DI: 229134

RAPPORTEN EN MEDEDEELINGEN VAN DEN RIJKSWATERSTAAT.

N°. 25.

INHOUD:
WATERDRUK ONDER DE FUNDEERING VAN STUWEN EN ANDERE WATERKEERENDE KUNSTWERKEN.

OPGEMAAKT DOOR DEN INGENIEUR VAN DEN RIJKSWATERSTAAT JHR. G. W. V. D. DOES.

UITGEGEVEN DOOR HET MINISTERIE VAN WATERSTAAT.

'S-GRAVENHAGE — ALGEMEENE LANDSDRUKKERIJ — 1930.

L 487-11425-'30.

Prijs f 0,50.

B 1577

DE „RAPPORTEN EN MEDEDEELINGEN VAN DEN RIJKSWATERSTAAT" VERSCHIJNEN OP ONREGELMATIGE TIJDSTIPPEN EN WORDEN SLECHTS, INDIEN DIT UITDRUKKELIJK IS AANGEGEVEN, TEGEN BETALING ALGEMEEN VERKRIJGBAAR GESTELD, DE INHOUD DER RAPPORTEN, MEDEDEELINGEN, ENZ., BLIJFT GEHEEL VOOR REKENING VAN DE SCHRIJVERS.

BIBLIOTHEEK
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Postbus 20.000
3502 LA Utrecht

BIBLIOTHEEK BOUWDIENST RIJKSWATERSTAAT
NR. B 1577 BDL

INHOUD.

Bladz.

HOOFDSTUK I.

Inleiding 5

HOOFDSTUK II.

Over de theorie van grondwaterdruk en grondwaterbeweging 6

HOOFDSTUK III.

Waarnemingen aan de peilbuizen in de stuwen te Roermond en Linne 9

HOOFDSTUK IV.

Beschrijving van het gebruikte apparaat 12

HOOFDSTUK V.

Proeven met het model in homogenen grond 16

HOOFDSTUK VI.

Proeven met het model in horizontaal gelaagden grond 18

HOOFDSTUK VII.

Vergelijking van de uitkomsten der proeven met de litteratuur.... 21

HOOFDSTUK VIII.

Conclusie 29

WATERDRUK ONDER DE FUNDEERING VAN WATERKEERENDE KUNSTWERKEN.

HOOFDSTUK I.

INLEIDING.

Bij het ontwerpen van stuwen, sluizen, dokken, enz. moet men rekening houden met de oppersende kracht van het water onder de fundeering van die kunstwerken. Vooral wanneer het gewenscht is, dat de vloeren droog gelegd kunnen worden voor onderhoud of herstelling, zal deze oppersende kracht zoo groot kunnen worden, dat de dikte van den vloer erdoor bepaald wordt. Een onjuiste aanname voor dien waterdruk voert dan tot onnoodig zware of gevaarlijk lichte constructies. Het kan voorkomen, dat door een te voorzichtige wijze van berekenen het plan, om den vloer zoo sterk te maken dat droogleggen mogelijk is, moet worden opgegeven, omdat de afmetingen en daarmede de kosten te groot zouden worden. Wanneer men tracht aan de hand van de litteratuur over dit onderwerp tot eenig inzicht te geraken, dan blijkt, dat de inzichten van vele schrijvers zeer uiteen loopen, en dat het buitengewoon moeilijk, zoo niet onmogelijk is om de grootte van dien waterdruk maar eenigszins nauwkeurig te schatten. Zoo schrijft ENGELS in „Handbuch des Wasserbaues Bd. I", dat de druk onder den vloer van het bovenhoofd van een kanaalschutsluis gelijk is aan de drukhoogte van het water in het hoogste pand. BLIGH (Engineering News, Dec. 1910) is van meening, dat de druk afhangt van den afstand, dien het kwelwater van af het bovenpand langs den wand van het kunstwerk heeft moeten afleggen om onder dien vloer te komen.

Voor het ontwerpen van de stuw in de Maas te Linne is gebruik gemaakt van de theorie van BLIGH. Daar de ontwerpers echter inzagen, dat in deze kwestie nog veel onzekers was, werden er in de stuwen en sluizen der Maaskanalisatie peilbuizen geplaatst, die onder de vloeren en muren uitmonden in betonnen peilputjes. Nadat de stuwcomplexen Linne en Roermond in gebruik genomen waren, zijn de waterstanden in die peilbuizen dagelijks waargenomen en opgeteekend. De resultaten van deze waarnemingen waren echter zeer onduidelijk; wel bleek dat de theorie van BLIGH onjuist was, maar het lukte niet een andere theorie daarvoor in de plaats te stellen, die meer met de resultaten in overeenstemming was. Er werd besloten modelproeven te doen om na te gaan of de waarnemingen aan het model overeenkomstige resultaten gaven met de waarnemingen aan de stuwen zelf. Bovendien zou het bij het model mogelijk zijn het

aantal waarnemingspunten sterk uit te breiden; onder iedere stuw waren in een normale doorsnede nl. slechts vijf peilputjes geplaatst, alle dicht bij den vloer.

De aandacht wordt er op gevestigd, dat het geheele onderzoek in hoofdzaak gaat over den druk van het water onder de vloeren en niet over het gevaar van onderloops worden of den invloed van het uittredend kwelwater op den bodem beneden de stuwen of sluizen.

HOOFDSTUK II.

OVER DE THEORIE VAN GRONDWATERDRUK EN GRONDWATERBEWEGING. [1]

Over de beweging van het water in zand hebben vele onderzoekers proeven gedaan. De eerste was DARCY, die in 1856 zijn resultaten publiceerde in „Les fontaines publiques de la ville de Dyon". Zijn conclusie was, dat de hoeveelheid doorsijpelend water evenredig was met het drukverschil en omgekeerd evenredig met de dikte van de doorloopen zandlaag. Deze „wet van Darcy" werd later door tal van andere onderzoekers bevestigd.

De strooming van water door zand bleek dezelfde eigenschappen te hebben als de strooming door capillaire buizen, die door POISEUILLE was onderzocht en waarvan de resultaten in 1843 gepubliceerd werden in „Annales de chimie et de physique".

Latere onderzoekers toonden aan, dat de „wet van Darcy" voor zeer kleine en zeer groote snelheden niet meer opgaat; de drukverschillen worden dan grooter dan uit een evenredigheid van snelheid en druk zou volgen. Dit is echter van weinig belang voor op zand gefundeerde, waterkeerende kunstwerken, zooals de proeven van KING aantoonen. [2]

Bij deze proeven bleef bij een verhang van 0.03 tot 0.5 de snelheid nagenoeg geheel evenredig met het verhang, en wel bij een zandsoort van ongeveer dezelfde doorlaatbaarheid als het uit de Maas bij Sambeek gebaggerde zand. Het grootste verhang, dat bij de stuwen der Maaskanalisatie voorkomt, is ongeveer 0.1 en valt dus tusschen bovengenoemde grenzen.

Reeds POISEUILLE wees er op, dat de snelheid van stroomend water in capillaire buizen afhangt van de temperatuur; en na hem werd dit ook voor strooming door zand door andere onderzoekers bevestigd.

---

[1]) Zie: J. VERSLUIS. „De beginselen van de beweging van het grondwater".

[2]) Zie: J. VERSLUIS. Blz. 76; tabel 121 en 122.

In het hieronder volgend staatje vindt men deze temperatuurscoëfficiënten.

In ° Celcius temperatuur.	Temperatuurscoëfficiënt volgens:			
	Poisseuille.	Seelheim.	Hazen.	Slichter.
0	1.—	1.—	1.—	1.—
5	1.174	1.086	1.214	1.168
10	1.359	1.206	1.428	1.336
15	1.555	1.362	1.642	1.504
20	1.762	1.554	1.856	1.672
25	1.980	1.778	2.070	1.940

In formules uitgedrukt luiden deze coëfficiënten volgens:

Poisseuille.... $t = 1 + 0.0337\ t + 0.00022\ t^2$

Seelheim ..... $t = 1 + 0.0136\ t + 0.000704\ t^2$

Hazen..... $t = 1 + 0.0428\ t$

Slichter ..... $t = 1 + 0.0336\ t$,

waarin t de temperatuur in graden Celcius voorstelt.

Deze coëfficiënten zijn, waar noodig, omgerekend in graden Celcius en voor $t = 1$ bij 0°.

In zijn boek over grondwaterbeweging geeft J. VERSLUYS den raad, de coëfficiënten van POISSEUILLE aan te houden; deze vallen behoorlijk tusschen de andere in, zooals uit bovenstaand staatje blijkt.

De invloed van de temperatuur is grooter dan algemeen bekend is. Zoo blijkt b.v., dat bij een watertemperatuur van 25°, die 's zomers op onze rivieren wel kan voorkomen, de hoeveelheid kwelwater ongeveer tweemaal zoo groot is dan bij 0°.

Men kan de „wet van Darcy" als volgt schrijven:

$$Q = k \frac{hF,}{l} \text{ waarin}$$

Q = hoeveelheid doorstroomend water in cm^3/sec.

h = drukverlies van het water ten gevolge van de strooming in cm waterkolom.

F = oppervlak van het beschouwde grondlichaam in cm^2, gemeten loodrecht op de bewegingsinrichting van het water.

l = lengte van den weg, die door het water doorloopen wordt, in cm.

k = een coëfficiënt, die afhankelijk is van de beschouwde zandsoort en van de samenpakking daarvan. Deze heeft de dimensie van een snelheid, dus cm/sec. Wanneer de meter als lengte-eenheid gekozen wordt, wordt deze k 100 maal zoo klein voor een zelfde soort zand.

De invloed van de temperatuur wordt hierbij blijkbaar verwaarloosd; meestal kan dit ook wel, daar in vele gevallen de temperatuur van het grondwater vrij constant blijft en bovendien de nauwkeurigheid, waarmede k bekend is, van dien aard is, dat het er op een fout van 5 of 10 % niet aan komt.

Van het uit de Maas te Sambeek gebaggerde zand werd k bij kamertemperatuur op ongeveer 0.02 cm/sec. bepaald. Neemt men aan, dat de grond onder de stuw te Sambeek dezelfde doorlaatbaarheid heeft, dan kan men de snelheid van het grondwater onder de stuw berekenen op ongeveer 0.003 cm/sec. Dit is nagenoeg dezelfde snelheid als die van den top van den minuutwijzer van een horloge. Bij deze snelheid legt het water den weg onder de stuw af in ongeveer 19 dagen. Waarbij dus in het oog te houden is, dat deze weg 's winters langzamer en 's zomers sneller wordt afgelegd.

In het volgende zal worden aangenomen dat de „wet van Darcy" juist is. Wordt er niet over den invloed van temperatuur geschreven, dan wordt de temperatuur constant gedacht.

In het algemeen zal de grond onder een stuw of sluis in het minst niet homogeen van samenstelling zijn. Bij een juiste berekening van de grondwaterstroomen en -drukken onder een stuw, zou dus met een steeds veranderende, en in de meeste gevallen op onbekende wijze veranderende k moeten worden gerekend. Ook de snelheid van de strooming is zelfs bij homogenen grond niet constant. Uit de „wet van Darcy" volgt, dat de stroomrichting ook bij niet homogenen grond op ieder punt van den grondwaterstroom constant is. Men ziet dit gemakkelijk in, als men de snelheid in een punt A tweemaal zoo groot aanneemt als in B. Bij verdubbelen van de snelheid wordt in beide punten het verhang ook verdubbeld en blijft dus de verhouding van het verhang in A en B constant. Was de „wet van Darcy" niet juist, dan zou, wanneer de snelheid evenredig was aan b.v. het kwadraat van het verhang, het verhang in A viermaal dat in B worden. Door deze onevenredige verhooging van den weerstand in A zou dan meer water langs B en minder langs A gaan stroomen, m. a. w. zou de heele wijze van stroomen anders worden, en dus ook de stroomrichting in een bepaald punt niet dezelfde blijven.

De verhouding van de drukken in verschillende punten onder een waterkeering kan als constant worden beschouwd. Zelfs bij niet homogenen grond zal het drukverschil tusschen twee punten steeds een vast percentage uitmaken van het totale drukverschil. Het is daarom mogelijk om de drukken, die onder verschillende omstandigheden onder een zelfde kunstwerk worden waargenomen, met elkander te vergelijken, door deze drukken om te rekenen in percenten van de totale hoogte van opstuwing.

Door den invloed van de temperatuur is het bovenstaande niet juist, omdat onder de stuw bovenstrooms een andere temperatuur kan zijn dan benedenstrooms, wanneer nl. het rivierwater, zooals in begin van den zomer voorkomt, steeds hooger in temperatuur wordt. Het is echter aannemelijk, dat de temperatuur van het water, en daarmede de temperatuur van het grondwater onder de stuw niet zoo snel zal veranderen, dat de daardoor ontstane afwijkingen te groot zouden worden. In het volgende zal er een ruim gebruik gemaakt worden van het uitdrukken van den druk op een bepaald punt in percenten van den totalen overdruk.

HOOFDSTUK III.

WAARNEMINGEN AAN DE PEILBUIZEN IN DE STUWEN TE ROERMOND EN LINNE.

In een normale doorsnede over de stuw te Roermond onder den pijler tusschen de beide afvoeropeningen zijn 5 peilputjes geplaatst. Onder de stuw te Linne is dit onder 2 der pijlers geschied. Deze putjes zijn verbonden aan 2" verticale gaspijpen, die in het betonlichaam van de pijlers zijn aangebracht. Het boveneind van deze buizen werd met een plug afgesloten. De plaats van de peilputjes en de constructie daarvan is op teekening 6 aangegeven.

Na het in bedrijf stellen der stuwen is de waterstand in de peilbuizen dagelijks waargenomen en in registers opgeteekend. Nadat deze waarnemingen eenigen tijd verricht waren, bleek, dat enkele pluggen luchtdicht afsloten; bij het afdraaien der pluggen hoorde men het blazen van de toe- of afstroomende lucht. Hieruit bleek dat het water in de buis zich niet vrij kon bewegen. Daar gevreesd werd, dat de waarnemingen te snel na het openen zou geschieden, zoodat het water in deze buizen nog niet geheel tot rust zou zijn gekomen, werden in alle pluggen gaatjes geboord van ongeveer 5 mm doorsnede. Van een aantal peilbuizen werd nog nagegaan of er geen verstoppingen voorkwamen. Het bleek, dat door alle onderzochte buizen eenige emmers water in 10 of 20 seconden konden wegzakken.

De waarneming van den waterstand gebeurde met een buigzamen stalen liniaal met geledingen van ½ m lengte en verdeeld in cm. Aan het eene uiteinde was op deze liniaal een rond stukje plaatijzer bevestigd, wat zich met behoorlijke ruimte als een zuiger in de buis op en neer kon bewegen. Wanneer dit zuigertje met het water in aanraking kwam, werd dit duidelijk gehoord en gevoeld. De afstand van den bovenkant van de peilbuis tot aan den waterspiegel in de buis werd nu afgelezen en opgeteekend. In de registers werd de waterstand op N.A.P. herleid. Deze hoogten van de waterspiegels in de peilbuizen zijn nog niet zonder meer met elkander vergelijkbaar. Immers de waterstanden boven en beneden de stuw zijn veranderlijk. Aan de hand van deze registers zijn daarom staten gemaakt (bijlage 1), waarop werd opgeteekend voor iederen dag dat de opstuwing grooter was dan 0,50 m:

de waterstand boven de stuw;

de waterstand beneden de stuw;

het verschil in waterstand boven en beneden de stuw, en daarna voor de beschouwde peilputten de waterstand uitgedrukt in percenten van de hoogte van opstuwing.

De laatste kolom geeft de hoogte van den waterstand in peilbuis 2 Roermond (5 voor Linne) aan, uitgedrukt in percenten van de hoogte in peilbuis 1 Roermond (4 voor Linne), alles ten opzichte van het benedenwater.

De waarnemingen op dagen, dat de hoogte van opstuwing minder dan 0.50 m bedroeg zijn niet in de staten opgenomen; in dat geval is meestal geen sprake van een meer of minder permanenten toestand, maar is de waarneming verricht tijdens het openen of sluiten der stuw; bovendien zal een meetfout van enkele centimeters een grooten invloed hebben op de waterstanden in percenten uitgedrukt.

Deze reeksen getallen zijn nog niet overzichtelijk, daarom zijn deze gedeeltelijk op teekening 1 voor de stuw te Roermond en op teekening 2 voor de stuw te Linne grafisch voorgesteld.

Aan de hand van de teekening voor Roermond merkt men op, dat, gedurende de volgende tijdvakken het water meer dan 0.50 m werd opgestuwd:

3 April tot en met 17 Mei 1926.

22 Mei tot en met 18 Juni 1926.

24 Juni tot en met 31 October 1926.

21 November tot en met 31 December 1926.

Gedurende ieder van die tijdperken kan men constateeren dat, afgezien

van kleine onregelmatigheden, de waterdruk onder de stuw, ter plaatse van peilput 1 en 2 steeds meer overeenkomt met het benedenwater, zoolang er wordt gestuwd. De druk in peilput 1 daalt b.v. van ruim 60 % tot ongeveer 38 % in de twee langste tijdvakken en tot een iets hooger bedrag voor de twee kortere.

Op te merken valt ook, dat de druk zeer onregelmatig is in perioden, waarin het water boven of beneden de stuw sterk wast of valt. Er is dan eenige tijd noodig voor het tot stand komen van de bij iedere boven- en benedenwaterstand behoorende druk; wellicht speelt hierin het toevloeien van water uit den oever achter de landhoofden een rol.

De verhouding van de drukken in peilput 1 en 2 blijft ongeveer constant. Deze feiten kunnen als volgt worden verklaard:

Gedurende het stuwen is de stroomsnelheid boven de stuw zeer gering. De in het water zwevende vaste deeltjes als slib en vuil kunnen dus bezinken op den rivierbodem en oevers. De poriën van het zand zullen daar ter plaatse dan verstopt raken, zoodat het water slechts ten koste van een vrij groot drukverlies in den bodem zal kunnen doordringen. Dit geeft aanleiding tot een drukvermindering onder de stuw, want het onder de stuw doorkwellend water wordt daarna niet meer op een dergelijke wijze tegengehouden. Wordt de stuw geopend, dan zal de rivier haar natuurlijken loop hernemen en zal de stroomsnelheid boven de stuw veel grooter worden; het gedeponeerde slib zal wederom meegevoerd worden en wellicht zal zelfs de bodem over eenige diepte worden omgewoeld, zoodat de verstopte poriën tusschen het zand weer in hunnen oorspronkelijken toestand komen. Dit proces herhaalt zich zoodra weer met stuwen wordt begonnen.

Men zou de drukvermindering in de peilbuizen kunnen verklaren uit het meer of minder doorlaatbaar worden van grondslagen onder de stuw. Dit is echter niet waarschijnlijk, omdat dan niet kan worden verklaard, waarom de druk onder de stuw na iedere periode waarin de rivier eenigen tijd vrij gestroomd had weer hooger werd. Bovendien zal dan ook de verhouding tusschen de drukken in peilbuis 1 en 2 niet constant blijven, daar de verandering in doorlaatbaarheid zich dan ook wel in de nabijheid van de tusschen deze peilputten in gelegen damwand zou voordoen.

Het trekt in hooge mate de aandacht, dat de drukken in de peilbuizen tusschen de damwanden van den eigelijken stuwvloer zoo weinig verschillen (n°. 2, 7 en 8) en men zou kunnen vermoeden, dat er direct onder den vloer een zeer doorlaatbare grondlaag was, waardoor de drukverschillen niet tot stand konden komen.

De waarnemingen te Linne geven dezelfde resultaten, zooals bij beschouwing van teekening 2 blijkt.

Ook onder de schutsluizen te Roermond en Linne waren peilputjes geplaatst. Waar de waterbewegingen onder de stuw zooveel eenvoudiger zijn en de resultaten der waarnemingen nog niet verklaard konden worden, is het niet te verwonderen, dat dit bij de sluis nog meer moeilijkheden gaf. Er wordt volstaan met er op te wijzen, dat ook hier de druk onder de vloeren meer dan verwacht werd onder invloed van het benedenpand stond. De druk onder den vloer van het bovenhoofd was aanzienlijk minder dan met den waterstand van het bovenpand overeenkwam, zelfs nadat de geheel 265 m lange sluis een nacht op peil van het bovenpand gehouden werd.

HOOFDSTUK IV.

BESCHRIJVING VAN HET GEBRUIKTE APPARAAT.

Teekening 3 en foto n°. 4 stellen voor den bak waarmede proeven werden gedaan tot het bepalen van waterdruk onder stuwen. Voor afmetingen wordt naar deze teekening verwezen. De bak zelve is van zink met als versterking er omheen een houten kist. De houten bak was geplaatst op twee I ijzers, die weer op twee gemetselde muurtjes rustten. In den zinken bak is op schaal 1/50 een model gemaakt van een doorsnede van een der stuwen der Maaskanalisatie en wel van de stuw te Sambeek. De stuwen te Roermond en Linne wijken slechts zeer weinig hiervan af. De damwanden zijn van zink, de vloeren van klei gemaakt. De zinken damwanden zijn gesoldeerd tegen den zinken bak, aan een zijde vast, aan de andere zijde is er een gebogen zinken plaat tusschen gevoegd om een geringe uitzetting van den bak door den water- en gronddruk mogelijk te maken zonder dat de damwand losscheurt. Eenvoudig ombuigen van den damwand en dan soldeeren werd niet gedaan uit vrees, dat de smalle spleet, die dan zou ontstaan niet behoorlijk met zand gevuld zou worden en dus een gemakkelijken weg aan het water zou bieden om zich langs den damwand op of neer te bewegen. Bij de toegepaste constructie is de doorgaande spleet er ook wel, maar deze reikt tot boven water; er kan dus geen strooming in optreden. Op deze wijze werd een volkomen dichte damwand verkregen. Op den bodem van den bak zijn 15 draineerbuizen van 3 mm dikte aangebracht, welke zouden dienen om het water geheel te doen afloopen en gedeeltelijk ook om als waarnemingsbuizen dienst te doen.

De stuwvloeren werden van klei gemaakt. Dit materiaal is gekozen in de eerste plaats, omdat het een behoorlijk waterdichte aansluiting tegen

de damwanden en wanden mogelijk maakt en verder omdat het door zijn plasticiteit kan nazakken, wanneer soms het zand onder het model verder mocht inklinken, en zoodoende dus de vloer van het model steeds goed aansloot aan het zand er onder. Om te voorkomen, dat de klei het zand zou verontreinigen, zoodat de doorlaatbaarheid zou veranderen, werd het zand eerst bedekt met een vel zeer dun schrijfmachinepapier. Hierover werd de klei gesmeerd en daarna werd deze bedekt met een laagje zand van 3 à 4 cm dikte, waarop eenige plankjes, die met stukken ijzer belast waren.

