde circuit te geschieden. Maar zoowel bij het breken van stukken, als bij het malen van zand tot fijner zand ontstaat steeds een 20—35% slik. Steeds hoopt men maal- en breekinrichtingen uit te vinden, die wat minder slik maken, en iedere uitvinding wordt ons steeds weer met geestdrift aangeprezen, doch het lijkt mij welhaast onmogelijk om een bepaald minimum, dat voor ieder erts natuurlijk weer anders is, — belangrijk te overschrijden. Toch moet men doen wat men kan om slikvorming tegen te gaan. Stampbatterijen zijn uit den booze, korte staafmolens zijn te verkiezen boven lange kogelmolens. Hoe sneller het erts het reductie-apparaat weer verlaten kan, des te beter. In ieder geval is het dus absoluut fout om alleen het molenclassificercircuit te gebruiken om tot een bepaalde fijnheidsgraad te geraken. Er valt wel steeds wat concentraat of tailing te elimineeren.

Het slik loopt naar een Dorr-tank, die niet alleen dienst doet als indikker en het slik op de juiste pulpdikte brengt, doch ook als buffer en reguleator. Men voedt dan het slik op tafels. Sliktafels

hebben een veel kleinere capaciteit dan zandtafels. Spreek ik hier over tafels, dan bedoel ik het normale type schudtafels (de Wilfley-tafel is het klassieke voorbeeld). Uitgaande van het principe, dat wat het eene type niet vangt een ander nog wel eens kan winnen, repeteert men het slik veelal nog op andere types van tafels, bijv. op draaiende tafels (Rundherde).

Op al deze apparaten voltrekt de scheiding zich hoogst onvolledig. Dit komt ten eerste door het feit, dat deeltjes onder de 0,05 mm zulke kleine valsnelheden in water hebben, dat ze op de tafels niet tot rust komen. De waterfilm, die over de tafels loopt, sleurt alles mee. De bedoeling is, dat de zwaarste deeltjes een grotere adhaesie tot het tafeldek zullen vertoonen dan de lichtere. In de practijk ziet men dit ook heel goed, maar het verschil in kleefkracht is toch niet erg groot. Een tweede oorzaak ligt in de vlokvorming, die steeds min of meer optreedt. Groepen van kleine splintertjes vormen een luchtige vlok en gedragen zich als een groter deeltje van laag soortelijk gewicht. Het spreekt vanzelf, dat een vlokje is opgebouwd uit splinters van allerlei soortelijke gewichten. Veel hinderlijker is echter de aanwezigheid van echte colloïdale deelen. Die deelen treden in hoofdzaak op bij het malen van niet volledig verkwartste leisteen. Soms is het erts gedeeltelijk geoxydeerd, waarbij de pyriet is omgezet in limoniet. Andere zeer zachte mineralen zijn de kaolien en de aluniet, die als gangmineralen veelvuldig de tinertsen begeleiden. Deze colloïden omhullen de kwarts, pyriet en cassiterietdeelen volledig, en deze vlokken, omgeven door watermantels, maken ieder onderscheid in soortelijk gewicht illusoir. De slik voelt bij indikken vettig en kleiig aan. Men kan echter door toevoeging van defloculatiemiddelen (waterglas) de slik peptiseeren. Men doet dat natuurlijk al bij intrede van de slik in de Dorrtank. De Dorrtank gaat dan veel troebeler overloopen, doch het tingehalte van de overloop daalt. Hierbij heeft men tevens het voordeel, dat men zoo een deel van het erts als tailing afstoot. Men moet hierbij letten op den zuurgraad van het water (Ph concentratie).

In Bolivia beheerscht men deze techniek echter nog lang niet en de overloopen van de Dorrtanks bevatten meestal een ontoelaatbaar percentage aan tin. Het verbruik aan waterglas is dan ook beslist hoog en vormt een dure post. In de meeste mijnen

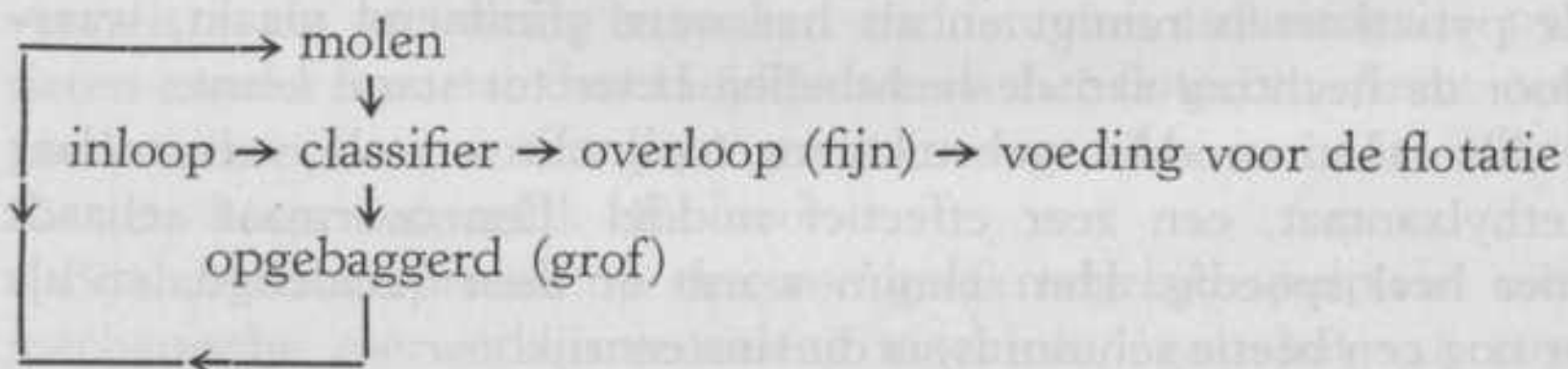
heeft men deze toevoeging van defloculatiemiddelen dus wel eens bij wijze van proef toegepast, maar heeft ze m.i. te gauw en ten onrechte al spoedig weer gestopt. Men treft er onder de vakmensen nog altijd twee stroomingen. De eene wil nog maar steeds al het slik indikken en op de tafels brengen en installeert dus zeer groote en dure Dorrtanks, die dan ook een heldere overloop geven. De andere groep bestelt veel kleinere Dorrtanks en spaart dus aan bouwkosten; de fijnste slik laat men dan zonder er zich verder om te bekommeren de rivier in loopen. Vaak is het voorgekomen, dat men bij latere uitbreidingen van de wasscherij meer water wilde terugwinnen. Men verzamelde daartoe de vuile overloopen van de kleinere Dorrtanks nog eens in één groote tailingtank van 100 voet doorsnede. Deze leverde dan in de overloop schoon water, doch de ingedikte massa vormde zulk een kleimassa, dat er niets mee was aan te vangen.

Wij vatten nu nog eens goed den loop van het slik op de schudtafel in het oog. We zien, dat er inderdaad een zekere scheiding in banden met verschillend soortelijk gewicht plaats heeft. We zien eerst een band van zuivere tinsteen (lichtbruin), dan een band pyriet (groen) en vervolgens een breede strook tailing (bruinig, grijs of wit). Blazen we echter op de pyriet aan de kant van de cassiteriet, dan zien we onder die pyriet een massa tinsteen, ja, hier blijkt zich de hoofdmassa van de tinsteen te bevinden. De pyriet overlapt dus die tinsteen en wel in zulk een mate, dat meer dan 70% overlapt is. Evenzoo overlapt de kwarts de pyriet weer. Ja, de kwarts kan zelfs nog de onderste tinsteenlaag overlappen. Nu ga ik hier nog van het geval uit, dat alle korrels vrijgemalen zijn. Zijn er nog vergroeide korrels, wat meestal het geval is (soms in hooge mate), dan kan men zich wel indenken, dat er van een behoorlijke concentratie niet veel terecht komt. Men kan slechts een smalle strook tinsteen met een beetje pyriet afnemen, anders komt er ook kwarts mee. De rest kan men dan opnieuw gaan indikken en op repetitietafels brengen. Dit kan men dan nog eens herhalen. Steeds wint men weer wat tinsteen. Zoo daalt het gehalte aan tin in het slik; b.v. van 2,5% tot 2,0%, van 2,0% tot 1,8% en van 1,8% tot 1,65%. Zoo heeft men geen grooter rendement van zijn totale sliksectie dan 30%. Dit rendement is zelden hooger, meestal kleiner.

De tinsteen is meestal minder hard dan de kwarts en de pyriet. Ze wordt dus preferent vergruisd. Na malen bevat de zandfractie veel minder tin dan de slikfractie. Men zal nu wel goed beseffen, hoe ongunstig ook dit de totale tinextractie van een wasscherij moet beïnvloeden.

Ik heb deze punten uitvoerig besproken, omdat we hier te maken hebben met het zwakke punt van de geheele tinerts-concentratie.

Wij gaan thans *het floteeren* bekijken. Korrels van pyriet, die grooter zijn dan 0,5 mm, zijn te zwaar om in het schuim te komen, daarenboven werken de flotatiemachines met een zeer grove pulp niet meer goed, het wordt te moeilijk om alles in suspensie te houden. Wil men alles in beweging houden, dan moet men zoo sterk agiteeren, dat de bewegingen veel te wild worden om een rustig opstijgen van de schuimbelletjes mogelijk te maken. We moeten dus in eens zien te malen tot onder 1 mm. Grover kan niets afgestooten worden en we kunnen b.v. niet waardelooze brokken pyriet van 1 cm<sup>2</sup> groot alvast afstooten. We beginnen dus al meer slik te maken dan bij het hierboven beschreven nat-mechanische proces. Ook hier treedt de preferentiele vergruizing van de tinsteen op. In haast iedere wasscherij, waar flotatie wordt toegepast, vindt men het tweelingpaar molen-classifier. De samenwerking van de twee is aldus weer te geven:



Deze Dorr- of Akinsclassifiers brengen de wasscherijspecialisten tot wanhoop in Bolivia. Is de overloop juist goed in korrelgrootte voor de flotatie, dan bestaat die overloop uit behoorlijk gemalen kwarts en pyriet en alleen het allerfijnste tin is mee overgelopen. Iets grovere tinsteen is uitgezakt in de classifier en wordt uitgeschraapt naar den molen. Daar wordt het of grondig

verpoeierd of, als dit niet gebeurt, bezinkt het weer in de classifier en komt nog eens terug. Stelt men nu de classifier zoo in, dat het tin grover overloopt, dan is de pyriet véél te grof. Niets helpt. Men kan de classifier grooter of kleiner maken, hem meer of minder water geven, hem langzamer of sneller laten loopen, de helling van den bodem wijzigen zonder afdoende resultaten te bereiken. Men moet de classifier dus vervangen door een zeef.

Nu gelukte het tot voor een zestal jaren niet om effectief te zeven beneden de millimeter. De zeeftechniek is echter steeds vooruitgegaan en speciaal de zeefgazen zijn steeds sterker geworden en meer bestand geraakt tegen mechanische slijtage en chemische aantasting. Gebruikte men vroeger stalen of koperen draadzeven, tegenwoordig past men gazen toe van niet-roestend staal. Daardoor heeft men de levensduur van een zeef kunnen verdertigvoudigen. Het gelukt nu te zeven met zeven van 0,7 mm diameter. Men wil zelfs nog verder gaan. Wat door deze zeven heen gespoeld wordt, is geschikt voor flotatie; een tinsteenkorrel, die er doorheen valt, komt niet meer in den molen terug.

Het floteeren op zichzelf is een prettig en gemakkelijk procédé in ons geval. Men werkt uitsluitend met het mechanische roerwerktype, niet pneumatisch en dus zoo grof mogelijk. Men moet de pulpdikte onder contrôle houden. De zuurgraad is niet zeer belangrijk, want de sulfiden schuimen zoowel in zure, neutrale als alkalische oplossingen. Het is dikwijls nuttig om vooraf in een conditioner zwavelzuur toe te voegen, dat het oppervlak van de pyrietkorrels reinigt en als het ware glimmend maakt, waardoor de hechting aan de luchtbellen beter tot stand komt.

Als schuimmiddel gebruikt men pijnolie en als verzamelaar aethylxantaat, een zeer effectief middel. Een overmaat schaadt hier heel spoedig. Het schuim wordt er door vernietigd, en als er nog een beetje schuim is, is dit tinsteenrijk.

Xantaat wordt ontleed door zwavelzuur. Men moet dus beide middelen niet te zamen toevoegen. Men moet de pijnolie en het xantaat over al de cellen verdeelen en wel in grooter hoeveelheden naar mate de cellen meer aan het einde van de reeks liggen. In onze diagrammen ziet men den loop van de pulp en van de schuimen op diverse wijzen aangegeven. De laatste cellen, die dienen om de laatste sporen pyrietkorrels en ook vergroeide



korrels uit de vloeistof te halen, leveren steeds een zeer onzuiver schuim, wat toch nog gerepeteerd moet worden. Men doseert dus in deze cellen de meeste schuimmiddelen; met de laatste pyriet wordt dan ook vrij wat tinsteen meegesleurd. Dit onzuivere schuim wordt dan weer bij de versche voeding toegevoegd. Het voert al genoeg schuimmiddelen mee om in de eerste deelen toevoeging van pijnolie en xantaat overbodig te maken. De meeste sulfiden schuimen haast vanzelf en wat het eerste overschuimt is het armste aan tinsteen. Is het erts bovendien ook nog niet al te erg vergruisd, dan kan men hier een tailing afstooten van pyriet en andere sulfiden, die slechts minimale sporen aan tinsteen bevat. Heeft men belangrijke hoeveelheden van kaolien en de andere, reeds boven beschreven, colloïden in het erts, dan is het ook hier nuttig om waterglas als defloculatiemiddel toe te voegen in een neutraal of zeer zwak alkalisch milieu. Men laat dan het zwavelzuur weg. Tinsteen heeft een grotere affiniteit tot de luchtbelllen dan kwarts, maar de affiniteit van sulfiden overtreft die van de beide oxyden in zeer sterke mate.

Thans vatten we weer de fijne slikfractie in het oog. Nemen we als een zeer gunstig geval aan, dat bij het malen en zeven tot 0,7 mm de tinsteen practisch vrijgemaakt is, dan hebben we dus onvermijdelijk al een zeer belangrijk deel van de cassiteriet vergruisd tot ver onder de 200 mesh. Deze cassiteriet zal dus in de natmechanische concentratie, die zal volgen, op de sliktafels haast niet te vangen zijn. Deze natmechanische concentratie zou kunnen vervallen, als we alleen te maken hadden met tinhoudende pyrieten zonder kwarts; dan hielden we na het floteeren direct een goed verkoopbaar concentraat over en was alles in orde. Maar zoo iets komt natuurlijk niet voor.

Bij het flotatieproces op een zoo grof mogelijke pulp, in met mechanische roerwerken voorziene machines, gaat het vrij ruw toe, zooals ik al gezegd heb. De scheiding tusschen de sulfiden en de kwarts-tinsteen is echter scherp voor de fijne zanden. Voor de slikfractie is het proces echter te wild. Deze deelen worden zeer onscherp gescheiden. Speciaal de verpoederde tinsteen wordt mechanisch in het pyrietschuim meegesleurd. Men heeft dus ook geprobeerd het slik apart te schuimen in pneumatische machines. Maar dat is niet mogelijk gebleken. Men verkrijgt alleen goede

resultaten bij een schuimproces, waarbij zand en slik harmonisch gemengd zijn. Zand alleen floteeren gaat niet, omdat slik de pulp stabiliseert en slik alleen schuimen gaat niet, omdat men dan een impalpabele brij heeft, waarbij de vangwerking van de luchtbelletjes zeer slecht wordt.

Resumeerend blijkt het dus ook, dat bij het flotatieprocédé slikvorming tot een minimum beperkt moet blijven. Ze is echter even onvermijdelijk als ze schadelijk is.

Om de combinatie tinsteen, sulfiden, ganggesteente en kwarts uit elkaar te halen, is het dus onvermijdelijk de beide procédés beurtelings toe te passen. Het concentratieproces moet verlopen met een minimum aan breken en malen (dit spaart ook aan kracht, die duur is in Bolivia). Componenten, die vrijgemalen zijn, mogen niet nog eens een maalapparaat doorloopen.

Om tot het doel te geraken, dat ik mij in dit artikel gesteld heb, nl. om aan te toonen, dat diverse ertsen diverse stamboomen vereischen, heb ik een 4-tal ertstypes uitgekozen, die gerangschikt zijn naar toenemend pyrietgehalte en tevens naar fijnere ver-groeiing. Dit gaat ook meestal samen. Bij het uitkiezen van deze 4 types heb ik gedacht aan 4 belangrijke tinmijnen in Bolivia. De hier geteekende flowsheets zijn echter geen getrouwe copieën van de stamboomen, die in die 4 mijnen werkelijk te zien zijn. In groote trekken gelijken ze echter zeer veel op in Bolivia aanwezige disposities. In de diagrammen zijn alle elevatoren, pompen en vele andere accessorische apparaten weggelaten. Ze zijn voor ons hier geheel niet essentieel, al maken ze een groot deel van de aanwezige machinerie uit.

*Diagram I* toont ons het breken van het erts tot  $\pm 40$  millimeter. Dit diagram dient voor alle 4 ertstypes. Dit voorbreken van het erts geschiedt meestal in een geheel apart gebouw, dikwijls b.v. aan den mond van de schacht of mijntunnel. Een kabelbaan of spoorweg voert het gebroken erts dan naar een plaats, waar voldoende water is (dus meestal verder dalwaarts). In ieder geval zijn er tusschen deze brekerij en de eigenlijke wasscherij in groote installaties steeds flinke bunkers gebouwd. De ertsaanvoer uit de mijn staat 's nachts stil en is ook overdag onregelmatig. De wasscherij loopt dag en nacht door. Een buffer is dus absoluut

noodzakelijk en wordt, waar het eenigszins kan, gekozen na de breekinstallatie. Het breekproces verloopt dus het beste als een droog proces. Komt het erts echter zeer slijkerig uit de mijn, dan moet men al na de grofste breker met water beginnen.

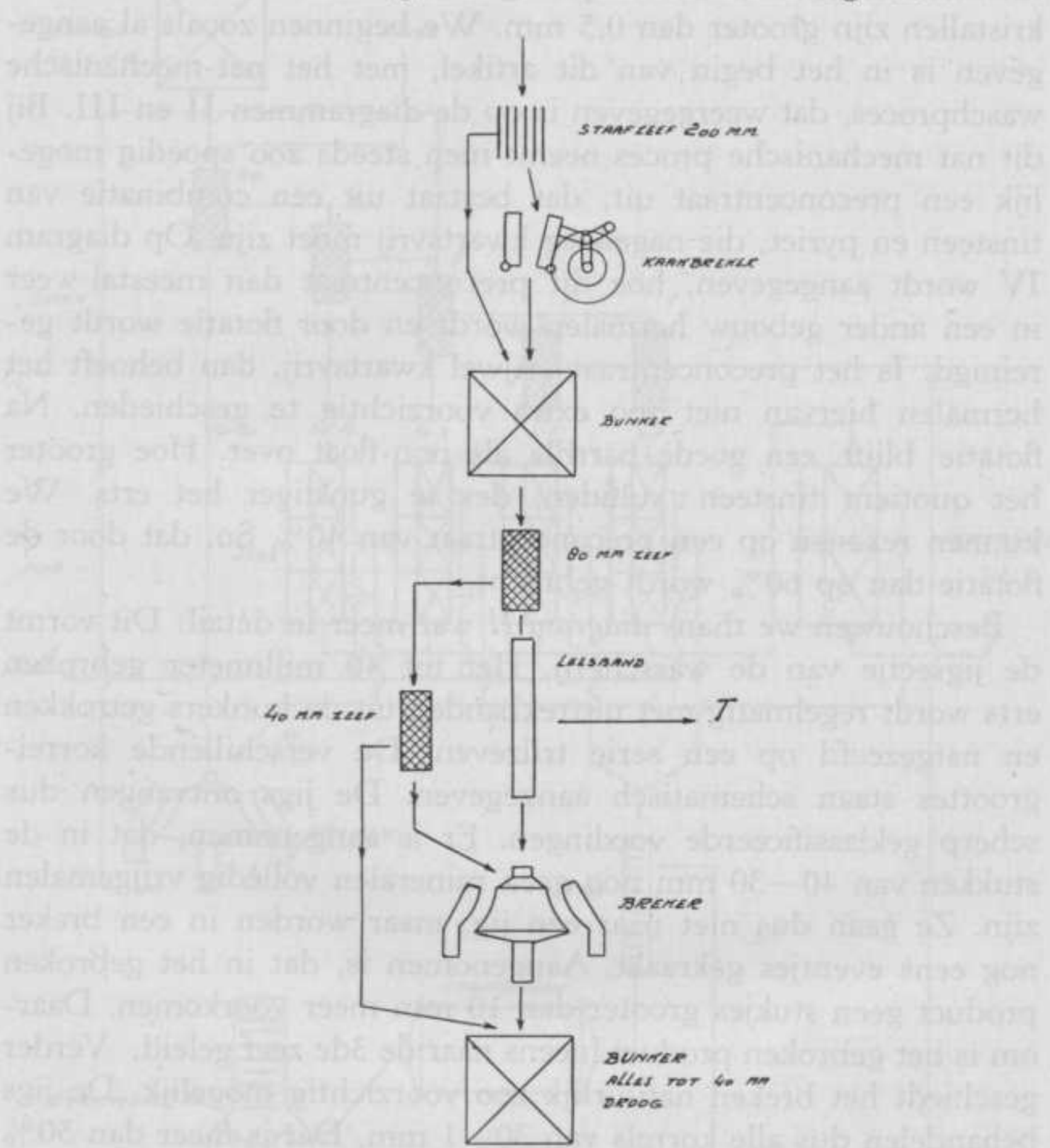


Diagram 1

Diagram I behoeft geen nadere verklaring. Een leesband is ingetekend. Hierop wordt steriel ganggesteente en soms ook steriele pyriet uitgezocht. In de praktijk heeft men soms meerdere leesbanden; er wordt nog eens contrôle uitgeoefend op de uitgelezen steriele stukken op een anderen band, enz.

De diagrammen II, III en IV vormen samen de eigenlijke wasscherij voor het eerste ertstype. Het gehalte aan sulfiden bedraagt hier plus minus 5%. Het erts is vrij grof vergroeid. Speciaal de tinsteen komt voor in scherp begrensde kristallen en de meeste kristallen zijn groter dan 0,5 mm. We beginnen zooals al aangegeven is in het begin van dit artikel, met het nat-mechanische waschproces, dat weergegeven is op de diagrammen II en III. Bij dit nat mechanische proces neemt men steeds zoo spoedig mogelijk een preconcentraat uit, dat bestaat uit een combinatie van tinsteen en pyriet, die nagenoeg kwartsvrij moet zijn. Op diagram IV wordt aangegeven, hoe dit preconcentraat dan meestal weer in een ander gebouw hermalen wordt en door flotatie wordt gereinigd. Is het preconcentraat vrijwel kwartsvrij, dan behoeft het hermalen hiervan niet zoo extra voorzichtig te geschieden. Na flotatie blijft een goede barrilla als non-float over. Hoe groter het quotient tinsteen : sulfiden, des te gunstiger het erts. We kunnen rekenen op een preconcentraat van 40% Sn, dat door de flotatie dan op 60% wordt gebracht.

Beschouwen we thans *diagram II* wat meer in détail: Dit vormt de jigsectie van de wasscherij. Het tot 40 millimeter gebroken erts wordt regelmatig met uittrekbanden uit de bunkers getrokken en natgezeefd op een serie trilzeven. De verschillende korrelgroottes staan schematisch aangegeven. De jigs ontvangen dus scherp geklassificeerde voedingen. Er is aangenomen, dat in de stukken van 40—30 mm nog geen mineralen volledig vrijgemalen zijn. Ze gaan dus niet naar een jig, maar worden in een breker nog eens eventjes gekraakt. Aangenomen is, dat in het gebroken product geen stukjes groter dan 10 mm meer voorkomen. Daarom is het gebroken product ineens naar de 3de zeef geleid. Verder geschiedt het breken natuurlijk zoo voorzichtig mogelijk. De jigs behandelen dus alle korrels van 30—1 mm. Dat is meer dan 50% van de voeding van de wasscherij vermoedelijk. Wat kleiner is dan 1 mm gaat direct door naar de zandsectie.

De jigs hebben minstens 3 compartimenten. De compartimenten 1 leveren preconcentraat (PrC.), dus grove korrels zuivere tinsteen, korrels zuivere pyriet en stukken, die uit beide mineralen te zamen gegroeid zijn. Dit preconcentraat gaat ineens naar de flotatiesectie. De compartimenten 2 en 3 maken midlings, die

hermalen worden en dus volgens een van de hierboven aangegeven regels geen vrije cassiterietkristallen mogen bevatten. Het is dus zaak het preconcentraat met zooveel mogelijk van de lichtere

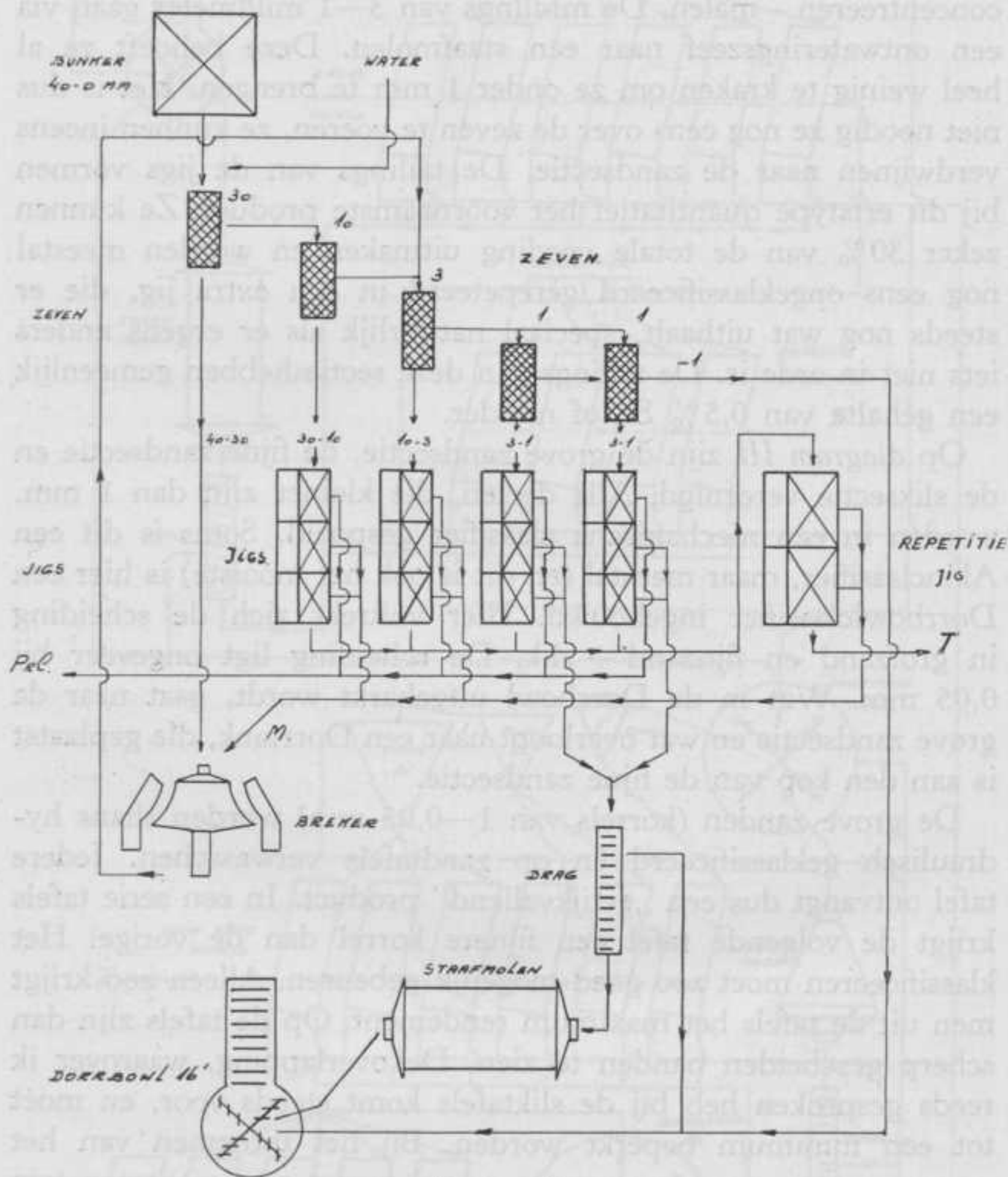


Diagram II.

pyriet uit te nemen, dan heeft men de meeste kans, dat alle vrije tinsteen ook in het preconcentraat gekomen is. We hebben den stamboom zoo geconstrueerd, dat de midlings van 30—3 millimeter naar dezelfde maalmachine gaan, die ook de stukken van

30—40 millimeter brak; de midlings komen zoo via de zeven weer in de jigs terug, doch natuurlijk in een andere jig. We zien hier de toepassing van het aangegeven schema: malen - klasseeren - concentreeren - malen. De midlings van 3—1 millimeter gaan via een ontwateringszeef naar een staafmolen. Deze behoeft ze al heel weinig te kraken om ze onder 1 mm te brengen. Het is dus niet noodig ze nog eens over de zeven te voeren, ze kunnen ineens verdwijnen naar de zandsectie. De tailings van de jigs vormen bij dit ertstype quantitatief het voornaamste product. Ze kunnen zeker 30% van de totale voeding uitmaken en worden meestal nog eens ongeklasseerd gerepeteerd in een extra jig, die er steeds nog wat uithaalt, speciaal natuurlijk als er ergens anders iets niet in orde is. De tailings van deze sectie hebben gemeenlijk een gehalte van 0,5% Sn of minder.

Op *diagram III* zijn de grove zandsectie, de fijne zandsectie en de sliksectie vereenigd. Alle deelen, die kleiner zijn dan 1 mm, worden in een mechanische classifier gespoeld. Soms is dit een Akinclassifier, maar meestal (en dit is ook het mooiste) is hier een Dorr Bowl classifier ingebouwd. Hier voltrekt zich de scheiding in grofzand en fijnzand + slik. De scheiding ligt ongeveer bij 0,05 mm. Wat in de Dorr Bowl uitgeharkt wordt, gaat naar de grove zandsectie en wat overloopt naar een Dorr tank, die geplaatst is aan den kop van de fijne zandsectie.

De grove zanden (korrels van 1—0,05 mm) worden thans hydraulisch geklasseerd en op zandtafels verwasschen. Iedere tafel ontvangt dus een „gelijkvallend” product. In een serie tafels krijgt de volgende tafel een fijnere korrel dan de vorige. Het klassificeeren moet zoo goed mogelijk gebeuren. Alleen zoo krijgt men uit de tafels het maximum rendement. Op de tafels zijn dan scherp gescheiden banden te zien. De overlapping, waarover ik reeds gesproken heb bij de sliktafels komt steeds voor, en moet tot een minimum beperkt worden. Bij het uitnemen van het preconcentraat moeten we weer royaal pyriet mee uitnemen, om er weer zeker van te zijn, dat tinsteenkorrels, die overlapt waren, meekomen in het preconcentraat. In de midlings mag weer geen vrije cassiteriet voorkomen. De zwaarste vergroeide korrels, die alleen bestaan uit tinsteen en pyriet, behooren natuurlijk ook tot het preconcentraat. De midling begint daar, waar de eerste ver-

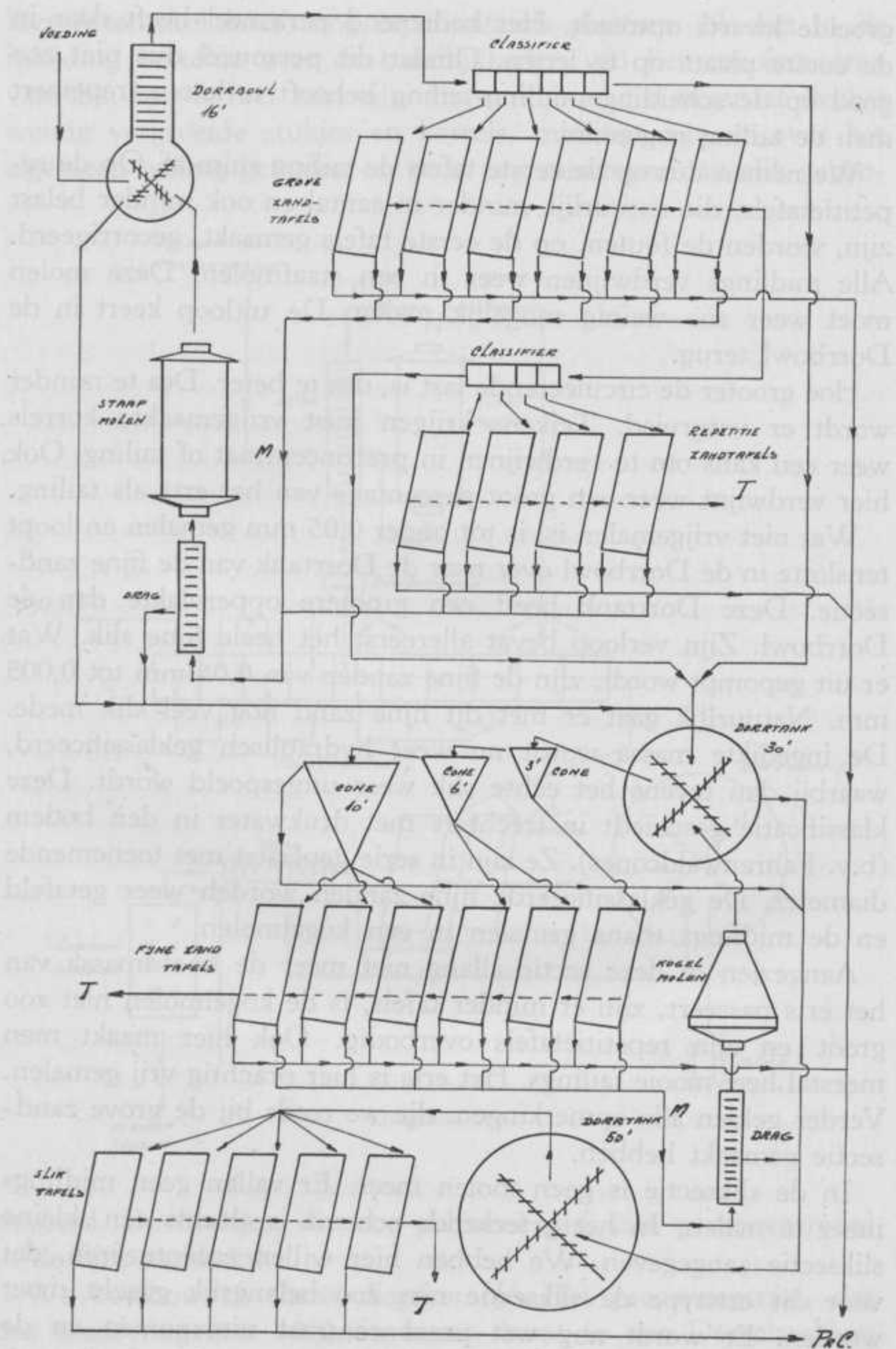


Diagram III.

groeide kwarts optreedt. Het bedienend personeel heeft daar in de eerste plaats op te letten. Omdat dit personeel dus niet zoo goed op de scheiding midling-tailing behoeft te letten, repeteert men de tailing nog eens.

We nemen dus op de eerste tafels de tailing ruim af. Op de repetitietafels, die natuurlijk minder in aantal en ook minder belast zijn, worden de fouten, op de eerste tafels gemaakt, gecorrigeerd. Alle midlings verdwijnen weer in een staafmolen. Deze molen moet weer zoo weinig mogelijk malen. De uitloop keert in de Dorr bowl terug.

Hoe grooter de circuleerende last is, des te beter. Des te minder wordt er vergruisd. Telkens krijgen juist vrijgemaakte korrels weer een kans om te verdwijnen in preconcentraat of tailing. Ook hier verdwijnt weer een groot percentage van het erts als tailing.

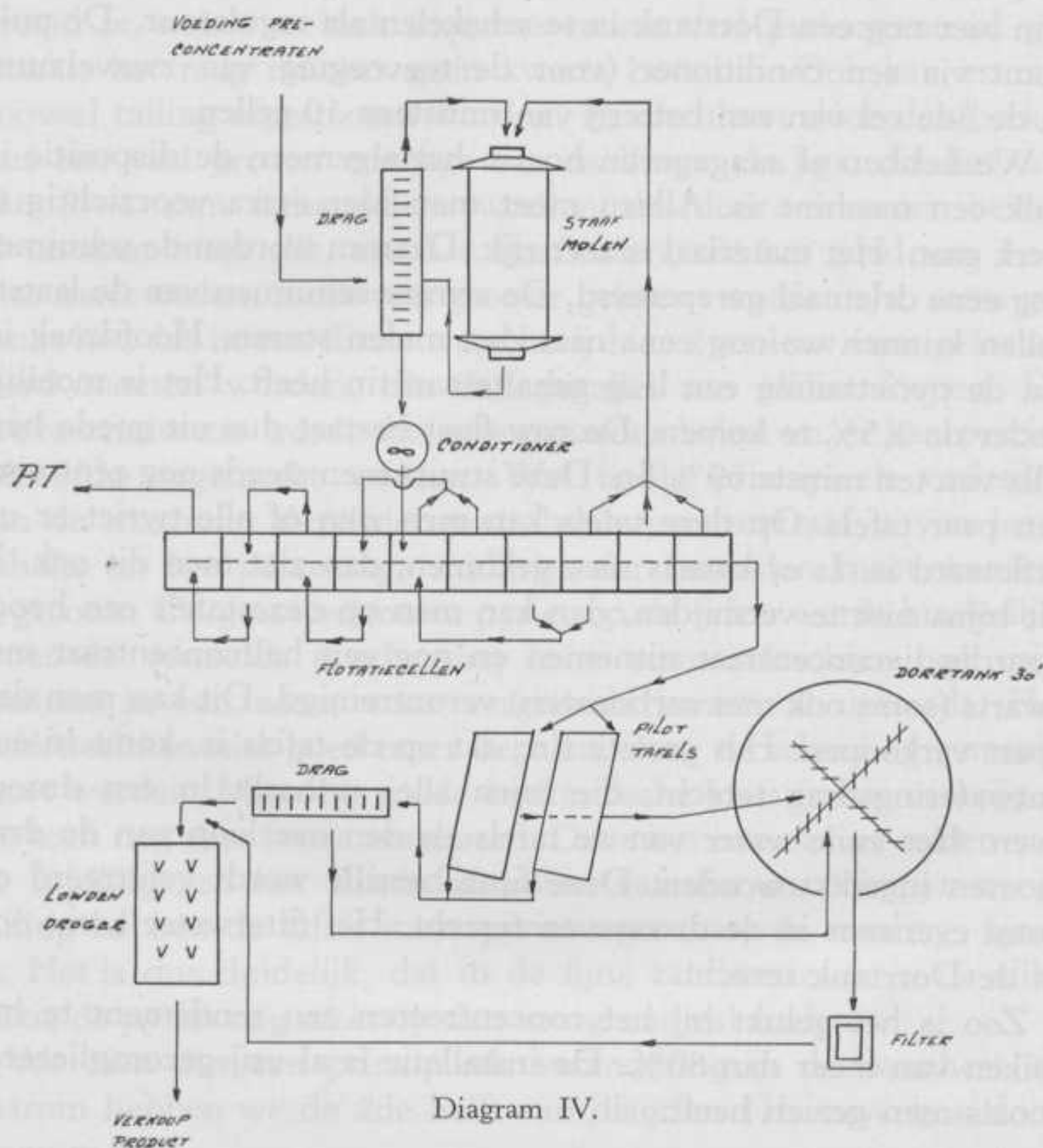
Wat niet vrijgemalen is, is tot onder 0,05 mm gemalen en loopt tenslotte in de Dorr bowl over naar de Dorrtank van de fijne zandsectie. Deze Dorrtank heeft een grootere oppervlakte dan de Dorr bowl. Zijn verloop bevat allereerst het heele fijne slik. Wat er uit gepompt wordt, zijn de fijne zanden van 0,05 mm tot 0,005 mm. Natuurlijk gaat er met dit fijne zand nog veel slik mede. De ingedikte massa wordt nu weer hydraulisch geklassificeerd, waarbij dan tevens het echte slik weer uitgespoeld wordt. Deze klassificatie geschiedt in trechters met drukwater in den bodem (b.v. Fahrenwaldcones). Ze zijn in serie geplaatst met toenemende diameter. De geklassificeerde fijne zanden worden weer getafeld en de midlings thans gemalen in een kogelmolen.

Aangezien in deze sectie allang niet meer de hoofdmassa van het erts passeert, zijn er minder tafels, is de kogelmolen niet zoo groot en zijn repetitietafels overbodig. Ook hier maakt men meestal heel mooie tailings. Het erts is hier prachtig vrij gemalen. Verder gelden alle opmerkingen, die we reeds bij de grove zandsectie gemaakt hebben.

In de sliksectie is geen molen meer. Er vallen geen midlings meer te malen. In het geteekende schema is slechts een kleine sliksectie aangegeven. We hebben hier willen accentueeren, dat voor dit ertstype de sliksectie niet zoo belangrijk geacht moet worden. Er wordt nog wat preconcentraat uitgenomen en de rest werpt men maar weg. Natuurlijk kan men zoo noodig ook



hier (eventueel later) nog repetitietafels plaatsen. Na het in de inleiding vertelde over de moeilijkheden van het concentreren van slik, kan ik hier kort zijn. Er waren van het begin af slechts weinig vergroeide stukjes en korrels, midlings zijn er over het algemeen weinig gemalen en er is een minimum aan slik gepro-



duceerd. De deeltjes, die nog palpabel zijn, zijn geconcentreerd in de fijne zandsectie.

We beschouwen thans *diagram IV*. Het preconcentraat, dat dus reeds ongeveer 40% Sn bevat, komt in een Dorrclassifier, die vrij ruw moet werken, anders zou de overloop al te fijn zijn.

De zanden, die uitgeharkt worden, komen in een flinken staafmolen terecht, die in gesloten circuit met den classifier werkt. Het verpulveren van het tin is in dit geval niet zoo heel erg, zooals we al verteld hebben, daar er niet meer op tafels geconcentreerd behoeft te worden. Men moet de pulpdikte van den overloop van den classifier in de hand hebben, het kan dus noodig zijn hier nog een Dorrtank in te schakelen als reguleur. De pulp komt via een conditioner (voor de toevoeging van zwavelzuur) in de 5de cel van een batterij van minstens 10 cellen.

We hebben al aangegeven hoe in het algemeen de dispositie in zulk een machine is. Alleen moet men hier extra voorzichtig te werk gaan. Het materiaal is zeer rijk. Daarom worden de schuimen nog eens driemaal gerepeteerd. De armste schuimen van de laatste cellen kunnen we nog eens naar den molen sturen. Hoofdzaak is, dat de pyriettailing een laag gehalte aan tin heeft. Het is moeilijk onder de 1,5% te komen. De row-float bestaat dus uit goede barrilla van ten minste 60% Sn. Deze stuurt men steeds nog eens over een paar tafels. Op deze tafels kan men zien of alle pyriet er uit geflooteerd is. Is er kwarts mee gekomen, dan ziet men dit ook. Is dit bijna niet te vermijden, dan kan men op deze tafels een hoogwaardig lixconcentraat uitnemen en nog een halfconcentraat met kwarts (soms ook met carbonaten) verontreinigd. Dit kan men dan apart verkoopen. Het grofste tin, dat op de tafels is, komt in een ontwateringsdrag terecht, die bijna alles uitharkt in een droogoven. Het vuile water van de tafels en den overloop van de drag moeten ingedikt worden. Deze fijne barrilla wordt gefiltreerd en komt eveneens in de droogoven terecht. Het filterwater komt ook in de Dorrtank terecht.

Zoo is het gelukt bij het concentreeren een rendement te bereiken van meer dan 80%. De installatie is al vrij gecompliceerd, zooals men gezien heeft.

Nu komen we aan het 2de ertstype. Het pyrietgehalte is gestegen tot 20%. Het erts is ook wat fijner vergroeid, al behoort het nog niet tot de moeilijk verwerkbaar ertsen. De diagrammen, die we hier moeten doorloopen zijn: I, II, de eerste helft van III, V en IV. Over het algemeen verloopt alles dus in den geest van het reeds besproken type. We beginnen de nat-mechanische

concentratie weer bij  $\pm 40$  mm en met een jigsectie. Is de dispositie van de machines volkomen hetzelfde, het resultaat van het concentratieproces is dit niet. Omdat de verhouding tinsteen—sulfiden veel ongunstiger is en omdat we zooveel pyrieten bij het preconcentraat willen nemen als mogelijk is, heeft dit preconcentraat maar een gehalte van 25% Sn. Omdat het erts meer vergroeid is, wordt er toch niet zoo enorm veel preconcentraat gemaakt, het mag immers geen kwarts bevatten. Ook kan er niet zooveel tailing afgestooten worden. Er circuleert door den breker dus een veel grooter tonnage aan midlings, de jigs, die het erts van 3—1 mm behandelen, worden daardoor zwaarder belast, er ontstaat meer slik, etc. De staafmolen, die het goed van 3—1 mm moet malen, moet veel grooter gekozen worden. Ja, soms gebeurt het, dat in een flinke wasscherij hier 2 molens voor geïnstalleerd moeten worden, die dan parallel aan elkaar loopen. De grove zandsectie wordt dus ook zwaarder belast en er kan precies hetzelfde opgemerkt worden. Wel is de principieele ordening van de machines dezelfde, maar het preconcentraat is van lager gehalte en het percentage midlings dat hermalen moet worden, is grooter. De grootere massa pyriet op de tafels wordt hinderlijk. Door de vermelde overlapping is er soms misschien nog vrije tinsteen in een zone, waar vergroeide kwarts al optreedt. Het personeel kan niet goed meer bepalen, waar de scheiding gemaakt moet worden. Maar bij goede hydraulische klassificatie verkrijgen we toch nog zeer fraaie resultaten. Door het intensiever malen van de midlings en het steeds afstooten van tin en ook pyrietvrije tailing hebben de tafels meer pyriet naar mate de voeding fijner is. Het is dus duidelijk, dat in de fijne zandsectie en in de sliksectie de pyriet nog meer op den voorgrond zal treden.

We zien dus een principieele verandering in de flowsheet en daarom hebben we de 2de helft van diagram III vervangen door diagram V.

De Dorrtank aan den kop van de fijne zandsectie vergrooten we, zoodat hij zoowel de fijne zanden als de slik indikt. Alvorens nu verder te gaan met tafels, schakelen wij een serie flotatiecellen in. Dit heeft verschillende, direct in het oog springende voordeelen. We hebben een prachtig product om te floteeren, nl. een mengsel van fijne zanden en slik met geen grootere korrels dan 0,1 mm.

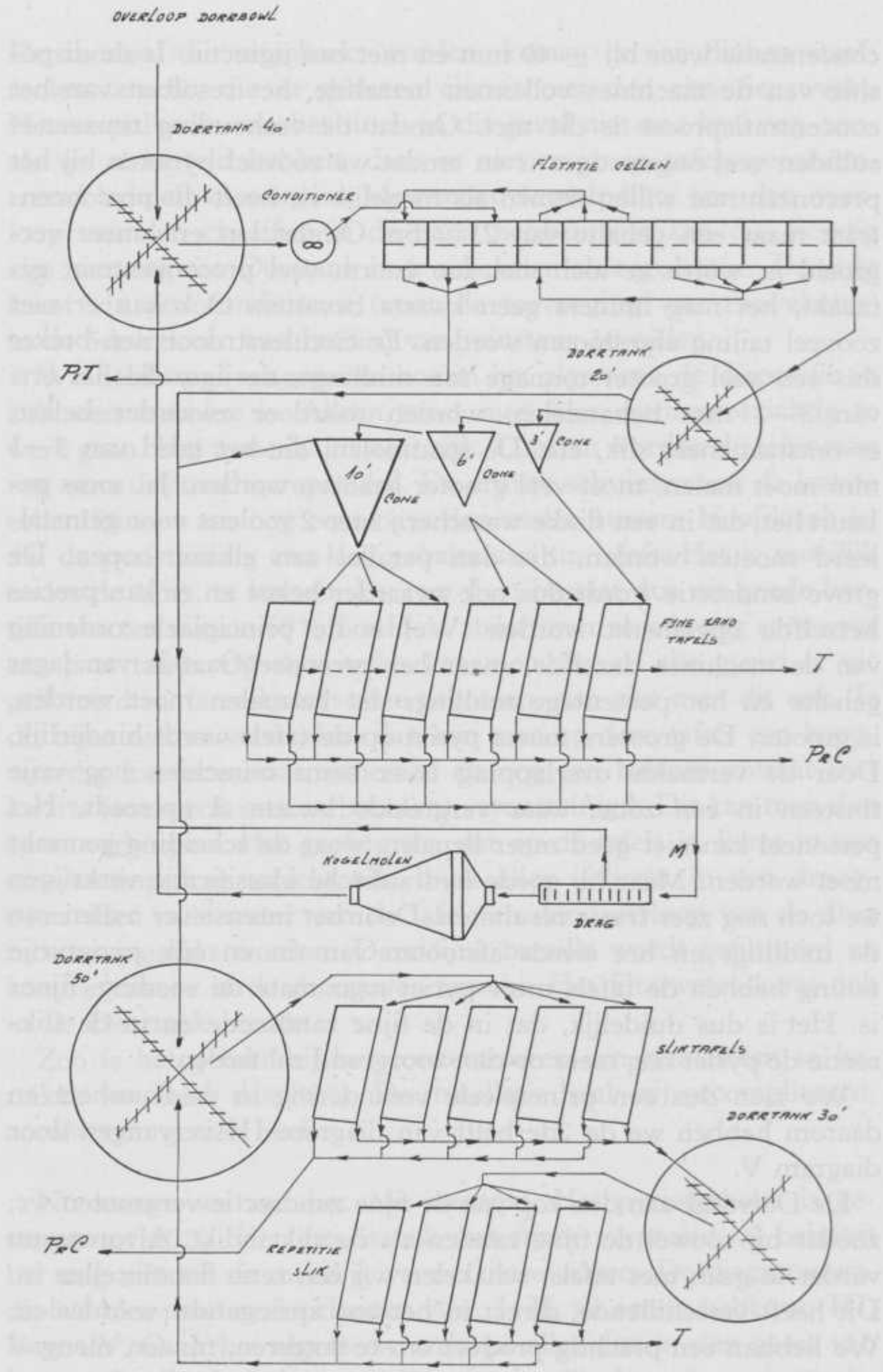


Diagram V.

In één serie cellen kunnen we zeker 35% van de voeding van dit circuit afstooten in den vorm van een pyriettailing met minder dan 0,8% Sn. Bedenken wij toch, dat het groote voordeel van floteeren boven de concentratie met tafels ligt in het feit, dat we zooveel meer doorzetten kunnen. Tafels voor fijne producten behandelen niet meer dan 12 ton per 24 uur en per eenheid. Door één flotatiecel, die veel kleiner is, kunnen we wel 100 ton sturen. De van pyriet haast geheel bevrijde pulp kan nu veel beter op de tafels geconcentreerd worden. De middelmoet tusschen de banden, tinsteen, pyriet, kwarts is geëlimineerd. De hinderlijke overlapping treedt nagenoeg niet meer op. Natuurlijk moet bij deze flotatie met weinig schuimmiddelen gewerkt worden, vergroeide korrels mogen niet in het schuim komen. De non-float moet weer ingedikt worden met het oog op de efficiënte werking van de hydraulische cones. Ik meen, dat diagram V verder geen nadere explicatie meer behoeft. Het preconcentraat van de tafels na de flotatie zal nu weer zeer rijk aan tin zijn (50% Sn). De midlings passeeren weer, na hermalen te zijn, de flotatiecellen, zoo verdwijnt op elegante wijze de pyriet en wordt de nareinigingssectie (volgens diagram IV) ook ontlast. Omdat bij dit ertstype meer gemalen is en er meer slik is geproduceerd, hebben we de sliksectie uitgebreid met repetitietafels. Over diagram IV behoef ik niet meer te spreken. Deze sectie moet ruimer ontworpen worden. Immers in de jigs en op de grove zandtafels is meer preconcentraat uitgenomen dan bij het 1ste ertstype.

Resumeerend kunnen we nu wel inzien, dat de totale tinextractie ongunstiger moet uitvallen. Er is meer gemalen, er is dus meer tinsteen verpulverd en dit is voor een deel verdwenen in den overloop van de Dorrtanks en met de sliktailing. We halen echter nog wel een extractie van 70%.

We gaan thans over tot het derde ertstype. We hebben 50% aan sulfiden en het erts is weer fijner vergroeid. Slechts zelden is de tinsteen nog met het bloote oog te zien, al komen er nog wel eens kristalletjes voor van 1 à 2 mm door-snede. Wij moeten thans gebruik maken van de diagrammen I, VI, III en IV. Wij gaan weer I stilzwijgend voorbij en komen ineens bij de bunkers, waarin het erts tot op 30 mm gebroken ligt. We zouden weer

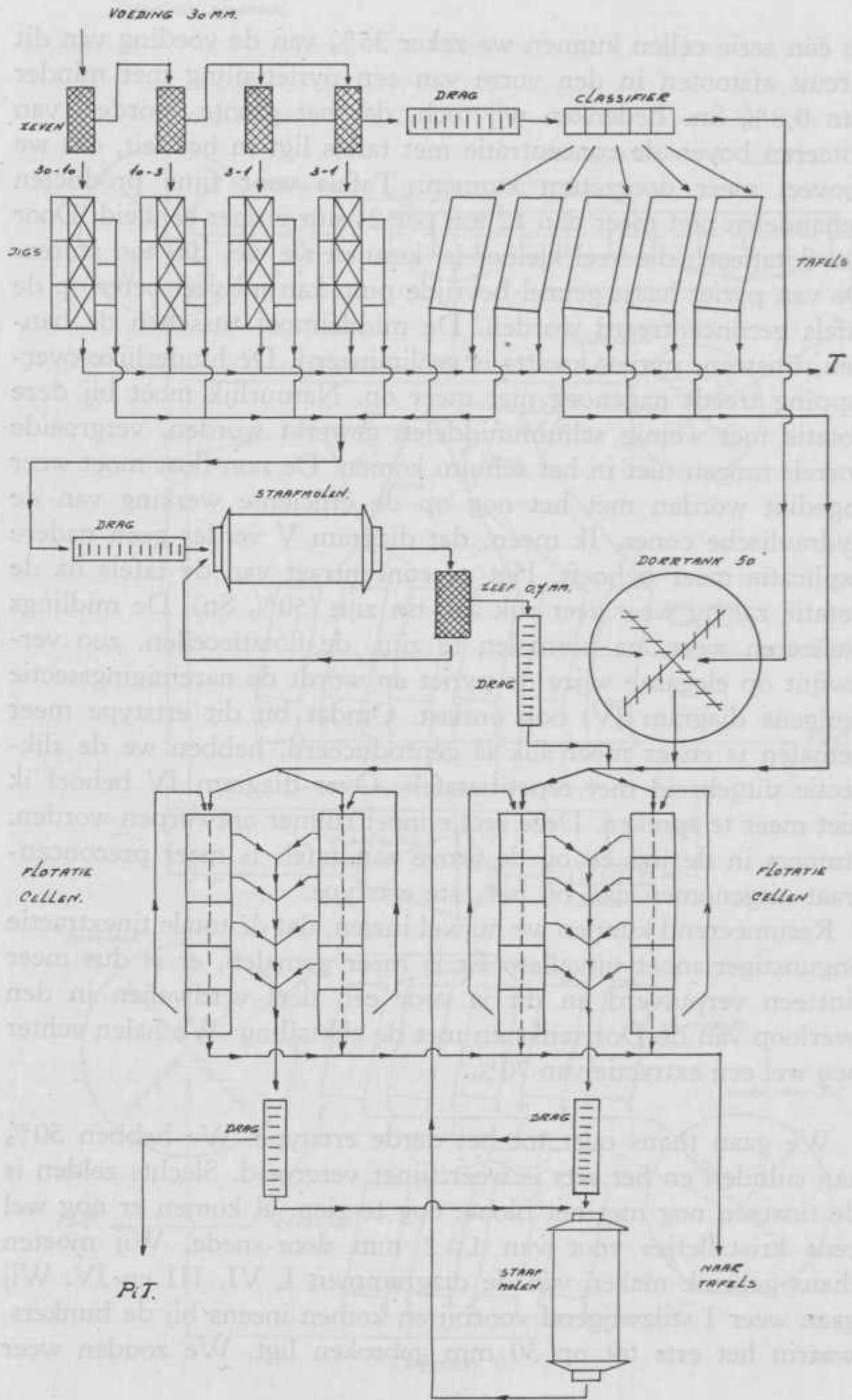


Diagram VI.

kunnen beginnen als bij de vorige 2 ertstypes. We zouden dan al gauw merken, dat er geen kwartsvrij preconcentraat meer te maken valt. Wel kan nog een tailing afgestooten worden. De flowsheet verandert dus van karakter zooals op *diagram VI* is aangegeven. Ik heb al aangegeven, dat we het erts in eens maar tot 10 mm hebben gebroken, omdat er toch geen tinsteen vrij gemaakt wordt. We klassificeeren ineens het erts op grootscheepsche wijze met behulp van zeven en een hydraulischen classifier. Daarna stooten jigs en tafels ganggesteente en kwarts af, die pyrietvrij is. Zoo stooten we een 30% van de voeding van de wasscherij af. Dit gedeelte heet de voorconcentratie. We krijgen nu een product, dat in tingehalte gestegen is van 3,5% Sn tot 5% Sn en wat wel 80% pyriet bevat. Vrij tin is practisch niet aanwezig, ook geen vrije kwarts, wel veel vrije pyrietkorrels. Dit product is veel te grof voor de flotatie, die nu volgt. Alleen van de laatste paar tafels komen zanden met korrels, die de 8,5 mm niet overschrijden. De concentraten van deze tafels zenden we natuurlijk niet naar een molen, doch sturen ze ineens naar de flotatiecellen. De rest gaat door een staafmolen (of door meerdere parallel loopende molens), die hier in circuit geplaatst zijn met trilzeven met 0,7 mm gaas van niet-roestend staal. De met veel water door de zeven gespoelde ertsmassa moet tot op de juiste concentratie ingedikt worden. We moeten zooveel indikken als mogelijk is, liefst tot 300 gram per ton, immers in de schuimcellen verdwijnt uit de voeding met 80% pyriet direct een geweldige massa schuim en de concentratie daalt dan direct tot ver onder de 300 gram. Het indikken van deze massa, die grootendeels bestaat uit zware pyriet, met korrels tot 0,7 mm, is in een Dorrtank haast niet mogelijk. De Dorrtank verstopt te spoedig. Daarom schakelen we er een groote drag voor, die alle zware zanden tot 0,1 mm uit de pulp verwijderd. Alleen de fijne zanden en de slik passeeren nu de Dorrtank. De in de drag uitgeharkte massa vereenigt zich met de ingedikte pulp van de Dorrtank en het is door deze combinatie niet moeilijk de voeding van de flotatiecellen constant te houden. Doordat nog 70% van het erts hier passeert, is deze flotatiesectie zeer belangrijk. Ik heb 2 rijen van cellen naast elkaar geteekend. De stamboom van de loop der pulp en de schuimer heb ik zeer eenvoudig gehouden. De pulp komt aan de kop der

serie in cel 1 binnen en doorloopt een 5-tal cellen. Alle cellen stooten direct pyriet als tailing af, alleen de laatste cel wordt gerepeteerd. Het geheel is een vrij ruwe scheiding. De pulp is te grof gemalen om de componenten tinsteen, pyriet en kwarts geheel vrij te maken. De pyrietschuimen bevatten nog wat vergroeide kwarts en tinsteen, de non-float bevat nog heel veel pyriet (een 15% bijv.). Het eenige belangrijke is, dat de vrije cassiterietkorrels niet in het schuim komen. Ook hier is het dus oppassen voor te veel schuimmiddelen en hoge pulpdikte. Het schuim heeft dus nog te veel vergroeid tin. Er wordt getracht hier nog wat uit te halen. Het schuim gaan we nu malen tot op 0,2 mm in een staafmolen. De ontwateringsdrag moet zeer vuil overlopen, want korrels onder 0,1 mm behoeven we niet meer te malen. De molen werkt nu met 2 andere batterijen flotatiecellen en een 2de drag in gesloten circuit. In deze repetitie-cellen vindt weer een scheiding plaats in een schuim, dat nu al veel beter bevrijd is van cassiteriet en kwarts en een non-float, die uit den aard der zaak quantitatief niet veel te beteekenen heeft. De pyriet-tailing doorloopt de drag, die korrels boven de 0,2 mm nog eens terugstuurt in den molen. We hebben hier weer een fraai voorbeeld van een molen-classifiersysteem met tusschengeschakelde concentratieapparaten. De definitieve pyriet-tailing overschrijdt niet de 0,7% Sn. Men moet zich overigens van de opbrengst van deze 2de serie cellen niet te veel voorstellen. De non-floats van alle cellen lopen tezamen naar de nu volgende concentratieplant, de non-float van de eerste cellen batterijen maakt zeker 90% van de totale voeding van de nu volgende sectie uit. Van de oorspronkelijke voeding van de mill is nu nog maar 35% overgebleven. Werkt de flotatie goed, dan hebben alleen de grofste zandtafels nog vrij wat pyriet, de fijne zandtafels en de sliktafels zijn vrijwel pyriet-vrij. De voeding van deze concentratiesectie (diagram III) is nu gestegen tot 12% Sn. Het is al een vrij rijk materiaal, dat nu voorzichtig verder behandeld moet worden. We kunnen dus gerust de heele apparatuur van diagram III behouden. Tailing zal rijkelijk afgestooten kunnen worden. Immers na de voorconcentratie is er weer kwarts vrijgemalen. Maar het erts was toch zoo zeer vergroeid, dat ook hier nog hermalen moet worden. De voeding voor de reinigingsinstallatie (diagram IV) is nu weer rijk aan tin (zeker 35% Sn).



Resumeerend zien we, dat als we dit procédé vergelijken met dat, toegepast op het eerste erts, het werk verdubbeld is. Daar was het: 1. concentreeren, 2. floteeren. Hier is het: 1. concentreeren, 2. floteeren, 3. concentreeren, 4. floteeren.

Door het intensieve malen is er in verhouding al weer meer slijk gemaakt. We hebben echter gezien, hoezeer we door tijdig afstooten van tailing de slijkproductie beperkt hebben. Het totale rendement is bij dat ertstype door de reeds zoo vaak opgesomde oorzaken niet boven de 60% te brengen.

Het vierde ertstype omvat mineralen met 75% pyriet en andere sulfiden. Het erts is nu zoo vergroeid, dat we tot onder de millimeter moeten breken voor we groote hoeveelheden kwarts of ganggesteente vrij kunnen maken. Tinsteen malen we, voor we aan de 1 mm komen, ook niet vrij. We breiden de droge malerij rustig nog wat uit en breken al het erts tot op 4 mm. We hebben hier de diagrammen I, VII en IV te raadplegen. Ik heb aangenomen, dat er bij dit voorbreken niets viel af te stooten. Dit is voor het eigenlijke erts bedoeld. Natuurlijk bevat ieder ruw product, dat de mijn verlaat, brokken steriel gesteente. De leesband is dus steeds op haar plaats. Men kan ook brokken zuiver pyriet uitlezen. Na een intensieve lezing van de stukken loont het echter niet meer het fijnere gruis in jigs te behandelen.

We malen dus na het droge breken het erts verder nat in staafmolens, die in circuit werken met 0,7 mm trilzeven en floteeren den onderloop van de zeven ineens. Deze eerste flotatie geschiedt op dezelfde wijze als bij het derde ertstype beschreven is.

Het is een nog vrij ruwe scheiding van een pulp, die in hoofdzaak al vrije pyrietkorrels bevat. De andere bestanddeelen, de kwarts en de tinsteen, zijn nog maar zeer ten deele vrij gemalen, en meestal nog met pyriet vergroeid. Het gaat er alleen maar om, alle vrije tinsteen en kwartsdeelen bij de nonfloat te krijgen. Deze non-float gaan we nu op tafels brengen. De grove zanden gaan over een enkele serie tafels, de fijne zanden en het slijk van de non-float gaan eerst naar een Dorrtank aan den kop van de fijne zandsectie. De grove zandtafels scheiden nu al de vrije tinsteen en kwarts af als respectievelijk een preconcentraat en een tailing met 0,6% Sn.

Bij het preconcentraat nemen we weer flink wat pyriet. Zoo hebben we als steeds weer aan barrilla gered wat er te redden viel. De tusschenstrook van de grove zandtafels, die al de midlings bevat en vooral nog zeer pyrietrijk is, vereenigt zich met het schuim van de eerste reeks flotatiecellen. Alles wordt weer naar een molen gestuurd, die een trap verder maalt, bijv. tot 0,2 mm.

Nu komt het er op aan met veel zorg te schuimen. Immers wat we nu behandelen heeft wel 90% pyriet. Vrijwel alles moet overgeschuimd en als tailing afgestooten worden. Het is de hoofdtailing, die niet meer dan 0,6% Sn mag bevatten. Het aangegeven schema voor een tiencellige batterij staat nauwkeurig opgeteekend. Met de eerste kwartstailing zijn we nu zeker al 65% van het oorspronkelijke erts kwijt geraakt en veel tin is hier nog niet bij verloren gegaan. De non-float van deze 2de flotatie vereenigt zich met de fijne zanden en slik van de eerste flotatie in de Dorrtank aan den kop van de fijne zandsectie en de nu volgende nat-mechanische concentratie geeft voor ons, na wat we reeds bij het eerste ertstype beschreven hebben, niets bijzonders meer te zien. Het is een normale pulp geworden. Maar toch merken we op, dat er nog zeer veel midlings zullen zijn en dat er nog veel pyriet op de grofste tafels te zien is. Een hermalingsmolen (een kogelmolen) behandelt deze tusschenproducten en stuurt ze terug naar den kop van de 2de serie flotatiecellen. Op het diagram staat aangegeven, hoe.

Daar we nu al het erts hebben moeten malen tot op 0,7 mm alvorens tailing te kunnen afstooten en omdat we daarna nog heel veel hebben moeten herhalen (bijv. al dat pyrietschuim) is er veel slik gevormd en veel tin aan de vergruizing ten offer gevallen. De voeding van de sliksectie is zeer rijk aan tin (b.v. 8% als het erts 3,5% Sn bevatte). De Dorrtanks loopen over met 5,0% Sn. De tailings van de sliktafels zijn niet onder de 5,0% Sn te brengen. Het gevolg is, dat de totale extractie niet stijgt boven de 50%. (In dit cijfer sluit ik ook de verliezen in, die er nog geleden worden bij het opwerken van het preconcentraat tot barrilla van 60%). In het begin liet zich de zaak zoo hoopvol aanzien. Bij de fijne zandsectie aangeland, hadden we haast nog niets van het tin verloren en toch was op dit punt het ertsquantum al verminderd tot 35% van de origineele voeding. Inderdaad was dat gebeurd,

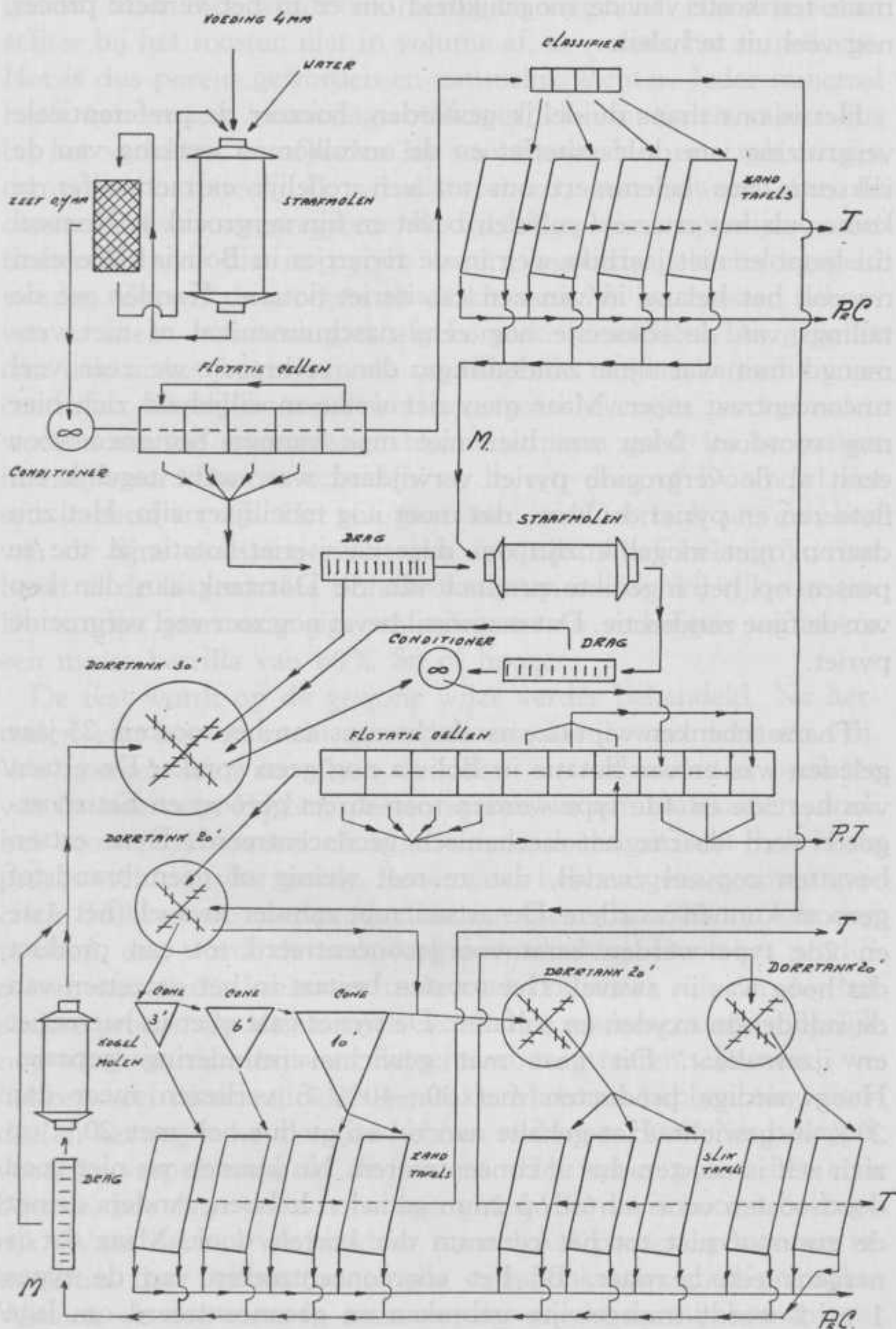


Diagram VII.

maar ten koste van de mogelijkheid om er in het verdere proces nog veel uit te halen.

