157

RIJKSWATERSTAAT
Directie
Waterhuish. en Waterbeweging
Dienst voor de Waterhuishouding
Afd. Waterstaatskartografie
Koningskade 4 — 's-Gravenhage

Ac 72

RIJKSWATERSTAAT
Directie
Waterhuish. en Waterbeweging
Dienst voor de Waterhuishouding
Afd. Waterstaatskartografie
Koningskade 4 — 's-Gravenhage

RAPPORTEN EN MEDEDEELINGEN VAN DEN RIJKSWATERSTAAT.

N°. 18.

INHOUD:

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 SCHEEP-VAART-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 JUK-SYSTEEM 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 RIJKSWATER-STAAT C. T. C. HEIJNING.

AD

Rijkswaterstaat
Directie Algemene Dienst
„BOEKERIJ"

UITGEGEVEN DOOR HET MINISTERIE
VAN WATERSTAAT.

's-GRAVENHAGE — ALGEMEENE LANDSDRUKKERIJ — 1921.

627.43

I.

ONTWERP VOOR DE STUW IN DE MAAS TE LINNE.

§ 1. ALGEMEENE OPMERKINGEN.

De stuw te Linne is stuw n°. 11 van het kanalisatie-ontwerp der Nederlandsch-Belgische Commissie voor de gemeenschappelijke Maas. Zij is de bovenste stuw in de kanalisatie der rivier op Nederlandsch grondgebied. Wel valt ook stuw n°. 10 van dit ontwerp nog geheel in Nederland, doch de door deze stuw veroorzaakte opstuwing strekt zich grootendeels uit over de gemeenschappelijke rivier en deze stuw kan dus niet gebouwd worden zonder medewerking van België.

In overeenstemming met het door de Nederlandsch-Belgische Commissie voorgestelde ontwerp (het zoogenaamde bruine ontwerp) is de opstuwing te Linne bepaald op 20.40 M. + N.A.P. De stuw kan hiermede aan de rivier tot boven Maasbracht voldoende vaardiepte verschaffen. De middelbare zomerstand over de jaren 1871—1880, die bij het ontwerp der Commissie als uitgangspunt is aangenomen en in het vervolg M.R. zal worden genoemd, bedraagt te Maasbracht 20.03 M. + N.A.P. In verband met het verhang der rivier ter plaatse, en met het voornemen den rivierbodem op 3 M. (aanvankelijk 2.60 M.) beneden M.R. te brengen, zal dus de noodige vaardiepte ten allen tijde tot ongeveer 1 K.M. boven Maasbracht tot stand gebracht worden.

Om verschillende redenen verdient het aanbeveling de stuw te Linne het eerst te bouwen.

Op het te kanaliseeren gedeelte van de Maas, van Grave tot Maasbracht, wordt de bevaarbaarheid geringer naarmate men hooger stroomopwaarts komt, d. w. z. het aantal dagen per jaar, waarop de rivier met schepen van een bepaalden diepgang kan worden bevaren, neemt voor de ontworpen stuwpanden stroomopwaarts geleidelijk af. Het aantal dagen, waarop een schip van bepaalde afmetingen Maasbracht kan bereiken, hangt dus af van den toestand van het bovenste riviervak en naarmate dit vak een grooter aantal dagen, waarop de vaart mogelijk is, aanbiedt, neemt dus ook de bevaarbaarheid van het geheele gedeelte Grave—Maasbracht toe.

De bevaarbaarheid hangt voorts niet alleen af van de diepte, doch ook van de stroomsnelheid. Tot Venlo levert deze geen moeilijkheden voor de scheepvaart op. Boven Venlo neemt het verhang der rivier en daarmede de stroomsnelheid geleidelijk toe om bij Maasbracht

nagenoeg de waarde te bereiken, die ook op de gemeenschappelijke Maas heerscht. Ook in dit opzicht wordt derhalve de bevaarbaarheid van de geheele rivier beheerscht door die van het bovenste vak.

Voorts zal in het riviervak boven de stuw te Linne de uitmonding plaats hebben van het kanaal Wessem—Nederweert. Het mag verwacht worden, dat dit kanaal eerder voltooid zal zijn dan de geheele kanalisatie over den afstand Maasbracht—Grave. Zoodra evenwel de stuw te Linne gereed zal zijn, zal door dit kanaal Maasbracht en daarmede de toegang tot de mijnstreek met het Nederlandsche net van waterwegen verbonden zijn. Om hiervan de vruchten te kunnen plukken is het in de eerste plaats noodig, dat door de stuw te Linne een pand van de Maas worde gevormd, dat als eindpunt van het kanaal kan dienst doen.