Het gebruikte zand werd ontleend aan de uit de Maas nabij Sambeek gebaggerde hoopen betonzand. Korrels grooter dan 1 ½ mm werden met een zeef verwijderd. Onder de stuw werden in het zandlichaam een groot aantal waarnemingsbuisjes geplaatst. Deze werden zeer dun genomen, eensdeels om geen invloed op de strooming te behoeven vreezen, anderdeels omdat het perforeeren van deze buisjes met 1 ½ mm inwendige diameter en een wanddikte van 0,1 of 0,2 mm met een priem goed mogelijk was, terwijl de gaatjes in dikkere buizen één voor één geboord moesten worden.

De waterdruk ter plaatse van de waarnemingsbuis werd waargenomen door deze met een rubberslang te verbinden aan een glazen manometerbuis, die op den wand van de houten buitenkist was bevestigd. Op de glazen buis was over 10 cm lengte een mm verdeeling geëtst. Bij vullen van de manometerbuizen met gewoon water was de waterhoogte in de buis niet duidelijk te zien. Beter werd dit toen in het water eenige druppels van een oplossing van fluoresceïne in ammonia werd geworpen, en de achtergrond dof zwart werd geverfd. De vloeistofspiegel was nu als een duidelijke licht geelgroene streep te zien. Ter voorkoming van parallax werd afgelezen met een primitieve afleesloupe, die echter uitstekend voldeed.

Voordat met een proef werd begonnen, werden de schaalverdeelingen van de manometers gewaterpast. Bij een afstand van het waterpasinstrument van ongeveer 3 m was deze waterpassing behoorlijk op een tiende van een mm nauwkeurig te doen.

De fouten, die op deze wijze gemaakt werden, waren:

1°. Waarnemingsfouten in de waterpassing. Deze zijn op ongeveer 0,1 mm te stellen.

2°. Waarnemingsfouten in de aflezing. Door verschillende waarnemers achter elkander aflezingen te laten doen, bleek, dat ook deze fouten niet veel grooter dan 0,1 mm waren.

3°. Een eventueel verschil in temperatuur van het water in den bak met dat in de rubberslang en in de manometerbuis. Bij een temperatuurverschil van 5° C. wat wel niet zal kunnen voorkomen, indien tenminste de buis tegen zonnestralen beschut in een niet verwarmd vertrek staat, is deze fout op 0,2 mm te berekenen voor een temperatuur van 10° in den proefbak en 15° in de manometerbuis.

4°. Ongelijke doorsneden van de manometerbuizen zou een ongelijke capillaire stijghoogte hierin kunnen veroorzaken. Daar de buizen tamelijk wijd waren, ongeveer 10 mm inwendig, zal een kleine afwijking in wijdte, die echter niet geconstateerd werd, wel geen groote verschillen geven.

Bij een aangenomen grootste verschil in inwendige diameter van 0.3 mm kan met de formule: stijghoogte $= \frac{30}{\text{doorsnede in mm}}$ mm de gemaakte fout op ongeveer 0.1 mm worden berekend.

5°. Wanneer de temperatuur van het in den bak stroomend water plotseling verandert, dan zal er na eenigen tijd in den grond deels warmer, deels kouder water doorsijpelen. Daar het warmere water zich gemakkelijker beweegt, zal de wijze van strooming veranderen. De temperatuur van het uitstroomende water werd eenige malen per dag waargenomen. De verschillen in temperatuur bedroegen hoogstens 1° op een dag. De temperatuur bedroeg b.v. op resp. 5, 7 en 8 Maart 1928 5,8°, 6,2° en 6,8°. Aangenomen is, dat dit geringe temperatuurverschil van geen merkbaren invloed is geweest.

Alles bijeengenomen blijkt het niet waarschijnlijk, dat er in de waarnemingen een grootere fout gemaakt wordt dan $^1/_2$ mm. Dit is ongeveer $^1/_5$ % van de bij de proeven gebruikte totale hoogte van opstuwing.

Bij het in bedrijf stellen van het model werd de waterstand boven en beneden het stuwmodel constant gehouden door eenige overloopbakjes; hiervoor wordt naar de teekening verwezen.

Hoewel de inrichting naar wensch functionneerde, werden toch eenige moeilijkheden ondervonden. Zoo waren de vloeistofoppervlakken in de manometerbuizen soms bol in plaats van hol. Nadat de buizen inwendig met zorg waren schoongemaakt, werd dit beter.

Soms geraakte een waarnemingsbuisje verstopt door zandkorreltjes. Door boren met een dun staaldraadje kon de verstopping steeds worden opgeheven.

Het water, dat voor de proef beschikbaar was, was zeer ijzerhoudend. De fluoresceïne-oplossing werd daardoor spoedig vuil en troebel, wat bij

gebruik van regenwater in de manometerbuizen vermeden werd. Die ijzerhoudendheid had ook tot gevolg, dat er in het water in den bak boven het stuwmodel ijzerverbindingen neersloegen. Deze verstopten dan de poriën tusschen de zandkorrels, wat bij de later te beschrijven proeven duidelijk merkbaar was.

De grootste last werd ondervonden van de in het water opgeloste lucht. Deze verzamelde zich soms als vrij groote luchtbellen in de rubberslangetjes en konden zoo fouten van eenige cm veroorzaken. Dit bezwaar verminderde sterk door de manometerbuizen iederen dag eenige cm bij te vullen met een fluoresceïne-oplossing in gekookt regenwater. De slangen werden dan met deze oplossing, waaruit zich weinig lucht afzette, gevuld en de waarnemingen stemden beter overeen met die van den vorigen dag en met die van naburige waarnemingsbuizen. Wanneer echter de druk in een buisje grooter werd, kwam er weer water uit den bak in de slang en was de kans groot, dat dit euvel zich herhaalde. Nadat eenige malen waarnemingen waren gedaan, bleek echter al vrij snel in welke buizen zich lucht had verzameld, omdat de aflezingen meestal òf nagenoeg gelijk waren aan die van een vorige serie, òf alle iets hooger of lager. Kwamen abnormale afwijkingen voor, dan werd nagegaan of er lucht in de slang was, door deze tusschen de samengeknepen wijsvinger en duim door te trekken. Eventueele lucht werd dan als bellen in de manometerbuis zichtbaar. Na eenige minuten, als de vloeistofspiegel in de manometerbuis tot rust was gekomen, werd de waterstand in deze buis dan nogmaals afgelezen.

Veel hinder werd ondervonden van de geringe breedte van den bak (30 cm). Bij het soldeeren van damwanden of waarnemingsbuizen was het daardoor niet mogelijk geheel in den bak te kruipen; daarom moest dit werk in zeer ongemakkelijke houding worden verricht.

Verder bleek de houten kist maar juist sterk genoeg te zijn; wanneer de bak geheel met zand en water gevuld was, was de doorbuiging van de planken goed te zien.

De meest benedenstrooms gelegen damwand liep aan de bovenzijde tot boven het water door. Boven den vloer was dus een waterdichte bak. Nadat het model eenige dagen achtereen in bedrijf was geweest, bleek het water in dezen bak zeer langzaam te rijzen en eindelijk ging de damwand overloopen. De hoeveelheid door het kleibed — dat in het model den stuwvloer voorstelde — kwellend water, bedroeg echter slechts weinig druppels per minuut en zal wel van geen invloed geweest zijn op den grondwaterstroom onder het model. De totale grondwaterstroom bedroeg ongeveer 0,35 l/minuut.

HOOFDSTUK V.

PROEVEN MET HET MODEL IN HOMOGENEN GROND.

Bij het inbrengen van het zand in den bak moest er voor gewaakt worden, dat geen lucht in het zand opgesloten bleef. Daartoe werd de bak steeds in lagen van ongeveer 5 cm dikte gevuld met volkomen droog zand; dan werd het water aangevoerd door de draineerbuizen op den bodem van den bak. De watertoevoer werd geopend totdat de oppervlakte van het zand glimmend vochtig was. Dan werden zoo noodig waarnemingsbuisjes ingelegd en daarna weer een laagje zand ingebracht. Met een zwaren hamer werd van tijd tot tijd tegen den wand van de kist geklopt om het zetten van het zand en daarmee het doorbuigen van de wanden te bevorderen. Met het oog op het zetten van het zand werden de geperforeerde buisjes iets te hoog geplaatst (5—10 mm) en werd ook de verbinding van het losse buisje met het in den wand gesoldeerde gedeelte door een stukje ventielslang tot stand gebracht. Het zand werd 5 of 10 cm te hoog ingebracht en daarna nauwkeurig op de vereischte maat weggegraven. De vloeren van klei werden aangebracht en met zand, plankjes en ijzer belast. Na aansluiting van de manometerbuisjes was het toestel gereed voor het gebruik. Het water werd aan de bovenstroomsche zijde toegelaten en de manometers met fluoresceïne-oplossing gevuld.

Den eersten dag werd 5 maal een serie aflezingen gedaan, nadat de schaalverdeelingen van de manometers gewaterpast waren. 's Avonds werd de watertoevoer stopgezet.

Den volgenden morgen werd nog een serie waarnemingen gedaan en, daar de resultaten zeer weinig verschil vertoonden met die van den vorigen dag, werd de proef stopgezet. De waargenomen waterhoogten in de buizen werden omgerekend in percenten van de stuwhoogte ten opzichte van het benedenwater; de resultaten zijn in bijlage 2 opgeteekend. Sommige waarnemingen wijken nogal af van dien in de andere series; deze, met een * gemerkt, zijn vermoedelijk veroorzaakt door luchtbellen in de slangen en zijn verder niet in aanmerking genomen.

De plaats der waarnemingspunten is op teekening 4 aangegeven; deze plaats is na het stopzetten van de proef bij het uitgraven van het zand nauwkeurig opgemeten.

Om een duidelijk overzicht te krijgen van het verloop der drukken onder het model zijn op teekening 4 een aantal lijnen van gelijken druk geteekend, en wel met 5 % van het totale drukverschil opklimmend; dus van 5 tot en met 95 %. Deze lijnen zijn zoo goed mogelijk als vloeiende lijnen getrokken door punten, die tusschen de waarnemingspunten door

lineaire interpolatie gevonden waren. Alleen bij de onderste rij waarnemingsbuizen is deze interpolatie niet lineair, maar volgens een vloeiende lijn grafisch uitgevoerd, omdat de afstanden daar grooter en niet gelijkmatig verdeeld waren. Verder is bij het trekken der lijnen er op gelet, dat deze steeds $\perp$ op een wand moesten staan, omdat de strooming daar ter plaatse // aan den wand moet plaats vinden en dat er zoo weinig mogelijk onregelmatigheden mochten voorkomen in de drukverandering. De op teekening 4 geteekende lijnen van gelijken druk zijn afgeleid uit het gemiddelde van de zes series waarnemingen van de proef.

Bij het vergelijken van de drukken, die waargenomen zijn onder de stuw te Roermond valt het op, dat de overeenstemming slecht is. Hieronder volgt een tabel, waarop de drukken ter plaatse van de peilputten te Roermond en ook de overeenkomstige drukken onder het model zijn opgeteekend.

De drukken aan de stuw werden waargenomen op 5 April 1926, dat is de tweede dag na het sluiten van de stuw. De verstopping van den bodem boven de stuw zal dus nog geen sterken invloed hebben.

	Peilput n°.				
	1.	2.	7.	8.	
Stuw Roermond.....	56	40	38	36	Drukken in %.
Model.....	68	53	40	33	
Model, bij aanname druk in 1 gelijk.....	56	44	33	27	

Zelfs, indien men aanneemt, dat de lagere druk onder de stuw ter plaatse van peilput 1 toch veroorzaakt is door een min of meer verstopt rivierbed boven de stuw, is de overeenstemming slecht; dan moesten toch, indien men de drukken onder het model tot het $^{56}/_{68}$ deel vermindert, alle drukken gelijk zijn aan die onder de stuw.

De grootste afwijking is wel de veel grootere drukverliezen, die bij het model onder den eigenlijken stuwvloer waargenomen zijn: bij het model valt de druk onder den vloer van 44 tot 27, bij de stuw van 40 tot 36. Anders uitgedrukt is de druk in het meest benedenstroomsche punt van den vloer bij de stuw 90 %, bij het model 62 % van den druk in het meest bovenstroomsche punt. Ook op de dagen, dat de stuw reeds geruimen tijd gesloten was, blijft deze verhouding ongeveer bestaan, zooals b.v.

op resp. 21, 25 en 29 Juli 1926, toen de verhouding van de drukken in peilput 2 en 8 resp. 87, 91 en 91 % was. Deze groote verschillen kunnen op twee wijzen verklaard worden. In de eerste plaats zou het denkbaar zijn, dat de bodem van den fundeeringsput over eenige diepte omgewoeld was tijdens den bouw, maar ook dat de bemalingsinstallatie was afgeslagen, toen een gedeelte van den vloer gereed was. Dan zal het opkomende water zijwaarts van onder het beton uittreden en het onderste laagje beton zal uitspoelen en dus zeer waterdoorlaatbaar worden. Deze goede doorlaatbaarheid zal dan het tot stand komen van een groot drukverschil onder verschillende punten van den vloer bemoeilijken.

Een andere mogelijkheid is, dat zich tusschen de damwanden van den vloer horizontale grondlagen bevinden met vrij groot verschil in doorlaatbaarheid. Daardoor zal het van beneden toestroomen van het water naar peilput 2 gehinderd worden; het zijwaarts wegstroomen in de richting van peilput 8 echter zonder groot drukverlies kunnen plaats vinden. Deze laatste verklaring klinkt het meest waarschijnlijk, te meer omdat ook meestal bij het graven van fundeeringsputten blijkt, dat de grond een horizontaal gelaagde structuur bezit. Als voorbeeld dient bijgaande foto n°. 1 en 2, die ter plaatse van de stuw en van de sluis te Sambeek de samenstelling van den grond op de hoogte van den vloer laat zien; zonder dat er bepaald waterdichte lagen aanwezig zijn, is deze grond toch duidelijk horizontaal gelaagd en moet dus ook een andere doorlaatbaarheidscoëfficiënt hebben in horizontale dan in verticale richting. Er is daarom getracht in den proefbak gelaagde grond te brengen en daarmede zijn de in dit hoofdstuk beschreven proeven herhaald.

HOOFDSTUK VI.

PROEVEN MET HET MODEL IN HORIZONTAAL GELAAGDEN GROND.

Het vinden van een methode om het zand in den proefbak een horizontale structuur te geven kostte eenig hoofdbreken. Al spoedig bleek het niet wel mogelijk om laagjes van b.v. 1 cm dikte grof en fijn zand op elkander aan te brengen.

Een oplossing werd gevonden door den bak geheel met water te vullen, en daarna over de geheele oppervlakte een laagje van ongeveer 2 cm dikte vochtig zand eerst te inundeeren en daarna plotseling te laten zinken. De dikste korrels zonken het snelst, zoodat er op den bodem laagjes werden gevormd, die naar boven toe uit steeds fijner korrels bestonden. Dit onder water brengen geschiedde op een dubbel rooster van latjes. Deze roosters pasten nauwkeurig in elkaar en vormden zoo een plank,

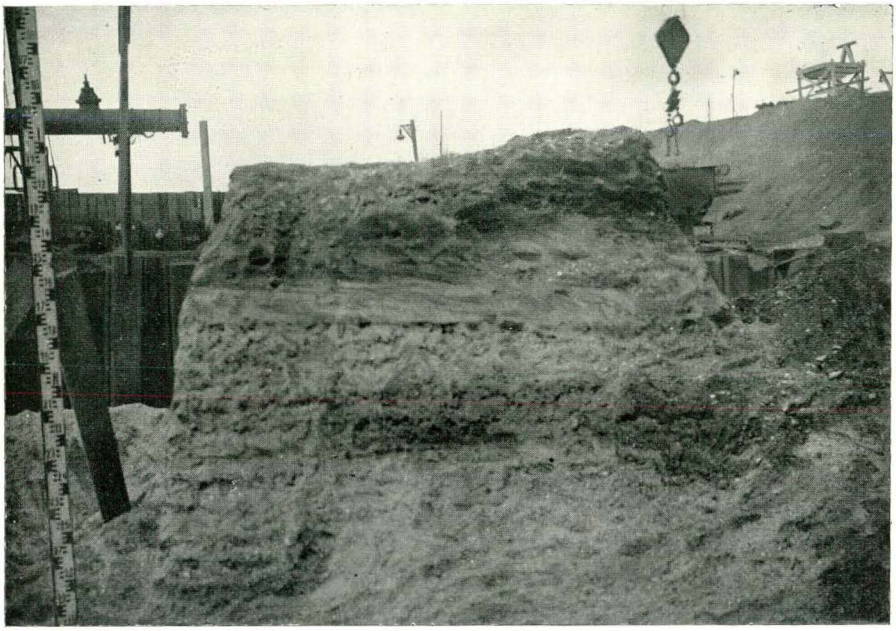


Foto n°. 1. Gesteldheid van den grond ter plaatse van den stuwvloer te Sambeek.

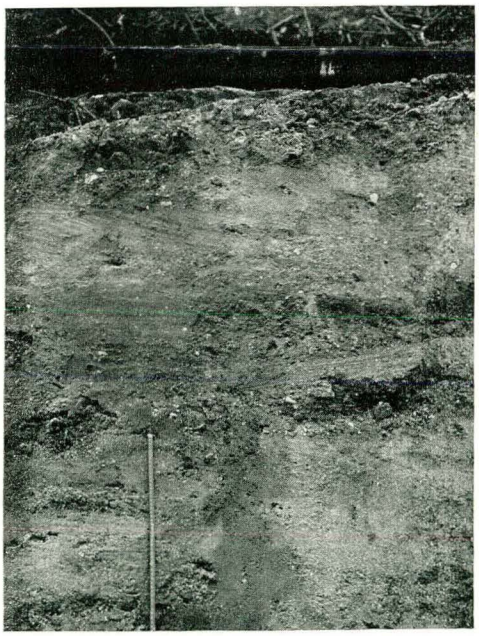


Foto n°. 2. Gesteldheid van den grond ter plaatse van den vloer van het middenhoofd van de sluis te Sambeek.

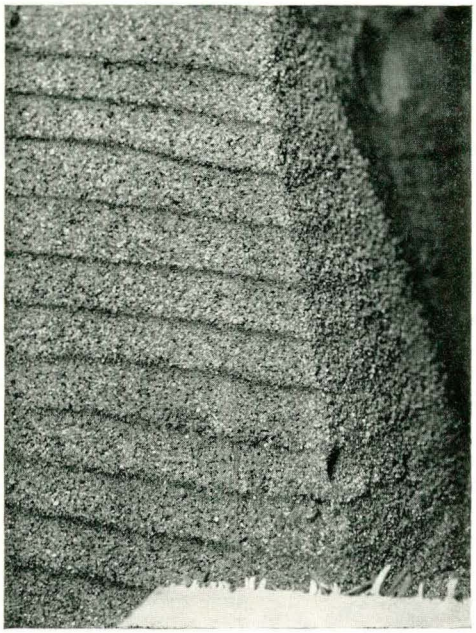


Foto n°. 3. Gelaagden grond om het model.

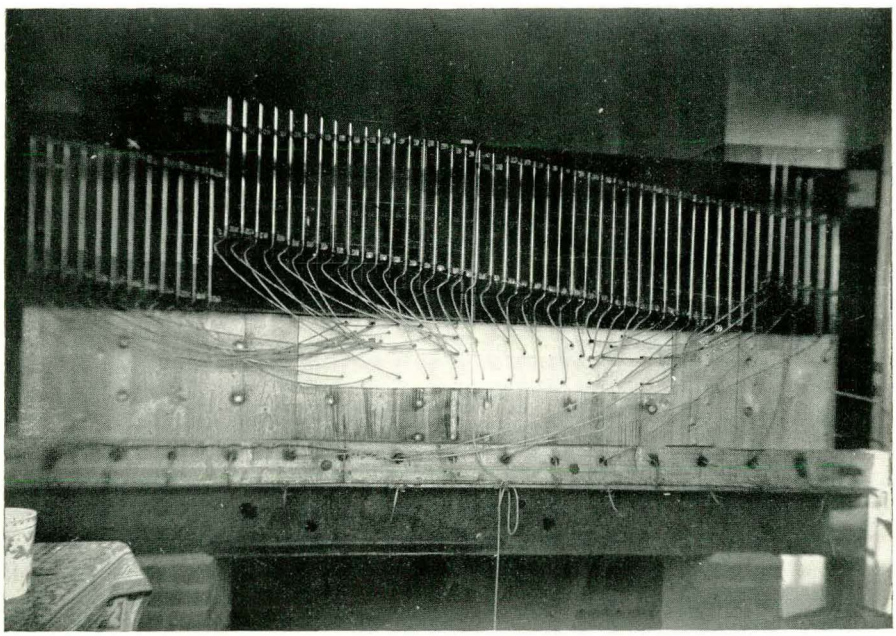


Foto n°. 4. Model van de stuw met de waarnemingsbuizen.

die met ongeveer 1 cm ruimte paste in den bak. Op dit dubbele rooster werd zand uitgespreid; dan werden beide roosters in elkaar met het zand er op langzaam onder water gebracht en wanneer het zand geheel nat was, werd het bovenrooster uit het onderrooster gelicht en beide roosters eenige malen, alles juist onder water, snel heen en weer bewogen. Met tusschenpoozen van ongeveer vijf minuten werd op deze wijze telkens een laagje zand van ongeveer 20 mm dikte in den bak gebracht. Evenals bij de vorige proef werd door kloppen het zetten van het zand bevorderd, en is er eerst te veel zand ingebracht. Later werd het dan door uitgraven op de juiste hoogte gebracht. Dat deze wijze van doen goede resultaten had, bewijst foto n°. 3. Deze is opgenomen in den proefbak tijdens het uitgraven van het zand. Het gefotografeerde vlak is nagenoeg verticaal. Bij deze wijze van vullen van den bak konden de peilbuisjes, zooals deze bij de eerste proef gebruikt werden, niet meer dienen. Zij werden daarom stijf en zoo goed mogelijk horizontaal in den zinken voorwand van den bak vast gesoldeerd. Er werd gevreesd, dat deze buisjes door het zetten van het zand verbogen zouden worden; dit is echter niet geschied. Bij het nemen van de proeven deden zich geen bijzonderheden voor.

Vermelding verdient, dat bij deze proef de watertoevoer niet afgesloten werd, dus het model dag en nacht in bedrijf bleef.