Het is ons thans duidelijk geworden, hoezeer de preferentiele vergruizing van de cassiteriet en de onvolkomen werking van de sliksectie ons belemmert om tot een redelijk extractiecijfer te komen als het erts veel sulfiden bevat en fijn vergroeid is. Hoeveel tin loopt er niet jaarlijks weg in de riviertjes in Bolivia! We zien nu ook het belang in van een cassiteriet flotatie. Konden we de tailings van de sliksectie nog eens naschuimen, al of niet vermengd met wat fijne zandtailings, dan verkregen we zeer veel tinconcentraat meer. Maar men ziet welke moeilijkheid zich hier nog voordoet. Men zou hier niet mee kunnen beginnen voor eerst al de vergroeide pyriet verwijderd was, want tegelijk tin floteeren en pyriet drukken, dat moet nog moeilijker zijn. Het zou daarom niet mogelijk zijn om deze cassiteriet-flotatie al toe te passen op het ingedikte product van de Dorrtank aan den kop van de fijne zandsectie. Dat materiaal bevat nog zeer veel vergroeide pyriet.

Thans schenken wij onze aandacht eens aan het roosten. 25 jaar geleden was er van flotatie in Bolivia nog geen sprake. De ertsen van het 3de en 4de type werden toen direct geroost en het roostgoed werd daarna nat-mechanisch geconcentreerd. Deze ertsen bevatten zooveel zwavel, dat ze met weinig of geen brandstof geroost kunnen worden. De ertsen met minder zwavel (het 1ste en 2de type werden eerst voorgeconcentreerd tot een product dat hoog was in zwavel. Het roosten bestaat in het omzetten van de sulfiden in oxyden en sulfaten. De pyriet gaat over in haematiet en ijzersulfaat. Dit gaat met gewichtsvermindering gepaard. Hoogwaardige producten met 30—40% S verliezen meer dan 20% in gewicht. Het gehalte aan tin stijgt dus ook met 20% op zich zelf is roosten dus al concentreren. Nu kunnen we niet goed doodroosten voor we tot op 2mm gemalen hebben. Anders dringt de zuurstof niet tot het centrum der korrels door. Maar dat is nergens een bezwaar. Bij het voorconcentreren van de types 1 en 2 wordt trapsgewijze gebroken en geconcentreerd om lage tailings te kunnen afstooten en de types 3 en 4 zijn toch fijn ver-

groeid. Maar toch wordt ook hierbij tin vergruisd. Het erts neemt echter bij het roosten niet in volume af, al verliest het in gewicht. Het is dus poreus geworden en natuurlijk zachter. Ieder mineraal heeft een andere uitzettingscoëfficiënt, de mineralen raken dus bij het verhitten en afkoelen los van elkaar. Het erts valt in zijn componenten uiteen. Ik wil dit niet zoo zeer beweren van de cassiteriet-kwarts-aggregaten. Ik wil er speciaal op wijzen, dat tinsteenkorrels, die in pyriet waren ingebed, geheel losgepeld worden. Zoowel de grootste als de kleinste. Na het roosten behoeven ze alleen maar energiek afgeborsteld te worden. Dit gebeurt dan ook in het begin van de nu volgende nat-mechanische concentratie. Eigenlijk moet het roostgoed eventjes voorgemalen worden om de sponsachtige haematietmassa goed los te maken in het water. Daarna scheiden we in een drag of Dorr Bowl het erts in zand en slik. Het slik gaat naar een Dorr tank aan den kop van de fijne zandsectie. Dit slik is quantitatief belangrijk; het bevat al de losgemaakte tinmikrolieten en is dus vrij rijk aan tin. De zanden gaan naar jigs en tafels en nu verkrijgen we ineens een massa barrilla van 60% Sn of hooger.

De rest wordt op de gewone wijze verder behandeld. Na hermalen van het nu zacht gemaakte erts komt weer tinsteen vrij. We noemen hier nu alleen de voor- en nadeelen ten opzichte van floteeren op. Bij het roosten sparen we aan maalkosten, doch het roosten is zooveel duurder en omslachtiger, dat het heele proces toch duurder wordt. Roostovens hebben geen groote capaciteit. Hebben we met producties van meer dan 500 ton per dag te doen, dan wordt de zaak veel te omslachtig. Door het produceeren van al die haematiet maken we nog meer slik dan bij het andere proces. Op de sliktafels wordt het rendement zoo mogelijk nog slechter dan bij het floteeren-concentreeren. Immers, we hebben veel meer colloïden gemaakt. Maar we hebben één voordeel in het oog te houden, we hebben veel meer cassiteriet bewaard voor de verpulvering in de molens. Hoe meer pyriet het erts bevatte, hoe meer we zoo hebben gered. En dit is hoogst belangrijk. Want hebben we hierdoor maar 1 à 2 procent gewonnen in extractie, dan hebben we al alle extra onkosten goed gemaakt. Winnen we nog meer in extractie, dan merkt de mijnbouwmaatschappij dit direct in de nettowinst, die ze kan behalen. Ik wil

hiermede beweren, dat bij ertsen van het 3de en 4de type het nog zeer de vraag is of men er wel goed aan gedaan heeft het ouderwetsche roostproces op te geven en flotatiemachines te installeren. Persoonlijk geloof ik, dat men hier zeer verkeerd aan gedaan heeft.

Zoo heb ik hier dan het belangrijkste probleem, dat de metallurgen in Bolivia bezighoudt, van alle kanten toegelicht. Speciaal koester ik de hoop, dat ik met de publicatie van de diagrammen de belangstelling van enkele lezers van dit jaarboek heb opgewekt. Het type van de hier beschreven wasscherijen wijkt zeer af van normale flotatieinstallaties. Van deze zijn er nl. in Bolivia ook een aantal, welke lood, zilver, zinkertsen en koperertsen verwerken.

Heerlen, 26 October 1941.



## OPSPORING EN ONTGINNING VAN FOSFORIETEN IN TWENTE <sup>1)</sup>

door Ir. T. DE VRIES.

Gedurende den wereldoorlog, toen ons land nagenoeg volkomen van overzeesche gebieden geïsoleerd was en er gebrek aan verscheidene grondstoffen begon te komen, is het de verdienste van den bekenden natuurvorscher en wereldreiziger Dr. W. G. N. VAN DER SLEEN geweest, te hebben gewezen op het voorkomen van fosforietknollen dicht aan de oppervlakte van Twentes bodem. Deze knollen zijn destijds in belangrijke hoeveelheden gewonnen, totaal ongeveer 20.000 ton en hebben een fosfaatmeststof opgeleverd, welke vooral op bepaalde zure gronden zeer goed de buitenlandsche fosfaat verving. Weliswaar is het gehalte aan  $P_2O_5$  steeds minder dan de helft der buitenlandsche fosfaat, maar tot in den zomer van 1919 hebben de fosforietknollen goede diensten gedaan, hoewel ze in landbouwkringen over het algemeen matige waardeering vonden. Ten onrechte!

Deze ontginning bracht schrijver dezes in Juli 1940 op de gedachte, dat, nu ons land wéér een uitsluitend continentale periode moet doorworstelen, het van belang zou kunnen zijn, na te gaan welke hoeveelheden fosforiet nog in het Oosten des lands op ontginbare diepte voorkomen, van welke kwaliteit de knollen zijn en welke moeilijkheden de eventueele ontginning zou opleveren. De Comm. Opbouwdienst keurde het plan goed en droeg schrijver dezes op de leiding te nemen van een detachement tot opsporing van delfstoffen, hetwelk als eerste object van onderzoek de fosforietvoorkomens aangewezen kreeg. Dit zogenaamde D.O.D. heeft van midden-September 1940 tot April 1941 met ruim 90 werkers in het veld een systematische verkenning uitgevoerd rondom de 2 centra Ootmarsum en Rossum, twee dorpjes respectievelijk 12

<sup>1)</sup> Waar in het volgende sprake is van fosforieten, wordt hiermede bedoeld de afgeronde knolvormige concreties, waarin  $Ca_3(PO_4)_2$  als bindmiddel optreedt.



Figuur 1.



Figuur 2.



en 5 km NNW van Oldenzaal. Ondanks den zeer strengen winter is het resultaat geweest, dat bij Ootmarsum 2 veldjes met ongeveer 800 ton op een gemiddelde diepte van 2 m, respectievelijk 700 ton op een gemiddelde diepte van 4 m, dus totaal 1500 ton werden aangetoond, waarbij een zeer waarschijnlijke hoeveelheid van 1000 ton mag worden gevoegd; te Rossum werden op niet groter diepte dan 5 m een zekere reserve van 2500 ton en een waarschijnlijke van 2000 ton op een drietal veldjes aangetoond.

In het kort kan het volgende van de opsporing worden gezegd: de fosforieten komen voor op de grens van oligoceen en eoceen. Door de gletschers is het land in de ijstijden zwaar gewalst en geploegd, zoodat de horizontale regelmatige opeenvolging der lagen overal sterk gestoord is. Zoo komt het, dat men aan de dikke oligoceene septariënkleilaag, die in het geheele gebied van Twente veelvuldig wordt aangetroffen, weinig heeft als gidslaag voor de (stratigrafisch) er onder liggende fosforietlaag.

Over den ouderdom en het ontstaan der fosforieten loopen de meeningen nog zeer uiteen (zie literatuur 1, 2 en 3). Zij bestaan voor de helft uit kwartskorrels van een breccie-achtigen aard, voor een kwart uit glauconiet en voor de rest uit tricalciumfosfaat als bindmiddel, dat bruin is door wat ijzeroxyde. Het gehalte aan  $P_2O_5$  voor de onverweerde fosforieten wisselt tusschen 13 en 15%, terwijl de verweerde 8 tot 12% bevatten; de laatstgenoemde zijn steeds grasgroen, terwijl de eerstgenoemde bijna zwart zijn. De fosforieten komen voor in een meer of minder kleiïge glauconiethoudende zandlaag, die gewoonlijk uit 40 tot 50% fosforietknollen bestaat.

In overeenstemming met een zekere regelmaat in de richting der walsplooiën als gevolg der gletscherbewegingen, werden de boorlijnen in de hoofdrichting dezer bewegingen, nl. N30E uitgezet. Met pulsbooren werd tot max. 12 m diepte geboord met buizen van 8'' en 10''. Als voorboor werd vooral veel profijt getrokken van de Hoeksema-lepelboor, die bijzonder snel deugdelijke monsters leverde tot een diepte van 6 tot 8 m, afhankelijk van de kleigehaltes der doorboorde lagen. De op deze wijze afgeboorde lijnen van gaten op 25 en 50 m afstand hebben wel aangetoond, dat de lagen op dikwijls ondoorgrondelijke wijze door elkaar gekneed zijn, maar verder slechts op enkele plaatsen het

resultaat gehad, dat er kleine lensvormige afzettingen van fosforietlagen werden vastgelegd. De dicht aan de oppervlakte voorkomende fosforieten waren gedurende den vorigen oorlog (van 1917—1919) voor het grootste deel grondig opgeruimd, zoodat weinig heil verwacht werd van de informaties der bevolking. Toch werden ook deze te hulp geroepen en onze ervaring is geweest dat van de 10 aanwijzingen er 8 op fantasie berusten, waarvan 1 of 2 op bereedeneerde fantasie, terwijl er één deugdelijk bleek en de ander te optimistisch. Hierdoor werd een klein veldje aan de tot dusver bekende toegevoegd en op 1 April 1941 waren de bovengenoemde reserves aangetoond, toen de Opbouwdienst en daarmee het D.O.D. plotseling werden opgeheven.

Het gelukte Ir. J. CLEYNDERT, de vroegere leider der opsporing in het veld Rossum, de Vereenigde Chemische Fabrieken bereid te vinden een begin te maken met de ontginning van een veld bij Rossum. Hiermee werd einde Mei met ongeveer 30 man van de vroegere D.O.D. begonnen. Op dit veldje vertoonde de fosforietlaag over een afstand van 60 m een komvormige verdikking tot 4,5 m op een diepte van ongeveer 5 m, zoodat de onderkant van de kom tot een diepte van 9 m reikte. Wegens de gunstige verhouding van deklaag tot fosforietlaag was deze plaats voor het begin der exploitatie uitverkoren. De komvormige verdikking van de trog van de plooi had de normale richting: N 60 W, dus loodrecht op de „ijsrichting”. In deze laatste richting werd nu een sleuf aangezet om aldus de plooi in profiel te doorsnijden (zie fig. 1). De fosforietlaag werd, na de afdekking van de zandlaag (4 à 5 m!), eveneens met kruiwagens omhoog gebracht, terwijl later van kipwagentjes op een remhelling gebruik werd gemaakt. In de droge maanden Juni en Juli was het grondwater gewoonlijk voldoende om de fosforieten met het opgepompte water te wasschen; in Augustus had men nogal eens overlast van de vele regens. Het wasschen ging niet gemakkelijk aangezien de laag ter plaatse zeer kleihoudend was. Toen het geheele profiel over een breedte van 30 m was uitgegraven, heeft men op de dikste plaats van de laag, dus ongeveer op de hartlijn van de trog, een sleuf loodrecht op de eerste vanuit deze gegraven (zie fig. 2). De deklaag werd in deze richting echter geleidelijk dikker, zoodat men slechts een 40 m heeft doorgegraven. Daar de trog op zijn flanken aan beide zijden

uitwigde en verderop niet werd teruggevonden, heeft men einde October 1941 moeten besluiten de ontginning stil te leggen, aangezien de kosten zoodanig waren, dat bij de heerschende vastgestelde fosfaatprijzen, slechts met groote verliezen zou kunnen worden doorgewerkt. De andere veldjes waren nog nadeeliger, aangezien daar de verhouding deklaagfosforietlaag belangrijk ongunstiger was. Zoo heeft dus het prijspeil hier een halt aan deze interessante exploitatie toegeroepen.

Vermeldenswaard is verder nog, dat deze fosforieten niet in de eerste plaats als kunstmeststof worden gebruikt, maar als grondstof voor de bereiding van trinatriumfosfaat, een zeer belangrijk waschmiddel in de moderne wasscherijen.

### Literatuur.

1. W. P. A. JONKER: Het ontstaan van fosforieten.  
17e Natuur- en Geneesk. Congres 1920. 94—96.
2. O. POSTHUMUS: Bijdrage tot de kennis der paleaontologie van Nederland II. Kon. Ak. v. Wet. Dl. 32: No. 3.
3. H. D. M. BURCK: Ueber Nummuliten enthaltende Phosphorite an der Basis des Oligozäns in den östlichen Niederlanden. Kon. Ak. Wet. Proc. XXXIII. 4. 1930.
4. A. H. VAN LESSEN en P. TESCH: Nota betreffende het voorkomen van fosfaatknollen in Twente.  
Tijdschr. Ned. HeideMij. Jg. 31. Febr. 1919.

## CHOCAYA, EEN BOLIVIAANSCH TIN-ZILVER ERTSAFZETTING

door Ir. H. DEKKER.

Proeve van 5de-jaarswerk op het ertslaboratorium van  
Prof. ir. H. F. GRONDIJS.

### **Korte beschrijving van het Boliviaansch ertsgebied.**

De tinafzettingen van Bolivia strekken zich uit langs de Cordilleras Real in het noorden en langs de uitloopers hiervan naar het zuiden tot de grens met Argentinië over een totale lengte van ongeveer 600 km.

De Cordilleras Real bestaan uit een kern van graniet, die gedrongen is tusschen schalies, zandsteen, conglomeraten en kwartsieten en die daarin pegmatieten, aplieten en porfierlichamen heeft uitgezonden. De erosie heeft de granietbatholieten als hoge toppen uitgerepareerd. Ten zuiden van dezen bergketen, in de minder hoge uitloopers, komt de graniet alleen op enkele plaatsen in bescheiden mate aan de oppervlakte. Daar men in dit lagere zuidelijke deel porfieren vindt en ertsafzettingen, die analoog zijn aan de voorkomens in het noorden, neemt men aan, dat de graniet-intrusies zich ook hier bevinden, hoewel ze niet direct zichtbaar zijn, doordat ze niet zoo hoog naar boven gekomen zijn.

Deze zure intrusies zijn ontstaan in het einde van het mioceen of in het plioceen, na de laatste eigenlijke plooiing van den Andes. In deze fase van plooiing en intrusie, waarmede de ertsvorming samenging, heeft er ook vulkanische werking plaats gehad met als gevolg groote hoeveelheden lavastroom en tuffen, vooral in het midden en het zuiden van het tinertsgebied.

Hoewel de intrusies zich ook buiten Bolivia in dezelfde richting nog voortzetten, vinden we daar weinig tin. Vanuit het centrum, ongeveer bij Oruro, neemt de intensiteit van mineralisatie geleidelijk naar het noorden en zuiden toe af.

De mijnen liggen op groote hoogte, varieerende van 3500 tot 6000 m; daardoor is alleen de inlandsche bevolking in staat behoorlijke prestaties te leveren.

### **De mineralisatie.**

De gangen, die tin-, wolfram- en bismutertsen leveren, vinden we in graniet, in porfierlichamen, in extrusieve rhyolietstroomen en in de omliggende sedimenten. Soms is het directe verband met een stollingsgesteente geheel onvindbaar. De gangen zijn betrekkelijk smalle spleetvullingen, of veel bredere brecciezones. Vaak vindt men, dat gangen, die aan de oppervlakte in uitvloeiingsgesteenten gevonden zijn, daaronder in de sedimenten doorloopen en dus hun oorsprong dieper hebben.

Daar we hier te maken hebben met ertsgangen, die varieerend van dicht bij de graniet tot op grooten afstand bij de oppervlakte gevormd zijn, is het duidelijk, dat tegelijk met deze verschillen van temperatuur en druk ook de aard van de afzetting verandert. Dit is natuurlijk bij ieder erts het geval, maar hier is dit zoo mooi te zien, daar de afstanden tusschen graniet-batholieten en de oppervlakte vaak betrekkelijk klein zijn, zoodat de veranderingen van hooge tot lage temperatuur en druk ook over een geringen afstand plaats hadden. Dit heeft invloed gehad op de paragenese van deze ertsafzettingen. Het verschijnsel, dat de verschillende fasen als het ware in de lengterichting samengeperst worden, noemt men wel „telescoping”.

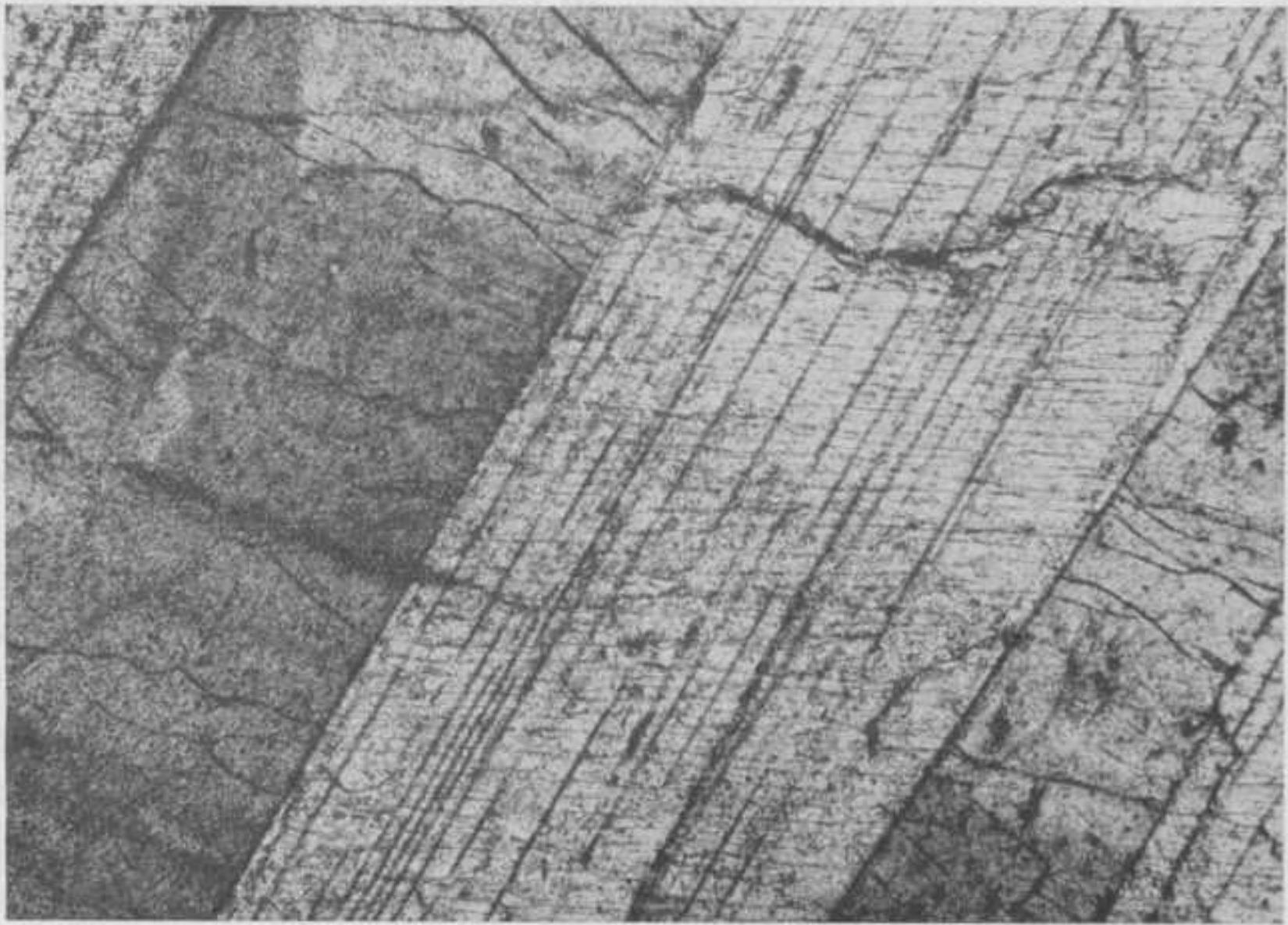
Het gevolg is, dat men in eenzelfde mijn de overgangen soms al kan waarnemen.

De indeeling, die wel gemaakt wordt, in intrusieve en extrusieve ertsen, kan dus uiteraard geen scherpe scheiding geven. Onder intrusieve ertsen worden samengevat de ertsen, die dichtbij of in de graniet gevormd zijn, dus bij hooge temperatuur en druk; dit zijn de pegmatieten, de ertsen met vooral pneumatolytische fase en de warmste hydrothermale afzettingen. De extrusieve ertsen zijn de ertsen, die dicht aan de oppervlakte gevormd zijn, b.v. in de rhyolietstroomen; deze vinden we vooral in het zuiden.

Het is niet alleen de combinatie van de mineralen, die aanwijzingen geeft omtrent de temperatuur en druk, waaronder ze ge-

vormd zijn, maar vooral ook de vorm, waarin de kassiteriet voorkomt.

Vroeger dacht men, dat kassiteriet alleen in de pegmatietische en pneumatologische fase gevormd werd, maar uit de Boliviaan- sche ertsen blijkt, dat er een groot temperatuur- en drukgebied is, waarbinnen het in de natuur gevormd kan worden. Welke rol de temperatuur en de druk precies spelen weten we niet; zeker



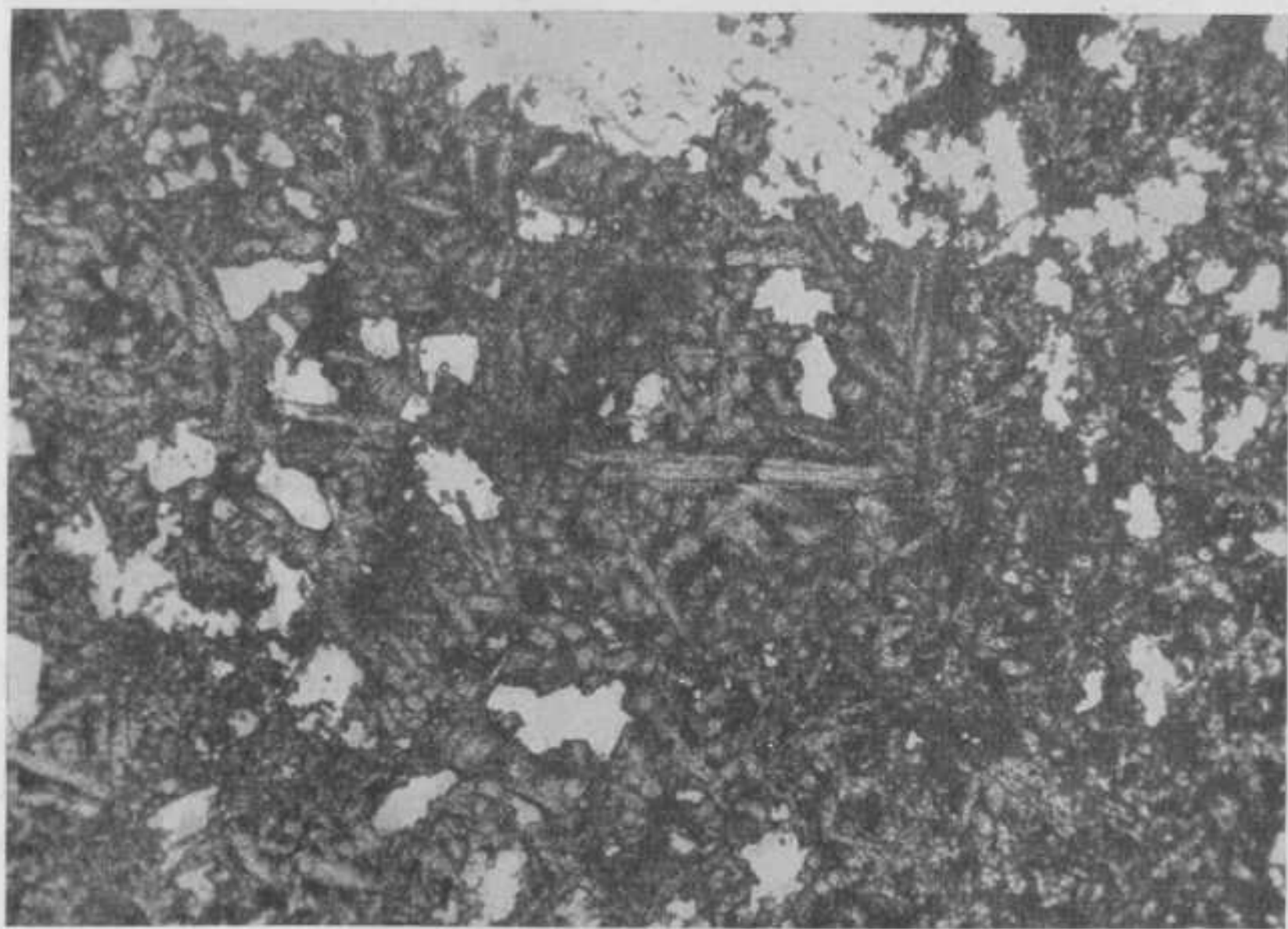
Afb. 1. Pleochroïtische grove kassiteriet met tweelingen.

Vergrooting  $\pm 35 \times$ . D.D.

is, dat het niet alleen de eerste is, die den vorm, waarin de kassiteriet voorkomt, bepaalt. We vinden nl. zeer fijn kristallijn kassiteriet, dat zich in gloeiende lava heeft afgezet: dit is dus bij hoge temperatuur, maar bij lagen, atmosferischen druk.

Dicht bij de graniet vinden we kassiteriet in grove kristallen, meestal tweelingen en met zeer sterk pleochroïsme van kleurloos tot roodbruin. Afbeelding 1 geeft een voorbeeld van dezen vorm. Door het pleochroïsme zijn de tweelingbanden duidelijk te onderscheiden. De donkere banden zijn in werkelijkheid roodbruin. Dwars op deze richting loopt een andere tweelingsrichting, die

in dezen stand echter niet zoo duidelijk pleochroïsme vertoont; in de donkere banden van de eerste richting onderscheidt men toch verschillen in tint. Hoe lager de temperatuur en (of) druk, des te kleiner worden de kristallen en des te minder wordt het pleochroïsme. Ten slotte vinden we fijne kassiterietnaaldjes zonder pleochroïsme en zonder tweelingen, zooals afbeelding 2 laat zien. „Band-tin” is een kryptokristallijne vorm, meestal als over-



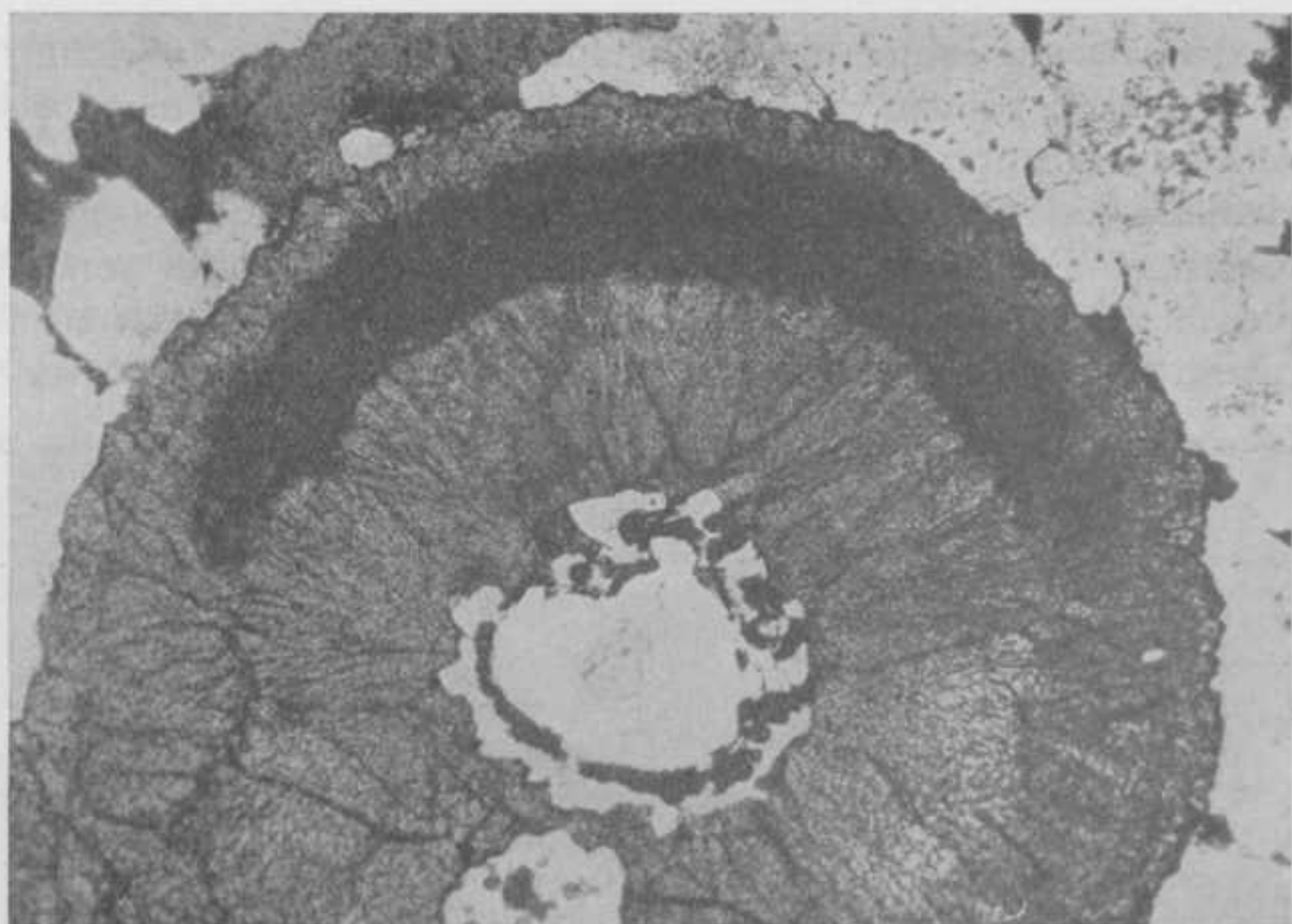
Afb. 2. Naaldvormig kassiteriet.

Vergrooting  $\pm 60 \times$ . D.D.

korstingen in brecciestructuren afwisselend met andere mineralen. Zie afbeelding 3. Het is karakteristiek voor de extrusieve afzettingen.

„Hout-tin” is ook een zeer fijn kristallijne vorm, die soms aan de jaarringen van boomen doet denken, door den concentrischen bouw van afwisselend lichte en donkere lagen. Vaak heeft het een groot haematietgehalte.

Behalve den vorm van de kassiteriet, verandert tevens de plaats, die dit mineraal in de reeks van achtereenvolgens gevormde mineralen inneemt. Bij de granietische afzettingen is het één der eerste, bij de extrusieve afzettingen is het later, soms zelfs één



Afb. 3. „Band-tin”, kassiteriet.

Vergrooting  $\pm 60 \times$ . D.D.



Afb. 4. Kassiteriet (donkergrijs) ver-  
vangt Tealliet (lichtgrijs). Verder sfale-  
riet (grijs).

Vergrooting  $1000 \times$ . P.V.



van de laatste. We kunnen dus verwachten, dat het bij de extrusieve afzettingen sterk vervangend optreedt. Afbeelding 4 geeft hiervan een extreem voorbeeld. De kassiteriet (zeer donker grijs) vervangt hier tealliet ( $PbSnS_2$ , lichtgrijs) langs de bladerige structuur van dit mineraal. Om de tealliet ligt sfaleriet (grijs). In het midden is de vervanging nog niet ver gevorderd; in het stuk van de tealliet, dat door sfaleriet van het grootere middenveld gescheiden is, echter wel. Daar tealliet pas bij betrekkelijk lage temperatuur en druk ontstaat, blijkt hier dus uit, dat in extrusieve afzettingen kassiteriet zeer laat gevormd kan zijn.

De mineralen van hoge temperatuursafzettingen zijn:

kassiteriet, toermalijn, wolframiet, scheeliet, molybdeniet, trifiliët, tripliët.

Bij lagere temperatuur komen de sulfiden:

eerst pyriet, arsenopyriet en pyrrotiet, die vaak omgezet is in pyriet-markasiet;

daarna sfaleriet, wurtziet, galeniet, stanniet, chalcopyriet, tetraëdriet, jamesoniet, francheiet, cilindriet, tealliet, pyrargyriet, argyrodiet.

Pyriet, arsenopyriet en kwarts vinden we zoowel bij hoge als bij lage temperatuur afzettingen; pyriet soms in meer dan één generatie. Bismutiet neemt een tusschenliggende plaats in Markasiet vinden we alleen bij de laatste fasen van de extrusieve ertsen, waarbij een enkele maal ook carbonaten voorkomen.

Speciaal in deze laatste ertsen komen veel zeldzame mineralen in kleine hoeveelheden voor, b.v. aramagoiet, miargyriet, argyrohiet, francheiet, cilindriet, tealliet. Deze laatste fase geeft het vaak zeer hoge zilveragehalte.

Opvallend is de overeenkomst tusschen deze verschillende tin-ertsen en de oude en jonge goudertsen, speciaal wat betreft het samengaan met de intrusieve en de extrusieve gesteenten, de paragenese van de mineralen en de veranderingen bij afnemende temperatuur.

De tin-zilver ertsgang van Chocaya is een typisch voorbeeld van een extrusieve afzetting, zooals die vooral in het zuiden van Bolivia worden gevonden.

### De extrusieve Chocaya afzetting.

Dit is de zuidelijkste groote tinafzetting van Bolivia, gelegen aan de Cordilleras de Lipez, die ongeveer N.O.-Z.W. loopt. De voornaamste ertsgang ligt in een rhyoliet, die tot 160 m dik is en die in direct verband staat met een kwartsporfyrlichaam, dat bij de exploitatie gevonden is. Op de rhyoliet liggen plaatselijk nog losse gele tuffen, onder de rhyoliet liggen silurische leien. De hoofdgang is ongeveer 3 km lang en helt onder 70 à 80°. De breedte varieert van 60 cm tot 5 m, gemiddeld 3 m. De ontginning geschiedt door 2 maatschappijen, waarvan de „Oploca“-mijn het Z.W. en de „Las Animas“-mijn het N.O. deel exploiteert. De eerste mijn heeft vooral kassiteriet, maar ook een zilver „shoot“. De laatste heeft vooral zilverertsen.

Verder zijn er enkele ondergeschikte gangen, die gekarakteriseerd worden door veel sfaleriet en wurtziet en weinig kassiteriet en stanniet; ze bevatten het tin in den vorm van stannaten en stannieten.

Het nevangesteente, dat veel kleine veldspaatfenokristen en minder, maar grootere kwartskristallen bevat, is sterk veranderd. De grondmassa is verkiezeld, de veldspaten zijn door sericiet vervangen, de biotiet is gebleekt. Zirkoon en kwarts zijn onaangetast. Verder bevat de porfyrraast de gangen veel pyriet.

Het erts van de Oploca-mijn vertoont vooral bandstructuren en opvullingen om en tusschen brokstukken van het nevangesteente, dus een typische brecciestructuur. De kernen van nevangesteente zijn meer of minder vervangen door pyriet, kwarts en kassiteriet. Daaromheen vinden we afwisselend banden van deze zelfde mineralen. De eerste band is voornamelijk pyriet en kwarts, daarna volgt kassiteriet, die de kwarts en de pyriet soms iets vervangt. Dit kan zich meermalen herhalen; acht banden is geen zeldzaamheid. Ook stanniet komt ondergeschikt in de banden voor. De kassiteriet heeft een fijne structuur loodrecht op de banden, met soms zwak pleochroïsme. Sommige auteurs meenen deze kassiteriet door een colloïdalen neerslagvorm te moeten verklaren.

De zilverrijke ertsen van Oploca, zooals die plaatselijk gevonden worden, hebben een andere structuur; er zijn geen banden, maar wel veel kleine holten met daarin goed gevormde kristallen. Pyriet.

kwarts en kassiteriet zijn weer de eerste mineralen, waaromheen nu een grondmassa van jongere stanniet, tetraëdriet, sfaleriet, galeniet en jamesoniet ligt.

De „Las Animas“-ertsen vertoonen weer wel bandstructuren, die hier echter niet alleen kwarts, pyriet en kassiteriet, maar ook tetraëdriet, stanniet en chalcopyriet hebben.

### Genese van de afzetting.

Het Chocaya-erts ligt weliswaar in een rhyoliet, maar algemeen wordt toch aangenomen, dat de oorsprong gezocht moet worden in dieper liggend zuurgesteente. De stijgende ertsoplossingen hebben gebruik gemaakt van den weg, die door het uitvloeiingsgesteente gebaad was. Het feit, dat we het erts in een extrusief gesteente vinden, bewijst, dat het dicht bij de oppervlakte gevormd is.

De bandstructuren moeten verklaard worden uit kleine veranderingen in de samenstelling der ertsbrengende oplossing, een gevolg van de afzetting zelf, uit tijdelijke temperatuursveranderingen en uit tijdelijk verstopping en heropenen van toevoerkanalen. Afgezien van dergelijke herhalingen van dezelfde mineraalphase is de volgorde van de kristallisatie:

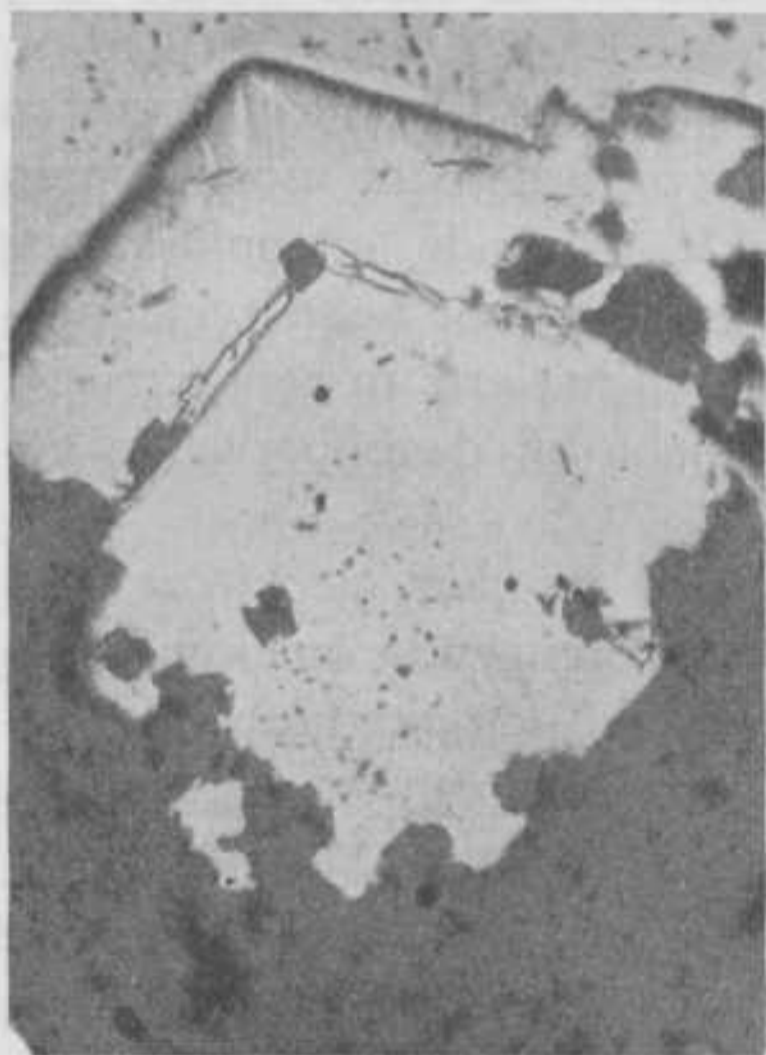
- 1e. pyriet, arsenopyriet, kwarts, kassiteriet (harde mineralen);
- 2e. chalcopyriet, stanniet, sfaleriet, galeniet, tetraëdriet;
- 3e. jamesoniet, miargyriet, aramayoiet, pyrargyriet, proustiet, argyrodiet, franckeïet, cilindriet, etc.;
- 4e. kwarts.

Deze 4 groepen zijn natuurlijk niet scherp te scheiden. De in-deeling is echter zoo gemaakt, omdat ouderdomsverschillen tusschen deze groepen wel duidelijk zijn, maar die tusschen mineralen in iedere groep niet zoo opvallend en algemeen.

Afbeelding 5 geeft een pyriet-kristal, waarin een zone vervangen is door kassiteriet (donker grijs) en stanniet (iets donkerder dan de lichte pyriet). Verder vertoont het pyriet-kristal in het midden een meer poreuse structuur dan aan den omtrek. Het geheel geeft den indruk, dat het centrum ook makkelijker door kassiteriet aangetast wordt. Het lichte mineraal tegen de kristalbegrenzing van de pyriet is stanniet. Dit voorbeeld wijst dus op een vervanging

van pyriet door kassiteriet. Meerdere dergelijke aanwijzingen maken het duidelijk, dat kassiteriet althans voor een deel jonger is dan de pyriet.

Over de onderlinge verhouding van de mineralen in de tweede groep is niet veel te zeggen. Deze mineralen vervangen die van de eerste groep. Soms is een bepaalde volgorde wel duidelijk, maar in andere gevallen is ze weer anders.



Afb. 5. Kassiteriet (donkergrijs) en stanniet (grijs) vervangen pyriet (lichtgrijs). Vergrooting 110  $\times$ . P.V.



Afb. 6. Jamesoniet (grijs) vervangt een pyrietbolletje in pyriet (lichtgrijs). Vergrooting 250  $\times$ . P.V.

De mineralen van de derde groep brengen het hoge zilvergehalte en de zeldzame metalen. Meestal vinden we ze als kleine vlekjes of als fijne gangetjes in stanniet en tetraëdriet. Op bepaalde plaatsen in de Oploca-mijn en meer naar het N.O. in den hoofdgang wordt deze groep belangrijk. Deze groep vervangt weer de oudere mineralen.

Een mooi voorbeeld hiervan is afb. 6, waar jamesoniet (grijs) de pyriet (wit) aangetast heeft. Dit is tegelijk ook een illustratie van den voorkeur, die de latere oplossing gehad heeft voor het blijkbaar makkelijker aantastbare pyrietbolletje in de meer resistente pyriet er om heen. Dit wijst tevens op een tijds- en temperatuurs-

verschil tusschen de vorming van deze 2 pyrietsoorten. Afbeelding 7 laat zien, dat de jamesonietbrengende oplossingen hier pyriet wel vervangen, maar arsenopyriet niet. De arsenopyriet is licht en heeft scherpe rhombische grenzen. Van de pyriet zijn nog alleen de min of meer ronde aangevreten resten te zien, die in kwarts (zwart) liggen. De jamesoniet, die de pyriet vervangt, is licht grijs. Afbeelding 8 vertoont een sterkere vergrooting van de



Afb. 7. Jamesoniet (grijs) vervangt pyriet (wit) wel, arsenopyriet (rhombisch) niet gelegen in kwarts (zwart).  
Vergrooting 60 ×. P.V.



Afb. 8. Als 7.  
Vergrooting 240 ×. P.V.

pyrietresten, waarmee de zonale aantasting duidelijk geworden is. Bepaalde zones in de pyriet boden blijkbaar meer weerstand dan andere.

Na de laatste sulfiden is er vaak nog kwarts afgezet in opengebleven holten.

Een algemeen overzicht van de ertsen is dus het volgende:  
pyriet, arsenopyriet en kwarts, alle met eigen vorm, en kassiteriet, zonder eigen vorm, meestal in bandstructuren en opvullingen van gesteente-breccies;

of: dezelfde mineralen in een grondmassa van stanniet, tetraëdriet, jamesoniet met kleine vlekjes van zeldzame mineralen;

of: overgangen tusschen en combinaties van deze twee vormen.

Hierin zijn dan verder de verschillende vervangingsverschijnselen en variaties in de verhoudingen der hoeveelheden van de diverse mineralen te zien.

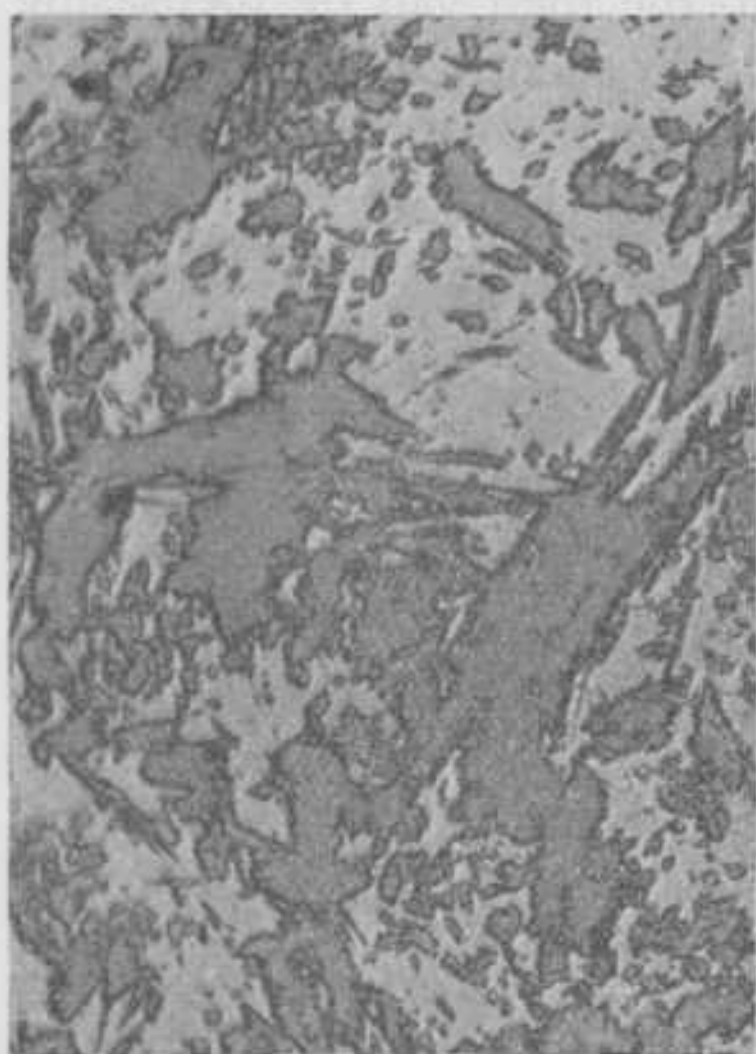
De mineralisatie van den ertsgang heeft dus plaats gehad bij lage temperatuur en (of) druk; toermalijn, karakteristiek van hoge temperatuursafzettingen ontbreekt geheel. Het zuidelijke deel van den gang bevat vooral kwarts, pyriet en kassiteriet, terwijl het noordelijk deel meer stanniet en mineralen, die in de laatste fasen gevormd zijn, bevat. Dit wijst dus op een zekere horizontale verplaatsing van de oplossingen van zuid naar noord. We moeten de bron dus meer in het zuiden zoeken. De mineralisatie zet zich op groote diepte (550 m en meer) vrij onveranderd voort, terwijl men geen aanwijzingen voor de nabijheid van een granietstructuur heeft gevonden.

Omtrent de oxydatiezone weet men zeer weinig, daar deze wegens de hoge zilveragehalten al zeer vroeg ontgonnen is. Sommige auteurs zijn tot de conclusie gekomen, dat kassiteriet in de oxydatiezone aangetast wordt en secundaire aanrijkingen vertoont; de argumenten hiervoor zijn echter verre van overtuigend. De verschijnselen bij de oxydatie van stanniet zijn weinig bekend; hierbij schijnt het in kassiteriet omgezet te kunnen worden.

Cementatieverschijnselen zijn wel gevonden. De ertsgang schijnt tot 70 m diepte geen Ag bevat te hebben. Van 70 tot 125 m kwamen zeer hoge percentages voor. Van 125 m af was het gehalte vrij constant. De fijne gangetjes met zilvermineralen, die wel in stanniet en tetraëdriet voorkomen, kunnen misschien een gevolg van secundaire processen zijn. Omzetting van chalcopyriet in covelliet e.d., typisch voor de cementatie, vinden we hier ook.

De vorm van dit type van Boliviaansche afzettingen laat wel zien, dat de oplossingen niet veel weerstand ondervonden hebben; opvulling van holten en breccies komen nl. veel voor. Waarschijnlijk moeten we hier niet alleen op de temperatuursdaling, maar in het bijzonder op de drukdaling als belangrijken factor den nadruk leggen. F. AHLFELD zegt, dat door de gemakkelijke vervoerswegen, de oplossingen in een snel tempo naar de oppervlakte voort-

gestuwd zijn, zoo snel, dat het tin geen gelegenheid had om geheel neer te slaan dicht bij de batholiet. Het bleef voor een deel in oplossing in labiel evenwicht. De componenten, die eerst als ionen aanwezig waren, gingen over in een sol stadium en sloegen ten slotte neer als gemengde colloïden, die later ontmengden en kristalliseerden. De algemeene bandstructuren, de colloïd-achtige vorm van vele ertsen, de veelvuldigheid van onstabiele modificaties (zooals wurtziet) en van zeldzame sulfozouten, wijzen volgens



Afb. 9. Kassiteriet (donkergrijs) vergroeid met pyriet (licht).  
Vergrooting 600  $\times$ . P.V.



Afb. 10. Kassiteriet (donkergrijs) zeer fijn met kwarts (zwart) vergroeid. Het kwarts kristal ligt tegen jamesoniet (lichtgrijs). Vergrooting 1000  $\times$ . P.V.

hem op dergelijke condities tijdens het ontstaan. Hij acht het waarschijnlijk, dat dit soort ertsen ook op andere tengebieden van de wereld voorkwamen, waar ze echter vrijwel geheel weg geërodeerd zijn. Deze theorie, die „gebaseerd” is op het ontstaan van de fijnkristallijne kassiteriet uit colloïden, wat toch niet de eenige ontstaanswijze is, lijkt wel zeer zwak gefundeerd; mede daar de aard van de ertsbrengende oplossingen nog zoo weinig bekend is, laat staan de invloed van de temperatuur en de druk daarop.

Hoe het proces zich precies afgespeeld heeft en wat de regelende

factoren waren, weten we niet, maar een feit is, dat de natuur er geen eenvoudig erts van gemaakt heeft. Het tin van de stanniet is tot nu toe niet winbaar. De kassiteriet is vaak zeer fijn vergroeid: afbeelding 9 geeft een voor de concentratie onaangename vergroeiing met pyriet (lichtgrijs); afbeelding 10 geeft een door-groeiing van kassiteriet (grijs) in kwarts (bijna zwart). Het lichtgrijze mineraal is jamesoniet. Het gevolg van de vergroeiingen is een verhooging van de concentratiekosten en een vergrooing van de tinverliezen. De betere resultaten, die men van de toepsasing van de flotatie op deze ertsen had verwacht, zijn uitgebleven. Maar wanneer men de tin- en zilveragehalten van dit erts nagaat en dan 4—6% Sn en tot 20 kg Ag per ton vindt, waarvan het erts met meer dan 35 kg Ag per ton direct verkocht wordt zonder looging, dan kan men de natuur slechts een zacht verwijt maken.



# VERSLAG VAN DE EXCURSIE NAAR ITALIE VAN 17-29 SEPTEMBER 1934

## Inleiding.

Deze reis naar Italië is een van de meest interessante die ik ooit heb gemaakt. De reis was zeer vruchtbaar en heeft mij veel geleerd over de geschiedenis, de kunst en de natuur van dit prachtige land.



De reis was zeer vruchtbaar en heeft mij veel geleerd over de geschiedenis, de kunst en de natuur van dit prachtige land. De reis was zeer vruchtbaar en heeft mij veel geleerd over de geschiedenis, de kunst en de natuur van dit prachtige land.

## EXCURSIES

De eerste excursie was naar de Colosseum en het Forum. Het was een zeer interessante reis en we hebben veel geleerd over de geschiedenis van Rome. De Colosseum is een van de grootste bouwwerken die ooit zijn gemaakt en het Forum is een van de belangrijkste plaatsen van de oude wereld.

De tweede excursie was naar de Vaticaanse Musea. Het was een zeer interessante reis en we hebben veel geleerd over de kunst en de geschiedenis van de Vaticaanse Staat. De Vaticaanse Musea zijn een van de grootste kunstverzamelingen ter wereld.

De derde excursie was naar de Villa Borghese. Het was een zeer interessante reis en we hebben veel geleerd over de kunst en de geschiedenis van de Villa Borghese. De Villa Borghese is een van de mooiste parken van Rome.



## VERSLAG VAN DE EXCURSIE NAAR ITALIE.

7—29 SEPTEMBER 1938.

### **Inleiding.**

Den 7den September 1938 werd de reis naar het Zuiden aanvaard. De officieele doelstelling van deze excursie was weliswaar een geologisch-mijnbouwkundige, maar verschillende omstandigheden waren oorzaak, dat het tourisme een voornamere rol speelde dan er tevoren aan toebedacht was. De C. I. T. (Compagnia Italiana Turismo), semi-officieele instantie, welke de uitvoering van het ontworpen reisplan in handen had, bleek te zeer op touristische leest geschoeid te zijn en zich moeilijk te kunnen indenken in onze mijnbouwkundige aspiraties (onze plannen inzake mijnafdalingen en vulkaan-bestijgingen bezorgden den heer TORI grijze haren!). Bovendien waren de tijdsomstandigheden oorzaak, dat enkele bedrijven, die volgens het programma bezocht zouden worden, zich wisten te hullen in een waas van geheimzinnigheid en ons niet toelieten tot het terrein van hun werkzaamheid, terwijl de meerderheid der andere bedrijven ons om diezelfde redenen met groote terughoudendheid inlichtten. Daar de excursie nu een land betrof, waar de cultuur van zooveel eeuwen haar stempel op gedrukt heeft, waar de kunstschaten niet te overzien zijn en waar natuur en klimaat den Noorderling zooveel heerlijk te bieden hebben, werd een deel van den tijd op een andere manier, maar naar mijn meening niet minder goed besteed. De belangstelling van den a.s. intellectueel behoort immers niet gelocaliseerd te blijven tot de vakstudie; hier kregen wij de gelegenheid een ruimer gebied met onze interesse af te tasten.

Het spreekt vanzelf, de nieuwe indrukken waren zoo talrijk en de tijd zoo kort, dat het gevaar van oververzadiging niet denkbeeldig was. Maar een eenmaal werkelijk opgewekte interesse blijft bestaan en werkt door.

Dit verslag zal niet wetenschappelijk worden, maar een chronologisch, zij het uiterst summier, overzicht geven van de bele-

venissen der excursie. De aard der excursie, het nagenoeg ontbreken van literatuur-gegevens, alsmede de onmogelijkheid gebruik te kunnen maken van aantekeningen van ten tijde der excursie reeds verder in de wetenschap gevorderde studentenmede-excursisten, deden mij dezen vorm kiezen.

Vermeld dient te worden, dat wij door de directies der bezochte bedrijven, wanneer de eerste schrik over onze weetgierigheid voorbij was, zeer hartelijk werden onthaald in het „Dopolavoro”.

Dank dient gebracht te worden aan diegenen, die deze excursie organiseerden en leidden.

Dankbaar werd door mij gebruik gemaakt van het literatuuroverzicht, hetwelk Ir. P. C. J. KORTE samenstelde.



#### Lijst van deelnemers.

Prof. ir. M. H. CARON.

Prof. ir. J. A. GRUTTERINK.

Prof. ir. C. L. VAN NES.

Prof. dr. J. H. F. UMBGROVE (ten deele).

Ir. P. C. J. KORTE.

H. A. ANKERSMIT, cand. m.i. †

J. C. VAN DEN BERGE, cand. m.i.

H. HARTJENS, cand. m.i.

H. VAN DEN HEUVEL, cand. m.i.

K. KOETEN, cand. m.i.

P. O. LAP, cand. m.i.

H. SIMON THOMAS, cand. m.i. †

W. P. TEEUWISSE.

D. VELZEBOER, cand. m.i.

J. VISMAN, cand. m.i.

TH. J. VRINS, cand. m.i.

### Reisschema (na wijzigingen).

*Woensdag 7 September.*

Vertrek Den Haag 20.55 H.S.

*Donderdag 8 September.*

Chiasso A. 17.56. V. 18.23.

Milaan A. 19.24. Diner en logies in hotel Titanus.

*Vrijdag 9 September.*

Per autobus naar Aosta. Bezoek aan staalindustrie „Cogni”.

Per autobus naar Turijn. Diner en logies in hotel Genio.

*Zaterdag 10 September.*

's Morgens bezichtiging van de Fiatfabrieken.

's Middags naar Pinerolo: talk en grafiet der Val Chisone. Diner en logies te Turijn.

*Zondag 11 September.*

's Morgens: bezichtiging van Turijn.

Na lunch: per autobus naar Genua, alwaar diner en logies in hotel Italia.

*Maandag 12 September.*

's Morgens per autobus via Rapallo naar Carrara. Bezichtiging der marmer-bewerkingsinstallaties.

Na lunch te Carrara over Viareggio naar Pisa. Diner en logies in hotel Victoria.

*Dinsdag 13 September.*

's Morgens bezichtiging der marmergroeven van Carrara.

Na lunch terug naar Pisa, vluchtige bezichtiging der stad, verder naar Livorno. Diner en logies in hotel Giappone.

*Woensdag 14 September.*

's Morgens bezoek aan de tinmijn te Campiglia Marittima. Lunch aldaar. 's Middags naar Grosseto, alwaar diner en logies in hotel Bastiani.

*Donderdag 15 September.*

's Morgens bezoek aan de pyrietmijnen te Ravi en Gavorrano. 's Middags naar de badplaats Civitavecchia, alwaar diner in hotel Terme. Vervolgens naar Rome.

*Vrijdag 16 September.*

Bezichtiging der stad Rome. Hotel Nord et Nuova Roma.

*Zaterdag 17 September.*

's Morgens: vertrek naar Napels. 's Middags: bezichtiging der stad.

22.30: vertrek per boot naar Palermo. Logies en ontbijt aan boord.

*Zondag 18 September.*

9.15: aankomst te Palermo. Bezichtiging van stad en omgeving. Diner en logies in hotel Excelsior.

*Maandag 19 September.*

Naar Caltanissetta, alwaar lunch in hotel Concordia.

Na lunch: bezoek aan de bovengrondsche installatie der zwavelmijn „Grottacalda”.

Naar Enna, alwaar diner en logies in hotel Belvédère.

*Dinsdag 20 September.*

Bezoek aan het ondergronds bedrijf der zwavelmijn Grottacalda.

Per autobus naar Catania. Lunch, diner en logies in hotel Moderno.

*Woensdag 21 September.*

Bezoek aan de Etna. Diner en logies in hotel Moderno.

*Donderdag 22 September.*

Vertrek naar Messina via Taormina.

Zwemmen en lunch in Taormina, diner in Messina, waarna per ferryboot naar Reggio di Calabria.

Nacht in trein.

*Vrijdag 23 September.*

7.22: aankomst te Napels. Bezoek aan Vesuvius.

Diner en logies in hotel Eremo op den Vesuvius.

*Zaterdag 24 September.*

's Morgens: bezoek aan Pompeï.

's Middags naar de Campi Phlegreï.

Diner en logies in hotel Riviera te Napels.

*Zondag 25 September.*

Na de lunch per autobus naar Rome.

Diner en logies in hotel Nord et Nuova Roma.

*Maandag 26 September.*

Bezoek aan de kwikmijn te Abbadia San Salvatore. Vervolgens naar Siëna, alwaar diner en logies in hotel Toscana.

*Dinsdag 27 September.*

Per autobus naar Lardarello: bezoek aan stoom- en boorzuurbronnen-exploitatie. Lunch aldaar. Vervolgens per autobus naar Florence.

± 18 uur: vertrek per trein uit Florence.

*Woensdag 28 September.*

Terugreis door Zwitserland, Frankrijk, Luxemburg en België tot Antwerpen.

*Donderdag 29 September.*

4.58: vertrek uit Antwerpen.

± 9 uur: aankomst Den Haag H.S.

## **7 en 8 September.**

Om 9 uur 's avonds vertrok de nachttrein. Na een min of meer gebrekkige nachtrust op koffers en in bagagenetten bracht een kop koffie in Bazel ons weer tot het leven terug. Met stralend zomerweer werden de Alpen gepasseerd. Aan de andere zijde van den St. Gotthard wachtte ons echter een teleurstelling: de regenvlagen sloegen ons in het gezicht en het Zuiden lachte ons allesbehalve zonnig toe. Het meer van Lugano, in een waas van mist en regen gehuld, kon het onder deze omstandigheden niet halen bij het zon-overgoten Vierwoudstedenmeer enkele uren vroeger.

Tot Milaan: regen, regen. In Chiasso druipende Alpenjagers en een verregend, drukdoend Italiaantje, dat wij spoedig leerden kennen als den heer TORI, excursieleider van de C. I. T. Tegen den avond van den 2den dag reed de trein het imposante station van Milaan binnen, waar de Roemeensche en Joego-Slavische

practicanten, via Venetië rechtstreeks hierheen gekomen en vol verhalen, ons opwachtten. Toch konden zelfs de Venetiaansche avonturen van HARTJENS mij dien avond niet wakker houden.

### 9 September.

Nu het gezelschap volledig was (alleen Prof. UMBGROVE zou zich pas in Napels bij ons voegen), begon de eigenlijke excursie. We maakten al direct kennis met enkele nieuwe reisgenooten: de Italiaansche ontbijtbroodjes, die toen reeds een twijfelachtig percentage tarwemeel schenen te bevatten en de fraaie roode Isotta Fraschini, die, op eminente en vaak uitermate spectaculaire wijze bestuurd door den onvergetelijken RINALDO, ons op zeer comfortabele wijze door Italië zou vervoeren.

De tijd ontbrak om de Milaneesche bezienswaardigheden eer aan te doen: een vluchtige rondrit toonde er ons enkele „en passant”: de Dom, grootste Gothische kathedraal ter wereld, het Castello Sforzesco, citadel en paleis der Sforza's. Direct daarop werd de autostrada naar Turijn ingeslagen.

Het vlakke landschap bood aanvankelijk weinig afwisseling: maïs, rijst en moerbeiboomen vormden de voornaamste gewassen op de velden. Magenta, Novarra, Vercelli passeerden wij, om vervolgens in Noordelijke richting af te slaan naar Aosta. Nu verlaat men langzamerhand de vlakte van Piemont en komt in de uitloopers der West-Alpen, waarin een oud gletscherdal de vallei van Aosta vormt.

Aosta is een bijzonder interessant en bezienswaardig stadje, prachtig gelegen in een vruchtbaar dal, door besneeuwde Alpen-toppen omringd. Zeer veel bleef hier bewaard uit den Romeinschen tijd: de vrijwel intacte ommuring, de triomfboog, welke de overwinning van Augustus op de Salassi vereeuwigt, een sierlijke brug, de resten van het amphitheater. Ook uit later tijden bleef veel over wat de moeite waard is, waarbij opvalt, hoe de Middeleeuwsche bouwmeesters vaak gebruik maakten van oude Romeinsche fundamenten.

Het programma vermeldde een bezoek aan de staalindustrie Cogni. Dit bedrijf, dat deel uitmaakt van de Ansaldo-werken (de Krupp van Italië), omvat een tweetal hoogovens van middel-



matige capaciteit, gekarakteriseerd door een zeer hoog cokesverbruik, hetwelk samenhangt met den aard van het verwerkte magnetiet-erts. Voorts zijn hier elektrische schachtovens voor de bereiding van ruwijzer in gebruik, welke ons echter niet getoond werden. Vermoedelijk bevredigden deze laatsten niet geheel, daar sinds de ingebruikname ervan weer een nieuwe hoogoven werd aangebouwd. De raffinage van het ruwijzer heeft plaats volgens het Duplex-proces in Bessemer convertor en Héroult-oven.

Laat in den middag werd de reis naar Turijn voortgezet.

### 10 September.

Vóór den middag werd een bezoek gebracht aan de Fiat-fabrieken. Het merkwaardige hoofdgebouw is er geheel op berekend den tourist „stupéfait” te doen staan. Men wordt uitgenoodigd plaats te nemen in een autobus, welke de poort binnen rijdt en den spiraalvormigen oprit begint te beklimmen, die tot den nok van het gebouw doorloopt. Halverwege wordt afgeslagen om in snel tempo een der verdiepingen rond te rijden, waar enkele minder belangrijke montageafdeelingen in vogelvlucht gezien worden, vervolgens wordt de tocht omhoog voortgezet, op het eind wordt de snelheid verhoogd en plotseling snort men den racebaan op, welke op het dak is aangelegd. Een inrij-wagen neemt onmiddellijk de uitdaging aan en flitst weldra voorbij. Na enkele rondjes schroeft onze wagen weer omlaag, aan de verblufte inzittenden wordt reclame-drukwerk en een vulpotlood aangeboden en het bezoek aan de Fiat-fabrieken behoort tot het verleden.

In den middag werden de talk- en de grafiet-industrie van de Val-Chisone te Pinerolo bezocht.

De grafietlenzen liggen tusschen kristallijne schisten, waar dioriet-intrusies in binnendringen. Vermoedelijk is dit grafiet ontstaan uit dunne koollaagjes door regionale metamorfose. De invloed van de dioriet is echter duidelijk: nabij de dioriet is het grafiet het zuiverste, op groteren afstand vindt men geen grafiet meer, maar anthraciet.

De ouderdom van sedimenten en ingeschakelde koollaagjes is vermoedelijk carbonisch (fossielen ontbreken), naar analogie van soortgelijke sedimenten bij Aosta.

Het grafiet is vrij zuiver (60—65 % C) en vormt lenzen en lagen van sterk wisselende dikte (enkele cm tot 6 m) in het schistenpakket, dat in de Val Chisone 2000 m dik is en naar beide zijden uitwigt tot 300 à 400 m.

De mijn werd niet bezocht, alleen de bovengrondsche verwerkingsinstallatie, waar het grafiet verwerkt wordt tot electroden. Het grafiet wordt vermalen en gemengd met een teerachtig product, dat als bindmiddel dienst doet en vervolgens in zeer speciale persen tot staven geperst, waarna het bindmiddel in ovens vercokest wordt. Op draaibanken worden de electroden ten slotte nauwkeurig gecalibreerd en van schroefdraad voorzien.

De naburige talk-industrie verwerkt zeer zuivere, grofbladige talk, welke ingesloten ligt tusschen kristallijne kalken als dak en „pietroverde” als vloer. Het vormingsproces bestond uit een omzetting der kalk in dolomiet, die later weer in talk en chloriet overging. In een soort „pebble-mill” wordt de talk vermalen en is dan gereed voor den handel.

## 11 September.

De morgenuren waren beschikbaar om de stad Turijn te bezichtigen. Deze moderne groote stad heeft enkele typische bijzonderheden. Wanneer men de stad overziet vanaf de Monte dei Cappuccini aan de overzijde van de Po, wordt men getroffen door het volkomen regelmatige stratenplan van deze stad, waarin alle straten elkaar loodrecht snijden. Deze regelmaat, kenmerkend voor een Romeinsch stadsplan, bleef bewaard, niettegenstaande de enorme uitbreiding, welke de stad in later tijden onderging. Duidelijk onderscheidt men nog de vier hoekpunten van de oude Romeinsche stadskern. Opvallend ook zijn de colonnades, welke alle winkelstraten bezitten.

