

(Overgedrukt uit het Weekblad „DE INGENIEUR” 1921, No. 24.)

De nabij Maastricht in uitvoering zijnde werken van het Julianakanaal,

DOOR

ir. D. J. KLINK,

ingenieur van den Rijkswaterstaat te Maastricht.

HOOFDSTUK I.

ALGEMEEN OVERZICHT.

§ 1. Inleiding.

De aanleg van het Julianakanaal, waartoe werd besloten bij de Wet van 28 Juli 1921, *Stbl.* No. 1012, is te beschouwen als de noodzakelijke voortzetting van de kanalisatie van de Maas beneden Maasbracht. Waar in dit weekblad reeds meerdere mededeelingen aangaande de werken van de kanalisatie van de Maas met de daarbij behorende kanalen, n.l. het Maas-Waalkanaal en het kanaal Wessem-Nederweert, zijn gedaan, kan worden aangenomen, dat het doel en de beteekenis dezer werken voldoende bekend zijn. Volledigheidshalve zij hier verwezen naar *De Ingenieur* No. 17 van 26 April 1919, No. 1 van 1 Januari 1921, No. 26 van 1 Juli 1922 en No. 34 van 22 Augustus 1925, waarin de werken van de kanalisatie van de Maas van Maasbracht tot Grave en het kanaal Wessem-Nederweert worden behandeld en No. 23 van 6 Juni 1925, waarin het Maas-Waalkanaal wordt beschreven.

Zooals eveneens bekend zal zijn, is aanvankelijk getracht de Maas ook boven Maasbracht, waar deze rivier de grens vormt tusschen Nederland en België, te kanaliseeren. De plannen hiertoe, opgemaakt door een gemengde commissie, zijn samengevat in het in 1912 verschenen uitvoerige rapport dezer commissie, waarin een ontwerp werd gegeven van de kanalisatie van de Maas, van Eysden tot Grave, geschikt voor schepen van 2000 ton. De naar aanleiding van dit ontwerp door de betrokken regeeringen gevoerde onderhandelingen werden door het uitbreken van den wereldoorlog ontijdig afgebroken. Nadien zijn in 1919 de onderhandelingen met België heropend, maar overeenstemming werd niet verkregen.

Nederland heeft toen ingezien een oplossing te moeten zoeken op eigen grondgebied, hetgeen tot gevolg heeft gehad, dat, zooals reeds werd medegedeeld, in 1921 is besloten tot den

aanleg van een kanaal langs den rechter rivieroever van Maasbracht tot Maastricht, met daaraan te maken overlaadhavens met spooraansluitingen, alsmede tot de kanalisatie van de Maas in Maastricht, alwaar deze rivier geheel op Nederlandsch grondgebied is gelegen, en tot den aanleg van een kort verbindingskanaal van dit te kanaliseeren gedeelte der Maas met het bestaande kanaal Luik-Maastricht nabij St. Pieter.

De hier bedoelde werken, waarvan het tracé wordt voorgesteld in fig. 1, plaat I, hebben den naam „Julianakanaal” verkregen. Na omvangrijke voorbereidende werkzaamheden kon in het najaar van 1925 met de uitvoering worden begonnen. Op 22 October van dat jaar werd door H. K. H. Prinses JULIANA in tegenwoordigheid van Hare Koninklijke Ouders nabij Maastricht de eerste spade voor het Juliana-kanaal gestoken.

Hoewel het bezoek tot enkele der in uitvoering zijnde werken zal beperkt blijven, n.l. tot bezichtiging van den bouw van de schutsluis in het verbindingskanaal tusschen de Maas en het kanaal Luik-Maastricht nabij St. Pieter en van de voor de kanalisatie van de Maas benodigde stuw bij Borg-haren, scheen het gewenscht, aan de meer uitvoerige mededeelingen aangaande deze kunstwerken enkele inlichtingen van meer algemeenen aard het geheele Julianakanaal betreffende, te laten voorafgaan.

§ 2. Hoofdafmetingen.

Bij het ontwerp van het Julianakanaal is voor het gedeelte Maasbracht-Maastricht rekening gehouden met schepen van 2000 ton, met een grootste lengte van 100 m een grootste breedte van 12 m, een grootsten diepgang van 2.80 m en een grootste hoogte boven den waterspiegel van 7 m. Daar tot heden slechts plannen hebben bestaan tot verbetering van den vaarweg van Luik naar Maastricht voor schepen van 1000 ton, wordt de gekanaliseerde Maas en de verbinding daarvan met het kanaal Luik-Maastricht ingericht voor schepen van dit laadvermogen met een grootste lengte van 80 m, een grootste breedte van 10.50 m, een grootsten diepgang van 2.50 m en een grootste hoogte boven den waterspiegel van 5 m, terwijl de plannen zoodanig zijn opgemaakt, dat later ook dit gedeelte van het Julianakanaal kan worden geschikt gemaakt voor schepen van 2000 ton.

Met het oog op de doorlaatbaarheid van den bodem, welke in hoofdzaak uit grind en zand bestaat, zal het kanaal over de geheele lengte van een klei-afdichting worden voorzien, welke door een grindbestorting zal worden afgedekt.

De kanaaldijken reiken met de 4 m breede kruin, waarop een jaagpad wordt aangelegd, tot 3 m boven het kanaalpeil.

De schutsluizen, voorkomende in het kanaal Maasbracht-

Maastricht, verkrijgen een doorvaartwijdte van 14 m en een slagdrempeldiepte van 3.60 m. De schutkolk, ter breedte van 16 m, zal een lengte verkrijgen van 136 m. Bij de onteigening is rekening gehouden met den aanleg van een tweede schutsluis naast elk dezer sluizen, welke dan een schutkolk lengte van 260 m zal verkrijgen.

De hoofdafmetingen van de schutsluis gelegen in het ontworpen verbindingskanaal tusschen de gekanaliseerde Maas te Maastricht en het kanaal Luik-Maastricht, zijn als volgt gekozen: schutkolk lengte 105 m, breedte 15 m, doorvaartwijdte 12 m en slagdrempeldiepte 3.25 m.

Over het kanaal Maasbracht-Maastricht zijn — behalve de bruggen over elk der schutsluizen — een tiental vaste bruggen voor gewoon verkeer ontworpen, waarvan enkele ook voor tramverkeer zullen worden ingericht.

Het zullen zijn ijzeren vakwerkbruggen, waarvan de onderkant op 7 m boven K.P. is ontworpen en welke met één overspanning het geheele kanaalprofiel en de jaagpaden overbruggen. De wijdte in den dag tusschen de landhoofden gemeten bedraagt 57.50 m.

Waarschijnlijk zullen de bruggen worden uitgevoerd in „Baustahl 48” of siliciumstaal, waardoor een niet onbelangrijke besparing op de aanlegkosten zal kunnen worden verkregen.

§ 3. Lengteprofiel.

Het Julianakanaal, bestaande uit het ongeveer 34 km lange kanaal Maasbracht-Maastricht en het ongeveer 4 km lange gekanaliseerde riviervak te Maastricht, waarvan het lengteprofiel is afgebeeld in fig. 3, plaat II, wordt door vier schutsluizen verdeeld in drie panden.

Het benedenpand, lang ongeveer 8 km, wordt van de gekanaliseerde Maas te Maasbracht, waarvan het stuwpeil is gelegen op 20.40 m + N. A. P., gescheiden door schutsluis I nabij den kanaalmond, die in normale omstandigheden een verval zal keeren van 7.45 m, zoodat het kanaalpeil van dit pand is gelegen op 27.85 m + N. A. P.

Het ongeveer 6.5 km lange middenpand, waarvan het kanaalpeil is bepaald op 32.65 m + N. A. P., zal door schutsluis II bij Roosteren met een verval van 4.80 m worden verbonden met het benedenpand en door schutsluis III (bij Born), waarvan het verval 11.35 m zal bedragen, met het bovenpand.

Van dit bovenpand, dat in normale omstandigheden in open verbinding zal staan met de gekanaliseerde Maas te Maastricht, komt het kanaalpeil overeen met het stuwpeil aldaar; dat is 44 m + N. A. P.

Nabij den zuidelijken kanaalmond zal schutsluis IV worden gebouwd, die slechts enkele dagen per jaar zal worden gebruikt, indien bij grooteren waterafvoer van de Maas het peil

op de rivier ter plaatse van den kanaalmond den stand van 44 m + N. A. P. overschrijdt.

Schutsluis V in het korte verbindingskanaal tusschen de gekanaliseerde Maas en het kanaal Luik-Maastricht, zal in normale omstandigheden een verval keeren van ongeveer 2.70 m.

§ 4. Schutsluizen.

Van de in het Julianakanaal ontworpen schutsluizen zijn de hoofdafmetingen en het te keeren verval reeds hierboven in §§ 2 en 3 genoemd.

Daar het type en de algemeene inrichting dezer schutsluizen in belangrijke mate afwijkt van de in den laatsten tijd hier te lande gebouwde grootere sluizen, schijnt het van belang hierop in het kort nader in te gaan.

Het type van een schutsluis wordt in het algemeen, behalve door de grootte der te verwachten schepen en de ligging dezer schepen in de schutkolk in belangrijke mate beïnvloed door de wijze, waarop de vulling en de lediging der schutkolk geschiedt.

Uit de genoemde hoofdafmetingen blijkt, dat de sluizen van het kanaal Maasbracht-Maastricht geschikt zullen zijn voor het gelijktijdig schutten van een 2000 tonsschip en een sleepboot. Bovendien kan een sleep bestaande uit een sleepboot en een viertal schepen van het type, dat op de Zuid-Willemsvaart en het kanaal Luik-Maastricht algemeen in gebruik is, met een laadvermogen van ongeveer 600 ton bij 2.30 m diepgang (zoo-genaamde volle-maatschepen) gelijktijdig worden geschut (1).

Bij vele der in den laatsten tijd hier te lande gebouwde grootere sluizen geschiedt de vulling en de lediging van de schutkolk door middel van in de schutkolkmuren uitgespaarde, over de geheele lengte der sluis doorgaande riolen, welke door zijspruiten met de kolk in verbinding staan. Van deze riolen werd een betere verdeling van het water over de schutkolk verwacht, dan deze te verkrijgen zou zijn met korte omloopriolen in de hoofden.

Ten behoeve van de sluizen in het Julianakanaal welke vervallen zullen moeten keeren van o. m. 7.45 m, 4.80 m en 11.35 m, zijn in een waterbouwkundig laboratorium n.l. in de „Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau“ in Berlijn proeven genomen met sluismodellen, teneinde de meest gunstige wijze van vullen en ledigen der schutkolk te vinden. Met deze proeven is het beoogde doel geheel bereikt: het is n.l. mogelijk gebleken, om bij sluizen met groot verval bij toepassing van

(1) Deze schepen kunnen op de Zuid-Willemsvaart en op het kanaal Luik-Maastricht slechts tot 1.90 m. diepgang worden afgeladen en hebben daarbij een laadvermogen van hoogstens 450 ton.

korte omloopriolen in de hoofden door middel van schuiven van een speciale constructie, den schepen in de schutkolk een rustige ligging te verzekeren bij een zoo kort mogelijk gekozen vullingstijd: ruim 7 minuten voor sluis I en bijna 9 minuten voor sluis III.

Nu gebleken is dat in de schutkolk muren de doorgaande riolen met zijspruiten kunnen worden gemist, konden deze muren worden ontworpen als wanden van gewapend beton, waardoor een groote besparing op de aanlegkosten zal worden bereikt.

De proefnemingen hebben ongeveer f 25.000 gekost. Op de aanlegkosten van de sluisen I, II en III van het Julianakanaal kan echter ongeveer f 400.000 à f 500.000 in aanlegkosten worden bespaard. Het groote belang van dergelijke proefnemingen is hiermede nogmaals aangetoond.

Aangaande enkele hoofdpunten der naar aanleiding van bovenomschreven proefnemingen gevolgde constructie zij nog het volgende medegedeeld.

Bij de keuze der constructie van de schuiven, welke de riolen in het bovenhoofd afsluiten, zijn de volgende twee grondbeginselen in acht genomen:

1°. met de uiterste zorg moet worden voorkomen, dat zich lucht kan verzamelen in de ruimte beneden de zitting van de schuif, teneinde te beletten, dat plotselinge veranderingen in de grootte der afvoeren ongewenschte golfbewegingen in de schutkolk doen ontstaan;

2°. het openen der schuiven moet zoodanig geschieden, dat de hoeveelheid water, welke per seconde in de schutkolk stroomt, zeer geleidelijk toeneemt van 0 tot een zeker maximum. Om aan dezen eisch te voldoen — zonder toepassing van ingewikkelde bewegingsinrichtingen voor de schuiven, waardoor het mogelijk zou zijn de hefsnelheid langzaam te doen aangroeien — zullen voor de schutsluisen van het Julianakanaal cilinderschouven worden toegepast met een kegelvormig benedeneinde (fig. 4, plaat III). Deze schuif, welke tevens voldoet aan den onder 1° gestelden eisch, maakt het mogelijk een constante hefsnelheid toe te passen, terwijl de vrijgegeven opening en daarmede de hoeveelheid schutwater in den aanvang zeer langzaam toeneemt.