De waarnemingen werden op dezelfde wijze als bij de vorige proef in tabellen verwerkt. Bijlage 3, proef 1, 3, 4, 5, 6, 7 en 8, geeft drukken onder het model, zooals deze tusschen 27 Februari 1928 en 2 Maart 1928 werden waargenomen. Voordat proef 9 werd waargenomen, is de bodem bovenstrooms over ongeveer 2 cm diepte omgewoeld. Het resultaat daarvan was, dat de drukken, die van proef 1 tot proef 8 steeds minder waren geworden, weer nagenoeg geheel gelijk werden aan de drukken bij proef 1, evenals dit bij de stuw te Roermond na een hoogwaterperiode kan worden opgemerkt.

Het leidingwater, dat voor de proef gebruikt werd, was sterk ijzerhoudend. Na het beëindigen van de proef bleek dan ook een laagje roestkleurig neerslag op het zand te liggen aan de hoogwaterzijde. Dit neerslag was vermoedelijk oorzaak van het verstoppen van de poriën tusschen de zandkorrels.

Om na te gaan wat het resultaat zou zijn van het door een of andere oorzaak in het ongereede raken van het kleibed voor de stuwen der Maaskanalisatie is van het model na proef 9 het kleibed ook verwijderd. Zooals te verwachten was, stegen de drukken in het zand onder dit kleibed aanzienlijk. Uit proef 10, 11, 12, 13 en 14 (bijlage 4) blijkt echter, dat de bodem ter plaatse van het kleibed snel verstopt raakt. In vier etmalen

was de druk in peilbuis 14 gedaald van 97 % tot 69,3 %, terwijl deze bij proef 1 64.4 % was. Het is dus aannemelijk, dat lekken in het kleibed snel verstopt zullen geraken. Eenige minuten nadat het kleibed verwijderd was, werden in het zand benedenstrooms van het model eenige zeer kleine welletjes ontdekt met een doorsnede van het bewegendezand van 2 à 3 mm. De wateroverdruk is toen van ongeveer 33 cm op 26 cm teruggebracht. Ook bij latere proeven konden deze wellen weer geconstateerd worden. Invloed op den druk onder het model hadden deze wellen voor zoover was na te gaan niet. Na afloop van proef 15 werd een handvol klei geroerd in een emmer water en 2 liter van dit mengsel in den bak gedaan in het water boven het model. Na $1^1/_2$ uur waren de poriën ongeveer zooveel verder verstopt als normaal in 24 uur plaats vond. Daarna ging de verstopping in normaal tempo door.

Na afloop van proef 17 werd de grond onder het voormalige kleibed omgewoeld met resultaat, dat nagenoeg de toestand van proef 10 bereikt werd.

Tijdens het uitgraven van het zand werd de plaats van het doorboorde gedeelte van de peilbuisjes weer nauwkeurig opgemeten en in teekening gebracht. Aan de hand hiervan zijn weer voor enkele proeven lijnen van gelijken druk geteekend op teekening 4. De plaats der peilbuisjes bleek op weinig millimeters na overeen te komen met die van de proeven in homogenen grond. De nummers van de buisjes bleven voor beide proeven dezelfde. Bij vergelijking van de lijnen van gelijken druk voor homogenen en voor gelaagden grond valt een zeer groot verschil te constateeren. Vorm en algemeen karakter der lijnen is geheel anders. Bij den gelaagden grond valt het op, dat de in horizontale richting loopende lijnen dicht bij elkander en de in verticale richting loopende ver van elkaar liggen. Dit wil dus zeggen, dat bij een waterkeering in gelaagden grond het water bij het verticaal door den grond dringen en het verticaal uit den grond treden den grootsten weerstand ondervindt; veel meer dan bij een horizontale beweging van dezelfde snelheid.

De overeenstemming van deze proef met de waarnemingen aan de peilputten van de stuw te Roermond is nu veel beter. Ter vergelijking volgt een staatje, als reeds voor de proeven met homogenen grond is gegeven.

Het blijkt nu, dat bij de stuw de druk onder het meest benedenstroomsche punt van den vloer 90 % is van den druk in het meest bovenstroomsche punt. Terwijl dit getal voor het model in homogenen grond 62 % was, is het bij het model in gelaagden grond 87 %. Het drukverlies langs den vloer komt dus bij de laatste serie proeven behoorlijk met de

werkelijkheid overeen. De grootte van den druk onder den vloer hangt zoowel bij de stuw als bij het model af van de mate, waarin de bodem boven de stuw is dichtgeslibd.

	Peilput n°.				
	1.	2.	7.	8.	
Stuw Roermond op 5-4-1926	56	40	38	36	Drukken in %.
Model (proef 8)	58,9	39,6	36,4	34,3	
Model bij aanname druk in 1 gelijk	56	37,7	34,6	32,6	
Model, idem homogen grond.....	56	44	33	27	

De aandacht wordt er op gevestigd, dat het niet geheel onmogelijk is, dat overeenkomstige drukken tegen den vloer gevonden worden, wanneer er zich onder den onderkant van den damwand een grondlaag bevindt, die zeer doorlaatbaar is, en de grond overigens homogeen is. Hierover zijn geen proeven gedaan.

Vermoedelijk zou dan echter het verschil in druk tusschen het meest benedenstroomsche punt van het kleibed en het meest bovenstroomsche punt van den vloer veel kleiner worden.

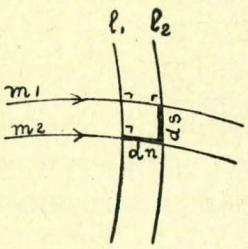
HOOFDSTUK VII.

VERGELIJKING VAN DE UITKOMSTEN DER PROEVEN MET DE LITTERATUUR.

Onder alle artikelen, die voor het samenstellen van dit hoofdstuk bestudeerd werden, was slechts het desbetreffende gedeelte uit Prof. FORCHHEIMER's „Hydraulik" op wetenschappelijken grondslag gebaseerd. Om op eenvoudige wijze de fouten in de andere geschriften te kunnen inzien, zal deze methode-Forchheimer in de eerste plaats behandeld worden.

Prof. FORCHHEIMER gaat uit van de veronderstelling, dat de „wet van Darcy" juist is. Nu moge het waar zijn, dat voor abnormale groote en abnormale kleine snelheden deze wet afwijkt van de uitkomsten der proeven, en verder valt het ook wel op, dat de resultaten der proeven onderling vrij groote verschillen te zien geven; toch wordt er wel door niemand aan getwijfeld, dat deze wet zoo goed mogelijk met de waarheid

overeenstemt. Een theorie, die niet anders is dan een mathematische uitwerking van deze wet moet even juist zijn als de wet van Darcy zelf. Door Prof. FORCHHEIMER wordt strooming veronderstelt // aan het vlak van teekening en hij redeneert dan verder als volgt:



Trekt men door een doorsnede van de grondmassa een bundel lijnen van gelijken druk (l) op zoodanigen afstand, dat het verschil in druk ter plaatse van twee opeenvolgende lijnen constant is, dan zal de beweging van het grondwater steeds loodrecht op deze lijnen gericht zijn. De stroomrichting wordt dus aangegeven door een bundel lijnen (m), die steeds ⊥ op de lijnen l staan. De afstand van die stroomlijnen wordt zoodanig gekozen, dat de hoeveelheid water, die tusschen twee lijnen doorstroomt, constant is. De hoeveelheid water, die bij een lengte l door het vlakje ds stroomt, is nu volgens Darcy:

$$dq = k \frac{dh}{dn} ds.$$

Hierin is $\frac{dh}{dn}$ het verval op de beschouwde plaats.

$$\frac{ds}{dn} = \frac{dq}{kdh}$$

Verondersteld werd, dat de afstand dn van de lijnen l zoo groot gekozen is, dat dh een constant bedrag is, en verder, dat de hoeveelheid water, die tusschen twee lijnen m stroomt, ook constant is, dus dq = constant en daarmede $\frac{dq}{kdh}$ constant, en ook $\frac{ds}{dn}$ constant.

Wanneer de „wet van Darcy" juist is, dan hebben de geteekende lijnen dus de eigenschap, dat zij rechthoekjes insluiten, waarvan de verhouding van de rechthoekzijden constant is. Bij een geschikte keuze van de schaal kunnen dit vierkantjes worden.

Slaagt men er dus in twee bundels lijnen te teekenen, die aansluiten aan de grenzen van de beschouwde grondmassa en die slechts kleine vierkantjes insluiten, dan zal het eene stel lijnen de stroomrichting van het grondwater aangeven en het andere stel lijnen zijn dan lijnen van gelijken druk.

Bij zeer eenvoudigen vorm van de grondmassa kunnen deze lijnen langs wiskundigen weg berekend worden. Hiervoor wordt verwezen

naar het „Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften", Abt. II*a*, 126, Bd. 1917, en Abt. II*a*, 128, Bd. 1919.

Langs grafischen weg is het vraagstuk door probeeren op te lossen. Een voorbeeld hiervan, van de hand van Ir. NANNINGA is op teekening 5 gegeven; de theorie van Prof. FORCHHEIMER is hier toegepast op het model waarmede de proeven werden genomen. Het totale drukverschil is door 41 krommen in 42 gelijke stukken verdeeld. Om beter de resultaten der proeven te kunnen vergelijken zijn de lijnen van gelijken druk om de 5 % hiertusschen geïnterpoleerd op de tweede figuur. Onder deze figuur zijn geteekend de lijnen van gelijken druk, die langs experimenteelen weg gevonden zijn. Een vergelijking doet zien, dat de resultaten van de proeven en de theorie zeer goed overeenstemmen. De grootste afwijking bedraagt tegen den onderkant van den vloer ongeveer 7 % van het totale drukverschil. Dit verschil wordt ten deele veroorzaakt door een klein verschil in diepte van den benedenstroomschen damwand. Deze is bij het model nl. iets te diep uitgevallen. Ook hier blijkt dus weer, dat de „wet van Darcy" een betrouwbaar uitgangspunt is voor hydrologische berekeningen in homogenen grond. Geheel anders wordt het, wanneer men in aanmerking neemt, dat de grond in vele gevallen horizontaal gelaagd is. Voor dit geval zijn op teekening 4 de lijnen van gelijken druk geteekend, en wel zooals deze bij de eerste proef werden waargenomen, dus voordat er nog groote invloed kon worden waargenomen van het verstoppen van de poriën aan de hoogwaterzijde.

Bij nauwkeurige beschouwing van de tweede en derde figuur van teekening 5 valt het op, dat de lijnen 0—25 en 75—100 bij de proef een minder verticaal karakter hebben dan die, welke volgens de methode-Forchheimer werden gevonden. Het is waarschijnlijk, dat de grond bij de proef ondanks alle voorzorgen toch een min of meer horizontaal gelaagd karakter had; wellicht is dit veroorzaakt door het vlak maken der grond ter plaatse waar een peilbuisje is ingelegd. Indien dit juist is, zou de methode-Forchheimer een juister beeld geven van de drukken in homogenen grond dan de verrichte modelproeven.

Een der meest gezaghebbende schrijvers over stuwen is W. G. BLIGH, die in „Engineering News" van December 1910 de volgende gezichtspunten ontwikkelde:

„Line of creep" noemt BLIGH de onderste, dus met den grond in aanraking komende grenslijn van het kunstwerk. Deze lijn gaat dus bij de stuwen der Maaskanalisatie langs den bovenstroomschen damwand naar beneden, dan aan de benedenstroomsche zijde van dien damwand weer naar boven tot tegen het kleibed, dan onder het kleibed door tot

tegen den eigelijken stuwvloer, dan weer langs den bovenstroomschen damwand van dien vloer naar beneden en daarna weer boven tot tegen dien vloer, enz., alles zooals op teekening 6 met een streeplijn is aangeven.

BLIGH neemt nu aan, dat het verhang langs die „line of creep" constant is, tenminste als de onderlinge afstand van twee damwanden grooter is dan tweemaal hun diepte.

Aan de hand van de theorieën van Prof. FORCHHEIMER ziet men in, dat dit constante verhang niet kan voorkomen en dat de theorie van BLIGH dus bij die van FORCHHEIMER achterstaat bij het bepalen van den waterdruk onder een stuwvloer.

Het genoemde artikel van BLIGH is geheel empirisch opgebouwd uit de beschouwing van de constructie van een zeer groot aantal stuwen, die ten deele goed hebben voldaan en ten deele, na korter of langer tijd in gebruik te zijn geweest, gebreken gingen vertoonen en onderloops werden. Hieraan ontleent dit artikel groote waarde.

BLIGH vergelijkt bij deze stuwen de verhouding c van de lengte van de „line of creep" tot het te keeren verval en komt dan tot de conclusie, dat c een bepaalde waarde moet hebben, wil het bouwwerk voldoen. Deze waarde is afhankelijk van de soort grond, waarin de stuw gebouwd wordt.

BLIGH geeft op:

Zeer fijn zand (silt) als in den Nijl	c =	grooter dan 18.
Fijn glimmerhoudend zand als in Colorado en in de Himalaya	c =	„ „ 15.
Gewoon grof zand	c =	„ „ 12.
Zand en grind	c =	„ „ 9.
Keien, grind en zand	c =	„ „ 4 tot 6.

In verband met de onjuistheid van de „line of creep"-theorie is het niet waar, dat twee stuwen van een verschillend type, waarbij de lengte van de „line of creep" dezelfde is, gelijkwaardig zijn. Om deze reden is het ook niet mogelijk om de betrouwbaarheid van een stuw volgens bovenstaande tabel met zekerheid na te gaan, nog afgezien van het feit, dat het onmogelijk is alle in aanmerking komende eigenschappen van den grond met een enkel woord aan te duiden.

Niettegenstaande deze onjuistheden lukte het niet iets beters voor deze tabel in de plaats te stellen en men moet daaraan, voor werken van een normaal type, wel degelijk waarde hechten, vooral met het oog op de empirische wijze, waarop deze tabel tot stand kwam. Bij werken

van abnormaal type is de waarde van de tabel echter zeer twijfelachtig.

Om de resultaten van de toepassing der verschillentde theorieën te kunnen overzien, is op teekening 6 grafisch aangegeven de waterdruk onder kleibed en vloer, zooals die volgens die theorieën gevonden kan worden en ook de waargenomen druk aan de stuw te Roermond en aan het model.

Er wordt op gewezen, dat de druk in percenten is aangegeven en dat de druk aan de stuw zelf niet constant is, evenmin als dit het geval was bij de proeven in gelaagden grond; in beide gevallen nam de druk immers af gedurende den tijd, dat er gestuwd werd.

In de „Transactions of the American Society of Civil Engineers" van 1916, blz. 421, staat een verslag van soortgelijke proeven als hierboven omschreven, genomen door COLMAN.

Op teekening 6 staat een schets van zijn model met een stel lijnen van gelijken druk.

Het trekt de aandacht, dat het stuwmodel zeer groot is in vergelijking met de grootte van de grondmassa. Daardoor moet de verticale snelheid van het water boven- en benedenstrooms van de stuw grooter worden dan bij een werkelijke stuw het geval is, zoodat op die plaatsen een abnormaal groot drukverlies optreedt, dus de lijnen van gelijken druk abnormaal dicht bijeenliggen. Dit is echter in zoo hooge mate het geval, dat het waarschijnlijk wordt, dat de grond in horizontale lagen gestampt is ingebracht en wellicht in het gedeelte, waar het grootste drukverlies is, vaster aangestampt is. Verder bleken de uit planken samengestelde damwanden gelekt te hebben, wat afgeleid kan worden uit het feit, dat een aantal druklijnen den bovenstroomschen damwand met den vloer verbinden. Er moet dus watertoevoer geweest zijn nabij de aansluiting van den damwand aan den vloer.

De conclusie, waartoe COLMAN komt, is:

„Porousity, effective size and uniformity coëfficiënt have little influence on the upward pressure exerted against the floor".

Hiermede wordt dus niets anders gezegd dan dat de wet van Darcy juist is.

„With piling at both heel and toe the center of pressure is $^5/_{11}$ L. from the heel of the dam".

Dit is natuurlijk niet juist, en is geheel afhankelijk van de constructie van de stuw, van de diepte van een eventueele ondoorlaatbare laag en van de samenstelling van den grond, d. w. z. van de mate, waarin de grond gelaagd is. Verder meent COLMAN nog, dat een betrekkelijk korte

damwand (b.v. 5') bovenstrooms den opwaartschen druk veel zal doen verminderen. Hiervoor geldt hetzelfde als bij het vorige punt opgemerkt werd. Verder wijst COLMAN er op, dat de damwanden dicht moeten zijn, omdat zelfs heel kleine lekken hun werking te niet doen.

Bij beraadslaging over deze lezing werd nog door J. B. HAYS opgemerkt, dat hij ook dergelijke proeven had gedaan en ook opmerkte, dat er een groot drukverlies was bij het binnendringen van het water in het zand. Dit kan aan de hand van de Sambeeksche proeven niet zonder meer bevestigd worden; dit drukverlies trad daar slechts na verloop van eenigen tijd op. COLMAN trachtte nog richting en snelheid van den grondwaterstroom te meten volgens een door SLICHTER ontworpen electrische methode. Dit mislukte.

De bovengenoemde proeven van J. B. HAYS zijn beschreven in de „Trans. Am. Soc. Civ. Eng." van 1917, blz. 1. Deze proeven hadden voornamelijk het doel gegevens te verzamelen voor een te bouwen waterkeerenden gronddam.

Een schematische doorsnede van dezen dam is op teekening 5 gegeven. De proeven zelf waren van weinig belang, met het oog op waterdruk onder stuwen. Wel van belang zijn de gezichtspunten, die door den heer GRUNSKY werden ontwikkeld bij de beraadslaging over de proeven van J. B. HAYS.

De heer GRUNSKY berekent de drukverliezen onder den dam op de volgende wijze:

Hij neemt aan, dat de druk in de lijn AA' gelijk is aan het water boven den dijk en dat het drukverlies tusschen AA' en BB' gelijk is aan $h_1 = \frac{Q\,(AB)}{k\,(AA')}$ en het verhang $\frac{Q}{k\,(AA')} = S.$ (Zie teekening 5.)

Bij het naderen van den damwand CC_0 zal de hoeveelheid Q door een steeds kleiner wordend profiel moeten stroomen en dus het verhang toenemen tot dit maximaal $= s = \frac{Q}{k\,(C_1C_0)}$ wordt. Daarna wordt dit weer grooter tot DD', waar het verhang weer wordt $\frac{Q}{kDD'} = \frac{Q}{kAA'} = S.$ De afstand, waarop de invloed van den damwand zich doet bemerken, neemt hij gelijk aan CC_0, dus $BC = CC_0$. Het gemiddelde verhang van BB' tot DD' neemt hij gelijk aan het gemiddelde van het verhang in BB' en C_0C'. Het resultaat is dan, dat het door den damwand veroorzaakte drukverlies berekend wordt als te zijn $h = \frac{p^2s}{P-p}$. Deze aannamen zijn natuurlijk

niet goed; in de eerste plaats is de druk in A' niet gelijk aan dien in A, maar zal minder zijn. De stroomrichting in een punt op de lijn AA' zal niet horizontaal, maar schuin naar beneden gericht zijn. Verder is het onjuist, dat de invloed van den damwand zich op een bepaald punt plotseling zou doen gevoelen; dit punt ligt in ieder geval veel verder weg.

Min of meer naar analogie van dezen gedachtengang zijn de lijnen van gelijken druk onder het stuwmodel berekend op de volgende wijze:

Aangenomen is, dat in a dezelfde druk heerscht als boven de stuw; dat van a tot b het drukverschil overeenkomt met een strooming met oppervlak f_1, van b tot c met oppervlak f_2, enz. De drukverliezen op de verschillende vakken zijn dan evenredig met: $\frac{ab}{f_1}$, $\frac{bc,}{f_2}$ enz. Daar het totale drukverlies bekend is (100 %), zijn dus de drukken in percenten ter plaatse van de lijnen a, b, c, d, e en g te berekenen. Neemt men nu verder aan, dat tusschen de berekende lijnen de druk lineair verloopt, dan kan men de lijnen van gelijken druk teekenen zooals gedaan is op teekening 5. Voor homogenen grond wordt de druk onder het kleibed te groot, onder den stuwvloer te klein gevonden, als men aanneemt, dat de proeven met homogenen grond gedaan een juist beeld geven, en ook als men aanneemt, dat de theorie van FORCHHEIMER juist is.

Hoewel uit de grafische voorstelling van de drukken tegen den vloer blijkt, dat de op deze wijze toegepaste gedachte van den heer GRUNSKY beter is dan de berekeningsmethode volgens BLIGH, moet toch bij berekening van waterdrukken onder een stuw in homogenen grond aan de methode-Forcheimer de voorkeur worden gegeven, omdat daarbij geen enkele aanname wordt gedaan, waarvan men de onjuistheid kan aantoonen.

Door Dipl. Ing. Dr. B. NATHAN zijn over waterdruk onder stuwvloeren ook proeven genomen. Het resultaat daarvan werd in een dissertatie verwerkt (Braunschweig, 2 September 1921).

Deze vindt voor grof en fijn zand geheel andere drukken, en wel is de druk tegen den onderkant van den vloer bij grof zand veel grooter. Hij schrijft dit toe aan het verstoppen van de lekken in den bovenstroomschen damwand door het fijne zand. De vraag rijst waarom dan de lekken in den benedenstroomschen damwand ook niet verstopt raakten, wat bij het fijne zand weer tot verhoogen van den druk onder den vloer zou leiden. Waarschijnlijker is, dat de poriën aan de bovenstroomsche zijde van het model min of meer verstopt waren bij het fijne zand.

Lijnen van gelijken druk werden bij deze proeven niet opgenomen;

het aantal waarnemingspunten onder de stuw, zes stuks, was daartoe ook veel te klein.

Een zeer lezenswaard artikel schreef Ir. R. LOMAN in „De Ingenieur" 1917, n°. 52. Aan de hand van een groot aantal geschriften over waterdruk onder fundeeringen wijst hij erop, dat drukvermindering kan ontstaan door poreusheid van den betonvloer zelve. Vooral zal dit van belang worden ingeval de doorlaatbaarheid van het beton van dezelfde grootte orde is als de doorlaatbaarheid van den grond.

In het voorgaande en het volgende is steeds een werkelijk waterdichte vloer verondersteld.