Turijn bezit vele belangrijke bouwwerken en verzamelingen. Van de laatste bezochten wij de „Regia Pinacoteca”, van de eerste zagen wij een aantal op „sight-seeing”-manier, o.a. het Palazzo Madama, het Palazzo Reale, de San Giovanni Batista, de Porta Palatina (een der poorten der oude Romeinsche stad), etc.

Na de lunch werd de reis voortgezet in de richting Genua. Onderweg werd vanzelfsprekend de gelegenheid niet verzuimd

de vermaarde Asti-Spumante in de plaats van herkomst te drinken.

Van den avond in Genua heeft een aantal onzer bijzonder prettige herinneringen aan een zwerftocht door het havenkwartier, waar wij typen van alle kusten troffen; de meesten verstonden elkaar niet, maar de Chianti werd door ieder gewaardeerd.

### 12 September.

De reis voerde nu langs de kust naar het Zuiden. Het weer was inmiddels bijzonder mooi geworden, de zon brandend en fel. Rapallo, heerlijk gelegen aan een mooie golf, ligt rondom beschut door de bergen. Verder naar het Zuiden passeerden wij Spezia, een belangrijke Italiaansche oorlogshaven. Ons eerste doel was nu Carrara: de beroemde marmergroeven.

De dag bleek te ver gevorderd voor een bezoek aan de groeven zelf, dit werd dus uitgesteld tot den volgenden morgen. Carrara zelf lijkt één groote steenhouwerswerkplaats. Bezichtigd werd het zagen van het marmer in platen en andere fasen van de bewerking.

Na een heerlijk zeebad in Viareggio, wachtte ons in Pisa een uitstekend souper in hotel Victoria, aan de oevers van de Arno.

### 13 September.

Te Carrara teruggekeerd, bleken de marmergroeven nog op eenigen afstand te liggen, op een hoogte van  $\pm 600$  m. De groeven (in totaal meer dan 500) exploiteeren het marmer, dat ontstond door metamorfose van een meer dan 1000 m dik kalksteenpakket uit het Trias. Reeds ten tijde van het Romeinsche keizerrijk werd het marmer hier op grooten schaal ontgonnen, de groeven kenden een nieuwen bloei in den tijd van MICHEL ANGELO en werden ten slotte na eeuwen stilstand omstreeks 1850 heropend.

De methode van exploitatie werd sedert 1695 sterk gemoderiseerd. Was vroeger het schieten regel, tegenwoordig wordt dit niet meer toegepast, daar groote blokken aldus moeilijk te winnen zijn en bovendien scheuren krijgen. De moderne methode is zagen met behulp van draadzagen met kwartzand als snijmiddel. Op de hoeken van het uit te zagen blok worden kernboringen

geplaatst, waardoor de wielen, welke de staaldraad geleiden, op hun plaats gebracht kunnen worden. Om snelle draad-slijtage te voorkomen, gebruikt men zeer lange draden, welke over groote afstanden door de lucht geleid worden.

Het zand wordt per kabelbaan aangevoerd, dezelfde kabelbaan verzorgt het transport van de kleinere marmerblokken naar

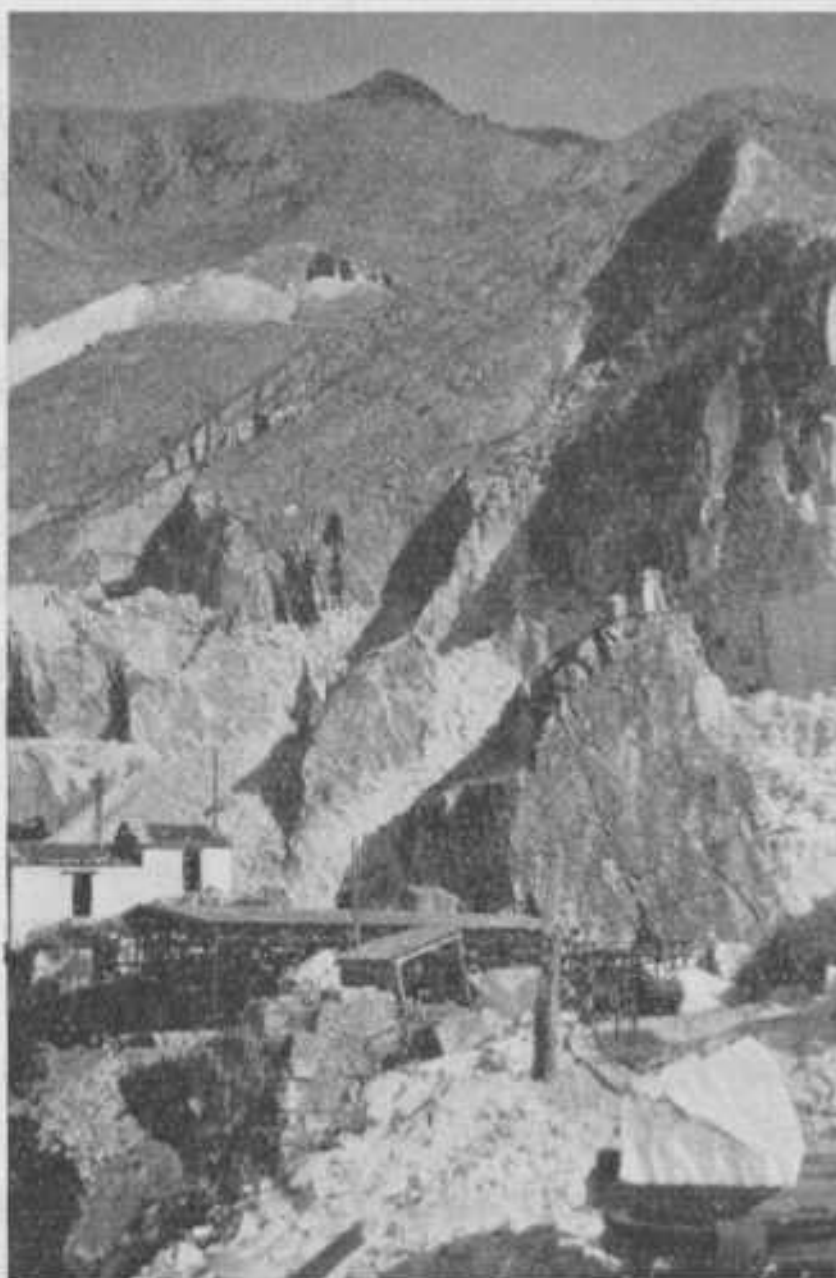


Fig. 1. Marmergroeve te Carrara.

beneden. De grootere blokken worden op een soort sleden langs de helling omlaaggelaten.

Slechts 5% van de ontgonnen hoeveelheid marmer bestaat uit het beroemde sneeuwwitte „statuario”, dat MICHEL ANGELO gebruikte; talloos zijn de varieteiten minder kostbare gekleurde en geaderde marmer.

Na de lunch terug naar Pisa. Pisa was het uitgangspunt der Romaansche architectuurbeweging der 11de en 12de eeuw in Toscane. Het nu zoo stille provinciestadje was in dien tijd een machtige en welvarende stad. De staatkundige bloei ging samen

met een intensieve beoefening van wetenschap en kunst, waarvan de stille getuigen er thans nog staan. Op het verlaten, uitgestrekte Domplein, omgeven door hoge, oude muren, deels van Romein-schen oorsprong, deels behorend tot het beroemde Campo Santo, verheffen zich de Dom, het Baptisterium en de Campanile. De Dom, dateerend uit de 11de eeuw, is het oudste en voornaamste gebouw: een waardige toepassing van het fraaie Carrara-marmer. De Doopkapel, uit de 12de eeuw dateerend, is volmaakt in har-monie met de architectuur van den Dom. Ook de Campanile ten slotte, de beroemde scheeve toren, aan het einde der 12de eeuw gebouwd, is geïnspireerd op den Dom. Aanleiding tot den bouw ervan was de naijver tusschen Pisa en Venetië. Het zien van deze getuigen van een groot verleden moet den tegenwoordigen be-woner van het ingeslapen, doode Pisa met weemoed vervullen.

Veel tijd om ons te verdiepen in dit soort bespiegelingen had-den we echter niet: Livorno wachtte ons nog dienzelfden dag. Deze veel jongere haven- en handelsstad met haar levendig en beweeglijk karakter vormt wel een groot contrast met het stille Pisa. De hoofdstraat biedt tegen den avond een bijzonder opge-wekt schouwspel. Matrozen en donkere Italiaansche meisjes vor-men een vroolijke parade.

#### 14 September.

Inmiddels waren wij terechtgekomen in een geologisch en mijn-bouwkundig zeer belangwekkende streek, nl. in de Toscaansche ertsprovincie, gelegen tusschen Pisa, Livorno en het Lago di Bolsano. Deze streek, ca. 450 km<sup>2</sup> groot, is voor het aan grond-stoffen arme Italië van groot belang vanwege de talrijke erts-afzettingen van uiteenloopenden aard, welke alle genetisch ge-bonden zijn aan een granietmassief van vermoedelijk tertiären ouderdom. Men vindt hier: pyriet (Gavorrano), kwikerts (Monte Amiata), tinerts (Campiglia Marittima), kopererts (Massa Marit-tima), boorzuurbronnen (Sasso en Monte Rotondo), terwijl ook de ijzerertsen van Elba tot dit gebied gerekend moeten worden.

De tektonische invloed op de afzetting van deze ertsen blijkt uit de ligging van al deze ertsafzettingen aan een viertal groote breuklijnen, die een N.N.W. tot N. strekking hebben.

Op dezen Woensdagmorgen werd een tinmijn te Campiglia Marittima bezocht. De tinsteen komt hier voor in kalksteen, te samen met pyriet en limoniet. De kalksteen is vrij goed gelaagd; ouderdom: midden-Lias. Eruptiva komen slechts voor op 2—4 km afstand, op 1100 m diepte.

De habitus der limoniet is doorgaans aardachtig, plaatselijk echter ook zeer hard. Pseudomorfofen naar pyriet komen veelvuldig voor. De tinsteen is zeer onregelmatig verdeeld en komt steeds voor in de onderzochte pyriet-pseudomorfofen.

Hieruit is vermoedelijk te concludeeren, dat pyriet de vroegste hypogene mineralisatie vormde en dat later komende kassiteriet de pyriet ten deele verving. Nog later is de pyriet geoxydeerd tot limoniet.

Het arme erts wordt op grond van autarkische overwegingen afgebouwd en zou onder normale omstandigheden niet exploitabel zijn. De afbouwmethode, waarbij kamers uit het ertslichaam worden weggehaald, terwijl pijlers blijven staan ter ondersteuning, is allerminst systematisch en economisch, maar is langzamerhand gegroeid uit een systeem van exploitatie-gangen, dat van eeuwen her dateert.

Na het bezoek aan Campiglia werd de reis voortgezet naar Grosseto, een rustig en vrij onbetekenend stadje.

### 15 September.

Bezoek aan de pyrietmijnen van Ravia en Gavorrano. De pyriet-afzetting van Gavorrano is gebonden aan hetzelfde Toscaansche granietmassief, dat hier over een oppervlakte van ca. 3 km<sup>2</sup> als een N—S verloopende dam door de in Trias en Jura afgezette kalksteen heenbreekt. De pyrietmassa's hebben den vorm van lenzen (in de graniet en in de kalksteen) en zuilen (op het contact). Het erts is zeer zuiver en bestaat uit groote kristallen, vermengd met weinig kwarts. Arseen ontbreekt geheel, het zwavelgehalte is hoog (tot 48,87%): zeer geschikt erts voor de zwavelzuurbereiding. Er komen resten in voor van galeniet en sfaleriet. Aan de oppervlakte wordt de aanwezigheid der pyriet verraden door groote limonietafzettingen.

Na het vallen van de duisternis werd Rome bereikt.

**16 September.**

Deze Vrijdag werd geheel besteed aan de bezichtiging van Rome. Het spreekt vanzelf dat, waar zelfs een verblijf van enkele dagen nauwelijks een voldoende overzicht kan geven over den rijkdom, welke Rome biedt, een orienteerings-toer van een dag slechts een uiterst vluchtig en fragmentarisch beeld hiervan kan geven. Desondanks maakte het zien van de schatten van zooveel eeuwen een grootschen indruk.

**17 September.**

Tusschen Rome en Napels verandert er iets: wanneer men de Volturno gepasseerd is, is men in Zuid-Italië. Het landschap wordt anders: de vlakten maken plaats voor gebergten, de menschen zijn anders: kleiner, levendiger, donkerder.

Napels zelf doet zijn spreekwoordelijke schoonheid eer aan. Het is een stad, welke niet zoozeer in details, dan wel als geheel gezien moet worden: als een enorm amphitheater, wit afstekend tegen de donkere bergen, de rookende Vesuvius en de donkerblauwe golf. Slenterend onder de palmen van de Via Nazionale (de boulevard) geniet men van het heerlijke uitzicht over de golf.

Na 's avonds aan boord gegaan te zijn van de „Citta di Palermo” om over te steken naar Palermo, was het een onvergetelijk gezicht het verlichte Napels langzaam in de verte te zien verdwijnen. Dan passeeren we Capri: vage omtrekken van een rots in zee, waarop enkele lichtjes. Als ook deze lichtjes verdwijnen blijft alleen de heerlijke wijde stilte van den Zuidelijken sterrenhemel over.

**18 September.**

Vroeg in den morgen doemde Sicilië op uit de wazige verten. Naderbij komend ziet men Palermo liggen: een door kale bergen omringde oase, een vruchtbare vlakte in een inham van de kustgebergten.

Palermo biedt den tourist zeer veel bezienswaardigs. Merkwaardig is de architectuur, welke onder de Normandische heerschappij op Sicilië ontstond (12de eeuw), en welke een vermenging

van Oostersche en Westersche kunsttradities oplevert. Normandische invloeden mengen zich met de Corinthische, Moorsche en Byzantijnsche, welke aan de komst der Noormannen voorafgingen. Voorbeelden hiervan zijn de Palatijnsche kapel, door koning Roger in het begin der 12de eeuw bij zijn paleis te Palermo gebouwd, en de, vooral wat het interieur betreft, prachtige Dom te Monreale (bij Palermo) met de ernaast gelegen uitgebreide kloosterhof, welke een sterken Moorschen invloed vertoont en waarvan de zuilen ingelegd zijn met steeds andere figuren in goud, serpentijn en rood porfier. Overwegend Byzantijnsch-Moorsch is de kluizenaarskerk S. Giovanni degli Eremiti, waarvan de toren en het schip door koepels bekroond worden.

Een merkwaardige begraafplaats vindt men te Monreale, waar tot 1890 de lijken, in stroo en linnen gepakt en met alcohol ingespoten, eenvoudig tegen den muur gezet werden; in de heerschende droge atmosfeer had een mummificatie-proces plaats en thans nog ziet men de lugubere gestalten, in de vreemdsoortigste houdingen weggezakt, tegen den muur staan.

### 19 September.

Wanneer men als Noorderling aan Sicilië denkt, stelt men zich voor een vruchtbaar land, een land van wijnbergen en sinaas-appelen. De werkelijkheid echter is geheel anders: het binnenland is één troosteloze woestenij, een dor bergachtig land, waar het woord irrigatie ten eenenmale onbekend is. Het is een volmaakt raadsel, waarvan de enorme kudden schapen leven, die men af en toe tegenkomt. Cactussen vormen vrijwel de eenige begroeiing. De dorpen, waar men doorkomt, zijn, in tegenstelling met de welvarende steden aan de vruchtbare kusten, hoogst armoedig. Een vroolijk accent geven de in helle kleuren beschilderde boerenwagens.

Sicilië werd in twee etappes doorkruist, de eerste leidde van Palermo naar Enna. Deze route voert langs de zwavelmijnen van Caltanissetta.

De zwavel op Sicilië komt voor in de zona gessoso-solfifera van het boven-mioceen. Het dak van de zwavelafzettingen bestaat in den regel uit gips, de zwavel zelf is gewoonlijk afgezet in mer-



gelige kalksteen als lagen of als kleine onregelmatige nesten en lenzen, waarin kalk en zwavel innig vergroeid zijn. De lagen, gewoonlijk niet meer dan 3 of 4 boven elkaar, loopen niet door

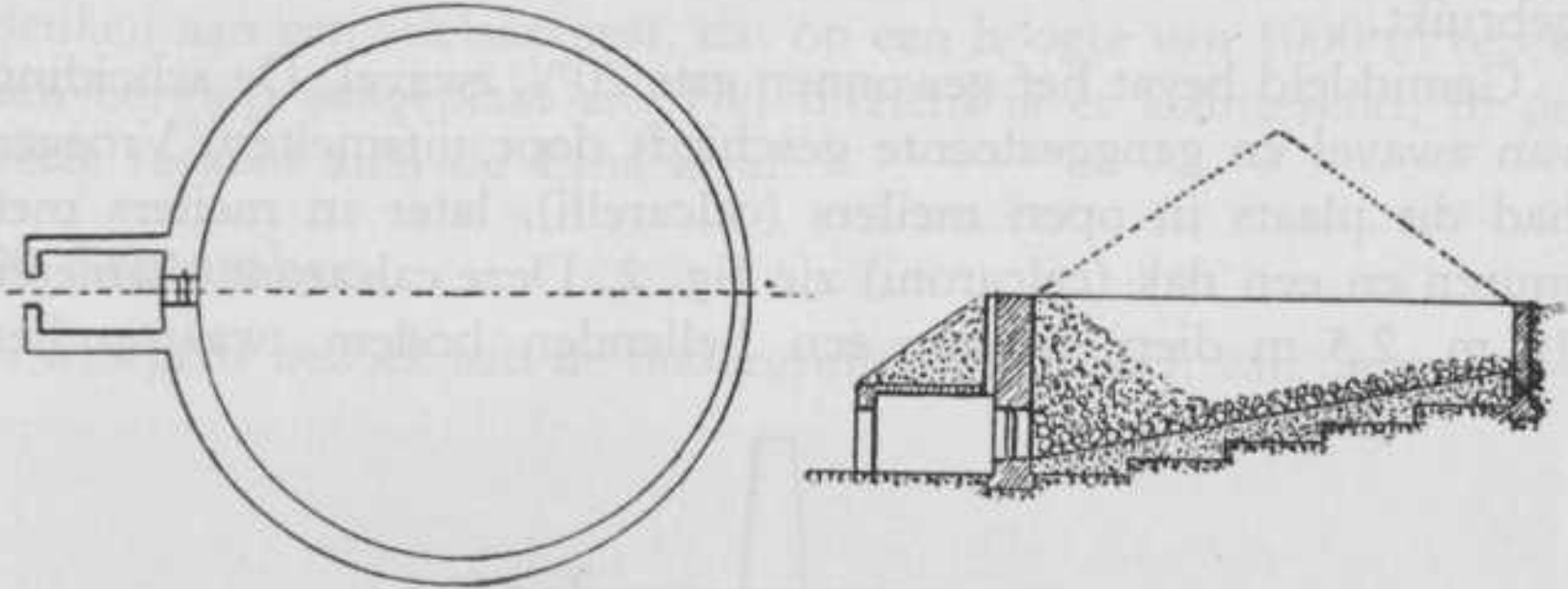


Fig. 2. Calcarone in bovenaanzicht en doorsnede.

over grooten afstand, maar zijn eigenlijk groote lenzen van wisselende samenstelling en dikte (meestal 1 à 2,5 m, soms tot 30 m). De calcietlaag tusschen twee lenzen is nauwelijks één meter

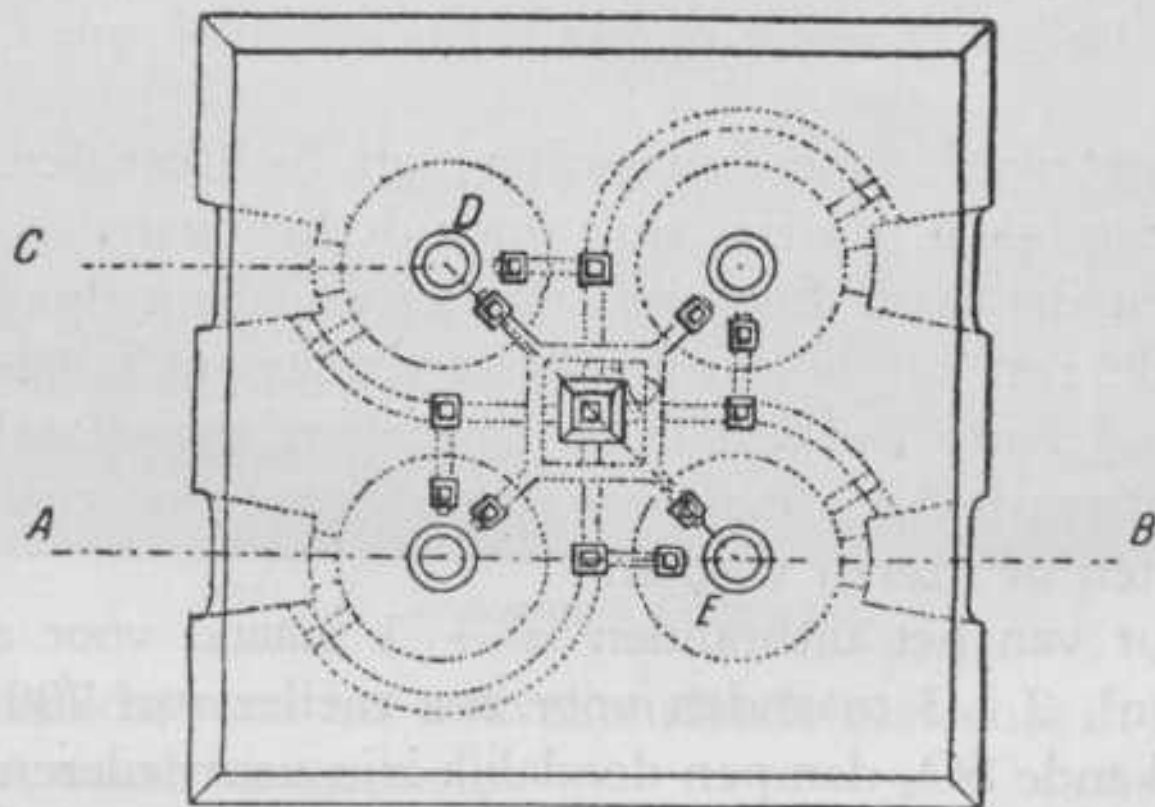


Fig. 3a. Boven-aanzicht van een batterij gemetselde ovens.

dik. Ook coelestien komt veel voor als begeleidend mineraal. In den vloer der zwavelhoudende lagen komt naast gips soms steenzout voor.

De pre-quartaire afzettingen zijn gewoonlijk sterk gestoord.

De oorsprong der Siciliaansche zwavel is niet vulkanisch, maar biochemisch ten gevolge van reductie van sulfaten door anaerobe bacteriën.

De winning geschiedt gemiddeld op een diepte van 150—400 m. De bezochte mijn (Grottacalda) beschikte over moderne verticale schachten van 360 m diepte; elders worden nog hellende schachten gebruikt.

Gemiddeld bevat het gewonnen erts 20% zwavel. De scheiding van zwavel en ganggesteente geschiedt door uitsmelten. Vroeger had dit plaats in open meilers (calcarelli), later in meilers met muren en een dak (calcaroni) zie fig. 2. Deze calcaroni (diameter 10 m, 2,5 m diep) hebben een hellenden bodem, waarop het

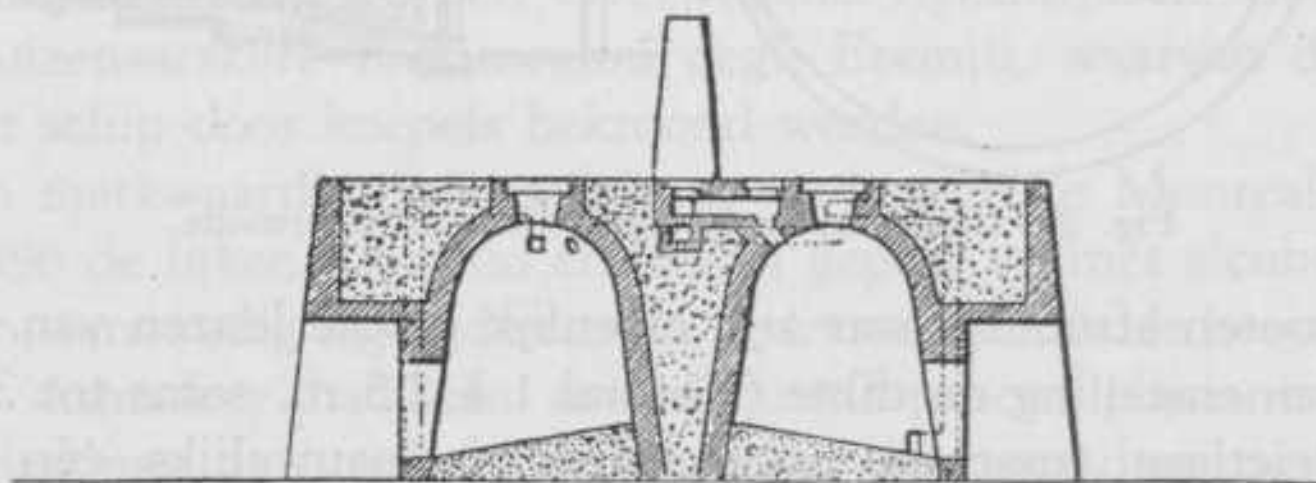


Fig. 3b. Doorsnede van een batterij gemetselde ovens.

erts gestort wordt, met uitsparing van luchtkanalen. Het erts wordt aangestoken, daarna sluit men de luchtkanalen en brengt een leemen dak aan. Een deel der zwavel dient dus als brandstof om de rest uit te smelten. Het rendement is 60—65% bij een zwavelgehalte van 25%. De gesmolten zwavel zakt op den bodem en wordt 2 à 3 maal per dag afgetapt, via een tapgat, in natte houten of ijzeren vormen.

De duur van het uitbranden is  $\pm$  1 maand voor een meiler van 200 m<sup>2</sup>, 2 à 3 maanden voor een meiler van 700 m<sup>2</sup>. Daar de ontwikkende SO<sub>2</sub>-dampen doodelijk zijn voor iederen vorm van vegetatie, duurt een smeltcampagne slechts van Augustus tot December.

Behalve in calcaroni (calcarelli zijn verouderd) werd te Grottacalda ook in gemetselde ovens gesmolten: gemetselde kamers met een gewelf, vulopening en schoorsteen fig. 3. Van dit soort ovens worden er 4 of 6 gecombineerd tot een groep met een gemeenschappelijken schoorsteen. Een circulatiesysteem voor de verbrandingsgassen brengt het rendement op 75%.

Offering van een deel der zwavel als brandstof schijnt hier

economischer te zijn dan toepassing van andere brandstof. Stoom-smeltovens vonden slechts beperkte toepassing.

Het plaatsje Enna, waar de nacht werd doorgebracht, doet denken aan een adelaarsnest, dat op een hoogte van 1000 m tegen een bergtop aangeplakt zit. Het uitzicht is er schitterend, in de verte teekent zich de Etna al af.

### 20 September.

's Morgens bezoek aan de ondergrondse werken van de zwavel-



Fig. 4. Zwavelmijn Grottacalda.

mijn Grottacalda, waar het zwavelhoudende gesteente in hellenden Stosz-bouw wordt ontgonnen.

's Middags werd de 2de etappe van de trans-Sicilië tocht volbracht, welke naar Catania leidde. Catania is niet zeer bezienswaardig, maar heeft één prachtige boulevard, de Via Etnea.

### 21 September.

Onder de deskundige leiding van Prof. UMBGROVE werd de Etna beklommen. Voor bijzonderheden omtrent deze interessante vulkaan zij verwezen naar de beschrijving, die Prof. UMBGROVE elders in dit Jaarboek geeft.

**22 September.**

Tot spijt van velen moest al weer koers gezet worden naar het Noorden, richting Messina. Een waardig afscheid van het Zuiden wachtte ons echter nog in Taormina. Deze naam zal door geen der excursisten spoedig vergeten worden. In deze badplaats, bij de oude Grieken reeds zeer populair, een prachtige baai met diepblauw, kristalhelder water en een mooi strand, heerlijk be-

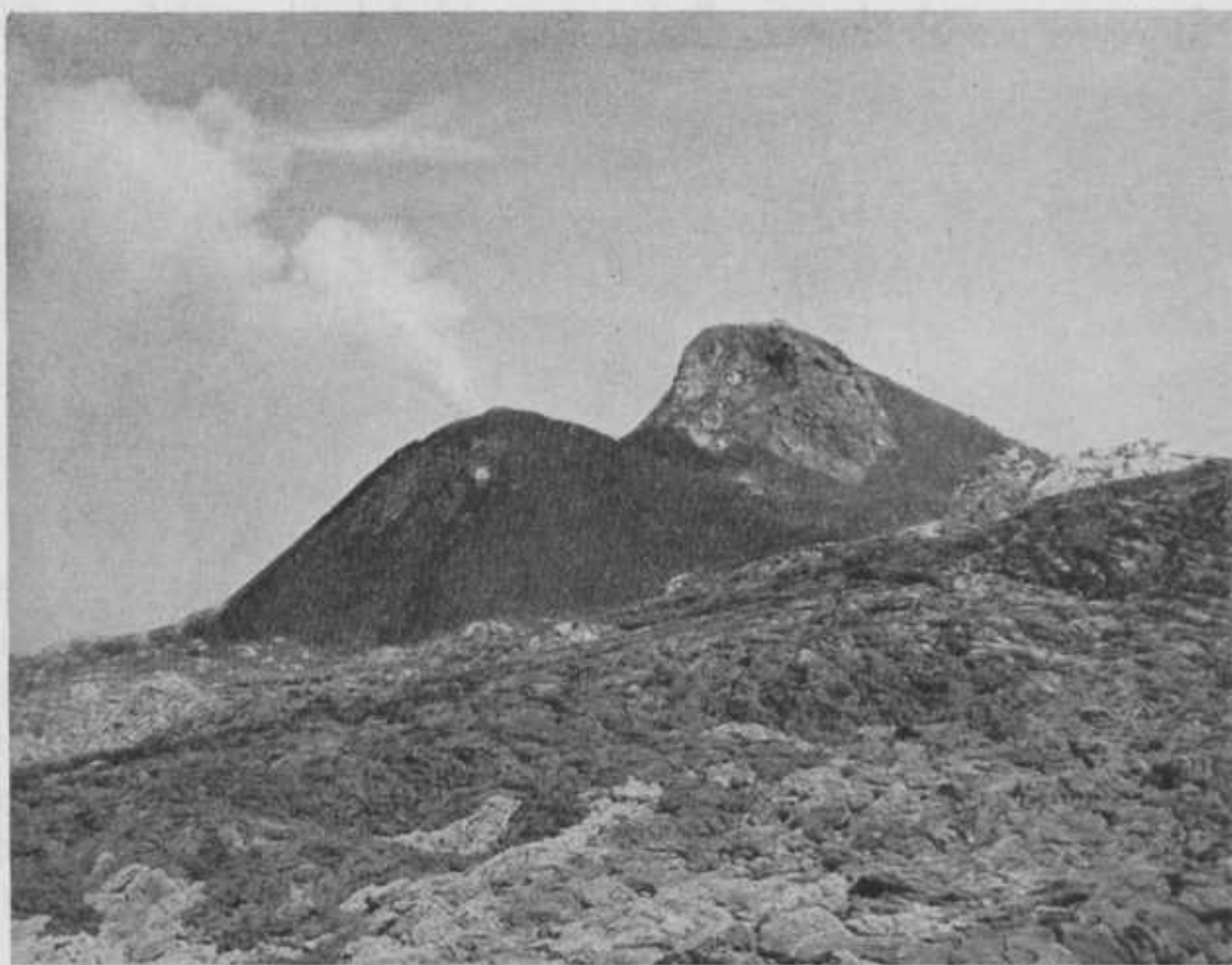


Fig. 5. Eruptiekegel van de Vesuvius.

schut door de rotsen rondom, maakte de warme Zuidelijke zon het zwemmen tot een genot.

Op deze apotheose volgde een reis in één ruk naar Napels: per autobus naar Messina, met de ferryboot naar Reggio di Calabria, per nachttrein ten slotte naar Napels.

**23 September.**

Een dag, die geheel zou staan in het teken van den Vesuvius. Langs de Zuidelijke helling van den vulkaan, waar de oude

Somma-wand het laagste is en lavastroomen van den Vesuvius den overgang van Vesuviuswand in Sommawand verdoezelen, voert Cook's Vesuviustram de bezoekers omhoog tot aan den voet van den eigenlijken Vesuviuskegel. Typisch zijn hier de steenen muren op de begroeide helling, welke eventueele modderstroomen moeten stuiten en leiden. Per tandradbaan werd vervolgens de kale Vesuviuskegel bestegen tot aan den rand van den krater. Van dezen kraterrand daalden wij af in den topkrater, welke gevormd werd bij de laatste groote uitbarsting in 1906. Deze krater, welke een diameter heeft van  $\pm 500$  m, was oorspronkelijk  $\pm 550$  m diep, maar is sindsdien ten deele opgevuld door de lavastroomen, welke steeds uit de kleine eruptiekegels vloeiden en blijven vloeien.

Tijdens ons bezoek konden wij waarnemen, hoe uit spleten in de flanken der centrale eruptiekegel voortdurend lava vloeit, waarbij de vorming der peluw-lava's zeer fraai te volgen was. Bovendien werd uit den top der kegel periodiek een regen van asch en lapilli uitgestooten. In 1928 was de lava-uitvloeijing zoo sterk, dat lavastroomen over den kraterwand heenvloeiden in het Atrio del Cavallo, in 1929 zelfs langs de Somma-helling. Duidelijk teekenen die recente lavastroomen zich af tegen de oudere lava's.

Tot besluit van den dag voerde Prof. UMBGROVE ons door het Atrio del Cavallo naar den Noordelijken Somma-wand. Langs den 500 m hoogen steilen binnenwand van de Somma is zeer goed waar te nemen hoe de banken van slakken en lapilli afwisselen met lavastroomen en doorsneden zijn door gangen en intrusiefplaten of sills, welke in elkaar overgaan. De leuciet-basalt bevat hier fraaie voorkristallen van leuciet.

De nacht werd doorgebracht in hotel Eremo, dat, in de nabijheid van het observatorium op de Zuidelijke Sommahelling gelegen, een onvergetelijk panorama biedt van Napels en de Golf.

## 24 September.

Wie aan den Vesuvius denkt, denkt aan de beide doode steden, Pompeï en Herculaneum, die in 79 na Chr. onder puimsteen bedolven, resp. door modderstroomen overstroomd werden.

Pompeï gold dan ook ons eerste bezoek na den Vesuvius. Het geeft een merkwaardige gewaarwording door de geplaveide straten van deze stad te loopen, die plotseling door den dood verrast werd en eerst 18 eeuwen later werd opgedolven. De tijd stond hier stil en het forum, de tempels, de badhuizen, de woningen en de straten geven ons een beeld van een Romeinsche stad aan het begin onzer jaartelling. Allerlei details: de overstapsteen en op de hoeken der straten, de diepe karresporen in het plaveisel, de



Fig. 6. Sommawand met gangen.

wandversieringen der huizen, voornamelijk tafereelen uit de Godenwereld, zij voeren onze verbeelding gemakkelijker 19 eeuwen terug dan een normale ruïne dat zou vermogen.

Tot slot een bezoek aan de Campi Phlegreï, het oude vulkanische gebied ten W. van Napels.

### 25 September.

De terugreis naar Rome werd halverwege aangenaam onderbroken door een avontuurlijk ongeval. Een kleine Fiat, waarvan

de bestuurder blijkbaar juist zijn siesta hield, deed pogingen zich onder onze Isotta te schuiven, hetgeen een min of meer komisch effect had en vrij goed lukte. Het was een feest de beide bestuurders hun opvatting met woord en gebaar te zien verdedigen. Een jonge Italiaansche op kurk-zoolen (en met twee groote Lancia's: één als reiswagen, één voor de koffers) nam het direct voor ons op, maar eerst het autoritaire gebaar van enkele juist passeerende hooge C. I. T.-beambten stelde ons definitief in het gelijk.

## 26 September.

Van Rome uit werd de reis voortgezet naar Siëna. In Abbadia San Salvatore werd de tocht onderbroken ter bezichtiging van de kwikmijn Monte Amiata.

Over een groot gebied komt hier cinnaber voor, echter lang niet overal in ontginbare quantiteit. De ertsoplossingen werden gebracht door trachiet. Het omhoogdringen der trachietische gesteenten deed breuken ontstaan in de sedimenten, waardoor de kwikhoudende oplossingen omhoog kwamen. Voor de afzetting van cinnaber is voorkeur merkbaar voor gemakkelijk aantastbare gesteenten dicht onder de oppervlakte (kalken, kleileien).

De metallurgie van het erts levert moeilijkheden op. Het erts heeft de consistentie van een zeer vette klei en is dus niet direct te chargeeren in den roostoven, omdat de luchttoetreding en afvoer der gassen onvoldoende zouden zijn. Uitwasschen van het erts levert groote bezwaren op (eischt o.a. zeer veel water). Men laat de klei daarom eerst in een roteeroven bij  $\pm 80^\circ$  C. samenballen, waarna de kleiballen (bevattende 4%  $H_2O$  en 1% Hg als HgS) gechargeerd worden in een verticalen schachtoven. Hierin wordt het erts geroost bij  $\pm 1000^\circ$  C. (volgens mededeeling). Het kwik, dat bij die temperatuur verdampt, laat men condenseeren; tenslotte raffinage van het metaal.

Siëna ligt buiten de groote verbindingswegen en heeft dienengevolge veel van haar middeleeuwsch karakter bewaard: nauwe, bochtige straatjes, sterk op- en afgaand, daar de stad op een heuvel ligt, een bijzonder fraai plein, onder welks entourage vooral het prachtige stadhuis met de slanke Campanile opvalt, ten slotte een Dom in typisch Toscaanschen stijl.

## 27 September.

Een uniek bedrijf is dat van Lardarello, Toscane, waar de energie van vulkanische emanaties productief gemaakt wordt.

De stoombronnen of „soffioni” van Toscane liggen  $\pm$  20 km ten S. van Volterra in een kaal vulkanisch gebied. De bronnen zijn gelegen op drie NE—SW. verloopende hoofdspletten, evenwijdig aan de tectonische Tyrrheense kustlijn.

Oververhitte stoom ontwijkt uit kleine, met water gevulde kratertjes in alluviaal terrein („lagoni”) of uit spleten in rotsachtig terrein („soffioni” of fumarolen).

ALLEN en DAY beschouwen deze bronnen als gevolgen van een reeds lang uitgedoofde vulkanische activiteit. De opvallend constant blijvende hoeveelheden stoom en de constante druk en samenstelling der gassen bevestigen deze hypothese. Bij recent vulkanisme immers is juist de periodieke toe- en afname der druk typeerend.

Sinds 1815 wordt hier boorzuur gewonnen, maar in 1900, toen de tegenwoordige directeur, prins CONTI, de leiding kreeg van het bedrijf, trad een geheel nieuwe phase in. Vooraanstaande geleerden werden uitgenoodigd de wetenschappelijke contrôle op zich te nemen, het phenomeen en de oorzaken werden diepgaand bestudeerd, proefboringen werden gedaan, de boorzuurwinning werd gerationaliseerd en last not least: de mogelijkheid werd nagegaan de stoom te gebruiken voor de opwekking van elektrische energie.

Het resultaat was, dat drie boringen in Lardarello in 1936 tezamen meer dan 100.000 kg stoom per uur leverden, met een druk van 3,5 at. en een temperatuur van 205° C. De geproduceerde stoom wordt direct of indirect gebruikt voor de opwekking van elektrische energie.

Direct: door de stoom van 2,5 à 3 at. in een turbine te voeren, weer af te voeren met een overdruk van 0,1 at. en een temperatuur van 105° C. en vervolgens te verwerken op boorzuur, ammoniak, etc. Hierbij zijn 28 kg stoom per kW nodig.

Indirect: door de stoom via een spiraalvormige buis in een ketel met voedingwater te leiden. Het voedingwater wordt verwarmd, de stoom condenseert gedeeltelijk, de aanwezige gassen



komen vrij. Condensaat en gassen worden verder chemisch verwerkt, de gereinigde stoom van 1,5 at. en een nuttig warmte-effect van 80% ten opzichte van de oorspronkelijke stoom wordt naar laagdruk-turbines geleid. Deze methode vereist slechts 15 kg stoom per kW, de installatie is echter duurder in aanleg en onderhoud.

In 1939 zou de gezamenlijke capaciteit der elektrische centrales 50.000 kW bedragen, bij een spanning van 4000 Volt. Enorme hallen met turbogeneratoren alsmede groote transformatoren waren gedeeltelijk gereed, deels nog in aanbouw. Deze centrales dekken niet alleen de eigen stroombehoeften, maar voorzien Volterra, Siëna, Livorno, Cecina en Florence van stroom en laten bovendien de electrificatie toe van de naburige spoorweg-trajecten.

Boorzuur wordt, behalve uit de gecondenseerde stoom ook uit het sterk boorzuurhoudende grondwater gewonnen, dat in ondiepe boorgaten wordt opgevoerd. Voorts wordt ammoniak geproduceerd.

In 1936 werden per dag bovendien geproduceerd: 400.000 m<sup>3</sup> koolzuur, 12.000 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>S, 9000 m<sup>3</sup> methaan, 5000 m<sup>3</sup> zuurstof en ca. 15 m<sup>3</sup> zeldzame gassen, voornamelijk helium.

De excursie werd door prins CONTI, den man, die dit bedrijf groot maakte, buitengewoon gastvrij onthaald.

De internationale toestand was inmiddels in deze Septemberdagen van 1938 dusdanig verscherpt, dat een versnelde terugkeer naar Nederland raadzaam geacht werd. Om dien reden werd vanuit Lardarello terstond doorgereden naar Florence, vanwaaruit per trein via Frankrijk rechtstreeks teruggereisd werd naar Antwerpen. Tengevolge van mobilisatiemaatregelen moest de reis daar onderbroken worden tot de volgende morgen, waarna wij — nadat inmiddels ontspanning was ingetreden (München) — in den morgen van den 29sten September te Den Haag arriveerden.

W. P. TEEUWISSE, cand. m.i.

**Literatuur.**

- STUTZER. Lagerstätten der Nichterze, Bd V, 1933.
- A. BERGEAT. Beiträge zur Kenntniss der Erzlagerstätten von Campiglia Marittima, Toscana. N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. 1901, I.
- F. LOHMANN. Das Pyritvorkommen von Gavorrano in Toskana. Z.schr. f. pr. Geol., 1920.
- H. MUELLER. Quecksilberbergbau in Toskane. Glück Auf, 1912.
- H. TROEGEL. Die Zinnobervorkommen in der südlichen Toskane. Z.schr. f. pr. Geol., 1920.
- Prince PIERO GINORI CONTI. The natural steam power plant of Lardarello. 1924.
- A. POIS. Durch Tiefbohrungen wirtschaftlich genutzte vulkanische Kräfte. Petroleum XXXIV, 1938.
- HENRI EVERS. De Architectuur in hare Hoofdtijdperken.
- Dr. C. EASTON en T. EASTON. Kleine Gids voor Italië.
- J. H. F. UMBGROVE. Vulkanische verschijnselen in de omgeving van Napels. Tijdschr. Kon. Nederl. Aardrijksk. Genootsch. 2e serie. Deel 56. 1938.

VERSLAG VAN DE EXCURSIE  
NAAR BRETAGNE EN MASSIF CENTRAL.

Juni 1939.

Onder leiding van Prof. ir. H. F. GRONDIJS.

VOORWOORD.

Terwijl het oorlogsgeweld rommelde onder de kim, hadden wij het voorrecht nog eenmaal het schoone Fransche land, ongeschonden en in volle glorie, te aanschouwen. Onder de gewaardeerde en bezielende leiding van Prof. GRONDIJS deden wij vele indrukken op van dit land met zijn interessante geologie, monumentale bouwwerken en gerenommeerde keuken. Wij bezochten de golvende heuvelen van Artois, de steile rotskusten van Bretagne en de uitgedoofde vulkanen van Auvergne. Wij dwaalden door de schilderachtige steegjes en indrukwekkende gewelven van de statige Mont St.-Michel, we reisden langs de droomende kasteelen aan de Loire en we werden ontroerd door de gewijde orgelklanken in de eerbiedwaardige kathedraal te Chartres. We dronken de zacht streelende cider van Normandië, de tintelende wijn van Anjou en het koppige druivennat van Bourgogne. En wij keerden terug met het gemoed vol herinneringen, de koffers vol keien en het hart vol erkentelijkheid jegens Prof. GRONDIJS, die ons deze onvergetelijke dagen bezorgde.

## LIJST VAN DEELNEMERS.

Prof. ir. H. F. GRONDIJS m.i.	C. J. GROOTHOFF
Ir. J. A. C. TER MEULEN m.i.	A. W. VAN HAEFTEN
Ir. H. HARTJENS m.i.	A. HOLS
H. A. ANKERSMIT †	D. J. KNUTTTEL
C. W. BAIS	K. KOETEN
J. G. F. BAST	G. J. OORTHUYS
W. F. VAN BEEK	W. J. VAN RIEL
J. C. VAN DEN BERGHE	P. ROOSCH
R. M. J. VAN DEN BRANDELER	A. W. SNELL
H. DEKKER	H. M. STIASNY
P. EGAS	W. P. TEEUWISSE.



## GEOLOGISCHE INLEIDING.

**Boulonnais en Massif Armoricaïn.**

Hiervoor moge verwezen worden naar de overzichten van Ir. L. W. LEIJDS m.i. en Ir. J. J. AUGUSTEIN m.i., die voorkomen in het Jaarboek der Mijnbouwkundige Vereeniging 1936-'37, blz. 184 e.v., als onderdeelen van het Verslag van de Excursie naar de Boulonnais en Bretagne in Juni 1936 door H. SIMON THOMAS †.

**Massif Central** (fig. 1).

Het Massif Central is de geologische naam voor wat men in de geografie het Plateau Central noemt. Deze laatste term is niet juist, omdat het geen plateau is, maar, zooals BERTRAND zegt: „een bergachtig eiland, omgeven door depressies en vrij sterk doorsneden door diepe valleien”. Het is een schol van kristal-lijne en sterk gemetamorfoseerde schisten, die door granieten wordt doorbroken, terwijl het geheel doorschoten is met apliten, kersantieten, porfyren, diorieten en diabazen.

Slechts in enkele gevallen treft men *Palaeozoïsche* gesteenten van duidelijk vast te stellen ouderdom aan (ten Oosten van de Loire). Daarover bestaan echter nog verschillende inzichten. De oude opvatting, ten deele door DE LAUNAY gehuldigd, was, dat de gneisen en glimmerschisten archaeïsch zouden zijn en dat de minder gemetamorfoseerde phylliet tot het Algonkium moet behooren. De schol zou daarna tot en met het Midden-Devoon door de zee bedekt zijn geweest en in het Frasnien zou eenige mariene afzetting hebben plaats gevonden, welke zich slechts aan de oevers der Loire manifesteert.

Dit standpunt heeft vrijwel afgedaan, vooral na de studies van MICHEL-LÉVY, die aanneemt, dat de oude schisten veel jonger zijn en tot het Devoon en Dinantien moeten worden gerekend, waarvoor hij de volgende steekhoudende argumenten aanvoert:

- 1°. Blijken vermeende archaeïsche lagen van de Morvan (Loire synclinaal) uit Devoon en Dinantien te dateeren,
- 2°. Vindt hij in dezelfde streek niet-gemetamorfoseerde complexen in de gneisen, die van devonischen ouderdom zijn.

Herkenbare primaire gesteenten zouden dus volgens MICHEL-

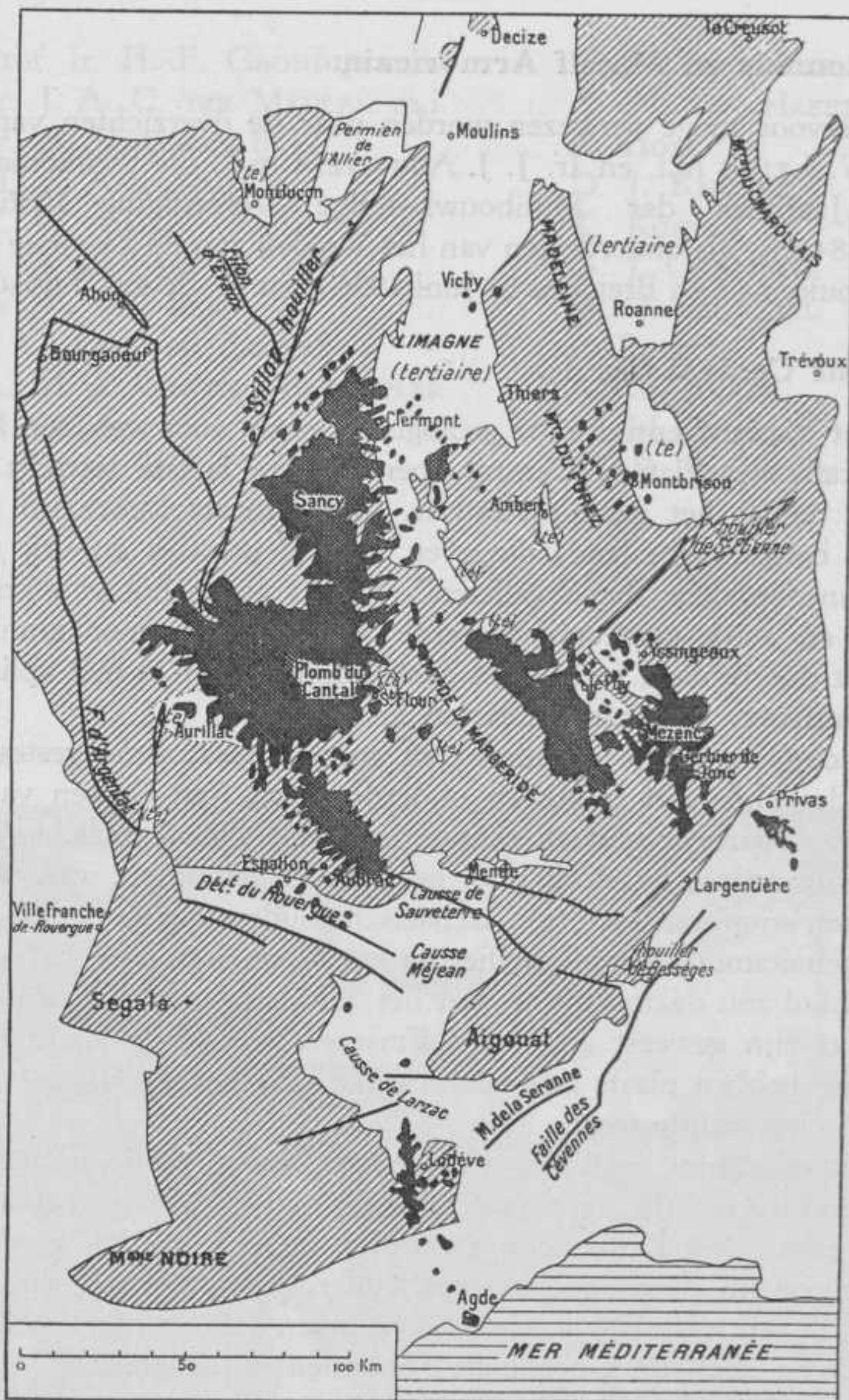


Fig. 1. Overzichtskaart Massif Central.  
 Diagon. arceering: primaire gesteenten; donkere tint: vulkanische zônes.

LÉVY aan de Hercynische metamorfose zijn ontsnapt en niet op een oudere schol zijn afgezet. BERTRAND meent, dat dit waar mag zijn voor de Morvan, doch dat het niet voor het geheele gebied behoeft te gelden.

In de Morvan zijn de gesteenten van vóór-Hercynischen ouderdom regelmatig geplooid. In de omgeving van Tarare ligt een gestoorde zône met intensieve metamorfose in de Lyonnais; hier is eveneens een maximale geosynclinale inzinking. Via het kolenbekken van St.-Etienne komt men in de Noordelijke Cevennen, waar de hervorming op groote diepte plaats vond; granieten gaan ongemerkt over in kristallijne schisten, waarvan de ouderdom niet is te determineeren; tectonisch is het een complex dekblad. Verder naar het Zuiden neemt de metamorfose steeds af (sericieten en glimmerschisten); de krachten, die in zuidoostelijke richting werken, gaan door tot in de Montagne Noire, alwaar de palaeozoïsche lagen, sinds het Cambrium herkenbaar zijn gebleven en zeer zwak veranderd zijn.

De *granietmassa's* van het Massif Central kunnen worden verdeeld in:

- 1°. z.g. gewone granieten met veel biotiet;
- 2°. „granulites” met biotiet en muscoviet;
- 3°. „mylonites”, d.w.z. gesteenten in de granieten en gneis-massa's, die duidelijk onderhevig zijn geweest aan mechanische werkingen, met geen of weinig rekristallisatie en waarvan de gekraakte aard onder de microscoop is vast te stellen.

De biotietgraniet schijnt ouder te zijn dan de voornaamste Hercynische plooïingsphase. De „granulites” worden door MICHEL-LÉVY beschouwd als een variëteit der normale granieten; door DEMAY en RAGUIN worden ze echter in de westelijke en zuidwestelijke deelen van het massief onafhankelijk en jonger dan de granieten geacht. Volgens DEMAY zijn ze posttectonisch en volgens RAGUIN syntectonisch ten opzichte van de groote Hercynische plooïing, die op het Dinantien volgde.

De *steenkolenbekkens* uit het Stephanien en Autunien zijn te verdeelen in vier groepen:

- 1°. Oostelijke bekkens. Deze zijn het belangrijkste; ze komen overeen met Variscische synclinalen, die de rol hebben gespeeld van kleine zoetwater-geosynclinalen.

2°. Centrale bekkens. Deze loopen in Armoricaansche richting van Ahun tot Argantat.

3°. Grand Sillon Houiller. Deze bestaat uit een aantal sterk verbrijzelde kleine bekkens, o.a. dat van Decazeville.

4°. Zuidelijke bekkens (Gard en Tarn).

De afzetting is over het algemeen in zoetwater geschied en de meeste bekkens zijn nog vóór de Trias geplooid.

Door daling van het Massif Central moeten in het *Mesozoicum* belangrijke transgressies zijn opgetreden. Men vindt gesteenten uit Jura en Trias in de Morvan, Beaujolais, Lyonnais, de Causses en de Rouergue. In het Boven-Bajocien en vooral in het Onder-Bajocien heeft er een korte regressie plaats gehad; de lagunaire en zelfs lacustrale facies verdwijnen naar de randen van het massief. In het Krijt is het land aanvankelijk nog blijven rijzen om geleidelijk weer te dalen, waarna in het Aptien wederom opheffing heeft plaats gegrepen. Dit blijft voortduren tot in het Tertiair.

Tijdens het *Eoceen* is het gebied een continent; men kent alleen afzettingen van arkosezanden tot een dikte van 20—50 m maximaal, die erosieproducten van graniet zijn.

Het *Oligoceen* is in het Sanoissien vertegenwoordigd door enkele brak- en zoetwaterafzettingen van kalksteen, mergel en arkosen. Brakwater wijst op het binnendringen der zee, hetgeen langzaam plaats vond; men kent mergels, die tot 1100 m dik zijn. Bij deze beweging ontstonden drie groote depressies, nl. de Limagne (Noord-Zuid), de Miouse-Sioule slenk (Noordoost-Zuidwest) en een synclinaal boven de Grand Sillon Houiller. Gelijkzeitig hiermede treden de laatste rijzingen in de Pyreneeën op, zoodat de werkende tangentiële krachten van Alpenen oorsprong waren.

De daling der Limagne zette zich tijdens het *Mioceen* nog voort tot in het Stampien; daarna trekt de zee zich echter van het Massif Central terug en in het Aquitanien ligt er nog slechts een stelsel meren op, welke ten slotte plaats maken voor rivieren, die naar het Noorden afwateren. Vooral in het Burdigalien is de afslijping en het vervoer zeer intensief.

Gedurende het *Pliocene* en het *Pleistoceen* schrijdt de erosie voort en naast de vulkanische sedimenten worden talrijke zand- en grintbanken afgezet, o.a. in het dal van de Allier.



Het *vulkanisme van het Tertiair* is werkzaam geweest in de drie volgende gebieden:

- 1°. Centraal Auvergne (Chaine des Puys - Mont Dore - Cantal);
- 2°. De Velay.
- 3°. Cevennen.

In Auvergne vinden de eerste erupties plaats in het Mioceen en de activiteit gaat door tot in het Holoceen.

De Chaine des Puys bestaat uit een 80-tal vulkanen, welke in de richting Noordnoordoost—Zuidzuidwest zijn georiënteerd, dus corresponderen met Hercynische verschuivingen, welke door postoligocene bewegingen zijn heropend, hetgeen echter door de bedekkende lavastroomen niet geconstateerd kan worden.

Men maakt hier onderscheid tusschen drie soorten erupties:

- 1°. „Dynamisme peléen”, visceus, trachitisch magma, dat geen uitvloeiingen, maar opzwellingen of „dômes” heeft gevormd, b.v. Puy de Dôme;
- 2°. „Dynamisme vulcanien”, explosief ontstaan van kraters;
- 3°. „Dynamisme strombolien”, vloeibaar basisch magma, waarbij kegelvormige vulkanen ontstonden.

De ouderdom der dômes staat niet geheel vast; petrografisch komen ze overeen met de miocene trachieten van Mont Dore en Cantal. De vulkanen van de Chaine des Puys zijn de jongste van het Massif Central; de erupties hebben, met onregelmatige onderbrekingen, voortgeduurd tot het Holoceen.

De Petite Chaine des Puys bij de Sioule omvat een twintigtal kraters op Hercynische breuken, die in het Boven-Mioceen weer open zijn gegaan en enorme hoeveelheden bazaltische lava hebben uitgestooten.

De Mont Dore is de ruïne van een grooten vulkaan, welke een hoogte van 2500 m heeft gehad en waarvan in het centrum door erosie verschillende pieken zijn uitgeprepareerd; hiervan is de Puy de Sancy de hoogste (1886 m). De hoofdmassa is gevormd in de eerste helft van het Pliocceen.

De Cantal is het belangrijkste vulkanische gebied van Auvergne. Het is een enorme caldera, waarbinnen een aantal pieken staat; de bouw komt overeen met die der Mont Dore. Het geheel is verhoogd door de „basaltes des plateaux” uit het Boven-Pliocceen en sterk aangesneden tijdens het Pleistoceen.

De Aubrac is een eruptieketen langs een lijn Noordoost-Zuidwest. De oudste erupties zijn gekomen in het Mioceen en ook hier zijn in het Boven-Plioceen bazalten uitgevloeid.

De overeenkomst tussen de vulkanische gesteenten uit de verschillende gebieden, welke uit bovenstaande tabel blijkt, leidt tot de veronderstelling, dat de lava's van het Massif Central een ge-

		Velay	Cantal	Mont Dore	Chaine des Puys
Kwartair	Boven				Kratervulkanen, Bazalten, Labradorieten, Andesieten.
	Midden	„Basaltes des pentes”.		Krater-vulkanen.	Labradorieten, Andesieten.
	Onder			„Basaltes des pentes”.	
Plioceen	Boven	Bazalten, Tuffen.	„Basaltes des plateaux”.	„Basaltes des plateaux”.	
	Midden	Bazalten, Breccies.	„Fonolites supérieures”, Augiet-andesieten met hauyn.	„Alluvions de Perrier”, „Fonolites supérieures”, Andesieten met hauyn.	
	Onder		Porfyrische andesieten van de toppen, Augiet-bazalten en andesieten ingeschakeld in de breccies, Porfyrische bazalten, labradorieten.	Andesieten en trachieten van de toppen, Bazalten, labradorieten, andesieten ingeschakeld in de breccies, Porfyrische bazalten.	
Mioceen	Boven		„Trachytes et fonolites inférieures”, „Basaltes inférieures”.	Trachieten, fonolieten, rhyolieten, zure tuffen, „Basaltes inférieures”?	Domieten?”

meenschappelijke bron gehad hebben en als dit een laccoliet is, moet deze een lengte van 150 km bezitten. In dat geval zou men wegens de differentiatie een toename van den zuurgraad der lava's verwachten en dit is in strijd met de werkelijkheid. Eveneens kunnen de mioceene basalten niet de vertegenwoordigers zijn van de uitgangsmagmata met gemiddelde samenstelling, zooals IDDINGS veronderstelt, daar deze gescheiden zijn van veel later gekomen andesieten door zeer zure stroomen van mioceene trachieten en fonolieten.

Het Massif Central is het sterkst geplooid tijdens de *Hercynische plooiing*. Men onderscheidt hier twee hoofdphasen en één kleinere phase.

- 1e phase: gaf de Armoricaansche ketens, loopend van Ierland en Cornwall over Bretagne en Normandië naar het Massif Central;
- 2e phase: gaf de Variscische keten, loopende Massif Central - Vogezen - Zwarte Woud - Bohemen;
- 3e phase: loopende van Zuid Engeland via de Boulonnais en de Ardennen naar Midden Duitschland (randtrog).

Het massief is zeer samengesteld van bouw, omdat het een punt van torsie is in de Hercynische plooiingsketens, waar de Armoricaansche en Variscische richtingen elkaar snijden.

Tevens hebben de *bewegingen gedurende het Tertiair* grooten invloed op de structuur gehad. Tijdens de Alpiene plooiing zijn in het Zuiden en Zuidoosten krachten op het Massif Central uitgeoefend, tengevolge waarvan het zuidelijke en oostelijke deel werd opgeheven ten opzichte van den noord- en westkant. Hierdoor is de erosie verjongd, terwijl gelijktijdig de Cevennen zijn opgeheven, de weg voor de vulkanische verschijnselen werd vrijgemaakt en de groote tertiaire slenken zijn ontstaan.

De topografische gesteldheid heeft tot hydrologische gevolgen:

- 1°. dat de rivierstelsels zich in het Oosten niet noemenswaard konden ontwikkelen; slechts enkele rivieren stromen uit de Cevennen naar de Rhône;
- 2°. dat in het Noorden belangrijke waterlopen zijn naar de Seine en naar de Loire;
- 3°. dat het Zuidoosten naar de Garonne afwatert.

Deze stroomen hebben hun evenwichts-profiel nog niet bereikt en vloeien snel de hellingen af.

Ook de *mineralisatie* staat in nauw verband met de tectonische activiteit. De Hercynische bewegingen hebben het geheele gebied vrij gelijkmatig gescheurd, terwijl de Alpiene plooingsphase het Oosten veel meer heeft gebroken dan het Westen. Dientengevolge vindt men in het Westen van het massief alleen vererfing uit de Hercynische periode (vooral tin en goud) en in het Oosten zijn na de Hercynische mineralen ook vele jongere ertsoplossingen gekomen, die lood-, zink- en ijzerertsen brachten.

Dit overzicht is te danken aan Ir. A. HOLS m.i. en is door de beperkte plaatsruimte zeer beknopt gehouden.

## DAGBOEK.

**Inleiding.**

Donderdag 1 Juni zet Prof. H. M. LUNS, onderhoudend causeur als hij is, ons een uitgebreide hors d'oeuvre voor, gekruid met talrijke lantaarnplaatjes en bons mots. In woord en beeld schildert hij ons de schoonheid der Fransche architectuur en wijst ons zoowel op het lijnenspel der kathedralen, kasteelen en paleizen als op het pittoresque der eeuwenoude gevels, veelal verborgen in achterstraten. Doelende op de ontwikkeling van vaak latente belangstelling, die het reizen veroorzaakt, zegt hij: „Het reizen maakt den mensch erger”. En deze excursie heeft dit ten overvloede nog eens bewezen. Een enkele toonde een voorliefde voor zoetigheid en dit werd zeer erg, bijna te erg; een ander begon den tocht met het verzamelen van vrij tot zeer groote handstukken en beperkte zich ten slotte uitsluitend tot enorme rotsblokken; velen toonden een voorliefde voor Fransche wijnen en dit culmineerde tijdens het afscheidsdiner te Chartres; en allen stelden belang in geologie en waren volop in de gelegenheid om hun kennis te verrijken.

Dienzelfden dag geeft Prof. GRONDIJS de noodige toelichtingen bij het uitgereikte programma en de daaraan toegevoegde geologische kaarten, tabellen en profielen en dan worden allen geacht in staat te zijn om de reis te aanvaarden.

**Dinsdag 6 Juni.**

Het vertrek is vastgesteld op 7.30 uur van het Mijnbouwkundig Instituut te Delft en ondanks het feit, dat het den vorigen dag examenuitslag is geweest, kan er aan dit voornemen gevolg worden gegeven. De deelnemers maken dan kennis met de A.T.O.-toeringcar, die ons, onder de vaardige handen van den chauffeur, tot diep in Frankrijk heeft gebracht, zoowel langs breede, rechte „Routes Nationales”, als langs smalle, bochtige karresporen, die ons als keuken, eetsalon en soms als slaappleats heeft gediend en die ons na alle omzwervingen weer veilig thuis heeft bezorgd.

Het reisdoel van den eersten dag is Wimereux, 5 km ten Noorden van Boulogne sur Mer. Na een korte rust te Breda, drinken we koffie op de vermaarde markt van Brugge en wandelen langs eenige

bekende gebouwen in deze stad. Van Ostende af volgen we dan de Belgische kust, even wordt er gestopt in het oude Veurne en om 19 uur bereiken wij het Fransche badplaatsje, waar we neerstrijken in Hotel Bellevue.

### Woensdag 7 Juni.

's Ochtends zet het grootste deel der excursionnisten de eerste wankelende schreden op het zoo oneffen en rotsige pad der practische geologie en stratigrafie, nl. tijdens de wandeling langs het strandprofiel ten Zuiden van Wimereux. De kust is hier steil afgesneden, terwijl het strand aan de voet der kliffen bij laag water toegankelijk is, zoodat de natuur een ideaal profiel heeft gevormd. Ontsloten is de post-eoceene opwelling der Jura- en Krijtformaties, welke gelijktijdig in de Boulonnais en in het Engelsche Weald heeft plaats gehad; de as der anticlinal ligt even ten Noorden van Boulogne. Op onzen tocht tot ongeveer halverwege tusschen Wimereux en Boulogne passeeren we de afzettingen eerst van jong naar oud en wel: de in zoetwater afgezette en soms door ijzeroxyde gecementeerde zandsteen uit het Wealdien, de zand- en kalksteen van het Boven-Portlandien, de glauconiethoudende kleien uit het Midden-Portlandien en de „grès et sable de la Crèche” (Onder-Portlandien). (Voor profiel zie Jaarboek der M. V. 1926-'28, blz. 504). Het strand ligt bezaaid met rolsteen van allerlei afmetingen, waarvan sommige uitsluitend uit één enkele enorme ammoniet blijken te bestaan. Onder de talloze fossielen, die in deze lagen voorkomen, bevinden zich: *Unio*, *Cardium*, *Ostrea*, *Lima*, *Trigonia*, *Perisphinctes* en *Stephanoceras*.

Na terugkomst te Wimereux wordt de reis voortgezet naar Boulogne, een oud omweld stadje, waar we eenigen tijd hebben om rond te kijken, terwijl de keukenploeg enkele gallons wijn aankoopt, welke ons tijdens den verderen duur der excursie mede het leven veraangenaamd hebben.

Verder gaat het weer naar het Noorden om een bezoek te brengen aan de groeve van Blecqueneques. Hier rusten horizontale Juralagen discordant op steilstaande carbonische kalksteenformaties, welke Hercynisch zijn geplooid. Deze kalksteen wordt afgebouwd in groote blokken, die verkregen worden door op bepaalde af-

standen met een kernboor gaten van  $\pm 60$  cm  $\varnothing$  en 12 m diepte te boren en het gesteente tusschen deze putten met een snijkabel in verticale richting door te schuren. Daar toe worden in de schachtjes met gewichten verzwaarde snaarschijven neergelaten, welke den kabel geleiden en voor den druk op het gesteente zorgen; als slijpmiddel wordt een mengsel van kwartzsand en water gebezigd. De prestatie bedraagt  $\pm 1$  m per dag, terwijl per week ongeveer 600 m staalkabel wordt versleten. De bases der prismata worden met eenige schoten losgemaakt en dan transporteert een groote portaalkraan, die de geheele groeve overspant, de blokken naar het maaiveld, waar ze met behulp van wiggen volgens kliefvlakken in kleinere stukken worden geklopt.

Vervolgens rijden we door een zonnig heuvellandschap langs Montreuil, Abbeville en Neufchatel naar Rouen, de aloude hoofdstad van Normandië aan de Seine, waar we om 7 uur uitstappen bij Hotel de France.

Niemand verzuimt gedurende ons verblijf alhier om een blik te slaan op de gothische kathedraal „Notre Dame”, welke een aparte schoonheid ontleent aan de ongelijkheid der twee hoofdtorens, de Tour de saint-Romain en de Tour du Beurre, alsmede op de kleine, maar zeer rijke, laat-gothische kerk St.-Maclou en de 14de eeusche abdijkerk van St.-Ouen. Ook een zwerftocht door de binnenstad vermocht in bochtige steegjes en op verlaten pleintjes nog menig eeuwenoud bouwsel te onthullen, waarvan vele duidelijk een Engelschen invloed vertoonden. Maar de drukke bedrijvigheid langs de Seine-kaden brengt den bezoeker weer spoedig uit de middeleeuwsche sfeer midden in het hedendaagsche leven terug en getuigt van levendige handel en verkeer in deze havenstad.