Bij de proefnemingen is het verband gezocht, dat bestaat tusschen den vullingstijd van de schutkolk en de grootte der troskrachten van een in de kolk gemeerd schip van ruim 2860 ton waterverplaatsing, dit is een schip, dat de grootste op het kanaal toe te laten afmetingen van lengte, breedte en diepgang in zich vereenigt.

Fig. 5 geeft dit verband voor schutsluis I te Maasbracht. In de grafiek is ter vergelijking tevens het verloop der kromme aangegeven, welke verkregen zou worden, indien normale cilinderschouven werden toegepast. Hieruit blijkt duidelijk de

verbetering welke door de toepassing van het kegelvormig benedeneinde wordt verkregen. Zoo is de grootste troskracht bij een vullingstijd van $7\frac{1}{2}$ minuut ongeveer 3 ton bij de verbeterde en ruim 8 ton bij een normale cylinderschuif. Bij een

VERBAND TUSSEHEN DEN VULLINGSTIJD EN DE TROSKRACHTEN
BIJ HET SCHUTTEN VAN EEN SCHIP VAN $100 \times 12 \times 2.80$ M
(2860 TON WATERVERPLAATSING) DOOR SCHUTSLUIS I
BIJ MAASBRACHT.

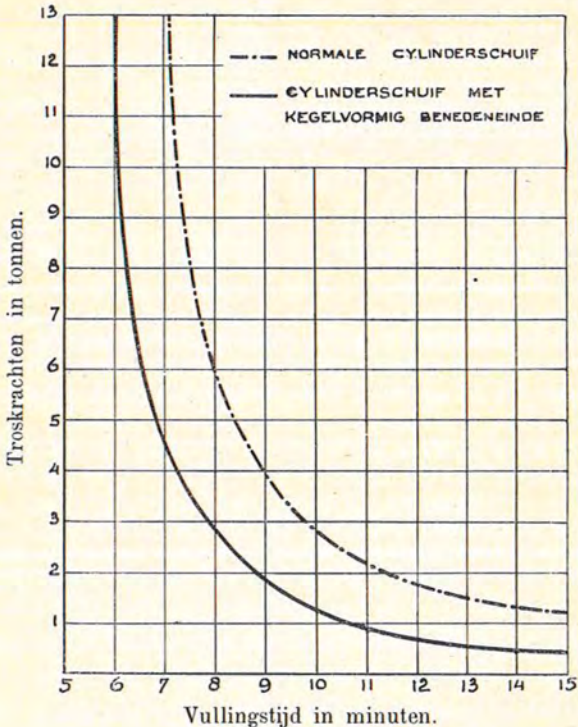


Fig. 5.

toelaatbare troskracht van ongeveer 3 ton is de vullingstijd in het eerste geval $7\frac{1}{2}$ minuut, terwijl deze in het laatste geval bijna 10 minuten zou bedragen. Hoewel het met het oog op de grootste toe te laten troskrachten — waarvoor in den regel $\frac{1}{600}$ van de waterverplaatsing van het grootste schip kan worden aangehouden, en die dus $\frac{2860}{600}$ of ongeveer 4.75 ton zouden mogen bedragen — nog mogelijk zouden zijn

den vullingstijd van de schutkolk verder te verkorten, is hiervan afgezien, omdat bleek, dat het met het oog op de golfbeweging in het bovenpand gewenscht was de grootste hoeveelheid schutwater, welke bij den bovengenoemden vullingstijd van ongeveer $7\frac{1}{2}$ minuut reeds groeit tot $80 \text{ m}^3/\text{sec}$. niet verder te vergrooten.

Eveneens is uit de proefnemingen gebleken, dat bij dezen vullingstijd de grootste troskracht van een vlak nabij het bovenhoofd gelegen sleepboot slechts 600 kg en die van een volle-maatschip slechts 200 kg zal bedragen.

De tijd voor het ledigen van de schutkolk werd voor sluis I op $6\frac{1}{2}$ minuut bepaald, waarbij de proeven aantoonde, dat deze tijd, ook met het oog op de golfbeweging in het benedenpand, aannemelijk is.

§ 5. Kanalisatie van de Maas te Maastricht.

Teneinde het riviervak van de Maas gelegen tusschen den mond van het kanaal Maasbracht-Maastricht en het verbindingskanaal naar het kanaal Luik-Maastricht bevaarbaar te maken voor 1000 tonsschepen, is het noodig in de rivier een stuw met daarnaast gelegen schutsluis voor 600 tonsschepen (vaart over de Maas) te bouwen beneden den mond van eerstgenoemd kanaal. Van dit kunstwerk wordt in hoofdstuk III een beschrijving gegeven.

Bij het ontwerp van deze stuw evenals bij dat van de andere werken, welke in verband staan met de kanalisatie van de Maas te Maastricht, is rekening gehouden met het afsluiten van den Heugemschen overlaat in den Rijksweg Maastricht-Vaals. Het overlaatsgebied, dat eigenlijk een gedeelte winterbed van de rivier is, is gelegen aan den rechterrivieroever boven het dorpje Heugem tot een punt benoorden Itteren.

Van den grootsten tot op heden bekenden afvoer van de Maas, n.l. $3000 \text{ m}^3/\text{sec}$. op 1 Januari 1926, stroomde op dien dag $300 \text{ m}^3/\text{sec}$. door bedoeld overlaatsgebied beoosten Wijk. Een beschouwing van de situatie op fig. 1, plaat I, zal het duidelijk maken, dat afsluiting van dezen overlaat met het oog op den aanleg van het kanaal bij Borgharen zoo niet noodzakelijk, dan toch in ieder geval zeer gewenscht is. Deze overweging heeft er toe geleid den overlaat zoodanig af te sluiten, dat de bedoelde waterafvoer niet meer door het overlaatsgebied kan plaats hebben er alleen het zuidelijke gedeelte van dit gebied bij hoogere waterstanden zal overstroomen en dus zal blijven behoreen tot het winterbed van de Maas.

Dat door deze maatregel verruiming van het bed van de rivier in Maastricht noodzakelijk is geworden, behoeft geen nader betoog. Bij de ontworpen verruiming is er naar ge-

streefd dit riviervak meer regelmatig te maken, waardoor een meer gelijkmatige waterafvoer wordt gewaarborgd.

Dat de monumentale en in den lande alom bekende Maasbrug een onderdeel van het vraagstuk der kanalisatie van de Maas te Maastricht uitmaakt, zal wel eenieder bekend zijn. Wat het lot zal zijn van deze brug, die zoowel tengevolge van de eischen voor de scheepvaart als voor den waterafvoer onmogelijk geheel in den huidige vorm is te behouden, is — althans bij het opstellen van deze mededeelingen — nog niet beslist. Ook voor het verkeer te land wordt deze brug — de eenige verbinding voor rijverkeer van Maastricht tot Wijk en tot de hoofdtoegangswegen naar de stad van Roermond, Heerlen, Aken en Luik — algemeen onvoldoende geoordeeld.

Tenslotte behoort tot de werken ter kanalisatie van de Maas te Maastricht het verhoogen van de bestaande spoorbrug over de Maas in de lijn Maastricht—Hasselt (België).

Door opvijzelen en verhoogen van het westelijke landhoofd en van de pijlers zal het mogelijk zijn deze brug zoodanig te wijzigen, dat onder het westelijke deel der brug een hoogte van 5 m (voor 1000 tonsschepen) boven het hoogste vaarpeil op de Maas aanwezig zal zijn.

§ 6. Overlaadhavens.

Aan het Julianakanaal zullen op een of meerdere punten overlaadhavens worden gemaakt, welke op korten afstand van het centrum van het Nederlandsch-Limburgsche kolenbekken zullen zijn gelegen. De juiste plaats dezer havens maakt nog een punt van overweging uit en is in onderzoek bij een daartoe ingestelde commissie.

Teneinde zoo spoedig mogelijk na het gereedkomen van de kanalisatie van de Maas beneden Maasbracht en de hiermede in verband staande kanalen een aanvang te kunnen maken met het vervoeren van Limburgsche kolen langs deze waterwegen werd, in afwachting van het gereedkomen van het Julianakanaal, de mond van dit kanaal te Maasbracht verbreed uitgevoerd en ingericht als een tijdelijke kolenoverlaadhaven. Door aansluiting aan de lijn Maasbracht—Echt der Limburgsche Tramweg-Maatschappij, kon deze overlaadhaven op eenvoudige wijze met het net der Nederlandsche Spoorwegen worden verbonden.

Door middel van een kolentip van moderne constructie met een uurcapaciteit van 15 wagons van 20 ton, zullen de kolen in schepen kunnen worden overgeladen. Het ligt in de bedoeling om na gereedkomen der definitieve overlaadhavens, deze inrichting daarheen over te brengen.

§ 7. Waterkracht.

De vraag, of het niet mogelijk en wenschelijk zal zijn, het Julianakanaal, behalve aan de scheepvaart ook dienstbaar

te maken aan de opwekking van elektrische energie, maakt nog een onderwerp van studie uit eener hiertoe ingestelde commissie.

Door schrijver dezes is ter gelegenheid van de Sectievergadering van de World Power Conference van 31 Augustus tot 8 September 1926 te Basel gehouden, aangaande dit onderwerp een rapport samengesteld, onder den titel „Les voies navigables en construction dans le Limbourg Néerlandais et les forces hydrauliques qui y deviendront disponibles”, naar welk rapport, dat als No. 71 Section A in druk is verschenen, hier kortheidshalve zij verwezen.

In deze verhandeling kwam schrijver, rekening houdend met de belangen van de scheepvaart, tot de conclusie, dat het mogelijk zal zijn bij de schutsluizen I, II en III van het Julianakanaal waterkrachtcentrales te bouwen. Bij een grootste toe te laten waterafvoer van 50 m³/sec. zullen deze centrales gemiddeld gedurende 10 maanden per jaar een maximum vermogen van achtereenvolgens 2380 k.W., 1500 k.W. en 3460 k.W. kunnen ontwikkelen.

De gemiddelde jaarproductie van de centrale bij sluis I zal 15.000.000 k.W.h. bedragen, hetgeen een gemiddeld jaarlijksch vermogen beteekend van 1720 k.W. of 72 pCt. van het maximum vermogen. Voor de centrale bij sluis II zijn deze cijfers achtereenvolgens 12.000.000 k.W.h., 1350 k.W. en 90 pCt., voor die bij sluis III 28.600.000 k.W.h., 3260 k.W. en 90 pCt. De gemiddelde stroomsnelheid zal dan in het kanaal hoogstens 0.34 m per sec. bedragen. Schrijver is van meening dat het scheepvaartbelang toelating eener hogere snelheid verbiedt, daar niet uit het oog moet worden verloren, dat in moderne kanalen met sluizen van groot verval, een niet te verwaarloozen golfbeweging in de kanaalpenden ontstaat tengevolge van de schuttingen. Voor het Julianakanaal immers groeit de hoeveelheid schutwater geleidelijk tot hoogstens 80 m³ per sec.

In bovengenoemd rapport wordt de grootste gemiddelde snelheid, welke nu en dan uitsluitend tengevolge der schuttingen in het kanaalprofiel optreedt, becijferd op 0.40 m per sec.

§ 8. Stand der werken op 1 Mei 1927.

Met de uitvoering der werken is een aanvang gemaakt zoowel aan het noordelijke als aan het zuidelijke beginpunt van het Julianakanaal.

Met den aanleg van de tijdelijke overlaadhaven te Maasbracht werd begonnen in Augustus 1925 door de „N. V. Internationale Gewapend Betonbouw” te Breda. Door deze aannemster werd de uitvoering in November 1926 overgedragen aan de N. V. Aannemersbedrijf v/h Firma T. den Breejen

van den Bout, te Berg en Dal. De uitvoering nadert thans haar voltooiing (fig. 6).

In uitvoering bij het noordelijke beginpunt van het Juliana-kanaal zijn voorts de bouwput voor schutsluis I met de daarbij behorende bronbemalingsinrichting en het kanaalgedeelte tusschen km 0⁹¹⁰ en km 4⁶⁶⁵, dat is van bezuiden sluis I tot een punt ter hoogte van Echt, waartoe o. m. behoort het bouwen van een tweetal grondduikers, van de onderbouw voor twee kanaalbruggen en van een vaste brug in

TIJDELIJKE OVERLAADHAVEN TE MAASBRACHT.