De door Ir. R. LOMAN aangehaalde litteratuur heeft voor een groot gedeelte slechts historisch belang; geen enkel artikel is van groot gewicht voor de bepaling van waterdruk onder stuwvloeren. Alleen het artikel van ENGELS in „Zeitschrift für Bauwesen", 1911, blz. 476 zal hier nader besproken worden:

Engels beschrijft daarin, hoe door hem proeven zijn genomen in een zeer groot formaat ⊔ buis, gemaakt van zink met een vierkante doorsnede van 0,50 × 0,50 m. Deze zinken buis had verticale beenen van ongeveer 7 m hoogte en een horizontaal gedeelte van omstreeks 15 m. De zinken buis was door houten en gietijzeren bekleeding tegen den grooten druk bestand gemaakt. Op afstanden van ongeveer 2 m waren manometers in de buis geplaatst. Dit toestel is schematisch op teekening 6 aangegeven. Bij een overdruk van 1011 mm water bedroeg het drukverlies tusschen:

manometer	1	en	2	85	mm.
„	2	„	3	86	„
„	4	„	5	8	„
„	5	„	6	6	„
„	6	„	7	1	„
„	7	„	8	0	„
„	8	„	9	9	„
„	9	„	10	3	„
„	11	„	12	143	„
„	12	„	13	181	„

Dit zeer eigenaardig resultaat moet te wijten zijn aan het niet geheel met zand gevuld zijn van het horizontale gedeelte der buis, zoodat zich langs de bovenste zinkplaat kanaaltjes konden vormen, waardoor het water als door een buis stroomde. Bij de proeven met 2023 mm en 3035 mm overdruk was de druk in manometer 8 zelfs grooter dan in 7. Ir. LOMAN

berekende, dat de houten en ijzeren bekleeding ook eenige vormverandering onderging bij den gebruikten grooten waterdruk, zoodat alleen daardoor ruimte moest ontstaan in de benedenste buis tusschen het zand en den zinken bovenwand.

Engels komt dan voor schoon zand tot de volgende conclusie:

1°. Bij water in rust moet de volle hydrostatische druk in rekening worden gebracht.

2°. Bij stroomend water is de druk onder den vloer voldoende nauwkeurig gelijk aan het gemiddelde van de drukken van onder- en bovenstroomschen waterstand.

3°. „Die durch die Bewegung des Grundwassers hervorgerufene Druckverkleinerung hat erst bei Geschwindigkeiten über 0,5 mm/sek. einen praktisch fühlbaren Einflusz.

Sie kann dann, selbst bei feinerem Sande, auf etwa ein Zehntel der mittleren hydrostatischen Druckhöhe angenommen werden".

Tegen de conclusie onder 1° kan niemand eenig bezwaar hebben, tenminste wanneer de doorlaatbaarheid van den vloer te verwaarloozen klein is in vergelijking met die van den grond.

De conclusie onder 2° is natuurlijk in het algemeen onjuist en die onder 3° is niet duidelijk.

HOOFDSTUK VIII.

CONCLUSIE.

In het voorgaande is aangetoond, dat bij waterkeerende werken, die in homogenen grond gefundeerd zijn, de waterdruk genoegzaam nauwkeurig volgens de methode-Forchheimer berekend kan worden. Er kan dan bij slibhoudend water op gerekend worden, dat de druk die op deze wijze bepaald werd, de grootste druk is, die kan optreden. Is de waterkeering eenigen tijd in bedrijf geweest, dan zal de druk onder de fundeering afnemen. Ten minste wanneer de overdruk steeds van denzelfden kant komt.

In horizontaal gelaagden grond zal de druk niet met dezelfde nauwkeurigheid berekend kunnen worden. Het nemen van modelproeven is dan aan te raden en wellicht kan volgens de methode-Forchheimer eenig resultaat bereikt worden door de lijnen van gelijken druk te bepalen op een teekening van het ontworpen kunstwerk, dat in verticalen zin eenige malen is uitgerekt, dus waarbij de hoogteschaal eenige malen grooter is dan de schaal in horizontalen zin.

Een groote moeilijkheid is hierbij om uit te maken òf en zoo ja, in welke mate de grond gelaagd is, m. a. w. hoe de verhouding is van de doorlaatbaarheid in verticale en horizontale richting.

Een gewone grondboring geeft hierover niets aan. Wellicht is het mogelijk om een grondboring te doen met pijpen van b.v. 1 m doorsnede en daaruit de grond met de hand te ontgraven. Men kan dan den grond in zijn natuurlijke samenstelling waarnemen. De drooghouding van den bodem der put moet met een dieper reikende in de buis geplaatste bronbemaling kunnen geschieden.

Voor het geval dat het kunstwerk gebouwd zal worden in een door damwanden afgesloten bouwput, kunnen bij het droogleggen van dezen bouwput waardevolle gegevens worden verzameld door het waarnemen van de waterdrukken in een aantal putten in de nabijheid van dezen damwand.

De vorm van de lijnen van gelijken druk in homogenen grond is voor dit geval te berekenen; men zie hiervoor: „Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften" IIa 126, Bd. 1917, Ph. FORCHHEIMER.

„Grundwasserbewegung mittels isothermischen Kurvenschaaren".

Wanneer nu uit een aantal waarnemingen van den grondwaterdruk nabij den damwand blijkt, dat de lijnen van gelijken druk in werkelijkheid een flauwer verloop hebben dan door berekening volgens FORCHHEIMER was gevonden, dan mag men daar uit afleiden, dat de grond, ter plaatse van dezen damwand horizontaal gelaagd is.

Zooals op teekening 6 te zien is, geeft de methode-Bligh te hooge drukken aan de hoogwaterzijde van den vloer, maar zullen de drukken aan de laagwaterzijde in werkelijkheid aanzienlijk grooter worden, dan waarop gerekend is volgens deze methode.

Uit teekening 6 blijkt ook, dat volgens geen der methoden drukken worden gevonden, die zoowel aan de hoog- als aan de laagwaterzijde aan den veiligen kant zijn. Er kan dus geen methode worden aanbevolen die resultaten geeft, die voor elke regelmatige grondsoort veilige berekening mogelijk maakt.

In het algemeen kan men wel zeggen, dat waterkeerende kunstwerken in horizontaal gelaagden grond voordeeliger dieper, dan breeder kunnen worden aangelegd. Het doorsijpelen van water onder het kunstwerk door zal door diepe damwanden veel meer belemmerd worden dan door een breeden vloer. Bovendien zal bij eenzelfde lengte van de „line of creep" onderloopsheid veel minder kans hebben om op te treden dan achterloopsheid. In dit laatste geval toch geschiedt de waterbeweging bijna geheel tusschen de minder doorlaatbare lagen door. De snelheid van het uit-

tredende kwelwater zal dus grooter worden dan dit bij de gedeeltelijk verticale en gedeeltelijke horizontale waterbeweging onder het kunstwerk door het geval is.

Er wordt op gewezen, dat het van groot belang is dat bij toepassing van damwanden deze werkelijk waterdicht zijn, zooals COLMAN ook in de beschrijving van zijn proeven opmerkt. Bij ijzeren damplanken moet dus een type worden gebruikt, waarbij het loslaten der verbinding vrijwel onmogelijk is. Vooral bij gelaagden grond is dit van groot belang.

Door het plaatsen van peilputjes onder de stuwen der Maaskanalisatie konden zeer waardevolle gegevens worden verzameld over de werkelijk in de praktijk optredende waterdrukken. Het is zeer aan te bevelen om bij nieuw te bouwen sluizen en stuwen dit voorbeeld te volgen. Niet alleen moet dit leiden tot een beter inzicht in den waterdruk onder fundeeringen in het algemeen, maar ook is aan de hand der waarnemingen een begin van onderloopsheid te constateeren en kan er veel sneller en doelmatiger worden ingegrepen, omdat men met behulp van de waargenomen drukken zal kunnen uitmaken welk gedeelte van de waterkeering in slechten staat is geraakt, nog voordat onaangename gevolgen daarvan zich doen gevoelen.

BIJLAGEN.

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN ROERMOND.

8 uur v.m. Datum.	Waterstand in m + N. A. P.		Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte.					Verhouding nos. 1 en 2 in %.
	Boven de stuw.	Beneden de stuw.		Peilbuis n°. 1.	Peilbuis n°. 2.	Peilbuis n°. 7.	Peilbuis n°. 8.	Peilbuis n°. 9.	
1926.									
21 Maart	16.21	14.77	1.44	59.0	42.3	40.3	38.8	11.1	72
22 „	16.12	14.67	1.45	59.2	42.0	37.9	37.9	10.3	71
23 „	16.04	14.55	1.49	57.0	40.9	37.6	38.9	10.1	72
24 „	15.93	14.54	1.39	51.1	38.1	38.1	36.6	13.0	75
25 „	15.36	14.42	0.94	56.4	48.9	43.7	43.7	12.8	87
28 Maart	15.19	14.28	0.91	57.1	42.9	35.2	37.4	5.5	75
29 „	15.14	14.25	0.89	56.1	45.0	41.6	35.9	4.5	80
3 April	15.58	14.10	1.48	61.0	59.0	43.0	42.0	10.0	97
4 „	16.41	13.95	2.46	57.0	39.0	39.0	37.0	6.0	68
5 April	16.38	13.92	2.46	56.0	40.0	38.0	36.0	5.0	72
6 „	16.35	13.87	2.48	55.0	38.0	37.0	35.0	6.0	69
7 „	16.35	13.83	2.52	51.0	36.0	38.0	34.0	5.0	71
8 „	16.30	13.80	2.50	53.0	38.0	36.0	34.0	4.0	72
9 „	16.26	13.72	2.54	48.0	34.0	33.0	31.0	5.0	71
10 April	16.28	13.78	2.50	47.0	36.0	—	—	—	77
11 „	16.34	13.82	2.52	45.0	32.0	—	—	—	71
12 „	16.33	13.80	2.53	45.0	33.0	—	—	—	73
13 „	16.27	13.77	2.50	45.0	33.0	—	—	—	73
14 „	16.47	13.66	2.81	45.0	33.0	—	—	—	73
15 April	16.38	13.58	2.80	49.0	34.0	—	—	—	70
16 „	16.23	13.59	2.84	46.0	35.0	—	—	—	76
17 „	16.27	13.46	2.81	43.0	31.0	—	—	—	72
18 „	16.34	13.45	2.89	44.0	31.0	—	—	—	70
19 „	16.33	13.46	2.87	47.0	32.0	—	—	—	68
20 April	16.29	13.43	2.86	43.0	32.0	—	—	—	74
21 „	16.37	13.53	2.84	41.0	31.0	—	—	—	76
22 „	16.62	13.96	2.66	38.0	27.0	—	—	—	71
23 „	16.75	14.25	2.50	38.0	28.0	—	—	—	74
24 „	16.64	14.23	2.41	40.0	31.0	—	—	—	78
25 April	16.56	14.18	2.38	42.0	29.0	—	—	—	69
26 „	16.70	14.05	2.65	41.0	29.0	—	—	—	71
27 „	16.60	13.92	2.68	40.0	30.0	—	—	—	75
28 „	16.69	13.78	2.91	40.0	30.0	—	—	—	75
29 „	16.64	13.77	2.87	41.0	29.0	—	—	—	71

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN ROERMOND.

8 uur v.m. Datum.	Waterstand in m + N. A. P.		Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte.					Verhouding nos. 1 en 2 in %.
	Boven de stuw.	Beneden de stuw.		Peilbuis n°. 1.	Peilbuis n°. 2.	Peilbuis n°. 7.	Peilbuis n°. 8.	Peilbuis n°. 9.	
1926.									
30 April	16.66	13.70	2.96	40.0	30.0	—	—	—	75
1 Mei	16.61	13.65	2.96	40.0	31.0	—	—	—	78
2 „	16.54	13.57	2.97	41.0	31.0	—	—	—	76
3 „	16.53	13.56	2.97	40.0	29.0	—	—	—	73
4 Mei	16.37	13.39	2.98	42.0	31.0	—	—	—	74
5 „	16.54	13.56	2.98	39.0	29.0	—	—	—	74
6 „	16.64	13.68	2.96	39.0	28.0	—	—	—	72
7 „	16.64	13.67	2.97	40.0	30.0	—	—	—	75
8 „	16.57	13.58	2.99	41.0	29.0	—	—	—	71
9 Mei	16.53	13.55	2.98	39.0	29.0	—	—	—	74
10 „	16.46	13.48	2.98	39.0	27.0	—	—	—	69
11 „	16.47	13.48	2.99	39.0	28.0	—	—	—	72
12 „	16.39	13.38	3.01	40.1	30.0	—	—	—	75
13 „	16.45	13.48	2.97	40.0	28.0	—	—	—	70
14 Mei	16.46	13.44	3.02	38.0	28.0	—	—	—	74
15 „	16.43	13.43	3.00	40.0	29.0	—	—	—	73
16 „	16.43	13.46	2.97	40.0	30.0	—	—	—	75
17 „	16.80	14.15	2.65	33.0	23.0	—	—	—	70
22 „	16.23	15.10	1.13	62.0	46.8	43.3	42.4	11.5	76
23 Mei	16.64	14.70	1.94	60.9	43.8	43.4	40.2	30.9	72
24 „	16.70	14.71	1.99	58.8	41.6	41.6	38.2	4.5	71
25 „	16.69	14.53	2.16	55.1	40.3	40.3	38.4	5.6	73
26 „	16.72	14.38	2.34	56.3	42.6	39.2	38.4	6.4	76
27 „	16.76	14.20	2.56	56.7	42.9	40.6	39.1	6.6	76
28 Mei	16.77	14.49	2.28	56.0	40.3	37.2	37.2	4.8	72
29 „	16.73	14.51	2.22	52.3	38.7	36.1	35.6	5.4	74
30 „	16.78	14.90	1.80	51.0	37.7	34.6	34.6	3.2	74
31 „	16.74	15.10	1.64	49.9	37.1	37.7	36.5	12.2	74
1 Juni	16.71	15.10	1.61	53.0	38.0	—	—	—	72
2 „	16.72	15.31	1.41	49.0	36.0	—	—	—	74
3 „	16.67	15.17	1.50	49.0	37.0	—	—	—	75
4 „	16.51	14.82	1.69	50.0	35.0	—	—	—	70
5 „	16.20	14.63	1.57	51.0	40.0	—	—	—	79

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN ROERMOND.

8 uur v.m. Datum.	Waterstand in m + N. A. P.		Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte.					Verhouding nos. 1 en 2 in %.
	Boven de stuw.	Beneden de stuw.		Peilbuis n°. 1.	Peilbuis n°. 2.	Peilbuis n°. 7.	Peilbuis n°. 8.	Peilbuis n°. 9.	
1926.									
6 Juni	16.68	14.36	2.32	47.0	34.0	—	—	—	73
7 „	16.67	14.04	2.63	51.0	37.0	—	—	—	73
8 „	16.77	14.22	2.55	46.0	37.0	—	—	—	81
9 „	16.75	14.21	2.54	47.0	32.0	—	—	—	68
10 „	16.73	14.15	2.59	47.0	36.0	—	—	—	77
11 Juni	16.72	14.15	2.57	46.0	35.0	—	—	—	76
12 „	16.74	14.54	2.20	44.0	31.0	—	—	—	70
13 „	16.75	14.27	2.48	45.0	33.0	—	—	—	73
14 „	16.72	14.57	2.15	42.0	31.0	—	—	—	74
15 „	16.67	15.27	1.40	43.0	30.0	—	—	—	70
16 Juni	16.74	15.40	1.34	43.0	36.0	—	—	—	84
17 „	16.67	14.97	1.70	46.0	36.0	—	—	—	78
18 „	16.69	14.85	1.84	45.0	35.0	—	—	—	78
19 „	16.77	15.20	1.57	47.0	34.0	—	—	—	72
24 „	16.08	15.31	0.77	63.7	48.1	49.4	46.7	10.4	75
25 Juni	15.59	15.00	0.59	66.2	52.7	47.5	44.1	6.8	79
26 „	15.76	14.65	1.11	64.9	48.6	46.8	46.8	10.8	75
27 „	15.72	14.58	1.14	62.3	46.5	43.9	41.3	9.7	75
28 „	15.73	14.39	1.34	60.5	46.3	43.3	41.8	9.0	77
29 „	15.82	14.26	1.56	61.6	44.3	43.0	42.3	10.9	72
30 Juni	15.76	14.12	1.64	66.3	45.1	43.3	40.2	9.1	68
1 Juli	15.76	14.03	1.73	60.0	42.7	41.0	40.4	9.3	71
2 „	15.68	13.83	1.85	58.0	43.0	—	—	—	74
3 „	16.45	13.77	2.68	53.0	38.0	—	—	—	72
4 Juli	15.57	13.67	2.90	53.0	38.0	—	—	—	72
5 „	16.71	13.76	2.95	48.7	36.2	34.2	34.2	5.8	74
6 „	16.67	14.46	2.21	45.0	33.0	—	—	—	73
7 „	16.58	14.05	2.53	45.0	34.0	—	—	—	76
8 „	16.68	13.83	2.85	50.0	34.0	—	—	—	68
9 Juli	16.73	13.90	2.83	45.0	32.2	30.0	30.4	2.8	72
10 „	16.74	13.85	2.89	45.0	32.0	—	—	—	73
11 „	16.72	13.85	2.87	44.0	31.0	—	—	—	71
13 „	16.66	13.67	2.99	43.4	32.1	30.1	28.7	5.0	74
17 „	16.48	13.44	3.04	43.4	32.1	30.8	—	2.6	74

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN ROERMOND.

8 uur v.m. Datum.	Waterstand in m + N. A. P.		Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte.					Verhouding nos. 1 en 2 in %.
	Boven de stuw.	Beneden de stuw.		Peilbuis n°. 1.	Peilbuis n°. 2.	Peilbuis n°. 7.	Peilbuis n°. 8.	Peilbuis n°. 9.	
1926.									
21 Juli	16.40	13.40	3.00	42.3	31.6	28.9	27.6	5.0	75
25 „	16.26	13.39	2.87	42.1	31.7	29.9	28.9	4.5	75
29 „	16.44	13.44	3.00	39.6	29.6	27.6	26.9	4.7	75
2 Aug.	16.33	13.35	2.98	41.2	30.5	28.8	27.8	5.4	74
4 Aug.	16.20	13.22	2.98	41.0	30.0	—	—	—	73
5 „	16.13	13.14	2.99	42.0	29.0	—	—	—	69
6 „	16.18	13.21	2.97	40.7	31.7	28.3	27.3	5.4	78
7 „	16.14	13.17	2.97	39.0	30.0	—	—	—	77
8 „	16.28	13.32	2.96	40.0	29.0	—	—	—	72
9 Aug.	16.49	13.71	2.78	37.0	26.0	—	—	—	70
10 „	16.51	13.74	2.77	39.3	28.5	27.3	25.9	3.2	73
11 „	16.40	13.43	2.97	41.0	32.0	—	—	—	78
12 „	16.42	13.49	2.93	41.0	29.0	—	—	—	71
13 „	16.38	13.50	2.88	40.0	29.0	—	—	—	72
14 Aug.	16.38	13.41	2.97	38.4	27.6	25.6	24.9	2.7	72
18 „	16.08	13.10	2.98	40.9	29.6	29.2	27.8	5.4	72
22 „	16.26	13.27	2.99	39.1	27.4	27.1	25.7	4.0	70
26 „	16.43	13.42	3.01	41.2	29.6	28.2	27.9	4.6	72
30 „	16.12	13.14	2.98	38.9	29.8	26.5	26.5	4.7	77
3 Sept.	16.00	12.98	3.02	44.6	28.8	28.5	28.1	5.0	64
7 „	15.92	12.95	2.97	40.8	29.3	27.2	27.2	6.7	72
11 „	15.97	12.97	3.00	39.4	28.0	27.0	26.3	6.0	71
15 „	15.89	12.90	2.99	39.4	29.4	27.3	27.3	6.7	75
17 Sept.	15.93	12.95	2.98	40.0	29.0	28.0	27.0	7.0	72
18 „	15.79	12.81	2.98	39.0	30.0	28.0	27.0	7.0	77
19 „	15.77	12.78	2.99	40.0	30.0	27.0	28.0	7.0	75
20 „	15.78	12.78	3.00	39.0	30.0	27.0	27.0	8.0	77
21 „	15.79	12.77	3.02	39.0	29.0	27.0	27.0	8.0	74
22 Sept.	15.77	12.78	2.99	40.0	30.0	28.0	28.0	8.0	75
23 „	15.79	12.79	3.00	42.0	30.0	28.0	27.0	8.0	72
24 „	15.87	12.84	3.03	39.0	29.0	27.0	26.0	8.0	74
25 „	15.72	12.70	3.02	40.0	31.0	29.0	28.0	14.0	78
26 „	15.81	12.80	3.01	39.0	30.0	27.0	28.0	8.0	77

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN ROERMOND.

8 uur v.m. Datum.	Waterstand in m + N. A. P.		Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte.					Verhouding nos. 1 en 2 in %.
	Boven de stuw.	Beneden de stuw.		Peilbuis n°. 1.	Peilbuis n°. 2.	Peilbuis n°. 7.	Peilbuis n°. 8.	Peilbuis n°. 9.	
1926.									
27 Sept.	15.78	12.77	3.01	39.0	29.0	27.0	26.0	7.0	74
28 „	15.77	12.76	3.01	39.0	29.0	27.0	26.0	7.0	74
29 „	15.88	12.88	3.00	37.0	28.0	25.0	26.0	7.0	76
30 „	16.22	13.17	3.05	34.0	25.0	23.0	25.0	7.0	74
1 Oct.	15.79	12.79	3.00	40.0	30.0	28.0	28.0	7.3	75
2 „	15.79	12.78	3.01	38.0	29.0	27.0	26.0	8.0	76
3 „	15.86	12.84	3.02	39.0	29.0	27.0	27.0	8.0	74
4 „	15.79	12.78	3.01	39.0	29.0	28.0	27.0	7.0	74
5 „	15.74	12.74	3.00	39.0	29.0	27.0	26.0	7.0	74
6 Oct.	15.69	12.68	3.01	39.0	29.0	27.0	26.0	7.0	74
7 „	15.73	12.73	3.00	39.0	29.0	27.0	27.0	8.0	74
9 „	15.82	12.80	3.02	38.1	29.4	26.5	26.8	8.0	77
10 „	15.92	12.90	3.02	38.0	28.0	—	—	—	74
11 „	15.94	12.97	2.97	39.0	27.0	—	—	—	71
12 Oct.	15.99	13.00	2.99	37.0	26.0	—	—	—	70
13 „	15.88	12.90	2.98	38.9	28.8	25.1	26.2	5.7	74
14 „	15.83	12.83	3.00	38.0	30.0	—	—	—	79
15 „	16.09	13.04	3.05	37.0	28.0	—	—	—	76
16 „	16.30	13.01	3.29	36.0	26.0	—	—	—	73
17 Oct.	16.28	13.03	3.25	36.6	26.1	25.5	25.2	5.5	72
18 „	16.33	13.09	3.24	37.0	27.0	—	—	—	73
19 „	16.22	12.98	3.24	38.0	27.0	—	—	—	71
20 „	16.26	13.00	3.26	38.0	28.0	—	—	—	74
21 „	16.19	12.95	3.24	37.7	27.8	26.6	25.3	6.2	75
22 Oct.	16.23	12.98	3.25	37.0	27.0	—	—	—	73
23 „	16.19	12.97	3.22	37.0	27.0	—	—	—	73
24 „	16.18	12.91	3.27	38.0	28.0	—	—	—	74
25 „	16.22	12.98	3.24	37.6	27.1	25.9	25.3	5.6	72
26 „	16.56	13.32	3.24	34.3	23.7	23.1	22.5	4.3	69
27 Oct.	16.71	15.86	0.85	10.6	3.5	5.9	2.4	− 12.9	33
28 „	16.53	15.70	0.83	32.6	21.7	18.1	17.9	8.4	67
29 „	16.17	15.07	1.10	36.4	30.9	23.6	25.4	2.7	85
30 „	15.89	14.33	1.56	39.6	30.9	26.2	26.9	6.4	78
31 „	16.70	15.86	0.84	22.6	15.5	4.8	− 3.6	− 41.6	68

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN ROERMOND.