#### **Donderdag 8 Juni.**

Deze dag staat een reis naar Diélette op het programma, een minuscuul visschersdorpje in de Cotentin ten Zuiden van Cherbourg. Na kort oponthoud te Lisieux en te Caen voor approviandeering en een koude lunch in de landelijke omgeving van Bayeux, komen we in den middag aldaar aan. Dan wordt een wandeling ondernomen naar de plaatselijke ijzermijn, wier concessie zich

onder den zeebodem bevindt en waarvan de laadplaats, wegens te geringe diepte voor vrachtschepen, ver in zee ligt en door een kabelbaan met de installaties op de kust is verbonden.

Het ijzererts is oorspronkelijk in het Siluur afgezet als limoniethoudende banken tusschen kalkrijke formaties. Gedurende de Hercynische plooiing onderging het complex een sterke dynamometamorfose, waardoor de sedimenten overgingen in kalkschisten en de limoniet in haematiet, terwijl het geheel in plooien met enkele breuken kwam te liggen. Iets later drong de graniet van Flamanville binnen, die de schisten contactmetamorf omzette in een hoornrots, welke granaat en epidoot bevat; tevens veranderde een gedeelte der haematiet, vooral waar het dichtbij het contact lag, in magnetiet. Hier en daar is deze magnetiet weer in haematiet omgezet door de werking van hydrothermale oplossingen, die uit het granitische magma voortkwamen en tevens zwavel hebben gebracht, wat thans is terug te vinden in pyriet, pyrrhotien en enkele andere sulfidische mineralen. De graniet, die rijk is aan xenolieten, is ook wederkeerig door de sedimenten beïnvloed; wegens de snelle afkoeling langs het contactvlak is ze ter plaatse fijnkorreliger dan overal elders en tevens is er een zeker epidootgehalte, waarvan het calcium gedeeltelijk aan het neven gesteente ontleend zou kunnen zijn.

De concessie is ontsloten door twee schachten van 150 m diepte en van hieruit zijn onder den bodem der zee twee horizontale hoofdvervoerswegen gedreven op resp. 50 m en 100 m. Deze doorsnijden drie ertslagen, waarvan twee in exploitatie zijn en een dikte van 1—2,5 m hebben, en de derde van onbeteekenende waarde is; zoowel nevingesteente als erts liggen in twee plooien gescheiden door een steile overschuiving. Het ijzererts wordt zoodanig afgebouwd, dat ongeveer 20% als steunpijlers achterblijft en deze zijn in staat het veiligheidsdak van 50 m dikte, dat uit harde gesteenten bestaat, te dragen zonder dat eenige beweging der zeebodem, welke funest zou zijn, optreedt. De mijn verschaft werk aan 300 arbeiders in continu bedrijf en produceert 500 ton erts per dag.

Na bezichtiging der bovengrondsche installaties onder leiding van den bedrijfsingenieur en een minutieus onderzoek van de stort op sulfidische en oxydische ertsmineralen, nemen we op den



terugweg naar het dorp het contact tusschen de graniet en de oorspronkelijke sedimenten in oogenschouw. Dit vlak is door de zee sterk geaccentueerd aangezien de schist en kalksteen verbrijzeld zijn en voornamelijk als rolsteenen ter plaatse zijn te zien, terwijl de kantige koppen der graniet nog steeds weerstand bieden tegen de golven (fig. 2).

In het dorp teruggekeerd worden we ondergebracht in de vele dépendances van Hotel de La Plage en de la Marine, een naam,



Fig. 2. Contact kalkgesteente (voorground) - graniet bij Diélette.

die in lengte evenredig blijkt te zijn met de uitgebreidheid en de gevarieerdheid van het menu en de afwerking der verschillende gangen, die ons worden voorgezet. De „patron”, in wijde pantalon en een zwierige baret op, straalde van genoeg over de eer, die het Hollandsche gezelschap aan zijn diner bewees. Onvermoeid vloog hij trap af en trap op om de eene flesch cider na de andere uit zijn welvoorzienen wijnkelder op te diepen, doch zijn gezicht betrok wel eenigszins, toen iedere schotel zoo rijkelijk met dezen kostelijken nationalen drank werd besproeid, dat, na de 30ste flesch, het einde van den voorraad in zicht kwam, terwijl het bovendien een diner was met „vin compris”; aan het einde van den maaltijd wentelde Prof. GRONDIJS echter deze onrust van hem af en huldigde zijn fabelachtige keuken.

### Vrijdag 9 Juni.

's Morgens wordt reeds vroeg verzamelen geblazen en om half acht wordt de weg naar Mont St. Michel ingeslagen. Reeds tijdens de rust in Avranches zien wij dit ranke bouwwerk in de wazige verte oprijzen, temidden van de uitgestrekte zandvlakte, die het omgeeft en die met hoog water zeer snel wordt overstroomd. 's Middags brengen we eenige uren door in deze klooster-vesting, waaraan legende en geschiedenis nauw verbonden en dooreengeweven zijn. Zoo wordt verhaald dat in de 7de eeuw de grondslag is gelegd door St.-AUBERT, bisschop van Avranches, aan wien Aartsengel MICHAEL tot drie maal toe in een droom de opdracht geeft om een heiligdom te stichten op de Mont Tombe, een kale granietrots in de naburige baai. Tusschen de 9de en de 16de eeuw breiden Benedictijner monniken dit uit tot een groote en machtige abdij, welke naar den aard van den beschermheilige tevens een sterke burcht wordt; aangetrokken door de tallooze mirakelen, die er aan worden toegeschreven, stroomden pelgrims en boetelingen van heinde en verre naar deze beroemde bedevaartplaats toe, maar tegen het einde der 16de eeuw raken zeden en gebouwen in verval door wanbestuur tengevolge van het Concordaat van 1516. In 1622 komt het klooster in handen van de Congregatie van St.-Maur en maakt een bloeitijd door, welke de Fransche Revolutie beeindigt. Als staatsgevangenis van 1790 tot 1863 vervalt Mont St.-Michel hoe langer hoe meer, totdat het Rijk van 1874 af een welgeslaagde restauratie onderneemt. Thans is de heilige berg door kloosterlingen verlaten en ligt daar als een lichaam zonder ziel; de talrijke huisjes, waar de geloovige bedevaartgangers in de Middeleeuwen voedsel en onderdak konden verkrijgen, zijn veranderd in curiositeitenwinkels en restaurants en het geheel staat in het teeken van het vreemdelingenverkeer. Maar iets van de gewijde sfeer is nog blijven hangen onder de kruisbogen der kloostergangen, in de vele gotische kapellen en onder de monumentale gewelven der romaansche basiliek.

Na dit architectonische uitstapje rijden we via Dinan naar Cap Fréhel aan de noordkust van Bretagne om ons weder op de geologie toe te leggen. Tusschen deze kaap en het zuidoostelijk gelegen Fort de la Latte rust „grès feldspathiques et poudingues

d'Erquy" op granodioriet en de geconstateerde verwerking van dit laatste gesteente langs het golvende contactvlak, bewijst, dat hier een discordantie is opgetreden. De granodioriet, welke van praecambrischen (of cambrischen) ouderdom is, volgt de tectonische as van de omgeving, de z.g. „direction de Léon" (Jbk. der M. V. 1936—'37, blz. 189). Na de Hercynische plooiing volgde een tijdperk van denudatie, waarbij zich op dit dieptegesteente een basisconglomeraat afzette, dat bestaat uit groote en kleine rolsteen, afkomstig van de granodioriet en andere gesteenten, welke toentertijd aan de erosie blootstonden; duidelijk ziet men naast de witte brokken kwarts afgeronde fragmenten van grijze en roze kwartsiet, benevens resten van metamorfe gesteenten. Hierop volgt een rose veldspathhoudende zandsteen, welke over het algemeen grofkorrelig is; ze wordt doorsneden door diabaasgangen van een paar decimeters dikte, die bijna loodrecht op de richting van Léon staan en tot het Carboon gerekend worden. De ouderdom van de zandsteen en het conglomeraat is niet bekend, maar ligt in tusschen Perm, dat het discordant bedekt, en Cambrium of Praecambrium.

Tegen 8 uur keeren we naar Dinan terug, waar overnacht is in Hotel Bretagne.

### Zaterdag 10 Juni.

Na het ontbijt rijden we weer in de richting van Cap Fréhel, alwaar we ten Zuiden van Fort de la Latte door de bosschen van Château du Meurtel bij Plévenon afdalen naar den voet der falaisekust van de schilderachtige Baie de la Frénaye. Hier is een door regionale metamorfose intensief veranderd gesteente van praecambrischen ouderdom te zien, dat thans in amfiboliet („schistes à amphibole d'Erquy") is overgegaan. Daarna is de granodioriet binnengedrongen (dezelfde, die we reeds den vorigen dag hebben gezien) en deze heeft brokken der schist opgenomen en gedeeltelijke omkristallisatie ervan veroorzaakt. Het geheel is later nog doorbroken door fijnkorrelige diabaasgangen.

Verder naar het Westen reizend, vinden we in de steengroeven ten Noorden van Erquy de „grès feldspathiques et poudingues d'Erquy" discordant liggen op de „schistes à amphibole". De

zandsteen is ook hier grofkorrelig en plaatselijk door dynamo-metamorfose in kwartsiet overgegaan. Het basisconglomeraat, dat direct op de amfiboliet rust, bevat hoofdzakelijk kwartsblokken en enkele stukken schist. Men heeft reden om aan te nemen, dat zandsteen en conglomeraat in het Siluur zijn afgezet, hetgeen niet in strijd is met de waarnemingen bij Cap Fréhel.

Daarna bezoeken wij Cap Verdelet, een ver in zee stekende rots van kwartsandesiet. Als fenokristen bezit dit gesteente plagioklaas met zonalen bouw en biotiet; in de grondmassa komt microscopisch fijn verdeeld kwarts voor. De uitvloeiing had in post-Armoricaansche tijden plaats.

Na een blik te hebben geworpen op een zeer fijnkorrelige graniet met een gneis-achtig uiterlijk, laten we ons naar St. Briec brengen, de hoofdstad van het Bretonsche „département de Cote du Nord". Daar wordt in een groeve een frissche, grijsgetinte, praecambri-sche kwartsdioriet aangetroffen, die zich op het eerste gezicht niet van biotietgraniet onderscheidt; bij nadere beschouwing blijkt de orthoklaas echter te ontbreken. Tevens komen we op het spoor van een fraaie, roode graniet, waarmee huizen gesierd worden en die afkomstig is uit een carrière bij Notre Dame de la Clarté ten Noorden van Lannion. Een dergelijk petrografisch buitenkansje is niet te versmaden en er wordt besloten om het dagprogramma uit te breiden met een bezoek aan dit plaatsje. En de moeite is niet vergeefs! De graniet is pegmatitisch ontwikkeld, met groote roode orthoklaaskristallen, lichtgroene plagioklaas, zwarte biotiet en helder witte kwarts en is doorsneden door pegmatietgangen; in de groeve was een groot kliefvlak met een oppervlak van tientallen vierkante meters blootgelegd; de aanwezigheid hiervan wijst op inkrimping tijdens het stollen. Na nog een kijkje te hebben genomen in de werkplaats, waar dit gesteente wordt bewerkt, rijden we terug naar het naburige Port de Perros, een alleraardigst visschersdorpje aan de Noord-Bretonsche kust. Aangezien het langzamerhand tijd voor het diner is geworden en het einddoel, Le Conquet, nog lang niet in zicht is, wordt hier een diner voor 22 personen besteld, dat snel geïmproviseerd, geserveerd en verdwenen is.

Dan wordt de tocht vervolgd; de avond legt zich over het licht golvende Bretonsche land en als af en toe baaien en inhammen

zich voor ons opendoen, zien wij de zon zacht in een zilverige zee verzinken. De nacht valt en een grondnevel sluit de wereld voor ons af, maar onvermoeibaar brengt de chauffeur het grootendeels duttende gezelschap door een hem onbekende streek over Brest naar Le Conquet, de meest westelijke vissershaven van Frankrijk. Na middernacht worden we in Hotel Bretagne ontvangen door eenige wezens in nachtgewaad, de elektrische stoppen weigeren op dit late uur dienst te doen en slaan telkens door, maar ondanks dat vindt ieder spoedig een welverdiende rust.

### Zondag 11 Juni.

's Morgens heeft aan de haven de zegening der zee plaats, ten einde voor de mannen een behouden thuiskomst af te smeeken en we zijn getuigen van de Sacramentsprocessie, die in Bretagne met bijzondere devotie gehouden wordt; de straten zijn bedolven onder bloemen en alle huizen zijn behangen met helder witte lakens. De inwoners verschijnen in hun beste kleeren en vooral de ouderen, maar ook vele jongeren, droegen de karakteristieke, sobere Bretonsche kleederdracht.

Voor den middag staan er weer enkele interessante geologische uitstapjes op het programma, en het eerste voert ons per bus en roeiboot naar Ile Le Melon, ten Noorden van Le Conquet. Dit eiland is niet meer dan een kleine klip vlakbij het vaste land, geheel bestaande uit porfyrische graniet, welke zich ook op de tegenoverliggende kust voortzet. Deze graniet wordt gekenmerkt door groote veldspaatfenokristen en heeft tijdens de intrusie een palaeozoïsche leisteen opgenomen, die als talrijke xenolieten is terug te vinden in verschillende stadia van metamorfose; in sommig is de oorspronkelijke gelaagdheid bewaard gebleven, andere zijn sterk gegranitiseerd en bevatten, evenals het moedergesteente, groote veldspaatkristallen, terwijl in enkele de graniet volgens de laagvlakken is binnengedrongen, zoodat ze het uiterlijk van een injectiegneis hebben.

Teruggekeerd in Le Conquet, wandelen we onder langs de falaisekust zuidwaarts tot aan Pointe St.-Mathieu, die van uit het Noorden den toegang tot de Reede van Brest beheerscht. We vinden hier stauroliet-, granaat- en sillimanietglimmerschisten,

die intensief geplooid zijn, met de plooingsas ongeveer loodrecht op de kust. Ze zijn ontstaan uit palaeozoïsche leisteen, welke tijdens de Armoricaansche plooingsphase in syn- en anticlinalen met steile vleugels is geplaatst en daarbij dynamometamorf in schist is veranderd. Behalve granaatporfyroblasten van enkele centimeters grootte, bevat het gesteente ook plaatselijk veel stauroliet en verder groote, onregelmatig begrensde kwartsblokken (fig. 3). De ontstaanswijze van deze laatste is niet zeker; het is mogelijk, dat de  $\text{SiO}_2$



Fig. 3. Kwartsblok in geplooid schist ten Zuiden van Le Conquet.

uit het oorspronkelijke materiaal zich tijdens de hervorming in deze klompen heeft geconcentreerd, doch anderen meenen, dat ze van lateren datum zijn en dat het kiezelzuur aangevoerd is door de post-Armoricaansche graniet, die in de buurt wordt aangetroffen; hiervoor pleit ook de zeer onregelmatige verspreiding der blokken door het gesteente.

De toeringcar pikt ons weer op bij het oorlogsmonument van Pointe St.-Mathieu en brengt ons naar het hotel in Le Conquet terug.

### Maandag 12 Juni.

Deze dag brengt ons allereerst via Brest in Plougastel, waar we een merkwaardige „Calvaire” bekijken; in dit beeldhouwwerk, dat

in 1602 is opgericht uit dankbaarheid voor het beeindigen van een pestepidemie, zijn verschillende tafreelen uit het leven van Christus weergegeven.

Daarna bezoeken wij een kersantietgroeve bij l'Hôpital; dit lamprofyrische splitsingsproduct van een dioritisch magma is binnengedrongen in devonische schisten, welke hierdoor contact-metamorfose hebben ondergaan. Langs het contact vertoont de kersantiet zelf een fijnere structuur dan elders ten gevolge van snelle afkoeling, terwijl vele xenolieten zijn ingesloten. Het microscopisch onderzoek van dit gesteente toont echter aan, dat we eerder met een pegmatitische dan met een lamprofyrische ontwikkeling te maken hebben; de witte grondmassa bestaat geheel uit een schriftgranitische vergroeiing van kwarts en orthoklaas, terwijl hierin de „donkere mineralen” liggen, nl. lichtgroene chloriet ontstaan uit biotiet, groene amfibool, epidoot en calciet.

Vroeg in den middag wordt Ile Longue bereikt, een eilandje voor den zuidelijken oever van de Reede van Brest, dat thans door een dam met het vaste land is verbonden. Hier bevindt zich een groeve van lipariet, (kwartsporfyr), die een contactwerking op de omringende devonische schalies heeft uitgeoefend; het effusief-gesteente bevat geel tot bruin verweerde veldspaat, heldere kwarts-kristallen (dihexaëders) en plaatselijk is een vloeistruktuur zichtbaar.

De autotocht eindigt dezen dag in Hotel Pointe des Pois, gelegen aan de bekoorlijke Bocht van Penhir, maar voor het avondmaal verkennen we nog te voet het strandprofiel langs deze baai. Het gesteentepakket, dat hier gevonden wordt, is gedurende het Ordovicium tot en met het Devoon afgezet en tijdens de Hercynische plooiing tot een synclinaal gebogen, waarvan de plooiingsas ongeveer van Zuid naar Noord loopt; de oostelijke vleugel is gestoord door twee verschuivingen. Gaande in zuidoostelijke richting ontmoeten we achtereenvolgens „grès Armoricaïn” uit het Onder-Ordovicium (Arenig), „schistes d'Angers” uit de volgende Ordovicium-étage het Llandilo met *Calymene* sp., „grès de May” uit het Boven-Ordovicium, leisteen uit het Boven-Siluur met *Monograptus* en verder devonische kalksteen (Coblentzien) met *Spirifer* sp.

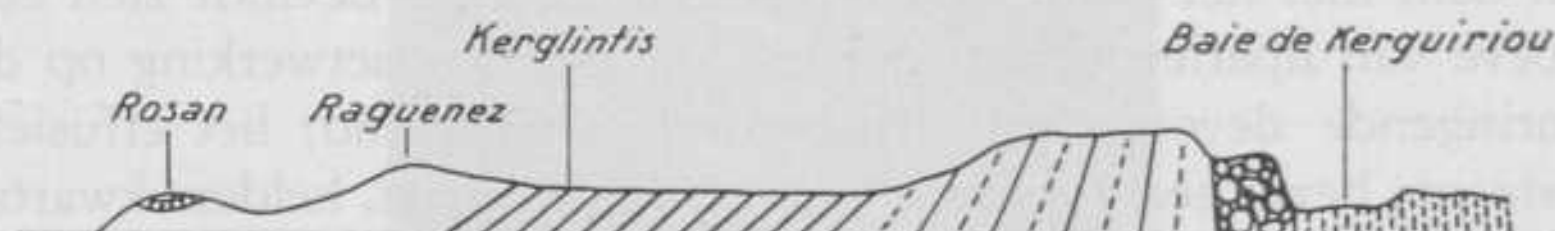
Na het diner laten velen in den vallenden avond bij de semaphoor

van Pointe des Pois de steeds wisselende indrukken op zich inwerken, die de aanrollende golven van den Atlantischen Oceaan aanvoeren. „On voyait se dessiner très loin, les unes par-dessus les autres, toutes les découpures de la côte, la terre de Bretagne finissait en pointes dentelées qui s'allongeaient sur le tranquille néant des eaux. Au premier plan, des roches criblaient la mer; mais, au delà, rien ne troublait plus son poli de miroir; elle menait un tout petit bruit caressant, léger et immense, qui montait du fond de toutes les baies. Et c'étaient des lointaines si calmes, des profondeurs si douces! <sup>1)</sup>

### Dinsdag 13 Juni.

Na een ochtend van zalig nietsdoen op het strand — eenige junior-smulpapen lieten zich kreeft en Chablis op bed voorzetten

#### PROFIEL VAN ROSAN-RAGUENEZ TOT EN MET KERGUIRIOU




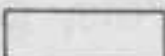

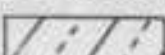
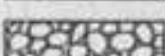

-  *Calcaires de Rosan*
-  *Bov. Siluur, schalies met tuffen, porfierieten en diabaasstroomen*
-  *Schistes d'Angers*
-  *Grès Armoricain*
-  *Cambrische conglomeren*
-  *Brioverien, grauwacken en phtanieten van Lamballe (Precambrium)*

Fig. 4.

— volgen we in den laten namiddag het profiel van Rosan tot Kerguiriou (fig. 4). Rosan ligt ongeveer in de kern van een Hercynische synclinaal; als jongste gesteente treffen we hier de „calcaires de Rosan” uit het Boven-Ordovicium (Caradoc) aan.

<sup>1)</sup> PIERRE LOTI, *Pêcheurs d'Islande*; Cinquième Partie VIII.



Dan volgt een bonte afwisseling van effusiva en schalies uit het Siluur; de aangetroffen tuffen hebben een andesitisch uiterlijk; de diabaas is zoowel grof- als fijnkorrelig, breekt in gangen door de schisten of ligt als breede platen concordant tusschen de lagen. Na de „schistes d'Angers" en de „grès Armoricaïn" volgt een cambrisch conglomeraat, dat discordant rust op praecambrische grauwacken en phtanieten (fijn kristallijne kiezellei). Over het breede strand, dat bij laag water vrij komt, over glibberige rotsen en langs den uitersten zoom van de kale vlakte, die den bovenkant der falaise vormt, bereiken we Kerguiriou, waar de bus ons wacht en laat in den avond weer in Hotel Pointe des Pois afzet.

### Woensdag 14 Juni.

Dezen dag bezoeken we eenige typische Bretonsche plaatsjes, en wel eerst Loc Cronan, van ouds bekend door zijn houtsnijwerk, dat ook reeds een sobere maar kunstzinnige versiering vormt van de 15de eeuwse kerk, gewijd aan den beschermheilige St.-Ronan.

Verder naar het Zuiden stappen we af aan de haven van Douarnenez en hier doet zich een ware kleurenrijkdom aan ons voor. In het blauwe water der baai, met de grijze massa van een kaap op den achtergrond, liggen de rood-bruine visschersschepen voor anker en de lichtblauwe netten hangen in de mast te drogen. Op de kade wandelen de visscher-veteranen met rood-baaien broek, langen witten baard en donker blauwe baret en op de straatsteenen en steigers ligt een weelde van zilvergrijze visch uitgestald.

Een bedrijvige visschersplaats is ook Concarneau, een oud vestingstadje, waar tevens kustvaarders een beschutte reede vinden.

Onderweg liepen we nog een kleine kans om onze 10-tons bus in een diepe ravijn te zien storten, want er moest een brug met een maximum draagkracht van 7 ton worden gepasseerd; gelukkig houden ook de Fransche ingenieurs van een ruime veiligheidscoëfficiënt, zoodat deze passage zonder ongelukken slaagde.

In de buurt van Scaër, ten Oosten van Quimper, bedrijven we dan weer eenige geologie op een akker, waar het wemelt van groote, zuiver begrensde staurolietkristallen, waarvan vele de kenmerkende

kruisvormige tweelingen vertoonen. De ondergrond bestaat hier uit een praecambrische glimmerschist met groote stauroliet-porfyroblasten en terwijl de overige bestanddeelen door de verweering akkeraarde leveren, blijven de staurolietindividuen onaangetast achter en vormen een nachtmerrie voor den boer, voorzover ze tenminste niet door ons zijn meegenomen.

Na nog een kijkje te hebben genomen in een groeve van tweeglimmergraniet (z.g. „granulite”) bereiken we Carnac, waar de tenten worden opgeslagen in Hotel Celtique.

### **Donderdag 15 Juni.**

Natuurlijk kunnen we Carnac niet verlaten zonder de beroemde „alignements des menhirs” te bezoeken; in lange rijen staan de langwerpige steenen naast en achter elkaar en vormen een onbegrepen boodschap uit praehistorische tijden. Het begint zachtjes te regenen en dat is ons nadien nog wel eens meer overkomen.

Dan wordt de reis in noordoostelijke richting voortgezet tot dat het plaatsje Josselin is bereikt. Hier bezichtigen wij het luisterrijke Château Rohan, dat in de 12de eeuw is gesticht en in de 16de en 17de eeuw bijna volledig in gothischen stijl is vernieuwd; het wordt thans nog steeds bewoond door de familie Rohan, die het trotsche devies voert: „Roi ne puis, Prince ne daigne, Rohan je suis, ça me suffit”.

In den middag arriveeren we te Rochefort la Terre, waar langs den weg een geologische speurtocht en competitie wordt georganiseerd. Er is hier een silurische leisteen door een tweeglimmergraniet contactmetamorf veranderd; de successievelijke omzetting in nopjeslei en chiasolietlei blijft den meesten ploegen niet verborgen en reeds schijnt de oefening tot een goed einde te zijn gebracht, als Prof. GRONDIJS ons een smalle zone van granaatcordieriethoornrots onthult, welke slechts een enkeling had ontdekt; het merkwaardige gesteente bestaat vrijwel geheel uit cordieriet en granaat, met ondergeschikt wat stauroliet, muscoviet, biotiet, tamelijk veel erts, terwijl kwarts volkomen ontbreekt. Opvallend is dat de graniet op het scheidingsvlak weinig of geen kwarts bevat.

Ook bij Redon ten Oosten van Vannes ligt een contacthof; hier

wordt een fraaie chiastolietlei gevonden, waarin vooral bij verweering de witte „andalusietkristallen” in de grijze leisteen duidelijk zijn waar te nemen; microscopisch blijkt dat hier alle andalusiet in muscoviet is omgezet.

Even buiten St. Gildas slaan we nog een blik op en enige handstukken uit een kwartsiet, gelegen tusschen grauwacke en phylliet en dan rijden we over St.-Nazaire naar La Baule, een mondaine badplaats, ten noordoosten van de monding der Loire, waar Hotel Bretagne (en dépendance) ons onderdak verschaft.

### Vrijdag 16 Juni.

Gedurende een groot deel van den ochtend wordt een strandwandeling gemaakt van Cap Chemoulin af zuidoostwaarts in de richting van St.-Marc en van St.-Marc naar Martinville. De ondergrond bestaat hier hoofdzakelijk uit intensief geplooid gneis, en dat wordt aan de steile kust mooi ontsloten (fig. 5 en 6). Bij Cap



Fig. 5. Geplooid gneis ten Zuiden van Cap Chemoulin.

Chemoulin is het vermoedelijk een paragneis, dooraderd met talloze pegmatiet- en aplietgangen; even verder valt een opmerkelijk sillimanietgehalte te constateeren, hetgeen wel zeer sterk op een sedimentairen oorsprong der gneis wijst. Tusschen St.-Marc en Martinville zijn de gneisen en schisten doordrenkt met granietintrusies en pegmatietgangen, w.o. pegmatieten met groote toermalijnkristallen opvallen. Naast de paragneis komen ook sillimaniet-



Fig. 6. Kust bij St.-Marc.

schisten voor, welke biotiet en microscopisch fijne sillimanietnaaldjes bevatten; de aanwezigheid van granaatkristalletjes is zeldzamer en doet het gesteente overgaan in een granaat-sillimanietschist. Het geheele complex behoort tot de oudste en meest vergaand geplooiden en hervormde formaties van het Armoricaansche massief; de plooingsas loopt in hoofdzaak van Zuidwest naar Noordoost, d.i. ongeveer loodrecht op de strekkingsrichting der granietlichamen.

In den middag brengen we een bezoek aan de onder- en bovengrondsche werken van de ijzermijn te Segré, noordwestelijk van Angers. Het erts is van sedimentairen oorsprong en is metamorf in magnetiet veranderd. Het komt voor in eenige lagen met een helling van  $\pm 60^\circ$  in „grès Armoricaïn” en „schistes d'Angers”; hiervan worden er twee afgebouwd en deze hebben een dikte van resp. 1 m en 1,5 m en een gehalte van 60% Fe; de rest bevat 45%

Fe, hetgeen te weinig is. De concessie is ontsloten door twee schachten van resp. 200 m en 400 m en op deze diepten is een lucht- en een vervoersverdieping gedreven. Tusschen beide étages is het erts in twee deelen gescheiden door middel van tusschen-galerijen op 300 m diepte. Ophouwen, voorzien van ladders, verbinden de galerijen om de 30 m met elkaar, zoodat de lagen zijn verdeeld in velden, welke met magazijnbouw worden ontgonnen en waarin het erts over een frontlengte van 25—30 m in opwaartsche richting wordt afgebouwd.

Door de veiligheidspijlers, welke de onderliggende galerijen moeten openhouden, zijn om de 5 m trechters gedreven, waardoor het losgeschoten erts wordt afgetapt. In elk magazijn worden twee driehoekige pijlers uitgespaard om de zakking van het dak tegen te gaan. Het boren der schietgaten heeft plaats met slaand-draaiende boorhamers, die zich automatisch langs leibalken voorwaarts bewegen; van te voren zijn vlak bij den vloer eenige gaten van 20 cm diep gemaakt, waar de leibalken in worden geklemd.

Het opgevoerde erts wordt bovengronds in rondbrekers vermalen en in een magneetscheider aangerijkt, waarna het per spoor naar de hoogovens wordt getransporteerd. In het bedrijf zijn 380 arbeiders werkzaam, waarvan 350 ondergronds.

Hoe belangwekkend dit alles ook was, de aandacht werd wel het meest gespannen, toen een batterij flesschen met een licht mousseerende witte Anjou werd ontkurkt, die de Directie ons offreeerde. Zoo goed was deze wijn, dat een flesch, die door de heeren fijnproevers als ongeschikt voor de consumptie werd gekwalificeerd, een godendrank gelijk scheen.

's Avonds bereiken we Angers, waar de kwartieren in Hotel Royal worden betrokken. Angers was vroeger de zetel der Hertogen van Anjou en vele gebouwen herinneren nog aan dien tijd, zooals het Hotel Pincé en de Ruïnes van het Château d'Anjou.

### Zaterdag 17 Juni.

Den morgen besteden we aan het bezoeken van de „Ardoisières d'Angers”, waar de „schistes d'Angers” ondergronds en in dagbouw worden gewonnen. Met vijf man tegelijk worden we in houten bakjes aan een kabel naar beneden gelaten, waar zich

op 250 m diepte eenige werkpunten bevinden. Voor den afbouw geschikte leisteenbanken worden met galerijen (f 20,— per m.) opgespoord en deze worden ontgonnen in kamers van  $30 \times 30$  m. Men schiet groote blokken lei los door op regelmatige afstanden gaten in het dak te boren en hierin buskruit tot ontploffing te brengen ( $300 \text{ g per m}^3$  lei). Alleen de groote stukken hebben waarde, het gruis, dat bij boren en schieten ontstaat en de afval uit de werkplaatsen dient als vulling en vormt den vloer, waarop de arbeid in de kamers wordt verricht; per jaar moet de vervoergalerij  $\pm 5$  m worden opgehoogd. Doordat het materiaal zeer breekbaar is, wordt slechts 20% van de afgebouwde lei naar boven vervoerd, terwijl niet meer dan 15% als gereed product in den handel komt. Bovengronds kan de verwerking op twee manieren geschieden, nl. in werkplaatsen, waar iedere arbeider een bepaalde manipulatie uitvoert, of in honderden houten loodsjes, geheel met lei bekleed, in elk waarvan een geschoolde kracht met een jongmaatje dakleien maakt. Verbluffend handig wordt met beitel en hamer blokken en platen in de vereischte dikte (tot 4 mm) gespleten en met een trapmachine worden ze dan op den gewenschten vorm en afmeting gesneden. In de groote werkplaatsen worden de aangevoerde blokken machinaal gezaagd en gespleten, waaruit vervolgens billartleien, daklei, e.d. worden gefabriceerd. De totale dagproductie bedraagt 600 ton.

De rest van den dag genieten we van de schoonheden, die de oevers der traag stroomende Loire bieden. Te midden der glooiende landerijen verheffen zich de sombere en indrukwekkende burchten uit de Middeleeuwen naast de sierlijke en prachtige lustsloten uit den tijd der Renaissancevorsten; hier spreekt het roemruchte verleden en de vergane glorie van het oude Frankrijk.

Als aangename afwisseling wordt het Chateau de Langeais bezichtigd, dat onder de regeering van Charles VIII is gebouwd. Het is aan het begin van deze eeuw gerestaureerd en thans bergen de stevige wallen en robuste torens een schat van meubelen en Vlaamsche gobelins.

Via het historische Tours arriveeren we in Blois, waarvan het stadsbeeld al van verre beheerscht wordt door de St.-Nicolaaskerk en het machtige kasteel. Om in stijl te blijven wordt overnacht in Hotel Château.

### Zondag 18 Juni.

Deze dag is geheel van geologie gespeend en dient om den grooten sprong naar het Massif Central te maken. Voor ons vertrek bekijken we echter nog het koningsslot, dat onder Louis XII in laat-gothischen stijl is opgetrokken en waaraan door Francois I en Gaston d'Orléans twee vleugels zijn toegevoegd. De Renaissance-vleugel van Francois I is zeker het mooiste gedeelte en bevat ruime zalen met rijke muurtapijten en fraaie wandschilderingen; opvallend zijn de knap gebeeldhouwde schouwen, waarin de vuursalamander prijkt, het embleem van dezen vorst („je brule sans me consommer"). Aan de buitenzijde bevindt zich een open wenteltrap naar Italiaanschen trant, welke met zijn stijlvolle ornamentering een lust voor het oog vormt.

Over Bourges en Moulins gaat de reis dan naar Vichy, waar we onzen intrek nemen in Hotel Balmoral et Menton. Dit touristen-centrum met zijn heilzame bronnen en casino, levert veel gelegenheid tot vermaak, waarvan een druk gebruik wordt gemaakt.

### Maandag 19 Juni.

De hoofdschotel vormt de studie van enkele details der palaeozoïsche gesteenten uit het Massif de Madeleine. Van Vichy uit oostwaarts rijdende, vinden we bij Les Crivats Hercynisch geplooid „grès anthracifer" uit het Boven-Viséen (Onder-Carboon). Deze zandsteen bevat behalve adertjes steenkool zeer zure, uiterst fijnkorrelige, carbonische tuffen en ook banken met mariene fossielen, zoodat het zeeniveau in die tijden geschommeld moet hebben. Het geheel is doorschoten met gangen van grofkorrelige porfyrische graniet.

Enkele kilometers verder gaat deze formatie over in een grauwacke uit het Midden-Viséen; de lagen staan zeer steil. Bij Ardoisière in het dal der Sichon wordt in de ontkalkte grauwacke een klassieke vindplaats van ondercarbonische fossielen bezocht; in deze lagen worden meer dan 200 soorten aangetroffen: trilobieten, *Phillipsia* sp., *Spirifer* sp., *Productus* sp., *Encrinus* sp., enz. In verband met het dien dag nog af te werken programma kan aan de enthousiaste fossielenjagers echter niet worden toegestaan om dit record te breken.

Op het Midden-Viséen rust discordant een tertiair basaal-conglomeraat, dat bestaat uit rolsteenen van kwarts en veldspaat en zeer waterhoudend is; in feite is het een uiterst grofkorrelige arkose, dat ontstaan is door afbraak der profyrische graniet. Op de „poudingue” rusten vier lagen oligocene mergels. De tertiaire afzettingen zijn hier niet dikker dan 30 m, bij Vichy is het Palaeozoïcum trapsgewijs verzakt tot 100 m en in het midden der Limagne ligt het  $\pm$  1500 m diep.

De Sichon volgende, treffen we in hetzelfde gesteente een duidelijk geval van „magmatic stooping” aan. Een granietintrusie is door de sedimenten heengebroken en de ingesloten fragmenten zijn gemetamorfoseerd tot nopjeslei en hoornrots. Bij Ferrières heeft deze graniet een devonische kalksteen veranderd; met zeer veel inspanning lukt het enkele brokken uit dit taaie materiaal af te slaan. Microscopisch onderzoek toonde aan, dat de kalksteen volkomen verkiezeld is met vorming van veel epidoot en hoornblendevazels.

Bij Matichard biedt een kraterpijp van andesiet veel sterker weerstand aan de erosie dan de overige gesteenten, zoodat een heuvel is ontstaan, die in vorm scherp contrasteert met de omringende glooiende hellingen. Het effusief gesteente is in het Carboon aan de oppervlakte gekomen en is door contactmetamorfose voor een groot deel geamfiboliseerd en gesericitiseerd tot „corne vert”.

In den namiddag nemen we een kijkje bij de koper-tinmijn van Charrier, welke gelegen is in het gebied van de Failles de Forez. Hier ligt een schist met in de buurt een granietlichaam, waarvan porfyrische uitloopers het gesteente doorsnijden. Een stelsel Oost-West verloopende scheuren heeft de formatie toegankelijk gemaakt voor ertsoplossingen uit de magmahaard en deze hebben kassiteriet en magnetiet afgezet. Vervolgens is een complex Noord-Zuid gerichte spleten ontstaan, dat met borniet en chalcopyriet werd gemineraliseerd, vooral op de snijpunten van beide systemen. Parallel hiermede had sterke chloritisatie van schist en graniet plaats. Verder wordt er nog pyriet, galeniet, sfaleriet, calcië, bariet en wat argentiet gevonden. Het erts is evenwel dermate fijn vergroeid, dat het niet te verwerken is, maar gelukkig voor den eigenaar wordt er op de concessie een zeer zuiver mineraalwater gewonnen, dat als „eau de Charrier” op de markt komt. Door het



Bois Noirs, een donker woud van machtige denneboomen, brengt de bus ons naar Tiers, op den oostrand der Limagne. In het licht der ondergaande zon strekt de 40 km breede slenk zich voor ons uit met op den achtergrond de imposante contouren van de Mont Dore met aan den voet Clermont Ferrand. Dit is het einddoel van deze dagreis en we stappen er af bij Hotel Terminus.

### Dinsdag 20 Juni.

Het programma vermeldt voor dezen dag het bezoek aan La Chaine des Puys, hetgeen plaats vindt onder de bij uitstek deskundige leiding van Prof. J. JUNG, hoogleerzar aan de Universiteit te Clermont Ferrand, terwijl tevens diens assistent Mr. ROQUES van de partij is, die ons van Vichy tot Montluçon heeft vergezeld en voorgelicht.

Allereerst rijden we naar de Gravenoire, een kwartaire krater, welke het westelijke verschuivingsgebied van de Limagne mar-

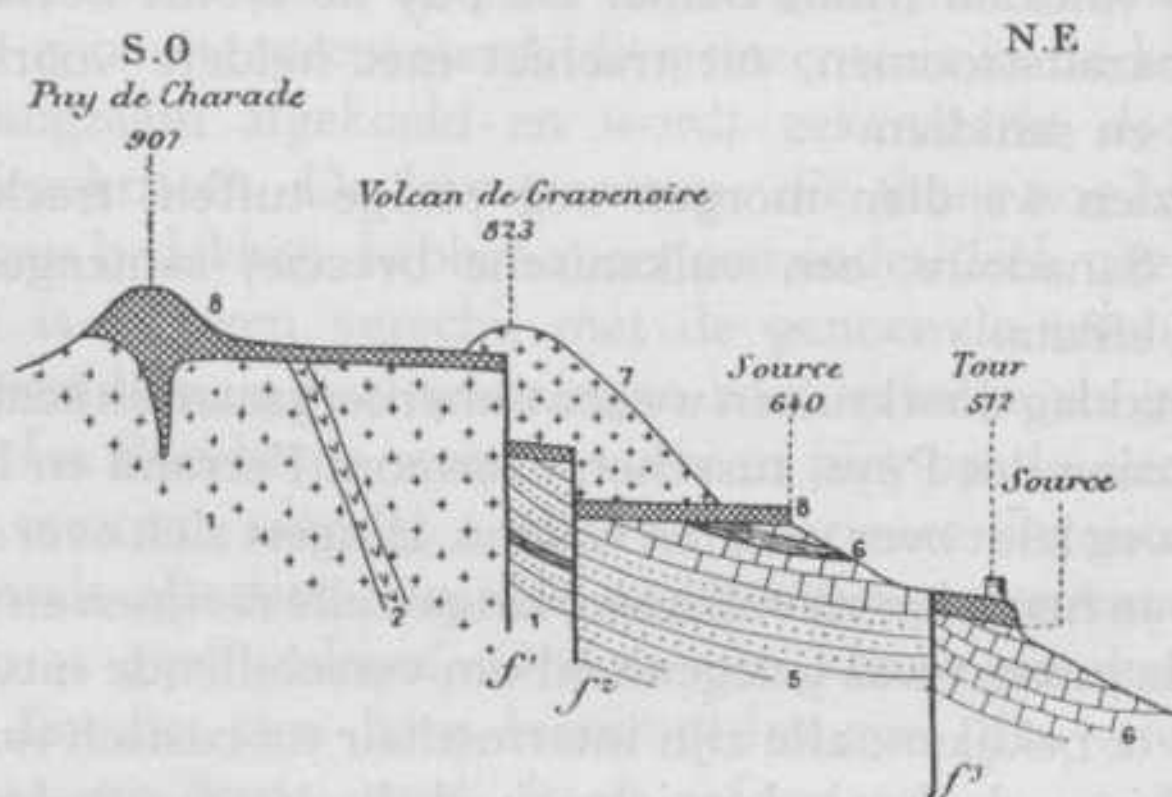


Fig. 7. Coupe N.-E. des volcans de Charade et de Gravenoire.

1. Granite; 2. Filon de Granulite; 5. Arkoses et argiles; 6. Calcaires marneux; 7. Cône éruptif (scories, pouzzolanes de Gravenoire); 8. Coulée de basalte porphyroïde de Charade découpée par les failles  $f^1$   $f^2$   $f^3$ .

keert (fig. 7). Het is het type van een stratovulkaan, waarvan de explosieve werking sterker was dan de effusieve. De aslagen, die ook lapilli en bommen bevatten, worden thans afgegraven; in de laatste komen fenokristen van augiet, olivijn en veldspaat voor. In de buurt bevinden zich de bazaltstroomden der Puy de Charade,

die van mioceenen ouderdom zijn, dus zijn uitgevloeid, voordat de Limagne-slenk was ontstaan; wegens hun resistentie tegen verweering vormen ze nu den top van plateau's en kammen in dit dal. De ouderdom der lavastroomen wordt bepaald door de hoogte, waarop ze gevonden worden, de hoogste zijn de oudste, deze zijn nl. op hoogere terrassen gedeponeed.

Vervolgens passeeren we de Pont des Soupirs, waar een rivierdal in graniet gedeeltelijk is opgevuld door een bazaltuitvloeiing, welke met een eenigszins gebogen oppervlak is gestold, zoodat nu aan weerskanten twee stroompjes zich een weg hebben gebaad.

Daarna is de bestijging per auto van den 1465 m hoogen Puy de Dôme aan de beurt, hetgeen ons op een warmgelopen motor komt te staan, dank zij een vastzittenden handrem. Op den top van dezen koepelvormigen vulkaan breidt het geheele Massif Central zich beneden ons uit; naar het Zuiden rijt de eene krater na de andere zich tot een lange keten en heel ver weg blinkt de sneeuwtop van den Mont Blanc. De Puy de Dôme bestaat, afgezien van bazaltstroomen, uit trachiet met heldere voorkristallen van olivijn en sanidien.

Verder zien we dien morgen nog eenige tuffen, trachieten en de Roche Sanadoire, een vulkanische breccie, samengesteld uit allerhande efflata.

In den middag doorkruisen we een onherbergzaam en kaal gedeelte van La Chaine des Puys, tusschen Clermont Ferrand en La Bourboule. De weg leidt over verlaten vlakten, slingert zich over de naakte hellingen van heuvelen en vulkanen, langs steile ravijnen en stille meren. Op vele punten was gelegenheid om verschillende uitvloeiingsgesteenten te bekijken; alle zijn intermediair tot basisch van samenstelling en hieronder bevinden zich ook alkalische, die vierkante nefelietzuiltjes en leucietkristalletjes vertoonen, terwijl de mineralen augiet, olivijn en sanidien algemeen voorkomen. Zeer opvallend zijn de fonolietorgels, die als uitgehouwen tegen de naburige rotsen liggen.

Omstreeks 7 uur bereiken we La Bourboule, een bekende kinderbadplaats, waar het wemelt van klein grut en kindermeisjes. Het is dan ook wel aan de locale sfeer toe te schrijven, dat, tijdens het diner in Hotel des Ambassadeurs, de diensters de vraag van Prof. GRONDIJS naar „Beaune de 23" verstonden als „une bonne de 23", aan welk verzoek niet zoo direct kon worden voldaan.

**Woensdag 21 Juni.**

La Bourboule wordt in het Zuiden begrensd door de Mt. Sancy en in het Noorden door den steilen wand van de meest recente verschuiving in Europa. Deze laatste is gelegen in de Hercynisch geplooide graniet, waarvan op den hoogen Noordflank de deklagen voor een groot deel zijn weggeërodeerd. Aan den voet van deze verschuiving ontspringt een geneeskrachtige bron, waarvan het water uit een diepte van 86 m komt op een temperatuur van 55° C. en sporen As, Fe en radioactieve stoffen bevat. In de bottelarij worden flesschen en ampullen eerst met CO<sub>2</sub> gevuld om de lucht te verdrijven en dan met het bronwater, opdat een deel der heilzame bestanddeelen niet door oxydatie neerslaat; het dient als remedie tegen bronchitis.

De Mt. Sancy is de hoogste top van het Mont Dore-gebied. De kegel bestaat uit een vulkanische breccie waardoorheen eenige diatremata van trachiet loopen, die wegens hun groote hardheid bovenaan zijn uitgeprepareerd; dit gesteente is in de kraterpijpen slechts langzaam afgekoeld en wordt gekenmerkt door enorme sanidienfenokristen. De lavastroomen, die thans nog hier en daar de hellingen bedekken, hebben meer een andesitisch uiterlijk, maar chemisch is er geen verschil met de genoemde trachiet; alleen komt de sanidien in de uitvloeiingen hoofdzakelijk als grondmassa voor. Bij La Bourboule rust de vulkaan niet op de oude graniet, maar op miocene cineriet („cinerite inférieure rhyolitique”) d.i. een lacustrale afzetting van fijne aschdeeltjes, waarover een rhyolietstroom is geëffundeerd. Ook is een kleine laccoliet van fijnkorrelige fonoliet den berg binnengedrongen, die vele apofysen uitzendt en een fraai „orgel” heeft geformeerd.

Bij de Luz Clade, een klein beekje, wordt een ontsluiting van lipariet bestudeerd, terwijl in het stroompje een staalkaart wordt gevonden van de gesteenten, die de vulkaan heeft geleverd; hier worden rolsteen aangetroffen van een licht gekleurde rhyoliet met veel glasinluitsels, weinig biotiet en voorkristallen van veldspaat, keien van bazalt met labradoriet en augiet, van trachiet en van „demi-deuil”, d.i. een gesteente met witte veldspaatfenokristen in een zwarte grondmassa.

Na het bezoek aan de Mt. Sancy verder de Mont Dore binnen-

dringend, komen we aan de Tartaret, een kwartaire vulkaan met dezelfde structuur als de Gravenoire, die bij zijn ontstaan den waterloop van een beekje blokkeerde, zoodat zich in het dal een natuurlijk stuwmeer, het Lac Chambon, heeft gevormd. In de nabijheid bevinden zich pliocene cinerietlagen („cinerite supérieure”), welke rijk zijn aan afdrukken van planten, vooral van bladeren.

In het Zuiden van het massief ligt het Lac Pavin, een geheel rond meer van 60—200 m diepte, dat ontstaan is in een kwartaire caldera; ook hier vindt men cinerietformaties, welke rusten op oude verweerde bazaltstroomen. Het vulkanisme van het Mont Dore complex heeft plaats gehad op de grens van Tertiair en Kwartair en de verschillende eruptiepunten vormen het verlengde van La Chaîne des Puys.

De noodige rust wordt gevonden in het landelijke stadje Murat, waar de meeste deelnemers onderdak verkrijgen in Hotel Messageries et de la Paix, terwijl de rest niet zonder moeite elders wordt ingekwartierd.

#### **Donderdag 22 Juni.**

Het vervolg van den geologischen zwerftocht per auto brengt ons in de buurt van St. Flour, bij het „basement complex” van paragneis, dat door dynamometamorfose uit palaeozoische sedimenten is ontstaan. Het verfrommelde gesteente vertoont een afwisseling van banken, waarvan sommige rijk zijn aan kwarts, andere aan biotiet. Hierin liggen ingesloten brokken amfiboliet en schisten.

Verder naar het Zuiden bereiken we het dal van de Truyère, dat zich in groote meanders door het hoogland slingert, en een diepte van 84 m bereikt, terwijl de stroom zelf een aanzienlijk verval heeft. Dit is dus een typisch voorbeeld van een verjongde rivier, die in het begin van het Tertiair reeds in een oud stadium was gekomen, maar vervolgens een opheffing van het landschap heeft meegemaakt, welke ongeveer gelijktijdig met de vorming der Limagne moet hebben plaats gehad. Deze plotselinge verlaging der erosiebasis veroorzaakte een snelle en diepe insnijding in de bestaande meanderende bedding. Later heeft de rivier enkele

bochten afgesneden en zoo is o.a. het fraaibegroeide Cirque de Mallet ontstaan. In het dal treffen we een paragneis aan, die volgens analyses  $\pm 20\%$  Al bevat, hetgeen vermoedelijk wordt veroorzaakt door sillimaniet; er zijn tenminste doffe vezeltjes zichtbaar. Ook zijn pegmatietgangen met toermalijn aanwezig.

Het fourageeren heeft plaats in het schilderachtige stadje Chaudes Aigues, waar de warmste bron in Europa opborrelt. Het zwavelhoudende water, dat een temperatuur van  $82^{\circ}$  C. heeft, is ondrinkbaar, maar levert den inwoners gratis centrale verwarming. In de buurt komt over een grooten afstand een porfyrische graniet aan den dag, welke enorme veldspaatfenokristen vertoonen, waarin duidelijk Karlsbadertweelingen en graphische vergroeiingen met kwarts waarneembaar zijn. Het geheel is doorschoten met pegmatietgangen, die opvallend groote toermalijnkristallen bevatten.

's Middags passeeren we het vulkanische gebied van d'Aubrac. In grote trekken is dit opgebouwd uit een grondgebergte van Hercynisch geplooid gneisen en schisten, daarop graniet van carbonischen ouderdom en deze wordt bedekt door plateau-bazalten, welke in het Tertiair zijn uitgevloeid. In het landschap is duidelijk te zien, dat de heuveltoppen bestaan uit poreuze bazalt, zoodat deze boomloos en onvruchtbaar zijn. Op de hellingen komt de graniet te voorschijn; hier liggen de dorpjes en ontspruiten bronnen temidden van vruchtbare akkers en welige bossen. Na de eruptieperiode was het gebied door gletschers bedekt, die de vulkaankegels tot afgeronde rotsen erodeerden en moreenen met gekraste bazaltblokken afzetten. De Montagne d'Aubrac wordt in het Zuiden begrensd door de Lot en aan de overzijde van deze zijrivier van de Truyère begint een krijtterrein (Jura).

Bij Marvejols bekijken we een groeve in amfibolietgneis, hoofdzakelijk bestaande uit biotiet en amfibool; door dynamometamorfose is een basisch stollingsgesteente in dezen meest stabielen vorm veranderd. Verder heeft mineralisatie sulfiden, o.a. pyriet en molybdeniet met calcië als gangvulling gebracht, waarmee overvloedige chloritisatie en sericitisatie gepaard ging.

De dagreis eindigt in de provinciestad La Canourgue, waar appartementen worden betrokken in Hotel des Voyageurs.

**Vrijdag 23 Juni.**

Na La Canourgue doorkruisen we zuidwaarts het krijtlandschap, dat zich tijdens de Jura in een diepe trog in de graniet heeft afgezet en thans nog volkomen horizontaal ligt. Langzaam stijgende nemen we eerst de zacht glooiende en vruchtbare hellingen der Lias-formaties in oogenschouw; deze bestaan uit mergel, welke veel gemakkelijker verweert dan de massieve kalksteenbanken uit het bovenliggende Dogger. Dan bereiken wij de Causse, een troosteloze hoogvlakte, waar alleen schapen nog wat voedsel kunnen vinden; hier en daar doemen ruïnevelden op, bestaande uit resistente dolomiestresten, waarvan de kalk is opgelost en weggevoerd. Een aangename afwisseling wordt geboden door de groene velden in de dolinen, waarin het kleigehalte der kalksteen als de vruchtbare terra rossa is achtergebleven.

In dit karstgebied hebben een paar rivieren door chemische verweering diepe steile „gorges” ingevreten, waarvan het dal der



Fig. 8. Gorges du Tarn.

Tarn (fig. 7) wel het bekendste en imposantste is. Langs een smallen weg, die met talloze scherpe haarspeldbochten tegen de rotswand ligt aangeplakt, weet de chauffeur de zware bus tot aan de bedding van dezen stroom naar beneden te brengen. Hier stoppen we even in het dorpje St.-Enimie, dat met z'n nauwe, bochtige straatjes en grauw verweerde overhellende huisjes een uiterst schilderachtigen indruk maakt, zooals het daar ingeklemd is tusschen de naakte kanten van de 500 m diepe cañon. Dan kruipen we weer langs de Zuidzijde naar boven om de grot van Aven-Armand te bezichtigen. Dit is een 100 m. hoogen koepel even onder de oppervlakte, waarin honderden slanke stalacmieten oprijzen.

Na weer in de „gorges du Tarn” te zijn afgedaald volgen we dit nauwe dal, waar nauwelijks plaats is voor een autoweg, zoodat deze hier en daar door tunnels is geleid. Duidelijk is het hardheidsverschil tusschen de elkaar opvolgende formaties te zien; zoo bestaat het Bajocien (Onder-Dogger) uit steile banken en het daarboven liggende mergelige Bathonien (midden-Dogger) vormt glooiende hellingen, terwijl de top van het geheele complex ingenomen wordt door de loodrechte wanden van het Portlandien. Snel stroomend wringt de rivier zich door de enge cañon, stort zich uit in watervallen en stroomversnellingen, om eerst bij Millau in een breedere bedding aan te komen, daar hier de oevers uit Lias-mergel bestaan.

Even wordt een kijkje genomen in de koele grotten van Roquefort, waar de beroemde kaas na enting met schimmels gefermenteerd wordt.

Dan bereiken we de vruchtbare Montagne Noire rondom St.-Afrique, bedekt met rode klei, welke in het Perm onder tropische omstandigheden op het continent is afgezet; aan het einde van het Perm zakte het land onder zeeniveau en ontstonden zandsteenformaties. Hierop volgt bij Alban de Segala een gebied van cambrische en silurische schisten, waar vroeger door kalkgebrek geen tarwe, maar uitsluitend rogge („saigle”) kon worden verbouwd.

Zoo belanden we in Mazamet, het meest zuidelijke punt van onze „Tour de France”, waar in Hotel Grand Balcon wordt overnacht.

### Zaterdag 24 Juni.

De ochtend dient voor een bezoek aan de lood-zinkmijn van Peyrebrune. Hier liggen cambrische schisten doorbroken door diabaasintrusies en granietgangen. De diabaas was poreuzer en meer gescheurd en dit gesteente is voornamelijk gemineraliseerd door hydrothermale oplossingen uit het granietmagma. Het erts bestaat uit fijn vergroeid galeniet, sfaleriet, sideriet met als ganggesteenten calciet, bariet en fluoriet, plaatselijk met bandstructuur. De ontsluiting heeft plaats gehad door zestien verdiepingen, die 20 m onder elkaar liggen, van waaruit de steilstaande ( $\pm 75^\circ$ ) oreshoots worden gewonnen volgens een gereduceerden magazijnbouw. Men drijft een gang tot aan de „couche” en dan een galerij van 2 m hoogte in de laag, welke stevig betimmerd wordt. Daarboven wordt erts en nevengesteente weggenomen tot men 20 m hooger aan de volgende étage komt. Onder uitsparing van schoorsteenen voor luchtverversching en vervoer, wordt opgevuld met steriel materiaal, dat uit de wasscherij komt. Een galenietadertje van 15-20 cm is reeds rendabel, omdat het erts gemiddeld  $f4,-$  per ton zilver bevat.

Bovengronds wordt het erts gebroken tot 5 cm en op een leesband gesorteerd in steriel, middenproduct en rijk erts. Het eerste komt in de vulling en de middling wordt verder gebroken en gegijgd tot drie producten. Het rijke materiaal wordt vermalen in gesloten circuit en selectief geflooteerd tot lood- en zink-concentraten. Deze worden onder vacuum op filterdoeken gedroogd en de koek met perslucht verwijderd, waarna ze gereed zijn voor transport naar de smelterij.

Het twaalfuurtje wordt genoten onder stralenden zonneschijn midden in het dorp op de stoep van een herbergje, en zeer overvloedig besproeid met een wijntje, dat de Directie der mijn ons aanbood. Daardoor is de stemming tijdens het vervolg der tocht ietwat slaperig, maar de belangstelling veert weer op in de Mont Lacaune, waar geanimeerde debatten ontstaan om de vragen „ortho- of paragneis”, „contact- of dynamometamorfose” van alle zijden te belichten. Het massief is een groote anticline, waarvan de as Oost-West loopt, en wier lagen naar het Noorden in dikte toenemen. De kern bestaat uit corderietschist, omgeven door een



gneiszone; de flank bevat van binnen naar buiten biotietschist, sericietschist en fossielhoudende lei met zeldzame nesten van andalusiet en biotiet. Prof. JUNG huldigt de opvatting, dat het een normale dynamometamorfe reeks is, waarin de gneis, die dan een paragneis moet zijn, een natuurlijk onderdeel is. Prof. GRONDIJS is echter van meening, dat de gneis meer het uiterlijk heeft van een orthogneis, zoodat deze in de serie moet zijn geïnjecteerd.

Tegen acht uur arriveeren we in Albi, waar we van één der drie oude bruggen over de Tarn een onvergetelijk uitzicht hebben op de versterkte kathedraal, die het geheele stadje schijnt te beheerschen. Met dit massale bouwwerk is in de veertiende eeuw een begin gemaakt, de kolossale westelijke toren is een ware Donjon met schietgaten en kanteelen inplaats van boogvensters en pinakels en langs de geheele lengte van het schip zijn verdedigingswerken ingericht. Deze kerk-vesting heeft dan ook tijdens de oorlogen der Albigenzen menige bestorming weten te doorstaan.

In dit historische stadje vinden we onderdak in Hotel Lion d'Or.

### Zondag 25 Juni.

De toeringcar voert ons verder naar het Noorden en voorbij Rodez komen we op een uitlooper van de „causse” (Jura). Door het Perm dalen we dan af naar het Carboon en ontwaren de volkomen kale Puy de Voll, die als peridotietrots is ontstaan en thans omgezet is in serpentijn met banden en aders van magnetiet, terwijl opaal, chloriet en magnesiet bijbestanddeelen zijn.

In Decazeville bezoeken we de open steenkolengroeve onder leiding van een ingenieur van het Staatstoezicht. In het Houiller, temidden van de kristallijne schisten, is hier productief Carboon afgezet tot een dikte van 60 m en dit bekken ligt thans nog volkomen horizontaal met de lengteas Noordwest-Zuidoost. Reeds in de Middeleeuwen heeft men de ontginning ter hand genomen met behulp van galerijen, terwijl gevuld werd met ondeugdelijk materiaal, zoodat door zelfontbranding een mijnbrand ontstond, welke nu nog steeds op onbekende diepte voortwoedt. Tengevolge hiervan, en door de ontleding der aanwezige pyriet, is het nevengesteente intensief gebleekt en gebakken en zijn een aantal contact-metamorfe mineralen (cordieriet) in de lei ontstaan, terwijl de

gassen en dampen de deklaag hebben gekraakt. Tegenwoordig wordt in dagbouw trapsgewijs ontgonnen, waarbij het onveilige dak menigmaal steenstortingen en doodelijke ongevallen veroorzaakt, terwijl het steengruis, dat in de kool is gedrongen, dit een hoog aschgehalte bezorgt. Typisch is, dat de middeleeuwsche betimmering geheel samengedrukt en verkoold wordt teruggevonden. De mijn produceert ongeveer 400 ton vetkool per dag.

's Middags wordt een wijle verpoosd in Cahors. Er wordt een kijkje genomen in de elfde eeuwse kathedraal, die gedeeltelijk in romaanschen, gedeeltelijk in vroeg-gothischen stijl is opgetrokken zonder transept en afgedekt met twee koepels; het geheel geeft een indruk van rust en voornaamheid, die het best waarneembaar is in de koele kruisgewelven, welke om een klein binnenplaatsje tegen de zijde der kerk aangeveld liggen. Een bezienswaardigheid is ook de oude Pont de Calandre (thans: Pont Valentré) uit de dertiende eeuw, met drie machtige torens, die zoowel den land- als den waterweg beheerschen.

Het eindpunt is Hotel Truffe Noire te Brive, waar een gezellig eetpartijtje is gesavoureed met Mme en Mr. Roques als eeregasten.

### **Maandag 26 Juni.**

Tusschen Brive en Tulle rijden we van Zuidwest naar Noordoost langs een afgeplatte anticlinaal. Achtereenvolgens passeeren we Jura, Perm en kristallijne schisten, welke een dynamometamorfe serie vormen. Het zwakst hervormde gesteente is een glimmerschist met veel sericiet, biotiet en granaat, terwijl microscopische stauroliet en distheen voorhanden moeten zijn. Dit gaat over in een plagioklaasgneis, die dooraderd is met gangen van roode oligoklaas; het laatste is óf achteraf aangevoerd óf het is een exsudatie (volgens SEDERHOLM). Tusschen deze paragneis komt ook orthogneis voor, die het uiterlijk heeft van een leptiet en dezelfde chemische samenstelling heeft als granuliet. Evenals de Scandinavische leptieten is dit waarschijnlijk een rhyolitische lavastroom geweest, waaraan  $\text{SiO}_2$  is toegevoerd, zoodat hiervan nu 80% aanwezig is; verder zijn veel magnetietkristalletjes te zien.

Daarna treffen we een lichaam van granodioriet aan, waarin

groote afgeronde brokken gneis drijven; de mogelijkheid bestaat dus dat het geen intrusie is, maar een gneis, die door aanvoer van granitisch materiaal zijn huidige gedaante van dieptegesteente heeft verworven. Het gesteente bevat veel kwarts, weinig orthoklaas, pegmatietgangen met mikroklien en wat toermalijn.

De kern der anticline wordt weer gevormd door een gneis met afwisselend parallele witte en zwarte banden.

Na Tulle, aan de Corrèze, bekijken we amfibool-dioriet met „pegmatitische” amfibool-lenzen van meer dan 1 m groot.

Tegen den avond bereiken we het fabrieksplaatsje Montluçon, waar afgestapt wordt in Hotel Universe.

### Dinsdag 27 Juni.

Het geologische gedeelte is nu achter den rug maar er blijven ons nog eenige juweelen der gothische bouwkunst ter bezichtiging over. In snel tempo gaat het eerst op Bourges aan, een vroegere Gallo-Romaansche nederzetting, welke o.a. een pracht van een dertiende eeuwse kathedraal rijk is. Het schip, dat zich tot immense hoogte verheft is inwendig zeer sober gehouden, maar de facade munt uit door het sierlijke beeldhouwwerk.

Via Orléans wordt in den middag Chartres bereikt, op weg waarheen reeds van verre de domineerende kathedraal opvalt, welke op een heuvel in het centrum der stad is gelegen. Na in 1020 en 1194 door brand vernietigd te zijn, is deze in de dertiende eeuw op de oude fundamenten in den tegenwoordigen luister opgebouwd. Uitwendig vormen de portalen een groote bezienswaardigheid, terwijl de twee ongelijke torens het geheel een bijzonder indrukwekkend cachet geven. Onder de imposante gewelven in het gedempte licht, dat door de gebrandschilderde boogvensters en rozetten naar binnen valt, laten wij de ontroerende tonen van het klankvolle orgel op ons inwerken, welke in deze gewijde omgeving een exquis kunstgenot vormen.

Omdat Prof. GRONDIJS ons den volgenden dag gaat verlaten, heeft het diner in Hotel de France een feestelijk karakter, hetgeen stevig geaccentueerd wordt door een schat van uitgelezen wijnen. In een kort afscheidswoord huldigt Prof. GRONDIJS onder grooten bijval „den kop en de staart van de bus”, dat zijn de chauffeur en

de chef der keukenploeg. Na afloop wordt Chartres bekeken in het maanlicht en door een rooskleurigen bril.

### Woensdag 28 Juni.

Dan spoeden we ons weer noordwaarts, totdat we in Beauvais stoppen. In de hier gebouwde kathedraal kwam de Flamboyante Gothiek tot haar toppunt en tot haar val. De opzet was om in de dertiende eeuw een kerkgebouw te doen verrijzen, even groot, maar nog lichter, nog slanker ten hemel strevend dan die van Amiens. Rijk versierd verheffen zich koor en abscis, gestut door hoge luchtbogen, maar de ijle constructie kon de gewelven van het schip niet dragen en stortte in.

Door het industriegebied van Noord-Frankrijk en België arriveeren we in Antwerpen, waar het Grand Hotel ons voor den laatsten nacht op vreemd grondgebied onderdak verschaft en in den loop van Donderdag 29 Juni wordt de excursie op vaderlandschen bodem definitief ontbonden.

### NASCHRIFT.

Aan het einde van dit verslag zij het mij vergund mijn oprechten dank te betuigen aan Prof. ir. H. F. GRONDIJS m.i. en Ir. J. A. C. TER MEULEN m.i., assistent aan het Laboratorium voor Ertskunde te Delft, wier welwillende opmerkingen het geheel zeer zeker ten goede zijn gekomen; ook verdient het vermelding, dat Dr. P. KRUIZINGA, conservator van het Mineralogisch-geologisch Museum te Delft, zoo vriendelijk was om zijn gewaardeerde aandacht te besteden aan de Geologische Inleiding. Ten slotte wil ik mijn erkentelijkheid uiten jegens al die tochtgenooten, die door het beschikbaar stellen van aantekeningen, foto's, e.d. hebben meegewerkt aan het tot stand komen van dit artikel.

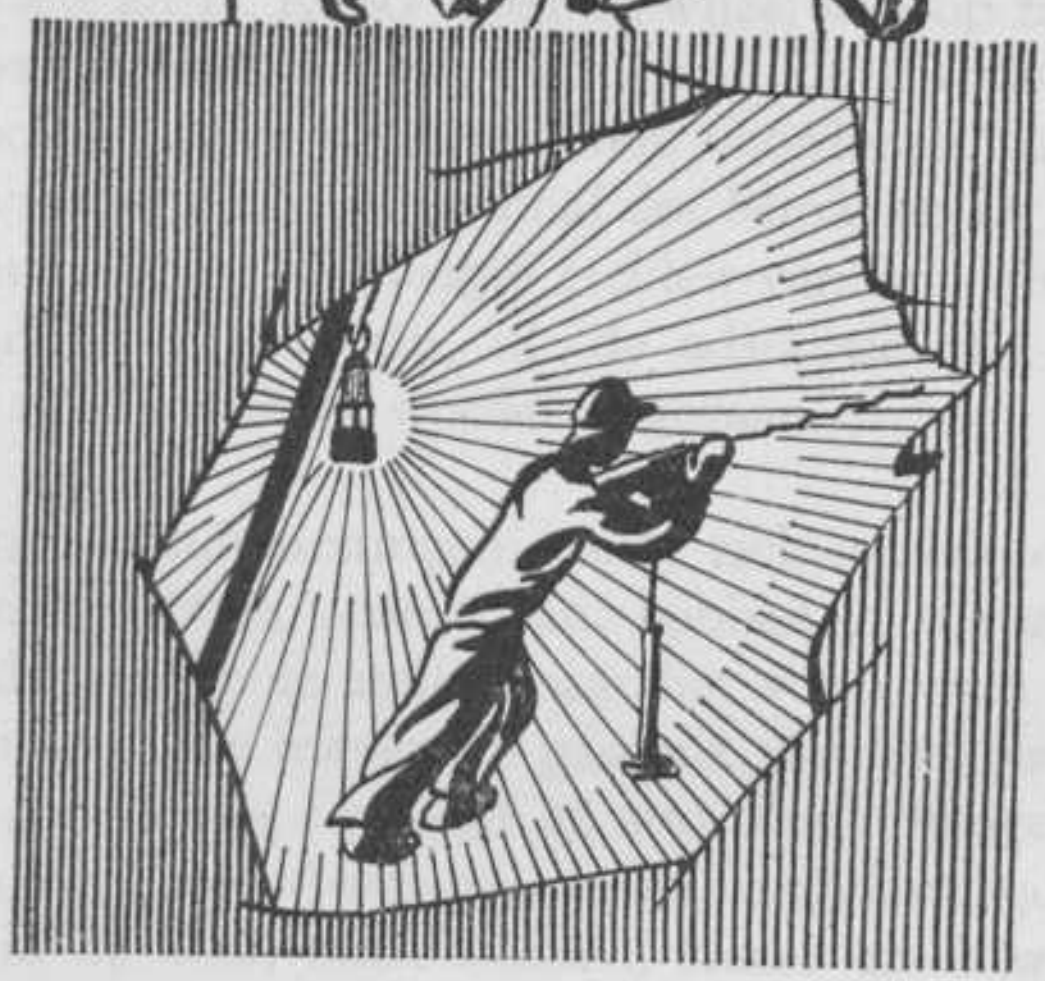
## LITERATUUR.

- BARROIS. Observations etc. du Cap Fréhel.
- M. MICHEL-LÉVY, M. BOULE, e.a. Massif Central. Gids 10.
- M. MICHEL-LÉVY. Mont Dore, Chaîne des Puys et Limagne. Gids 14.
- TH. GLANGEAUD. Les Régions volcaniques du Puy de Dôme, I, 1909.
- TH. GLANGEAUD. La Chaîne des Puys. Bull. des Services de la Carte géologique de la France. No. 135, 1913.
- L. DE LAUNAY. Géologie de France, 1923.
- L. DE LAUNAY. Etudes sur le Plateau Central V. Bul. des Services de la Carte géologique de la France, 1923.
- RAGUIN. Problèmes tectoniques dans les Terrains cristallins du Centre de la France. Bul. de la Soc. géol. de la France, 4e série, XXX, 1930, p. 51.
- LÉON BERTRAND. Histoire sur la Formation de la Soussol de la France; Les grandes Régions géologiques du Sol français, 1935.