Fig. 6.

gewapend beton over de later te maken omlegging van de Oude Maas nabij Ohé. Aanneemster van den bouwput en van dit kanaalgedeelte is eveneens de N. V. v/h Firma T. den Breejen van den Bout, terwijl de levering van de bronbemalingsinrichting is opgedragen aan de Machinefabriek Gebrs. Stork & Co. te Hengelo; het plaatsen der bronnen geschiedt door de firma ir. N. Hoogendoorn te Giessendam.

In den zomer van 1927 zal met den bouw van schutsluis I, alsmede met de constructie van de ijzeren bovenbouwen der bovenbedoelde kanaalbruggen een begin worden gemaakt.

Te Maastricht is in uitvoering het korte verbindingskanaal tusschen de Maas en het kanaal Luik-Maastricht, met de daarin gelegen schutsluis V bij St. Pieter. Laatstgenoemde werken, welke in Hoofdstuk II nader worden beschreven,

worden voor zoover het beton- en het grondwerk betreft, uitgevoerd door de firma B. Muyres Zonen te Sittard. De ijzerwerken voor deze sluis worden geleverd door de N. V. Kloos & Zonen's Werkplaatsen te Kinderdijk, terwijl de bewegingsinrichtingen zijn opgedragen aan de N. V. Machinefabriek Jaffa te Utrecht (met elektrische installatie van Heemaf te Hengelo).

De oplevering dezer werken kan begin 1928 worden tegemoet gezien.

Nabij Borgharen is voorts in uitvoering de stuw waarvan in hoofdstuk III een beschrijving wordt gegeven. Met de eerste werken — het maken van een rivierverruiming aan den rechter Maasoever — werd in October 1925 begonnen; deze werken zijn voltooid en werden uitgevoerd door de firma B. Muyres Zonen te Sittard.

Met den bouw van de stuw werd begonnen in Mei 1926, in welk jaar de N. V. „Internationale Gewapend Betonbouw" het westelijke landhoofd en den meest westelijk gelegen pijler en den tusschen beide gelegen stuwvloer uitvoerde. Het overige betonwerk voor de stuw met de bijbehorende schutsluis VI is in Januari 1927 gegund aan N. V. Christiani en Nielsen's Gewapend Beton-Maatschappij te 's-Gravenhage, die het werk moet opleveren in 1929.

De aanneemster heeft thans een aanvang gemaakt met de damwandafheijing van den tweeden bouwput. De levering en het opstellen van de ijzerconstructie, alsmede van de bewegingsinrichtingen van de stuw, is opgedragen aan de „Verenigde Stahlwerke A. G." te Düsseldorf, Dortmunder Union (met bewegingsinrichtingen van de firma Freund-Starke Hoffmann te Berlijn). Het gedeelte hiervan behoorende tot de meest westelijk gelegen opening is in 1926 reeds opgesteld.

In den zomer van 1927 zal voorts een aanvang worden gemaakt met den aanleg van het kanaal tusschen km 28⁸⁰⁰ en 33²⁰⁰ van de kanaalas, hetgeen later in noordelijke richting zal worden voortgezet. Het gedeelte tusschen km 33²⁰⁰ en de rivier, waarin is gelegen schutsluis IV bij Borgharen, zal niet in uitvoering kunnen komen, vóórdat de Heugemsche overlaat zal zijn afgesloten, welk werk op zijn beurt wacht totdat de daartoe noodige verruiming van het doorstromingsprofiel van de Maasbrug zal zijn verkregen.

Werd in 1925 een eerste begin gemaakt met de uitvoering der werken, volgens verwachting zal de aanleg van het Julianakanaal, waarvan de totale kosten worden geraamd met inbegrip van de overlaadhavens met de daarbij behorende haveninrichtingen en spoorwegwerken op rond 25 miljoen gulden, in 1933 tot 1934 voltooid kunnen zijn.

Ten laste van het dienstjaar 1925 kwam een bedrag van f 743.000, terwijl voor 1926 f 2.500.000 en voor 1927 f 3.825.000 beschikbaar is gesteld.

HOOFDSTUK II.

SCHUTSLUIS V NABIJ ST. PIETER IN HET VERBINDINGSKANAAL TUSSEN
DE GEKANALISEERDE MAAS EN HET KANAAL LUIK-MAASTRICHT.

§ 1. Algemeene gegevens.

De hoofdafmetingen van deze sluis zijn reeds in § 2 genoemd. Deze bieden gelegenheid een schip van 1000 ton met sleepboot of vier vollemaatschepen gelijktijdig te schutten. Het onder normale omstandigheden te keeren verval bedraagt ongeveer 2.70 m, zijnde het verschil tusschen het veelal voorkomende peil van het aansluitende pand van het kanaal Luik-Maastricht, dat is ongeveer 46.70 m + N.A.P. en het stuwpeil van de gekanaliseerde Maas, dat is 44 m + N.A.P. Raakt de stuw te Borgharen onklaar, dan zou een grootste verval kunnen optreden van 5.80 m, indien dit samen viel met den allerlaagsten bekenden Maaswaterstand. In dit uitzonderingsgeval kan het verval, daar dan geen scheepvaart op de Maas mogelijk is, worden verdeeld over beide sluis hoofden. Als grootste verval, waarbij nog moet worden geschut, is 3.80 m aangenomen (hoogste kanaalwaterstand 46.80 m + N.A.P. en laagste stand op de Maas, waarbij scheepvaart met kleinere schepen nog mogelijk is 43 m + N.A.P.).

Bij groote afvoeren van de Maas en ook indien de kanaalwaterstand kunstmatig zou worden verlaagd — voor het onderhoud komen kanaalafelingen herhaaldelijk voor — kan de Maaswaterstand stijgen tot boven dien van het kanaal. De sluis moet dus keerend zijn naar beide richtingen. In de gevallen, waarbij de hoogste waterstand aan de Maaszijde voorkomt, behoeft er niet te worden geschut. Slechts één hoofd behoeft dus naar beide zijden keerend te zijn.

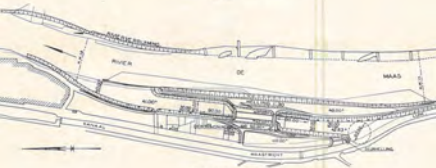
Een voor ons land bijzondere omstandigheid doet zich ter plaatse van deze sluis voor, n.l. de aanwezigheid in den bodem van mergel, waarvan de bovenkant ongeveer 6 m onder het maaiveld werd aangetroffen, zoodat het mogelijk was het sluisgebouw op de mergel te fundeeren.

De ligging van de sluis welke als bajonetsluis (fig. 9, plaat IV) is uitgevoerd, blijkt uit fig. 7.

§ 2. Schutkolk.

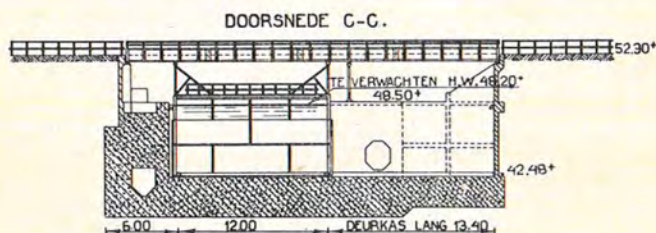
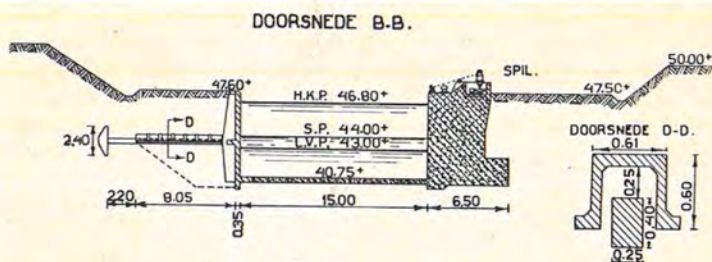
Ook voor deze sluis zal de vulling en de lediging van de schutkolk worden bewerkstelligd door middel van korte omloopriolen in de hoofden en kunnen dus de schutkolkmuuren in gewapend beton worden uitgevoerd. De aanwezigheid der mergel maakte het bovendien mogelijk de schutkolkwanden uit te voeren als verankerde gewapend-betonbeschoeiingen.

SCHLOSS V. NAD ST. PETER.
Situatio.



Scala 1 : 7500.

Toen na ontgraving van den bouwput echter bleek, dat de kwaliteit van de mergel tegenviel en dus was te vreezen, dat deze minder goed bestand zou zijn, om de horizontale belasting van de schutkolkwanden op te nemen, is besloten tusschen deze wanden in den schutkolkvloer een raamwerk van gewapend-betonstempelbalken, aan te brengen (zie de plattegrond fig. 9, plaat IV). De constructie dezer wanden blijkt duidelijk



uit de fig. 10 en 12, terwijl fig. 13 de wapening der ankerplaten doet zien.

Teneinde het aan den dag komen van het wapeningsijzer der schutkolkwanden tengevolge van het schuren der schepen te voorkomen, is boven de berekende dikte der wanden aan de dagzijde een slijtlaag van beton, ter dikte van 10 cm, aangebracht. Overwogen is, om in plaats hiervan drijfbalken toe te passen, doch hiervan is met het oog op de hoogere onderhouds- en vernieuwingskosten, afgezien.

De gevolgde constructie gaf een beteekenende besparing in aanlegkosten in vergelijking met schutkolkmuuren in stampbeton, terwijl ook de bouwput smaller kan worden.

In de schutkolkwanden zijn op afstanden van ruim 25 m krimpvoegen ontworpen, welke met asphaltmestiek water-

SCHUTSLUIS V NABIJ ST. PIETER.
Constructie der schutkolkwanden.

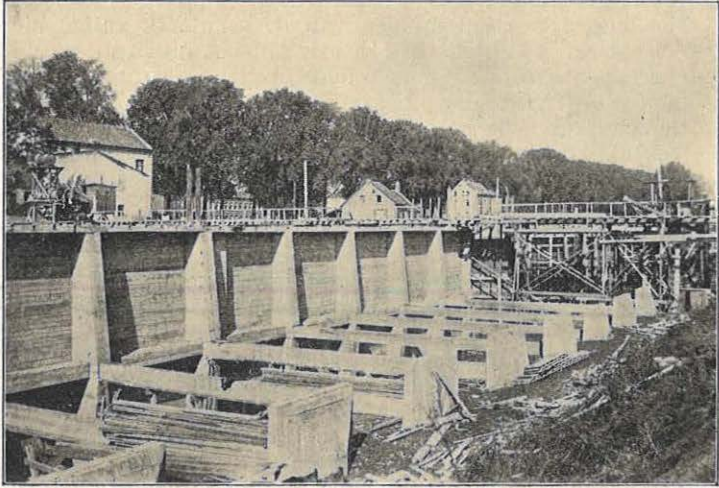


Fig. 12.

SCHUTSLUIS V NABIJ ST. PIETER.
Wapening der ankerplaten.

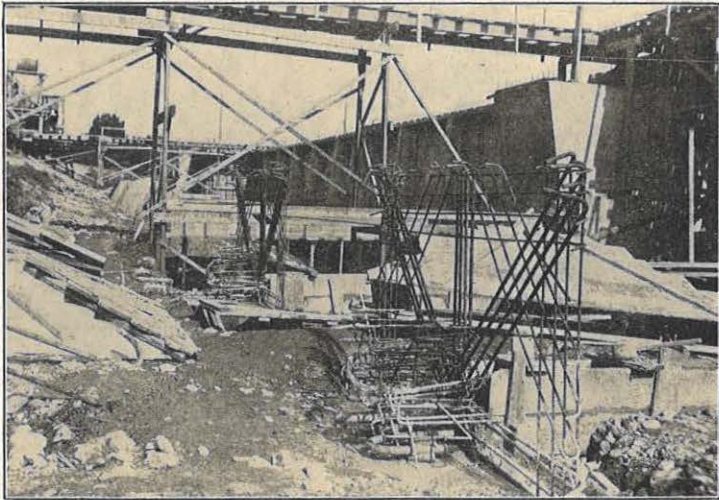


Fig. 13.

dicht afsluitend worden gemaakt, op de wijze zooals dit o. m. voor de schutsluis te Panheel in het kanaal Wessem-Nederweert is geschied (2).

Ter hoogte van het midden van de schutkolk zullen electrisch gedreven spullen ten behoeve van het in- en uitbrengen der schepen worden aangebracht op massieve pijlers van stampbeton (fig. 9, plaat IV, en 10).

De schutkolkbodem, waarop geen oppersende krachten van beteekenis kunnen werken, wordt tusschen de gewapend-betonstempelbalken voorzien van een 0.40 m dikke laag stampbeton, direct rustende op de mergel.