8 uur v.m. Datum.	Waterstand in m + N. A. P.		Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte.					Verhouding nos. 1 en 2 in %.
	Boven de stuw.	Beneden de stuw.		Peilbuis n°. 1.	Peilbuis n°. 2.	Peilbuis n°. 7.	Peilbuis n°. 8.	Peilbuis n°. 9.	
1926.									
21 Nov.	16.22	15.02	1.20	67.0	51.0	—	—	—	76
22 „	16.17	15.00	1.17	62.0	50.0	—	—	—	80
23 „	16.39	15.20	1.19	55.0	40.0	—	—	—	73
24 „	16.39	15.24	1.15	57.0	43.0	—	—	—	74
25 Nov.	16.40	15.23	1.17	58.0	44.0	—	—	—	76
26 „	16.27	15.05	1.22	57.0	40.0	—	—	—	70
27 „	16.24	14.95	1.29	60.0	42.0	—	—	—	70
28 „	16.21	14.85	1.30	57.0	42.0	—	—	—	74
29 „	16.20	14.83	1.37	57.0	42.0	—	—	—	74
30 Nov.	16.29	14.97	1.32	57.0	39.0	—	—	—	68
1 Dec.	16.28	14.96	1.32	56.0	42.0	—	—	—	75
2 „	16.11	14.69	1.42	56.0	42.0	—	—	—	75
3 „	16.26	14.43	1.83	58.0	41.0	—	—	—	71
4 Dec.	16.20	14.34	1.86	57.0	41.0	—	—	—	72
5 „	16.35	14.56	1.79	55.0	39.0	—	—	—	71
6 „	16.39	14.63	1.76	55.0	40.0	—	—	—	73
7 „	15.98	14.58	1.40	54.0	41.0	—	—	—	76
8 „	15.93	14.45	1.48	59.0	42.0	—	—	—	74
9 Dec.	15.82	14.23	1.59	49.0	40.0	—	—	—	82
10 „	15.83	14.33	1.50	55.0	40.0	—	—	—	73
11 „	15.87	14.38	1.49	55.0	40.0	—	—	—	73
12 „	16.12	14.29	1.83	54.0	38.0	—	—	—	70
13 „	15.98	14.05	1.93	51.0	39.0	—	—	—	72
14 Dec.	16.43	14.08	2.35	54.0	37.0	—	—	—	69
15 „	16.45	14.14	2.31	52.0	36.0	—	—	—	69
16 „	16.59	14.30	2.29	52.0	36.0	—	—	—	69
17 „	16.39	14.22	2.17	50.0	33.0	—	—	—	66
18 „	16.61	14.30	2.31	50.0	35.0	—	—	—	70
19 Dec.	16.64	15.60	1.04	44.0	32.0	—	—	—	73
20 „	16.66	15.90	0.76	49.0	41.0	—	—	—	84
21 „	16.56	15.81	0.75	52.0	40.0	—	—	—	77
22 „	16.55	15.60	0.95	48.0	37.0	—	—	—	77
23 „	16.52	15.39	1.13	52.0	42.0	—	—	—	81

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN ROERMOND.

8 uur v.m. Datum.	Waterstand in m + N. A. P.		Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte.					Verhouding nos. 1 en 2 in %.
	Boven de stuw.	Beneden de stuw.		Peilbuis n°. 1.	Peilbuis n°. 2.	Peilbuis n°. 7.	Peilbuis n°. 8.	Peilbuis n°. 9.	
1926.									
24 Dec.	16.39	15.10	1.29	52.0	38.0	—	—	—	73
25 „	16.52	14.67	1.85	54.0	38.0	—	—	—	70
26 „	16.43	14.53	1.90	53.0	37.0	—	—	—	70
27 „	16.31	14.27	2.04	54.0	37.0	—	—	—	69
28 „	16.62	14.71	1.91	52.0	36.0	—	—	—	69
29 Dec.	16.10	14.49	1.61	52.0	40.0	—	—	—	77
30 „	16.18	14.36	1.82	53.0	37.0	—	—	—	70
31 „	16.42	14.86	1.56	51.0	35.0	—	—	—	69

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN LINNE.

8 uur v.m. Datum.	Waterst. in m + N.A.P. Boven de stuw.	Waterst. in m + N.A.P. Beneden de stuw.	Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte. Peilbuis n°. 4.	Peilbuis n°. 5.	Peilbuis n°. 11.	Peilbuis n°. 12.	Peilbuis n°. 13.	Peilbuis n°. 6.	Peilbuis n°. 14.	Peilbuis n°. 15.	Peilbuis n°. 16.	Verhouding n°. 4 en 5 in %.
1926.													
22 Maart	19.90	18.00	1.90	70.0	50.0	—	—	—	70.0	—	—	—	71
23 „	20.35	17.80	2.55	68.2	47.0	—	—	—	67.4	—	—	—	69
24 „	20.38	17.75	2.63	66.0	45.5	—	—	—	66.0	—	—	—	68
25 „	20.36	17.60	2.76	67.0	47.0	—	—	—	67.0	—	—	—	70
26 „	19.90	17.60	2.30	67.4	47.8	—	—	—	68.7	—	—	—	72
27 Maart	19.85	17.40	2.45	68.0	49.0	—	—	—	69.3	—	—	—	72
29 „	19.89	17.50	2.39	67.3	48.0	—	—	—	67.3	—	—	—	72
30 „	19.90	17.50	2.40	67.0	48.0	—	—	—	67.0	—	—	—	72
31 „	19.99	17.60	2.39	67.3	48.1	—	—	—	67.3	—	—	—	72
1 April	19.88	17.80	2.08	65.8	43.7	—	—	—	65.8	—	—	—	67
6 „	19.66	17.55	2.11	64.0	44.0	—	—	—	64.0	—	—	—	65
7 „	19.40	17.70	1.70	59.0	41.0	—	—	—	—	—	—	—	69
8 „	18.00	17.50	0.50	184.0	84.0	—	—	—	—	—	—	—	84
12 „	18.30	17.50	0.80	65.0	56.0	—	—	—	—	—	—	—	81
13 April	18.00	17.40	0.60	78.0	75.0	—	—	—	78.0	—	—	—	96
14 „	18.20	17.60	0.60	70.0	45.0	—	—	—	—	—	—	—	69
15 „	18.00	17.30	0.70	85.0	73.0	—	—	—	—	—	—	—	86
16 „	17.80	17.20	0.60	92.0	75.0	—	—	—	—	—	—	—	81
17 „	18.80	17.40	1.40	69.2	44.3	—	—	—	68.0	—	—	—	64
19 April	18.98	17.50	1.48	64.0	41.0	—	—	—	—	—	—	—	64
20 „	19.00	17.45	1.55	65.0	43.0	—	—	—	—	—	—	—	66
21 „	19.05	17.50	1.55	64.5	42.0	—	—	—	62.5	—	—	—	66
22 „	19.45	17.85	1.60	67.0	47.0	—	—	—	—	—	—	—	70
23 „	19.48	18.00	1.48	64.0	44.0	—	—	—	—	—	—	—	69
24 April	19.40	17.95	1.45	65.0	44.0	—	—	—	—	—	—	—	68
26 „	19.60	17.80	1.80	64.0	46.0	—	—	—	—	—	—	—	72
27 „	19.60	17.70	1.90	63.0	44.0	—	—	—	—	—	—	—	70
29 „	19.58	17.55	2.03	64.0	44.3	—	—	—	63.0	—	—	—	69
3 Mei	19.70	17.50	2.20	59.0	40.0	—	—	—	58.0	—	—	—	68
7 „	19.79	17.68	2.11	54.0	35.0	—	—	—	53.0	—	—	—	65
11 „	19.70	17.50	2.20	53.0	35.9	—	—	—	52.2	—	—	—	68
15 „	19.67	17.45	2.22	65.0	36.0	—	—	—	50.9	—	—	—	55
27 „	19.89	18.00	1.89	66.0	45.0	—	—	—	65.0	—	—	—	68

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN LINNE.

8 uur v.m. Datum.	Waterst. in m + N.A.P. Boven de stuw.	Waterst. in m + N.A.P. Beneden de stuw.	Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte. Peilbuis n°. 4.	Peilbuis n°. 5.	Peilbuis n°. 11.	Peilbuis n°. 12.	Peilbuis n°. 13.	Peilbuis n°. 6.	Peilbuis n°. 14.	Peilbuis n°. 15.	Peilbuis n°. 16.	Verhouding n°. 4 en 5 in %.
1926.													
31 Mei	20.02	18.75	1.27	66.0	44.0	—	—	—	64.5	—	—	—	67
4 Juni	19.90	18.40	1.50	64.6	43.5	—	—	—	63.3	—	—	—	68
8 „	20.00	18.10	1.90	60.5	39.5	—	—	—	59.5	—	—	—	67
12 „	20.10	18.30	1.80	56.5	39.0	38.0	31.0	– 2.2	56.0	38.3	30.5	0.6	68
16 Juni	20.18	19.00	1.18	55.0	40.5	41.5	30.5	2.5	53.5	39.8	29.6	2.5	75
24 „	20.35	18.80	1.55	66.5	45.2	42.5	36.0	– 1.3	65.0	43.0	34.8	0.6	67
28 „	20.30	18.10	2.20	62.7	39.0	41.5	33.2	– 0.9	61.8	42.7	33.2	0.0	62
29 „	20.40	18.10	2.30	60.0	36.0	—	—	—	—	—	—	—	60
30 „	20.30	18.00	2.30	61.0	38.0	—	—	—	—	—	—	—	62
1 Juli	20.10	17.85	2.25	60.0	39.0	—	—	—	—	—	—	—	65
3 „	20.00	17.70	2.30	61.0	40.0	—	—	—	—	—	—	—	65
5 „	20.10	17.80	2.30	59.0	39.0	—	—	—	—	—	—	—	66
6 „	20.06	18.20	1.86	56.5	37.6	37.6	32.8	0.6	55.3	37.0	31.8	0.0	67
10 Juli	20.00	17.80	2.20	55.0	37.6	35.8	31.3	1.6	54.2	36.4	30.5	1.4	69
14 „	19.94	17.58	2.36	53.8	36.8	37.2	31.8	0.4	53.0	36.8	30.5	1.3	69
15 „	19.92	7.45	2.47	54.0	37.0	—	—	—	—	—	—	—	69
16 „	19.90	17.40	2.50	54.0	36.0	—	—	—	—	—	—	—	67
17 „	20.05	17.60	2.45	50.0	33.0	—	—	—	—	—	—	—	66
19 Juli	19.90	17.35	2.55	51.0	36.0	—	—	—	—	—	—	—	71
20 „	19.85	17.30	2.55	52.0	35.0	—	—	—	—	—	—	—	67
21 „	19.98	17.45	2.53	49.0	34.0	—	—	—	—	—	—	—	69
22 „	19.95	17.55	2.40	50.0	30.0	33.8	29.6	2.0	49.1	37.7	29.0	3.3	60
23 „	19.80	17.50	2.30	50.0	36.0	—	—	—	—	—	—	—	72
24 Juli	19.50	17.40	2.10	52.0	38.0	—	—	—	—	—	—	—	73
26 „	19.20	17.30	1.90	52.7	36.8	37.3	32.0	3.1	51.5	37.4	30.5	4.2	70
27 „	17.88	17.30	0.58	90.0	69.0	—	—	—	—	—	—	—	72
20 Aug.	19.35	17.15	2.20	63.0	41.0	41.0	35.0	3.0	62.0	41.0	35.0	3.0	65
21 „	19.30	17.10	2.20	60.0	44.0	42.0	38.0	5.0	64.0	42.0	37.0	5.0	73
23 „	19.60	17.60	2.00	59.0	39.0	40.0	33.0	3.0	58.0	40.0	33.0	3.0	66
24 „	19.58	17.50	2.08	58.0	40.0	38.0	34.0	5.0	57.0	38.0	34.0	5.0	69
25 „	19.55	17.48	2.07	57.0	40.0	39.0	34.0	4.0	57.0	40.0	34.0	5.0	70

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN LINNE.

8 uur v.m. Datum.	Waterst. in m + N.A.P. Boven de stuw.	Waterst. in m + N.A.P. Beneden de stuw.	Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte. Peilbuis n°. 4.	Peilbuis n°. 5.	Peilbuis n°. 11.	Peilbuis n°. 12.	Peilbuis n°. 13.	Peilbuis n°. 6.	Peilbuis n°. 14.	Peilbuis n°. 15.	Peilbuis n°. 16.	Verhouding n°. 4 en 5 in %.
1926.													
26 Aug.	19.50	17.40	2.10	56.0	39.0	39.0	34.0	3.0	55.0	40.0	34.0	4.0	70
27 „	19.39	17.20	2.19	57.0	39.0	40.0	35.0	4.0	56.0	40.0	33.0	4.0	68
28 „	19.30	17.05	2.25	58.0	40.0	40.0	35.0	5.0	57.0	40.0	35.0	6.0	69
30 „	19.30	17.10	2.20	57.0	40.0	—	—	—	—	—	—	—	70
31 „	18.90	17.10	1.80	58.0	42.0	—	—	—	—	—	—	—	72
1 Sept.	19.25	16.95	2.30	56.0	39.0	—	—	—	—	—	—	—	70
2 „	19.20	16.90	2.30	57.0	40.0	40.0	34.0	4.0	56.0	40.0	33.0	5.0	70
3 „	19.25	17.00	2.25	56.0	39.0	—	—	—	—	—	—	—	70
6 „	19.25	16.90	2.35	55.0	39.0	38.0	34.0	6.0	55.0	38.0	33.0	6.0	71
10 „	19.25	16.90	2.35	53.0	38.0	38.0	33.0	6.0	52.0	38.0	32.0	6.0	72
14 Sept.	19.25	16.90	2.35	52.0	37.0	37.0	31.0	4.0	54.0	37.0	31.0	6.0	71
18 „	19.15	16.80	2.35	53.0	38.0	37.0	32.0	3.0	52.0	37.0	32.0	5.0	72
22 „	19.16	16.79	2.37	52.0	37.0	37.0	32.0	3.0	51.0	37.0	32.0	5.0	71
24 „	19.25	16.90	2.35	50.0	36.0	—	—	—	—	—	—	—	72
25 „	19.10	16.70	2.40	53.0	37.0	—	—	—	—	—	—	—	70
27 Sept.	19.15	16.76	2.39	51.0	37.0	—	—	—	—	—	—	—	73
28 „	19.15	16.80	2.35	50.0	36.0	—	—	—	—	—	—	—	72
29 „	19.20	16.80	2.40	52.0	39.0	—	—	—	—	—	—	—	75
30 „	19.40	17.20	2.20	46.0	33.0	34.0	28.0	2.0	45.0	34.0	27.0	3.0	72
1 Oct.	19.14	16.80	2.34	50.0	36.0	36.0	30.0	1.7	50.0	36.0	30.0	2.6	72
2 „	19.18	16.82	2.36	49.0	35.0	34.0	30.0	3.8	30.0	34.0	30.0	3.8	71
4 „	19.15	16.80	2.35	49.0	35.0	35.0	31.0	2.6	48.0	35.0	30.0	2.6	71
5 „	19.15	16.76	2.39	50.0	35.0	36.0	31.0	3.3	49.0	36.0	30.0	3.8	70
6 „	19.10	16.70	2.40	50.0	36.0	35.0	31.0	3.7	49.0	35.0	30.0	4.2	72
7 Oct.	19.10	16.72	2.38	50.0	36.0	36.0	32.0	3.8	49.0	36.0	30.0	4.2	72
8 „	19.20	16.85	2.35	51.0	35.0	34.0	29.0	3.4	48.0	34.0	28.0	3.8	69
9 „	19.15	16.78	2.37	49.0	35.0	35.0	31.0	2.9	49.0	36.0	30.0	3.4	71
11 „	19.22	16.90	2.32	48.0	35.0	34.0	30.0	3.4	47.0	34.0	29.0	3.9	73
12 „	19.30	17.05	2.25	47.0	33.0	33.0	28.0	2.2	46.0	33.0	23.0	2.7	70
13 Oct.	19.20	16.90	2.30	48.0	35.0	34.0	30.0	3.0	48.0	34.0	28.0	3.5	73
14 „	19.17	16.80	2.37	48.0	35.0	36.0	31.0	4.2	48.0	36.0	30.0	4.6	73
15 „	19.40	17.00	2.40	47.0	33.0	33.0	27.0	2.1	46.0	33.0	27.0	2.1	70
16 „	20.00	17.20	2.80	45.0	29.0	30.0	26.0	– 2.1	44.0	30.0	25.0	– 1.1	64
18 „	20.00	17.20	2.80	46.0	32.0	31.0	27.0	– 0.7	44.0	31.0	26.0	0.7	70

WAARNEMINGEN PEILBUIZEN LINNE.

8 uur v.m. Datum.	Waterst. in m + N.A.P. Boven de stuw.	Waterst. in m + N.A.P. Beneden de stuw.	Hoogte van opstuwing in m.	Verschil met waterstand beneden de stuw in % van de stuwhoogte. Peilbuis n°. 4.	Peilbuis n°. 5.	Peilbuis n°. 11.	Peilbuis n°. 12.	Peilbuis n°. 13.	Peilbuis n°. 6.	Peilbuis n°. 14.	Peilbuis n°. 15.	Peilbuis n°. 16.	Verhouding n°. 4 en 5 in %.
1926.													
19 Oct.	19.97	17.10	2.87	45.0	31.0	—	—	—	—	—	—	—	69
20 „	20.01	17.00	3.01	50.0	37.0	37.0	33.0	10.0	49.0	37.0	32.0	14.0	74
21 „	20.00	16.90	3.10	50.0	36.0	36.0	33.0	12.0	49.0	36.0	32.0	15.0	72
22 „	20.00	16.95	3.05	50.0	36.0	36.0	32.0	10.0	49.0	36.0	31.0	13.0	72
23 „	20.00	16.92	3.08	49.0	36.0	35.0	32.0	11.0	49.0	35.0	31.0	14.0	74
25 Oct.	20.02	17.00	3.02	48.0	34.0	35.0	31.0	10.0	48.0	35.0	30.0	14.0	71
26 „	20.30	17.50	2.80	46.0	33.0	35.0	31.0	9.0	46.0	35.0	30.0	9.0	72
27 „	20.59	19.40	1.19	38.0	29.0	29.0	18.0	16.0	36.0	29.0	18.0	16.0	76
28 „	20.38	19.00	1.38	46.0	33.0	34.0	26.0	1.0	45.0	34.0	24.0	1.0	72
29 „	20.14	18.60	1.54	42.0	31.0	31.0	23.0	6.0	42.0	31.0	21.0	5.0	74
30 Oct.	19.90	17.90	2.00	44.0	33.0	33.0	27.0	2.0	43.0	33.0	26.0	1.0	75
23 Nov.	20.20	18.70	1.50	68.0	49.0	46.0	39.0	4.0	68.0	47.0	39.0	4.0	72
24 „	19.40	18.80	0.60	97.0	72.0	68.0	48.0	7.0	94.0	70.0	48.0	7.0	74
25 „	19.38	18.70	0.68	93.0	66.0	69.0	50.0	15.0	90.0	71.0	50.0	15.0	71
27 Nov.	19.20	18.44	0.76	87.0	67.0	62.0	49.0	12.0	84.0	63.0	49.0	12.0	77
29 „	19.70	18.40	1.30	67.0	46.0	45.0	35.0	5.0	65.0	45.0	35.0	5.0	69
30 „	20.00	18.70	1.30	58.0	37.0	37.0	26.0	8.0	56.0	38.0	26.0	8.0	64
1 Dec.	19.95	18.55	1.40	64.0	43.0	43.0	34.0	1.0	63.0	44.0	34.0	1.0	67
2 Dec.	19.80	18.30	1.50	63.0	42.0	40.0	34.0	2.0	64.0	41.0	34.0	2.0	67
6 „	19.90	18.30	1.60	59.0	39.0	39.0	32.0	1.0	58.0	40.0	32.0	2.0	66
10 „	19.88	18.00	1.88	55.0	35.0	34.0	29.0	2.0	54.0	35.0	29.0	2.0	64
14 „	19.80	17.90	1.90	53.0	34.0	35.0	29.0	0.0	52.0	35.0	29.0	1.0	64
18 „	19.85	18.00	1.85	51.0	35.0	36.0	30.0	2.0	50.0	36.0	30.0	2.0	69
20 Dec.	20.25	19.20	1.05	52.0	35.0	34.0	24.0	5.0	50.0	35.0	24.0	5.0	67
21 „	20.10	19.05	1.05	55.0	39.0	39.0	28.0	1.0	53.0	40.0	28.0	1.0	71
22 „	20.10	18.90	1.20	52.0	37.0	37.0	27.0	3.0	50.0	38.0	27.0	3.0	71
23 „	19.95	18.70	1.25	53.0	39.0	38.0	28.0	3.0	51.0	38.0	28.0	3.0	74
24 „	19.95	18.50	1.45	51.0	37.0	35.0	27.0	1.0	49.0	36.0	27.0	1.0	73
27 Dec.	19.80	18.00	1.80	48.0	33.0	33.0	24.0	2.0	47.0	33.0	24.0	2.0	69
28 „	20.20	18.60	1.60	45.0	30.0	31.0	24.0	1.0	44.0	32.0	24.0	1.0	67
29 „	19.80	17.90	1.90	52.0	37.0	36.0	30.0	4.0	51.0	36.0	30.0	4.0	71
30 „	19.88	18.00	1.88	48.0	32.0	32.0	26.0	0.0	47.0	33.0	26.0	0.0	67
31 „	20.08	18.40	1.68	48.0	34.0	34.0	27.0	2.0	47.0	35.0	27.0	2.0	71

STUW IN HOMOGENEN GROND.