DE ADVOKAAT VAN MIJN STEENKOOI

Verslag van de... van de... van de...



PRAKTISCH WERKEN

De... van de... van de... van de... van de...



PRAKTISCH WERKEN



## DE ADSORPTIE VAN MIJNGAS DOOR STEENKOOL.

Verslag van een bezoek aan het Institut National des Mines te Frameries-Paturages, tijdens het practisch werken van C. HORDIJK en J. v. D. HONERT bij La Société des Charbonnages unis de l'Ouest de Mons (België).

Voor het practisch werken ontvingen wij van Prof. C. L. VAN NES en Prof. R. LEFÈVRE, die wij hiervoor zeer dankbaar zijn, een introductie.

Veel dank zijn wij ook verschuldigd aan ir. CLOQUETTE, directeur van de Société en Ir. RIGAT, voor de wijze, waarop zij ons ingelicht hebben over de problemen, die zich in de verschillende mijnen van de Société, welke wij bezochten, voordeden, aan Ir. BREYRE, directeur van het Institut National des Mines en Dr. M. COPPENS, die ons uitvoerig op de hoogte stelden van hun onderzoekingen. Op een onderdeel daarvan, nl. de adsorptie van mijngas door steenkool, zal hier nader worden ingegaan.

De enorme gasuitbarstingen, welke zich in den loop der tijden in de mijnen hebben voorgedaan, hebben er toe geleid, een intensief onderzoek in te stellen naar het voorkomen en het wezen van het mijngas. De maximum gasdruk in steenkolenlagen, welke tot nu toe gemeten is, bedraagt 42 atm. Zoo'n hooge druk veroorzaakt vaak een gasuitbarsting, welke aangekondigd wordt door beweging in de kool, doffe knallen, sterke gasontwikkeling, zeer los of ook wel zeer vast worden van de kool en door de doffe glans, welke de kool plotseling vertoont. Dergelijke aanwijzingen doen zich zeer kort voor de uitbarsting voor, of ontbreken geheel. De verschijnselen, welke in verband met de uitbarstingen werden waargenomen, deden vermoeden, dat het gas en de kool niet als twee volkomen verschillende stoffen naast elkaar bestaan, maar dat ze op een of andere wijze een verbinding vormen, die na de uitbarsting echter weer is opgeheven. Een van de meest op den voorgrond tredende verschijnselen is de groote hoeveelheid zeer

fijne kolenstof, die na een uitbarsting aangetroffen wordt. Dat deze alleen het gevolg zou zijn van de mechanische werking van den gesteentedruk en den doorbrekenden gasstroom was immers niet aan te nemen. Door het schieten met ontplofbare stoffen in steenkool, waarbij toch ook een groote druk op de kool wordt uitgeoefend, constateerde men nimmer een dergelijke enorme fijnheid, zelfs niet bij de zachtste kool, ook al stond deze onder een geweldigen gesteentedruk. Naast den gesteentedruk zullen bij gasuitbarstingen dus ook nog andere krachten werkzaam moeten zijn. Hierover bestaan enkele theorieën. Eén van die theorieën neemt groote gashoeveelheden op bepaalde plaatsen aan. Hierbij doet zich de vraag voor, op welke wijze die gasmassa aan de in verhouding kleine koolmassa, waaruit ze te voorschijn komt, is gebonden. Om een antwoord op die vraag te kunnen geven, is men er toe overgegaan, het stelsel „mijngas-kool” te onderzoeken.

Bekijkt men steenkool onder de microscoop, dan komt men tot de conclusie, dat de vrije ruimte in de kool zeer gering moet zijn.

De vrije ruimte in één ton kool wordt geschat op 300 liter. Bij een gasdruk van 42 atm. zou dus 12,6 m<sup>3</sup> gas per ton kool geleverd moeten worden. Een vrij stuk kool kan onder inwendigen druk van 42 atm. niet bestaan, maar ingesloten kool wel; d.w.z. bij de ontginning kan plotseling een gevaarlijk moment ontstaan. Het feit heeft zich voorgedaan, dat in ontlastingsboorgaten geen hooge druk werd waargenomen. Toch vond een uitbarsting plaats. Echter is het mogelijk, dat door de onvoldoende afsluiting van het boorgat geen hooge druk aangetoond werd.

De onderzoekers van het Institut National des Mines redeneeren als volgt: „Er komen steenkolen voor met 3 à 4 m<sup>3</sup> mijngas per ton. Er zou dus in een afgeslagen stuk kool een gasspanning van 10-13 kg per cm<sup>2</sup> moeten heerschen. Normale zachte steenkool kan bij zoo'n druk niet bestaan. Daarom moet hieruit besloten worden, dat slechts een betrekkelijk klein gedeelte van het mijngas in de vrije ruimten gasvormig voorkomt en het overige deel in een toestand, waarin het geen druk uitoefent.” Hoe is dit nu te verklaren?

Een mogelijkheid biedt de adsorptie. Gassen worden door vaste stoffen geadsorbeerd. Zoo zal in een afgesloten ruimte, gevuld met stikstof, waarin SiO<sub>2</sub> wordt gebracht, de druk verminderen ten

gevolge van de adsorptie van stikstof, dat van chemisch standpunt bezien ongevoelig is voor  $\text{SiO}_2$ .

Uit de empirische formule van FREUNDLICH:  $\frac{x}{m} = aP^n$ , kan men de hoeveelheid geadsorbeerde stof bepalen, bij gelijkblijvende temperatuur.

$x$  = de geadsorbeerde hoeveelheid stof,  $m$  = de massa van de adsorbeerende stof,  $P$  = de gasdruk na het tot stand komen van het evenwicht,  $a$  en  $n$  zijn constanten.

Voor  $n = 1$  is deze formule dezelfde als die voor de wet van HENRY voor het oplossen van gassen in vloeistoffen. De wet van HENRY kan dus een bijzonder geval van de adsorptiewet zijn. In een oplossing van een gas in een vaste stof zetelen de moleculen van het gas tusschen de moleculen van de vaste stof en worden door de aantrekkingskrachten van deze laatste vastgehouden.

In het geval van adsorptie door een gel, zetelen de gasmoleculen tusschen de korrels van de gel en worden door krachten van eenzelfde aard vastgehouden. De grondoorzaak is dus dezelfde, alleen de dimensie van de deeltjes doet de verschillen ontstaan.

Adsorptie is een exotherm proces en het vrijmaken van geadsorbeerd gas verlangt dus een hoeveelheid warmte.

De volgende cijfers geven een indruk van adsorptie.

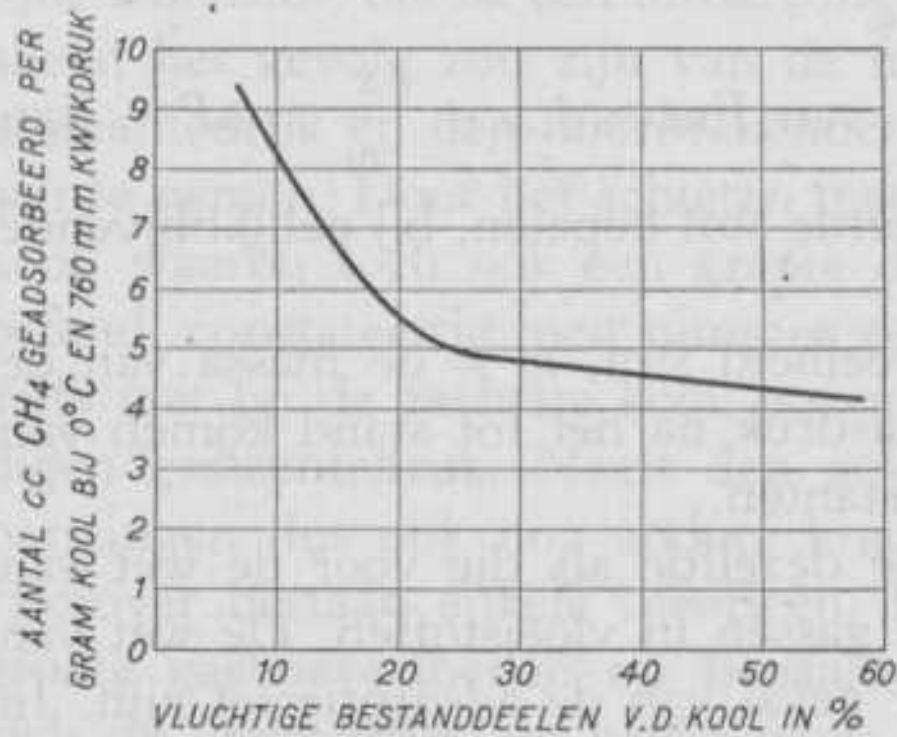
1 cc beenderkool adsorbeert onder een druk van 760 mm en bij  $20^\circ \text{C}$ . 73 cc waterstof, 21 cc stikstof, 26,8 cc koolzuur, 25,4 cc zuurstof, 41,7 cc methaan, 139,2 cc aethyleen of 119,1 cc aethaan.

Wanneer een mengsel van gassen is geadsorbeerd, zullen bij het vrijmaken van die gassen eerst die ontsnappen, welke moeilijk te adsorbeeren zijn en daarna de gassen, die gemakkelijk geadsorbeerd worden.

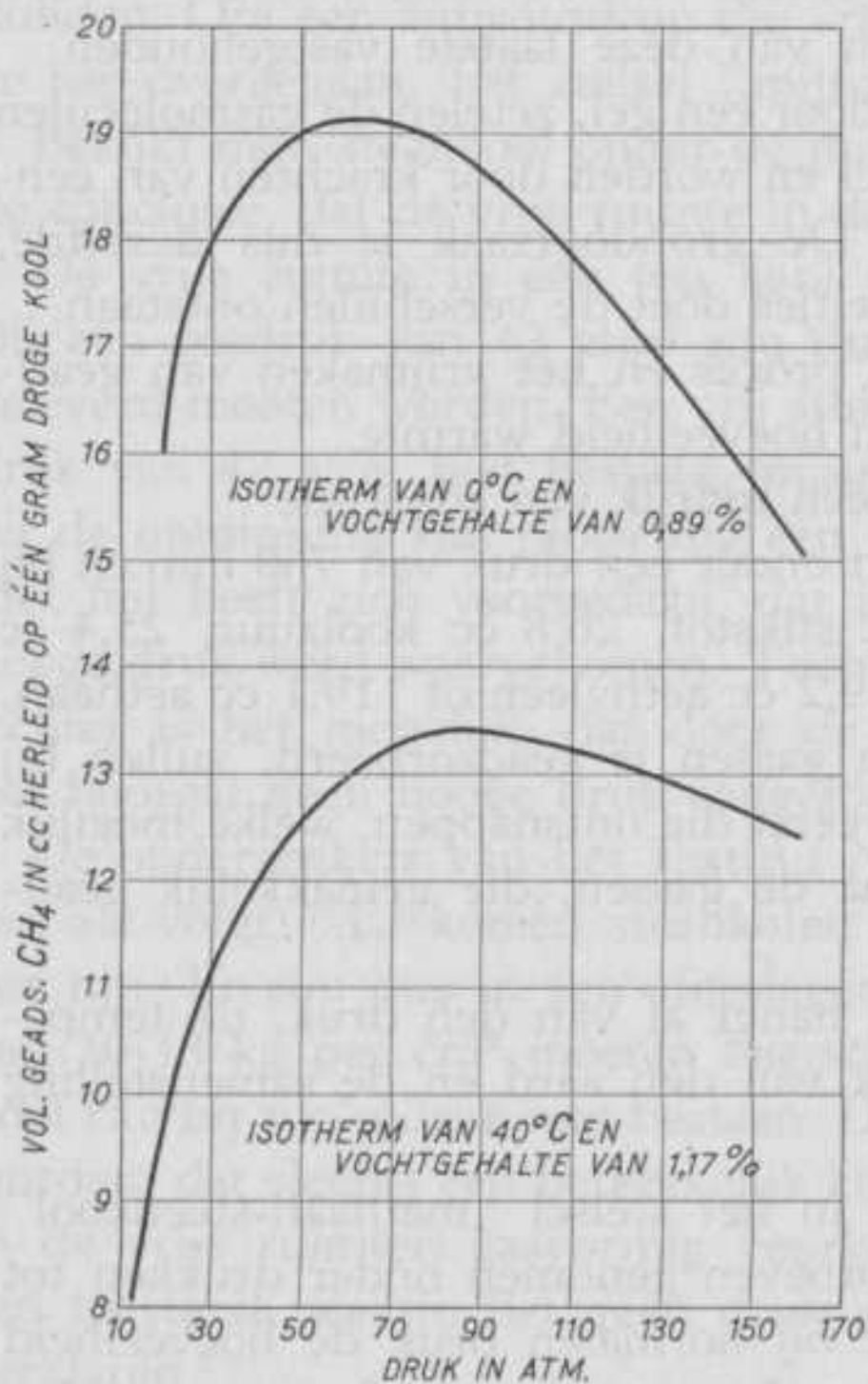
Het geadsorbeerde volume hangt af van den druk, de temperatuur en in zekere mate ook van den aard en de samenstelling van het gas.

Om een inzicht te krijgen in het stelsel „methaan-steenkool” bij toenemenden druk, zijn proeven genomen onder drukken tot 190 atm. Aangetoond is, dat bij normalen druk de hoeveelheid methaan, door kool geadsorbeerd, een stijgende functie van den graad van inkoling is (fig. 1). De verklaring is eenvoudig, wanneer men de hypothese van de adsorptie aanneemt.

De kool is van nature colloïdaal. Het methaan wordt op het oppervlak van colloïdale korrels geadsorbeerd. Het oppervlak van jonge kool is kleverig door water en organische stoffen. Dit zijn o.a. de verzadigde en onverzadigde koolwaterstoffen.



Figuur 1.



Figuur 2.

Een gedeelte van het actieve oppervlak is dus niet in staat gassen te adsorberen. Naarmate de kool ouder wordt, vermindert de hoeveelheid organische stoffen en wordt het actieve oppervlak groter, hetgeen een stijging van de hoeveelheid geadsorbeerde gassen tot gevolg heeft.

De onderzoekingen hebben een toenemen van de adsorptie bij toenemenden druk aan het licht gebracht. Tusschen de 150 en 190 atm. neemt de adsorptie zoo goed als niet toe. Om uit te maken, of bij nog hooger druk een maximum aan adsorptievermogen bereikt wordt, zullen in de toekomst proeven gedaan worden met drukken tot 400 atm. Deze proeven zijn niet eenvoudig. De resultaten, die na eenige berekeningen gevonden worden, toonen een maximum in de

krommen (fig. 2). De krommen geven echter niet het werkelijk

geadsorbeerde volume aan. Dit werkelijk geadsorbeerde volume wordt eerst gevonden, na een correctie op de krommen toegepast te hebben. Hierbij speelt de dichtheid van de geadsorbeerde gaslaag een belangrijke rol. Zooals gezegd, neemt het werkelijk geadsorbeerde volume bij stijgenden druk toe. De correctie brengt dus een groote verandering in het verloop van de krommen teweeg.

De twee isothermen van  $0^\circ$  en  $40^\circ$  C. toonen den invloed van de temperatuur aan. De isothermen zijn niet gecorrigeerd, daar de dichtheid van de geadsorbeerde gaslaag slechts na talrijke proeven met eenige zekerheid kan worden bepaald. Op dit punt worden de onderzoekingen dan ook voortgezet. De twee isothermen zijn strikt genomen niet met elkaar te vergelijken, daar het vochtgehalte van de kool van beide verschillend is. Het vochtgehalte is echter zoo goed als niet van belang in verband met de opname van gassen. Het water heeft geen ander effect dan het vochtig maken van de kool.

Op welke wijze komt nu het geadsorbeerde gas vrij?

Het gasvolume in de kool kunnen we in 2 fasen scheiden.

- 1°. Een gasphase in de spleten en holten in de kool.
- 2°. Een geadsorbeerde phase, welke in evenwicht is met de eerste.

Het evenwicht hangt af van de structuur van de kool, van de samenstelling van het mijngas, van den druk van de gasphase en van de temperatuur van de laag. Beide fasen bevatten alle samenstellende deelen van het gasmengsel, maar de concentraties zijn in beide verschillend. De concentratie van een moeilijk te adsorbeeren gas is in de gasphase grooter dan in de geadsorbeerde phase. Veronderstellen we, dat het mijngas in een kolenlaag uitsluitend bestaat uit waterstof en methaan. Hun concentraties in het gas noemen we respect.  $C_{H_2}$  en  $C_{CH_4}$ . Verder wordt verondersteld, dat de druk, waarbij evenwicht heerscht, gelijk is aan  $P_1$  en de temperatuur gelijk is aan  $T^\circ$  C. De concentraties van de waterstof en van het methaan in de gasphase geven we aan door resp.  $C_{H_2}^{P_1}$  en  $C_{CH_4}^{P_1}$  en door  $A_{H_2}^{P_1}$  en  $A_{CH_4}^{P_1}$  in de geadsorbeerde phase. Nu kan uit waarnemingen geconstateerd worden:

$$C_{H_2}^{P_1} > C_{H_2} > A_{H_2}^{P_1} \text{ en } A_{CH_4}^{P_1} > C_{CH_4} > C_{CH_4}^{P_1}$$

Zouden we nu de gasphase verwijderen, dan zou het geadsor-

beerde mengsel zich vrijmaken, totdat er weer evenwicht tusschen de gas- en de geadsorbeerde phase heerscht. Den druk stellen we dan op  $P_2$  ( $\Delta T = 0$ )  $P_2 < P_1$ .

Voor de concentraties kunnen we nu schrijven:

$$C_{H_2}^{P_2} > A_{H_2}^{P_2} \text{ en } A_{CH_4}^{P_2} > C_{CH_4}^{P_2}$$

daar  $P_2 < P_1$  volgt hieruit:

$$C_{H_2}^{P_1} > C_{H_2}^{P_2} \text{ en } A_{CH_4}^{P_2} > A_{CH_4}^{P_1} > C_{CH_4}^{P_1}$$

en naar de waarde van  $C_{H_2}$  en  $P_2$ ,  $C_{H_2}^{P_2} \leq C_{2H}$ .

Na herhaalde toepassing van dezen kunstgreep zouden we krijgen:

$$\begin{aligned} C_{H_2}^{P_1} &> C_{H_2}^{P_2} > \dots > C_{H_2}^{P_n} > C_{H_2}^{P_{n-1}} > C_{H_2}^{P_n} \\ C_{CH_4}^{P_1} &< C_{CH_4}^{P_2} < \dots < C_{CH_4}^{P_n} < C_{CH_4}^{P_{n-1}} < C_{CH_4}^{P_n} \\ C_{H_2} &> A_{H_2}^{P_1} > A_{H_2}^{P_2} > \dots > A_{H_2}^{P_n} \\ C_{CH_4} &< A_{CH_4}^{P_1} < A_{CH_4}^{P_2} < \dots < A_{CH_4}^{P_n} \end{aligned}$$

en voor  $n \rightarrow \infty$  zouden we krijgen:

$$\begin{aligned} C_{H_2}^{P_n} &= 0 & C_{CH_4}^{P_n} &= 1 \\ A_{2H}^{P_n} &= 0 & A_{CH_4}^{P_n} &= 1 \end{aligned}$$

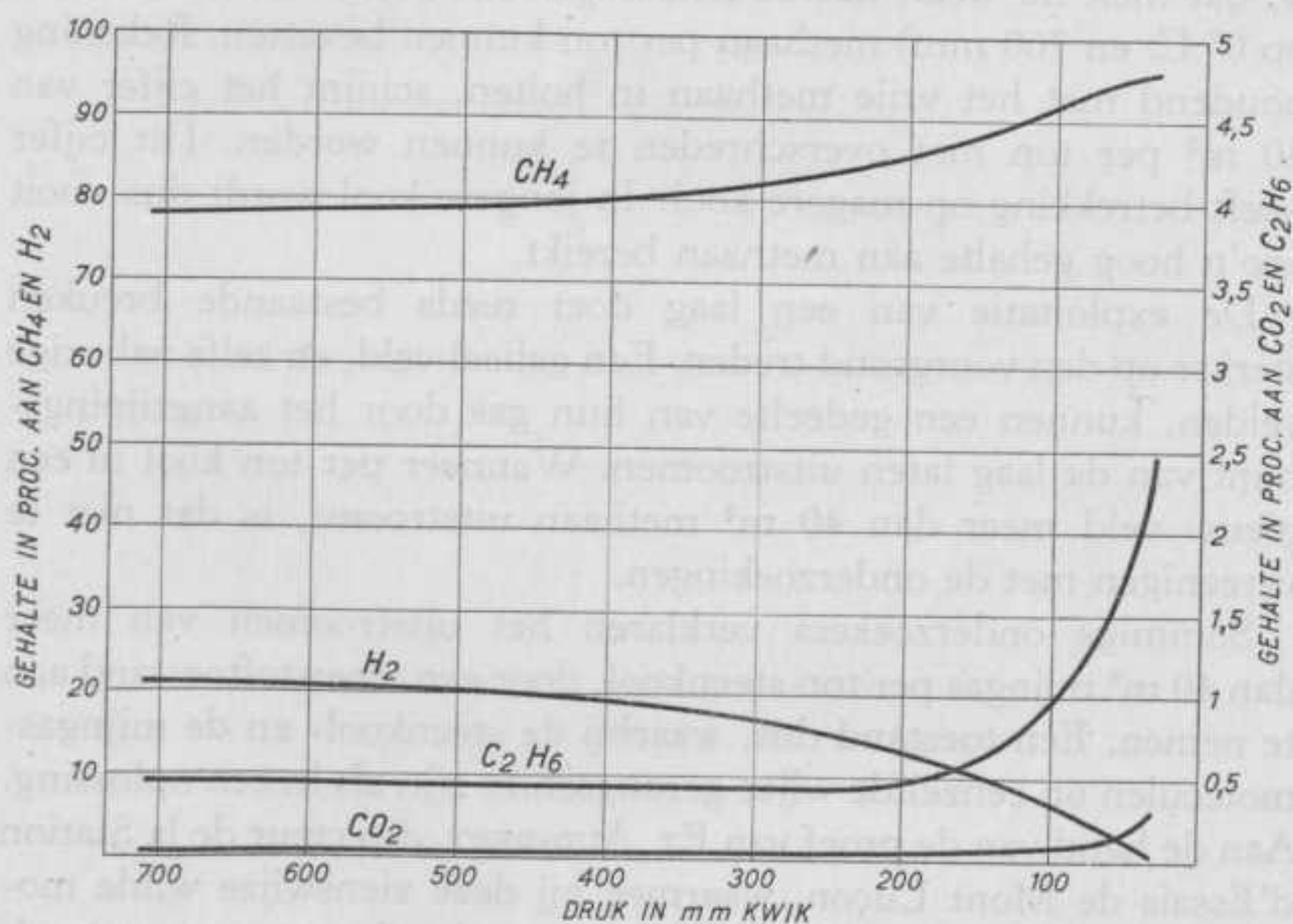
Het vrijkomende gas wordt dus steeds rijker aan  $CH_4$  en armer aan  $H_2$ . Op een zeker tijdstip is het uitstroomende gas van eenzelfde samenstelling als het gas, waar we van zijn uitgegaan. Zooals we zullen zien, bevestigt het experimenteele onderzoek deze theoretische analyse.

In het laboratorium liet men een gasmengsel, bestaande uit waterstof, methaan, aethaan en koolzuur door steenkool adsorberen. Vervolgens werd de druk verminderd en een gedeelte van het gas afgescheiden en geanalyseerd. Daarna werd wederom de druk verminderd, gas afgescheiden en geanalyseerd, enz. Er werden zoo vijf monsters verkregen. Alle bij  $0^\circ C$ . en een druk van resp. 710, 2 mm, 264,4 mm, 118,8 mm, 59 mm en 31,5 mm. Elk monster werd aan een gefractioneerde destillatie bij  $-190^\circ C$ . onderworpen. Van elk monster werden zoo twee fracties verkregen, 1e. een gecondenseerde fractie van  $-190^\circ C$ ., bevattend  $CO_2$  en  $C_2H_6$ ; 2e. een niet gecondenseerde fractie, bevattend  $CH_4$  en  $H_2$ . De  $CO_2$  werd geabsorbeerd door potasch. Het over-

blijvende gedeelte was aethaan. De hoeveelheden waterstof en methaan werden met behulp van een eudiometer bepaald. De samenstelling van de monsters was als volgt:

	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>
Monster I bij 0° C. en 710,2 mm	0,03%	0,47%	78,10%	21,40%
Monster II bij 0° C. en 264,4 mm	0,04%	0,44%	83,22%	16,30%
Monster III bij 0° C. en 118,8 mm	0,08%	0,80%	90,91%	8,20%
Monster IV bij 0° C. en 59 mm	0,13%	1,53%	95,35%	2,91%
Monster V bij 0° C. en 31,5 mm	0,31%	2,47%	96,60%	0,62%

Deze resultaten vinden we terug in fig. 3. Bij 31,5 mm ver-  
toont de CH<sub>4</sub>-kromme een maximum. Ook C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> zal ten slotte



Figuur 3.

een maximum gaan vertoonen. Theoretisch zouden we ten slotte alleen CO<sub>2</sub> overhouden in de gas- en geadsorbeerde phase. Wanneer dus aangetoond kan worden, dat bij een uitbarsting van mijngas, eerst waterstof, daarna de koolwaterstoffen en tenslotte koolzuur ontwijkt, kan men niet twifelen aan de juistheid van deze adsorptie van mijngas door steenkool.

Deze beschouwing mag niet zonder voorbehoud in de praktijk worden toegepast. Er is hier geen rekening gehouden met het maken van boorgaten, wat een geheel andere situatie schept. Wel kan geconcludeerd worden, dat het mijngas niet plotseling behoeft te ontsnappen, en dat het proces zelfs zeer langzaam kan verlopen. Ook zullen de eerste, over het geheele front ontsnappende gassen een geheel andere samenstelling hebben dan de monsters, welke in de boorgaten genomen zijn. Gassen, welke plotseling uitbarsten, zullen veel lichte deelen van het mijngas bevatten, wat in geval van de aanwezigheid van waterstof een bron van gevaar kan opleveren.

Het resultaat van het werk in het Institut National des Mines is, dat men nu weet, dat de kolenlagen maximum  $30 \text{ m}^3$  (herleid op  $0^\circ \text{ C.}$  en  $760 \text{ mm}$ ) methaan per ton kunnen bevatten. Rekening houdend met het vrije methaan in holten, schijnt het cijfer van  $40 \text{ m}^3$  per ton niet overschreden te kunnen worden. Dit cijfer heeft betrekking op magere kool. In jongere kool wordt dus nooit zoo'n hoog gehalte aan methaan bereikt.

De exploitatie van een laag doet reeds bestaande breuken sterker op den voorgrond treden. Een geheel veld, en zelfs naburige velden, kunnen een gedeelte van hun gas door het aangrijpingspunt van de laag laten uitstroomen. Wanneer per ton kool in een nieuw veld meer dan  $40 \text{ m}^3$  methaan uitstroomt, is dat niet te vereenigen met de onderzoekingen.

Sommige onderzoekers verklaren het uitstroomen van meer dan  $40 \text{ m}^3$  mijngas per ton steenkool, door een vloeistoestand aan te nemen. Een toestand dus, waarbij de steenkool- en de mijngas-moleculen op eenzelfde wijze gerangschikt zijn als in een oplossing. Aan de hand van de proef van ET. AUDIBERT, directeur de la Station d'Essais de Mont Luçon, waarmee hij deze zienswijze wilde motiveeren, toonde Dr. COPPENS aan, dat juist de aanname van adsorptie de proef kon verklaren. Volgens de onderzoekers van het Institut National des Mines is het bestaan van een vloeistoestand niet erg waarschijnlijk.

Aangenomen mag worden, dat de enorme hoeveelheden gas niet uitsluitend uit één laag afkomstig zijn. Het schijnt, dat het mijngas door de kool kan circuleeren. Er zijn nl. in lagen, die door de exploitatie gestoord waren, en waarin de kool dus niet onder



hoogen druk stond, mijngasvolumina geregistreerd, die kool zelfs onder zeer hoogen druk niet bevatten kan.

Met zekerheid kan hierover echter nog niets gezegd worden, daar de onderzoekingen nog niet ten einde zijn.

Ten slotte kan nog gewezen worden op het onderzoek van het omringende gesteente. Er werd reeds aangetoond, dat bij 0° C. en 760 mm kwikdruk, leisteen, zich bevindende op 80 cm boven het dak van de laag, 128 liter CH<sub>4</sub> per ton droge steen kan adsorbeeren. Het gesteente zou, gezien het aanzienlijke tonnage, dat de kool omgeeft, een belangrijke bergplaats voor het mijngas kunnen zijn.

C. HORDIJK, cand. m.i.

## PRACTISCH WERK OP EEN OLIETERREIN IN ROEMENIE.

### INLEIDING.

Dank zij de welwillende bemiddeling van de B.P.M. was het in den zomer van 1939 wederom voor een beperkt aantal studenten mogelijk om praktische studie te beoefenen op olieterreinen van de „Astra Româna” in Roemenië. Van deze gelegenheid heeft ondergeteekende volgaarne gebruik gemaakt.

Gedurende bijna twee maanden werd gastvrijheid genoten op het olieterrein „Boldesti”, ongeveer 10 km verwijderd van de stad Ploesti (district Prahova). De practicanten — een tiental Engelse en Hollandsche studenten en kortelings afgestudeerde ingenieurs — werden opgenomen in het gewone arbeidsschema, met dien verstande, dat voor periodieke overplaatsing naar verschillende onderafdeelingen zorg werd gedragen. Hierdoor werd het den practicant mogelijk gemaakt, zich een beeld te vormen van het geheele omvangrijke bedrijf. Hieraan werd bovendien zeer medegewerkt door het plaatselijk personeel, dat zich steeds bereid toonde alle gewenschte inlichtingen te verstrekken, terwijl ten slotte het archief met hare talrijke gegevens op het kantoor Boldesti ter beschikking stond van den practicant.

Het werkschema voor den student-practicant gedurende het tweemaandelijksche verblijf ter plaatse — ingenieurs-practicanten vertoefden veel langer aldaar en hadden zodoende een ander eigen schema — was als volgt:

Eén maand plaatsing bij de afdeeling exploitatie (boren e.d.) en één maand bij de afdeeling productie (werkzaamheden aan produceerende putten, dehydratie, etc.).

Dagelijks werd deelgenomen aan één van de drie achturige diensten (resp. van 0—8, 8—16, 16—24 uur), terwijl iedere week van dienst veranderd werd. Eens in de 14 dagen genoot een ieder een vrije weekend.

Voor de practicanten stond het uitnemende vrijgezellenhuis der

Maatschappij ter beschikking, benevens verschillende gelegenheden tot ontspanning (zwembaden, tennisvelden), terwijl de maaltijden in de cantine gebruikt konden worden.

In het hierna volgende verslag zal slechts een beschouwing van het olieterrein zelf volgen, aangezien in vorige jaarboeken reeds verschillende artikelen werden gewijd aan de geologie, het land en het volk van Roemenië. (Jaarboek 1929-'30: „Geologie van het Zuid-Roemeense oliegebied” door J. J. BELTMAN, Jaarboek 1933-'34: „Roemenië”, door C. J. A. BERDING).

Waar op de olieterreinen de Engelsche taal sterk domineert, was het overnemen van verschillende termen in dit verslag onoverkomelijk.

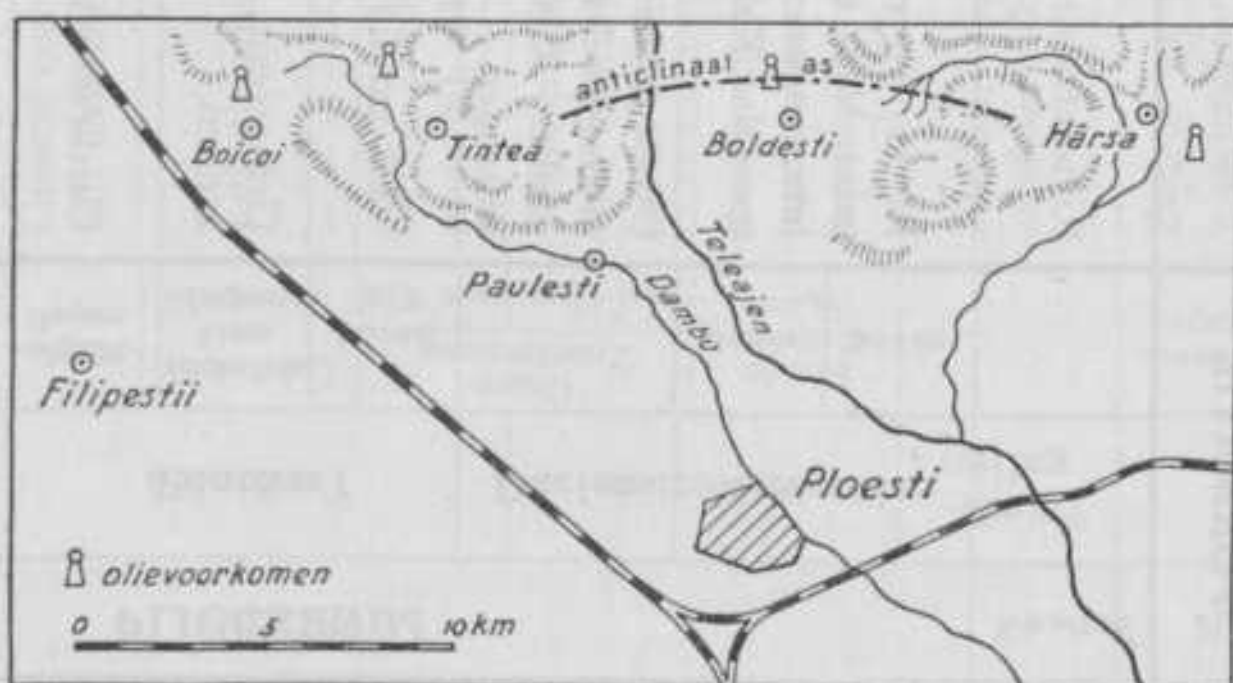
### ALGEMEENE GEGEVENS.

De eerste bron (AR 7) kwam op het olieterrein Boldesti in het jaar 1929 in productie. Het meerendeel van het land is in concessie gegeven aan de Astra Româna en de Romana Americana, die hier in gemeenschap werken.

Tot op het jaar 1939 waren ongeveer twee honderd putten aangeboord.

### De bodemgesteldheid en de tectonische structuur.

Het olieterrein „Boldesti” is gelegen in de eerste heuvels van de Karpaten en bevindt zich boven een tamelijk normale anticlinaal met steile vleugels, welke ongeveer Oost-West loopt en met de as uitgesproken convex naar het Zuiden.



# STRATIGRAPHIE VAN HET JONG-TERTIAIR TE BOLDESTI.

(Gedeeltelijk uit: Die Rumänischen Erdöllagerstätten. K. Krejci Graf. 1929).

FORMATIE		AFZETTINGEN		FOSSIELEN	Dikte	Facies
PLIOCEEN	Kwartair		Rivierafzettingen: zanden, grint, mergels.		?	L., Fl.
	Levantien	boven	Rivier- en meerafzettingen. Grove zanden en grint. Vaak zeer glimmerrijk en met vele kleine limonietconcreties. Kriskras structuur. Zwarte mergels. Kalksteen.	Planorbis; Vivipara; Unio; Melanopsis; Helix; Neritina.	ca. 800 m.	Fl., t.
		onder				
	Dacien		Op de grens met het Levantien: bruinkoollagen, afwisselend met zand- en mergellagen. Fossilbanken. Groene tot zwarte mergels. Meerafzettingen.	Dreissensia; Vivipara; Melanopsis; Unio (in banken); Prosodacna.	300—400 m.	l.
	Pontien	boven	Vaak zandig ontwikkeld. Voornamelijk mergels.	Dreissensiomya aperta.	150 m.	brak, verzoetend →
		rhomboïde lagen	Grasgroene, meest compacte mergels. Groene zanden.	Zeer veel Congeria rhomboïdea.	150 m.	
		abichilagen	Cardienmergel, met grijs-groene schalie.	Paradacna abichi. Valenciennesia annulata (ontbreekt in de onderste 20-40 m.).	150 m.	
	Meotien	Moldavien	Meerafzettingen. Mergels, zanden en zandsteen. Groene mergels, in bovenste lagen onderbroken door gele mergels. Concreties. Kalksteen.	Congeria novorossica; Unio; Neridonta; Neritina; Hydrobria; Planorbis; Ostracoden; verkoolde planten.	300—500 m.	l.
			Blauwachtige tot groene mergels. Zanden, zandsteen, fijnkorrelige oölieten.	Dosinia; Hydrobia; Oerithia; Neritina; Helix; Planorbis; Limnaea; Foraminiferen.		
				Voornamelijk groenachtige mergels. Zanden.	Unio, Helix; Planorbis, Limnaea Dreissensia;	30-40

OLIGOCEEN		MIOCEEN						br.	marien → brak wordend					
		Aquitanië	Burdigalien	Helvetien		Tortonien				Sarmatien				
Cornulagen				Rode Zoutformatie	Grijze Zoutformatie met Gips	Grijze Zoutformatie met Tuf	Leithakalk en Sarmatoïd	Buglowien	onder	mid-den	boven			
		Zwarte tot grijze kleischalies, fijngelaagd; afwisselend met gips en zout. <i>Oliemoedergesteenten</i> .	Zanden, weinig mergels; schisten; roze sulfiden; zandsteen, kwarts, zout.	Rode en grijze mergels. Naar boven toe gipslagen; naar beneden toe zandlagen. Conglomeraten in schisten; marine afzettingen.	Grijze en roode mergels, vaak zandig. Lagen met zout doordrenkte mergels. Gips in vaak dikke lagen. Marine afzettingen.	Grijze zandige mergels met lagen en banken daciëttuf. Met zout doordrenkte mergels.	Lithothamnienkalk; zandige mergels; zanden.	Groene compacte mergels; kalksteenszanden; tuf. (Marine afzettingen).	Kalken; kalkzandsteenen; zanden met groote concreties; mergels; grofkorrelige oölieten in tuf. Breccieus.	Kalken; kalkzandsteenen; groene en witte zanden; groene mergels; Breccieus.				
		<p>~~~~~ = transgressie.</p> <p>~~~~~ = locale transgressie.</p> <p>br. = brak.      l. = lagunair.</p> <p>fl. = fluviatiel.      t. = terrestrisch.</p>												
		Geen fossielen.		Foraminiferen.	v.n.l. Globigerina.			Koralen.	Hydrobia; Trochus podolicus; Ervilia podolica; Cerithium; Bryozoen; Cardium.	Vaak veel Mactra podolica; zelden Hydrobia e.a.				
		550 m. ?	100—200 m.	200 m.	300 m.	100 m.	50 m.	50 m.	200—300 m.	150 m.	0			

Het middelste gedeelte van het veld wordt gevormd door een breede vlakke vallei, ongeveer 200 m boven zee. Het is bedekt met sedimenten van de rivier Teleajen. Het oostelijk gedeelte is heuvelachtig, max. 370 m hoog. Het hoogste gedeelte van den heuvelrug loopt hier iets Noordelijk, evenwijdig aan de as van de anticlinaal en daalt steil in Noordelijke richting, terwijl de Zuid-flanken meer aangetast zijn door erosie. Het Westelijk gedeelte loopt in het Westen geleidelijk aan omhoog in de richting van de Zuid-Oost zijde van de Tintea anticlinaal en eindigt aan de Oost-zijde abrupt in een scherp diepen steilen val langs de Teleajen-rivier.

De Zuid-flank der anticlinaal is vrij regelmatig; in Westelijke richting zijn evenwel sterke storingen opgetreden.

De Noord-flank is scherp gevouwen en doorsneden door een opgeheven plooï van varieerende dikte, 250—450 m.

Enkele cijfers volgen hieronder:

Hellingen	N.O. flank	$\pm 25^\circ$	Dikte van	Levantien	?
	N.W.	$\pm 60^\circ$	„	„ Dacien	600 m
	Z.O.	$\pm 30^\circ$	„	„ Pontien	851 m
	Zuid centrum	$45^\circ$	„	„ Meotien	350 m

### Productielagen.

Het is gebleken, dat het productieve oliegebied, inclusief de gascap, ongeveer 12 km lang is en maximaal  $2\frac{1}{2}$  km breed.

De productie wordt slechts verkregen uit het Meotien, waarvan de totale dikte ongeveer 340 m is. Gemiddeld bevat het 18—25 m productieve oliezanden in lagen van 1—4 m dik in drie complexen, ongeveer 50, 180 en 270 m onder den top van het Meotien.

De namen van deze complexen zijn: De eerste, de intermediaire en de tweede laag.

Boven het eerste complex treft men eenige gaszanden aan.

De gascap is gebonden aan het eerste en het intermediaire complex.

Het Meotien wordt in het algemeen geëxploiteerd over haar heele dikte, met uitzondering van de gaszanden. Van de drie complexen zijn de eerste en de laatste het best, terwijl de maximale productie-

dikte per laag resp. 10 en 18 m is. Het eerste complex is buitengewoon goed ontwikkeld in het Oosten en goed in het Westelijk gedeelte van het veld. In het tweede complex is de laagste groep zanden (M 5) het meest belangrijk (6—10 m). Dit complex is een belangrijk horizont in het centrale deel van het veld en op de geheele Noordflank. Het tussencomplex is van ondergeschikt belang, ongeveer  $3\frac{1}{2}$  m productief zand en nogal verschillend in ontwikkeling. De bepaling van de poreusheid is gemaakt in de „cores” van sommige punten en de cijfers, die daar verkregen worden, bevestigen de beschrijving van de zanden hierboven.

De gevonden poreusheid was:

M I:	20—22%
Tusschenlaag:	19—21%
Bovendeel M II:	20—28%
Onderlaag M II:	20—28%.

De zanden blijken zeer goed te zijn, alleen de totale kwantiteit is in 't algemeen wat weinig. (Ongeveer 22 m voor bronnen op 2400 m diepte). De goede poreusheid verklaart de resultaten, die verkregen worden bij „Repressuring”, het snel nivelleeren van den druk nadat de exploitatie ter hand is genomen en het feit dat, wanneer putten beginnen te spuiten, zij een productie vertoonen, die meestal ongeveer gelijk is aan het gemiddelde cijfer van de omliggende bronnen. De daling in de productie in actief geboorde streken is op zijn minst 10% geweest, maar kan ongeveer 15% in het eerste jaar zijn; later blijft het stabiel op ongeveer 6%.

De rijkste deelen van het veld worden gevonden in het centrum van de Zuidflank en aan de Oosthelling (eenige goede bronnen zijn aangeboord op de Noord-West flank). Sommige van de vroegste bronnen gaven 67 cars per dag, dat is plus minus 300 ton.

Het tegenwoordig gemiddelde natuurlijke G.O.R., d.i. de gasolie-verhouding (gas-oil-ratio) van de A.R.-R.A. oliebronnen, bedraagt  $430 \text{ M}^3/\text{m}^3$ . (De G.O.R., die officieel toegestaan wordt, varieert tusschen 1250—2500.)

Om de condities van de lagen te onderzoeken, zijn regelmatige proeven met de Hügél-drukbomben uitgevoerd. Deze proeven hebben aangetoond, dat de ingesloten laagdruk in Secu op de Noord-Oostflank gevallen is van 100 tot 80 atmosfeer in 5 maan-

den, terwijl de vloeingsdruk varieerde tusschen 38 en 45 atm.

Voor de bronnen in het centrale gedeelte zijn deze cijfers voor de schoone bronnen (natte bronnen vertoonen een hooger en druk) ongeveer 35—50 en 25—40 atm. In het N.W. van de flanken is de druk veel hooger, nl. 110 atm (ingesloten) en 80—100 atm (vloeiend).

Het bovengenoemde apparaat deed ook snelle afname van druk en de groote differentieele drukken op den Westflank aan het licht komen, waar de productie-index  $\left( = \frac{\text{productie in kg}}{\text{differentieele druk}} \right)$  varieerde tusschen 0,6 en 1, terwijl in andere streken cijfers van 3—6 verkregen werden.

In enkele nieuw aangeboorde bronnen bestaat nog steeds hooge druk en deze wordt zorgvuldig geconserveerd om het dooden der bron door ontsnapping van gas uit olie te voorkomen.

### **Randwater.**

Dit is aanwezig in het tweede complex in alle putten op den N.W. flank. Het niveau van het water in dit gedeelte ligt ongeveer 2.500 m contourlijn om het Meotien, in den Z. flank en de oostelijke helft van den Noordflank dieper dan 2.200 m, in de West ongeveer op 2.075 m contour, in den N.O. flank op ongeveer 2.400 m en in den noordwestflank op  $\pm 1970$  m.

Deze verschillen tusschen oppervlakte van het randwater zijn zeer opmerkelijk!

Het Zoutwater bevat 100—160 gram zout per Liter (in het algemeen NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> en soms sulfaten en carbonaten).

Gas uit de putten bevat geen CO<sub>2</sub>. In het bovenste Meotien ligt het gas-oliecontact op 1500 m onder den zeespiegel. Het Water-niveau op 2150 m. In het intermediaire Meotien begint een kleine gascap op 1375 m, het waterniveau op 2250 m. In de laagste Meotien-laag is geen gascap, het waterniveau ligt op 2350 m.

### **Correlatie-methodes.**

Het mechanisch nemen van monsters is beperkt tot een klein aantal kernboringen voor algemeene inlichtingen over hellingen, plooiingen, watercondities e.d. of voor verificatie van de geologi-



sche prognose. In de meeste putten worden slechts 2—3 kernmonsters (corings) genomen, nl. bij het begin van het Pontien en van het Meotien en soms op basisdiepte. Wanneer een exacte kennis van de helling noodig was, werden meerdere monsters genomen. De restrictie tot zoo min mogelijk „corings” is mogelijk gemaakt door invoering van SCHLUMBERGER's electr. coring-methode, welke gebruikt wordt als het boorgat de basisdiepte nadert en in vele gevallen ook voordat men de waterzone gaat cementeeren of wanneer men in twijfel verkeert over de stratigrafische positie op den bodem van de put, tijdens het boren.

Hieruit verkrijgt men een volledige informatie. Het aantal SCHLUMBERGER's peilingen kan daarentegen weer worden teruggebracht door het nemen van moddermonsters. Boormeel wordt dan over elke 5 meter boorgang verzameld en onderzocht op fossielen e.d. Deze methode wordt aangewend, wanneer men ongeveer 100 m vóór het Meotien is aangeland. Gepyritiseerde schelpen van *Cardia*, die dicht bij den bodem van het Pontien voorkomen, overblijfselen van *Congeria Novorossica*, die voorkomen op de grens van Pontien en de Meotien, verschillend gekleurde *Hydobia*, welke op den bodem van het Meotien worden gevonden, stukken van groengekleurde mergel van het tweede complex, enz. geven indicatie omtrent de positie van het boorgat. De aanwijzingen van de boormeesters hebben heel weinig waarde, zoodra de diepte van den put meer dan 1000 m is.

### **Productie-methoden.**

Ongeveer 60% van A.R.-R.A.-Boldestipproductie vloeit op natuurlijke wijze, de rest wordt uitsluitend geproduceerd door „gaslift”.

De hoeveelheid olie, die kunstmatig geproduceerd wordt, neemt regelmatig toe, als gevolg van gasverliezen (het z.g. depletion).

### **Repressuring.**

Hiermede werd begonnen in Juli 1937 in een gedeelte van het veld, dat in de laatste jaren gering verval van 2% per maand gemiddeld vertoonde. In de eerste 8 maanden van 1937 vertoonde

de productie van de Astra-bronnen in deze streek enkele zeer merkwaardige verschijnselen, welke hieronder geresumeerd zijn:

1. De totale vloeiende productie bleef constant;
2. Olieproductie vertoonde een geringen aanwas;
3. Over het algemeen nam de gasproductie af, met uitzondering van enkele hooggelegen bronnen;
4. De hoeveelheid water, door deze bronnen geproduceerd, bleef constant.
5. Gelijkmatic verval van ingesloten druk aan den bodem van den put werd waargenomen.

### **Het boren.**

Bijna al het boren in Boldesti is gedaan met het Rotary-systeem. De gemiddelde diepte op den zuidflank is 2400—2600 m, hetgeen 3—4 maanden boren vereischt als geen vischkarwei of instorting optreedt. Directe boorkosten varieeren tusschen 4,5 tot 5,5 miljoen lei. Instorting in het Pontien veroorzaakte in verschillende deelen moeilijkheden en was de oorzaak van herboringen, side-tracking (d.i. het gericht boren, indien een boorgat een speciale richting moet krijgen) en verlies van drie bronnen.

De normale voortgang in Pontien is ongeveer 40 meter per dag, in het Meotien varieert het van 8—30 m per dag. Gemiddelde kosten per dag boren bedragen 2300 lei.

### **Deviatie.**

Rechte boorgaten kunnen tegenwoordig verkregen worden, maar dat gaat ten koste van een aanzienlijk verlies aan snelheid en daarom worden volkomen rechte boorgaten alleen maar daar geboord, waar dit door structureele condities noodzakelijk is.

De gemiddelde horizontale afwijking is ongeveer 140 m, maar men heeft extremen waargenomen van 409 en 69 meter.

### **Dikspoeling.**

Het boorterrein is uitgerust met een centrale modder-menginstallatie, welke de modder van gewenschte consistentie, naar de boortorens dirigeert.

In het modderlaboratorium wordt voortdurend contrôle uitgeoefend op dikspoelingmonsters, welke dagelijks op de boorinstallaties genomen worden.

## EXPLOITATIE.

Gedurende een maand heeft ondergeteekende boorwerkzaamheden bij kunnen wonen bij de torens A.R. 137, A. R. 100, R.A. 237. Behalve het gewone „rotarydrilling” werden ook bijzondere werkzaamheden in dit kader bijgewoond, zooals sidetracking, cementeering, perforatie, Schlumberger-coring, etc.

Een systematische beschrijving van het Rotary-boorsysteem kan in dit verslag gevoegelijk achterwege blijven. Slechts bij plaatselijke bijzonderheden zal hier worden stilgestaan.

### De Boortoren (Derrick).

Wegens de aanzienlijke diepte der boorputten is een zeer massief, open bouwwerk noodzakelijk. De toren is gefundeerd op een 16-tal zware balken ( $35 \times 35$  cm), terwijl de drawworks en rotarytafel een aparte fundeering hebben. De horizontale doorsnee van den toren is vierkant ( $8 \times 8$  m bij den voet,  $3 \times 3$  m bij den top). De torens zijn in den regel ongeveer 120 voet hoog. Draagvermogen 130 ton.

In Roemenië is het meerendeel van de torens van hout geconstrueerd, aangezien dit materiaal zeer goedkoop is. Bij de voleinding van de boorwerkzaamheden wordt zelfs in den regel de toren niet afgebroken, aangezien de kosten der afbraak de waarde van het hout overtreffen. Tevens kunnen zij bij reparatiewerkzaamheden later nog goede diensten bewijzen.

De R.A. 237 en A.R. 100 (deze laatste was bij wijze van uitzondering een ijzeren constructie) voldeden ongeveer aan deze afmetingen. De A.R. 137 week eenigszins af van de gebruikelijke vorm en afmetingen. In vele opzichten was deze toren een proefobject. De hoogte was meer dan de gewone, de constructie was zwaarder, de voet was breder, etc. De oogmerken, welke tot deze afwijkingen aanleiding gaven, zullen naar voren komen bij

de bespreking van de andere installaties en werkzaamheden.

In tegenstelling met andere velden was in Roemenië onder den toren geen uitholling in den bodem gemaakt, maar werden de



De A.R. 137 in bedrijf.

werkzaamheden verricht op een platform op ongeveer 1,80 m boven den grond.

### **De plaatsing.**

De plaatsing van de „drawworks”, pompen en brug moet zoodanig zijn, dat de man aan de rem en de drawworkkoppelingen een goed zicht heeft op het hijschen der pijpen, op de pompen en op de drawworkmachines. De eerste en derde eisch zijn het meest belangrijk, mede omdat de pompen ook gehoord kunnen worden, zoodat zij dus niet direct onder het oog geplaatst behoeven te worden. De drawworks zijn op den werkvloer aangebracht en zeer stevig gefundeerd. De aandrijfmachines staan op den beganen grond. De werkvloer is boven den beganen grond, omdat het

hiermede mogelijk is langere pijpen ineens van de brug op te hijschen (tijdsbesparing: pijpen van  $2 \times 14$  m in plaats van  $2 \times 12$  m).

Naast deze overwegingen omtrent de plaatsing van de verschillende bedrijfsdeelen komt tevens de factor der terreinsomstandigheden. Ongunstige omstandigheden zooals heuvelterrein beïnvloeden tevens deze plaatsingen.

Mede om mogelijk te maken langere pijpdeelen ineens van de brug op te hijschen, heeft men bij de A.R. 137 den toren een breedere basis gegeven ( $9 \times 9$  m) en de 1e verdieping op  $\pm 25$  m aangebracht. Om geen al te groote hoogte van de derrick te maken, vertoont het profiel van den toren bij deze verdieping een knik en loopt sneller toe tot de topverdieping (op  $\pm 40$  m). Voor nachtwerk is elektrische verlichting aangebracht (3 faze,  $\nu = 50$ ,  $V = 1000$ ).

#### **De drawworks en aandrijving.**

De drawworks bestaan uit het normale moderne 3-assige lierwerk met hijschtrommel. De overbrenging laat 4 verschillende snelheden toe (benevens de snelheidsregeling aan het aandrijfmechanisme) nl.:

$$n_1 = 0,205 n,$$

$$n_2 = 0,340 n,$$

$$n_3 = 0,696 n,$$

$$n_4 = 1,150 n,$$

indien  $n$  het aantal omwentelingen is van het transmissietandrad aan de aandrijfmachine.

De energie wordt geleverd door een Ideal „Ajax” gelagerde  $12'' \times 12''$  stoommachine van 300 P.K. Deze heeft 2 cilindrs en werkt in tandem. De stoom wordt geleverd door een viertal ketels ( $80 \text{ m}^2$  verwarmingsoppervlak, 14 atm.), welke drie torens bedienen; soms wordt oververhitting toegepast als de afstand van de ketels tot den toren grooter is dan 500 m.

Eén man (boormeester) bedient de heele krachtinstallatie van een vaste standplaats uit.

De drawworks bestaan uit een samenstelling van onderdeelen van verschillende fabrieksmerken, vereenigd tot één gestandaard-

seerd geheel (Emsco, Werth, Concordia) uitgerust met hydraulische bandremmen en Amerikaansche automatische „cat-heads”.

### De boorpijpen en de zwaarstangen (drillcollar).

De lengte van de boorpijpen varieert eenigermate. De afmetingen loopen van 7 tot 10 m. De pijpstukken worden — na elke 3e of 4e pijp — afhankelijk van de hoogte van den toren, met speciale verbindingen aan elkaar gekoppeld, de z.g. tooljoints. De bedoeling hiervan is de volgende. Het in en uitschroeven van de pijpstukken beperkt men zooveel mogelijk, wegens tijdverlies en slijtage van den schroefdraad. Toch nopen de werkzaamheden periodiek tot het ophalen van de heele boorstangenkolom. Hoe meer pijpdeelen men aan elkaar kan laten zitten, hoe sneller het werk — ook bij het later weer inbrengen van deze „drillstem” — en hoe minder slijtage.

Men verbindt dus elke 3e of 4e pijp door een tooljoint met het volgende pijpdeel, een drie of viertal pijpstukken (samen dus 24—36 m lang), hetgeen tegelijk kan worden opzijgezet op den werkvloer. Bij slijtage aan den draad behoeft slechts de tooljoint vervangen te worden.

De tendens om steeds grootere pijplengte tegelijk af te laten is begrijpelijk. De A.R. 137 was o.m. om deze reden hooger geconstrueerd dan normale torens. De opening in het geraamte om pijpdeelen van de brug op den werkvloer te hijschen, is hierdoor mede hooger en kan dus langere pijpen doorlaten (2 pijpdeelen, tezamen  $\pm 20$  m, konden ineens geheschen worden).

De boorpijpen zijn van een speciale staalsoort, bestand tegen groote schokken, hooge spanningen en corrosie.

De diameter der pijpen is genormaliseerd in de volgende maten:  $6\frac{5}{8}$ ”,  $4\frac{1}{4}$ ”,  $3\frac{1}{2}$ ”,  $2\frac{7}{10}$ ”. Afhankelijk van de diepte van de aan te boren lagen en van de berekende productie, wordt een bepaalde buis gekozen, in overeenstemming met een, daarmee overeenkomend, boorijzer.

De schroefdraaduiteinden van een buis hebben meestal een „internal upset” (inwendige wandverdikking, omdat bij een „external upset” de tooljoints, welke om de 28 meter voorkomen,

wel heel breed worden. De pijpen worden beschermd tegen beschadiging door rubber ringen.

Algemeen zijn te onderscheiden:

1. de fijne cilindrische draad (cylindrical thread),
2. de grove conische draad (tapered thread).

De draad is driehoekig. De steek van een cilindrischen draad is kleiner dan die van een conischen.

Bij dichte, weinig uit te schroeven, verbindingen wordt de eerste draad gebruikt. Op vrijwel alle buisdeelen is deze draadsoort aangebracht, aangezien het zeer gemakkelijk is een tooljoint, of ander verbindingsstuk, te schroeven op den fijnen draad, indien het bewuste deel *wel* vaak uit- en ingeschakeld moet worden. De tooljoint heeft dan conischen draad. Kostbare deelen, zooals de „kelly” (d.i. de boorstang, welke het draaimoment van de rotarytafel op den boorpijpkolom overbrengt) bijvoorbeeld, worden door meerdere verbindingsstukken tegen beschadiging beschermd. Ook waar de verbuizing van diameter verspringt is een verbindingsstuk aanwezig.

De diameter is afhankelijk van de doorsnede van het boorgat. Tijdens het boren drukt op den beitel slechts het gewicht der onderste 3 boorstangen (op de A.R. 137 5 boorstangen druk). Er wordt dus grootendeels in ophanging geboord. De spanningsverdeling in de boorpijpenkolom is dus als volgt: van het ophangpunt tot op de onderste 3 boorstangen treden op in elke pijp: trekspanningen, als gevolg van het eigen gewicht van den kolom, benevens schuifspanningen, als gevolg van de wringing, welke door de wrijving van het boorijzer over den bodem van den put ontstaat.

In de onderste 3 pijpen treden op: drukspanningen, als gevolg van den druk van het eigen gewicht op den bodem, benevens bovengenoemde schuifspanningen.

Aangezien de belasting op druk (knikbelasting) ongunstiger is dan belasting op trek, worden deze „drillcollar” pijpen zwaarder uitgevoerd en vaak van Cr-Ni-staal vervaardigd.

De uitwendige diameter der „drillcollar” is even groot, als die der tooljoints, zoodat de drillcollar vrij nauw in het boorgat past en afwijking van het boorijzer tegengaat.

### Het Boor-ijzer.

Bij de normale boorwerkzaamheden wordt gebruik gemaakt van het z.g. fish-tail boorijzer. De hardheid van het materiaal is, uit den aard der zaak, zeer groot. Aangezien de lagen in Roemenië weinig hard zijn, is dit type boorijzer zeer in zwang. Speciale hard-formatie voorijzers (b.v. Disc bits) zijn zelden nodig. De afmetingen van de ijzers variëren met de te boren put. Voor speciale boorwerkzaamheden zoals boren in een gecementeerd boorgat, wordt een speciaal boorijzer aangewend. Het boorijzer is door middel van een speciale tooljoint aan de drillcollar verbonden, wederom om, bij het vele in- en uitschroeven, de kostbare drillcollar niet te beschadigen.

### Casing en boorpijpen.

casing	gew. casing per voet	inw. diam. casing	drillpijp	Opening tusschen tooljoint en casing		beitel door casing	boorgat voor de casing
				gewone tooljoint mm	fullhole tooljoint mm		
inch	lbs	inch	inch			inch	inch
16	55	15,19	$6\frac{5}{8}$	179	173	$14\frac{3}{4}$	20
	65	15,06					
	75	14,94					
	84	14,82					
$8\frac{5}{8}$	28	7,89	$4\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$	50	44	$7\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{4}$
	32	7,90					
	36	7,70					
	38	7,65					
	43	7,53					
$6\frac{5}{8}$	20	5,92	$3\frac{1}{2}$	35	26	$5\frac{5}{8}$	$8\frac{1}{2}$
	24	5,80					
	26	5,73					
	28	5,67					
$4\frac{3}{4}$	16	3,96	$2\frac{3}{8}$	21	?	$3\frac{7}{8}$	$5\frac{5}{8}$

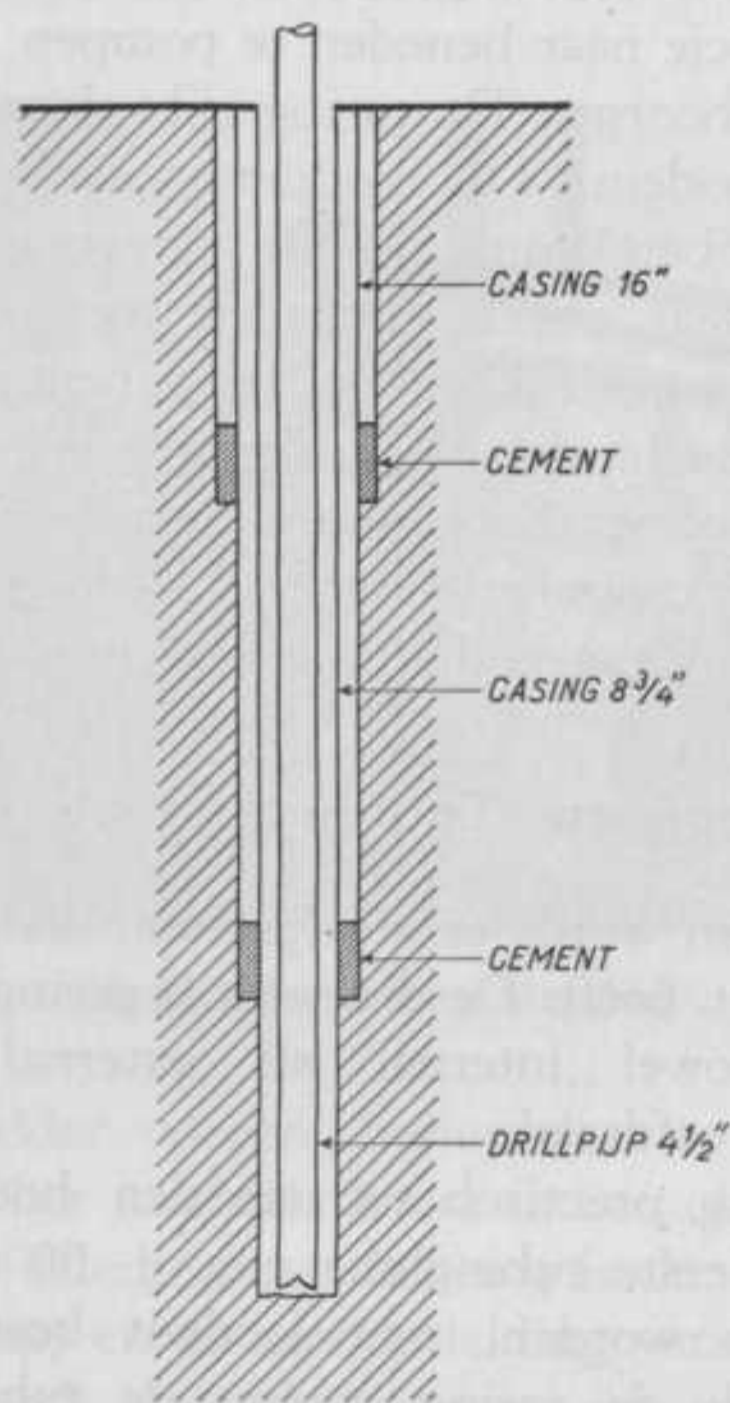


### De bekleeding (Casing).

De wanden van een boorgat moeten om verschillende redenen bekleed worden:

1. Om instorten van de wanden te voorkomen;
2. Om watertoevloed in het boorgat onmogelijk te maken;
3. Om lekkage, tijdens productie van gas en olie te voorkomen.

Tijdens het boren neemt de moddercirculatie grootendeels deze factoren voor haar rekening. Evenwel is niet veel meer dan 600 m



Doorsnede van een boorgat  
(schematisch).

onbektelede wand veilig voor instorting. Daarom wordt dan „casing” aangebracht. De eerste 600 m casing heeft een wijderen diameter, dan de volgende.

De standaard doorsneden zijn: 16", 11<sup>3</sup>/<sub>4</sub>", 8<sup>5</sup>/<sub>8</sub>", 6<sup>5</sup>/<sub>8</sub>", 5<sup>3</sup>/<sub>4</sub>", 4<sup>3</sup>/<sub>4</sub>", 4". Indien men bijv. in een 6<sup>5</sup>/<sub>8</sub>" casing boort, is slechts 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" drillpijp te gebruiken, wegens de wijdere diameter van de tooljoints. Er moet steeds een aanzienlijke ruimte tusschen casing en drillpijp blijven, noodig voor moddercirculatie en vrije beweging. Met het oog op den laatsten factor heeft casing *nooit* „internal upset" op de draadverbindingen („internal upset" beteekent immers: diametervermindering).

Telkens, waar de casing in diameter afneemt — d.i. daar waar de casing met kleineren diameter begint — is de buis aan den rotswand vastgecementeerd. Dit is bereikt door een berekende hoeveelheid cementspecie naar beneden te pompen, zoodra de casing is afgelaten in het boorgat. De casing rijkt dan bijna tot aan den momenteelen putbodem. De moddercirculatie wordt hersteld, totdat — volgens berekening — de cementspecie den bodem bereikt heeft en daar enkele tientallen meters hoog staat. De drillstem wordt nu opgetrokken en het cement wordt 24 uur gelegenheid gegeven te harden. Vervolgens wordt weer geboord — met een specialen cementboor — tot de rots weer bereikt is en de gewone boorwerkzaamheden hervat kunnen worden (met de fishtailbit). De casingvoet is dus met cement aan de rots gekit.

### **De Olie-opvoerpijpen (Tubing).**

Dit buizensysteem wordt eerst afgelaten, als de put de definitieve diepte bereikt heeft. De diameter is geringer dan die van de drillpijp, terwijl zoowel „internal" als „external upset" toegepast wordt bij den schroefdraad.

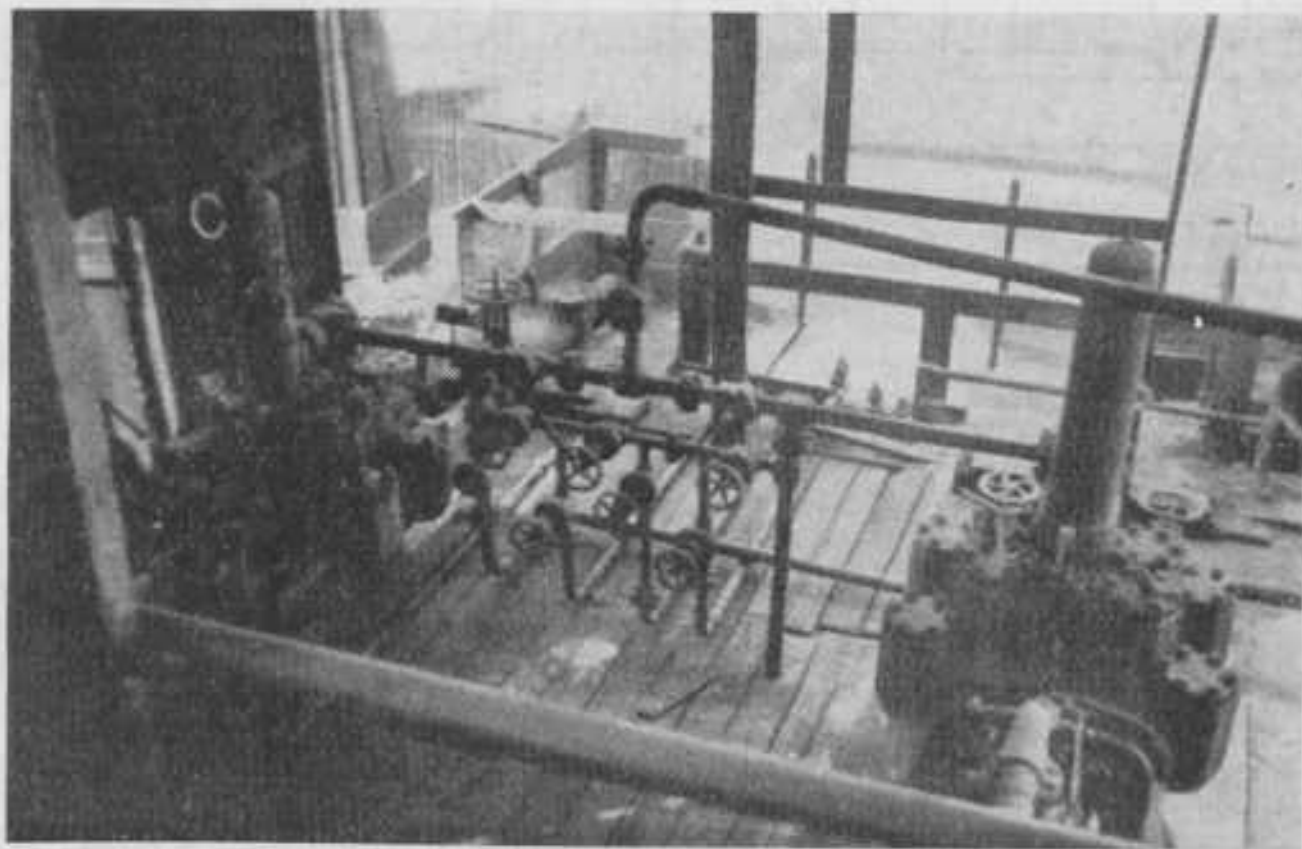
Terwijl de casing practisch tot aan den bodem van de put rijkt, blijft de onderste tubingbuis nog ± 50 m hierboven. De tubingverbindingen worden, met loodwit besmeerd, in elkaar geschroefd. Evenals de casing, neemt de tubing diameter, na enkele honderden meters, in diameter toe (van beneden naar boven). Standaard diameters zijn: 2<sup>3</sup>/<sub>8</sub>", 3", 3<sup>5</sup>/<sub>8</sub>".