Bij de bepaling van de wijze van vulling en lediging van de schutkolk moest in de eerste plaats rekening worden gehouden met de grootste hoeveelheid schutwater welke per seconde aan het kanaal Luik-Maastricht kan worden onttrokken. Gebleken is, dat de grootste snelheid welke tengevolge van het schutten met de bestaande sluizen 4 te Petit-Lanaye en 5 te Maastricht in het kanaal kan worden veroorzaakt, niet meer dan 0.35 m/sec. kan bedragen. Als grootste toe te laten stroomsnelheid — indien ook met de nieuwe sluis zal worden geschut — is voor dit kanaalgedeelte aangenomen 0.50 m/sec.

Nauwkeurig is nagegaan, welke golfbewegingen op dit kanaalpand zullen kunnen ontstaan, zoodra ook door de nieuwe sluis V zal worden geschut. De berekeningen leeren, dat door deze sluis ten hoogste 12 m³ per seconde aan het kanaalvak mag worden onttrokken, om er voor te zorgen, dat het gestelde maximum voor de stroomsnelheid niet wordt overschreden.

Nadat het kanaal Luik-Maastricht in de toekomst zal zijn verruimd voor 1000 tonsschepen, kan deze grootste hoeveelheid worden vergroot tot 30 m³/sec.

Ook voor deze sluis — waarvoor gezien het lagere verval toepassing van cylinderschuiven niet economisch zou zijn — is van hetzelfde beginsel voor wat betreft het vullen en ledigen van de schutkolk uitgegaan als bij de sluizen I, II en III in het kanaalgedeelte Maasbracht-Maastricht (vgl. Hoofdstuk I, § 4). Het in het begin der schuifheffing geleidelijk toenemen van de doorstromingsopening is hier, evenals bij het benedenhoofd dier sluizen, bereikt met behulp van platte wielschuiven, welke de naar onder toegespitste riooldoorsnede afsluiten. De riooldoorsnede is bemeten naar de in de toekomst toelaatbare grootste hoeveelheid schutwater van 30 m³ per sec. De beide riolen in elk der hoofden hebben daartoe een gezamenlijke doorsnede van ongeveer 7.75 m², waardoor het mogelijk zal zijn de kolk te vullen en te ledigen in 5 minuten bij het grootste te verwachten verval van 2.80 m.

Zoolang echter het kanaal Luik-Maastricht niet is verruimd,

(2) Zie *De Ingenieur* No. 34 van 22 Augustus 1925, blz. 725.

mag de grootste hoeveelheid schutwater niet stijgen boven 12 m^3 per sec. Daartoe zijn de bewegingswerktuigen der schuiven van het bovenhoofd zoodanig ingericht, dat de normale hefsnelheid van 0.02 m per sec. na 42.5 sec. automatisch wordt vertraagd tot een snelheid van 0.0025 m per sec. Dit geschiedt, doordat iedere schuif door een tweetal motoren van verschillend vermogen kan worden bewogen. Na gedurende het bewuste tijdsverloop van 42.5 sec. de schuif te hebben gedreven en na dus een bepaald aantal omwentelingen te hebben gemaakt, wordt automatisch de motor met het grootste vermogen uitgeschakeld en die met het kleinste vermogen ingeschakeld.

De vullingstijd van de schutkolk wordt daardoor voorloopig verlengd tot 8 minuten. De tijd van lediging zal echter direct 5 minuten kunnen bedragen.

§ 3. Bovenhoofd.

Reeds eerder (Hoofdstuk II, § 1) is opgemerkt, dat slechts een der hoofden naar beide zijden waterkeerend behoeft te zijn. Teneinde de schutkolkwanden en vloer niet onnoodig bloot te stellen aan belastingen, welke zouden ontstaan indien het benedenhoofd ook naar de Maaszijde waterkeerend werd gemaakt, verdient het aanbeveling deze waterkeering in het bovenhoofd aan te brengen. Hierdoor is als waterkeering een roldeur aangewezen, waardoor de lengte van dit hoofd kon worden beperkt tot 11.20 m (zie fig. 8, plaat IV). Het bovenhoofd is dan ook hoogwatervrij ontworpen op $48.50 \text{ m} + \text{N. A. P.}$ of 0.30 m boven den hoogsten waterstand van 1 Januari 1926. De ongeveer 30 ton zware roldeur vindt geleiding langs de over het bovenhoofd ontworpen brug (fig. 11), welke noodzakelijk is voor het verkeer over den oostelijken kanaaldijk (jaagpad). Hiertoe is het aanbrengen van een luchtkist in de deur, waardoor deze tegen de brug wordt aangedrukt, noodig geworden. Op deze wijze is bereikt, dat geen enkel bewegend deel van de deur zich blijvend onder water bevindt. Wel worden aan de onderzijde van de deur eenige rollen aangebracht, om in geval van lek worden van de luchtkist, de deur met behulp van de spil, welke op het bovenhoofd voor het intrekken der schepen wordt aangebracht, in dat geval te kunnen bewegen.

Het hoofd, hetwelk is opgetrokken in stampbeton, kan worden drooggelegd voor onderhoudsdoeleinden met behulp van een tegen beide zijden aan te brengen noodafsluiting, gevormd door uit naadlooze buizen bestaande naalden, welke in den vloer van het hoofd een onderaanslag vinden, en die aan de bovenzijde rusten tegen een in sponningen neer te laten ijzeren vakwerklijger. Met het oog op deze drooglegging is de vloer van het hoofd gewapend.

Voor alle sluizen van het Julianakanaal kan worden volstaan met dit systeem van noodafsluiting, hetwelk boven schotbalken het voordeel van veel geringere kosten en van gemakkelijker aanbrengeu biedt.

In de riolen zullen behalve de eigenlijke riolschuiven hulpschuifkasten worden aangebracht, teneinde het mogelijk te maken hulpschuiven in te zetten en de riolen gedeeltelijk droog te leggen.

SCHUTSLUIS V NABIJ ST. PIETER.

Bekisting riolen en deurkas benedenhoofd.

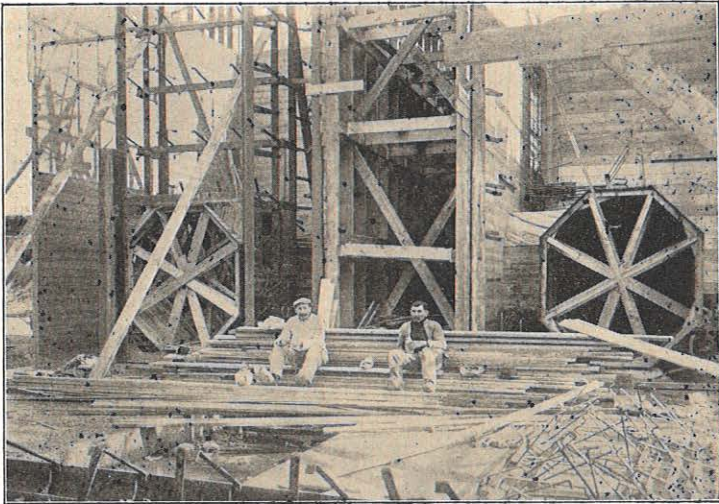


Fig. 14.

Wat deze riolen betreft, valt nog op te merken, dat de aanwezigheid van de deurkas aan de eene zijde het niet noodzakelijk maakt, dat het riool om deze deurkas wordt heen geleid (fig. 14 en 16). Het water kan eenvoudig dwars door de deurkas stroomen, hetgeen blijkens de ten behoeve van de schutsluis te IJmuiden te Berlijn genomen modelproeven, geenerlei bezwaren oplevert. De deurkas wordt gevormd door een tegen het hoofd aangebouwde gewapend-betonconstructie (fig. 9, plaat IV).

§ 4. Benedenhoofd.

Ook voor dit hoofd is als waterkeering een roldeur gekozen, welke oplossing tegenover één stel puntdeuren ook nog eenige

besparing opleverde, vooral doordat, indien de beide roldeuren dezelfde afmetingen verkregen, met één reservedeur kon worden volstaan. Hierdoor wijkt de vorm van het benedenhoofd slechts in onderdeelen af van dien van het bovenhoofd.

De brug, waarlangs de roldeur geleiding vindt, krijgt leuning noch opritten, omdat hierover geen verkeer zal plaats vinden.

De bovenkant van het benedenhoofd ligt evenals die der schutkolkmuren niet hoogwatervrij (47.60 m + N. A. P.). Er is echter op gerekend dat de motoren, de bewegingsinrichtingen en de overige elektrische apparaten alle boven hoogwater (48.20 m + N. A. P.) in de daartoe bestemde huizen zijn opgesteld.

§ 5. Geleidings- en remmingwerken.

De geleidingswerken bestaan uit een ter weerszijden van de sluis in de richting van de schutkolkwanden op 15 m onderlingen afstand geplaatst zestal betonnen pijlers, onderling en met de hoofden door een loopbrug verbonden.

Beide geleidingswerken zijn dus 90 m lang (zie fig. 8, plaat IV).

Bovendien zijn zoowel aan de boven- als aan de benedenzijde van de sluis in het verlengde van deze geleidingswerken nog 7 dergelijke pijlers op onderlinge afstanden van 30 m ontworpen, welke als remmingwerken dienst zullen doen.

Tot deze constructie is besloten, omdat de mergel, waarin vuursteenlagen voorkomen het heien van palen zeer moeilijk zou maken, terwijl bovendien met het oog op de in het boven-toeleidingskanaal aan te brengen kleibekleding veerende paalconstructies niet gewenscht zijn.

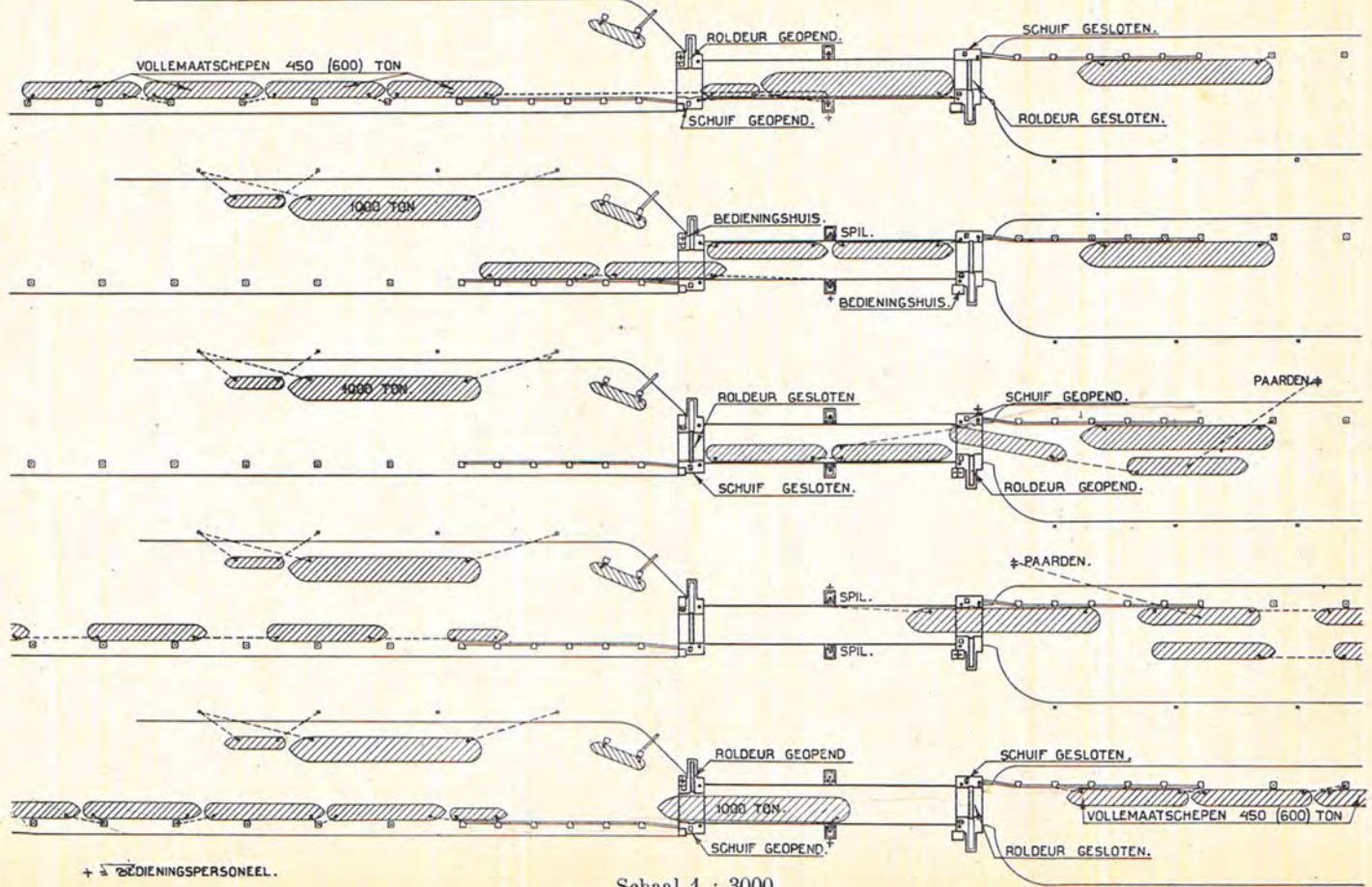
De pijlers in het benedentoeleidingskanaal langs het van de sluis naar het oosten wijkende beloop, kunnen dienst doen voor het vastleggen van sleepbooten, welke de dikwijls zonder sleepboot op het kanaal Luik-Maastricht varende schepen aldaar kunnen afwachten.