Nummer proef	1	2	3	4	5	6	Gemiddelde der proeven 1 t/m 6.	Opmerkingen.
Datum	16 Fbr. 1928	16 Fbr. 1928	16 Fbr. 1928	16 Fbr. 1928	16 Fbr. 1928	17 Fbr. 1928		
Verschil boven- en benedenwater	283.2	299.3	299.2	299.1	299.2	299.0		
Nummer buisje	Drukhoogte in % van het verschil tusschen boven- en benedenwater.							
1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
2	97.3	93.8	95.4	95.4	95.3	95.2	95.4	
3	94.5	94.1	94.1	94.2	94.1	94.1	94.2	
4	91.8	91.1	92.5	91.5	91.8	91.9	91.8	
5	87.3	88.0	88.3	88.5	88.5	89.2	88.3	
6	86.8	87.1	87.3	87.7	87.7	88.0	87.4	
7	75.3	75.3	75.1	75.7	76.0	76.8	75.7	
8	75.4	74.8	75.2	75.2	75.5	76.4	75.4	
9	72.4	72.4	*75.4	73.8	74.0	74.7	73.5	
10	80.3	79.8	79.9	80.1	80.3	81.0	80.1	
11	84.4	84.3	84.1	84.2	84.4	85.0	84.4	
12	78.7	78.3	78.5	78.5	79.6	79.5	78.8	
13	73.8	73.4	73.9	73.7	73.8	74.6	73.9	
14	73.1	72.0	72.7	72.7	72.7	73.6	72.8	
15	73.0	72.5	72.6	72.8	73.0	73.8	73.0	
16	71.4	69.0	70.8	70.5	70.8	71.5	70.7	
17	70.4	69.0	70.1	70.0	70.1	71.1	70.1	
18	*72.8	68.5	69.0	69.1	69.2	70.0	69.2	
19	66.6	66.3	66.5	66.2	66.9	67.9	66.7	
20	68.5	67.9	68.3	68.4	68.5	69.4	68.5	
21	65.9	*62.9	67.7	67.7	67.7	68.6	67.5	
22	53.7	51.6	55.7	53.3	53.3	54.4	53.7	
23	64.4	64.2	64.4	64.5	64.7	65.5	64.6	
24	55.3	55.2	55.7	55.7	55.8	57.1	55.8	
25	66.6	66.5	67.0	67.0	67.2	67.7	67.0	
26	59.9	59.9	60.3	60.4	60.6	61.5	60.4	
27	59.8	59.6	60.1	60.1	60.3	61.2	60.2	
28	52.4	52.5	54.8	54.9	55.4	55.3	54.2	
29	52.2	50.9	51.2	52.1	52.2	53.3	52.0	
30	51.8	52.1	52.7	52.7	52.8	53.7	52.6	
31	46.4	46.7	47.6	46.9	47.1	48.1	47.1	

BIJLAGE II *(Vervolg)*.

STUW IN HOMOGENEN GROND.

Nummer proef	1	2	3	4	5	6	Gemiddelde der proeven van 1 t/m 6.	Opmerkingen.
Datum	16 Fbr. 1928	16 Fbr. 1928	16 Fbr. 1928	16 Fbr. 1928	16 Fbr. 1928	17 Fbr. 1928		
Verschil boven- en benedenwater	283.2	299.3	299.2	299.1	299.2	299.0		
Nummer buisje	Drukhoogte in % van het verschil tusschen boven- en benedenwater.							
32	44.0	43.7	44.0	44.0	42.2	45.0	44.2	
33	48.9	46.8	47.2	47.2	47.3	47.8	47.5	
34	40.4	40.2	40.7	41.0	40.7	41.4	40.7	
35	40.5	40.5	40.7	40.7	40.8	41.6	40.8	
36	35.8	35.5	35.8	35.6	35.8	36.6	35.9	
37	34.4	33.8	34.6	34.4	34.6	35.3	34.5	
38	32.8	32.8	32.8	32.7	32.8	33.5	32.9	
39	34.5	34.5	34.6	34.6	34.7	35.2	34.7	
40	33.6	31.9	31.8	31.6	31.8	32.3	32.2	
41	28.0	26.6	23.9	24.0	26.4	26.5	25.9	
42	26.8	26.8	27.1	27.1	27.0	27.5	27.0	
43	17.3	17.0	17.8	17.8	17.5	17.8	17.5	
44	9.8	9.8	9.8	9.7	9.7	9.8	9.8	
45	10.8	10.7	9.9	9.9	10.7	10.2	10.4	
46	19.6	19.6	19.7	19.5	19.6	19.9	19.6	
47	15.3	15.4	15.4	15.1	15.2	15.2	15.3	
48	2.5	2.9	3.2	2.4	3.9	4.2	3.2	
49	10.7	10.8	9.4	10.5	10.7	10.2	10.4	
50	15.5	15.4	15.7	15.5	15.7	16.0	15.6	
51	85.3	84.7	85.2	85.2	85.3	86.0	85.3	
52	70.8	70.3	70.7	70.6	70.7	71.8	70.8	
53	51.9	48.7	48.8	48.8	48.8	49.7	49.4	
54	28.4	28.1	28.0	27.7	27.8	27.5	27.9	
55	14.9	14.6	15.5	15.2	15.1	14.8	15.0	
56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

STUW IN GELAAGDEN GROND.

Nummer proef	1	3	4	5	6	7	8	9	
Datum	27-2 '28 om 17 uur.	28-2 '28 om 14 uur.	28-2 '28 om 16.30.	29-2 '28 om 14.30.	1-3 '28 om 9 uur.	1-3 '28 om 16.30.	2-3 '28 om 10 uur.	2-3 '28 om 15.15.	
Verschil boven- en benedenwater	328.2	327.8	327.5	327.0	326.5	326.9	327.2	327.0	Opmerkingen.
Nummer buisje	Drukhoogte in % van het verschil tusschen boven- en benedenwater.								
1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
2	92.2	91.5	91.4	89.7	87.6	86.6	82.8	96.0	Proef 2 is vervallen, omdat de opneming te snel geschiedde na de bijvulling der manometerbuisjes, zoodat het evenwicht nog niet was ingetreden.
3	91.0	90.3	90.3	88.9	86.7	85.5	81.7	94.5	
4	90.6	89.9	89.8	88.3	86.2	85.0	81.2	93.8	
5	76.2	75.5	75.3	73.9	71.5	70.5	60.8	76.7	
6	76.2	75.6	75.6	74.0	71.6	70.8	67.0	76.9	
7	65.9	65.9	65.6	64.5	62.0	60.9	57.7	60.5	
8	65.6	65.5	65.3	64.1	61.7	60.7	57.5	66.2	
9	64.8	64.5	64.4	62.2	60.9	60.0	56.7	65.7	Vóór het opnemen van proef 9 om 14 uur werd het zand onder het bovenwater over 2 á 3 cm diepte omgewoeld.
10	69.7	69.4	69.2	67.8	65.4	64.6	61.0	70.0	
11	68.5	68.3	67.8	66.4	63.9	63.0	59.4	68.2	
12	65.4	65.3	64.9	63.3	61.0	60.0	56.7	65.2	
13	64.8	64.8	64.5	63.3	61.0	60.2	57.0	65.6	
14	64.4	64.5	64.0	60.5	58.2	58.5	54.8	70.6	
15	61.9	61.8	61.5	60.2	57.8	56.8	53.7	64.9	
16	63.5	63.5	63.1	61.9	59.6	58.8	55.5	63.9	
17	63.8	63.8	63.6	62.4	60.0	59.0	56.0	64.9	
18	63.0	63.3	62.7	61.5	59.3	58.5	55.2	63.8	
19	61.0	61.1	60.8	59.5	57.3	56.5	53.3	61.3	
20	—	63.2	62.7	61.5	59.3	59.0	58.9	63.8	
21	62.1	62.1	61.8	60.5	59.0	57.8	54.8	62.6	
22	46.5	46.0	45.6	44.8	43.3	43.2	39.8	45.0	
23	58.5	58.7	58.4	57.2	55.0	54.1	51.2	58.8	
24	47.7	48.0	47.7	46.6	44.6	43.9	41.4	47.3	
25	58.0	58.2	58.1	56.6	54.1	53.4	50.3	57.9	
26	53.3	53.4	53.0	52.0	49.6	48.8	46.2	53.0	
27	52.7	53.0	52.6	51.5	49.4	48.6	45.9	52.7	
28	46.5	46.9	46.6	45.7	43.8	43.2	40.6	46.2	
29	45.1	45.4	45.2	44.3	42.5	42.6	39.4	44.8	
30	47.2	47.6	47.2	46.3	44.4	43.7	41.2	47.2	
31	42.5	42.9	42.6	41.8	40.3	39.6	37.4	42.6	

BIJLAGE III *(Vervolg)*.

STUW IN GELAAGDEN GROND.

Nummer proef	1	3	4	5	6	7	8	9	Opmerkingen.
Datum	27 - 2 '28 om 17 uur.	28 - 2 '28 om 14 uur.	28 - 2 '28 om 16.30	29 - 2 '28 om 14.30.	1 - 3 '28 om 9 uur.	1 - 3 '28 om 16.30.	2 - 3 '28 om 10 uu .	2 - 3 '28 om 15.15.	
Verschil boven- en benedenwater	328.2	327.8	327.5	327.0	326.5	326.9	327.2	327.0	
Nummer buisje	Drukhoogte in % van het verschil tusschen boven- en benedenwater.								
32	41.4	41.7	41.6	40.8	39.2	38.7	36.4	41.4	
33	43.7	43.9	43.6	42.8	41.1	40.5	38.1	43.6	
34	40.1	40.5	40.3	40.0	38.9	39.0	35.4	40.4	
35	40.2	40.5	40.3	39.4	37.8	37.4	35.2	40.2	
36	37.8	38.2	38.1	37.6	36.7	37.0	33.8	38.0	
37	36.2	36.6	36.5	35.8	34.1	33.8	31.9	36.2	
38	36.9	37.3	37.2	36.4	35.0	34.7	34.8	37.0	
39	37.3	37.9	37.8	37.1	35.7	35.2	33.2	37.6	
40	35.3	35.6	35.2	34.8	33.4	32.8	31.3	35.4	
41	28.8	29.2	29.1	28.4	27.2	26.8	25.2	31.7	
42	32.1	32.4	32.3	31.7	30.1	29.7	28.0	32.0	
43	21.0	21.8	21.5	20.7	19.5	19.2	18.7	20.4	
44	15.0	15.0	15.5	16.7	14.5	14.2	12.5	13.1	
45	15.5	15.9	15.9	15.6	14.2	13.9	13.2	14.6	
46	27.8	27.9	27.8	27.0	25.6	25.3	23.8	27.1	
47	23.9	24.2	24.3	23.5	22.3	22.0	20.7	23.3	
48	4.5	4.5	4.4	5.8	3.7	3.4	3.9	3.8	
49	17.1	17.4	17.3	16.5	15.3	15.1	14.2	15.8	
50	18.6	19.0	19.0	18.3	17.1	16.9	15.7	17.3	
51	58.8	58.3	57.9	57.0	54.6	53.5	50.6	58.3	
52	52.3	52.5	52.4	51.4	48.9	47.7	45.5	52.1	
53	44.3	44.9	44.8	43.6	43.5	42.4	39.6	44.4	
54	37.4	37.5	37.4	36.3	34.9	34.1	32.2	37.2	
55	30.7	30.6	30.6	29.7	28.4	28.1	26.5	30.2	
56	66.0	64.7	64.9	63.7	61.4	60.2	56.7	65.4	
57	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

STUW ZONDER KLEIBED IN GELAAGDEN GROND.

Nummer proef	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Opmerkingen.
Datum	2-3 '28 om 17 uur.	3-3 '28 om 12 uur.	5-3 '28 om 12 uur.	5-3 '28 om 15 uur.	6-3 '28 om 15 uur.	7-3 '28 om 14 uur.	7-3 '28 om 16 uur.	8-3 '28 om 11 uur.	8-3 '28 om 12 uur.	
Verschil boven- en benedenwater	261.4	268.8	269.3	333.3	333.7	334.3	334.1	333.9	334.8	
Nummer buisje	Drukhoogte in % van het verschil tusschen boven- en benedenwater.									
1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
2	98.0	97.1	94.8	95.3	92.8	91.2	88.4	86.8	97.2	Voor het nemen van proef 10 om 16 uur 10 werd het bovenstroomsch kleibed verwijderd.
3	97.4	96.3	93.7	96.2	91.5	89.9	87.0	85.5	97.5	
4	96.4	95.8	93.3	93.7	91.1	89.3	86.4	85.1	96.0	
5	88.3	85.8	78.4	79.4	74.3	71.0	68.3	67.5	85.3	
6	88.5	86.0	78.3	79.6	74.6	71.7	65.6	67.8	85.0	
7	89.2	85.9	72.3	74.6	67.3	63.8	61.7	61.4	83.5	Om 16 uur 35 wellen ontdekt beneden den benedenstroomschen damwand.
8	89.1	85.3	72.2	74.3	67.2	63.7	60.9	61.2	85.2	
9	98.3	94.7	76.7	81.0	71.0	66.8	62.8	63.8	93.6	
10	87.2	84.3	73.8	75.4	69.2	66.1	63.5	63.2	84.4	
11	79.8	77.2	69.3	70.7	65.6	62.3	60.0	59.2	75.6	
12	77.8	75.2	66.7	68.2	62.7	59.7	57.4	56.8	73.5	Om 16 uur 40 werd het bovenwater verlaagd en het benedenwater verhoogd.
13	93.6	89.7	74.0	76.6	78.0	64.4	61.5	62.2	89.5	
14	97.0	93.3	75.7	78.4	69.3	65.4	62.3	63.3	94.2	
15	75.5	72.4	63.8	65.2	60.0	57.0	54.3	54.3	71.0	
16	85.2	81.7	69.2	71.2	64.2	60.9	58.5	58.5	81.5	
17	96.2	91.5	74.1	76.4	67.7	64.2	61.1	62.1	93.9	Voor het nemen van proef 12 om 10 uur 30 werd het bovenwater verhoogd. Een wel ontdekt op 50 cm beneden den benedenstroomschen damwand. Verder nog eenige kleine wellen aldaar.
18	89.3	85.0	70.5	72.5	65.0	61.7	59.0	59.4	85.5	
19	82.0	78.2	66.3	68.2	61.5	58.4	56.0	56.0	77.8	
20	95.3	89.7	73.0	76.3	66.2	62.8	60.2	60.0	91.2	
21	86.3	82.0	68.5	71.7	63.2	60.1	57.7	58.3	82.0	
22	56.2	53.2	48.1	47.8	73.5	41.9	41.7	40.1	51.2	
23	76.8	73.4	62.6	65.6	58.5	55.5	53.2	53.4	73.2	
24	59.0	55.8	48.4	51.3	45.6	43.1	41.9	41.5	53.5	
25	71.5	68.4	59.9	61.7	56.4	53.5	51.4	50.9	66.8	
26	66.4	63.3	55.3	50.8	51.7	46.2	47.3	46.9	63.7	
27	65.3	62.2	54.3	56.0	51.2	48.6	46.6	46.2	60.7	Proef 16 is opgenomen 1½ uur nadat 2 liter kleisuspensie in het water is gebracht.
28	57.3	54.4	47.7	49.0	44.7	42.4	40.3	40.3	52.4	
29	55.5	52.7	45.9	47.1	43.1	41.0	39.5	39.0	50.1	
30	58.1	55.4	48.5	49.9	45.7	43.3	41.7	41.2	53.7	
31	52.2	49.8	43.6	44.3	40.8	38.8	37.3	36.9	47.5	

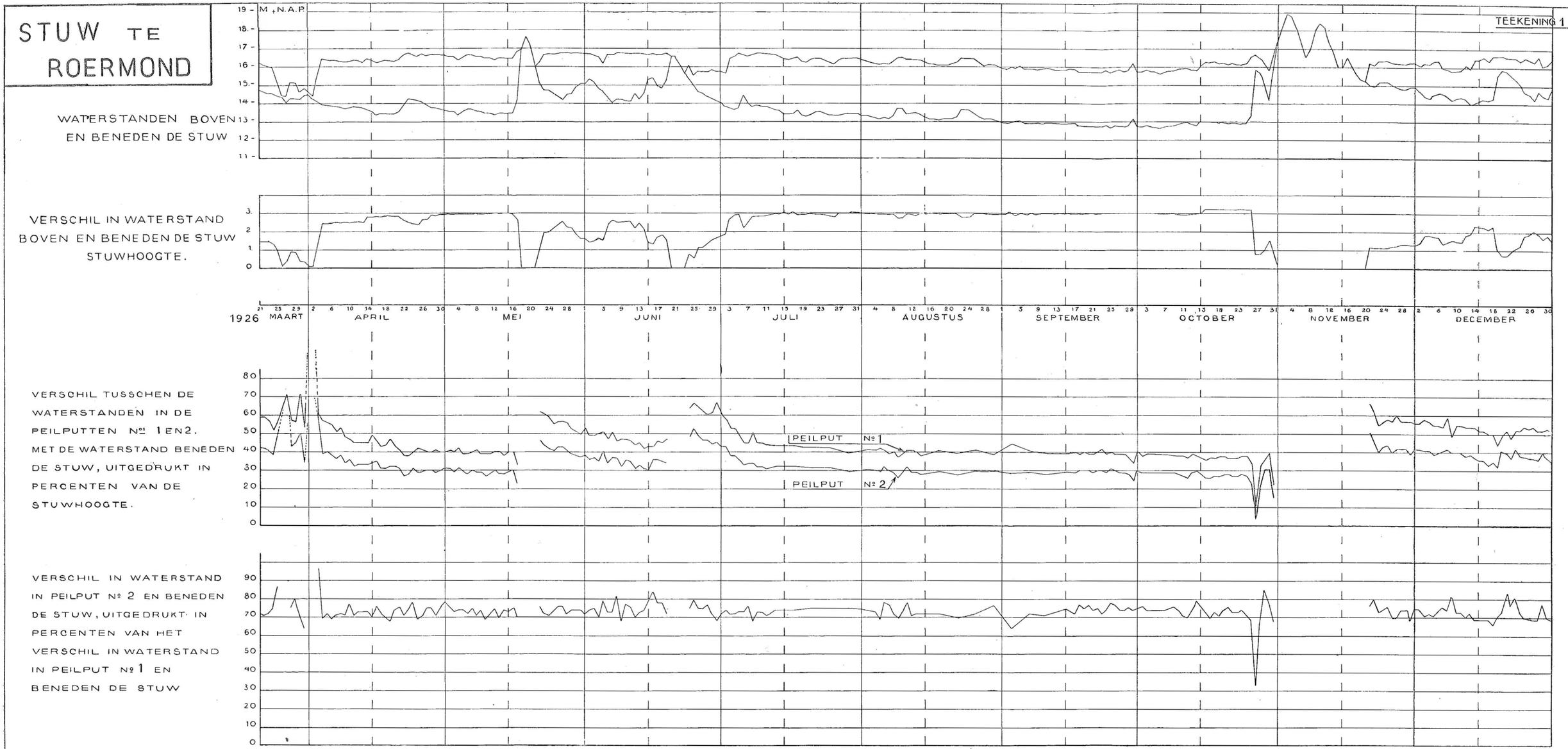
BIJLAGE IV *(Vervolg)*.

STUW ZONDER KLEIBED IN GELAAGDEN GROND.

Nummer proef	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Datum	2-3 '28 om 17 uur.	3-3 '28 om 12 uur.	5-3 '28 om 12 uur.	5-3 '28 om 15 uur.	6-3 '28 om 15 uur.	7-3 '28 om 14 uur.	7-3 '28 om 16 uur.	8-3 '28 om 11 uur.	8-3 28 om 12 uur.	Opmerkingen.
Verschil boven- en benedenwater	261.4	268.8	269.3	333.3	333.7	334.3	334.1	333.9	334.8	
Nummer buisje	Drukhoogte in % van het verschil tusschen boven- en benedenwater.									
32	51.2	48.3	42.4	43.4	39.9	38.0	36.6	36.2	46.3	Na opname van proef 17 werd de grond onder het kleibed omgewoeld over 2 à 3 cm diepte.
33	53.7	56.0	44.9	46.2	42.0	40.0	38.4	38.0	49.1	
34	49.8	47.1	41.8	42.5	39.0	37.1	37.2	38.0	45.4	
35	49.2	46.8	41.3	42.2	38.8	36.7	35.3	34.9	45.1	
36	46.8	44.5	43.2	40.7	37.1	35.3	34.1	34.3	43.1	
37	44.5	42.2	37.2	38.0	34.9	33.2	32.0	31.6	40.6	
38	45.7	43.2	38.4	39.1	36.0	34.3	33.1	32.6	41.5	
39	46.4	44.0	43.4	38.6	36.7	35.0	33.7	33.4	41.4	
40	43.5	41.4	37.2	36.9	34.3	34.2	32.1	31.9	40.9	
41	35.2	33.2	29.2	29.9	27.3	26.1	25.2	24.8	31.3	
42	39.2	37.1	32.7	33.4	30.7	39.2	28.1	27.8	35.6	
43	25.0	24.1	21.4	23.4	18.3	18.3	17.9	18.2	22.6	
44	15.9	14.6	13.3	13.2	12.5	11.9	12.0	11.4	14.0	
45	18.0	16.3	13.5	13.6	12.6	11.9	11.6	11.4	14.5	
46	33.6	31.4	27.7	28.1	26.0	24.8	23.9	23.4	29.7	
47	28.9	27.4	24.0	24.4	22.5	21.4	20.7	20.3	25.4	
48	5.3	51.	4.9	4.6	3.7	3.5	3.2	3.7	4.3	
49	19.6	18.1	15.3	15.5	14.1	13.4	19.9	12.7	15.6	
50	21.5	19.7	16.6	16.9	15.4	14.6	14.1	13.9	17.4	
51	67.0	64.3	57.7	60.9	55.0	52.5	50.5	49.9	69.9	
52	60.7	58.2	52.4	55.2	49.6	47.3	45.2	44.7	57.5	
53	52.9	50.7	45.0	47.0	42.4	43.4	43.2	40.8	48.8	
54	44.5	42.3	37.6	39.4	35.4	34.2	33.4	33.2	40.7	
55	36.6	34.9	31.0	31.4	29.2	27.7	26.6	26.8	33.0	
56	73.4	70.6	64.0	66.8	61.4	58.8	56.7	55.2	67.3	
57	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