Omtrent de rotary-tafel", „kelly", „travelling- en Crown-block" benevens de kabels, valt weinig bijzonders te vertellen, aangezien het stuk voor stuk specimen zijn, welke men in de catalogi der „Ideal" en „Emsco"-fabrieken kan aantreffen.

Rest nog hier een korte bespreking over de dikspoelingpompinstallatie, waaraan een beschouwing over de dikspoelingproblemen in Boldesti zal worden vastgeknoopt.

### De Pompen.

Om de moddercirculatie gaande te houden, zijn zeer krachtige pompen vereischt. Het gebruikte type is een „Ideal” duplex stoompomp. Een tweede reserve pomp staat steeds klaar. De persdruk is  $\pm 27$  atm. Een ingewikkeld kranen-systeem (manifold) maakt het mogelijk allerlei manipulaties te verrichten, zooals:

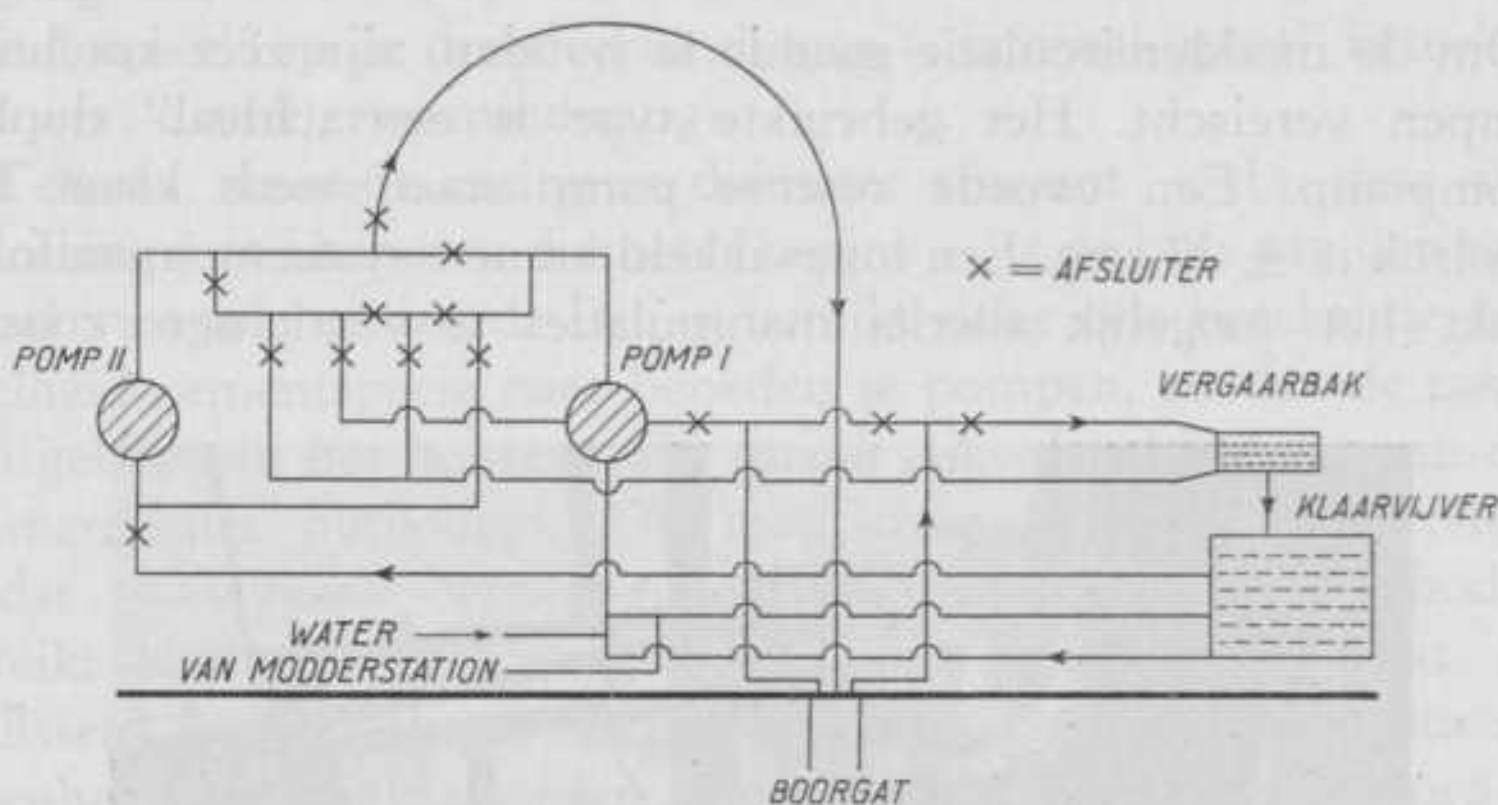


Modderpompen en „Manifold”.

water bij de modder voegen, indien deze te dik wordt, modder wegpompen naar het modderstation, indien olie verwacht wordt, enz. Met een flexibele gewapende slang is de verbinding tusschen de swivel (spoelkop) en de modderleiding verzekerd.

De modder wordt door de pompen uit een modderreservoir opgenomen en door een buigbare slang of „hose” in de swivel geperst. De vloeistof, welke uit het boorgat komt, passeert eerst nog de z.g. blowoutpreventers, welke gesloten kunnen worden bij een plotselinge ondergrondse drukvermeerdering, hetgeen een catastrofale uitbarsting ten gevolge zou kunnen hebben. De blowoutpreventers zijn gelijkvloers aangebracht in de ruimte onder

den werkvloer. Hierna loopt de moddervloeistof via een kranenstelsel of manifold uit in een houten trog, waar de grove afgeslepen partikels uit kunnen zakken. Op de velden van de A.R. wordt ook wel eens gebruik gemaakt van een electrisch bewogen trilzeef, om de modder weer de vereischte fijnheid te doen verkrijgen.



Schema der moddercirculatie.

Deze instrumenten hebben evenwel nog te weinig bedrijfszekerheid. De, aldus weer gereinigde modder, stroomt nu vervolgens weer in het groote reservoir terug, om zijn kringloop weer aan te vangen. Dagelijks genomen monsters controleeren of de consistentie van de modder aan de gestelde eischen blijft voldoen. Tevens moet nagegaan worden of de hoeveelheid voldoende blijft of dat eventueele aanvulling noodig is van het modderstation. De eischen, waaraan de modder voldoen moet, worden hierachter uitgebreider besproken.

## DIKspoeling-PROBLEMEN.

In Boldesti zijn vele dikspoeling-problemen in verband met:

- de aanzienlijke boordiepte;
- de groote lengte onbekleed boorgat; (om casing te sparen)
- de neiging van de Pontienformatie om af te kalven;
- de hooge formatie-drukken.

Domineerende factoren voor den toestand van een modder zijn in het algemeen:

1. Watergehalte;
2. De afmeting en den aard van het vaste element;
3. Electriche toestand van de suspensie;
4. Aard van de opgeloste zouten.

*De verschillende functies, welke de modder moet verrichten zijn:*

Afkoeling van het boorijzer;  
 Boringssmering;  
 Pleistering van de wanden;  
 Opvoeren van boormeel;  
 Tegenwerking van den formatiedruk.

Het is begrijpelijk, dat de modder niet aan alle eigenschappen kan voldoen, aangezien deze soms geheel in tegenspraak met elkaar zijn. Bij de nadere bespreking van de verschillende functies van de modder zal dit steeds weer naar voren komen.

Als *smeermiddel* moet zij den grond verzachten om den voortgang van het boorijzer te vergemakkelijken. De voorwaarden hiervoor zijn: lage viscositeit en laag s.g.

Van de *pleisterende werking* valt het volgende op te merken. Modder kan verloren gaan door te verdwijnen in wanden van groote porositeit en verslechtert hiermede de kwaliteit van de wanden (kan zelfs ineensstorting veroorzaken). De moddercolloïden moeten de poriën kunnen verstoppen en geheel ondoordringbaar maken. Colloïde deeltjes moeten daarvoor een max. diameter hebben van  $\pm 2 \mu$  bij normale porositeit.

Bij uiterst poreuse formaties is pleistering met gewone modder onmogelijk en wordt een toeslag van mica bij de modder gevoegd.

Als *transportmiddel* voor boormeel moet de dikspoeling zwaar en visceus genoeg zijn om boorsel op te voeren, ondanks een langzame circulatie. Daarom — en in verband met de reeds genoemde eischen — is vereischt een s.g. van 1,18—1,21. Een ander s.g. wordt gebruikt in geval van exceptioneelen gasdruk en instortingsgevaaren.

Als de circulatie van de modder tijdelijk stop gezet wordt (wegens bijzondere werkzaamheden) zou het boormeel geneigd

zijn uit te zakken en een deel van den put te vullen. Dit moet voorkomen worden door de modder, die de eigenschap moet hebben dat zij, als ze niet in beweging is, een eenigszins gelatineuzen toestand aanneemt, terwijl zij, indien ze weer in beweging wordt gebracht, direct weer vloeibaar moet worden. Men noemt deze eigenschap *thixotropy*. Bij een te groote thixotropy is het moeilijk circulatie te herstellen. Normale thixotropy is 20—30° (normaal-meter).

In haar kwaliteit van tegendruk van den *formatiedruk* moet de dikspoeling ook aan verschillende eigenschappen voldoen. De formatiedruk kan een gevolg zijn van het actueele gewicht van de lagen (met neiging om plastische formaties uit te knijpen), het kan een gevolg zijn van hoogen gasdruk of het kan een gevolg zijn van kwellen door wateropname der wanden. In alle gevallen moet het s.g. van de modder hoog zijn, 1,5 of meer. Het kan dan niet alleen uit kleimodder bestaan, omdat de viscositeit dan te groot wordt. Daarom wordt de dikspoeling met zware mineralen verzwaaard ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{BaSO}_4$ ), waarvan de fijne deelen in suspensie blijven, zonder dat de viscositeit vermeerderd wordt.

Uit het bovenstaande blijkt, dat van de dikspoeling veel geëischt wordt en de kwaliteit van de modder afhangt van den actueelen toestand in het boorgat.

Op het laboratorium van het veld wordt voortdurend contrôle uitgeoefend op den toestand van de velddikspoeling. Zoo wordt daar het s.g. gemeten in een standaard-cylinder van 1 liter. Eerst wordt deze leeg gewogen, daarna gevuld:

$$\text{s.g.} = \frac{\text{gewicht van 1 liter modder}}{1000}$$

De *viscositeit* wordt gemeten aan de uitstroomingssnelheid uit genormaliseerde vaten. In Boldesti zijn 3 standaard-instrumenten in gebruik: Moreni-, American- en B.P.M.-meter. (Wegens de colloïditeit vloeit de modder niet normaal en is de viscositeit een relatief begrip). Het meetinstrument voor de Thixotropy is gebaseerd op de torsie van een koperdraad. Het aantal graden uitwijking is een maat van thixotropy.

*Sedimentatie* wordt gemeten in een grooten verdeelden cylinder van 1 liter, die gevuld wordt met modder. Het aantal cc water, dat zich afscheidt in zekeren tijd wordt afgelezen. Het resultaat wordt uitgedrukt in cm per uur.

Het *pleistervermogen* wordt als volgt gemeten. Twee metalen tuben van precies gelijke afmetingen zijn op elkaar schroefbaar. Ze worden in verticale positie gehouden. De onderste tube wordt gevuld met zand. De bovenste met modder. Om de 12 uur wordt gemeten hoeveel modder in het zand is gedrongen. Gewoonlijk 20—25 cm<sup>3</sup>.

*Mengapparaat.* Om verschillende ingrediënten toe te voegen (trasgel en dergelijke) welke in suspensie gebracht moeten worden, wordt langs mechanischen weg menging bewerkstelligd. De modder wordt in een breeden bak uit den bodem opgepompt en door een smalle opening er weer uitgevoerd.

Resumeerend zijn voor normale modder de volgende eigenschappen te onderkennen:

S.G.	1,18—1,21
Viscositeit	20—25 sec. (morenimeter)
Thixotropy	20°—30°
Sedimentatie	1 %.

Het materiaal, dat voor de dikspoeling gebruikt wordt, is een plaatselijke kleisoort. Bij toename van viscositeit en dichtheid der modder, kan de normale toestand hersteld worden door toevoeging van water.

Om het pleistervermogen te verbeteren is Trasgel gebruikt, een ter plaatse aanwezig materiaal. Het werkt uitvlokken evenwel in de hand. Het deflocculeeren wordt bereikt met een Na-silicaat toeslag (vroeger soda en tannine-zuur). Pontische klei is een uitstekend colloïdaal materiaal, hoewel geneigd tot Thixotropy. Het veldwater heeft een variabele begin-hardheid (14—30) en een permanente hardheid van 6 (Denthe Härtegraden). Dit is een groote moeilijkheid voor deflocculatie en veroorzaakt groot chemiëenverbruik. Soda heeft de minste uitwerking, tannine-zuur is beter. Het reageert speciaal op Na-ionen en is nuttig voor secun-

daire behandeling.  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  reageert op Mg-ionen. Trasgel wordt toegevoegd bij boren in Pontien en Meotien lagen (concentratie tot  $\pm 2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}\%$ ). Als verzwarend materiaal wordt gebruikt: ponderosiet en haematiet.

De normale hoeveelheid toeslag aan de modder is:

Waterglas	5 kg	per	kar,
Soda	10	„	„
calgon	2	„	„
G.S.	1	„	„
Trasgel	1—5	„	„

### BIJZONDERE WERKZAAMHEDEN.

Hieronder volgt de beschrijving van een aantal werkzaamheden, welke niet in het kader van de normale werkzaamheden vallen.

#### Het beëindigen van de Boorwerkzaamheden.

Indien men, volgens de verwachtingen, de olierijke lagen nadert, moet de boormeester zeer behoedzaam met het boren voortgaan, wegens gevaar van een „blowout” bij het treffen van de olie- en gasrijke lagen. Voorzorgen dienaangaande worden genomen, in den vorm van verzwareing van de modder met Bariet bijv.

Indien de oliezanden aangesneden zijn, wordt nog een 5-tal meters voortgedreven. Dit dient als reservoir voor eventueele ongerechtigheden, zooals kleine instortingen e.d.

Het boren en de moddercirculatie wordt nu stopgezet en de boorpijpen opgehaald. Men brengt nu de laatste casing-buizen in — de z.g. „liner” — welke in onmiddellijk contact met de oliezanden komen. De onderste linerbuis wordt over enkele meters geperforeerd met behulp van een torpedovormig „kanon”. Dit bestaat uit een aantal inschroefbare stalen cylinders, welke boven en onder door een dop afgesloten worden. Inwendig loopt een kanaal, hetwelk met springstof gevuld wordt. Elk van de cylinders heeft eenige ronde openingen naar buiten toe. Hierin worden, van binnen uit, scherpgepunte stalen kogels geschoven, voorzien van een koperen uitstekende ring aan den achterkant. Deze rust tegen den binnenwand van den cylinder. Als de torpedo in een



geschroefd is, wordt door een ventiel in den kop zuurstof onder druk ingevoerd. De kogels worden nu met hun rand tegen de cylindrs gedrukt en vormen een hermetische afsluiting. De torpedo wordt afgelaten in het boorgat aan een kabel, welke electriche stroom kan voeren. Deze kabel staat in verbinding met een slaghoedje in den kop van de torpedo. Op de gewenschte diepte wekt men, door middel van een veergenerator, een electriche stroom



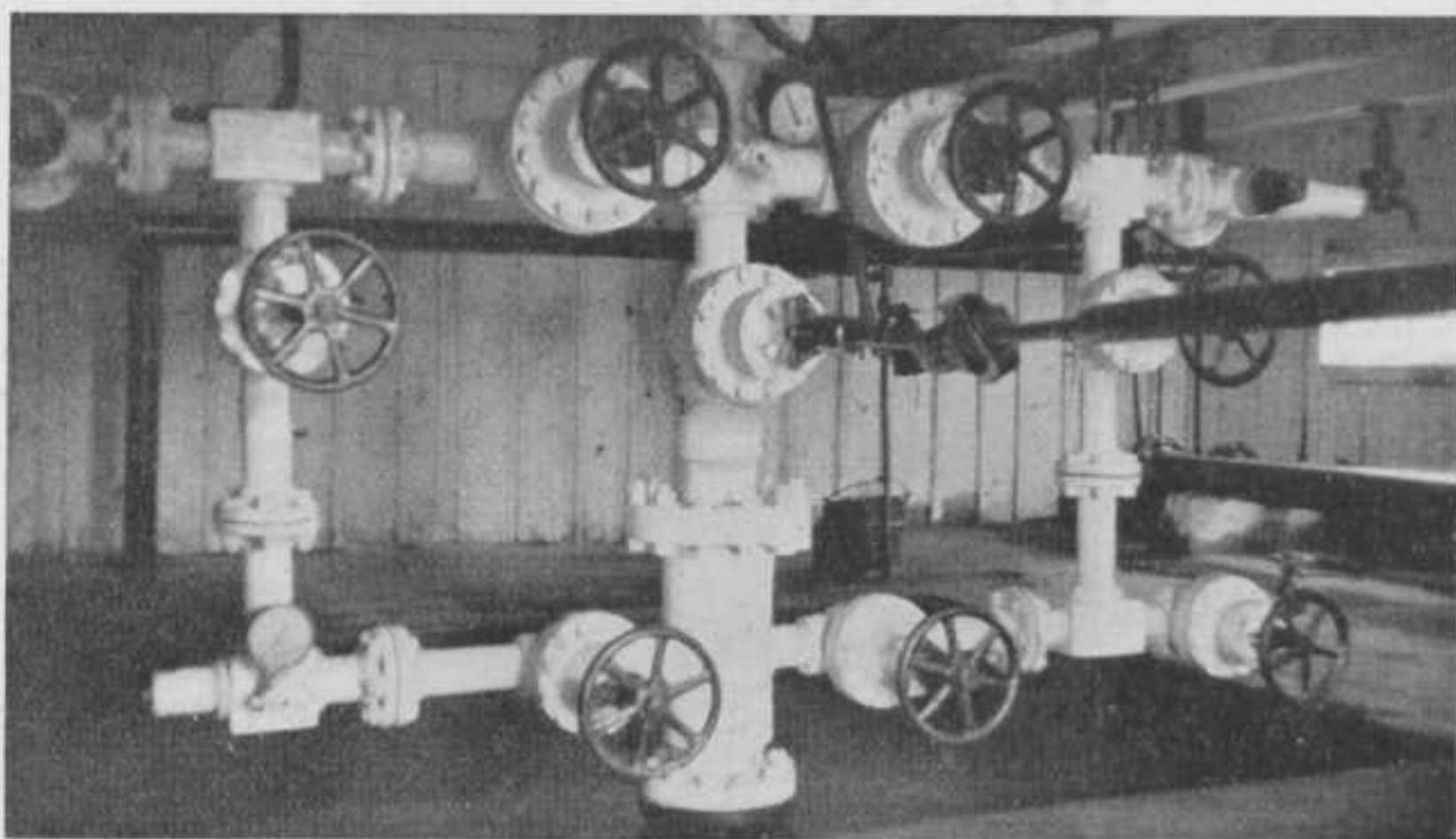
Demontatie der Rotary-tafel.

op, welke het slaghoedje en daarmee de lading ontsteekt. De kogels worden van hun ringen gerukt en perforeeren de liner. Het aantal schoten is afhankelijk van de dikte van de oliezanden.

Is men met deze schietwerkzaamheden gereed, dan laat men de tubing zakken, bevestigt tijdelijk de kelly hieraan en laat nog eenigen tijd modder circuleeren. De rotarytafel wordt nu gedemonteerd. Vervolgens wordt een speciaal samenstel van buizen en kranen, bekend staande als: Christmas-tree, gemonteerd op de casing, juist boven den beganen grond. De verbindingen worden

gereedgemaakt om, eventueele, olie op te vangen. Boven op den kop van de X-mas-tree zet men tijdelijk een 10 m lang buizenstel, („Hollander”) met opschroefbare kop. Hierin bevindt zich de z.g. „swab” (een soort plunjer), opgehangen aan een dunnen kabel, welke door den kop heen naar de drum loopt.

De pompen persen nu de modder weg naar het modderstation en ontvangen ruwe olie terug, welke in de casing geperst wordt, zoolang tot er louter oliecirculatie is. De pompen worden nu stop-



„Christmas-tree”.

gezet en de bron is gereed om in productie gebracht te worden. Alle afvoerkanalen van de casing en tubing worden afgesloten, uitgezonderd de verbindingen met de olie- en gashouder, de z.g. separator. Nu laat men de swab zakken. Deze is opgebouwd uit een serie gewapende rubber cylinders, geregen aan een staaf. De rubberrand drukt zich stevig tegen den wand aan, als de swab in de tubing, gevuld met olie, opgehaald wordt. Het bewerkstelligt zodoende een onderdruk in de tubing, waardoor verstoppingen van de liner-perforaties weggezogen kunnen worden en de formatie-olie binnen kan dringen. Herhaald snel ophalen van de swab kan een plotseling gunstig resultaat bewerkstelligen.

Tijdens het swabben wordt stoom in de tubing geperst om te voorkomen, dat paraffine-afzettingen van de koude olie optreden.

### Gericht boren.

In de meeste gevallen stoort men zich niet aan afwijkingen uit de loodrechte richting van het voortschrijdende boorgat. Alleen wanneer deze afwijkingen verhoudingsgewijs aanzienlijk worden, moet worden ingegrepen.

Men controleert de afwijking van het boorgat periodiek op de navolgende wijze. In het boorgat wordt afgelaten een metalen cilinder, waarin een kompas is opgehangen. Met de naald draait mee een plaat, waarop de N. richting is aangegeven. Boven dit kompas is een kruisdraad cardanisch opgehangen. Ten slotte hangt hierboven een gevoelige plaat. Door een afgestelde batterij worden, na een bepaalden tijd — waarin inmiddels de cylinder op de gevraagde diepte is gearriveerd — het kompas en de kruisdraad belicht, hetgeen op de gevoelige plaat wordt vastgelegd. De plaats van den kruisdraad ten opzichte van de N. richting en het midden van het kompas, geeft de deviatie aan.

Is de afwijking te aanzienlijk geworden, dan moet kunstmatig een bepaalde richting aan het boorgat gegeven worden. Daartoe wordt eerst een cementen prop op den bodem aangebracht. Vervolgens laat men een „whipstock” zakken, opgehangen aan de drillstem door middel van een speciaal boorijzer. De „Whipstock” is een metalen cylinder, waarvan bijna de helft van den wand is weggenomen.

Van het overblijvende gedeelte is de binnenwand, onder een specialen hoek, conisch geslepen (breed naar onderen uitlopend). Een boorijzer, dat hier langs glijdt, zal dus onder dien hoek uit het lood gedwongen worden. Tijdens het aflaten wordt aandachtig nagegaan hoeveel omwentelingen de „drillstem” (boorpijpenkolom) maakt tot de whipstock op de cementen prop rust. De whipstock is bovengronds in den juisten stand neergelaten en deze stand heeft men met behulp van de noordrichting gefixeerd. Is de stand onderaan nu anders dan kan men dit corrigeeren m.b.v. de N. richting, door de drillstem (+ whipstock) over den bepaalden hoek te draaien.

Bij het draaien van de drillstem slijpt deze niet ten opzichte van de whipstock, omdat deze, met koperen plugs, vastgeschroefd zit aan het boorijzer. Is de gewenschte stand bereikt, dan breekt

men deze plugs eenvoudig door het gewicht van de „drillstem” op de whipstock te laten rusten.

Hierna kan men met boren een aanvang maken. Is de cementen prop doorboord, dan wordt de „drillstem” met boorijzer en whipstock opgehaald en vervolgens met een gewone boor verder geboord. (Eventueel na eerst nog voor-geruimd te hebben).

### „Coring”.

Het nemen van monsters door middel van een speciaal „coring-bit” is weinig meer van noode, omdat de stratigrafie van het terrein genoegzaam bekend is, terwijl grint en zand uit den modderstroom zeer goede aanduidingen geeft.

Het tijdroovende monsternemen met een coringbit heeft men tevens ondervangen door de „Schlumberger Electrical Coring”.

Dit is een gepatenteerde methode van een Fransche firma om langs electro-fotografischen weg een beeld te krijgen van de consistentie der lagen. De metingen worden uitgevoerd door de „Schlumberger” Mij. voor een bepaalden prijs. Een schematisch overzicht van het systeem volgt hieronder.

### SCHLUMBERGER-CORING.

Sedert 1928 hebben de gebr. SCHLUMBERGER en E. LEONARDON een aantal procedures uitgewerkt, welke een uitgebreide studie „in situ” mogelijk maken van de lagen, die een geboorde put doorsnijden. Zij hebben den naam: „electrical coring” gegeven aan alle processen tezamen, welke tegenwoordig grootendeels de mechanische kernboring vervangt en zelfs gegevens verschaft, welke tot dusver niet te verkrijgen waren.

De studie der formaties is gebaseerd op de meting aan gegeven physische factoren, verbonden aan deze formaties. Tot dusverre zijn de volgende factoren gebruikt:

1. den weerstand van het gesteente;
2. hun poreusheid;
3. hun electriche anisotropie;
4. hun temperatuur;
5. den weerstand van de modder;

### Electrische weerstand van de gesteenten.

Gesteenten kunnen electrischen stroom slechts geleiden door middel van geabsorbeerd vocht. (Water bevat altijd opgeloste zouten = electrolyten). Geleidbaarheid is dus een functie van:

- a. de hoeveelheid geabsorbeerd vocht;
- b. Van de hoeveelheid opgelost zout.

In de praktijk meet men de reciproke waarde er van, dus: *den weerstand*.

Dichte, harde rotsen bevatten weinig vocht (graniet, kwartsiet, gneiss, marmer e.a.), maar ook enkele zachte gesteenten kunnen weinig water bevatten zooals gesteentezout, kool, e.d. Het is noodzakelijk een duidelijk onderscheid te maken tusschen doorlaatbare en ondoorlaatbare gesteenten. In min of meer ondoorlaatbaar gesteente, zooals klei, mergel, de kleiachtige schalie's e.d. is het geabsorbeerde water, bij wijze van spreken, stationnair.

Het zal daarom een verzadigde oplossing zijn van de oplosbare gesteente-elementen, en de samenstelling zal constant zijn. In dit geval is de weerstand een betrouwbare parameter voor de rots zelve. Bij doorlaatbare gesteenten is het anders. Het water circuleert, en de oplossing kan van plaats tot plaats veranderen. De weerstand is dus hier meer een parameter voor het water zelf dan voor het omringende gesteente.

De rots kan in plaats van electrolyten ook een niet-geleidende vloeistof bevatten, zooals zuiver water, olie (gas). De weerstand is dan zeer groot.

Temperatuur heeft invloed op den weerstand nl.:

1. de weerstand van een electrolyt neemt af bij temperatuurstijging; (bij 50° temp. stijging wordt de weerstand ongeveer de helft);
2. het percentage opgelost zout neemt toe met de temperatuur.

Ruwweg genomen neemt de spec. weerstand één derde af, bij 50° C. temperatuurstijging. (Dit feit heeft een aanzienlijken invloed op weerstandsmetingen). Drukverschil heeft weinig invloed op electrischen weerstand.

De meetinstallatie is als volgt:

3 geïsoleerde kabels van verschillende lengte worden afgelaten; 3 electrodes A, B en C zijn aan de resp. ondereinden bevestigd. De afstand A—B is  $r_1$ , de afstand A—C is  $r_2$  ( $r_1$  en  $r_2$  zijn groot ten opzichte van den diameter van het gat). Electrode A wordt onder spanning gezet. B en C worden gebruikt om potentiaal verschillen te meten tusschen beide punten, veroorzaakt door weerstand van den bodem.

Kabel 1 (electrode A) is verbonden met een pool van een batterij (D), waarvan de andere pool geaard is in de buurt van de putopening (E).

De kabels 2 en 3 (waaraan resp. B en C) zijn verbonden met een voltmeter.

Men weet dus:

de afstand  $r_1$ — $r_2$ ;

de stroomintensiteit in den bodem ( $i$ );

het potentieel-verschil  $\Delta V$  tusschen B en C.

Hieruit kan de gemiddelde bodemweerstand (op de bewuste diepte) berekend worden. Rondom A bestaan aequipotentiaal vlakken. Om reden van symmetrie zijn de vlakken, welke door B en C gaan, ongeveer bollen om A. Zij doorsnijden de put (met haar modderinhoud) vrijwel zonder vormverandering. Het potentiaalverschil B—C is dus gelijk aan het verschil in den grond, op afstanden  $r_1$  en  $r_2$  van A. Met toepassing van de Wet van OHM krijgt men de volgende formule:

$$R = 4 \frac{\Delta V}{i} \cdot \frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1}$$

In de practijk zijn de 3 kabels samengeweven tot een kabel, welke om een winch gewonden wordt (gemonteerd op een auto). Via een speciale aflaatinrichting daalt de kabel in den casingkop af. Tijdens het dalen worden de weerstanden automatisch geregistreerd. Men verkrijgt aldus een diagram met de diepten als ordinaat, den weerstand als abscis. De tijdsduur van een dergelijke meting is ongeveer 4—5 uur. Om een regelmatige daling in het gat (zonder casing, dus: ruwe wanden) mogelijk te maken, hangt men een zwaar gewicht onder aan den kabel (100 lbs).

Ten einde de wanden wat bij te slijpen t.b.v. de coring, draait de boormeester wel eens — vóór de coring — een uur met zeer weinig druk op het bit. De regelmatige daling van den kabel is dan later meer verzekerd.

### **Nut van het diagram.**

De weerstands-verhouding maakt onderscheid tusschen verschillende formaties mogelijk, aangezien deze van laag tot laag zeer varieert en vrijwel constant is voor een bepaalde laag.

De numerieke waarde van den weerstand is evenwel geen specifieke aanwijzing voor een laag, aangezien 2 lagen verschillend in ouderdom en samenstelling, gelijken weerstand kunnen vertoonen.

Een enkele weerstandsfiguur geeft dus geen uitsluitsel. Maar wel: vele diagrammen uit eenzelfde sedimentair complex. Men kan b.v. in een geologische kolom telkenmale een horizont met weerstand van 20 Ohm tegenkomen. Slechts een bepaalde heeft in alle diagrammen zoowel gelijke dikte als samenstelling, als weerstand. Hieruit volgt de diepte van een bepaalde laag over het heele veld.

Mechanische coring is dus slechts noodig voor 1 put. De andere putten kunnen met elektrische coring volstaan.

Een belangrijk punt is of het mogelijk is vele betrouwbare merkteekenen van een electr. horizont te ontdekken. Volledige lithologische veranderingen zijn goede aanduidingen, b.v. de overgang van zandsteen in mergel. Het aantal duidelijk electr. horizonten is daarom vrijwel gelijk aan het aantal lithologische veranderingen.

De betrouwbaarheid van de electr. aanduidingen hangt af van de regelmaat der formaties, hetgeen in Roemenië vrij sterk het geval is. Plooiingen in formaties kunnen, via de diagrammen, ook opgespoord worden.

De plaatsbepalingen van oliezanden is practisch verzekerd door den extreem hoogen weerstand. De dikte van de oliezanden volgt onmiddellijk uit het diagram, evenals de productiviteit er van.

### De Poreusheid van het Gesteente.

De ontdekking van poreuze lagen zooals zanden, kalksteen e.d. is van overwegend belang in olie-velden, aangezien gas, olie en water steeds in zulke poreuze horizonten voorkomen.

Het principe van elektrische aanduiding is als volgt: Indien een electroliet door een strook permeabele stof stroomt, treedt een electro-motorische kracht op tusschen de beide zijden van de strook. Deze kan als volgt uitgedrukt worden:

$$E = m \cdot \frac{R}{V} P.$$

( $E$  = electr. mot. kr.;  $P$  = druk v. d. vloeist.;  $R$  = weerstand v. d. electroliet;  $V$  = viscositeit v. d. vloeistof;  $m$  = constante v. h. medium).

Voor strooming door capillairen is bekend de formule:

$$Q = m' \cdot \frac{P}{V}$$

( $Q$  = hoeveelh. vloeistof).

Hieruit volgt:

$$\frac{E}{Q} = \frac{M}{m}, \text{ R of in woorden:}$$

De E.M.K. is evenredig met den weerstand en hoeveelheid van de doorstroomende electroliet. De kracht is dus in nauw verband met de porositeit. De richting van den electrischen stroom is dezelfde als de beweging van de vloeistof. Aangezien de modder in een boorgat over-druk op de wanden uitoefent, dringt het water er van in poreuze wanden en verdrijft de vloeistof, die er in was (water en olie). Aangezien de potentiaal toeneemt in de richting van den vloeistofstroom, wordt een minimum waargenomen bij de grensvlakken der poreuze laag.

Het apparaat om de potentiaal te meten is een — inpolarisabele — electrode, welke afgelaten wordt aan een kabel. Het andere eind van den kabel eindigt in een gearde electrode; tusschengeschakeld is een potentiometer. De potentiometer geeft voor elk punt in het gat, indirect de potentiaal weer.



### Nut van het diagram.

De permeabiliteit van de gesteenten is direct af te lezen uit het diagram. Dit leidt tot diagnose van oliehoudende zones. Neemt men den weerstand-diagrammen ernaast, dan is geen vergissing meer mogelijk tusschen compacte rots en oliezanden.

### Meting van Formatiedruk.

Beschouwt men nog eens onderstaande formule:

$$E = m \frac{R}{V} P = m \frac{R}{V} (H - p) = k (H - p)$$

( $H$  = modderdruk;  $p$  = druk van vloeistof;  $v$  = constante).

Verlaagt men de modderkolom, dan neemt  $H$  af ( $H'$ ) en  $E$  wordt:

$$E' = K (H' - p).$$

Noem  $\frac{H'}{H} = s$  en  $\frac{E'}{E} = t$ , dan geldt:

$$p = H \frac{s - t}{1 - t}.$$

De electro-filtratie is dus een maat voor den vloeistofdruk. Indien men den modderdruk in de put verandert (door middel van de pompen, of de consistentie, of door de modderkolom te verlagen) kan men den vloeistofdruk meten.

De formatiedruk kan dus op deze manier uitstekend gemeten worden aan de hand van het porositeits-diagram.

Op de andere, mogelijke, elektrische waarnemingen zooals de elektrische anisotropie, het temperatuurverval enz. zal hier niet worden ingegaan, aangezien deze tijdens de metingen door ondergeteekende niet werden opgemerkt.

### PRODUCTIE.

Het onderstaande zal in groote trekken een beschrijving geven van de wegen en installaties, welke de ruwe olie en het gas moeten doorloopen van het oogenblik af, dat zij zich losmaken uit de olie-

zanden tot de aflevering aan de „Refinery”. (De centrale raffinerij van de Astra Româna is in Ploesti,  $\pm 10$  km van Boldesti verwijderd).

De ruwe olie en het gas worden aan de aarde onttrokken door middel van boorgaten (waarvan het boren in de voorgaande bladzijden beschreven werd). De oliebronnen zijn in twee groote categorieën te scheiden, nl.:

1. bronnen, waarin het gas en de olie uit eigen beweging tot aan de oppervlakte stijgt;
2. bronnen, waarin de olie kunstmatig aan de oppervlakte gebracht wordt.

De eerste categorie is weer te scheiden in:

- a. bronnen, welke olie en gas leveren (flowing wells);
- b. bronnen, welke alleen gas leveren (gas wells).

Op het terrein Boldesti waren 60% der bronnen flowing-wells. Tevens waren eenige gas-wells aanwezig.

Het type bronnen van de tweede categorie levert 40% van de productie van dit veld. Bij vrijwel alle bronnen is de *gaslift* methode van toepassing, om de olie aan de oppervlakte te brengen. Slechts bij een drietal putten wordt het *pomp-systeem* gebruikt, terwijl enkele proeven werden bijgewoond van de *intermitteerende plunjier methode*.

De hoogdruk lift-gas wordt op verschillende manieren verkregen:

1. Uit het compressiestation, waar een gasoline Ingersoll-Rand installatie droog gas tot de gewenschte pijpleidingspanning comprimeert. De installatie heeft 9 machines, die elk in 3 trappen het gas van 1 Atm. tot  $\pm 32$  atm. samendrukken:

van 1 tot 4 atm.: 2 cylinders, slaglengte 12", boring 15 $\frac{1}{2}$ ";

van 4 tot 15 atm.: 2 cylinders, slaglengte 12", boring 10";

van 15 tot 32 atm.: 2 cylinders, slaglengte 12", boring 5".

2. Uit de hoogdrukseparatoren, waar gas, op verscheidene putten, direct uit de bron gescheiden wordt van de olie. De separatoren zijn geplaatst tusschen den tubingmond en de „bean”.

3. Uit de gasbronnen (35—50 atm.).

Uiteraard stijgt, met de dalende productie, de noodzakelijke G.O.R. voor een regelmatige productie. De benodigde hoeveelheid extra liftgas blijft hierdoor vrijwel constant ( $\pm 10.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ ). In 1939 was de totale gemiddelde G.O.R. voor het veld  $\pm 540$  (van de flowing-wells 430). In het Oosten hebben bijna alle bronnen gaslift nodig ( $\pm 250.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ ), in het Westen is er minder behoefte ( $\pm 17.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ ).

De productie door middel van pompen is in de praktijk achter gebleven bij die door gaslift.

### De Productiepijp.

Het kanaal, waarlangs de olie de oppervlakte moet bereiken, moet voor verstopping gevrijwaard worden. Dit gevaar is niet denkbeeldig, aangezien de olie van *paraffineuzen* aard is. Het reinigen geschiedt door middel van een soort torpedovormig lichaam of „go-devil”, hetwelk met behulp van gasdruk neer en op gestuurd wordt in de tubing (Rallet-systeem).

Wegens de hogere temperatuur komt paraffine niet dieper dan 500—800 m voor. De go-devil daalt dan ook niet verder dan 1500 m  $\pm$ . (Reductie van 3" op 2 $\frac{1}{2}$ " tubing).

Het reinigen vindt, in den regel, drie maal daags plaats. De casing wordt daartoe afgesloten voor gastoevoer en gasdruk wordt gezet boven op den kop van de tubing, waarin de go-devil reeds neergelaten is. Een manometer geeft bij neergaande beweging den gasdruk aan. Deze loopt op bij toenemende verontreiniging. Blijft hij constant, dan is de paraffinezone gepasseerd. Wanneer de go-devil op zijn gronddiepte is aangeland, neemt men den druk van de tubing af en zet deze op de casing. De go-devil komt weer omhoog en schraapt den tubing wand schoon. (Gasverbruik 350 m<sup>3</sup> per keer).

Naast het Rallet-systeem zijn bij uitzondering nog in gebruik twee andere reinigingsmethoden, t.w.:

1. een manier, waarbij een schraper aan een kabel afgelaten wordt;
2. het systeem, waarbij stoominjectie in den casingkop, paraffineafzetting moet voorkomen.

Bij het verlaten van de tubing wordt de olie en het gas via de X-mastree geleid naar den separator. De hoeveelheid wordt hierbij gemeten door Kentmeters (voor olie) en Foxboroughmeters (voor het gas).

In den separator scheiden gas en olie zich op natuurlijke wijze. Vanuit den separator stroomt de olie door eigen gewicht of druk door de veldpijpleidingen naar het centrale tankcomplex. (Slechts in het Oostelijk veldgedeelte is verplaatsing door pompen noodig). De olie wordt voor, in en na de X-mastree verhit door stoominjecties of stoommantels (glaswol-isolatie) tot 45—50° C. Deze temperatuur is niet voldoende om paraffine afzetting in de veldleidingen te voorkomen, welke dan ook wekelijks met een speciale go-devil gereinigd worden. De stroomende olie neemt hier de go-devil mee, welke ergens in het veld in de leiding gelaten wordt en na een tocht van enkele kilometers bij het desemulsiestation weer gelicht wordt.

De veldpijpleidingen behoeven weinig onderhoud, aangezien de bodem weinig zuren bevat, welke schadelijk zouden zijn voor het ijzer. Het gas scheidt zich grootendeels reeds uit de olie af in den grooten laagdruk separator (2—4 atm.) bij elke bron. De rest wordt in een grooten separator bij het tankstation uit de olie verwijderd.

### **Oliebehandeling.**

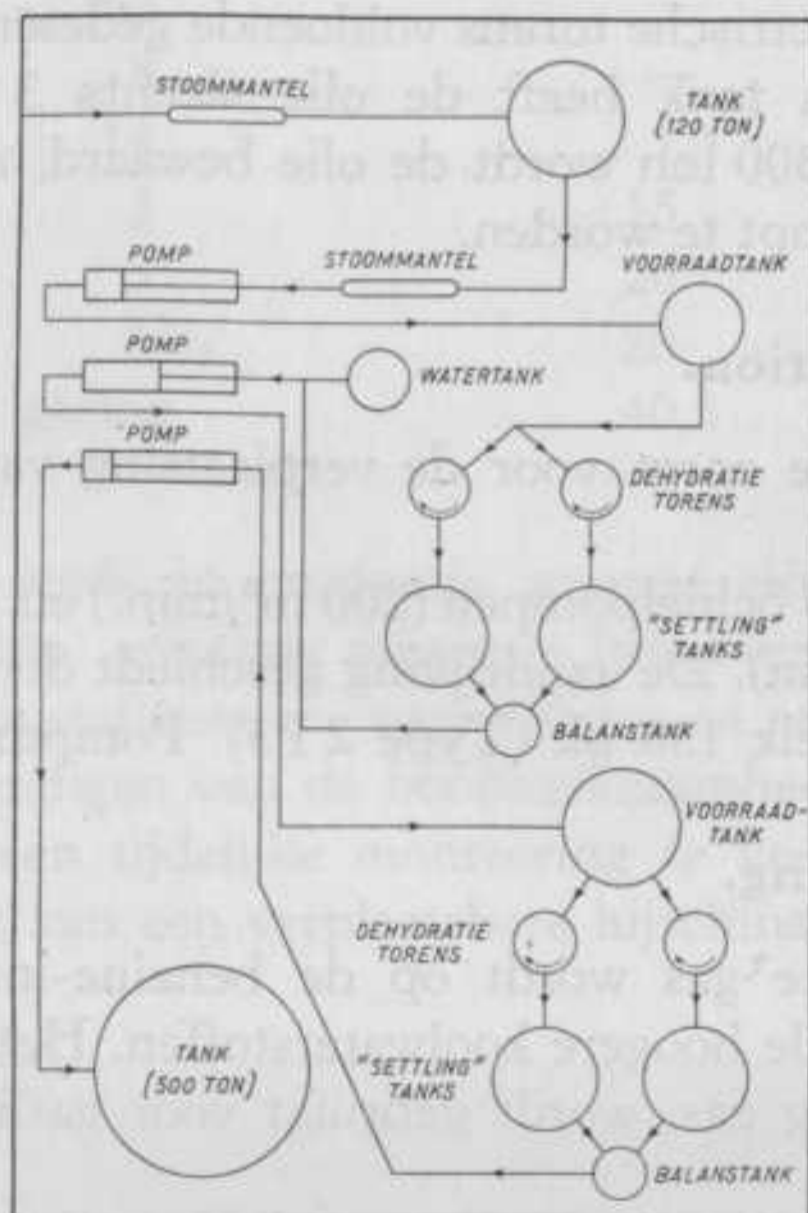
De olie, welke naar de raffinaderij gestuurd wordt, mag niet meer zout bevatten dan 10 kg/car of 0,08%. Tot October 1937 werden bij alle waterhoudende putten chemicaliën ingespoten. In tanks van 6000 L. scheidde zich hierdoor het water + zout af. De olie werd, op 105° C, gebracht in een waterscheider, waar het soms voldoende gereinigd uit te voorschijn kwam. In den regel was evenwel nog een behandeling met „sulfonic soap” (een Shell-patent) noodzakelijk.

Ook centrifuge-scheiding vond gedeeltelijk toepassing.

Op het oogenblik evenwel is, met succes, een elektrische reinigingsmethode van toepassing, welke gelijkenis vertoont met de „cottrell” methode in metallurgische bedrijven. De werkwijze is als volgt: De ruwe olie uit de veldleidingen wordt op 80° C ge-

bracht en vervolgens 36 uur in een 5-tal tanks van 120 ton achtergelaten. Veel vuil komt hier tot bezinking. Van hier gaat de olie naar den voorraadtank, welke in verbinding staat met de twee dehydratietorens.

De dehydratie in de torens geschiedt door middel van een electrode-plaat, welke ronddraait in een cylinder, die tegen-electrode is.



Dehydratieschema.

De olie is een emulsie, waarin oliedruppels door een water-vliesje omgeven zijn. Onder invloed van de spanning tusschen platen en cylinder en door verschil in diëlectrische constante t.o.v. de olie richten de watervliesjes zich tot strengen en ballen samen tot groote druppels.

De gebruikte spanning is een vervormde wisselspanning, met extreem hooge amplitude. Het paraffine-gehalte van de olie maakte deze laatste bijzonderheid noodig. Speciale wisselspanning-omvormers van Heemaf beantwoorden aan het gestelde doel.

Bij het verlaten van deze torens is het watergehalte afgenomen

van 5% tot 1% en het zoutgehalte van 600 kg/car tot 20 kg/car.

Uit deze torens stroomt de olie langzaam in twee groote bezinkingstanks, waar het een laag schoon water passeert en dus gewasschen wordt.

Van deze tanks uit wordt de olie, via een balanstank, gepompt naar een tweede stel dehydratietorens. Het pompen — onder watertoevoeging — heeft de olie weer goed geëmulsioneerd. De olie verlaat de electriche torens voldoende gedesëmulsioneerd. Na bezinking in een tank heeft de olie slechts 3 kg/car zout. In groote tanks van 500 ton wordt de olie bewaard, alvorens naar de raffinaderij gepompt te worden.

### **Het Pompstation.**

Deze installatie zorgt voor de verplaatsing van de olie naar de raffinaderij.

Zij bestaat uit 5 Schielpompen (200 m<sup>3</sup>/min.) en 1 Otto-Schwadepomp (500 m<sup>3</sup>/min). De aandrijving geschiedt door 5 Thomassengasmotoren van elk 130 pk (Type 2 P3). Pompdruk is 30 atm.

### **Gasbehandeling.**

Het ruwe natte gas wordt op de benzine-installatie ontdaan van de waardevolle hoogere koolwaterstoffen. Het, aldus ontstane, residue van droog gas, wordt gebruikt voor gaslift of branddoel-einden.

De gang van zaken is de volgende: het gas uit de separatoren komt (door 8" en 11" pijpen) in de installatie. Een Cornwallketel verhit het gas, alvorens het gestuurd wordt door cylinders, gevuld met kurk- en ijzerschaafsels, om verontreinigingen tegen te houden. Een cylinder-batterij, met houtskool, staat hierachter geschakeld. De houtskool neemt de zware bestanddeelen uit het gas op. (Gasingang aan den voet, aftapping van arm gas bovenaan). Het residueele droge gas wordt afgevoerd. Als het houtskool verzadigd is (10% gew. toename), wordt de gastoevoer afgesloten en oververhitte stoom (150°) boven in de tank geleid. De gasoline wordt meegesleept, gaat naar een condensor en ten slotte naar een separator, waar water, gasoline en gasfractie zich afscheiden. Via een tank, wordt het gas gepompt naar een stabilisator. Hier

worden de zware fracties geëxtraheerd, en de lichtere in een aparte tank geborgen (voor verbrandingsdoeleinden). De gasoline-productie is 7,8 car/dag. (Het houtskool is na droging met warm gas weer voor gebruik gereed).

Hieronder volgen enkele cijfers (gehalte in %):

	ruw gas (uit 't veld)	gasoline	droog gas
methaan	63	—	87
ethaan	8	—	5
propaan	14	1,4	6,8
isobutaan	3	15	0,6
n. butaan	5	20	0,6
isorn. pentaan	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	20	0,6
residue	gering	40,3	—

Bronnen, welke reeds in productie geweest zijn, kunnen om verschillende redenen, somtijds reparatie behoeven.

Waar alle hijschinstallaties — voor tubing en casing behandeling — na het beëindigen van de boorwerkzaamheden, gedemon-teerd worden, en een tijdelijke montage te veel werk eischt, maakt men gebruik van een verplaatsbare hijschinstallatie, in den



vorm van een grooten Wuelfel-diesel tractor installatie, uitgerust met 2 drums (totaal gewicht 20.000 kg). De diesel heeft 6 cilindrs (Drum I heeft 1" kabel, drum II  $\frac{9}{16}$ " kabel).

Veel werkzaamheden in dit kader heeft ondergeteekende niet bij kunnen wonen, daar het dreigende oorlogsgevaar (Augustus 1939!) een vroegtijdig vertrek uit Roemenië noodzakelijk maakte.

Alvorens ik deze beschouwing sluit, wil ik gaarne van deze gelegenheid gebruik maken om oprechten en hartelijken dank uit te spreken tegenover de Directie der Bataafsche Petroleum Maatschappij, welke Delftsche Mijnbouwkundige Studenten dezen nuttigen en aangename tijd bezorgde.

Prof. ir. C. L. VAN NES zijn wij zeer erkentelijk voor zijn bemiddeling om ons in contact te brengen met de B.P.M.

Delft, November 1941.

J. T. L. BARTLEMA,

c.m.i.



VOORWOORD

De volledige Index der jaarboeken der M. V. werd voor het  
eerst opgenomen in het

## INDEX

de Deelkring lag van de jaarboeken van een geheel bij  
gewerkte, volledige Index bij te zetten, wat zij zich met hoede

van insienende

het de Index

oudere literatuur

erf waren w

De alfabetische lijst der

gedrukt was

van nauwkeurige gegevens

De Alfabetische lijst der

gedrukt was

van nauwkeurige gegevens

De Alfabetische lijst der

gedrukt was

van nauwkeurige gegevens

De Alfabetische lijst der

gedrukt was

van nauwkeurige gegevens

De Alfabetische lijst der

gedrukt was

van nauwkeurige gegevens

De Alfabetische lijst der

gedrukt was

van nauwkeurige gegevens

De Alfabetische lijst der

gedrukt was

van nauwkeurige gegevens

De Alfabetische lijst der

gedrukt was

van nauwkeurige gegevens

### AANVULLING OP DE INDEX VAN DE JAARBOEKEN VAN DE MIJNBOUWKUNDIGE VEREENIGING

TE DELFT

OVER DE JAREN 1936/'37 EN 1938/'41

DOOR

IR. C. J. H. BERDING M.I.

Gedrukt in 1941

C. J. H. BERDING

... van een groot aantal... met 2 drums (total weight 20.000 kg)...

... veel werkzaamheden in dit kader... bij kunnen worden...

# INDEX

... Alomte zeldzaam... in de... gebieden...

... AANVULLING OP DE INDEX VAN DE JAARBOEKEN VAN DE

... MINEBOUWKUNDIGE VERENIGING TE DELFT

... OVER DE JAREN 1936, 37 EN 1938

... DOOR J. T. J. ...

R. C. J. H. BERDING M.A.

10

## OVERZICHT VAN VOORWOORD. VAN INDEPLING.

De volledige Index der Jaarboeken der M. V. werd voor het eerst opgenomen in het Jaarboek 1934—1935. Alhoewel het in de bedoeling lag van de Jaarboekcommissie om een geheel bijgewerkte, volledige Index bij te voegen, zag zij zich uit hoofde van papierschaarschte gedwongen om haar streven te beperken tot de Index der Jaarboeken 1936—1937 en 1938—1941. Voor oudere literatuur moet derhalve naar het Jaarboek 1936—1937 verwezen worden.

De alphabetische lijst der Geographische namen werd ingedeeld naar de toestand vóór 1939, als gevolg van het ontbreken van nauwkeurige gegevens.

De Alphabetische lijst der Persoonsnamen werd vereenvoudigd.

Geleen, 1941.

C. J. A. BERDING.

## INHOUD.

Voorwoord . . . . .	429
Inhoud . . . . .	430
Overzicht van de Methode van Indeeeling . . . . .	431
Lijst van Afkortingen . . . . .	432
Systematische Index . . . . .	434
Algemeene onderwerpen . . . . .	434
Biologie . . . . .	434
Excursie- en Karteeringsverslagen . . . . .	434
Economische en Monetaire Vraagstukken . . . . .	435
Exploratie en Opsporing . . . . .	435
Expedities en Practisch werken . . . . .	435
Algemeene Geologie . . . . .	435
Economische en Practische Geologie (tevens Minera- grafie en Ertsgenese). . . . .	436
Historische Geologie en Palaeontologie . . . . .	437
Geophysica . . . . .	437
Geophysische Opsporingsmethoden . . . . .	438
Regionale Geologie . . . . .	438
Tektonische Geologie . . . . .	439
Ontginning van Delfstoffen . . . . .	439
Petrographie en Mineralogie (tevens Kristallographie, Kristaloptica en -physica) . . . . .	441
Technische Onderwerpen . . . . .	441
Diversen . . . . .	441
Ertsscheiding en Metallurgie . . . . .	441
Metallurgie . . . . .	441
Ertsscheiding . . . . .	442
Alphabetische lijst van Geographische Namen . . . . .	443
Alphabetische lijst van Persoonsnamen . . . . .	446

## OVERZICHT VAN DE METHODE VAN INDEELING.

Bij het samenstellen van de index werd uitsluitend acht geslagen op de beteekenis van den **titel** der geschriften. Het spreekt vanzelf dat in zeer veel gevallen de inhoud aan een onderzoek moest worden onderworpen.

**Systematische Index.** Alle **hoofdstukken** zijn voorzien van een **titel**, waarvan de **hoofdletter-indices** zijn afgeleid. Deze indices vormen de basis voor de alphabetische indeeling van systematische index, terwijl zij tevens een korte formuleering van de gegevens in de alphabetische lijsten van Geographische en Persoonsnamen mogelijk maken.

De hoofdstukken zijn weder onderverdeeld in **paragrafen**, waardoor ieder geschrift door deze overzichtelijke en toch gecomprimeerde indeeling onder de betreffende paragraaf-titel spoedig is te vinden, terwijl aanvullingen en correcties zonder eenige moeite kunnen worden aangebracht. Tevens bezit deze methode het voordeel, dat voor een speciaal onderwerp alle literatuur in chronologische volgorde verzameld is. De toegepaste indices zijn hier Arabische **cijfers** en **kleine letters**, welke wederom een speciale beteekenis hebben voor de alphabetische lijsten en voor de rangschikking van de systematische index. De beteekenis van de indices is aangegeven op de **lijst van afkortingen**.

De volgorde der paragrafen is steeds de alphabetische, terwijl de volgorde der geschriften, welke in de paragrafen voorkomen, steeds chronologisch werd gehouden. In enkele gevallen zijn de paragrafen nog eens alphabetisch onderverdeeld.

## LIJST VAN AFKORTINGEN.

Deze afkortingen vormen de basis voor de gegevens, welke in de beide alfabetische lijsten zijn opgenomen, en verwijzen naar de systematische index.

**Indices der Hoofdstukken.**

A	Algemeene Onderwerpen	GP	Geophysica
BL	Biologie	GPO	Geophysische Opsporings- methoden
EK	Excursie- en Karteerings- verslagen	GR	Regionale Geologie
EM	Economische- en Mone- taire Vraagstukken	GT	Tektonische Geologie
EO	Exploratie en Opsporing	O	Ontginning van Delfstoffen
EP	Expedities en Practisch werken	PM	Petrographie en Mineralogie (tevens Kristallographie, Kristaloptica en -physica)
GA	Algemeene Geologie	T	Technische Onderwerpen
GE	Economische en Practische Geologie (tevens Minera- graphie en Ertsgenese)	VD	Diversen
GH	Historische Geologie en Palaeontologie	VE	Ertsscheiding en Metallurgie
		VM	Metallurgie
		VW	Ertsscheiding

**Indices der Paragrafen.**

**Hoofdstuk EK** (Excursie- en Karteeringsverslagen).

De cijferindices verwijzen naar het volgnummer, waaronder het verslag is ingeschreven in de systematische index.

**Hoofdstuk GA** (Algemeene Geologie).

a = Algemeene Onderwerpen.	s = Seismologie.
d = Diversen.	y = IJs.
k = Koraalriffén.	v = Vulkanisme.

**Hoofdstuk GH** (Historische Geologie en Palaeontologie).

h = Historische Geologie.

p = Palaeontologie.

**Hoofdstuk GR** (Regionale Geologie).

af = Afrika.

al = Alpen.

am = Amerika.

b = België.

d = Duitschland.

e = Engeland.

f = Frankrijk.

h = Hongarije.

nl = Nederland.

ni = Ned.-Indië.

o = Oostenrijk.

ro = Roemenië.

ru = Rusland.

sc = Scandinavië.

sp = Spanje.

ts = Tsechoslowakije.

z = Zweden.

**Alle overige hoofdstukken.**

a = Algemeene Onderwerpen.

as = Arseen, Antimoon.

b = Bauxiet.

c = Cement.

e = Ertsen.

g = Goud, Zilver en andere  
edele metalen.

ka = Kaolien.

kk = Kalksteen.

ko = Kool.

kp = Koper.

kw = Kwik.

ld = Lood.

ma = Marmer.

mb = Metaalbewerking.

mg = Magnesiet.

mn = Mangaan.

n = Nikkel.

o = Ozokeriet.

p = Aardolie.

ph = Phosphor.

st = Steengroeve.

t = Tin.

y = IJzer.

zn = Zink.

zo = Zout.

zw = Zwavel.

De cijferindices geven voor alle hoofdstukken, uitgezonderd voor EK aan, hoeveel geschriften onder dezelfde indices in de desbetreffende hoofdstukken of paragrafen van de systematische index zijn ingeschreven.

## SYSTEMATISCHE INDEX.

**A**                    **Algemeene Onderwerpen.**

	Jaarboek.	Bladz.
Over de oudste geschiedenis van de mijnbouw in Zuid-Limburg en Herzogenrath, door Prof. ir. C. L. van Nes m.i.	'36—'37	40
Verzorging der menschheid met delfstoffen, door Prof. ir. J. A. Grutterink, m.i.	'36—'37	50

**BL**                    **Biologie.**

Het zenuwstelsel der dieren: De bewegingsmachine van het dier, door Prof. dr. H. Jordan	'36—'37	65
---	---------	----

**EK**                    **Excursie- en Karteeringsverslagen.**

48. Verslag van de excursie naar de Eifel, en het Rijn- en Lahndal (1936), door Ir. C. J. A. Berding en J. Visman	'36—'37	119
49. Excursie naar Utrecht en Arnhem (D.E.M.K.A. en Ned. Met. Bedrijven Arnhem), door D. Burger	'36—'37	146
50. Excursie naar het hoogovenbedrijf en staalwalswerk der S. A. John Cockerill, door Ir. A. Lopez Cardozo m.i.	'36—'37	156
51. Excursie naar de tinbaggermolen de „Kantoeng”, door Th. J. Vrins	'36—'37	160
52. Verslag van de Geologische excursie naar Schotland, 1936, door H. Simon Thomas	'36—'37	163
53. Verslag van de excursie naar de Boulonnais en Bretagne, 1936, door H. Simon Thomas	'36—'37	182



	Jaarboek.	Bladz.
54. Verslag van de excursie naar Bretagne en Massif Central, door Ir. A. Hols m.i. en Ir. J. W. van Riel m.i.	'38—'41	333
55. Verslag van de excursie naar Italië, door W. P. Teeuwisse	'38—'41	309

### **EM Economische en Monetaire Vraagstukken.**

Verzorging der menschheid met delfstoffen, door Prof. ir. J. A. Grutterink m.i.	'36—'37	50
---	---------	----

### **EO Exploratie en Opsporing.**

Opsporing en ontginning van fosforieten in Twente, door Ir. Tj. de Vries	'38—'41	289
--	---------	-----

### **EP Expedities en Practisch Werken.**

Practisch Werken in de Sierra de los Filabres (Spanje), 1935, door E. J. van Naerssen en A. L. Haighton	'36—'37	210
---	---------	-----

Practisch werken te Boliden en Rönnskär (Zweden), 1937, door J. Cleyndert en A. L. Haighton	'36—'37	212
---	---------	-----

Geevor Tin Mine (Cornwall), 1937, door E. Adelaar	'36—'37	217
---	---------	-----

Practisch Werken bij de Tréпча Mines Ltd in Joegoslavië, 1936, door H. van Arkel	'36—'37	218
--	---------	-----

Over Practisch Werken in Roemenië, door R. v. d. Brandeler	'36—'37	225
--	---------	-----

Practisch Werken in de Montagne Noire (Frankrijk), 1937, door P. O. Lap	'36—'37	232
---	---------	-----

Practisch Werk op een olieterrein in Roemenië, door J. Th. L. Bartlema	'38—'41	388
--	---------	-----

### **GA Algemeene Geologie.**

#### **GA d. Diversen.**

Voordracht (Beweging der Continenten) door Prof. dr. ir. J. A. A. Mekel m.i.	'36—'37	48
--	---------	----

	Jaarboek.	Bladz.
GA s. <b>Seismologie.</b>		
Aardbevingen met zeer diepen haard, door Dr. S. W. Visser	'36—'37	113
GA v. <b>Vulkanisme.</b>		
De spleet-eruptie van den Etna in 1910, door Prof. dr. J. H. F. Umbgrove	'38—'41	181
Verslag van de Excursie naar Italië (Vesuvius en Etna), door W. P. Teeuwisse	'38—'41	309
<b>GE Economische en Practische Geologie.</b>		
(Tevens Mineragraphie en Ertsgenese).		
GE a. <b>Algemeene Onderwerpen.</b>		
Beknopt overzicht over de vooruitgang en het nut van de ertsmicroscopie, door Dr. ir. C. Schouten m.i.	'36—'37	95
GE g. <b>Goud, Zilver en andere edele metalen.</b>		
Practisch werken in de Montagne Noire, 1937, door P. O. Lap	'36—'37	234
Chocaya, een Boliviaansch tin-zilver erts- afzetting, door Ir. H. Dekker	'38—'41	294
GE ko. <b>Kool.</b>		
Een en ander over kolenpetrografie, door Prof. dr. W. J. Jongmans	'36—'37	67
Verslag van de Excursie naar Bretagne en Massif Central, door Ir. A. Hols m.i. en Ir. J. W. van Riel m.i.	'38—'41	333
GE kw. <b>Kwik.</b>		
Verslag van de Excursie naar Italië (Toscane) door W. P. Teeuwisse	'38—'41	309
GE ld. <b>Lood.</b>		
Practisch werken bij Tréпча Mines Ltd (Joegoslavië), 1936, door H. van Arkel	'36—'37	218

- |  | Jaarboek. | Bladz. |
|--|-----------|--------|
| <b>GE ma. M a r m e r.</b>   |           |        |
| Verslag van de excursie naar Italië (Carrara)<br>door W. P. Teeuwisse  | '38—'41   | 309    |
| <b>GE t. T i n.</b>  |           |        |
| Mineralisatie op de Tin-eilanden (Billiton,<br>Banka etc.) door Dr. ir. J. Westerveld  | '38—'41   | 187    |
| Chocaya, een Boliviaansch tin-zilver erts-<br>afzetting, door Ir. H. Dekker  | '38—'41   | 294    |
| <b>GE y. I J z e r.</b>  |           |        |
| Verslag van de excursie naar Bretagne en<br>Massif Central (Cotentin), door Ir. A. Hols<br>m.i. en Ir. J. W. van Riel m.i.       | '38—'41   | 333    |
| <b>GE zn. Z i n k.</b>   |           |        |
| Practisch werken bij de Tréпча Mines Ltd<br>(Joegoslavië), 1936, door H. van Arkel   | '36—'37   | 218    |
| <b>GE zo. Z o u t.</b>   |           |        |
| Het groote Permische zoutbekken in het<br>Zuidwesten der U.S.A., door Dr. mr. ing. W.<br>A. J. M. van Waterschoot van der Gracht | '36—'37   | 59     |
| <b>GE zw. Z w a v e l.</b>   |           |        |
| Verslag van de excursie naar Italië (Sicilië)<br>door W. P. Teeuwisse  | '38—'41   | 309    |
| <b>GH Historische Geologie en Palaeontologie.</b>  |           |        |
| <b>GH p. Palaeontologie.</b>   |           |        |
| Praehistorische vondsten op Java, door<br>Dr. P. V. van Stein Callenfels   | '36—'37   | 93     |
| <b>GP Geophysica.</b>  |           |        |
| Voordracht (Beweging der Continenten),<br>door Prof. dr. ir. J. A. A. Mekel m.i.   | '36—'37   | 48     |

**GPO Geophysische Opsporingsmethoden.**

	Jaarboek.	Bladz.
Aardbevingen met zeer diepen haard, door Dr. S. W. Visser	'36—'37	113
Gravimetrische opsporingsmethode met het Thyssen-apparaat, door Dr. R. A. Damsté en J. J. Wouters	'38—'41	162
Over de uitvoering en interpretatie van metingen met de torsiebalans, door J. G. van Ewijk	'38—'41	124
De gravimetrische methode der Geophysische opsporingsmethoden, door E. C. Scheffer	'38—'41	47
Aanteekeningen over de topografische correctie bij Torsie-balansmetingen, door Ir. Th. J. Vrins m.i.	'38—'41	138

**GR Regionale Geologie.**

## GR am. A m e r i k a.

Het groote Permische zoutbekken in het Zuidwesten van U.S.A., door Dr. mr. ing. W. A. J. M. van Waterschoot v. d. Gracht	'36—'37	59
--	---------	----

## GR d. D u i t s c h l a n d.

Verslag van de excursie naar de Eifel, en het Rijn- en Lahndal 1936, door Ir. C. J. A. Berding m.i. en J. Visman	'36—'37	119
--	---------	-----

## GR e. E n g e l a n d.

Verslag van de Geologische excursie naar Schotland, 1936, door H. Simon Thomas	'36—'37	163
--	---------	-----

## GR f. F r a n k r i j k.

Verslag van de excursie naar de Boulonnais en Bretagne, 1936, door H. Simon Thomas	'36—'37	182
Verslag van de excursie naar Bretagne en Massif Central, door Ir. A. Hols m.i. en Ir. J. W. van Riel m.i.	'38—'41	333

GR ni. Ned. Indië. Jaarboek. Bladz.

Mineralisatie op de Tineilanden (Billiton, Banka etc.) door Dr. ir. J. Westerveld '41 187

### GT Tektonische Geologie.

Verslag van de Geologische excursie naar Schotland 1936, door H. Simon Thomas '36—'37 163

Verslag van de excursie naar de Boulonnais en Bretagne 1936, door H. Simon Thomas '36—'37 182

Veldonderzoek in het Vlodropgebied, door H. Worries '38—'41 174

### O Ontginning van Delfstoffen.

O as. Arseen, Antimoon.

Practisch werken in de Montagne Noire, 1937, door P. O. Lap '36—'37 232

O g. Goud, Zilver.

Practisch werken in de Montagne Noire, 1937, door P. O. Lap '36—'37 232

Enkele hoofdtrekken van den alluvialen mijnbouw in Oostelijk Belgische Kongo, door Ir. Tj. de Vries '38—'41 235

O kk. Kalksteen.

Verslag van de Excursie naar de Eifel en het Rijn- en Lahndal, door Ir. C. J. A. Berding m.i. en J. Visman '36—'37 119

O ko. Kool.

De adsorptie van mijngas door steenkool, door C. Hordijk '38—'41 379

O ld. Lood.

Verslag van de Excursie naar de Eifel en het Rijn- en Lahndal, door Ir. C. J. A. Berding m.i. en J. Visman '36—'37 119

	Jaarboek.	Bladz.
Practisch werken bij de Tréпча Mines Ltd in Joegoslavië, door H. v. Arkel	'36—'37	218
O ma. M a r m e r.		
Verslag van de excursie naar Italië (Carrara) door W. P. Teeuwisse	'38—'41	309
O mn. M a n g a a n.		
Verslag van de Excursie naar de Eifel en het Rijn- en Lahndal, door Ir. C. J. A. Berding m.i. en J. Visman	'36—'37	119
O p. A a r d o l i e.		
Practisch werk op een olieterrein in Roe- menië, door J. Th. L. Bartlema	'38—'41	388
O ph. P h o s p h o r.		
Opsporing en ontginning van fosforieten in Twente, door Ir. Tj. de Vries	'38—'41	289
O ij. I j z e r.		
Verslag van de Excursie naar de Eifel en het Rijn- en Lahndal, door Ir. C. J. A. Berding m.i. en J. Visman	'36—'37	119
O zn. Z i n k.		
Practisch werken bij de Tréпча Mines Ltd in Joegoslavië, door H. van Arkel	'36—'37	218
O zo. Z o u t.		
Het groote Permische zoutbekken in het Zuidwesten van U.S.A., door Dr. mr. ing. W. A. J. M. van Waterschoot v. d. Gracht	'36—'37	59
O zw. Z w a v e l.		
Verslag van de excursie naar Italië (Sicilië), door W. P. Teeuwisse	'38—'41	309

**PM Petrographie en Mineralogie.**

Jaarboek. Bladz.

Een en ander over kolenpetrografie, door  
Prof. dr. W. J. Jongmans '36—'37 76

**T Technische Onderwerpen.**

Excursie naar de Tinbaggermolen de  
„Kantoeng" te Schiedam, door Th. J. Vrins '36—'37 160

Verslag van de excursie naar Italië (Cen-  
trale met natuurlijke stoom te Lardarello),  
door W. P. Teeuwisse '38—'41 309

**VD Diversen.**

VD c. Cement.