§ 6. Bediening.

De bediening is voor elk hoofd afzonderlijk gedacht, waartoe op elk hoofd een bedieningshuis is ontworpen. De bediening der beide spillen in het midden van de sluis voor het in- en uitsleepen der schepen zal bij die spillen zelf moeten geschieden.

Fig. 15 toont het verloop van een schutting van een sleep van 4 volle-maatschepen en een van een sleepboot met 2 schepen van 1000 ton. Het bedieningspersoneel is in elk stadium van de schutting met een kruis aangeduid.

Uit een en ander moge blijken, dat bij de ontworpen bedieningsinrichtingen met één man aan elke zijde van de sluis kan worden volstaan.



Schaal 1 : 3000.
Fig. 15.

Dit bedieningssysteem biedt boven bediening vanuit een centrale post het voordeel, dat het bedienend personeel steeds vlak bij de bewegende deur is, zoodat het zien kan of de schepen geheel binnen de kolk liggen en dus met het sluiten van de deur kan worden begonnen. Bij bediening uit één centraal punt zal, vooral bij langere sluizen de bedienende beambte toch de hulp noodig hebben van een ander, welke zich bij het andere uiteinde van de sluis moet bevinden, om de noodige seinen voor het bewegen der deuren te geven.

SCHUTSLUIS V NABIJ ST. PIETER.
Benedenhoofd oostzijde.



Fig. 16.

Voor het personeel is aan de westzijde van de sluis een dubbele sluiswachterswoning met kantoor en een bergplaats voor reserve-deelen ontworpen (fig. 7).

§ 7. Het verbindingskanaal.

Het korte verbindingskanaal tusschen de Maas en het kanaal Luik-Maastricht bestaat uit het benedentoeleidingskanaal van de sluis met een bodembreedte van 35 tot 40 m en een diepte van 3 m onder stuwpeil en voorts uit het boven-toeleidingskanaal met een bodembreedte van 30 m en een diepte van 3.25 m onder het laagste kanaalpeil (46.08 m + N. A. P.). Deze diepte is grooter gekozen dan bij het beneden-

toeleidingskanaal teneinde beschadiging der in dit boven-toeleidingskanaal aan te brengen kleibekleding, welke wordt uitgevoerd overeenkomstig die van het kanaal Maasbracht-Maastricht (zie Hoofdstuk I, § 2), te voorkomen.

Een deurhelling is ontworpen op den landtong tusschen het kanaal Luik-Maastricht en het boventoeleidingskanaal naar sluis V (fig. 7), op welke helling de reserveroldeur zal worden opgesteld en waar de noodige herstellingen aan de deuren kunnen worden verricht.

§ 8. Uitvoering.

Bij de uitvoering was te rekenen op een grooten aandrang van water uit het in de onmiddellijke nabijheid gelegen rivierbed, door de op de mergel aangetroffen laag grove grind. Hier-tegenover stond dat kon worden verwacht, dat de mergel het waterbezwaar belangrijk zou beperken. Om deze redenen is besloten de sluis te bouwen in een bouwput, omgeven door tot in de mergel geheide stalen damwand. Op deze wijze was het te verwachten waterbezwaar in den bouwput zeer gering, welke veronderstelling door de feiten is bevestigd. Gebleken is n.l., dat door een eenvoudige open bemaling de put zeer afdoende was droog te houden. De grootste wateropbrengst heeft 215 l per sec. bedragen, waarbij bovendien ook het boven- en benedentoeleidingskanaal van deze sluis op afdoende werd droog gehouden.

Het voor de afheijng benodigde damwandijzer kan, na wederom te zijn getrokken, worden aangewend voor de afheijng van de tusschen de Maas en het benedentoeleidingskanaal ontworpen muur (zie fig. 7). Toegepast is de damwand van het Larssen profiel I in staalkwaliteit (trek vastheid 54—64 kg/mm²).

Het maken van den bouwput is in 1925 begonnen. Van de sluis is het betonwerk — althans zonder de afwerking — in hoofdzaak gereed, terwijl het verbindingskanaal gedeeltelijk in uitvoering is.

Bij de uitvoering hebben zich in 1926 verschillende moeilijkheden voorgedaan, waarvan op een tweetal hier de aandacht zal worden gevestigd.

In de schutkolk is dicht bij het bovenhoofd aan de westzijde een wel aangetroffen van een capaciteit van 35 l/sec., waarvan de werking niet was te stuiten; aangezien een chemisch onderzoek uitwees, dat dit water niet afkomstig was van de Maas, doch van een in de mergel aanwezige scheur, zoodat het vermoedelijk onder vrij grooten druk aanstroomde van uit den in de nabijheid aanwezigen St. Pietersberg.

De plaats van de wel en de scheur in de mergel zijn op fig. 9, plaat IV, aangeduid; aangezien er aanwijzingen waren, dat benoorden de scheur nog secundaire scheuren aanwezig

konden zijn, is besloten de vloer van de kolk ter plaatse als dikke gewapend-betonplaat uit te voeren (zie fig. 8 en 9, plaat IV) en daaronder in de mergel met grind gevulde draineersleuven aan te brengen, om het hier eventueel uitkomende water met dat van de wel, onder den westelijken schutkolkwand door, met behulp van een buisleiding achter langs dien wand om te leiden naar het benedentoeleidingskanaal. De ligging van deze uit betonbuizen bestaande leiding is op fig. 9, plaat IV, te zien.

SCHUTSLUIS V NABIJ ST. PIETER.
Overzicht over de schutkolk.

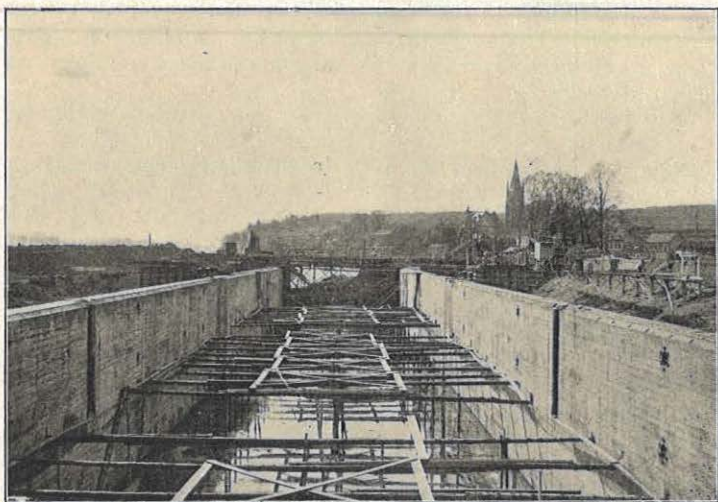


Fig. 17.

Verder bleek ter plaatse van het noordoostelijke gedeelte van de schutkolk de bovenkant van de mergel een vrij plotselinge daling te vertoonen, hetgeen niet uit de grondboringen was op te maken. Dientengevolge kon daar ter plaatse de gebruikelijke constructie van kolkwand en -vloer niet worden gevolgd, maar is een gewapend beton ondervangingsbalk, waaraan een horizontale vloerplaat is verbonden, noodig gebleken. Ook deze constructiewijziging is in de fig. 8 en 9, plaat IV, duidelijk waar te nemen.

Tenslotte geven de fig. 16 en 17 een beeld van den stand van het werk omstreeks 1 April 1927, nadat de bemaling van den bouwput was gestaakt. Eerstgenoemde foto geeft een duidelijk beeld van het benedenhoofd met deurkas en riolen,

terwijl eveneens de sponningen voor de bovenaanslagen der naaldafsluitingen zijn te zien. Fig. 17 geeft een beeld van de schutkolk, gezien in de richting van het bovenhoofd, met den St. Pietersberg op den achtergrond.

HOOFDSTUK III.

STUWCOMPLEX IN DE MAAS NABIJ BORGHAREN.

§ 1. Algemeene gegevens.

De stuw, welke beneden den mond van het kanaal Maas-bracht-Maastricht in de Maas moet worden gebouwd, is zoo-veel mogelijk stroomopwaarts ontworpen, teneinde de opstuw-
wing eveneens zoover mogelijk stroomopwaarts te doen ge-voelen (fig. 18).

Aanvankelijk was voor het peil van het gestuwde riviervak te Maastricht, als onderdeel der gekanaliseerde Maas van Eysden tot Grave, door de Nederlandsch-Belgische commissie gekozen een hoogte van 43.25 m + N. A. P. Een nader onder-
zoek heeft uitgewezen, dat het beter was dit peil vast te stellen op 44 m + N. A. P.

De voornaamste voordeelen van dit hooger gekozen stuw-
peil zijn:

1°. het grondverzet van het kanaalpand tusschen sluis III te Born en de Maas, waarvan het peil overeenkomt met stuw-
peil, wordt verminderd met ongeveer 600.000 m³;

2°. sluis IV bij Borgharen zal gemiddeld gedurende een
grooter aantal dagen per jaar kunnen openstaan, omdat het minder vaak zal voorkomen dat de Maaswaterstand nabij den
kanaalmond stijgt tot boven stuwpeil (bij een stuwpeil van 44 m + N. A. P., slechts gedurende gemiddeld 6 dagen per
jaar);

3°. het grondverzet voor het te kanaliseeren riviervak en
voor het verbindingskanaal beneden sluis V bij St. Pieter
wordt kleiner;

4°. het jaarlijksche onderhoudsbaggerwerk in dat rivier-
vak zal geringer zijn, en

5°. de stroomsnelheid in het gekanaliseerde riviervak zal
kleiner zijn.

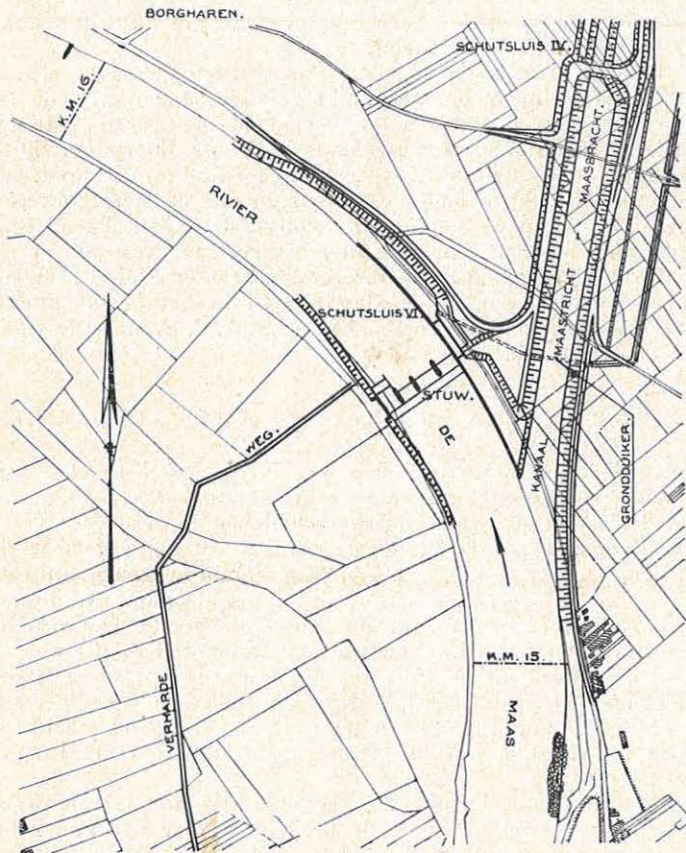
Hoewel hiertegenover als nadeelen van een hooger stuwpeil
in het algemeen moeten worden genoemd, de kosten van de
stuw hooger zullen worden, en dat de grondwaterstanden in
de omgelegen terreinen meer zullen stijgen, bleken bij keuze
van een stuwpeil op 44 m + N. A. P. deze bezwaren van ge-
ringe beteekenis te zijn, zoodat genoemd peil als het meest
gewenschte kon worden vastgesteld.

Behalve het stuwpeil zijn voor de beoordeeling van het ontwerp van belang de volgende waterstanden ter plaatse van de stuw:

Laagst bekende waterstand . . .	40.00	m	+	N. A. P.
Middelbare rivierstand (M. R.) . .	41.46	"	"	"
Laagste vaarpeil	42.40	"	"	"
Hoogste vaarpeil 3 m + M. R. . . .	44.46	"	"	"
Hoogste bekende waterstand op 1 Januari 1926	46.05	"	"	"
Te verwachten hoogste waterstand na sluiting van den Heugemischen overlaat	46.15	"	"	"

STUWCOMPLEX NABIJ BORGHAREN.