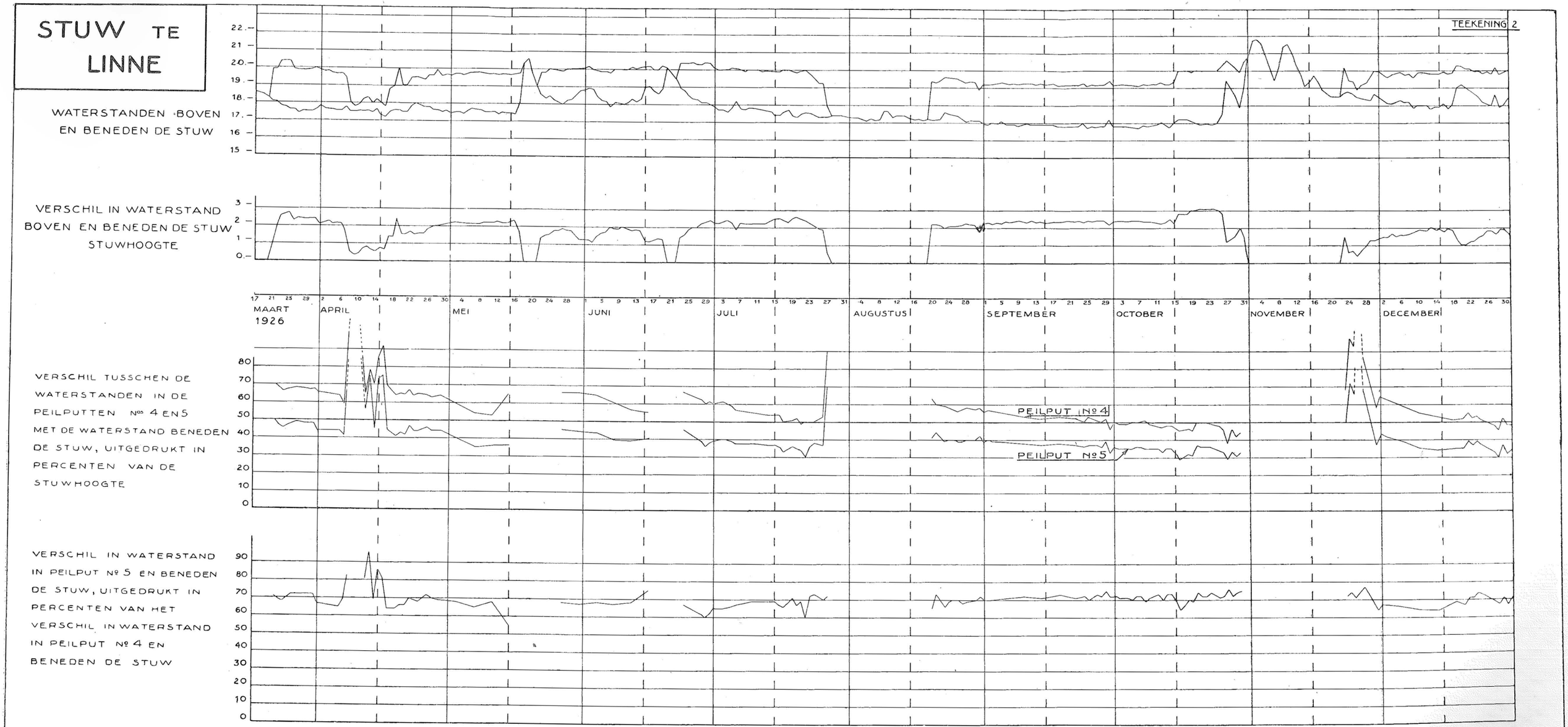
STUW TE ROERMOND

TEEKENING 1



STUW TE LINNE

TEEKENING 2



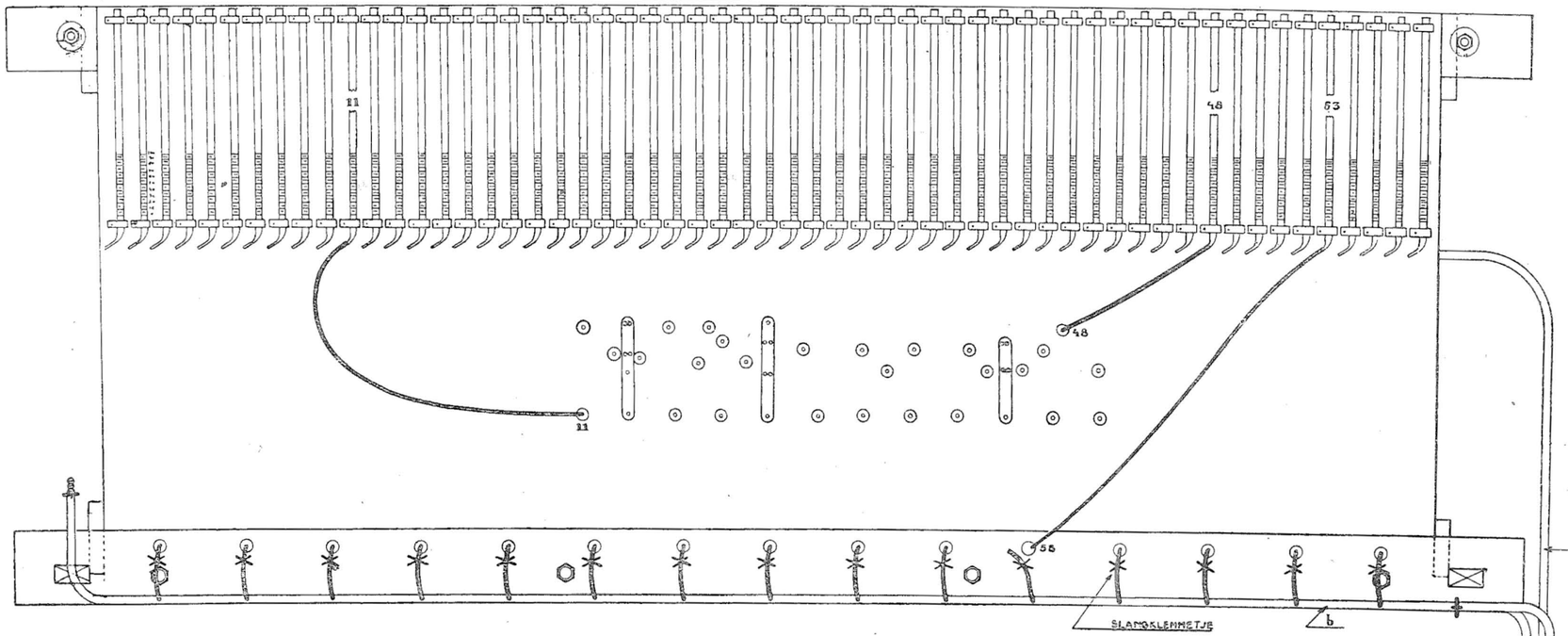
RIJKSWATERSTAAT.
MAASKANALISATIE.

MODEL VAN EEN STUW.

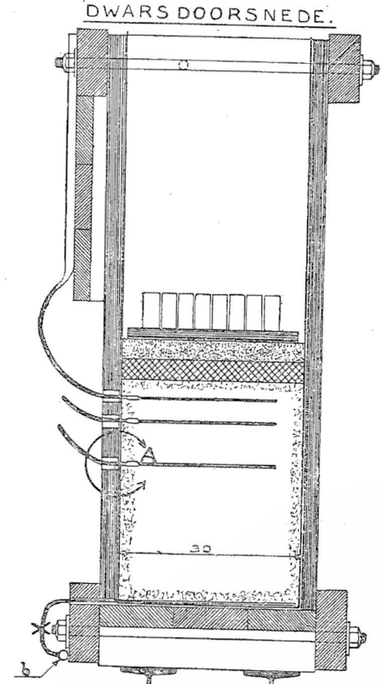
SCHAAL VAN HET MODEL 1:50.
SCHAAL VAN DEZE TEEKENING 0 5 10 15 20 25 CM
MATEN IN CENTIMETERS AANGEGEVEN

TEEKENING 3

VOORAANZICHT.



DWARS DOORSNEDE.

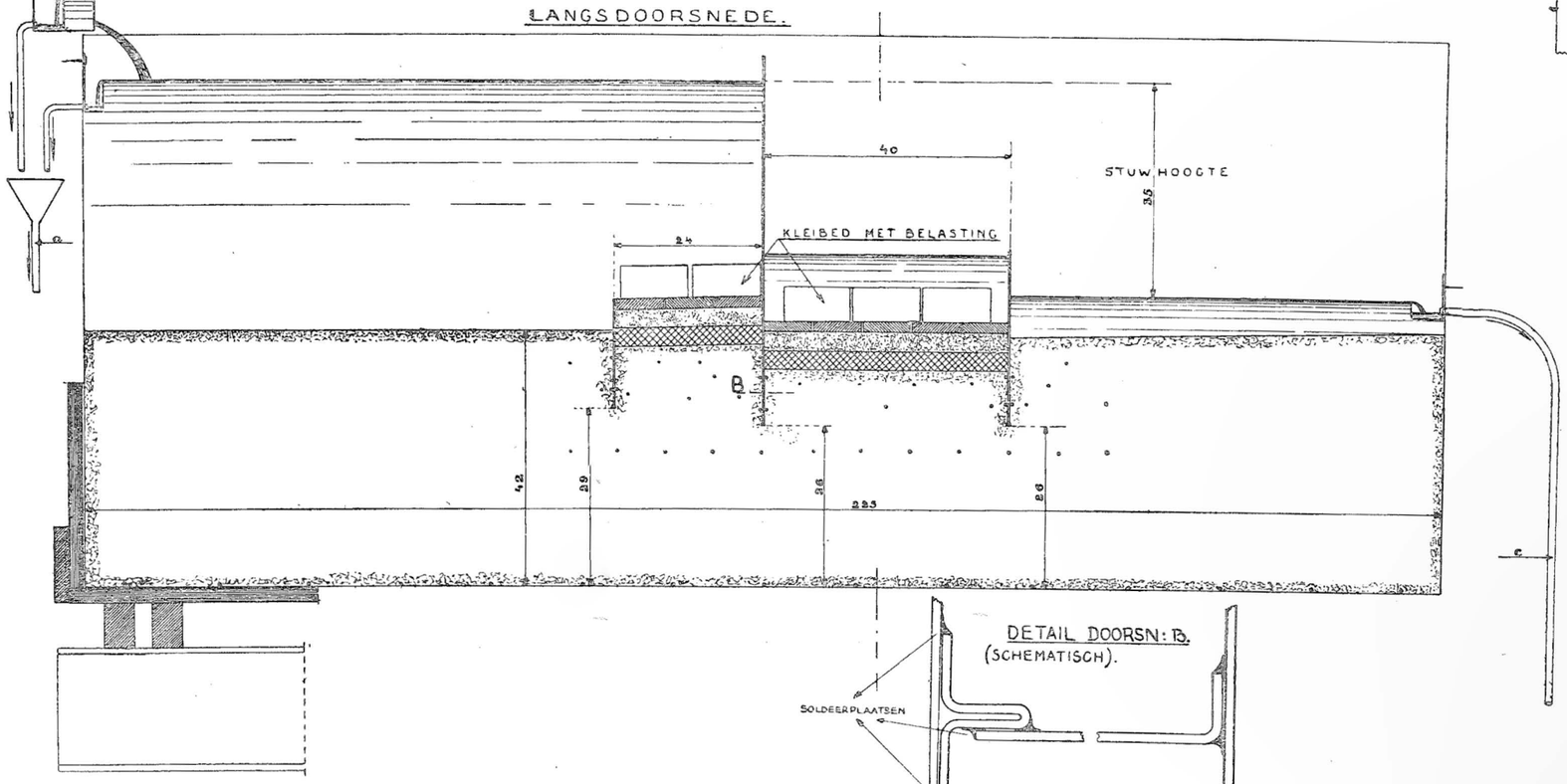


DETAIL MANOMETER BUIS

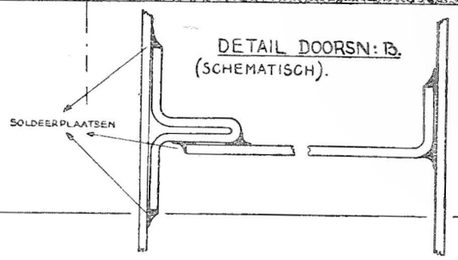
SCHAAL 0 1 2 3 4 5 CM

WATERLEIDING

LANGSDOORSNEDE.

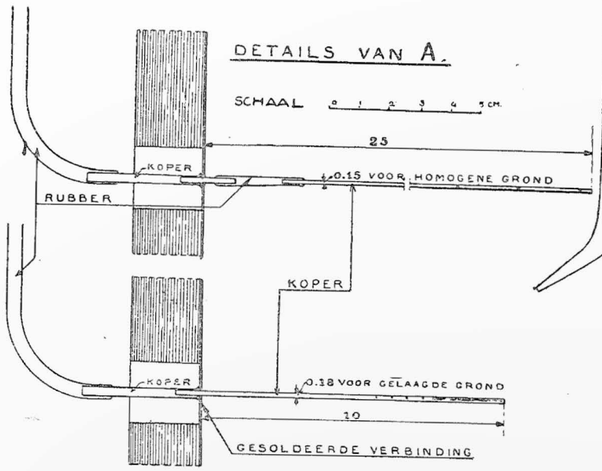


DETAIL DOORSN: B.
(SCHEMATISCH).



DETAILS VAN A.

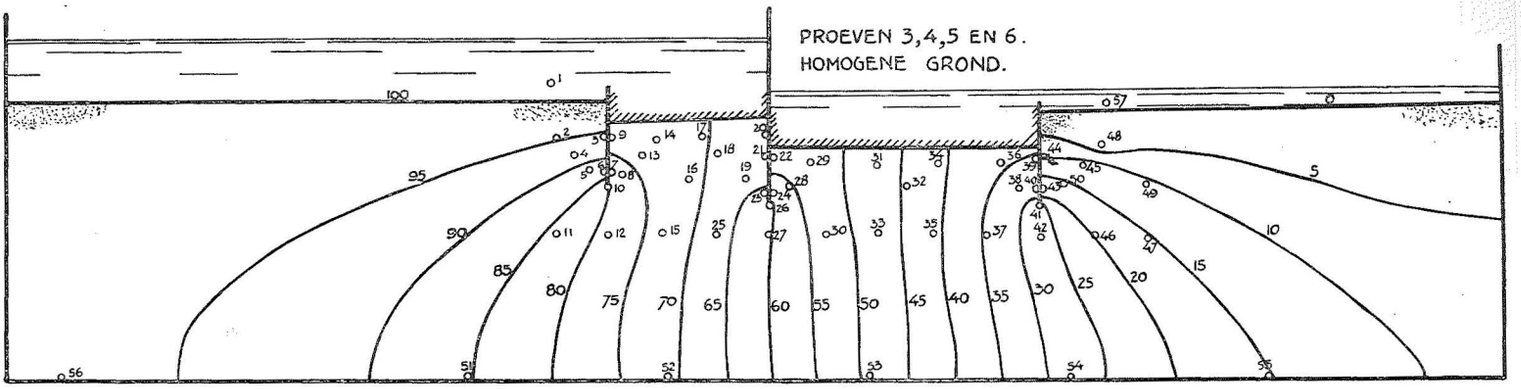
SCHAAL 0 1 2 3 4 5 CM

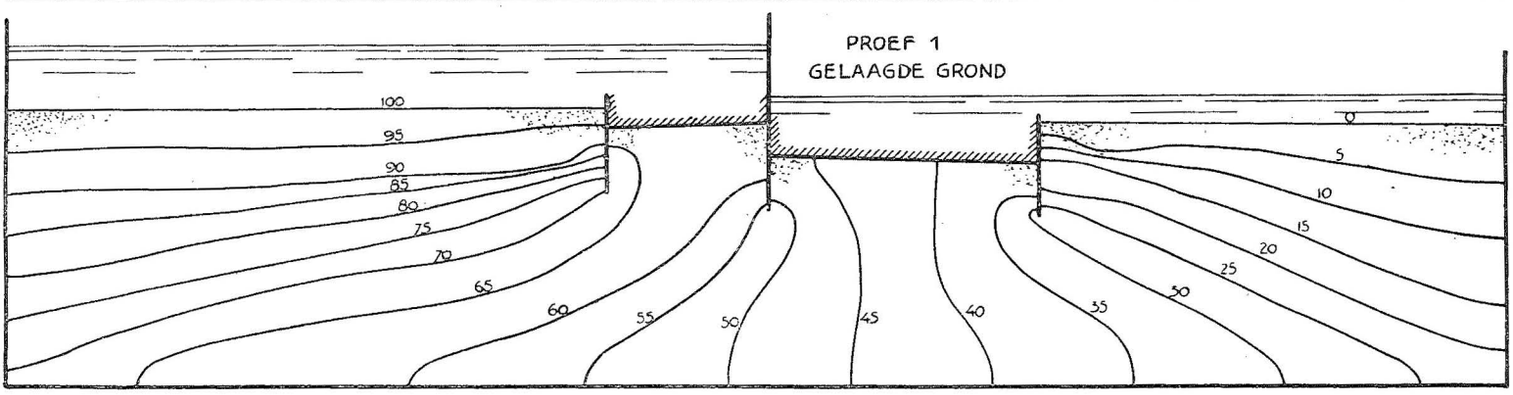


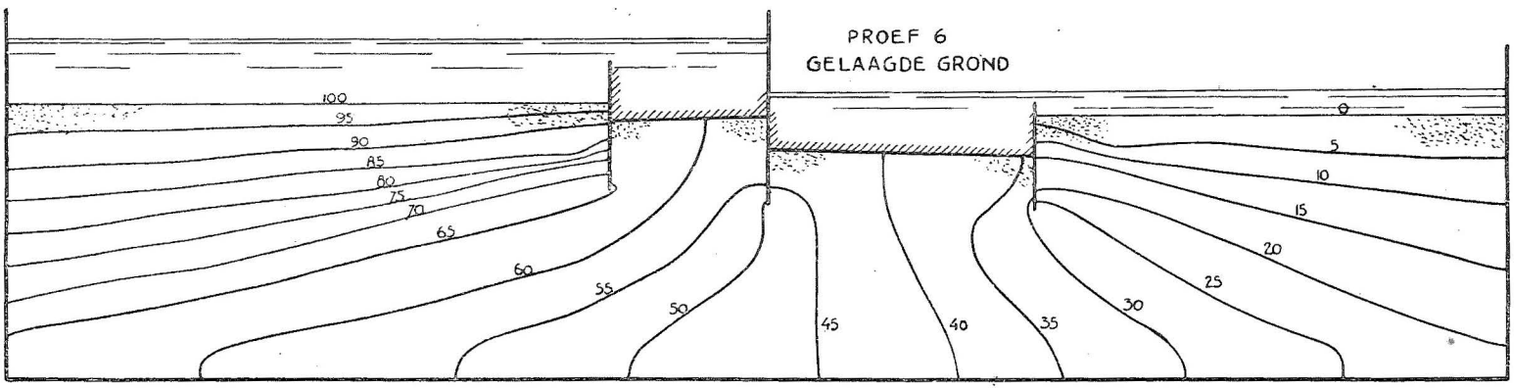
TEEKENING 4

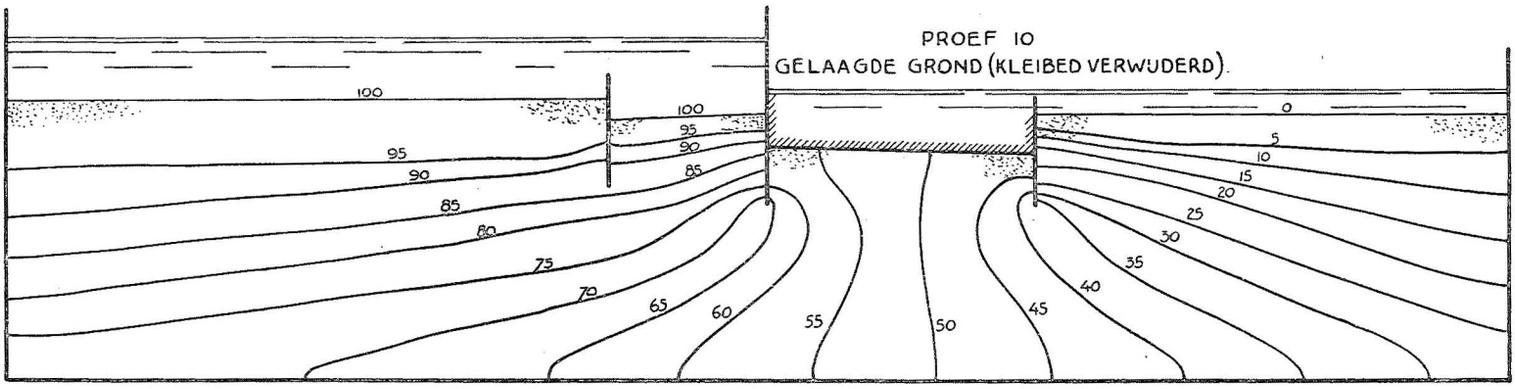
LIJNEN VAN GELIJKEN DRUK ONDER HET MODEL.

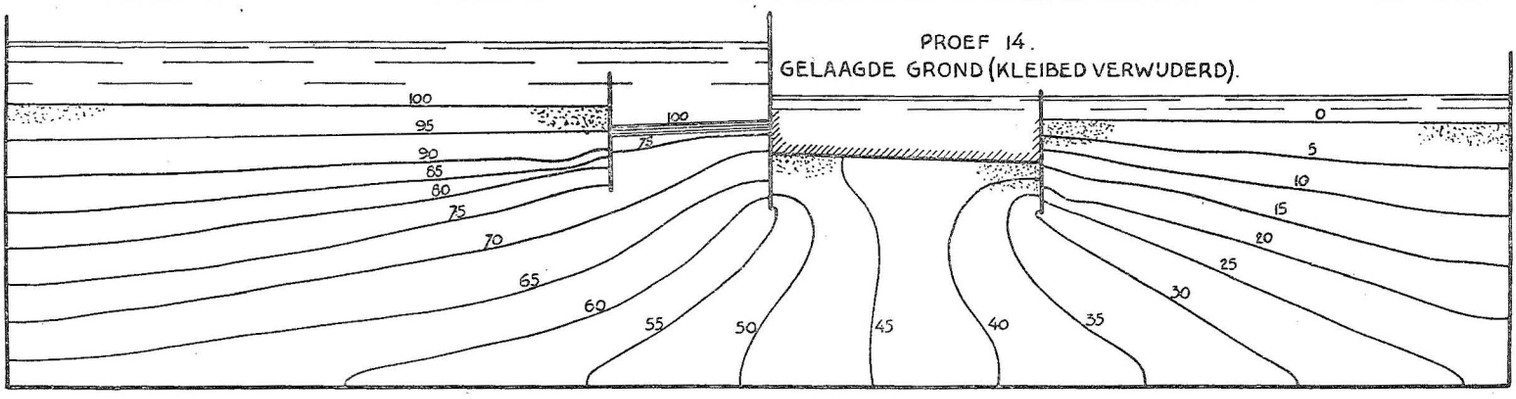
0 10 20 30 40 50 CM.
SCHAAL VAN HET MODEL.