Verslag van de Excursie naar de Eifel en  
het Rijn- en Lahndal, door Ir. C. J. A.  
Berding m.i. en J. Visman '36—'37 119

**VE Ertsscheiding en Metallurgie.**

VE as, g. Arseen, Goud.

Practisch werken in de Montagne Noire,  
1937, door P. O. Lap '36—'37 234

VE ld, mn, y, zn. Lood, Mangaan,

VE y, zn. IJzer, Zink.

Verslag van de Excursie naar de Eifel en  
het Rijn- en Lahndal, door Ir. C. J. A.  
Berding m.i. en J. Visman '36—'37 119

**VM Metallurgie.**

VM a. Algemeen.

Voordracht over de oudste Chineesche  
metallurgie, door Prof. ir. M. Caron m.i. '36—'37 44

## VM t. y. Tin, IJzer.

- Verslag van de Excursie naar Utrecht en Arnhem (D.E.M.K.A. en Ned. Met. Bedrijven Arnhem), door D. Burger '36—'37 146

## VM y. IJzer.

- Excursieverslag van het bezoek aan het hoogovenbedrijf en staalwalswerk der S. A. John Cockerill te Luik, door Ir. A. Lopez Cardozo m.i. '36—'37 156

## VW

## Ertsscheiding.

## VW ld, zn. Lood, Zink.

- Practisch werken bij de Tréпча Mines Ltd in Joegoslavië, 1936, door H. van Arkel '36—'37 218

## VW t. Tin.

- Pyriet-flotatie toegepast op Boliviaansche Tinertsen, door Ir. P. S. Bakels '38—'41 259
- Chocaya, een Boliviaansche Tin-zilver ertsafzetting, door Ir. H. Dekker '38—'41 294



**ALPHABETISCHE LIJST  
DER GEOGRAPHISCHE NAMEN.**

**AFRIKA.**

Belgische Kongo . . . . . O. g. ;

**AMERIKA.**

Bolivia . . . . . G.E. g. ; G.E. t. ; V.W. t. 2;  
Vereenigde Staten v. Noord-  
Amerika . . . . . G.E. zo. ; G.R. am.; O. zo. ;

**AZIE.**

Banka . . . . . G.R. ni. ; G.E. t. ;  
Billiton . . . . . G.R. ni. ; G.E. t. ;  
China . . . . . V.M. a. ;  
Ned.-Indië . . . . . G.H. ;  
Riouw-Lingga Archipel . . . . . G.R. ni. ; G.E. t. ;

**EUROPA.**

**BELGIE.**

België . . . . . O. ko. ; ;  
Luik . . . . . E.K. 50 ; V.M. y. ;

**DUITSCHLAND.**

Eifel	}	E.K. 48 ; G.R. d. ; O. ld. ;
Lahndal		V.D. c. ; V.E. ld. ; O. kk. ;
Rijndal		V.E. mn. ; O. mn. ; V.E. y. ; O. y. ; V.E. zn. ;

**ENGELAND.**

Cornwall . . . . . E.P. ;  
Schotland . . . . . E.K. 52 ; G.R. e. ; G.T. ;

## FRANKRIJK.

Boulonnais . . . . .	E.K. 53 ; G.R. f. ; G.T. ;
Bretagne . . . . .	E.K. 53 ; G.E. y. ; G.R. f. 2 ; E.K. 54 ; G.T. ;
Cotentin . . . . .	E.K. 54 ; G.E. y. ;
Massif (Plateau) Central . . . .	E.K. 54 ; G.E. ko. ; G.R. f. ;
Montagne Noire . . . . .	E.P. ; O. as. ; V.E. as. ; G.E. 9 ; O. g. ; V.E. g. ;

## ITALIE.

Carrara . . . . .	E.K. 55 ; G.E. ma. ; O. ma. ;
Italië . . . . .	E.K. 55 ;
Lardarello . . . . .	E.K. 55 ; T. ;
Sicilië . . . . .	E.K. 55 ; G.E. zw. ; G.A. v. ; O. zw. ;
Toscane . . . . .	E.K. 55 ; G.E. kw. ;
Vesuvius . . . . .	E.K. 55 ; G.A. v. ;

## JOEGOSLAVIE.

Tréпча . . . . .	E.P. ; G.E. ld. ; V.W. ld. ; O. ld. ; G.E. zn. ; V.W. zn. ; O. zn. ;
------------------	--

## NEDERLAND.

Arnhem . . . . .	E.K. 49 ; V.M. t. ;
Schiedam . . . . .	E.K. 51 ; T. ;
Twente . . . . .	O. ph. ; E.O. ;
Utrecht . . . . .	E.K. 49 ; V.M. y. ;
Vlodrop . . . . .	G.T. ;

## ROEMENIE.

Roemenië . . . . .	E.P. 2 ; O. p. ;
--------------------	------------------

SPANJE.

Sierra de los Filabres . . . . . E.P. ;

ZWEDEN.

Boliden . . . . . E.P. ;

Rönnskär . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

Åkersberg . . . . . E.P. ;

## ALPHABETISCHE LIJST DER PERSOONSNAMEN.

## A.

- Adelaar, E. H. . . . . E.P. ;  
 Arkel m.i., Ir. H. van . . . . E.P. ; G.E. 2 ; O. 2 ;  
 V.W. 2 ;

## B.

- Bakels m.i., Ir. P. S. . . . . V.W. ;  
 Bartlema, J. Th. L. . . . . E.P. ; O.p. ;  
 Berding m.i., Ir. C. J. A. . . . E.K. 48 ; G.R. ; O. 4 ;  
 V.D. c ; V.E. 4 ;  
 Brandeler, R. v. d. . . . . E.P. ;  
 Burger, D. . . . . E.K. 49 ; V.M. 2 ;

## C.

- Caron m.i., Prof. ir. M. H. . . V.M. ;  
 Cleyndert m.i., Ir. J. . . . . E.P. ;

## D.

- Damsté, Dr. R. A. . . . . G.P.O. ;  
 Dekker m.i., Ir. H. . . . . G.E. 2 ; V.W. ;

## E.

- Ewijk, J. G. van . . . . . G.P.O. ;

## G.

- Grutterink m.i., Prof. ir. J. A. A. . . . ; E.M. ;

**H.**

Haighton m.i., Ir. A. L. . . . . E.P. 2 ;  
 Hols m.i., Ir. A. . . . . E.K. 54 ; G.E. 2 ; G.R. ;  
 Hordijk, C. . . . . O. ko. ;

**J.**

Jongmans, Prof. dr. W. J. . . . . G.E. ; P.M. ;  
 Jordan, Prof. dr. H. . . . . B.L. ;

**L.**

Lap. P. O. . . . . E.P. ; G.E. ; O. 2 ;  
 V.E. 2 ;  
 Lopez Cardozo m.i., Ir. A. . . . . E.K. 50 ; V.M. ;

**M.**

Mekel m.i., Prof. dr. ir. J. A. A. . . . . G.A. ; G.P. ;

**N.**

Naerssen m.i., Ir. E. J. van . . . . . E.P. ;  
 Nes m.i., Prof. ir. C. L. van . . . . . A. ;

**R.**

Riel m.i., Ir. J. W. van . . . . . E.K. 54 ; G.E. 2 ; G.R. ;

**S.**

Scheffer, E. C. . . . . G.P.O. ;  
 Schouten m.i., Dr. C. . . . . G.E. ;  
 Simon Thomas, H. . . . . E.K. 52 ; G.R. 2 ; G.T. 2 ;  
 E.K. 53 ;  
 Stein Callenfels, Dr. P. V. van . . . . . G.H. ;

**T.**

Teeuwisse, W. P. . . . . E.K. 55 ; G.A. v. ; G.E. 3 ;  
 O. 2 ; T. . . . . ;

U.

Umbgrove, Prof. dr. J. H. F. G.A. v. ;

V.

Visman m.i., Ir. J. . . . . E.K. 48 ; G.R. ; O. 4 ;  
 V.D. c. ; V.E. 4 ;  
 Visser, Dr. S. W. . . . . G.A. ; G.P.O. ;  
 Vries m.i. Ir. Tj. de . . . . . E.O. ; O. 2 ;  
 Vrins m.i., Ir. Th. J. . . . . E.K. 51 ; G.P.O. ; T.

W.

Waterschoot v. d. Gracht,  
 Dr. mr. ing. W. A. J. M. van GE ; G.R. ; O. zo.  
 Westerveld m.i. Dr. ir. J. . . G.E. ; G.R. ;  
 Worries, H. . . . . G.T. ;  
 Wouters, J. J. . . . . G.P.O. ;



Ma.

Udugrove, Prof. Dr. J. H. T. GA. v. d. ...

Viermael, Dr. J. EX. W. GR. O. ...

Viermael, Dr. J. VE. ...

Viermael, Dr. S. W. GA. OPO. ...

Viermael, Dr. Th. H. ED. ...

Viermael, Dr. Th. J. EX. W. GR. O. ...

W.

Waterschoot v. d. Grache GR. O. ...

Waterschoot v. d. Grache DR. ...

Waterschoot v. d. Grache GR. ...

Waterschoot v. d. Grache ...

Waterschoot v. d. Grache ...



LITERATUURLIST

Handwritten mark or signature.



## GEOLOGIE.

## ALGEMEENE GEOLOGIE EN GEOMORPHOLOGIE.

- Berlage Jr., H. P.*, Het ontstaan en vergaan der werelden. '30.
- Branson, S. B. and W. A. Tarr*, Introduction to geology. '35.
- Brinkmann, R.*, Emanuel Kayser's Abriss der Geologie. '40.
- Escher, B. G.*, Algemeene Geologie, 5de druk, '40.
- Fourmariez, P.*, Principes de géologie.
- Geologische Nomenclator*, door L. Rutten e.a. '29.
- Haug, E.*, Traité de géologie. I: Les phénomènes géologiques. '21.
- Hobbs, W. H.*, Earth features and their meaning. '31
- Kayser, E.*, Abriss der allgemeinen u. stratigraphischen Geol. 4 u. 5. A. '25.
- Kayser, E.*, Lehrbuch der Geologie.  
A. Allgemeine Geologie.  
I. Physiograph. Geol. u. äusz. Dynamik. 7 u. 8 A. '23.  
II. Innere Dynamik. 7 u. 8 A. '23.  
B. Lehrb. d. geol. Formationskunde.  
III. 6 u. 7 A. '23.  
IV. 6 u. 7 A. '24.
- Lake, P. und R. H. Rastall*. A textbook of Geology. 4 Ed. '27.
- Lobeck, A. K.*, Geomorphology. '39.
- Longwell, C. R.; Knopf, A. and Flint, R. F.*, Outlines of physical Geology. '34.
- Pirsson, L. V. and Ch. Schuckert*, A textbook of Geology. Part I, 3rd ed. Rev. '29.
- Schmidt, W.*, Tektonik und Verformungslehre. '32.
- Seidlitz, W. von*, Der Bau der Erde u. die Bewegung ihrer Oberfläche. '32.
- Wagner, G.*, Einführung in die Erd- u. Landschaftsgeschichte. '32.
- Willis, B. and A. Willis*, Geologic Structures. 3rd ed. rev. '34.

## VULKANISME.

- Iddings, J. P.*, The problem of Volcanisme. '14.
- Physics of the Earth, I: Volcanology*. Bulletin of the Nat. Research. Council No. TT. '31.
- Sapper, K.*, Vulkankunde. '27.
- Wolff, F. v.*, Der Vulkanismus.  
I. Allgemeiner Teil. '14.  
II. 1<sup>a</sup>. Spezieller Teil Methoden der sp. '23.  
II. 1<sup>a</sup>. „ „ Die neue Welt. '29.  
II. 2. „ „ Die alte Welt. '33.

## AARDBEVINGEN.

- Bouasse, H.*, Seismes et seismographes. '27.
- Galitzin, B.*, Vorlesungen über Seismometrie. '14.
- Montessus de Ballore, de*, Le Géologie seismologique: Les Tremblements de Terre. '24.
- Rothé, S.*, Le Tremblement de Terre. '32.

## TEKTONISCHE GEOLOGIE e.a.

- Bowie, W.*, Isostasy. '27.
- Busk, H. G.*, Earth Flexures, Their Geometry and their representation and analysis in geological section with special reference to the problem of oil finding. '29.
- Daly, R. A.*, Our Mobile Earth. '26.
- Haddock, M. H.*, Disrupted Strata. '29.
- Holmes, A.*, Radio-activity and Earth Movements (Trans-act. Geol. Soc. of Glasgow. Vol. XVIII. Part. III. '28—31).
- Ingersoll, L. R. and O. J. Zobel*, An Introduction to the Mathematical Theory of Heat conduction. (With Engineering and Geol. Applications). '13.
- Jeffreys, H.*, The Earth: its Origin, History and Physical Constitution. '29.
- Jeffreys, H.*, The future of the Earth. '29.
- Joly, J.*, Radioactivity and the surface history of the Earth. '24.
- Joly, J.*, The surface history of the Earth. '30.
- Kirsch, G.*, Geologie und Radio-aktivität. '28.
- Kober, L.*, Der Bau der Erde; Einführung in die Geotektonik. '28.
- Leith, C. K.*, Structural Geology. '14.
- Nadal, A.*, Plasticity. '31.
- Nevin, C. M.*, Principles of Structural Geology. '31.
- Staub, R.*, Bewegungsmechanismus der Erde. '28.
- Steers, J. A.*, The Unstable Earth. '32.
- Stille, H.*, Grundfragen der vergleichenden Tektonik. '24.
- Waterschoot v. d. Gracht, W. A. J. M. v., e.a.*, Theory of Continental Drift. A symposium. '28.
- Wegener, A.*, Die Entstehung der Kontinente u. Ozeane. Die Wissenschaft 66. '29.

## GEOPHYSICA.

- Alexanian, C. L.*, Prospection Géophysique, Traité pratique à l'usage des géologues et des Ingénieurs des mines. '32.
- Geophysical Prospecting*, Transactions Am. Inst. Min. Eng. '39.
- Gutenberg*, Handbuch der Geophysik. '31.
- Haalck, H.*, Lehrbuch der angewandten Geophysik. '34.

*Haalck, H.*, Die gravimetrischen Verfahren der angewandten Geophysik. Samml. geoph. Schr. No. 7. '27.

*Haalck, H.*, Die magnetischen Verfahren der angewandten Geophysik. Sammlung geoph. Schr. No. 7. '27.

*Handbuch der Experimentalphysik.*

Bd. 25. I. Geophysik. '28.

II. Geophysik. '31.

III. Angewandte Geophysik. '30.

*Heiland, C. A.*, Geophysical Methods of prospecting Principles and recent successes. Vol. 24. No. 1. '29.

*Mekel, J. A. A.*, Theorie v. h. tektonisch-gravimetrisch onderzoek. '28.

*Principles and practice of geophysical prospecting.* The —. '31.

*Schlumberger, G.*, Etude sur la prospection électrique du sous-sol. '20.

#### NEDERLAND.

*Faber, F. J.*, Geologie van Nederland, 2e dr. '33.

*Jongmans, W. J.*, Geologische en Palaeontologische beschrijving van het Carboon van Epen. (Med. No. 1 van het Geol. Bur. van het Ned. Mijngebied). Natuur-historisch Maandblad 14e pag. No. 5, 29 Mei '25.

#### INDIE.

*Brouwer, H. A.*, The geology of the Netherlands East-Indies. Lectures delivered as exchange-professor at the University of Michigan in '21—'22. '25.

*Meinesz, F. A. Vening*, Gravity expeditions at sea. Vol. I. '23—'30. '32.

*Meinesz, F. A. Vening, J. H. F. Umbgrove, Ph. H. Kuenen*, Gravity expeditions at sea. Vol. II. '23—'32. '34.

*Rutten, L. M. R.*, De geologie van Ned. Indië. '32.

*Rutten, L. M. R.*, Voordrachten over de geologie van Nederlandsch Oost-Indië. '27.

*Umbgrove, J. H. F.*, Geological history of the East Indies. Bull. Americ. Assoc. of Petroleum Geologists, vol. 22. '38.

#### HISTORISCHE GEOLOGIE.

##### KOSMOLOGIE.

*Jeans, J.*, Through Space and time. '34.

*Kristensen, W. B.; Pos, H. J.; Dijksterhuis, E. J.; Kramers, J. W.; Kramers, H. A. en Oort, J. H.*, Antieke en Moderne Kosmologie. '41.

*Russell, H. N.*, The Solar system and its origin. '35.

*Schwinner, R.*, Lehrbuch der Physikalischen Geologie I. '36.

#### GESCHIEDENIS DER AARDE.

*Lull, R. S.*, The Evolution of Earth and Man, a series of lectures. '29.

*Schuchert, Ch. and Dunbar, C. O.*, Outlines of Historical Geology. '37.

*Snider, L. C.*, Earth History. '32.

*Vlerk, I. M. van der en Kuenen, Ph. H.*, Geheimschrift der Aarde. '41.

#### GESCHIEDENIS DER ORGANISMEN EN PALAEOBIOLOGIE.

*Abel, O.*, Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit. '27.

*Darrah, W. C.*, Principles of Palaeobotany. '39.

*Knight, Ch. R.*, Before the dawn of History. '35.

*Osborn, H. F.*, The origin and evolution of Life. '18.

*Raymond, P. E.*, Prehistoric Life. '39.

*Seward, A. C.*, Plant Life through the ages. '31.

*Wedekind, R.*, Einführung in die Grundlagen der Historischen Geologie I, '35; II, '37.

*Wells, H. G.; Huxley, J. and Wells, G. P.*, The Science of Life. '31.

(In het Nederl. „De wetenschap van het Leven”, bewerkt door J. Bunge-Hanf en C. J. Jellema, '32).

#### PHYSISCHE GESCHIEDENIS DER AARDE EN STRATIGRAFIE.

*Born, A.*, Der Geologische Aufbau der Erde. Handbuch der Geophysik, II. '32.

*Brooks, C. E. P.*, Climate through the Ages. '26.

*Bucher, W. H.*, The deformation of the earth's crust. '33.

*Coleman, A. P.*, Ice-Ages (recent and ancient). '26.

*Dacqué, E.*, Grundlagen und Methoden der Paläogeographie. '15.

*Daly, R. A.*, Architecture of the Earth. '38.

*Gignoux, M.*, Geologie Stratigraphique, 2<sup>de</sup> ed. '36.

„Handbuch der Regionale Geologie”.

*Kossmat, F.*, Paläogeographie und Tektonik. '36.

„Regionale Geologie der Erde”.

*Richards, L. W. and Richards, G. L.*, Geological History at a glance. '34.

*Schaffer, F. X.*, Lehrbuch der Geologie III, Geolog. Länderkunde. '41.

*Suess, Ed.*, Das Antlitz der Erde. '05.

#### PALAEOONTOLOGIE.

*Abel, O.*, Lehrbuch der Paläozoologie. '29.

*Boule, M. et Piveteau, J.*, Les Fossiles. '35.

*Moret, L.*, Manuel de Paléontologie Animale. '40.

*Schmidt, H.*, Einführung in die Paläontologie. '35.

*Swinnerton, H. H.*, Outlines of Palaeontology. '23.

*Twenhofel, H. and Shrock, R. R.*, Invertebrate Palaeontology. '35.

*Woods, H.*, Palaeontology, Invertebrate 7<sup>th</sup> ed. '37.

*Zittel, K. von*, Grundzüge der Paläontologie. '27.

## WOORDENBOEKEN.

- Beringer, C. C.*, Geologisches Wörterbuch. '37.  
*Davies, G. M.*, A French-English Vocabulary in Geology and Physical Geography. '32.  
*Heinersdorff, K.*, Wörterbuch für Versteinerungssammler. '15.  
*Henderson, I. F.*, A dictionary of Scientific Terms. '20.  
*Huebner, W.*, Geology and allied sciences (A coordination of English and German terms) '39.  
*Rutten, L.*, Geologische Nomenclator. '29.  
*Schmidt, E. W.*, Geologisch-mineralogisches Wörterbuch. '21.  
*Triepel, H.*, Die anatomischen Namen. '19.  
*Ziegler, H. E.*, Zoologisches Wörterbuch. '12.

## DELFSTOFKUNDE.

Voor een volledig literatuuroverzicht wordt verwezen naar de lijst van boeken in de Bibliotheek van het Instituut voor Mijnbouwkunde te Delft.

## MINERALOGIE.

## Handboeken:

- Dana, E. S.*, System of Mineralogy. 6. Ed. '09.  
*Doelter, C.*, Handbuch der Mineralchemie. 4 dln. in 9 banden. '12—'31.  
*Hintze, C.*, Handbuch der Mineralogie.  
*Rosenbusch-Wülfing*, Mikroskopische Physiographie der Petrografisch wichtigen Mineralien. I<sub>1</sub>. Untersuchungsmethoden (o.a. ook Optica). '21—'24. 5e A. I<sub>2</sub>. Spezieller Teil.

## Leerboeken:

- Dana, E. S.*, A Textbook of Mineralogy. 4e Ed. '32.  
*Groth, P. und Meileitner, K.*, Mineralogische Tabellen. '21.  
*Klockmann, Fr.*, Lehrbuch der Mineralogie. 11e druk. '36.  
*Linck, G. und H. Jung*, Grundriss der Mineralogie und Petrographie. 6. A. '35.  
*Niggli, P.*, Lehrbuch der Mineralogie.  
 I. Allgemeine Mineralogie. '24.  
 II. Spezielle Mineralogie. '26.  
*Rogers, Austin Flint*, Introduction to the Study of Minerals.  
*Schmidt, W. und Baier*, Lehrbuch der Mineralogie. '35.  
*Winchell, A.*, Elements of Optical Mineralogy.  
 I. Principles and Methods (Optica). 4. Ed. '31.  
 II. Description of Minerals. 3. Ed. '33.  
 III. Determinative Tables. 2. Ed. '30.

## EDELSTEENEN.

- Bauer, M.*, Edelsteinkunde. 3e A. '20.  
*Michel, H.*, Die künstlichen Edelsteine. 2. A. '26.

## KRISTALKUNDE.

## Handboeken:

- Goldsmidt, V.*, Atlas der Kristallformen. Band I—IX. '13—'23.  
*Groth, P.*, Chemische Kristallographie, 5 Bd '06—'20.

## Leerboeken:

- Bertrand, Léon et Roubault, Marcel*, L'Emploi du Microscope Polarissant. '36.  
*Escher, B. G.*, Algemeene Mineralogie en Kristallografie. '35.  
*Evans, J. W.*, The determination of Minerals under the Microscope (Optical). '28. III ed.  
*Jaeger, F. M.*, Inleiding tot de studie der Kristalk. '24.  
*Raaz, Dr. Franz und Tertsch, Dr. Hermann*, Geometrische Kristallografie und Kristallografie. '39.  
*Schoep, A.*, Transmission de la Lumière dans les Cristaux. '27.  
*Terpstra, P.*, Leerboek der geometrische kristallografie. '27.

## MINERAALDETERMINATIE.

- Berek, M.*, Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe der Universaldrehtischmethoden. '24.  
*Chudoba, K.*, Die Feldspäte und ihre praktische Bestimmung. '32.  
*Chudoba, K.*, Mikroskopische Charakteristik der gesteinsbildenden Mineralen. '32.  
*Duparc, et M. Reinhard, L.*, La détermination des plagioclases dans les coupes minces. '24.  
*Hartshorne, N. H. a. A. Stuart*, Crystals and the polarising microscope. '34.  
*Jong, Dr. W. F. de, m.i.* Tabellen zur Bestimmung der wichtigsten lichtdurchlässigen Mineralien '40.  
*Larsen, E. S.*, The microscopic determination of the non-opaque minerals. U.S.G.S.  
*Milner, H. B.*, An Introduction to Sedimentary Petrography. '29.  
*Nikitin, W.*, Die Fedorow Methode. '36.  
*Reinhard, M.*, Universal Drehtischmethoden. '31.  
*Rinne, F. u. M. Berek*, Anleitung zu optischen Untersuchungen mit dem Polarisationsmikroskop. '34.  
*Rogers, A. F. u. P. F. Kerr*, Thin-section Mineralogy. '33.  
*Weisbach, A. und F. Kolbeck*, Tabellen zur Bestimmung der Mineralien. '23.

## KRISTALSTRUCTUUR.

- Arkel, Dr. A. E. van*, Moleculen en Kristallen. '41.  
*Bragg, W. C.*, The Structure of Silicates. '32.  
*Bragg and W. L. Bragg, W. H.*, X-rays and Crystalstructure. '25.  
*Bragg, W. H.*, An Introduction to Crystal Analysis. '28.  
*Bragg, W. L.*, Atomic Structure of Minerals. '37.  
*Evans, R. C.*, An Introduction to Crystal Chemistry. '39.  
*Ewald, P. P.*, Kristalle und Röntgenstrahlen (Naturw. Mon. u. Lehrb. VI). '23.  
*Schleede, A. und E. Schneider*, Röntgenspektroskopie und Kristallstrukturanalyse. '29.

## PETROGRAFIE.

## Handboeken:

- Clarke, F. W.*, The Data of Geochemistry. U.S.G.S. Bulletin No. 770. '24.  
*Iddings, J. P.*, Igneous Rocks.  
 I. Composition, texture and classification.  
 II. Description and occurrence.  
*Johannsen, S.*, A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks.  
 Volume I. Introduction, Textures, Classifications and Glossary.  
 Volume II. The Quartz-bearing Rocks. '32.  
 Volume III. The Intermediate Rocks. '37.  
 Volume IV. Part I: The Feldspathoid Rocks.  
 Part II: The Peridotites and Perknites. '38.

*Rosenbusch, H.*, Mikroskopische Physiographie. II Band. '24.

*Washington, H.*, Chemical Analyses of Igneous Rocks. U.S.G.S. Prof. Paper 99. '17.

*Zirkel, F.*, Lehrbuch der Petrographie. 3 Bd.

## Leerboeken:

- Alling, H. L.*, Interpretative Petrology of the Igneous Rocks. '36.  
*Barth, T. F. W., Correns, C. W., Eskola, P.*, Die Entstehung der Gesteine. '39.  
*Boeke-Eitel*, Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie. 2. A. '23.  
*Boswell, P. G. H.*, On the mineralogy of sedimentary rocks. '33 (met complete lit. lijst en referaten).  
*Bowen*, Igneous Rocks.  
*Cayeux, L.*, Introduction a l'étude petrographique des Roches Sédimentaires. 2e E. '31.  
*Cayeux, L.*, Les Roches Sédimentaires de France. Roches siliceuses. Mem. Ser. Cart. geol. France. '29.  
*Cross, Iddings, Pirsson, Washington*, Quantitative classification of Igneous Rocks.

*Daly, R. A.*, Igneous Rocks and the Depth of the Earth. '33.

*Grubemann-Niggli*, Die Gesteinsmetamorphose.

*Harker, A.*, Metamorphism. '33.

*Harker, A.*, Natural History of Igneous Rocks.

*Holmes, A.*, Petrographic Methods and Calculations. '30.

*Lapparent, J. de*, Leçons de Petrographie. '23.

*Rosenbusch, H.*, Elemente der Gesteinslehre. 4e A. '23.

*Shand, S. J.*, Eruptive Rocks. '27.

*Shand, S. J.*, The Study of Rocks. '31.

*Tyrrel, G. W.*, The principles of petrology: an introduction to the science of rocks. '26.

## GRONDONDERZOEK.

*Gessner, H.*, Die Schlämmanalyse. '31.

Handbuch der Bodenlehre. Herausgeg. von E. Blanck. 10 Bde. '28—'32.

*Wahnschaffe—Schucht*, Anl. zur wissenschaftliche Bodenuntersuchung (met uitgebreide literatuuropgave). '24.

## ERTSKUNDE.

## A. Economische en Practische Geologie.

## ALGEMEEN.

*Bergeat, Dr. A.*, Die Erzlagerstätten.

*Beyschlag, Krusch, Vogt*, Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine.

I. Erzlagerstätten, 1 Tl. 2e A. '14.

II. Erzlagerstätten, 2 Tl. 2e A. '21.

III. Lagerstätten der Kohle, des Salzes u. d. Erdöls.

*Emmons, S. F.*, Principles of economic geology. '18.

*Emmons, S. F.*, Textbook of general economic geology. '22.

*Emmons, S. F.*, The secondary enrichment of ore deposits. (Transact. Am. Inst. of M. and M. eng. Vol. XXX. 1900).

*Emmons, W. H.*, The enrichment of ore deposits. (U.S. Geological Survey Bulletin 625). '27.

*Lannay, L. de*, Gites minéraux et metallifères. '13.

*Lindgren, W.*, Mineral deposits, 4e ed.

*Lindgren, W.*, Metasomatic processes in fissure veins. (Transact. Am. Inst. of M. and M. eng. Vol. XXX). 1900.

*Lindgren, W.*, The genesis of copper deposits of Clifton, Morenci, Arizona. (Transact. Am. Inst. of M. a. M. eng. Vol. XXXV). '04.

*Lindgren, W.*, Magmas, dikes and veins (met discussie). Transact. Am. Inst. of M. a. M. Eng. Vol. LXXIV, pag. 71—126. '26.

- Lindgren, W.*, Volume. Ore deposits of the Western States New York (Am. Inst. Min. E). '33.
- Ross, Clarence S.*, Physico-chemical factors controlling magmatic differentiation and vein formation. Economic geology. Vol. XXIII, blz. 864.
- Schouten, C.*, Metasomatische Probleme. '37.
- Schneiderhöhn, H.*, Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. '41.
- Spurr, The Ore Magma's*, 2 dl. '23.
- Stutzer, O.*, Die wichtigsten Lagerstätten der Nicht-Erze. II. Kohle (Allgemeine Kohlengeologie), 2e A. '23.
- Thompson, Beeby*, Iron resources of the World.
- Weed, W. H.*, The influence of country rocks on mineral veins. Transact. Am. Inst. M. a. M. eng. Vol. XXXI. '01.
- Wernicke, Fr.*, Die primäre Erzverteilung auf den Lagerstätten in Abhängigkeit von den Bildungsvorgängen und den geologischen Verhältnissen des Lagerstättengebirges. '33.
- TIJDSCHRIFTARTIKELN.**<sup>1)</sup>
- Bowen, N. L.*, The origin of ultra-basic and related rocks. Papers from the Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington No. 646.  
(Is overgenomen uit „American Journal of Science”. Vol. XIV. Aug. '27).
- Bowen, N. L.*, The broader story of magmatic differentiation, briefly told. Id. No. 828.  
(Is o. u. „Ore Deposits of the Western States”. A.I.M.E. '33).
- Bowen, N. L.*, The igneous rocks in the light of high-temperature research. Id. no. 875.  
(Is o. u. „The Scientific Monthly”. June '35).
- Butler, W. S.*, Influence of the replaced rock on replacement minerals associated with ore deposits. Ec. geol. '32.
- Ingerson, Earl*, Relation of critical and supercritical phenomena of solutions to geological processes. Ec. geol. '34.
- Fenner, C. N.*, Pneumatolytic processes in the formation of minerals and ores. Id. No. 827.  
(Is o. u. „Ore Deposits of the Western States”. A.I.M.E. '33).
- Fenner, C. N.*, The residual liquids of crystallizing magmas. Idem No. 762.  
(Is o. u. „Mineralogical Magazine”. Sept. '31. Vol. XXII. No. 134).
- Fenner, C. N.*, The Katmai magmatic province. Idem No. 619.  
(Is o. u. „The Journal of Geology”. Oct.—Nov. '26. Vol. XXXIV, No. 7, Part 2).
- Fenner, C. N.*, Some magmatic problems. Id. No. 840.  
(Is o. u. „Journal of the Washington Academy of Sciences”. Vol. 24, March. '34).
- Fenner, C. N.*, Mount Katmai and Mount Mageik. Idem No. 700.  
(Is o. u. „Zeitschrift für Vulkanologie”. '30. Band XIII).
- Goranson, R. W.*, Some notes on the melting of granite. Am. Journ. Sci. '32.
- Goranson, R. W.*, idem. Am. Journ. Sci. '31.
- Graton, L. C.*, Nature of the oreforming fluid. Econ. geol. '40.
- Grondijs, H. F. en Schouten, C.*, A study of the Mount Isa ores. Econ. geol. '37.
- Schneiderhöhn*, Oxydations- und Zementationszone der sulfidischen Erzlagerstätten. Fortschritte der Min., Petr. und Geol. '24.
- KOLENPETROGRAFIE.**
- Potonié, R.*, Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. '24.
- Stach, E.*, Kohlenpetrographisches Practicum. '28.
- Stach, E.*, Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. '35.
- ZOUTAFZETTINGEN.**
- Everding, H.*, Deutschlands Kalibergbau. I. Zur Geologie der deutschen Zechstein Salze. '07.
- Fulda, E.*, Des Kali. II. '28.
- Golyer, E. de*, Geology of Salt dome Oil fields. '26.
- Grabau, A. W.*, Geology of the non-metallic mineral deposits etc. I. Principles of salt deposition.
- Jänecke, E.*, Die Entstehung der heut. Kalisalz-lager. 2. A. '23.
- MIKROSKOPISCHE DETERMINATIE VAN ERTSEN.**
- Fairbanks, Ernst E.*, Laboratory investigation of ores. '28.
- Farnham, C. M. and W. M. Davy*, Microscopic examination of the ore minerals.
- Murdock, J.*, Microscopical determination of the opaque minerals.
- Schneiderhöhn, H. und P. Ramdohr*, Lehrbuch der Erzmikroskopie. Mit Erzmikroskopische Bestimmungstabellen. '31.
- Schneiderhöhn, H.*, Anleitung zur Mikroskopischen Bestimmung und Untersuchung von Erzen und Aufbereitungsprodukten besonders im auffallenden Licht. '22.
- Veen, R. W. van der*, Minerography and ore deposition.

<sup>1)</sup> Hiervoor wende men zich tot Prof. Ir. H. F. Grondijs te Delft.

## TIJDSCHRIFTARTIKELEN.

- Bastin e.a.*, Criteria of age relations of minerals with special reference to polished sections of ores. (Econ. geology, Sept, Oct. '31).  
*Schouten, C.*, Structures and textures of synthetic replacements in „open space“.

## AANBEVOLEN TIJDSCHRIFTEN.

- Economic Geology.  
 Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers.  
 U. S. Geological Survey (Bulletin and Professional Papers).  
 Engineering and Mining Journal.

## HERKENNING VAN ERTSEN.

- Kobell, F. von*, Tafeln zur Bestimmung der Mineralien. 17. A. '21.  
*Plattner-Kolbeck*, Probiertkunst mit dem Lötrohr. S. A. '27.  
*Weisbach-Kolbeck*, Tabellen zur Bestimmung der Mineralien. 13. A. '23.

## B. Verwerking van Ertsen.

## ALGEMEEN.

- Peele, R.*, Mining Engineers' Handbook. 2523, blz. 2. Ed.

## ERTSSCHEIDING.

- Bruchhold, C.*, Der Flotations-Prozess. '27.  
*Flotation Practice*, Transact Am. Inst. of M. a. M. eng.  
*Gaudin, A. M.*, „Flotation“. '32.  
*Gaudin, A. M.*, Principles of Mineral Dressing. '39.  
*Luyken, W. und E. Bierbrauer*, Die Flotation in Theorie und Praxis. '31.  
*Mayer, E. W. und H. Schranz*, Flotation. Chemie u. Techn. d. Gegenw. Bd. XIII. '31.  
*Milling Methods*. Transact. Am. Inst. of M. a. M. eng. '30.  
*Richards and Locke*, Textbook of Ore Dressing. 2. Ed.  
*Richards*, Ore dressing, 4 dln.  
*Schennen und Jungst*, Lehrbuch der Erz- und Steinkohlen Aufbereitung. 2. A. '30.  
*Scrivenor, J. B.*, A Sketch of Malayan Mining. '27. Mining Publ.  
*Taggart, A. F.*, Handbook of ore dressing.  
*Truscott, S. J.*, Textbook of ore dressing. '23.  
 U. S. A. Bureau of Mines. Washington, Superintendent of Documents Bulletin 259. Placer mining methods and costs in Alaska. M. L. Wimpler. '27.  
*Wark, I. W.*, Principles of flotation. '38.

*Weinig and Palmer*, Trend of Flotation.

- Wilski, P.*, Lehrbuch der Markscheidkunde.  
 I. '29.  
 II. '32.

## METALLURGIE EN DOCIMASIE

## ALGEMEEN.

- Allmand, A. J. and H. J. T. Ellingham*, The principles of applied Electro-Chemistry. 2 ed. '24.  
*Billiter, J.*, Technische Electrochemie. 4 Vols. '23—'32.  
*Borchers, W.*, Hüttenwesen, 2A. '21.  
*Bray, J. L.*, The Principles of Metallurgy. '29.  
*Ennos, F. R. and A. Scott*, Refractory Materials. '24.  
*Evans, M. R.*, Metals and Metallic Compounds, 4 Vols. '23—'27.  
*Finlay, J. R.*, The cost of Mining, 3 ed. '20.  
*Guillet, L.*, Traité de Métallurgie Générale. '22.  
*Heutze, E.*, Sintern, Schmelzen und Verblasen sulfidischer Erze und Hüttenprodukte. '29.  
*Hofman, H. O.*, General Metallurgy. '13.  
*Liddell, D. M.*, Handbook of Non-Ferrous Metallurgy, 2 Vols. '26.  
*Liddell, D. M.*, Handbook of Chemical Engineering, 2 Vols. '22.  
*Lippencott, I.*, Economic resources and industries of the World. '29.  
*Peele, R.*, Mining Engineers' Handbook, 2 ed. '27.  
 Minerals Yearbook, uitgave van het M. S. Dep. of the Interior. Ieder jaar een nieuw bewerkte uitgave.  
 The Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trade. Ieder jaar een nieuw bewerkte uitgave.  
*Richards, J. W.*, Metallurgical Calculations. '28.  
*Robiette, A. G.*, Electric melting practice. '35.  
*Rosenhain, W.*, An introduction to the study of physical metallurgy, 3 ed. '35.  
*Rusz, E. F.*, Die Electricische Warmbehandlung in der Industrie. '33.  
*Staughton, B. and A. Butts*, Engineering Metallurgy, 2 ed. '30.  
*Tafel, V.*, Lehrbuch der Metallhüttenkunde, 2 Vols '27—'29.  
*Mc. William, A. and P. Longmuir*, General Foundry Practice, 4 ed. '35.  
*Mc. Innes*, The Principles of Electro-Chemistry. '39.
- IJZER.
- Benedicks, C. and H. Löfquist*, Non-Metallic Inclusions in Iron and Steel. '30.  
*Cow, C. C.*, The Electro-Metallurgy of Steel. '21.

- Clements, F., Blast-furnace Practice, 3 Vols. '29—'30.
- Hütte (Taschenbuch) für Eisenhüttenkunde. 4A. '30
- Johnson, J. E., Blast-furnace construction in America. '17.
- Kinney, S. P., Effect of sized ore on Blast-furnace Operation. M. S. Bur. of Mines. T. P. No. 459.
- Kinney, S. P., P. H. Royster and T. L. Joseph, Iron blast-furnace reactions M. S. Bur. of Mines. T. P. No. 391. '27.
- Lyon, D. A. and R. M. Keeney, Electric furnaces for making iron and steel. M. S. Bur. of Mines Bull. No. 67. '14.
- Monypenny, J. H. G., Stainless Iron and Steel. 2 ed. '31.
- Oberkoffer, P., Das schmiedbare Eisen. '20.
- Oberkoffer, P., Das technische Eisen. 3A. v. W. Eilender und H. Esser. '36.
- Osaun, B., Lehrbuch der Eisenhüttenkunde. 2 Vols. 2A. '23—'26.
- Stansfield, A., The electric furnace for iron and steel. '23.
- Stoughton, B., The Metallurgy of Iron and Steel. '13.
- Russ, E. F., Die Electro-stahlöfen. '18.
- Zie ook de Iron and Steel Divisions van de Trans. of the Am. Inst. of Min. and Met. Eng.
- Hofman, H. O., Metallurgy of Copper. 2 ed. '24
- Leaver, E. S. and J. A. Woolf, Cyanide extraction of gold and silver associated with arsenic and antimony in ores. M. S. Bur. of Mines. T. P. 423.
- Longbein, G., Electro-deposition of Metals. 9 ed. '24.
- Mantell, C. L., Tin. '29.
- Oldright, G. L. and V. Miller, Smelting in the lead-blast furnace. M. S. Bur. of Mines Serial, No. 2954, 2957, 2963, 2965, 2966 en R. I. 3088, 3094, 3095, 3096, 3183. '29—'32.
- Peters, E. D., The principles of copper smelting. '07.
- Peters, E. D., The practice of copper smelting. '11.
- Peters, E. D., Modern copper smelting. '07.
- Pohany, E., Molybdän. '27.
- Rose, T. Kirke, Metallurgy of gold. 7 ed. '37.
- Ralston, O. C., Electrolytic deposition and hydro-metallurgy of Zinc. '21.
- Smithells, C. J., Tungsten. 2 ed. '36.
- Thews, L. R., Metallurgy of white metal-scrap and residues. '30.
- Thibault, P. J., Metallurgy of Tin. '08.
- Transactions of the Am. Inst. of Mining and Metallurgical Engineers.
- Vol. 106 Copper Metallurgy. '33.
- Vol. 121 Metallurgy of Lead and Zinc. '36.
- Zeerleder, A. von, Technologie des Aluminiums und seine Leichtlegierungen. 3A. '38.
- METALEN, BEHALVE IJZER.
- Anderson, R. J., The Metallurgy of Aluminium and Al alloys. '25.
- Anderson, R. J., Secondary Aluminium. '33.
- Arkel, A. E. van, Reine Metalle, Herstellung, Eigenschaften, Verwendung. '39.
- Budgen, N. F., Cadmium. '24.
- Clennell, J. E., Cyanide Handbook.
- Clennell, J. E., Chemistry of cyanide solutions.
- Collins, H. F., Metallurgy of Lead. '10.
- Clevenger, G. H. and M. H. Caron, The treatment of manganese-silver ores. M. S. Bur. of Mines, Bull. 226. '25.
- Doerner, H. A., Roasting of chromite ores to produce chromates. M. S. Bur. of Mines. R. I. 2999. '30.
- Doir, J. V. N., Cyanidation and concentration of gold and silver ores. '36.
- Eardley-Wilmot, V. L., Molybdenum. '25.
- Fourment, M. et L. Guillet, Métallurgies du plomb, du nickel et du cobalt. '26.
- Greenawalt, W. E., The Hydro-metallurgy of Copper. '12.
- Handbook of Milling details. '14.
- Hofmann, O., Hydro-metallurgy of Silver. '07.
- Hofman, H. O., Metallurgy of Lead. '18.
- Hofman, H. O., Metallurgy of Zinc and Cadmium. '22.
- Beck, A., Magnesium und seine Legierungen. '39.
- Burkhardt, A., Technologie der Zinklegierungen. '37.
- Burkhardt, A., Blei und seine Legierungen. 2A. '40.
- Greaves, R. H. and H. Wrighton, Practical microscopical metallography. 2 ed. '33.
- Gregg, J. L., Alloys of Iron and Molybdenum. '32.
- Gregg, J. L., Alloys of Iron and Tungsten. '34.
- Greiner, E. S., J. S. Marsh and B. Staughton, The alloys of Iron and Silicon. '33.
- Guillet, L., Les Métaux légers et leurs alliages. 2 Vols. '40.
- Haudremont, E., Einführung in die Sonderstahlkunde. '35.
- Haugardy, H., Die Vanadenstähle. '34.
- Marsh, J. S., The alloys of Iron and Nickel. '38.
- Metals Handbook. Publ. Am. Soc. of Metals. '36.
- Oertel, W. und A. Grützner, Die Schnelldrehstähle. '31.
- Rapatz, F., Die Edelmetalle. 2A. '34.
- Symposium on effect of Temperature on the properties of Metals. Am. Soc. of Testing Materials. '31.

Thum, E. C., The Book of Stainless Steels. 2 ed. '35.

Zie ook de Inst. of Metals Divisions van de Trans. of the Am. Inst. of Min. and Met. Eng.

#### DOCIMASIE.

Bauer, O. und E. Deiss, Probenahme und Analyse von Eisen und Stahl. 2A. '22.

Biedermann, R., Chemiker Kalender I en II. Book of Standards Am. Soc. for Testing Materials. '33.

Burstin, H., Untersuchungsmethoden der Erdöl-industrie. '30.

Fischer, A., Electro-analytische Schnellmethoden. 2 ed. '29.

Dennis, L. M. and M. L. Nichols, Gasanalysis revised ed. '29.

Hillebrand, W. F., The chemical analysis of Rocks. 4 ed. '30.

Hillebrand, W. F. and G. E. F. Lundell, Applied inorganic analysis. '29.

Ibbotsen, F. and L. Aitcheson, Analysis of Non-Ferrous Alloys. '22.

Johnson, C. M., Rapid methods for the chem. anal. of special steels, steelmaking Alloys, their ores and graphites. 4 ed. '32.

Kolthoff, I. M. and N. H. Furman, Potentiometric Titrations. 2 ed. '31.

Kolthoff, I. M. and E. B. Sandell, Textbook of quantitative inorganic analysis. '37.

Low, A. H., herzien door Weinig-Schoder, Technical methods of ore analysis. 11 ed. '39.

Lunge-Berl, G., Chemisch-techn. Untersuchungsmethoden. 5 Vols. 6 ed. '31—'34.

Lundell, G. E. F., J. S. Hoffman and H. A. Bright, Chemical analysis of iron and steel. '31.

Rüdigsüle, A., Nachweis, Bestimmung und Freunung der chemischen Elemente. 7 Vols. '13—'29.

Schoeller, W. R. and A. R. Powell, The analysis of the Minerals and ores of the rarer Elements. '37.

Scott, W. W., Standard Methods of Chemical Analysis. 2 Vols. 4 ed. '25.

Scott, W. W., Technical methods of Metallurgical analysis. '23.

U. S. Steel Corporation, Methods of the Chemists of the U. S. Steel Corp. for the sampling and analysis of alloy steels. 2 ed. '21.

U. S. Steel Corporation, Methods of the Chemists of the U. S. Steel Corp. for the sampling and analysis of Ferro-alloys and Bearing Metals. '21.

Smith, E. F., Electro-analysis. 4 ed. '07.

Treadwell, F. P., Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie. '35.

White, A. H., Gas und Fuel analysis. 2 ed. '22.

## MIJNKUNDE.

### PROSPECTIE, WAARDEBEPALING EN BEDRIJFSLEIDING.

Charleton, Report-book for mining-engineers.

Field, E. R., The mining engineers reportbook.

Finlay, J. A., Cost of mining.

Granigg, B., Organisation, Wirtschaft und Betrieb im Bergbau. '26.

Gunther, C. G., The examination of prospects.

Heise, F. und Herbst, F., Lehrbuch der Bergbaukunde.

I. 6. A. '30.

II. 5. A. '32.

Herig, C. S., Mine sampling and valuing. '14.

Hoover, H. C., Principles of Mining. Valution, organisation, administration. '09.

Hoover, T., The economics of mining. '33.

Höfer, H., Die Verwerfungen. '17.

Kegel, K., Lehrbuch der Bergwirtschaft. 4. A. '31.

Krusch, P., Untersuchung und Bewertung von Erzlagerstätten. '20.

Lecomte Denis, M., The mining library (9 dln.).

Robert Loustai, Méthode scientifique et Améliorations dans les Mines. '34.

Pickering, J. C., Engineering analysis of a mining share. '16.

Richard, T. A., The economics of mining. '05.

### ALGEMEENE HAND- EN LEERBOEKEN.

Bulman, H. F., The working-out of coal and other stratified minerals. '27.

Castelain, Michel, Technologie Minière. '34.

Coal Miners' pocketbook.

Crane, W. R., Ore Mining methods. '17.

Details of Practical Mining. '16.

Handbook of Mining Details, Compiled from the „Engineering and Mining Journal”. '14.

Haton de la Goupillière, J. de Berc. Cours d'Exploitation des Mines. Deel V. '41.

Heise, F. und F. Herbst, Lehrbuch der Bergbaukunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlen Bergbaues.

I. 6. A. '30.

II. 5. A. '23.

Peele, R., Mining engineers' handbook. 2 Ed.

Sammelwerk, Die Entwicklung des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlen-Bergbaues (12 dln.).

Young, The working of unstratified mineral deposits.

### BORINGEN.

Bansen, H., Das Tiefbohrwesen. '12.

Haddock, Deep Bore hole Surveys and Problems. '32.



Handb. d. Ingenieurwissenschaften. Tl. 4. Bd. 2.  
Kap. 1 Schwemann. A. Das Tiefbohrwesen  
3. A. '24.

Jeffery, W. H., Deep Well Drilling. 3. ed. '31.

Tecklenburg, Th., Handbuch der Tiefbohrkunde.  
I. Das Englische, Deutsche und Kanadische  
System. 1900.

II. Spülbohrsystem. '06.

III. Das Diamantbohren. '90.

IV. Das Seilbohrsystem. '12.

V. Das horizontal und geneigt Bohren.  
Das Erweitern und Sichern der Bohr-  
löcher. Die Unfälle. '14.

VI. Das Tiefbohrwesen. '12.

Edson, F. A., Diamond drilling with special  
reference to Oil Field prospecting and de-  
velopment. U. S. Department of Commerce,  
Bureau of Mines. Bulletin 243.

#### BREEKARBEID.

Bansen, H., Gewinnungsmaschinen. '12.

Martel, L., Les explosifs dans les mines. '20.

#### SCHACHTDELVEN.

Baudart, P., La Réparation des Puits de Mine. '38.

Donaldson, F., Practical Shaft Sinking. '12.

Forster Brown, E. O., Vertical Shaft Sinking. '27.

Hoffmann, A., Schachtabteufen von Hand. '11.

Riemer, J., Das Schachtabteufen in schwierigen  
Fällen.

#### ONDERSTEUNING.

Bansen, H., Grubenausbau. 2. A. '09.

Walch, Otto, Die Auskleidung von Druckstollen  
und Druckschachten. '26.

#### WINNINGSMETHODES.

Kirschner, L., Grundriss über Aufschlussaus-  
richtung. Vorrichtung und Abbau von Lager-  
stätten. '09.

Pasquet, H., Etudes sur l'exploitation des couches  
de houille dans le bassin de la Loire. '97.

I. Couches puissantes.

II. Couches moyennes.

III. Couches minces.

#### SCHACHTTRANSPORT.

Broughton, H. H., Electric winders.

Bansen, H., Die Schachtförderung. '13.

Bansen, H., Die Schachtfördermaschinen. '13.

Philippi, W., Elektrische Fördermaschinen. '21.

#### GALERIJTRANSPORT.

Bansen, H., Die Streckenförderung. '21.

Schulte, F., Die Grubenbahnen. '15.

#### VENTILATIE.

Haddick, M. H., Mine ventilation and venti-  
lators. '24.

Jicinsky, J., Manuel de la ventilation des mines. '05.

Petit, P., Etudes sur l'aérage des travaux prépa-  
ratoires dans les mines à grisou. '01.

Rateau, Traité des turbomachines et ventilateurs.

#### ALLUVIALE MIJNBOUW.

Griffith, S. A., Alluvial Prospecting and Mining.  
'38.

Longridge, C. C., Hydraulic Mining. '10.

Raeburn, C. and Milner, H. B., Alluvial pro-  
specting. The technical investigation of eco-  
nomic alluvial minerals. '27.

Torne and Hooke, Mining of alluvial deposits by  
dredging and hydraulizing. '29.

U.S.A. Bureau of Mines. Bull. 259: Placer Mining  
Methods and Costs in Alaska.

#### DAGBOUW.

Klein, G., Handbuch für den deutschen Braun-  
kohlenbergbau. Bd. I. 3. A. '27 u. III.

Madel, H. und Ohnesorge, A., Berg und Aufbe-  
reitungstechnik.

I<sub>1</sub>. Technische Grundlagen des Tagebaues. '33.

I<sub>2</sub>. Förderung.

#### KRACHTVOORZIENING.

##### (Werktuigbouwkunde en Electrotechniek).

Bechtold, K., Die Druckluft-Kraftübertragung im  
Bergbau. '30.

Bilt, Prof. Ir. C. L. v. d., Beknopt leerboek der  
Electrotechniek. 4 dr. '33.

Chatelieu, Henry le, Die industrielle Heizung. '22.

Cotton, H., Electricity applied to Mining. '29.

Drucker, Ir. R. en Ir. J. R. G. Isbrücker, Leerboek  
der Electrotechniek.

I. Theoret. Grondsl. 3. dr. '32.

II. Electr. Metingen. 3. dr. '33.

III. Gelijkstroommachines 3. dr. '34.

IV. Wisselstroommachines. 2. dr. '28.

V. Toepassingen der Sterkstroomtechniek. 2.  
dr. '29.

VI. Zwakstroomtechniek. 2. dr. '25.

Dubbel, Taschenbuch für die Maschinenbau.  
I und II. '35. 6. A.

Hacault, G., Applications de l'électricité aux  
mines. '29.

Hoffmann, Dr. H. und C., Lehrbuch der Berg-  
werksmaschinen. 2. A. '31.

Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch. 4 dl. '26.

I. Theoretische Grundlagen der Technik. '33.

II. Maschinenbau/Electrotechnik. '31.

III. Bauingenieurwesen. '34.

IV. Verkehr-, Industrie- und Landwirtschaftstechnik. '35.

*Kirsopp, J.*, The Use of Power in Colliery-Working. '26.

*Kögler, F.*, Taschenbuch für Berg- und Hüttenleute. 2. A. '29.

*Maercks*, Bergbaumechanik. '30.

*Penman, David*, Compressed air practice in mining.

*Philippi, Prof. Dr. W.*, u.a., Elektrizität im Bergbau. (Siemens Bücher, XIII). '26.

*Philippi, Prof. Dr. W.*, Elektrizität unter Tage. '32.

*Redlich-Terzaghi-Kampe, K. A.*, Ingenieurgeologie. '29.

*Redmayne, Sir R. A. S.*, Modern practice in Mining. Vol. V. Colliery Machine and its applications. '32.

*Stein, Th.*, Energie Wirtschaft. '35.

*Strecker*, Hilfsbuch für den Elektrotechnik. 10. A. '29.

*Thomälen, A.*, Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. 10. A. '29.

*Westendorp, Prof. Ir. F.*, Handboek voor de Werktuigkunde (Bernouilli's Vademecum).

*Williams, M. D.*, Practical Machine Mining. '28.

#### KOLENWASSCHERIJ.

*Minikin, R. C. R.*, Modern coal washing practice. '28.

*Schennen-Jüngst*, Lehrbuch der Erz- und Steinkohlenaufbereitung. 2. A. '30.

#### BODEMBEWEGING.

*Goldreich, A. H.*, Die Bodenbewegungen im Kohlenrevier und deren Einfluss auf die Tagesoberfläche.

*Scrivenor, J. B. A.*, A sketch of Malayan Mining. '29.

### MIJNMETEN EN KARTEEREN.

#### MIJNMETEN.

*Brough, B. H. and Dean, H.*, A treatise on mine surveying. 17. ed. '26.

*Gehrke*, Markscheiderisches Uebungsbuch. '20.

*Heuvelink, Prof. H. J.*, Bijlage Q Zakboekje. 4 dr. '26.

*Jordan, W.*, Handb. der Vermessungskunde (vooral II).

I. Ausgleichsrechnung. 7. A. '29.

II<sub>1</sub>. Feld- und Landmessung. 9. A. '31.

II<sub>2</sub>. Höhenmessungen, Tachymetrie, Photogramm. u. Absteckungen. 9. A. '33.

III. Landesvermessung und Grundaufgaben der Erdmessung. 7. A. '23.

*Leusen, H. J. v.*, Landmeten en Waterpassen 4e dr.

*Lüscher, H.*, Photogrammetrie.

*Mintrop, L.*, Einführung in die Markscheidkunde. '23.

*Park*, Textbook of theod. surveying and levelling for stud. eng. land and mine surveyers. 5. ed. '22.

*Schols, Ch.*, Landmeten en waterpassen.

*Schulte, G., und Löhr, W.*, Markscheidkunde. '32.

*Uhlich, P.*, Lehrbuch der Markscheidkunde. '01.

*Wilski, P.*, Lehrbuch der Markscheidkunde. I. '29. II. '32.

#### GEOLOGISCH KARTEEREN.

*Armin, K. Lobeck*, Block diagram. '24.

*Hagar, D.*, Practical oil geology 5 th. ed. '39.

*Höfer von Heimhalt, H.*, Anleitung zum geologischen Beobachten, Kartieren und Profilieren. 2. A. '21.

*Rothe, R.*, Darstellende Geometrie des Geländes. 2. A. '19.

*Schöndorf, Fr.*, Wie sind geologische Karten und Profile zu verstehen und praktisch zu verwerten? '16.

*Sokol, R.*, Geologisches Praktikum. '27.

*Stuffken, J. A. R.*, Karteering van steenkolenmijn Jannet.

*Stuffken, J. A. R.*, Karteering van ertsmijnen.

*Stutzer, Dr. O.*, Geologisches Kartieren und Prospektieren.

#### LUCHTKARTEERING.

Aerial photography used extensively in New Guinea oil search. World Petroleum. '37.

*Scherpbier, B. en J. Krebs*, Aerial survey in exploration work.

Jul. of the Inst. of Petr. Technologists '38. Vol. 24.

*Simon, A. L.*, Luchtopname en luchtverkenning De Ingenieur in Ned. Indië, Jan. '40.

#### TABELLEN.

*Grausz, F. G.*, Trigonometrische und polygonometrische Rechnungen.

*Jordan, W.*, Barometr. Höhentafeln.

*Jordan, W.*, Hilfstafeln für Tachymetrie. 10. A. '30.

*Lüling, E.*, Mathematische Tafeln für Markscheider und Bergingenieure.

*Mintrop, L.*, Zahlentafeln der Seigerteufen und Sohlen. 6. A. '22.

*Pons*, Tables tacheométriques (voor fransche instrumenten) (Centesimal).

*Reger, F.*, Tachymetry Tafeln. '10.

## PETROLEUM.

- Abraham, H.*, Asphalts and allied substances, their occurrence, modes of production, uses in the arts and methods of testing. 4e dr. '38.
- Bell, H. S.*, American Petroleum Refining. 2e dr. '30.
- Blumer, E.*, Die Erdöllagerstätten u.s.w.
- Boverton Redwood*, A Treatise on Petroleum. 3 Dln. 5e dr. '26.
- Cross, R.*, A Handbook of Petroleum, Asphalt and Natural Gas. '28.
- Cunningham Craig, E. H.*, Oilfinding.
- Cutler, W. W.*, Estimation of Underground Oil reserves by Oil-Well-Production Curves. Bulletin 228.
- Danby, A.*, Natural rocks, asphalts and bitumens.
- Day, D. T.*, A Handbook of the Petroleum Industry. 2 dln. 1e dr. '22.
- De Golyer and others*, Geology of salt dome oilfields.
- Duncan, Prof.*, The science of Petroleum Vol. I. Oxford University Press. '38.
- Emmous, W. H.*, Geology of Petroleum. 2e Ed.
- Eugler C. und H. von Höfer*, Das Erdöl.
- II<sup>2</sup>. Spez. Geologie des Erdöls in Europa ausschlieszl. Rusland. '09.
- III. Die Gewinnung des Erdöls. '32.
- III<sup>2</sup>. Lagerung und Transport des Erdöls und seiner Produkte. '29.
- IV. Chemische, physikal. geolog. und geophysikal. Untersuchungsmethoden des Erdöls und seiner Produkte. '30.
- Eugler, C. en H. v. Höfer*, Das Erdoel, Hize, Physik, Chemie, Geologie Technologie und sein Wirtschaftsbetrieb. 6 Dln. 2e dr.
- Gorwitsch, L.*, Wissenschaftliche Grundlager der Erdoelaufbereitung. 2e dr. '24.
- Gorwitsch, L., en H. Moore*, The scientific principles of Petroleum technology. '32.
- Herold, S. C.*, Analytical Principles of the Production of oil-, gas-, and water from Well. '28.
- Kalichevsky, V. A. en B. A. Stagner*, Chemical Refining of Petroleum. '33.
- Krejci-Graf, K.*, Grundfragen der Oelgeologie. '30.
- Krejci-Graf, K.*, Die Rumänischen Erdöllagerstätten. '29.
- Miller*, Function of Natural Gas in the Production of oil. U.S. Bureau of Mines. '29.
- Navarro County*, Production and Development Problems in the Powell Oil Field. Bulletin 284. '26.
- Nelson, W. L.*, Petroleum Refinery Engineering. 1e dr. '36.
- Osgood, W. H.*, Increasing the Recovery of Petroleum. '30. 2 Vols.
- Petroleum Development and Technology. '28—'30.

- Petroleum Development and Technology. '30, '31.
- Transactions Am. Inst. Min. and Met. Eng. Petroleum Engineering Handbook 1 en 2. '30, '31.
- Potonié, K.*, Ally. Petrographie der Oelschiefer und ihrer Verwandten. '28.
- Redwood, Boverton and Halloway* Petroleum and its products.
- Schneiders, G.*, Gewinnung von Erdöl. '27.
- Schweiger, B.*, Die Wassersperrarbeiten bei Bohrungen auf Erdöl. '27.
- Stadnikoff, G.*, Die Entstehung von Kohle und Erdöl. '30.
- Steiner, L.*, Tiefbohrwesen, Förderverfahren und Elektrotechnik in der Erdölindustrie. '26.
- Sidney Young*, Distillation principles and finesses. 1e dr. '22.
- Thompson, Beeby*, Oil field exploration and development. '25.
- Wedcott, H. P.*, Handbook of Natural Gas. 3e dr. '20.

## UTILITEITSBOUW.

### ALGEMEEN.

- Heinrich Salzmann*, Industrielle und gewerbliche Bauten. I. Allgemeines. II. Speicher und Lagerhäuser. III. Fabriken (uit de Sammling Göschen)
- Schindler, Robert*, Handbuch des Hochbaues. '32.
- Hölzerner Fachwerkträger.
- Wassil Stoiloff*, Gestaltung der Knotenpunktverbindungen.

### STAALCONSTRUCTIE.

- Genderen-Stort, Ing. E. A. van*, Staalskeletbouw.
- Kersten, C.*, Der Stahl Hochbau.
- Potma, Ir. A. P. en Ir. J. E. de Vries*, Staalconstructies.

### HOUTCONSTRUCTIE.

- Bronneck, Hugo*, Holz im Hochbau.
- Gesteschi, F.*, Der Holzbau.
- Stoy, W.*, Der Holzbau.

## WERKTUIGBOUWKUNDE.

- Dubbel, H.*, Taschenbuch f. Maschinenbau (2 dln.).
- Hänchen, R.*, Winden und Krane.
- Hütte*, Des ingenieurs Taschenbuch (deel 2 en 4).
- Maercks, J.*, Bergbau mechanik, 2e dr.
- Peele, R.*, Mining Engineers' Handbook.
- Westendorp, Ir. F.*, Handboek voor Werktuigkundigen.

## ANALYTISCHE SCHEIKUNDE.

- Kolthoff, I. M. and Sandell, E. B., Textbook of Quantitative Inorganic Analysis. '36.  
 Nieuwenburg, C. J. van and Dulfer, Miss G., A Short Manual of Systematic Qualitative Analysis by Means of Modern Drop Reactions. 3e dr. '38.  
 Treadwell, F. P., Lehrbuch der Anal. Chemie. I. Qualitative Analyse. 17e unveränd. A. '40.  
 II. Quantitative Analyse. 11e A. '39.

## ANORGANISCHE EN PHYSISCHE SCHEIKUNDE.

- Bakhuis Roozeboom, Dr. H. W., „Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre“.  
 Boeke-Eitel, „Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie“. '23.

- Findlay, A., „The phase rule and its applications“. '35.  
 Landolt-Börnstein, Physikalisch-Chem. Tabellen I. '23.  
 Tammann, G., „Lehrbuch der heterogenen Gleichgewichte“. '24.  
 Vogel, R., Die Heterogenen Gleichgewichte. '37.

## TOEGEPASTE MECHANICA.

- Biezeno, G. B. und R. Grammel, Technische Dynamik.  
 Föppl, A., Vorlesungen über Technische Mechanik (Deel I, II, III, V).  
 Klopffer, J., Leerboek der Toegepaste Mechanica.  
 Timoshenko, S. and J. M. Lessels, Applied Elasticity.  
 Southwell, R. V., Theory of Elasticity.



ANALYTISCHE SCHEIKUNDE

Adressbuch der analytischen Chemie  
 Qualitative Analytik  
 Quantitative Analytik  
 Volumetrische Analyse  
 Gravimetrische Analyse  
 Spektroskopische Analyse  
 Mikroskopische Analyse  
 Elektrolytische Analyse  
 Radiochemische Analyse

ANORGANISCHE INORGANISCHE SCHEIKUNDE

Elementarlehre  
 Gleichgewichte  
 Kinetik  
 Elektrochemie  
 Kolloidchemie



ADRESSBUCH

Adressbuch der analytischen Chemie  
 Adressbuch der anorganischen Chemie  
 Adressbuch der organischen Chemie  
 Adressbuch der pharmazeutischen Chemie  
 Adressbuch der physikalischen Chemie

TECHNISCHE MECHANIK

Statik  
 Festigkeitslehre  
 Baulehre  
 Maschinelle Festigkeitslehre  
 Technische Mechanik  
 Theorie der Maschinen  
 Theorie der Bauteile

5

NAAMLIJST, STUDIE- EN VACANTIEADRESSEN  
DER MIJNBOUWKUNDIGE STUDENTEN  
TE DELFT.