Situatie.



Schaal 1 : 10.000.

Fig. 18.

De indeeling van de beweegbare stuw, moge blijken uit de fig. 19 en 20, plaat V. Behalve een scheepvaartopening van 30 m wijdte, heeft de stuw een drietal afvoeropeningen elk 23 m wijd. De drempel der scheepvaartopening ligt ter hoogte van 38.50 m + N. A. P., de drempels der afvoeropeningen zijn op 39.60 m + N. A. P. ontworpen. Deze hoofdafmetingen zijn zoodanig gekozen, dat ter voorkoming van afzetting van zand en grind in de stuw, het profiel bij verschillende waterstanden 5 tot 10 pCt. kleiner is dan het gemiddelde rivierprofiel van het vak, waarin de stuw is ontworpen.

De gekozen breedte van de scheepvaartopening n.l. 30 m is alleszins voldoende te achten, omdat op de Maas tusschen Maastricht en Maasbracht slechts bij waterstanden tusschen 1 m en 3 m boven M. R. en dan in slechts één richting, n.l. stroomafwaarts kan worden bevaren, door schepen van ten hoogste 450 à 600 ton. Bovendien kan worden verwacht dat deze scheepvaart na het gereed komen van het Julianakanaal nog in beteekenis zal afnemen.

Naast de stuw zal een schutsluis worden gebouwd, waarvan de afmetingen zoodanig zijn gekozen, dat daarmede de volle-maatschepen met een laadvermogen tot 600 ton kunnen worden geschut. Dienovereenkomstig is de doorvaartwijdte van deze sluis — sluis VI — bepaald op 7.50 m, de slagdrempeldiepte op 2.80 m onder stuwpeil en zal de schutkolk een lengte van 55 m en een breedte van 7.50 m verkrijgen. Teneinde ook bij den allerlaagsten rivierstand van 40 m + N. A. P. de scheepvaart op de Maas met zeer kleine schepen niet te verhinderen, is de slagdrempel in het benedenhoofd ontworpen ter hoogte van 38.50 m + N. A. P. evenals de vloer van de schutkolk.

§ 2. Keuze van het type der stuw.

Aan de constructie van de stuw waren verschillende voorwaarden te stellen, waaraan slechts een beperkt aantal van de vele bestaande stuwconstructies bleken te voldoen.

In de eerste plaats zij opgemerkt, dat in het algemeen de voorkeur moet worden gegeven aan die beweegbare stuwen, van welke de bewegende deelen niet blijvend onder water zijn.

Voorts moet de stuw bij een snel opkomende was van de Maas in korten tijd kunnen worden geopend. Dat dit noodig is, moge blijken uit het feit dat de Maaswaterstand te Maastricht op 7 December 1904 in drie uur tijds 1 m steeg met een grootste snelheid van 0.40 m per uur. Bij die gelegenheid bedroeg de stijging van het water gedurende 1 etmaal ruim 2.50 m.

In verband met de soms zeer geringe afvoeren van de Maas in droge zomermaanden — de kleinste afvoer der rivier bedraagt slechts ongeveer 15 m³/sec. — is het — mede met het

oog op de voeding van de Zuid-Willemsvaart en van het kanaal naar Maasbracht — noodzakelijk, dat de stuw in gesloten stand een zoo volkomen mogelijke afsluiting vormt.

Met het oog op een eenvoudige bediening en het verkrijgen van een groote bedrijfszekerheid is — vooral in verband met het bovenstaande — een klein aantal groote afsluitingseenheden te verkiezen boven toepassing van vele kleine eenheden.

Teneinde aantasting van den rivierbodem beneden de stuw zooveel mogelijk te voorkomen, is het noodzakelijk — gezien het groote verval — dat de afvoer door de stuw bij lagere rivierafvoeren geschiedt door overstorting en niet door middel van een onderstroom. Bij grootere waterafvoeren zijn de benedenwaterstanden hooger, is het verval dus kleiner en is bovendien beneden de stuw een waterkussen van voldoende dikte aanwezig, zoodat eerst dan een onderstroom toelaatbaar zal zijn.

Zoals hierboven reeds is opgemerkt, dient ten slotte als eisch gesteld te worden, dat in de stuw een scheepvaartopening van ten minste 30 m breedte aanwezig zal zijn, terwijl daarbij op een vrije hoogte van 5 m boven het hoogste vaarpeil moet worden gerekend.

Bij het bestudeeren der uitgebreide literatuur over beweegbare stuwen en naar aanleiding van een door hem ondernomen studiereis naar Duitschland, met daaraan verbonden besprekingen met eenige op dit gebied vooraanstaande waterbouwkundigen, is schrijver dezes tot de overtuiging gekomen, dat de volgende afsluitingsmiddelen voor de stuw bij Borgharen in aanmerking kwamen:

- 1°. cylindervormige stuwen (Walzenwehre);
- 2°. enkele wielschuiven;
- 3°. enkele wielschuiven met verstelbare klep (voor de afvoeropeningen);
- 4°. dubbele wielschuiven;
- 5°. stoneyschuiven;
- 6°. segmentstuw (voor de scheepvaartopening).

Deze afsluitingsmiddelen, al dan niet in combinatie toegepast, voldoen alle, zij het in mindere of meerdere mate, aan de hierboven genoemde eischen. Het openen der uit groote eenheden bestaande stuwlichamen kan in alle gevallen snel geschieden. Een behoorlijke waterdichte afsluiting is met elke constructie te verkrijgen. De onder 4°, 5° en 6° genoemde systemen bieden geen voordeelen van beteekenis boven die genoemd onder 1°, 2° en 3°, terwijl de aanlegkosten belangrijk hooger zouden zijn.

Zoowel de cylindervormige stuwen als de wielschuiven zijn zoodanig te construeeren dat ze, teneinde overstorting van het water te verkrijgen, in, in den stuwvloer gespaarde verdiepingen, gedeel-

telijk kunnen worden neergelaten. Ten slotte kan in alle gevallen een opening van 30 m wijdte met één lichaam worden afgesloten.

Bij de keuze van het te volgen systeem heeft de kostenvergelijking dan ook een belangrijke rol vervuld. De goedkoopste oplossing werd verkregen door voor de scheepvaartopening een enkele wielschuif en voor de afvoeropeningen enkele wielschuiven met verstelbare klep toe te passen.

Behalve dat met deze oplossing ten opzichte van een neerlaatbare cylinderstuw volgens het patent der M. A. N. Fabrieken een besparing in aanlegkosten van rond f 100.000 werd verkregen, heeft het gekozen type nog enkele andere voordeelen. Een wielschuif rust met den onderaanslag op den stuwvloer, waardoor een betere waterdichte afsluiting is te verkrijgen dan deze bij een stuw bestaande uit gedeeltelijk neerlaatbare cylinders is te verkrijgen. De op de schuiven der afvoeropeningen aanwezige kleppen waarborgen op eenvoudige wijze nauwkeurige handhaving van het stuwpeil. Door in de drie afvoeropeningen de kleppen geheel neer te laten kan een waterhoeveelheid van 230 m³/sec. door overstorting worden afgevoerd. Bij grotere afvoeren, welke gemiddeld 170 dagen per jaar voorkomen, moeten de schuiven worden geheven, maar de energie der hiermede verkregen onderstroom wordt, zolang de overstorting tevens plaats heeft, gedeeltelijk door het overstorten van water uitgeput. Dit voordeel zou niet zijn verkregen bij de toepassing van de cylinderstuwen, daar hierbij nooit gelijktijdig overstorting en een onderstroom kan optreden. De waterafvoer over de cylinders zou bij het heffen uit den neergelaten stand zelfs tijdelijk afnemen, tot nul dalen en daarna bij heffen boven stuwpeil weer geleidelijk toenemen, terwijl de waterafvoer bij de toepassing van wielschuiven met kleppen steeds geleidelijk toeneemt.

§ 3. Stuwvloer en pijlers.

Teneinde de meest gewenschten vorm en afmetingen van den stuwvloer vast te kunnen stellen, zijn hieromtrent proefnemingen verricht in het laboratorium van prof. Rembock te Karlsruhe.

Hierbij zijn in de eerste plaats te onderscheiden de afvoeropeningen, waarin wèl en de scheepvaartopening, waarin geen overstorting van Maaswater zal plaats vinden.

Bij de proefnemingen zijn de volgende vormen van stuwvloeren onderzocht:

- 1^o. vlakke vloeren, en
- 2^o. vloeren met stortkom van verschillende afmetingen, zowel wat de lengte als wat de diepte betreft.

Hierbij is tevens de invloed van de toepassing der zoogenaamde „Zahnschwelle” onderzocht, een patent van prof.

REHBOCK, bestaande uit aan het einde van den vloer te maken tanden, welke ten doel hebben ontgronding vlak achter den vloer te voorkomen en die dus een stortebod met damwand of koffer overbodig maken (fig. 22).

De vorm en de afmetingen der tanden zijn proefondervindelijk bepaald.

Voor de afvoeropeningen hebben de proeven aangetoond dat een stuwvloer ter lengte van 11.70 m gemeten benedenstrooms van de beweegbare afsluiting, met een ter hoogte van

STUWCOMPLEX NABIJ BORGHAREN

«Zahnschwelle» gezien in de richting van den stroom.

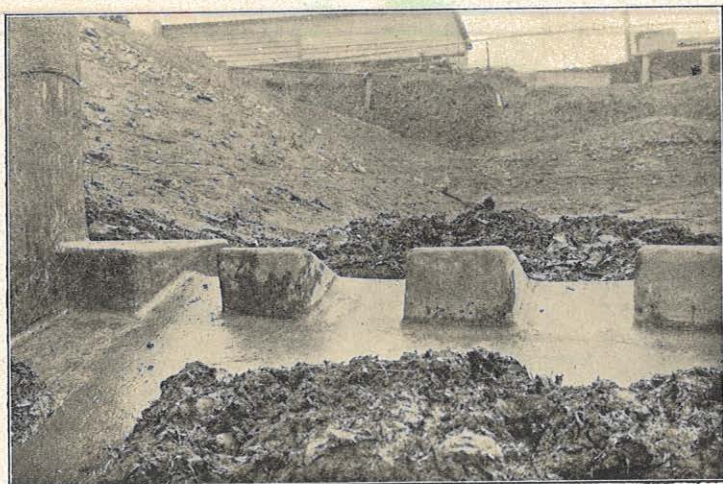


Fig. 22.

37.80 m + N. A. P. gelegen horizontalen stortvloer en voorzien van de bovenbedoelde tanden de meest gewenschte oplossing geeft (fig. 23).

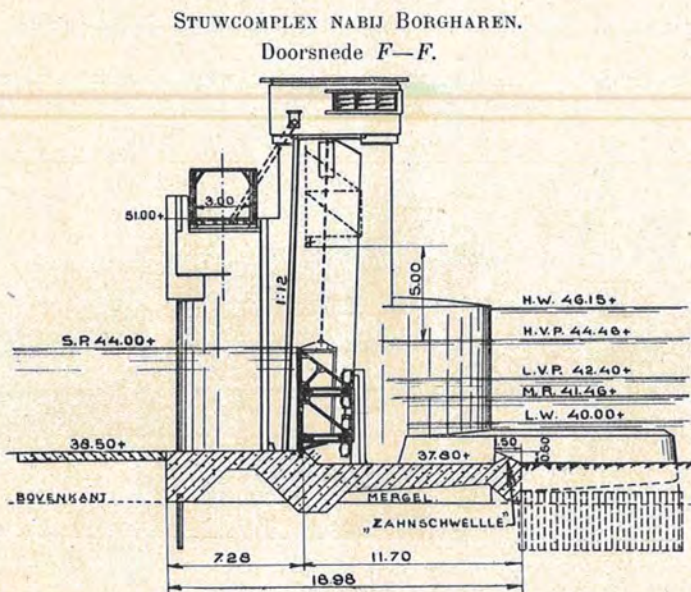
De stuwvloer van de linkerafvoeropening is in 1926 uitgevoerd, voor dat de resultaten van de proefnemingen bekend waren, en heeft een lengte verkregen van 20.20 m, welke lengte volgens empirische formules was bepaald (zie fig. 20, plaat V). Tengevolge van de resultaten der proefnemingen kon een belangrijke besparing op de aanlegkosten van het nog te bouwen gedeelte van den stuwvloer worden bereikt, terwijl bovendien een geringere uitkolkling van den benedenstrooms gelegen rivierbodem is te verwachten.