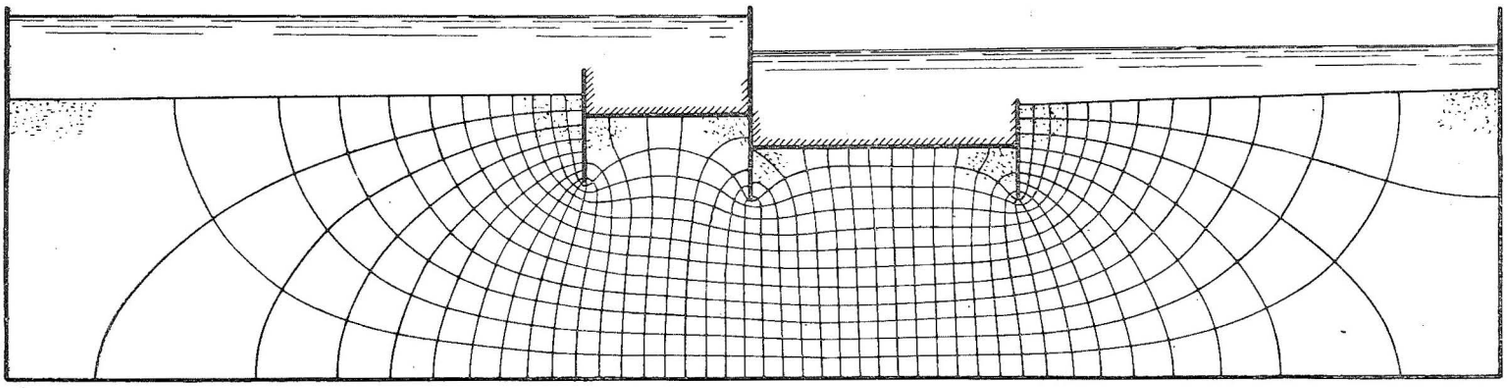




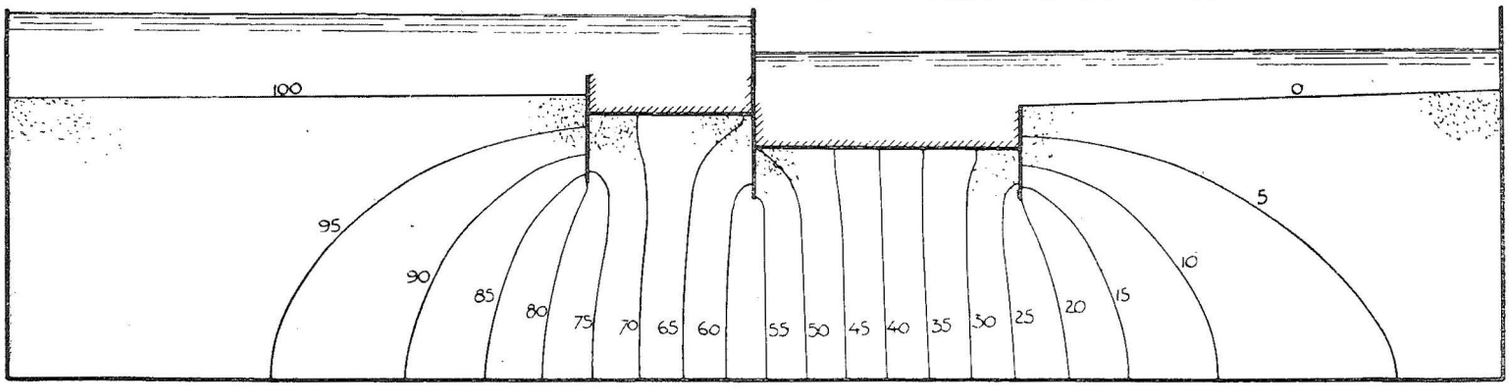




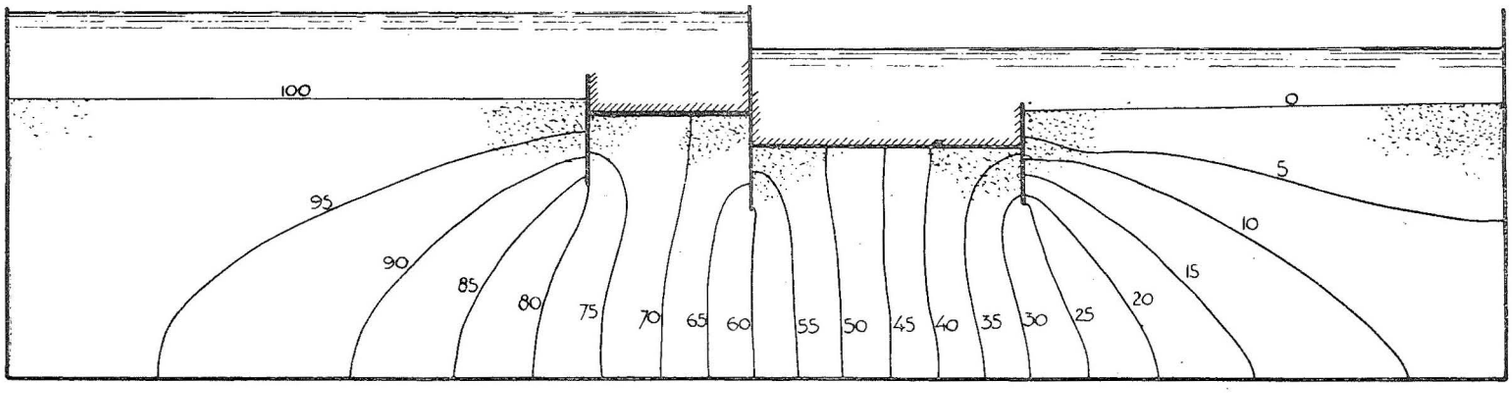
LIJNEN VAN GELIJKEN DRUK EN STROOMLIJNEN VOLGENS FORCHHEIMER.



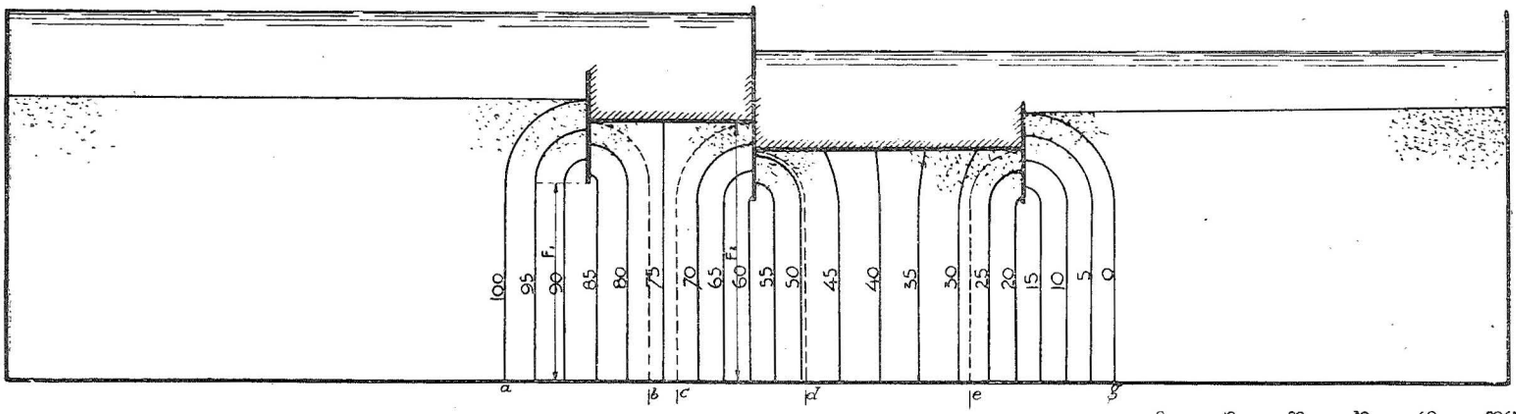
LIJNEN VAN GELIJKEN DRUK IN HOMOGENEN GROND VOLGENS FORCHHEIMER.



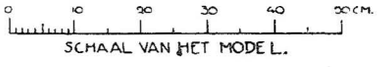
LIJNEN VAN GELIJKEN DRUK ONDER HET MODEL IN HOMOGENEN GROND.

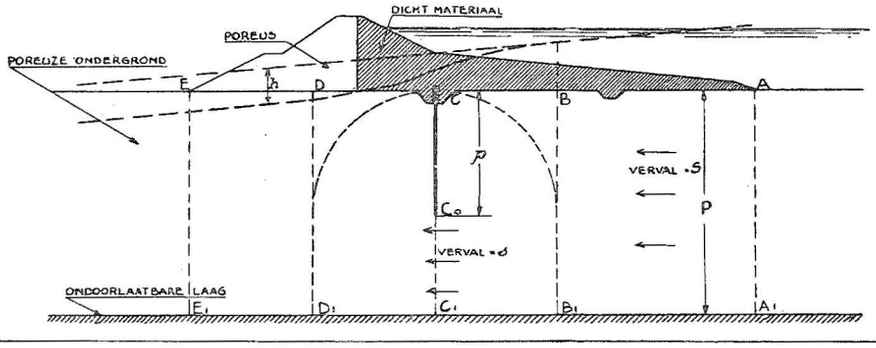


LIJNEN VAN GELIJKEN DRUK BEREKEND VRIJ NAAR GRUNSKY



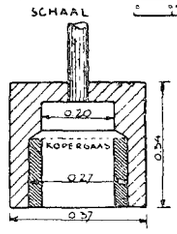
BEREKENING DRUKVERLIES DOOR DAMWAND VOLGENS GRUNSKY.





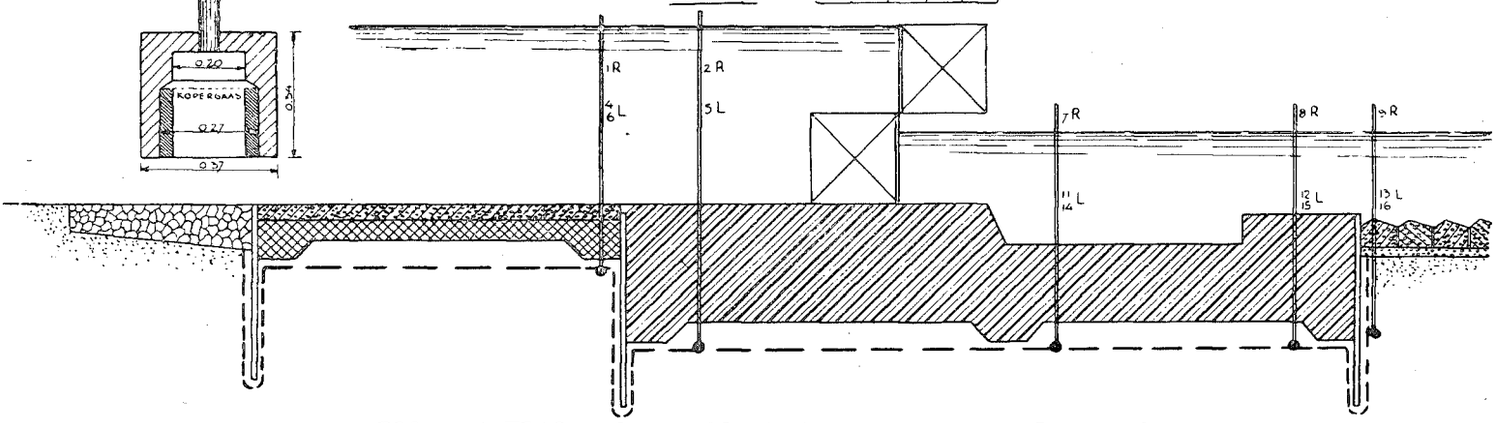
DETAIL PEILPUTJE

SCHAAL

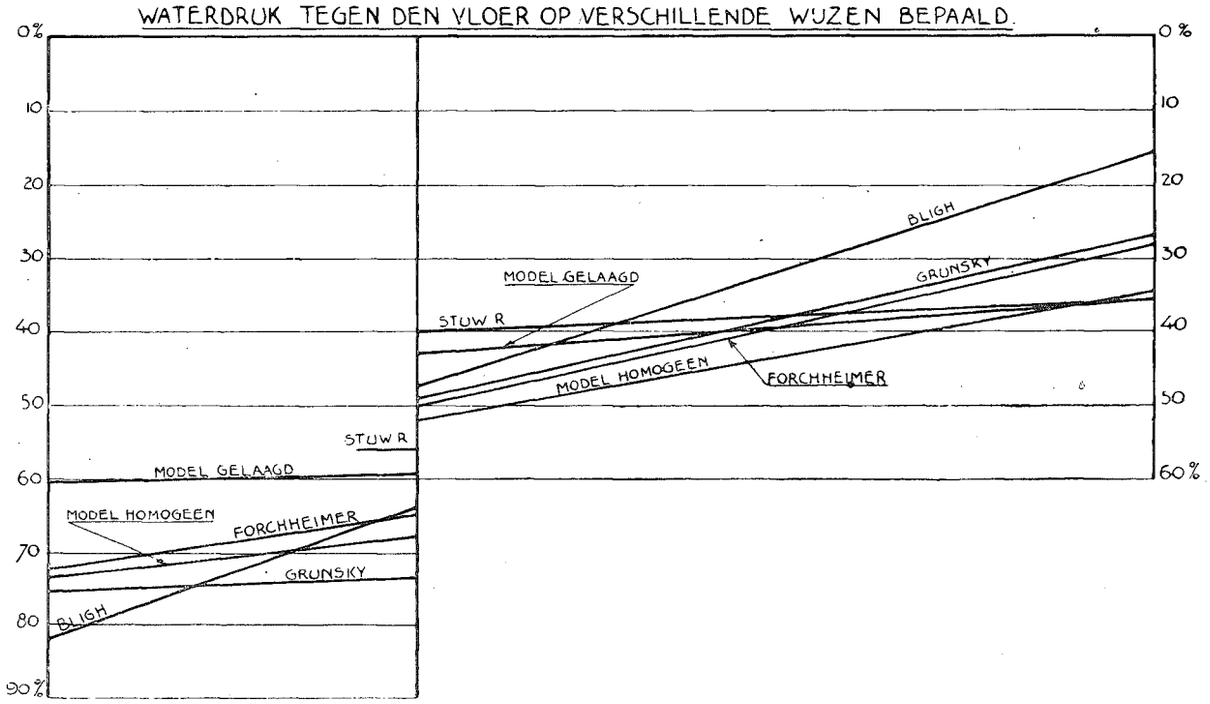


SCHEMATISCHE DOORSNEDE STUW ROERMOND.

SCHAAL

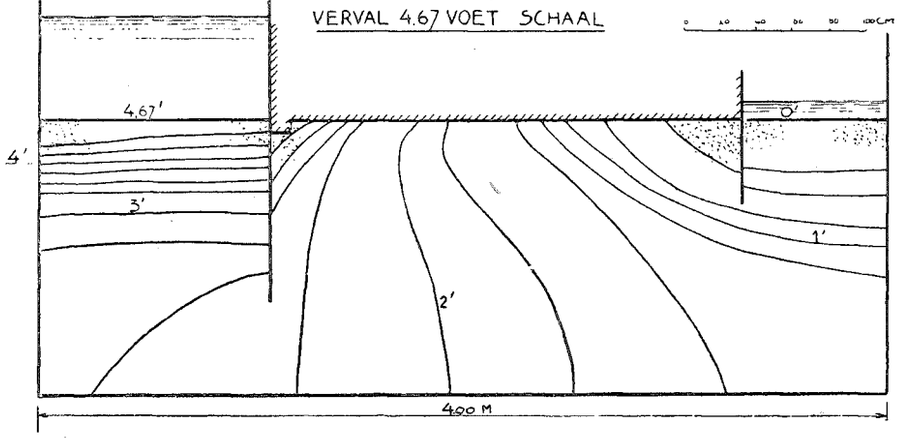


WATERDRUK TEGEN DEN VLOER OP VERSCHILLENDE WIJZEN BEPAALD.



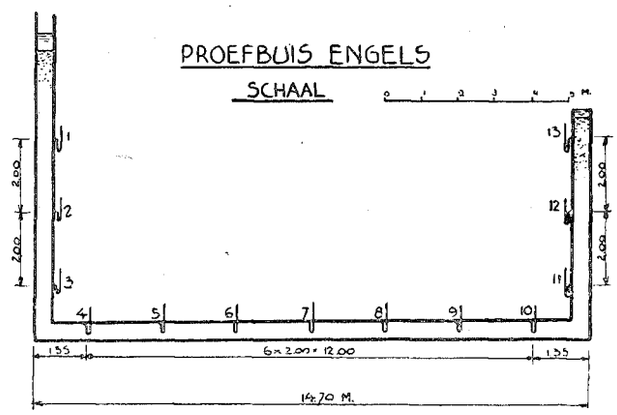
STUWMODEL VAN COLMAR MET LIJNEN VAN GELIJKEN DRUK

VERVAL 4.67 VOET SCHAAL



PROEFBUIS ENGELS

SCHAAL



Bij de firma GEBRS. VAN CLEEF, Boekhandelaar, Spui 28 te 's-Gravenhage zijn mede verkrijgbaar gesteld van de „Rapporten en Mededeelingen van den Rijkswaterstaat":

N°. 6. Aanteekeningen omtrent de gevolgen van zware stormvloeden, tusschen 1500 en 1825 voorgekomen, voor de dijken en polders langs het Zuidwestelijk deel der Zuiderzee, samengesteld door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat D. A. VAN HEYST. Prijs f 0.25.

„ 7. Verslag omtrent den aanleg van stroomleidende dammen in de Zandkreek en Veergat, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. J. VAN DEN BROEK. Prijs f 0.25.

„ 9. Over straatklinkers, welke aan hooge eischen voldoen en de wenschelijkheid om de levering van straatklinkers afzonderlijk aan te besteden, door de Ingenieurs van den Rijkswaterstaat Dr. L. R. WENTHOLT en Jhr. A. G. BEELAERTS VAN BLOKLAND. Over Friesche steen in het bijzonder in Friesland gebakken straatsteen, door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Dr. L. R. WENTHOLT. Prijs f 0.25.

„ 10. Nota, betreffende de toepassing van gewapend beton voor heipalen, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat J. J. CANTER CREMERS. Prijs f 0.25.

„ 11. Nota, betreffende berekeningen omtrent rivierverbeteringen, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat C. W. LELY. Prijs f 0.25.

„ 12. Kort verslag van een bezoek, in 1916 gebracht aan het Panama-kanaal en aan verschillende sluis- en kanaalwerken in Noord-Amerika, door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Jhr. C. E. W. VAN PANHUYS, met eenige reis-aanteekeningen van de Ingenieurs van den Rijkswaterstaat F. L. SCHLINGEMANN en G. J. VAN DEN BROEK. Prijs f 0.25.

„ 13. I. Verslag betreffende het visschen naar een gezonken mijn in de haven van IJmuiden, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat W. G. C. GELINCK.
II. Verslag omtrent de lichting van het op 18 Juni 1917 in de Doorgraving te Hoek van Holland gezonken stoomschip „Turin", opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat A. T. DE GROOT. Prijs f 0.25.

„ 14. Verslag omtrent het gebruik van Indische en Australische houtsoorten, volgens door den Rijkswaterstaat verstrekte gegevens, bewerkt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. J. VAN DEN BROEK. Prijs f 0.25.

„ 15. Rapport naar aanleiding van de werking eener proefinrichting tot verlaging van den grondwaterspiegel door middel van bronbemaling en de daarmede verkregen uitkomsten, opgemaakt door den Ingenieur van den Waterstaat G. P. NIJHOFF. Prijs f 0.25.

„ 16. I. Nota betreffende de bemaling van de Drentsche Hoofdvaart, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Dr. L. R. WENTHOLT.
II. Nota over het proefheien van houten en ijzeren damwand te Linne, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat F. VOLKER. Prijs f 0.25,

„ 17. Verslag van een bezoek, gebracht door den Hoofdingenieur-directeur van den Rijkswaterstaat A. A. H. W. KÖNIG en den Ingenieur van den Waterstaat G. P. NIJHOFF aan eenige belangrijke beweegbare stuwen in Zwitserland in het jaar 1915, door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. P. NIJHOFF. Prijs f 1.—.

Z. O. Z.

N°. 18. I. Het ontwerp voor de stuw in de Maas te Linne, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat F. L. SCHLINGEMANN.

II. Beschrijving van de afsluiting der afvoer-openingen van de stuw in de Maas te Linne, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. P. NIJHOFF.

III. Beschrijving van de afsluiting der scheepvaart-opening van de stuw in de Maas te Linne, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat J. W. DE VRIES.

IV. Nota betreffende het te kiezen juksysteem voor de scheepvaart-opening van de stuw in de Maas te Linne, opgemaakt door de Ingenieurs van den Rijkswaterstaat G. P. NIJHOFF, F. VOLKER en J. A. W. M. VETTER.

V. Rapport omtrent de beproeving van scharnierende stuwkleppen, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat C. T. C. HEIJNING. Prijs f 2.—.

„ 19. Verslag omtrent het gebruik van Indische en Australische houtsoorten, volgens door den Rijkswaterstaat verstrekte gegevens, opgemaakt door den Hoofdingenieur Jhr. F. E. P. SANDBERG. Prijs f 0.50.

„ 20. I. Verslag betreffende een studiereis naar Duitschland en Frankrijk, ondernomen in Maart en April 1921, in verband met den bouw van een schutsluis te IJmuiden, opgemaakt door den Hoofdingenieur van den Rijkswaterstaat Jhr. C. E. W. VAN PANHUYS, de ingenieurs J. A. RINGERS en J. P. JOSEPHUS JITTA en den tijdelijk ingenieur C. TELLEGEN.

II. Verslag omtrent proeven ter bepaling van de draagkracht en de elasticiteit van het bodemmateriaal, dat te IJmuiden op het terrein van den sluisbouw wordt aangetroffen, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat C. WOLTERBEEK. Prijs f 3.—.

„ 21. Nota betreffende het verband tusschen bodemhelling en kromtestraal bij rivieren, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Dr. C. W. LELY. Prijs f 0.50.

„ 22. Verslag betreffende het gebruik van Indische en Australische houtsoorten volgens door den Rijkswaterstaat verzamelde gegevens, samengesteld door de Inspecteurs-Generaal Ir. W. K. DU CROIX en Ir. A. R. VAN LOON. Prijs f 0.70.

„ 23. Proeven en beschouwingen, welke geleid hebben tot het vaststellen van vulling en lediging van de kolk der nieuwe schutsluis te IJmuiden, door Ir. J. A. RINGERS, Hoofdingenieur van den Rijkswaterstaat en Ir. J. P JOSEPHUS JITTA, Ingenieur van den Rijkswaterstaat.

„ 24. I. Onderzoekingen over steenkolenteer, door Dr. Ir. F. J. NELLENSTEYN, Directeur van het Laboratorium voor chemisch-technisch onderzoek van bouwstoffen voor den wegenbouw te Delft.

II. De analyse van verhard beton, door Ir. R. LOMAN, Ingenieur van den Rijkswaterstaat. Prijs f 0.50.