NAAM	STUDIE-ADRES	VACANTIE-ADRES
Ameyden v. Duym, D. P. v. As, W. C. A. v. Audretsch, F. C. Bakker, G. Bakker, G. J. Bartlema, J. T. L. Bast, J. G. F.	Oude Delft 52, Delft. Tel. 1547 v. Beuningenstr. 62, Den Haag Noordeinde 119, Den Haag Oude Delft 125, Delft. Tel. 854 Achterom 3b, Delft Kanaalstraat 9, Delft v. Leeuwenhoeksingel 22, Delft. Tel. 1821	L. v. Meerderv. 285a, Den Haag Graaf Florisweg 103, Gouda Den Haag Dedelstraat 18, Den Haag Rijksweg N 86, Geleen (L.) Groot Hertoginnel. 2, Bussum Nassauweg 15, Wageningen
Beek, W. F. v. Bemelmans, J. L. H. Berckel, F. L. v. Bezaan, J. R. Biegman, K. A. Bierens de Haan, W. J. Boer, G. J. W. de Bor, A. Borret, J.	Mient 419, Den Haag Delfgauwscheweg 71, Delft Ieplaan 77, Den Haag Oostsingel 13, Delft Oude Delft 52, Delft. Tel. 1547 Oude Delft 88, Delft Noordeinde 18, Delft Hugo de Grootstraat 9, Delft Delfgauwscheweg 91, Delft. Tel. 2407	Den Haag Delft Den Haag Postweg 41, Putten (G.) Koningslaan 61, Utrecht Haven 11, Almelo Euterpestraat 116II, Amsterdam Zouwendijk 23, Meerkerk (Z.H.) Valkenburgerweg 4, Heerlen
Bos, J. Bosman, J. T.	v. Bleiswijkstr. 142, Den Haag Lange Geer 58, Delft. Tel. 523	Den Haag Burg. de Wijslaan A 490, Brummen
Bouman, J. L. P.	Bentinckstr. 158, Den Haag	Den Haag Tel. 553897
Brandeler, R. M. J. v. d. Brandes, M. C. Broekhuijsen, A. Brouwer, F. G. Bruïne, R. F. de Bruist, E. H. Burgers, H. A. E. Bijl, J.	Fred. Hendrikstraat 5, Delft Oude Delft 223, Delft. Tel. 1927 Hugo de Grootstraat, 60, Delft Oude Delft 231, Delft  Houttuinen 15, Delft Noordeinde 5, Delft. Tel. 2106 Zouteveenscheweg 1, Schiplui- den (post Vlaardingen) Houttuinen 2, Delft	Glipperweg 108, Heemstede Saxen Weimarl. 37, Amsterdam  Noord Spoorstraat 3, Ede (G.)  Groesbeekschew. 159, Nijmegen Roggestraat 18-19, Arnhem Schipluiden
Corts, C. W. Dahmen, K. R. Damave, P. Debets, G. B. Delsing, R. Dieperink, F. H. J.	van Neckstraat 133, Den Haag v. Vollenhovenstr. 20, Rotterd. Noordeinde 45, Delft Laakkade 80, Den Haag	L. v. Vogelenzang 24, Hilversum  Den Haag. Rotterdam (Tel. 31369) Bovenste straat 27, Echt Diependaalsche Drift 14, Hilversum
Doeve, G. Dubois, Th. C. M. Duyfjes, G. Egas, P. Evers, C. J. W.	Ieplaan 80, Den Haag Julianalaan 4, Delft Oostsingel 54, Delft  Noordeinde 50, Delft. Tel. 2160	Den Haag Groeneweg 30, Utrecht Akerstraat N. 65, Treebeek  Wilhelminasingel 43, Maastricht

NAAM	STUDIE-ADRES	VACANTIE-ADRES
Faber, A. von Gelder, W. K. v. Gerrits, R. Goofers, H. J. L. Graaff, J. W. E. v. d. Groenewege, P. C.	Julianastr. 42, Rijswijk (Z.-H.) Wattstraat 3, Den Haag Poortlandlaan 110, Delft Binnenwatersloot 9, Delft Benooiendehout 79, Den Haag Noordeinde 39, Delft	Deventerstraat 28III, Apeldoorn Den Haag Delft Oostsingel 77, Delft Den Haag St. Maartensd. (Z.). St. Anna- land, Ravensoord. Den Haag
Groothoff, C. J.	Oostduinlaan 159, Den Haag. Tel. 774427	Koningstraat 68, Hilversum Stationstr. A 84, Simpelveld
Haeften, A. W. van Hamers, H. J. D. Hardonk, L. E. Hartland, A. J. Hermans, A. J. Hesselberg, J. L. Hollaar, D. Honert, J. Th. van den Hoogenboezem, J. Hopmans, J. J. Hordijk, C. Hubert van Blijenburgh, J. R. Hupkes, H. Husen, J. W. R. Immink, T. W. Jordaans, J. K. H. Kempers, J. Th. R. Klein Bog, L. F. Kleiterp, K. Kleyn, A. H.	Koornmarkt 38, Delft. Tel. 2169 Bilderdijklaan 67 Rijswijk (Z.H.) Sportlaan 164, Den Haag Westerlookade 8, Voorburg Piet Heinstraat 52, Delft Oude Delft 90, Delft, Tel. 2483 Kortrijkschestr. 13, Scheven. Frankenstraat 19, Den Haag Binnenwatersloot 18, Delft Carel Reinierszkade 21, Den Haag v. Lumeystraat 48, Den Haag Hugo de Grootstraat 10, Delft Oude Delft 231, Delft Fred. Hendrikstraat 5, Delft Wildhoeftlaan 5, Den Haag de Genestetlaan 109, den Haag Stephensonstraat 24, Den Haag Oude Delft 223, Delft. Tel. 1927 Oude Delft 15, Delft, Tel. 788 Corn. Trompstraat 73, Delft	Den Haag Den Haag Den Haag Voorburg Baronielaan 46, Breda Delft Scheveningen Den Haag Pomonaplein 26, Den Haag Den Haag Den Haag Ruysdaellaan 6, Bilthoven Hobbemalaan 26, Bilthoven Reyn. Vinkeleskade 26, A'dam Z. Den Haag Den Haag Biltstraat 132, Utrecht Koningslaan 32, Amsterdam Utrechtscheweg 107, Hilversum Johan Gerardtsweg 84, Hilversum
Klugt, S. van der Kool, C. Korver, J. W. de Kraak, J. Kramer, G. M. Krenning, W.	v. d. Heimstraat 16, Den Haag Wm Buytewechstr. 128, R'dam Fahrenheitstraat 670, Den Haag Fred. Hendrikstraat 76, Delft Oude Delft 88, Delft Oranje Plantage 46, Delft. Tel. 2412	Den Haag Rotterdam Den Haag Voorstraat, Ameide a/d. Lek Suezkade 153, Den Haag Buiksloterdijk 234, Buiksloot
Kruys, D. Laan, H. van der Langemeyer, H. C. G. Larive, J. L. Laumen, A. G. H.	Riouwstraat 66, Den Haag Stokroosplein 15, Den Haag Binnenwatersloot 18, Delft Emmastraat 1, Rijswijk (Z.-H.) Laan van N. Oosteinde 197a, Voorburg	Den Haag Den Haag Veenestraat 21, Zwolle Rijswijk (Z.-H.) Voorburg
Lier, R. C. F. van Loman, R. Maas, R. Matthieu, W. Meeder, G. Meyer, H. C. L.	Dedelstraat 3b, Den Haag Wassenaarscheweg 59, Den Haag Spotvogellaan 15, Den Haag Spoorsingel 34, Delft Botaniestraat 1, Delft Oude Delft 52, Delft. Tel. 1547	Den Haag Den Haag Der. Haag Acacialaan 4, Bloemendaal Delft Willem de Zwijgerlaan 157, Den Haag
Mierlo, Th. van Moerman, W. Mol Lous, B. Munck, E. H. L. de	Spoorsingel 13, Delft, Tel. 2284 Tramkade B 127, Schipluiden Lindelaan 56, Rijswijk (Z.-H.) Mijnbouwplein 10, Delft	Prof. Dondersstr. 12, Tilburg Schipluiden Rijswijk (Z.-H.) Kenaupark 27, Haarlem



NAAM	STUDIE-ADRES	VACANTIE-ADRES
Muysken, P. J. Nie, F. de Nordheim, R. von Otten, W. M.	Oude Delft 37, Delft Tel. 1943. Voorstraat 27, Delft Oude Delft 178, Delft. Tel. 2179 v. Leeuwenhoeksingel 22, Delft. Tel. 1821	Rotterdamscheweg 107, Delft  Utrechtscheweg 145, Amersfoort Bazarstraat 15, Den Haag
Ouwehand, J. G.	Havenstraat 11, Delft.	Storm v. 's-Gravensandeweg 109 Wassenaar
Pakvis, A. Piethaan, A.	Soestdijkschekade 14, Den Haag Nieuwe Plantage 12, Delft. Tel. 1757	Nieuwe Hilversumsche weg 40, Bussum
Pronk, P. Raadshooven, W. H. van Rasch, G. L. Reilingh, A. Reysenbach, J. Roep, M. J. H. Roosch, P. Ruessink, B. J. Rij, M. J. van Sanders, F. J. Scheffer, E. C.	Delfgauwscheweg 79, Delft Oude Delft 15, Delft. Tel. 788 Voorstraat 94, Delft Oude Delft 215a, Delft. T. 2265 Oude Delft 187, Delft. Tel. 1084 Soestdijkschekade 701, Den Haag Corn. Trompstraat 59, Delft v. Soutelandelaan 41, Den Haag v. Slingelandtstr. 60, Den Haag Oranjepark 43, Dordrecht Julianastraat 10, Rijswijk (Z.H.). Tel. 119858	Pr. Mauritsplein 20, Den Haag Sporstraat 3, Leerdam Platolaan 41, Zeist Den Haag Delft  Den Haag Dordrecht Rijswijk (Z.H.)
Schoemaker, R. P. Schoen, P. M. Schravendijk, J. P. van Schuitemaker, J. Sibinga Mulder, E.	Julianalaan 16, Delft. Tel. 588 Burgwal 16, Delft Stooplaan 34, Dordrecht L. v. N. O. Einde 171, Voorburg Oranje Plantage 41, Delft. Tel. 370	Delft Zuid. Stationsw. 2, Bloemendaal Dordrecht Voorburg Ubbo Emmiussingel 12a, Groningen
Sleen, M. van der Slooten, J. W. van Smeets, E. Th. Smid, F. J. H. Snell, A. W. Sonneveld, L. Staargaard, J. A. Stiasny, H. M. Stuffken, J. Sijp, J. W. C. M. v. d. Tafeiëff, V. Tampoebolon, L. Tappe, F. W. Taverne, R. N. Teeuwisse, W. P. Terwogt, H.	Vlamingstraat 24b, Delft Eendrachtsweg 40, Rotterdam Frans Halskade 95, Rijswijk Pieter Kuiperstraat 4, Venlo Meezenlaan 101, Den Haag Tramkade B 127, Schipluiden Oude Delft 170, Delft Oude Delft 31, Delft. Tel. 959 Breestraat 2, Delft. Tel. 690 Oude Delft 37, Delft, Tel. 1943 Oostplantsoen 35, Delft Oranje Plantage 31, Delft Hugo de Grootstraat 101, Delft Oude Delft 164, Delft. Tel. 1259 v. d. Woertstr. 50, Den Haag Voorstraat 95, Delft, Tel. 1011	Kleverparkweg 138, Haarlem Rotterdam Rijswijk (Z.H.)  Den Haag v. Baerlestr. 34, Amsterdam Loolaan 48, Apeldoorn Maredijk 151, Leiden Axelschestraat 56, Terneuzen Grundellaan 17, Hengelo. Nic. Witsenkade 27b, Amsterdam Delft Utrechtsche weg 27, Oosterbeek Linnaeusstraat 23, Amsterdam Den Haag Benoordenhoutsche weg 211, Den Haag, Tel. 774235 Veenenlaan 17, Hoorn Den Haag
Velzeboer, C. J. Verbiest, A. J.	Poortlandlaan 6, Delft Laan van Meerderv. 1155, Den Haag	Den Haag
Viets, P. C. Vogelsang, P.	Oude Delft 37, Delft. Tel. 1943 Laan van N. Oosteinde 184, Voorburg	Parklaan 113, Roosendaal Voorburg
Vries, R. J. de Vuyk, L. J. C.	Koornmarkt 69, Delft. Tel. 1188 Charlotte de Bourbonlaan 9a, Rotterdam	Javastraat 52, Den Haag

NAAM	STUDIE-ADRES	VACANTIE-ADRES
Willeumier, F. H.	v. Leeuwenhoeksingel 36, Delft	Weissenbruchstraat 60, Den Haag. Tel. 721517
Witte, J. J. de	Corn. Trompstraat 73, Delft	Burg. Falkenaweg 85, Heerenveen
Zadelhoff, H. J. van Zijlstra, A. J.	Oude Delft 223, Delft. Tel. 1927 Zijdeweg 26, Wassenaar	„Rustoord”, De Steeg (G.) Wassenaar



De Voorzitter tot den nieuwen Secretaros:  
„en . . . . wij drinken onze pils bij Jan Garos”

NAAMLIJST DER AAN DE DELFTSCHE ACADEMIE,  
POLYTECHNISCHE SCHOOL EN TECHNISCHE HOOGESCHOOL  
AFGESTUDEERDE MIJNINGENIEURS.

NAMEN	Afgestu- deerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Abendanon, E. C.	1900	's-Gravenhage, Sweelinckplein 33	Oud-Hoogl. a. d. Universit. te Amsterdam. Oud-Ing. v. h. Mijnwezen in Ned. Indië
Achterbergh, W. van	1926	Balikpapan (Borneo), Klandasan 4	Ing. bij de B.P.M.
Adelaar, E. H.	1939	Paramaribo (Sur.), p/a. Surin. Bank	Ing. b. d. Billiton Mij.
Aernout, W. A. J.	1910	Hongkong, Ned. Ind. Handelsbank	Oud-Hoofd v. d. Dienst der Mijnverordeningen in Ned. Indië
Akkersdijk, M. E.	1923	Poerwokerto, Karanganding (M. Java)	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijn- bouw
Ankersmit, H. A.	1940	Overleden	
Arkel, H. v.	1939	Klappa Kampit (Billiton)	Adj.-Ing. b. d. Gem. Mijnb. Mij. Billiton
Arps, J. J.	1932	Los Angeles (Cal.), c/o Shell Oil Comp.	Petroleum Engineer
Asbeck, H. Baron van	1936	Atjeh (Sum.), Boorterrein Pasé Lhò Semawi	Geol. b. d. N.V. Ned. Kol. Petrol. Mij.
Augusteyn, J. J.	1936	Nigeria (W.-Afr.), c/o. Shell Oil Comp.	Ing. bij Shell Oil Co. (B.P.M.)
Badings, H. H.	1931	Santpoort (Stat.) (N.-H.), Willem de Zwijgerlaan 41	Hoofdleeraar in compositie aan het Muzieklyceum te Amsterdam
Baggelaar, H.	1936	Quito (Ecuador), P.O. Box 340	Ing. bij The Shell Co. of Ecuador Ltd.
Bais, C. W.	1940	Beekstraat 75, Amsterade (L)	
Bakels, P. S.	1924	Vlotstraat 4, Heerlen (L.)	
Bakker, H. Th.	1923	Batavia (C), Lawangplein 3	Secr. N.V. Steenk. Mij. Parapattan
Bakker Gzn., J.	1912	Geleen (L.), Rijksweg N 86	Hoofd-Ing. b. d. Staats- mijnen
Bakker Jzn., J.	1921	Rotterdam O., Kral. Plaslaan 152	Leeraar a. d. 2e H.B.S. 5-j. c.
Bartels, T. T.	1934	Billiton, Tandjong Pandan	Ing. b. d. N.V. Gem. Mijnb. Mij. Billiton
Bauerman, M. K. H.	1907	's-Gravenhage, Paul Gabriëlstraat 139	Geol. b. d. B.P.M.
Be Tiat Tjong	1925	Semarang, Djomblang 15	
Beekman, Dr. E. H. M.	1905	Delft, M. Trompstraat 25	Oud-Leeraar a. d. H.B.S.
Beelen, A. v.	1919	Rotterdam C., Heemraadssingel 144	Dir. Ned. Industr. voor Me- taalchemie N.V. te Schiedam
Beens, E. J.	1916	Tandjong Enim (Sumatra)	Hoofding. Leider der Boekit- Asam Steenkolenmijnen

NAMEN	Afgestudeerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Beltman, J. H.	1933	's-Gravenhage, Riouwstr. 79	Ing. b. d. B.P.M.
Bemmelen, Dr. R. W. v.	1927	Bandoeng, Progostraat 18	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw
Benschop Koolhoven, W. C.	1919	Bandoeng, De Iongstraat 7	Hoofding. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw
Berding, C. J. A.	1935	Geleen (L.), Riddervosstraat 26	Ing. b. d. Staatsmijnen
Berg, J. van den	1927	Billiton, Tandjong Pandan	Ing. b. d. Gem. Mijnb. Mij Billiton
Berge, J. C. van den	1940	Heerlen, Valkenburgerweg 28 A	Ing. b. d. Oranje Nassau-mijnen
Bergstein, M. J. A.	1921	Geleen (L.), Mauritspark 20	Chef Ondergrondsche Bedr. Staatsmijn Maurits
Besselink, H. P.	1925	Oruro (Bolivia), Casilla 154	Administrador mina Colorado Compania Minera de Oruro
Beukers, C. A.	1924	Eindhoven, Willemstr. 67	Raadgev. Ing. Verwarming, electrotechniek, sanitair, verkeerstechniek
Beyerinck, Dr. F.	1890	Apeldoorn, Deventerweg 83	Oud-Ing. Dir. der Rijksopsp. van Delfst.
Beyl, Z. S.	1903	Montauroux (Var.) Fr., Ch. de la Colle Noire	Raadgevend Ingenieur
Beynen, L. R.	1925	Brummen (G.), Huize Rhienderstein	Oud-Ing. b. d. Utr. Asphaltfabr. v/h. Stein en Takken en v. d. Fa. Schöne te A'dam
Bianchi, F. J. C.	1922	Heerlen (L.), Valkenburgerweg 64	Bedrijfs-Ing. b. d. Oranje-Nassau-mijnen
Biegman, K. A.	1909	Utrecht, Koningslaan 61	Oud-Districts-Adm. b. d. Gem. Mijnb. Mij. Billiton
Bierling, J.	1933	Springs (Z.-Afr.), P.B. 54	
Biermann, J. G. A. M.	1921	Campina (Roem.), Boul. Elisabeth 25	Ing. b. d. Astra Romana (B.P.M.)
Blank, B. de	1936	Miri (British N. Borneo), (Sarawak)	Ing. b. d. B.P.M.
Bloemendal, J.	1940		
Bloemgarten, H.	1920	's-Gravenhage, Bildersstraat 12	Vice-pres. prod. dept. der Shell Petrol. Corp. te S. Louis (Mo.), U.S.A.
Blok, J. J.	1927	's-Gravenhage, Galileistraat 189	Leeraar a. h. Lyceum te Soerabaya, met verlof
Blokhuis, G. L.	1929	Bilbao, Spanje, Buenos Aires 4-4e ing.	Director de Sociedad Espanola de Explotac. Mineras
Blom, J. G. van	1930	Geleen (L.), Beekhovenstraat 58a	Adj.-Ing. b. d. Staatsmijn Maurits
Bogaers, A. L. J.	1928	San Sebastian (Sp.), Villa Angela	Dir. Cia del tramvia electrico de San Sebastian
Bolderdijk, M. J. F. W. G.	1922	's-Gravenhage, Nieuwe Parklaan 66	Ing. b. d. B.P.M.
Bong Soe Hian	1926	Meester-Cornelis, Matramanweg 43	Leeraar a. d. K.W.S. te Batavia
Boots, B. P.	1925	Maracaibo, Venezuela.	Ing. b. d. B.P.M.

NAMEN	Afgestu- deerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Borden, J. van der	1935	Bandoeng	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijn- bouw
Bosse, P. M. van	1900	p/a. Burg. Kükerw. 5 's-Gravenhage,	Dir. v. d. N.V. O.-Borneo Mij.
Bothé, A. Chr. D.	1918	v. Nijenrodestraat 76 Malang (O.-Java), v. Heutzstraat 3	Ing. b. 's Lands Mijnwezen
Bouman, E. F.	1929		
Bouwens, A. L.	1927	Tjepoe (M.-Java)	Ing. b. d. B.P.M.
Bouwmeester, G.	1916	's-Gravenhage, Paul Gabriëlstraat 137	Hoofd-Ing. b. d. Octrooi- raad
Braake, A. L. ter	1916	Muntok (Banka)	Hoofd-Ing. b. d. Bankatin- winning
Braam Houckgeest, J. van	1902	Buenos Aires (Arg.), 25 de Mayo no. 375	
Broek, J. van den	1915	Wassenaar, Prinses Marielaan 27	Dir. der Gem. Mijnb. Mij. Billiton
Broeke, H. J. W. ten	1928	St. Louis (Mo.) U.S.A., c/o. Shell Oil Co.	Ing. b. d. Shell Oil Co. (B.P.M.)
Broersma, G.	1935	Oruro (Bolivia), Casilla 258	Administrador Mining De- velopment & Investment Co. of Bolivia
Brouwer, Dr. H. A.	1908	Amsterdam C.	Hoogleraar a. d. Universi- teit.
Brouwer, L. E. J.	1931	Nw. Prinsengracht 130 Cairo, p/a. Anglo Egyptian Oilfields Ltd.	Ing. b. d. Anglo Egyptian Oilfields (B.P.M.)
Browne, J. F.	1926	Scheveningen, Pellenaerstraat 1	Ing. b. d. B.P.M.
Bruggen, Dr. G. ter	1926	Soengeiliat (Banka)	Sectie-chef der Banka-tin- winning
Bruyn, E. E. de	1922	Pladjoe (Palembang)	Ing. b. d. B.P.M.
Bunge, Dr. E. M.	1922	Lutterade (L.), Mauritspark 12	Ing. b. d. Staatsmijnen
Burck, H. D. M.	1919	Haarlem, Spaarne 17	Geol. b. d. Geol.-Stichting
Burg, A. H. J. L. van der	1937	Banka	Ing. b. d. Banka-tinwinning
Burger, D.	1938	Butembo (Belg. Congo)	Ing. b. d. Comp. Minière des Gr. Lacs afric, Brussel
Buss, K. A. H.	1929	Sundbyberg (Zweden), Duvbovägen 1	Ing. b. A.B. Elektrisk Malmletning te Stockholm
Buijsman, H. J.	1895	's-Gravenhage, Louise de Colignyplein 24	Oud-Dir. der Middelb. Techn. School te Djokja
Bijdendijk, J. G.	1903	Amersfoort, Prinses Marielaan 2	Oud-Hoofd der Banka-tin- winning
Caron, M. H.	1910	's-Gravenhage, Sportlaan 103	Hoogleraar a. d. T.H.
Cartier van Dissel, E. D.	1924	Oruro (Bolivia), Casilla 102	Hoofdadministrateur v. d. Comp. Minera de Oruro
Cleyndert, J.	1940		
Collot d'Escury, H. A. A. Baron	1912	's-Gravenhage, Raamweg 31	Ing. b. d. B.P.M.
Cornelissen, A. J. R.	1916	Wassenaar, Nassaulaan 12	Oud-Hoofd v. d. Banka-tin- winning
Coster, W. A.	1937	Oosterbeek (Gld.), Oranjeweg 13	

NAMEN	Afgestudeerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Cosijn, Dr. A. J.	1918	Leiden, Rapenburg 89	
Curvers, J. H.	1920	Leiden, Fagelstraat 29	
Dam, W. van	1922	Tandjong Enim (Sumatra)	Ing. b. d. Boekit Asam- mijnen
Damme, A. G. J. van	1928	Tjikotok (West-Java)	Ing. b. d. Mijnb. Mij. Zuid- Bantam
Dedem, G. W. Baron van	1930	Palembang (Sum.)	Ing. b. d. N.V. Ned. Kol. Petroleum Mij.
Deelken, J. E.	1913	Beograd (J.-Slavië), Sanje Zivanovica 14/I	
Deenen, J. M.	1926	Eygelshoven (L.), St. Jansstraat 15	Ing. b. d. Staatsmijnen
Degens, Dr. P. N.	1902	's-Gravenhage, L. v. Meerdervoort 349	Oud-Inspecteur van het Middelb. Onderw. in Ned.- Indië
Dekker, H.	1941	's-Gravenhage, Anemoonstraat 114	
Dermout, F. J. A.	1936	Pagaran Si Ajoe, Tapanoeli (Sum. W.-K.)	Ing. b. d. mijn Moeara Si Pongi der Fa. Erdmann en Sielcken
Dieperink, B. E.	1936	Medan, Paleisweg 33	Geol. b. d. N.V. Ned. Pacific Petroleum Mij.
Diermen, J. F. van	1916	Wassenaar, Oude Wassen. weg 8	Administrateur der B.P.M., met verlof
Dinger, H. L.	1923	Maarssen	Dir. Ned. Chininefabriek
Doorninck, Dr. N. H. van	1922	Cincinnati (Ohio, U.S.A.), c/o. Mrs. C. E. Wood, 3426 Burch Ave H.P.	Oud-Geol. b. Marsman in- vestments ltd.
Dorp, J. F. van	1921	Bolivia, Casilla 158	General Manager Bolivian Tin en Tungsten Mines Cor.
Dorsman, A. N.	1936	Lagunillas (Venez.), Estada Zulia	Ing. b. d. Caribbean Petrol. Mij.
Dorsser, D. van	1904	's-Gravenhage, v. Alkemadelaan 350	Ing. b. d. B.P.M.
Douw, A. H.	1922	Heerlen (L.), Caummerbeeklaan 24	
Douze, E. J. C.	1925	Comodoro Rivadavia (Arg.), Casilla de Correo 155	Exploitation Engineer
Dozy, C. M.	1909	Boekarest (Roem.), Aleea Alexandru 22	Dir. der Intern. Rumeensche Petr. Mij.; Consul-Generaal der Nederlanden
Drift, J. B. van der	1911	Treebeek (L.), Akerstraat N 13	Hoofding. b. d. Staatsmijnen
Dubourcq, P. L.	1903	Wassenaar, Bloemcampaan 38	Dir. Calvé te Delft
Dungen, H. A. M. v. den	1930	Pangkalan Brandan	Ing. b. d. B.P.M.
Duurentijdt, H. H.	1932	Bandoeng, Lembangweg Km 8,3.	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnb.
Duyfjes, G.	1904	Treebeek (L.), Akerstraat N 65	Hoofding. b. d. Staatsmijnen, Chef v. d. Veiligheidsdienst der Staatsmijnen
Duyfjes, J.	1931	Bandoeng, Wenckebachstraat 50	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnb.

NAMEN	Afgestudeerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Duynen, J. v.	1909	Athene (7e), Zoodoches Pigis 106	Exploitant der Magnesiet- mijnen van Nigrita (Maced.)
Dijkstra, B.	1926	Hollywood 3485 (Cal.), Wonder View Drive	Petroleum Engineer Shell Oil Co. Inc.
Dijm, K. A.	1936	Oruro (Bolivia), Casilla 443	Manager Goudmijn La Joya
Eck, H. van	1933	Brakpan, Johannesburg (Z.-Afr.)	Ing. b. d. Anglo-American Mining Corporation
Edelman, Dr. C. H.	1924	Wageningen, Kinkeloordscheweg 6	Hoogleraar a. d. Landbouw- hoogeschool
Edixhoven, G. H.	1918	Eijgelshoven (L.), Rimburgerweg 1	Hoofding. Mij. Expl. Steen- kolenmijnen Laura en Ver- eeniging
Eek, W. H. van	1936	Bogota (Columbia), c/o. Comp. de Petr. Shell	Ing. b. d. Compana de Petrol. Shell de Columbia
Elst, O. J. van der	1906	's-Gravenhage, Neuhuyskade 7	Dir. v. d. N.V. Ing.-bureau v/h. J. M. C. van Borselen en Co.
Engberts, E.	1928	Haagweg 29 (Leiden)	Assistent a. d. T.H.
Engelbert van Bevervoorde, W. F. C.	1919	's-Gravenhage, Cremerweg 2b	Chef-Ing. W. Müller & Co. N.V. te Rotterdam
Es, Dr. L. J. C. van	1912	Woudenberg, „De Oldenhoeve”	Oud-Hoofding. b. d. Dienst v. d. Mijnb. Raadgev. Ing.
Estor, W.	1909	Hengelo (O.), Wilbertstraat 11	Leeraar a. h. Gymn. en aan de H.B.S.
Everdingen, A. F. van	1923	Houston (Texas) U.S.A., 2616 Fenwoodroad	Ing. b. d. Shell Oil Co. Inc.
Faber, Dr. F. J.	1923	's-Gravenhage, Roelofsstraat 18	Ing. b. d. B.P.M.
Faber, B. von	1902	Rijswijk (Z.-H.), Julianastraat 42	Oud-Hoofding. b. d. Dienst v. d. Mijnb. in Ned. Indië
Fennel, J. W.	1938	Geleen (L.), Mauritslaan 56	
Ferf, A. G.	1906	's-Gravenhage, Prinses Mariestraat 7b	
Feringa, G.	1927	Springs (Transv.), P.O. Box 54	Ing. b. d. Goudmijnen van Springs
Fermin, P. G. H. A.	1923	Bandoeng, Bilderdijkstraat 20	Oud-Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnb. Administrateur v. d. N.V. A.I.M.E.
Fock, J. F.	1922	Kerkrade, Nieuwstraat 109	Dir. der Domaniale Mijn- Mij. N.V.
Frijlinck, C. P. M.	1922	Pladjoe (Palemb.), p/a. B.P.M.	Ing. b. d. B.P.M.
Frijling, H.	1906	Brussel (Forest), Place C. Meunier 17	Oud-Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnb. in Ned. Indië
Geerlings Hzn., B. A.	1923	Balikpapan (Oost-Borneo)	Ing. b. d. B.P.M.
Gelder, Dr. J. K. van	1905	's-Gravenhage, Wattstr. 3	Oud-Hoofding. b. d. Dienst v. d. Mijnb. in Ned.-Indië. Adviseur v. d. Ned. Kol. Petr. Mij.
Gemerren, D. v.	1923	Oruro (Bolivia), Casilla 154	Ing. b. d. Machacamamarca Compania Minera de Oruro

NAMEN	Afgestu- deerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Geursen, G. J.	1918	Muntok (Banka)	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijn- bouw; met verlof
Gevaerts, Jhr. E. A. L.	1922	Rangoon (Burmah), Post Box 1049	Ing. b. d. Burmah Oil Cy.
Gisolf, Dr. W. F.	1909	Bandoeng, Lembangweg Km 9,7	Dir. der H.B.S.
Goch, A. H. J. van	1929	Pladjoe (Palembang)	Ing. b. d. B.P.M.
Godefroy, C.	1933	Toronto (Canada), 24 Almsthorpe Avenue	Mining geologist
Godefroy, W.	1877	's-Gravenhage, Annastraat 75	Oud-Hoofding., Chef v. h. Mijnwezen in Ned.-Indië
Goedkoop, G. J.	1936	Batavia, Postbus 44	Ing. Mijnb. Mij. Z.-Bantam, Kantoor Erdmann & Siel- cken
Göllner, E. R. D.	1904	's-Gravenhage, Statenlaan 11	Oud-Hoofding. b. d. Dienst v. d. Mijnb. in Ned.-Indië
Goudoever de Jongh, C. A. van	1902	Utrecht, Oudwijk 29	Oud-Hoofding. b. d. Staats- m.; Dir. Machinefabriek Pannevis
Gouka, A.	1933	's-Gravenhage, p/a. Oleanderlaan 61	Werkzaam b. d. Gem. Crisis- en Distributiedienst
Gouka, A. J.	1902	's-Gravenhage, Oleanderlaan 61	Oud-Hoofding. v. d. Dienst v. d. Mijnb.
Gouwentak, C. J.	1936		
Gramberg, J.	1936	Pangkal Pinang (Banka), Boekitweg 6	Tijd. Ing. b. d. Banka-tin- winning
Grandjean, J. B.	1916	Djocjakarta Jonquièreboul. 28	Dir. Alg. Middelb. School
Gravendeel, H. A. D.	1921	Voorburg, Park de Werve 6	Hoofd Alg. Dienst Staats- bedrijf der Artill.-Inricht.
Greve, J. R. J. de	1917	Moengo (Surin.), p/a. Surin. Bauxiet Mij.	Dir. Beheerder v. d. Suri- naamsche Bauxiet Mij.
Grondijs, H.	1916	's-Gravenhage, Haviklaan 26	Oud Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw in N.O.-I.
Grondijs, H. F.	1905	's-Gravenhage, Willem Frederiklaan 4	Hoogleraar aan de T.H.
Groot, C. F. A. de	1918	Spekholzerheide (L.), Beitel 2	Dir. der N.V. Steenkolen- mijnen „Willem en Sophie”
Groot, P. F. de	1906	Bandoeng, Lembangweg Km. 13,3	Ing.-Geol. b. d. fa. Erdmann & Sielcken
Groothoff, Dr. C. T.	1910	Valkenburg, „Villa Leeuwenhorst”	Dir. der Staatsmijnen in Limburg
Grutterink, J. A.	1902	's-Gravenhage, v. Bleiswijkstraat 179	Hoogleraar a. d. T.H.
Guffroy, A. A.	1905	Djokjakarta, Toegoekoelon 113	Oud-Leeraar a. d. Prinses Juliana School. Eigenaar v. h. Auto-techn. Atelier
Guyot van der Ham, A.	1909	's-Gravenhage, Adriaan Pauwstraat 49	Hoofd-Ing. b. h. Techn. bureau van het Dept. van Koloniën
Haan, W. de	1909	Wassenaar, Amazonelaan 13	Dir. der N.V. Ned. Research Centrale



NAMEN	Afgestudeerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Haart, P. de	1917	Overveen (N.-H.), W. de Zwijgerlaan 89	Oud-Adm. K.P.M. Kolen- mij. Oost-Borneo
Haeften, C. S. van	1916	Bandoeng, de Klerkweg 12	Hoofd-Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw
Haighton, A. L.	1938	Medan (N.O.-I.), Paleisweg 33	Ing. b. d. C/o. N.P.P.M.
Hal, C. J. J. van	1918	Luik, Boul. H. de Dinand 10	Ing. b. d. S.A. Atelier de Construction des Sandages et Travaux Miniers Lemoine
Ham, F. L.	1932	Transvaal (East-Rand), New Married Quaters 119	Werkzaam b. d. E.R.P.M. Ltd.
Hamer, H. J. E. M.	1925	Sumatra (O.K.), Pangkalanbrandan	Exp.-Ing. b. d. B.P.M.
Harreveld, B. P. v.	1921		
Harting, A.	1918	Bandoeng, Iongstraat 9	Hoofd-Afd. Geolog. Techn. Onderzoekingen b. d. Dienst v. d. Mijnbouw
Hartjens, H.	1939		
Hartog, L. E. W. den	1936	Medan, Paleisweg 33	Ing. b. d. Ned. Par. Petrol. Mij.
Haversmidt, R.	1933	Toelok Bajoer, Beraoe, Borneo	Ing. Steenkolen Mij. Parapatan
Heek, J. van	1931	Muntok (Banka), Schoolweg 14	Ing. bij den Dienst van de Banka-tinwinning
Heek, J. G. B. van	1903		
Heelsbergen, F. van	1924	Teloek Bajoer, Borneo, p/a. N.V. Steenkolen Mij. Parapatan	Bedr.-Ing. b. d. Parapatan Steenkolen Mij.
Hemert, P. J. L. van	1920	's-Gravenhage, v. Alkemadelaan 239	Geoloog b. d. B.P.M.
Hendrichs, W. Th. M. de Lestrioux		Zie onder: Lestrioux Hendrichs, W. T. M. de	
Henkemans, G. Snoek		Zie: Snoek Henkemans, G.	
Hermans, A. M. H.	1931	Paramaribo, Suriname, Sarakreek-goudvelden	Ing. b. d. N.V. Sarakreek Goudvelden Mij.
Hes, F. L.	1922	Assen, Kastanjelaan 12	Leeraar Gymnasium
Hettinga Tromp, H. van	1901	Brussel-Etterbeek, Rue des Francs 37	Oud-Hoofding. b. d. Dienst v. d. Mijnb. in Ned.-Indië
Hetzl, Dr. W. H.	1921	Tjioemboemloeit 40 Bandoeng, Huize Willy	Ing. b. d. Dienst van d. Mijn- bouw N. O.-I.
Heuvel, H. N. van den	1940	Heerlen (L.), Oranje-Nassau-pension	Ing. b. d. Oranje-Nassau- mijnen
Hoek, A. van	1918	Bandoeng, Lembangweg Km. 8,2	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijn- bouw N. O.-I.
Hoekstra, J. A.	1916	Batavia (C.), Soloweg 5	Geol. Adv. b. d. B.P.M.
Hoepen, Dr. E. C. N. v.	1909	Bloemfontein, Z.-Afrika	Dir. v. h. Nat. Museum
Hoff, W. A. van der	1925	Monrovia, Liberia, P.O.B. 92	Ing. b. h. Holl. Syndicaat
Hofman, A.	1913	Portug. Timor, Villa Salasar	Ing. b. d. Mijnbouw Mij. „Palaleh”
Hogenraad, G. B.	1905	Batavia (N. O.-I.), p/a. Javasche Bank	Cons. engineer b. d. Firma Erdmann & Sielcken

NAMEN	Afgestu- deerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Holleman, W.	1912	Bandoeng,	Hoofd v. d. Dienst v. d.
Hols, A.	1941	Beatrixboul. 5	Mijnbouw
Honert, A. van den	1912	's-Gravenhage, Tomatenstraat 83	
Horst, J. W. A. van der	1921	's-Gravenhage, Frankenstraat 19	Ingenieur b. d. B.P.M.
Houten, Dr. L. van	1929	's-Gravenhage, van Alkemadelaan 40	Ingenieur b. d. B.P.M.
Houtman, H. J.	1932	Pladjoe, Palembang (Sumatra)	Ing. b. d. Diadema Argentina s.a. de Petrolea
Hövig, P.	1901	Commodore Rivadavia, Argentinië, Territorische de Chuba	Oud-Hoofd v. d. Dienst v. d. Mijnb. in N.O.-I. Lid v. d. Mijnraad
Hoyer, K. H. R.	1932	's-Gravenhage, Jan van Nassaustraat 70	Ingenieur b. d. B.P.M.
Hupkes, L.	1904	's-Gravenhage, v. Hoornbeekstraat 57	Oud-Ing. b. d. Firma Wm. H. Müller & Co.
Hydra, P. C.	1933	Park de Werve 12, Voorburg	Ing. b. d. Comp. Min. de Oruro
Hylkema, H. K.	1922	's-Gravenhage, Fabritiusstraat 12	Adm. b. d. Gem. Mijnb. Mij. „Billiton”
In de Betouw van der Voort J. W. A.	1925	Malili, M.-Celebes	Ing. b. d. B.P.M.
Jongh Dzn., W. H. D. de	1903	Pladjoe, Palembang	Raadg. ing.; Oud-waarn. Hoofding. der mijnen
Jansen T.P.zn., P. J.	1899	Maastricht, E. Strouvenlaan 37	Techn. adviseur v. Firma Erdmann & Sielcken.
Jong, P. H. de	1924	Batavia C., p/a. Erdmann & Sielcken	Ingenieur b. d. B.P.M.
Jong, Dr. W. F. de	1922	Balikpapan (Borneo)	Hoofd-Assistent a. d. T.H.
Jongh, A. C. de	1906	Delft, Tweemolentjesk. 15	Oud-Hoofd v. d. Geol. Dienst van het Mijnwezen N.O.-I.
Jongh, C. A. de	1906	Ommen (O.), Hammerweg 34b,	Oud-ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw N.O.-I.
Jongh, W. D.		's-Gravenhage, Postbox 107	
Munnicks de Julius, M. W.	1909	Zie: Munnicks de Jongh, W. D.	Oud-ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw N.O.-I.
Kamp, J. W. C. op den	1914	's-Gravenhage, Kwikstaartlaan 13	Hoofdingenieur bij de Staatsmijn Hendrik.
Kau, W. J. C.	1937	Brunssum, Akerstraat 12	Geoph. b. d. N.N.G.P.M.
Keck, A.	1932	Babo, Ned. N.-Guinea Springs „Single Quarters”, P.O. Box 64, Transvaal, South-Africa.	Ing. b. d. Daggafontein Mines Ltd.
Keen, C. D.	1909	Shreveport, Louisiana, (U.S.A.), Robinson Place 529	Oil Operator
Kersten, W. M.	1929	La Pax, Bolivia, c/o. Intern. Mining Cia W. R. Grace	Adm. Emprisa Minera Tanapaca

NAMEN	Afgestudeerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Klein, Dr. W. C.	1907	's-Gravenhage, van Alkemadeaan 328	Oud-Geoloog b. d. B.P.M.; Oud-Secr. van het Nieuw Guinea Comité
Kleinsmiede, J.	1926	Pladjoe, Palembang	Ingenieur b. d. B.P.M.
Klinkert, J. C.	1929	's-Gravenhage, Laan van Meerdervoort 507	Leeraar
Kloes, J. A. van der	1936	Tjikotok, Z.-Bantam, Java	Ing. b. d. Firma Erdmann & Sielcken
Kluft, Th. J. C.	1925	Avenue Desguin 156, Antwerpen	Fabrikant van Slijpmiddelen voor marmer- en metaalind.
Knuttel, D. J.	1939	Treebeek (Heerlen), Treebeekstraat 6	Adj.-Ing. Staatsmijn Emma
Koch, A. J.	1941	Naarden, Burg. v. Hasseltlaan 7	
Koeten, K.	1939	Medan N.O.-I.	Ing. b. d. N.P.P.M.
Konijnenburg, W. J. v.	1924	Indaroeng, Padang, Sum. W.-Kust.	Hoofd-Adm. b. d. Portland- cementfabr. „Indaroeng”
Koopmans, H. P.	1924	Leidschendam, Veursche Straatweg 110	Ing. b. d. N.V. A.I.M.E.
Kooten, C. van	1928	Paramaribo, Suriname, p/a. firma Benz en Co.	Ing. b. d. N.V. West-Ind. Handels Comp. Benz en Co.
Korte, P. C. J.	1921	Voorburg Laan van N.O. Einde 36	Leeraar Gym. 's-Gravenh.
Kromhout, F. W.	1908	Soekaboemi, Java	Oud-leeraar H.B.S.
Kruyt, H. E.	1931	Tjikolégeweg 25 Spekholzerheide, Locht 187	Bedrijfs-ing. b. d. N.V. Steenk.mijnen „Willem en Sophie”
Kuiper, N. J.	1931	Tjiwedej (Java), Kawah Poetih	Ing. b. d. N.V. Zwavelont- ginning
Kunert, F. M. A.	1906		Oud-Ing. b. d. Dienst v.d. Mijnbouw N. O.-I.
Kuyk, S. H.	1922	Batavia C., v. Heutzsboulevard 32	Vertegenw. N.V. Billiton- Mij.
Kwantes, G. A. F.	1925	's-Gravenhage, v. d. Aastraat 130	Ingenieur b. d. B.P.M.
Laan, H. F. van der	1935	Arnhem, v. Goyenstraat 8	Adj.-Ing. b. d. N.V. Holl. Met.-bedrijven
Laan, J. R. van der	1934	Indaroeng bij Padang (N.O.-I.)	Bedrijfs-Ing. Portland- cement Mij.
Laarschot, E. J. v. d.	1937	Pato (Antioquia), Columbia	Ing. b. d. Pato Cons. Gold Dredging Comp.
Laive, G. N. de	1937	Taft. California, U.S.A. Postbox XIX	Ing. b. d. Stand. Oil of Cal.
Laive, L. A. de	1925	Babo, Nieuw Guinea, p/a. B.P.-M.	Ingenieur b. d. B.P.M.
Lameris, J. A.	1935	Lebong Tandei, Benkoelen (N. O.-I.)	Ing. b. d. N.V. Mijnb. Mij. Simau
Lanzing, P. W. A.	1936	Casilla 154, Oruro, Bolivia	Ing. b. d. Camp. Min. de Oruro
Lanzing, W. J. R.	1926	Sawah Loento (Sum. W.)	Ing. b. d. Ombilin kolenm.
Lap, P. O.	1939	's-Gravenhage Sportlaan 72	

NAMEN	Afgestu- deerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Ledeboer, J. L. A.	1905	Batavia (C.), Madioenweg	Raadg. Ing. voor Mijnb.
Leeuwen, J. E. van	1932	Wil't Court Main Avenue, Springs, East-South-Africa	Werkzaam bij Ing. J. Unger te Johannesburg
Lefebvre, P. H.	1929	Beelslaan 26, Haarlem	Dir. N.V. Haarlemsche Brandverz. Mij. van 1846
Leger, L.	1907	Bussum, Pr. Beatrixplantsoen 23	Oud-Hoofd v. d. Banka Tinwinning.
Lely, J. van der	1929	Badjoebang, Djambi, Sumtara	Bedrijfsgeol. b. d. Ned. Ind. Aardolie Mij.
Lessen, A. H. van	1893	's-Gravenhage, Frankenslag 329	Oud-Chef v. h. Mijnwezen in N. O.-I.
Lestrieux Hendrichs, W. T. M. de	1921	Scheveningen, Cremerweg 3	Tijdelijk Ambtenaar bij het Ministerie van Econ. Zaken
Leyds, L. W.	1913	p/a. C. v. Bylandtlaan 30, 's-Gravenhage	Regeeringsvertegenw. b. d. N.V. Kon. Ned. Zoutind.; Geoloog b. d. B.P.M.
Lier, R. J. van	1901	's-Gravenhage, Dedelstraat 3b	Oud-Dir. v. h. Techn. Bur. v.h. Kaumans & Co. N.V.
Linden, B. H. van der	1906	's-Gravenhage, Wagenaarweg 12	Ingenieur b. d. B.P.M.
Lint, V. J. van	1924	Cimarron (N.-Mex.), U.S.A., P.O. Box C.	Ing. b. d. Maxwell Land Grant Comp.
Loenen, L. L. J. van	1928	Lebong Tandai, Benkoelen, N. O.-I.	Ing. b. d. Mijnbouw Mij. „Simau”
Lohr, J. A.	1909	Soerabaja, Embong Kenongo 2	Eigenaar Shanghai Restaur.
Lohuizen, H. J. van	1911	's-Gravenhage, v. Alkemadelaan 54	Oud-Hoofding. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw N. O.-I.
Loon, C. C. van	1924	Klappa Rampit, Billiton	Ass.-Adm. b. d. Gem. Mijn- bouw Mij. „Billiton”
Lopez Cardozo, A.	1932	Lebong Tandai, Res. Benkoelen	Ing. b. d. Mijnb. Mij Erdmann en Sielcke
Lummel, C. J. A. van	1929	Oruro, Bolivia, Casilla 154	Administrator b. d. Comp. Minera de Oruro.
Mariman, O. F.	1924	Mortsel, Antwerpen, Liersche Steenweg 138,	Bedr. Ing. Gevaert- fabrieken
Martens, A. H. W.	1934	Eijgelshoven, L., St. Hubertusstraat 26	Ing. b. d. Laura en Vereeniging
Masion, L.	1937	Eijgelshoven L., Hoofdstraat 16a	Ing. b. d. Laura en Vereeniging
Mathijssen Gerst, G. E.	1921	Balikpapan Z.O.-Borneo	Ingenieur b. d. B.P.M.
Mathijssen, P. M.	1919	Goenoeng Aroem Painan via Padang, S.W.K.	Hoofd-Adm. v. d. Barisan Mijnbouw M.
Mekel, Dr. J. A. A.	1916	Oude Delft 126, Delft	Hoogleraar aan de T.H.
Memelink, O. W.	1925	Muntok, Banka	Sectie-chef Banka Tin- winning
Menschaar, C.	1905	's-Gravenhage, Frankenslag 45	Vertegenw. Gem. Mijnb. Mij „Billiton”
Mesdag, F. T.	1911	Ruychrocklaan 42 's-Gravenhage,	Oud-Ambt. a. h. Dep. van Econ. Zaken
Mettivier Meyer, A. B.	1932	Mwirasandu (O.-Afr.) (Uganda)	Ing. bij de Kagera Tinfields Ltd.

NAMEN	Afgestudeerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Meulen, J. A. C. ter	1925	Rijswijk (Z.-H.), Koninginnelaan 34	Ass. Afd. Ertskunde a. d. T.H.
Meyes, E. L.	1928	Amsterdam Z., Emmastraat 1	
Middelberg, E.	1896	Loenersloot, Utrecht, Huize „Donkervliet”	Oud-Chef v. h. Mijnwezen in N. O.-I
Minnigh, L. D.	1926	Babo (N.-Guinea)	Ing. b. d. N.N.P.M. (B.P.M.)
Moerman, C.	1902	Rijswijk (Z.-H.), Haagweg 118	Oud-Geoloog b. d. Dienst v. d. Mijnbouw in N. O.-I.
Molengraaf, Dr. G. J. A.	1920	Buurtweg 97, Wassenaar	Oud-Geol. b. d. Kol. Petr. Mij.
Mulder, A. J.	1925	Noordwolde (Fr.), Dr. Mulderstraat 1	Geol. b. d. B.P.M.
Muller, Dr. J. A. W.	1923	Wassenaar, v. Z. v. Nijveltstraat 60	Dir. N.V. Lemafa Ledikan- ten- en matrassenfabriek
Müller, B. C. C.	1933	Res. Tapanoeli (Sumatra)	Ing. b. d. Mijnbouw Mij. „Moeara Sipongi”
Munniks de Jong, W. D.	1906	's-Gravenhage, Schuytstraat 277	Geol. b. d. Alg. Explr. Mij.
Naber, R.	1934	Sanga Sanga, Palembang	Ingenieur b. d. B.P.M.
Naerssen, E. J. van	1937	Oruro, Bolivia, Casilla 158	Ing. b. d. Bol. Tin & Tung- sten Mines Corp.
Nash, Dr. J. M.	1923	Bandoeng, Roelofsenstr. 5	Raadgevend Ingenieur
Neeb, E. A.	1896	's-Gravenhage, Lubeckstraat 4	Oud-Hoofd-Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw N. O.-I.
Nelissen, Th.	1921	Bandoeng, Tasmanstraat 47	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijn- bouw N. O.-I.
Nes, C. L. van	1903	's-Gravenhage, Duncklerstraat 49	Hoogleraar a. d. Techn. Hoogeschool
Nierop, R. H. van	1936	Maracaibo, Venezuela	Ingenieur b. d. P. C. Caribbean
Nix, F. E.	1922	Houston (Texas), Box 2099, U.S.A.	Ing. b. d. Shell Petr. Corp.
Nijveld, W. J.	1936	Buenos Aires (Argentinië)	Ingenieur b. d. B.P.M.
Okker, M. W.	1934	P.O. Box 1 Kade, Gold- Coast, Br. W.-Africa.	Ing. b. h. Holl. Syndicate
Oolbekkink, H.	1920	Treebeek, Treebeekstr. 12	Ing. bij de Staatsmijnen
Oorthuis, G. J.	1941	Amstenrade (L.), Honneeteweg 16	Ing. b. d. Staatsmijnen
Oosten, W. H.	1919	's-Gravenhage, N. Parklaan 8	Ingenieur b. d. B.P.M.
Oppenoorth, W. F. F.	1906	Zeist, Prof. Lorentzsl. 119	Oud-Hoofding, b. d. Dienst v. d. Mijnb. in N. O.-I.
Oudgenoeg, J. P.	1938	Belinjoe (Banka), Hospitaalweg	Ing. b. d. Banka-tinwinning
Overstraten Kruijsse, A. van	1922	Campina (Roemenië), Jud. Prahova	Ingenieur b. d. Astra Romana S.A.
Paap, A.	1935	Medan, Hugo de Vriesl. 13	Geol. b. d. N. Pac. Petr. Mij.
Paulen, A.	1928	Treebeek (L.), Akerstr. 7a	Ing. b. d. Staatsmijn Emma
Pel, W. A. H.	1925	Prabamoelik (Z.-Sumatra)	Expl.-Ing. b. d. B.P.M.
Pelster, F. L.	1926	Belgische Congo	

NAMEN	Afgestudeerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Pickee, C. J.	1936	Eijgelshoven, St. Hubertusstraat 17	Ing. b. d. Laura en Vereeniging
Planten, O. M.	1921	's-Gravenhage, Fazantplein 10	Ing. bij het Centr. Inst. v. Materiaalonderzoek
Ploeg, F. P. C. S. v. d.	1904	's-Gravenhage, Frankenslag 144	Assistent aan de T.H.
Ploem, V. H.	1910	Heerlen, Heerlerbaan 142	Insp. Gen. der Mijnen te Heerlen
Poel, H. J. J. te	1928		Spring Mines Ltd., Study Dpt., Selection Springs, S.-Africa
Pomes, H.	1930	Belinjoue, Banka	Ing. b. d. Banka Tinwinning
Pott, G.	1921	Bandoeng, Hoofdk. v. d. Mijnb.	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw N.O.-I.
Praag, L. L. van	1930	Amsterdam Z., p/a. Pernassusweg 12,	Werkzaam voor de Intern. Bedaux Comp. Turkije.
Prins, J. J.	1937	Gebouw N.I.L.L. Mij. (N.O.-I.)	Ing. bij Marsman Investments
Quartel, H. J. M. W. de	1928	's-Gravenhage, Breitnerlaan 79	Ing. b. d. Octrooiraad
Raalten, C. H. van	1929	Sawah Loentoe, (Sum. W.-Kust)	Ing. b. d. Ombilin Steenkolenmijnen
Raedts, C. E. P. M.	1911	Heerlen, Ganzeweide 27	Bedr.-Ing. b. d. Oranje Nassau-mijn 3
Raedts, J. E. M. S.	1932	Heerlen, Saroleastraat 37	Ing. b. d. O.N.-mijnen
Reimering, W. T. B.	1927	's-Gravenhage, Schenkade 128	Ing. b. d. B.P.M.
Reyzer, J.	1910	's-Gravenhage, Stephensonstraat 29	Oud-Hoofding. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw in N.O.-I.
Riel, W. G. v.	1941	Dordrecht, Oranjepark 26	
Roelants, J. J.	1932	Bandoeng, Frans Halsweg 3	Ing. b. d. N.V. Techn. Bur. v/h. Kaumans en Co.
Römer, B. F. P.	1904	Heerlen, Caumerdalschestraat 4	Ing. b. h. Staatstoezicht
Roos Jr., G.	1922	Heerlen (L.), Vlotstraat 4	Leeraar R.-K. H.B.S. voor Meisjes
Rueb, Dr. J.	1900	's-Gravenhage, Bazarstraat 29	Dir. der Mijnbouw-Mij. Boeton
Ruys, T.	1922	Batoe (bij Malang), O.-Java, Julianastraat	Leeraar H.B.S. en A.M.S. te te Malang
Salm, J.	1923	Cheribon (W.-Java), Soekalila 14	Exploratie ing. b. d. B.P.M.
Sandick, O. Z. van	1918	's-Gravenhage, v. Kijfhoeklaan 53	Oud-Adm. v. d. N.V. Ver. Jodiumfabr.; Dir. Mij Nationaal Voorburg.
Satijn, P. J. N.	1931	Eijgelshoven (L.), St. Jansstraat 13	Ing. b. d. Mij. Laura en Vereeniging
Schagen v. Soelen, J. C.	1907	Rijswijk (Z.-H.), Molenlaan 4	Assistent aan de T.H.
Schepers, L.	1926	Babo (N.-Guinea), p/a. N.N.G.P.M.	Ing. b. d. B.P.M.

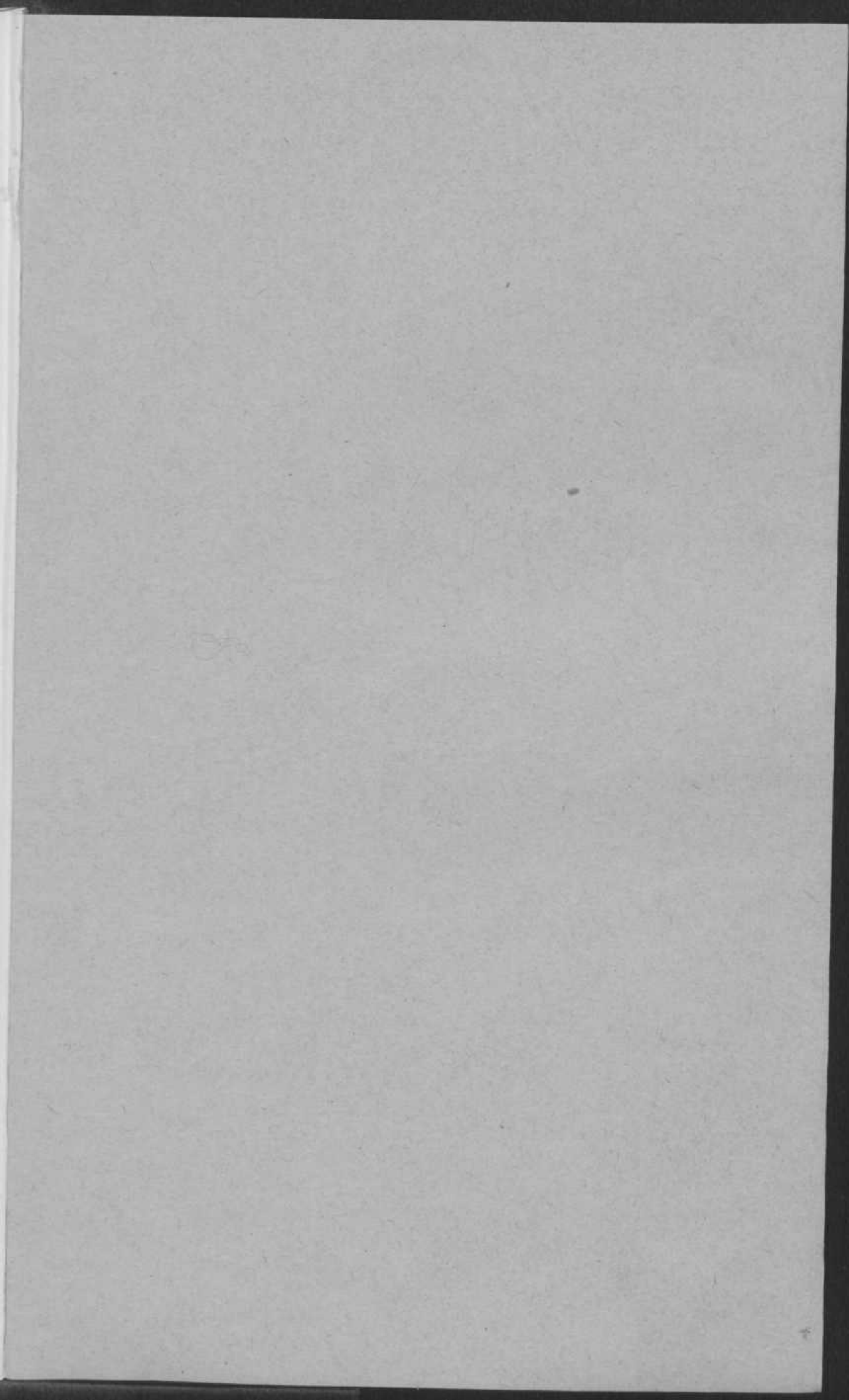
NAMEN	Afgestudeerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Schieferdecker, A. A. G.	1918	Voorburg, Parkweg 183	Ingenieur b. d. B.P.M.
Schilden, B. van der	1924	Campina, Roemenië	Ing. b. d. Astra Romana
Schmutzer, Dr. J. I. J. M.	1904	Utrecht, Maliesingel 26, thans buitenslands	Hoogleraar aan de Rijks-Universiteit
Schols, H.	1925	's-Gravenhage, Stalpertstraat 105	Ing. b. d. Sarakreek-Goudvelden N.V. Paramaribo
Scholtens, K.	1922	Balikpapan, Borneo	Adm. b. d. B.P.M.
Schoorel, P. M.	1933	Maracaibo, Venezuela, c/o. C.P.C.	Ing. b. d. Caribbean Petr Corp.
Schot, A. G. G.	1924	Tjepoe (M.-Java), N. O.-I.	Ingenieur b. d. B.P.M.
Schoute, P. H.	1937	Balikpapan, Borneo, Boorterrein Louise	Ing. b. d. B.P.M.
Schouten, Dr. C.	1917	Delft, Rotterdamscheweg 164	Hoofdassistent aan de T.H., Afd. Ertskunde
Schuiling, D. Th.	1910	Velp, Arnheemschestr. 38	Dir. v. d. Hollandsche Metall. Bedrijven
Schuilling, H. J.	1923	Jadotville, Congo, Belge	Chef de Serv. geol. b. d. Union Minera du Haut Katanga
Schutte, H. R.	1930	Geleen (L.), Ridder Vosstraat 20	Ing. b. d. Staatsmijn Maurits
Seelig, J. C. L. J.	1918	Monterey N.L., Mexico, (via Laredo) Ap. do. 392	Ing. b. d. Cementos Mexicanos S.A.
Seldenrath, T. R.	1922	Schaesberg (L.), Strijthagerweg 15	Ing. b. d. Oranje Nassau-mijnen
Sengers, J. J. M.	1920	Rotterdam, Ch. de Bourbonlaan 23a	Leeraar 2e Gem. H.B.S.
Siccema, E. L.	1915	Wassenaar, Lijsterlaan 1	Ingenieur b. d. B.P.M.
Siderius, K.	1939	Lebong Donok, Moeara Aman (Sum.)	Ing. b. d. Mijnbouw-Mij. Redjang Lebong
Sizoo, F. P.	1935	Zwolle, Mauritsstraat 14	Ing. b. h. Ec. Techn. Inst. v. Overijssel.
Sleen, N. v. d.	1936	Soengei Gerong, Palembang, Sumatra	Geol. b. d. N.K.P.M.
Smets, N. A. A.	1920	Bandoeng, Tjiliwoengstr. 12	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw, N. O.-I.
Snoeck Henkemans, G.	1921	Oosterbeek, Unksche pad	Oud-Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnb. in Ned.-Indië
Snijders, P. A.	1921	Kade P.O.B. 1, Gold Coast, Br. W.-Afrika	Ing. b. d. Holl. Syndicate
Sonneveld, J.	1902	Wassenaar, Berkenlaan 2	
Sopers, J. F. M.	1936	Treebeek, Treebeekstr. 24	Ing. S.M. „Hendrik”
Speyer, A. E.	1927	P.O. Mbarara, Uganda (Br. East-Afr.). Verl.-adr.: v. Weede v. Dijkveldstr. 19, 's-Gravenhage	Gen. Manager Kagera Mines Ltd.
Starrenburg, W. F. G. L.	1932	Badjoebang (Sum. O.-Kust)	Ing. b. d. B.P.M.
Steggewentz, Dr. J. H.	1919	's-Gravenhage, Goudsbloemlaan 43,	Hydroloog bij het Rijksbur. voor Drinkw.-voorziening
Stheeman, Dr. H. A.	1929	Pladjoe, Sumatra	Geol. b. d. B.P.M.
Straatman, A. G. H.	1922	's-Gravenhage, v. Hogenhoucklaan 98,	Ingenieur b. d. B.P.M.

NAMEN	Afgestudeerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Stuffken, J. A. R. Tan Sin Hok, Dr.	1903 1925	Terneuzen, Axelschestr. 56 Hoofdkantoor v. d. Mijnb., Bandoeng.	Leeraar R.H.B.S. Palaeontoloog b. d. Dienst v. d. Mijnb. N. O.-I.
Tan Tek Tjoen	1918	Bandoeng, Farmanweg 22	Comm. der Tegalwaroe- landen
Taverne, Dr. N. J. M.	1916	London E. C. 3, c/o. St. Helens Court, Great St. Helens	Geoloog b. d. B.P.M.
Tekelenburg, J. J.	1922	Rotterdam C., Prins Hendrikkade 134a	Leeraar 3e H.B.S.
Terpstra, H.	1925	Theheran (Iran), p/a. Avenue Saba	Ing. der N.V. Alg. Expl. Mij.
Terwogt, W. A.	1925	Djokjakarta, N. O.-I. Gondokoesoeman 15,	Secr. der Klatensche Cult. Mij.
Tesch, Dr. P. Thomeer, J. H. M. H.	1902 1925	Haarlem, Kl. Houtweg 139 's-Gravenhage, Ruychrocklaan 139	Dir. v. 's Rijks Geol. Dienst Expl. Ing. b. d. B. P. M.
Thywissen, M. P. E. H.	1919	Utrecht, Stolberglaan 5	Dir. v. d. Stichtsche Olie- en Lijnkoekenfabrieken
Tilborg, G. C. J. van	1926	Geleen (L.), Ridder Vosstraat 6	Ing. b. d. S.M. Maurits
Timmermans, P. W.	1908	Laren (N.-H.), Houtweg 3	Oud-ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw in Ned. Indië
Tondu, A. W.	1929	Rotterdam, Statensingel 185c	Dir. v. d. Wallramit Hand. Mij. te Maassluis
Tromp, H. v. Hettinga Twis, W. J.	1901 1905	Zie: Hettinga Tromp s'-Gravenhage, v. Galenstraat 25	Oud-Hoofding. b. d. Dienst v. d. Mijnb., N. O.-I.
Tijn, J. van	1920	Naarden, v. Woensel Kooylaan 4	Ing. bij Van Leer's fabrieken te Amsterdam
Ubaghs, J. G. H.	1923	Bandoeng, Vossenaerweg 2	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijn- bouw N. O.-I.
Ulrich, V. P.	1925	's-Gravenhage, Dedelstraat 13	Ingenieur b. d. B.P.M.
Unger, F. A.	1905	Johannesburg, P.O.B. 1048, Transvaal, S.-Africa	Ing. b. d. A.A.C. of South- Africa
Vaes, J. F.	1925	Jadotville, Haut-Katanga, Belg. Congo	Ond.-Dir. b. d. Union- Minèra du Haut Katanga
Valk, A. D.	1913	Dordrecht, Reeweg 56a rood (met verlof)	Leeraar a. d. Techn. School, te Bandoeng
Veen, Dr. A. L. W. E. v. d.	1908	's-Gravenhage, Bilderstraat 45	Raadgevend Ingenieur
Veen, E. G. v. d.	1932	Oruro, Bolivia, Casilla 154	Ing. b. d. Compania Minera de Oruro.
Veenenbos, R. G.	1910	Heerlen, Caumerbeeklaan 66	Hoofd-ing. b. d. Staatsmijnen
Velde, J. van de	1915	Tjikotok, (W.-Java) (via Plaboeam Ratoe)	Hoofd-Adm. der Mijnbouw- Mij Z.-Bantam
Velzenboer, P. T. Verhoef, N.	1940 1924	Heerlen, O. Lindestraat 13 Mortsel, Antwerpen, Liersche Steenweg 130,	Ing. b. d. Staatsmijnen Dir. Pharmac. Fabriek
Verlinden, G. H. J. M.	1927	Maastricht, Scharnerweg 55	Ing. b. d. Steenkolen- mijnen Laura en Ver.



NAMEN	Afgestu- deerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Vermaes, S. J.	1924	Johannesburg (Z.-Afr.), P.O. Box 3844	Eff. Eng. c/o. Bedaux Mij. voor Africa, Bungeheus, Amsterdam
Vermeulen, J. A.	1927	Tandjong Pinang, N. O.-I., (Riouw, Sum.)	Bedr.-chef b. d. N.V. Ned. Ind. Bauxiet Mij.
Vermey, A. E.	1926	Kolaka (Z.-O.-Celebes)	Ing. Oost-Borneo Mij.
Verstege, A.	1920	Tarakan (Borneo)	Ingenieur b. d. B.P.M.
Vis, M. D. T.	1921	Bandoeng, Keyzerstraat 2	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnb. N. O.-I.
Visman, J.	1940	Doorn U., Driebergenscheweg 11	
Vooren, J. van		Kerkrade (L.), Rolducerstraat 25	Ing. b. d. Staatsmijnen
Voort, J. A. W. in de Betouw van der		Zie: In de Betouw	
Vooy, G. J. de	1925	Arnhem, v. Heemstralaan 110	Oud-Techn. Dir der mijn „Sophia-Jacoba”
Vreedenberg, E. W.	1934	Pladjoe (Sum.)	Ingenieur b. d. B.P.M.
Vreugde, L. M. H.	1923	's-Gravenhage, Van Soutelandelaan 9	Ingenieur b. d. B.P.M.
Vreugde, T. L. J.	1934	Haarlem, Spruitenboschstraat 14	Geoph. b. d. B.P.M.
Vriendt, H. W. de	1915	Arnhem, Huygenslaan 39	Bedrijfsdir. b. d. Holl. Met. Bedr.
Vries, J. de	1902	's-Gravenhage, Laan van Meerdervoort 760	Bedrijfsingenieur-Conservator a. d. T.H.
Vries, Tj. de	1930	Haarlem, Prof. v. d. Waalsstr. 60	Hoofd D.O.D. te Haarlem
Vrins, Th. J.	1940	's-Gravenhage, Stadhoudersplein 29	
Wally, G. J.	1922	Bandoeng, p/a. Pens. Lux Vincet	Hoofding. ter besch. v. d. Dir. V. en W.
Weber, D. W.	1922	Bandoeng, Riouwstraat 119	Ing. b. d. dienst v. d. Mijnb.
Weehuizen, J. M.	1934	Pelaboeanratoc, W.-Java	Ing. b. d. Mijnb. Mij. Z.-Bantam
Weelden, A. van	1922	New York U.S.A., c/o. 50 W. 50th Street	Ingenieur b. d. B.P.M.
Weg, K. v. d.	1933	Batavia (C.), p/a. Willemslaan 4	Ingenieur b. d. B.P.M.
Westerman, J. H.	1929	Billiton, Gantoeng	Ing. b. d. Gem. Mijnb. Mij. Billiton
Westerveld, Dr. J.	1928	Amsterdam C. N. Prinsengracht 130	Conservator bij het Geol. Inst. der Univ. te A'dam
Wicherlink, E. T. H.	1909	Overveen N.H., Julianalaan 43	
Wiebenga, W. A. C. J.	1936	M'barara P.O., Uganda Protectorate	Ing. b. d. Kageratin Mines
Wiechen, J. J. J. v.	1934	's-Gravenhage, Hoornbeekstraat 59	Ingenieur b. d. B.P.M.
Wientjes, J.	1937	Paramaribo, Suriname	Ing. b. d. N.V. Surinaamsche Bauxiet Mij.

NAMEN	Afgestudeerd in	WOONPLAATS	BETREKKING
Wieske, W.	1937	Serawak (Br.-Borneo)	Ing. b. d. B.P.M.
Wiessing, G. E. J.	1908	Arnhem, Huygenslaan 24	Chef-prod. b. d. A.K.U.
Wiessner, M. T.	1928	's-Gravenhage, Klimopstraat 104	Oud-Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw
Wilde, E. de	1925	Blinjoe, Banka, N. O.-I.	Ing. b. d. Banka-tinwinning
Wilde, J. C. de	1927	Leiden, Joh. de Witstr. 10	Ing. b. d. Gasfabriek
Wilde, L. A. van der	1925	's-Gravenhage, Frederik Hendrikplein 49	Vennoot van het Ing.-bur. Wittrisch en Visser
Wilhelm, Dr. C. H. J.	1921	's-Gravenhage, v. Oldenbarneveldlaan 61	Dir. N.V. Exploiratie Mij. „Benkalis” te Pankan Baroe (Sujm. O.-K.)
Willems, Dr. H. W. V.	1928	Amsterdam, N. Prinsengracht 130	Conservator en Privaatdocent b. h. Geol. Inst., Amsterdam
Willigen, G. van	1927	's-Gravenhage, Wassenaarscheweg 127	Ing. b. d. B.P.M.
Wintgens, P.	1938	Hoensbroek (L.), Hommerterweg 125	Ing. b. d. Staatsmijnen
Witteveen, Mr. G.	1905	Geldermalsen, „De Zwarte Kamp”	
Witteveen, J. J.	1911	Campina, Roemenië	Ing. b. d. Astra Romana
Wijckerslooth de Weerde- steyn, Jhr. Dr. P. J. C. de	1928	Ankara (Turkije)	Tijd. Ing. bij Maden Tetkih de arama Enstitusië te Ankara, Turkije
Wijffels, F. C. M.	1925	Brunssum (L.), Prins Hendriklaan 120	Ing. b. d. Staatsmijnen
Wijk, G. D. van	1910	Heerlen (L.), Zandweg 2	Hoofd-Ing. b. d. Staatsm.
Wijngaarden, T. C. van	1903	Batavia C., Danmbrikweg 22	Oud-Hoofding. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw, N. O.-I.
Wijnhoven, M. J. M.	1925	Heemstede, Chrysanthimumlaan 7	Dir. Uitgeverij De Toorts N.V.
Wijs, H. J. de	1935	Oruro, Bolivia, Casilla 154	Adm. b. d. Compania Minera de Oruro
Zaalberg, P. H. A.	1928	Tandjong Pandan, Billiton	Ass.-Adm. b. d. Gem. Mijnb. Mij. „Billiton”
Zee, P. F. de	1921	Brunssum (L.), Akerstraat 12a	Chef Ondergr. bedr. Staatsmijn Hendrik
Zermatten, Dr. H. L. J.	1928	Postbox 64, Transvaal, Springs, Z.-Afrika	Ing. b. d. Daggafontein Mines Ltd.
Zeylmans van Emmich- hoven, Dr. C. P. A.	1921	Bandoeng, Tjikiniweg 39	Ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw, N. O.-I.
Zurhaar, J. W.	1937	Heerlen, Oude Lindestraat 13	Ing. b. d. Staatsmijnen
Zijderveld, P. H.	1924	Oruro, Bolivia, Casilla 158	Ass.-Gen. Manager Bolivian Tin en Tungsten Mines Corporation





Boekbinderij  
de Brink-Akker  
Wijster Dr.  
Tel. 05936 - 291