Door toepassing der tanden, zal niet alleen de uitschuring aan den rivierbodem worden verminderd, maar wordt tevens

doende waarborg tegen onderloopschheid van de stuw op eenvoudige wijze verkregen.

Om de uitschuring van het beton van den vloer en van het onderste gedeelte der pijlerwanden te voorkomen, zijn deze betonvlakken voorzien van een laag staalbeton ter dikte van 1 cm (patent prof. KLEINLOGEL).

De vorm en afmetingen van de pijlers zijn te zien uit de fig. 19 en 20, plaat V. Aangezien de pijlers door de 1 à 1.25 m diepe sponningen min of meer in twee stukken worden ver-



deeld, is besloten deze deelen door middel van een zware wapening aan elkaar te verankeren.

In den pijler ter rechterzijde van de scheepvaartopening zal een vischtrap worden ingebouwd, waarvoor een 20 m lange en 1 m breede gleuf is uitgespaard.

§ 4. Inrichting en bediening van de stuw.

Elke wielschuijf verkrijgt aan beide einden een bewegingsinrichting, welke — opdat beide volkomen gelijk werken — worden aangedreven door middel van een op de bedieningsbrug opgestelden electromotor.

Deze motor, in het geheel zijn er dus vier, brengt een as in draaiende beweging, welke de eigenlijke bewegingswerktuigen drijven, die in de huisjes op de pijlers en op de landhoofden zijn opgesteld. Op deze wijze worden de in zware Gallsche Kettingen hangende schuiven op en neer bewogen.

De motoren worden van twee pijlers af bediend. Het heffen van een schuif uit den laagsten stand tot boven den hoogsten waterstand zal ongeveer één uur vorderen.

STUWCOMPLEX NABIJ BORGHAREN.

Overzicht van de in 1926 gereed gekomen linker afvoeropening.



Fig. 25.

Zoo noodig zal dus de geheele stuw in één uur tijds geheel tot boven hoogwater kunnen worden geheven.

In geval van storing in het electrisch net dient een over de bedieningsbrug verplaatsbare benzinemotor, die door middel van kettingoverbrenging de drijfassen der schuiven in beweging kan brengen, als reserve. Daar de schuif van de scheepvaartopening hooger moet worden opgetrokken dan die der afvoeropeningen, zijn ook de pijlers ter weerszijden van eerstgenoemde opening hooger, waardoor de bijzondere bestemming dezer opening duidelijk uitkomt.

De schuiven loopen bij het op en neer bewegen door middel van tweewielige truck's of enkele wielen over een railbaan, welke in de, in de pijlers gespaarde, spouwen is aangebracht. Deze railbanen hellen in de afvoeropeningen onder 1:12 en in de scheepvaartopening onder 1:20 (zie fig. 23, 24 en 25)

waardoor de horizontale waterdruk op de schuif een naar bovengerichte componente levert, welke ongeveer gelijk zal zijn aan de rollende — en tapwrijving, die de rollen bij de beweging ondervinden en waardoor het heffen dus wordt vergemakkelijkt. Op deze wijze wordt bereikt, dat in de afvoeropeningen hoogstens het eigen gewicht van de schuif, zijnde 49 ton, vermeerderd met het gewicht van het overstortende water, dat is rond 40 ton, dus samen rond 90 ton zal zijn te heffen, terwijl in de scheepvaartopening alleen het eigen gewicht van de schuif, dat is 94 ton zal moeten worden opgetrokken.

De reeds in § 2 van dit hoofdstuk genoemde kleppen, welke op de schuiven der afvoeropeningen zijn aangebracht, worden ook door de kettingen der schuiven bewogen, waarvan het eene einde aan de schuif en het andere einde aan de klep is bevestigd (zie fig. 23), zoodat bij het optrekken der schuiven de kleppen in neergelaten stand kunnen blijven (vergelijk het slot van Hoofdstuk III, § 2).

Hoewel de schuiven geheel boven water kunnen worden gehaald, zal het toch kunnen voorkomen dat eventueele herstellingen een noodafsluiting aan de bovenroomsche zijde noodzakelijk maken. De groote wijdte der openingen maakte een noodafsluiting met lange ijzeren schotbalken ongewenscht en te kostbaar.

De reeds eerder genoemde over de geheele breedte der stuw ontworpen bedieningsbrug ter breedte van 3 m is zoodanig ingericht dat op weinig kostbare wijze een dergelijke noodafsluiting kan worden verkregen. Aan de brug zijn uitschuifbare stijlen bevestigd (fig. 26), welke in ingeschoven toestand onder tegen de brug kunnen worden bevestigd en die neergelaten en uitgeschoven steun vinden tegen op den stuwvloer aangebrachte nokken. Tusschen de stijlen kunnen ongeveer 6 m lange schotbalken worden neergelaten. In fig. 19, plaat V, is in de linker opening deze noodafsluiting aangegeven. De schotbalken worden bewaard in een daartoe in het westelijk landhoofd ontworpen loods (zie fig. 26).

Het aanbrengen en opruimen der noodkeering zal geschieden met behulp van de over de bedieningsbrug verrijdbare kraan, waarop tevens de hierboven reeds genoemde en als reserve bedoelde benzinemotor is aangebracht.

§ 5. Schutsluis VI naast de stuw.

Van deze sluis zijn de hoofdafmetingen reeds in § 1 van dit hoofdstuk vermeld. De algemeene constructie en inrichting moge blijken uit de fig. 19 en 20, plaat V.

Het bovenhoofd is watervrij ontworpen en wel op 46.50 m + N. A. P. Daar het stuwpeil het hoogste peil is, waarbij met deze sluis zal moeten worden geschut, zijn de schutkol-

muren en het benedenhoofd ontworpen op 45 m + N. A. P. dat is 1 m boven dit peil.

De vulling en lediging van de schutkolk zal plaats hebben door middel van schuiven in de puntdeuren, elk met een oppervlakte van 1 m². Worden de schuiven in eens geheel geopend, dan zal de voor het ledigen der kolk benodigde tijd bij een grootste verval van 4 m rond 6 minuten bedragen.

Tegen onderloopschheid bij de hoofden en bij den muur

STUWCOMPLEX NABIJ BORGHAREN.

Opstelling van het ijzerwerk in de linker afvoeropening.

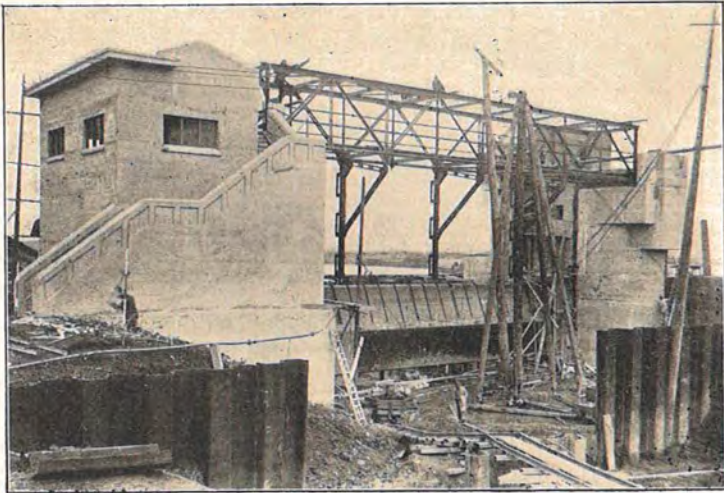


Fig. 26.

welke de schutkolk van de rivier scheidt zijn stalen damwanden ontworpen. Tegen achterloopschheid van de hoofden zullen stalen damwandschermen worden aangebracht.

De bediening der deuren en schuiven zal uit de hand geschieden, omdat de afmetingen betrekkelijk klein zijn en de sluis per jaar gedurende gemiddeld slechts 75 dagen in gebruik zal zijn, terwijl bovendien niet op een drukke scheepvaart behoefte te worden gerekend.

De geheele sluis is ontworpen in stampbeton terwijl de vloer van het benedenhoofd van een wapening moet worden voorzien, teneinde de bij drooglegging optredende oppersende krachten te kunnen opnemen.

Over het bovenhoofd is een 2 m breede loopbrug ontworpen in het verlengde van de bedieningsbrug over de stuw.

De toeleidingskanalen ter weerszijden van de sluis (zie fig. 18) hebben een bodembreedte van 25 m. Van de rivier zijn ze door een muur van stampbeton in het verlengde van den westelijken schutkolkmuur gescheiden. Bij zeer hooge standen, waarbij evenwel geen scheepvaart is te verwachten, zullen deze muren onder water geraken.

§ 6. Uitvoering.

De stuw wordt gebouwd in het zomerbed van de Maas. De uitvoering zal geschieden in drie gedeelten verdeeld over een drietal jaren. Een dergelijke indeeling bleek, zoowel wat het per seizoen te maken werk als wat de regeling van den waterafvoer betreft, de beste oplossing te geven.

De bouw dient in den droge te geschieden waartoe het maken van door stalen damwand omgeven bouwputten noodzakelijk is. Zonder meer blijkt de profielvernaauwing, welke door dergelijke afdammingen in het zomerbed ontstaat, van zoodanigen omvang, dat bij hooge zomerwaterstanden in het overblijvende gedeelte van het rivierprofiel te groote stroomsnelheden zouden worden veroorzaakt, waardoor gevaar voor ontgronding zou ontstaan. Daartoe is in 1925 begonnen de rivier langs den rechteroever ter plaatse van de ontworpen stuw te verruimen, welke verruiming na beëindiging van den bouw, gedeeltelijk blijft als boven- en benedentoeleidingskanaal naar sluis VI, zoodat deze verruiming dus voor het grootste gedeelte als blijvend werk is te beschouwen.

In 1926 is de linker afvoeropening met het landhoofd op den linkeroever en de eerste pijler uitgevoerd in een met stalen damwand omgeven bouwput. In 1927 zal de volgende afvoeropening en de scheepvaartopening met de nog te maken pijlers worden gebouwd. Het heien van damwand voor den hiertoe dienenden bouwput midden in de rivier nadert thans (1 Mei) haar voltooiing.

Gedurende dit bouwjaar zal de waterafvoer geschieden ter weerszijden langs den bouwput, n.l. ter rechterzijde door de rivierverruiming en ter linkerzijde door de reeds gereed zijnde afvoeropening.

In den derden bouwput op den rechteroever zal in 1928 de rechterafvoeropening van de stuw en de schutsluis moeten worden gebouwd. De waterafvoer zal gedurende deze periode dus moeten geschieden door de twee gereed zijnde afvoeropeningen en de scheepvaartopening, welke laatste eveneens de scheepvaart mogelijk maakt. Ter nadere toelichting zij vermeld, dat bij een zomerstand van 44 m + N. A. P. te Maastricht (Hoofdsluis), welke stand tusschen 15 Mei en 1 November van de jaren 1900 tot 1925 slechts drie maal werd overschreden, de gemiddelde stroomsnelheid in het oorspronkelijke rivierprofiel 1.62 m/sec. bedroeg. Deze gemiddelde

snelheid zal tijdens den bouw van de stuw bij een even hoogen waterstand in het eerste, tweede en derde bouwjaar achter-eenvolgens 1.49, 2.50 en 2.19 m/sec. bedragen. In 1925 is bovengenoemde waterstand tijdens de aanwezigheid van den eersten bouwput in Juni overschreden, zoodat de bouwput toen is overstroomd. Tenslotte is het jaar 1929 gereserveerd voor het afwerken en in bedrijfstellen van het geheele stuw-complex.

ONDERSTUK LARSSSEN DAMWAND PROFIEL III VAN DE PROEFHEIING.

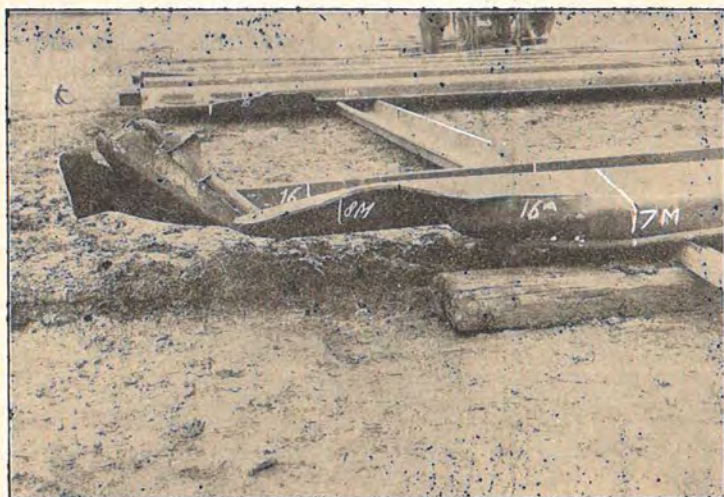


Fig. 27.

Bij het bepalen van bovenomschreven werkwijze, waarvan in fig. 21, plaat V, een overzicht wordt gegeven, was het een vraag van het allergrootste belang, of het wel mogelijk zou zijn in de mergel, waarvan grondboringen hadden doen vermoeden, dat deze laag aan de bovenzijde een zeer harde korst had, ijzeren damwand in te heien, opdat dichte bouwputten werden verkregen.

De grondboringen wezen uit dat de bovenste korst de hardheid had van kalksteen, zoodat werd vermoed, dat alleen ijzeren damwand van bijzondere hardheid zou kunnen worden ingehaid.

Daarom werd besloten een proefheiging te verrichten, welke in 1925 op den rechteroever van de Maas heeft plaats gehad. Hierbij is damwand van het bekende Larssen-profiel No. III

en IV ingeheid als een kuip van 5 m \times 5 m, waarna door ontgraving tot de mergel de toestand van den ingeheid wand kon worden nagegaan, terwijl tevens bleek dat ter plaatse van deze proefput de bovenlaag der mergel van zeer bijzondere hardheid was. Tenslotte zijn de damplanken wederom getrokken. Uit de groote vervormingen welke voornamelijk bij profiel III werden waargenomen, bleek duidelijk, dat aan profiel IV de voorkeur moest worden gegeven en dat

ONDERSTUK LARSSSEN DAMWAND PROFIEL III VAN DE PROEFHEING.

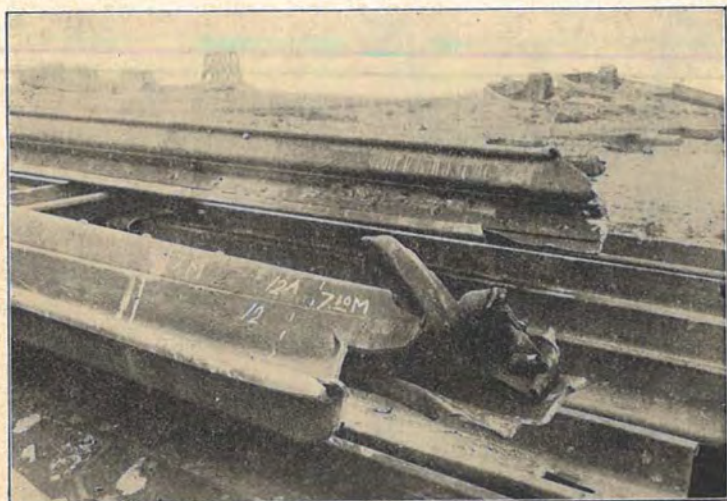


Fig. 28.

toepassing van staalkwaliteit van 54 tot 64 kg per mm² trekvastheid bij een zoo groot mogelijke rek, n.l. 20 pCt. absoluut noodzakelijk was.

De fig. 27 en 28 toonen enkele damplanken Larssen-profiel III, nadat deze waren getrokken, waaruit te verklaren valt, dat met de noodige eerbied in het vervolg de mergel werd gedoopt in „kalksteen“.

De bouwput, welke in 1925 is gemaakt, is dan ook met deze damwand afgeheid.

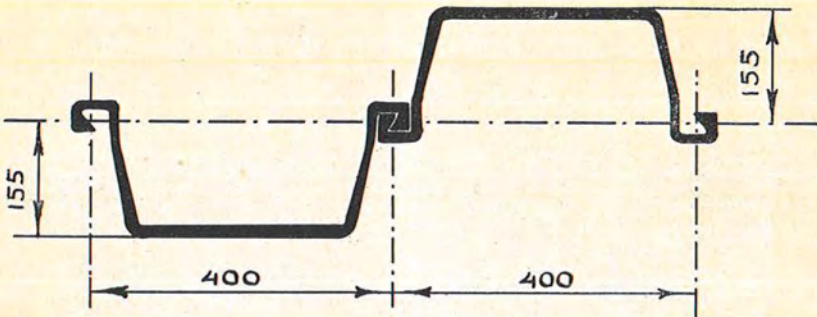
Echter bleek de kalksteen hierin slechts zeer plaatselijk voor te komen en was over het grootste oppervlak mergel van vrij geringe hardheid aanwezig.

Nadien bleek echter een nieuw profiel, gewalst door de Ougrée Marihaye S. A. te Ougrée bij Luik (fig. 29) als

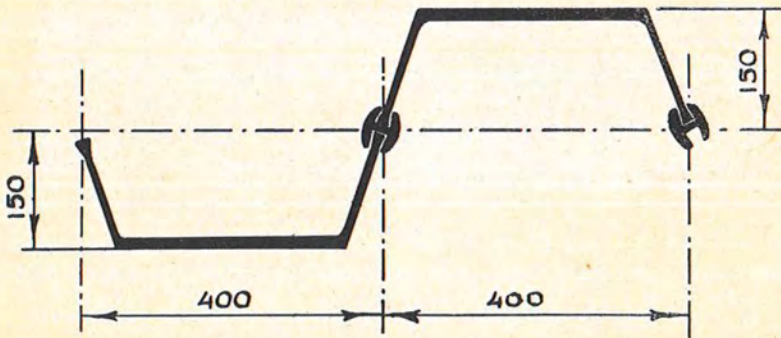
ernstige concurrent der Larssen-profielen in aanmerking te komen, hetgeen tot gevolg heeft gehad, dat de tweede en derde bouwput in hoofdzaak met dezen damwand zullen worden omgeven.

TOEGEPASTE DAMWANDPROFIELEN.

LARSSENPROFIEL IV



OUGRÉ E PROFIEL 4.



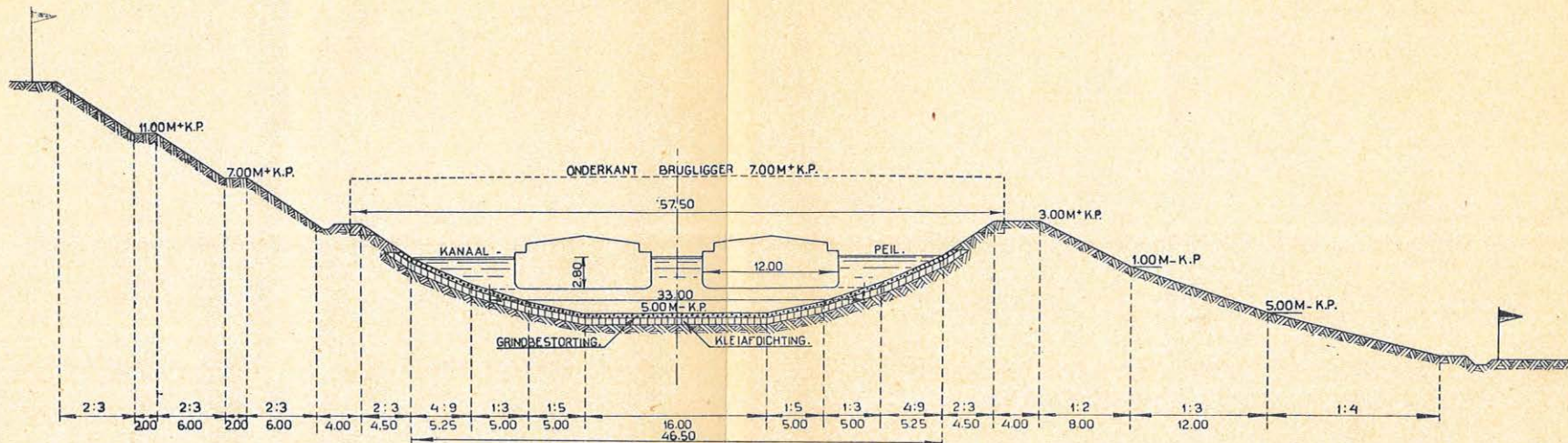
Schaal 1 : 10.

Fig. 29.

De afzonderlijk gewalste deelen van dit profiel worden op enkele punten electrisch aaneengelascht, waardoor een goed geheel wordt verkregen.

Het is te verwachten dat in Juni in den tweeden bouwput een aanvang met het betonwerk zal kunnen worden gemaakt.

DWARSPROFIEL KANAAL MAASBRACHT—MAASTRICHT.

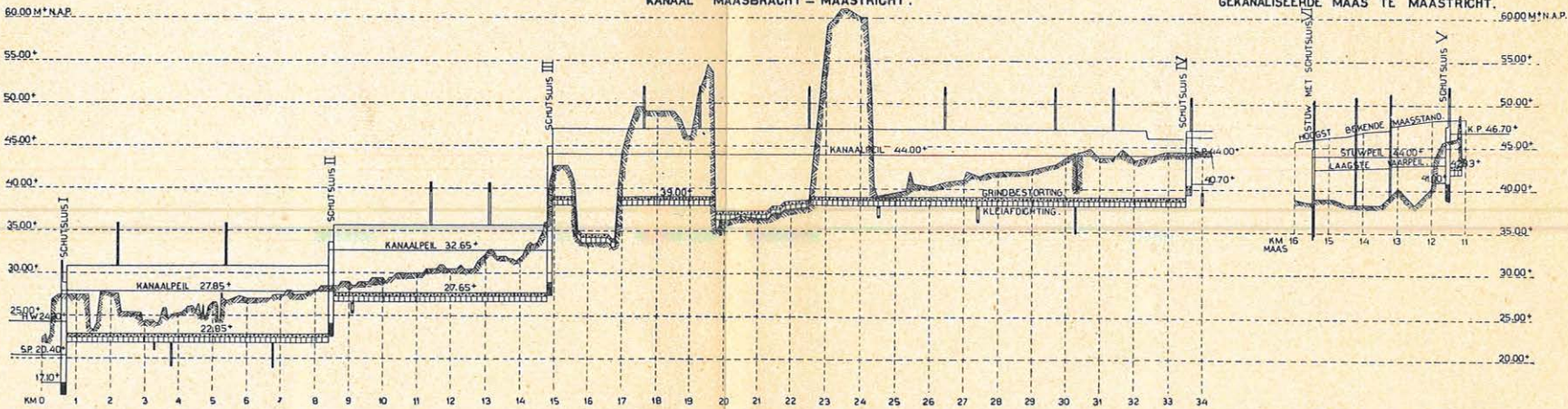


Schaal 1 : 600.
Fig. 2.

LENGTEPROFIEL JULIANAKANAAL.

KANAAL MAASBRACHT — MAASTRICHT.

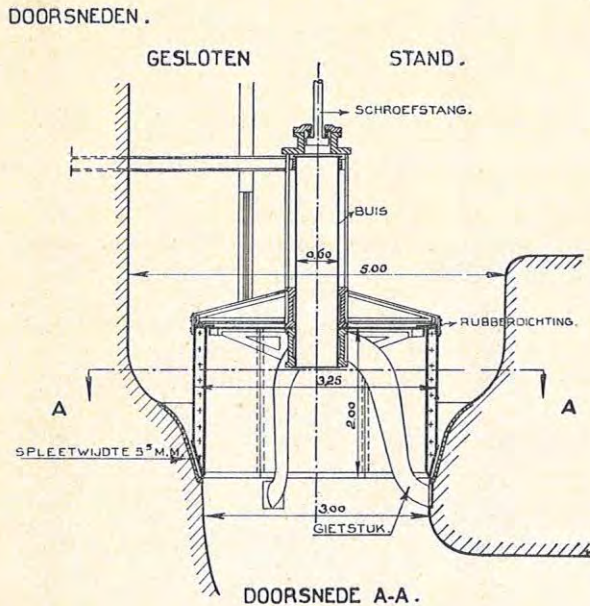
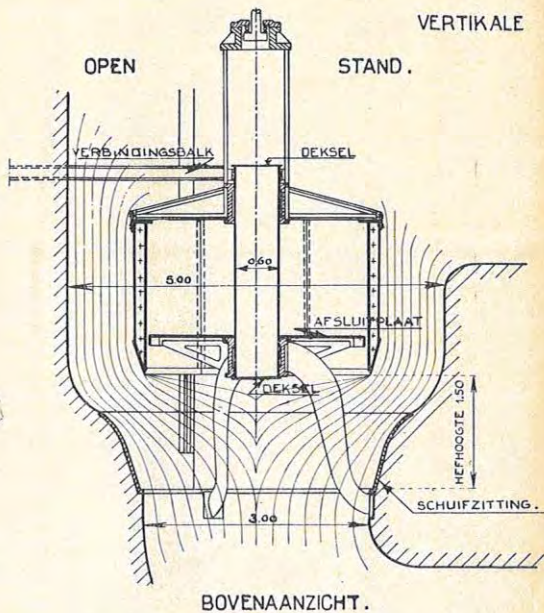
GEKANALISEERDE MAAS TE MAASTRICHT.



Lengteschaal 1 : 200.000. Hoogteschaal 1 : 800.

Fig. 3.

CYLINDERSCHUIF MET KEGELVORMIG BENEDENEINDE.



Schaal 1 : 100.

Fig. 4.