§ 2. GEBRUIK VAN DE STUW TE LINNE.

Met het voorgaande hangt nauw samen de wijze, waarop de stuw te Linne zal worden gebruikt en bediend.

Zooals reeds vermeld, zal de bodem van de rivier volgens het ontwerp der Nederlandsch-Belgische Commissie worden gebracht op zoodanige diepte (aanvankelijk 2.60 M., later 3.00 M.) beneden M.R., dat bij dezen waterstand voldoende vaardiepte aanwezig is. Uitsluitend ter verschaffing van de noodige vaardiepte zou opstuwing dus slechts noodig zijn wanneer de stand in de vrije rivier lager zou zijn dan M.R. Zoodra deze stand in het boveneinde van een stuwpand overschreden wordt, zou de stuw geopend kunnen worden. Hierbij is natuurlijk rekening te houden met de verlaging, die de waterspiegel door de verruiming van het rivierprofil zal ondergaan en met de mogelijkheid, dat zich in het betrokken stuwpand verondiepingen voordoen.

In het riviervak tusschen Maasbracht en Linne is in de laatste jaren omvangrijk baggerwerk verricht voor grindwinning. Tengevolge daarvan zijn de waterstanden bij kleine afvoeren aldaar aanmerkelijk gedaald en er mag worden aangenomen dat thans reeds vrijwel de betrekking tusschen afvoeren en waterhoogten bestaat, die, met wegdenking van de stuw, ook in de toekomst zou optreden. Deze verhouding is afgebeeld in de afvoerkromme voorgesteld in fig. 1, opgemaakt naar een groot aantal in de jaren 1915 en volgende bij K.M.raai 67 beneden Wessem verrichte afvoermetingen. Aannemende, dat om ten allen tijde over de benoodigde vaardiepte te beschikken de stuw te Linne geheel geopend kan worden bij een stand te Maasbracht van 0.50 M. boven M.R., dan zou zulks het geval zijn bij een afvoer van 360 M^3 per seconde.

Voor de peilschaal aan de hoofdsluis te Maastricht is nagegaan het aantal dagen, waarop in het 25-jarig tijdvak 1894—1918 elke waterstand is voorgekomen. Van de aldus gevonden waarden zijn jaargemiddelden berekend en deze zijn in teekening gebracht in fig. 2. Op deze wijze werd een gemiddelde frequentiekromme voor de waterstanden gevonden, waaruit met behulp der uit een groot aantal afvoermetingen bekende betrekking tusschen de waterstanden en de afvoeren te Maastricht een gemiddelde frequentiekromme voor de afvoeren is afgeleid. Dat hiervoor de waterstanden te Maastricht en niet die te Maasbracht werden gebruikt, is geschied omdat de toestand der rivier onmiddellijk beneden Maastricht in genoemd tijdvak weinig of niet is veranderd, terwijl zulks te Maasbracht in zeer aanmerkelijke mate is geschied, zoodat in het bijzonder de lage standen te Maasbracht van de laatste jaren niet vergelijkbaar zijn met die uit een vroeger tijdperk. Zonder een fout van beteekenis te maken kan worden aangenomen, dat de afvoeren op beide plaatsen geheel overeenstemmen, zoodat de frequentiekromme van de afvoeren te Maastricht ook geldt voor de plaats van de ontworpen stuw.

De genoemde afvoer van 360 M^3 per seconde werd blijkens de frequentiekromme in het 25-jarig tijdvak gemiddeld gedurende 88 dagen per jaar overschreden, welk getal derhalve tevens het gemiddelde aantal dagen per jaar zou aangeven, waarop de stuw geheel geopend en de vrije vaart op de rivier hersteld zou zijn.

Hiermede zou de stuw te Linne echter slechts ten deele aan hare bestemming voldoen. Immers gemiddeld gedurende deze 88 dagen per jaar zou de scheepvaart hinder ondervinden van de groote stroomsnelheden, die op de rivier optreden. Bij de afvoermetingen beneden Wessem is gebleken, dat deze snelheden de onderstaande bedragen bereiken:

Afvoer per secunde M^3.	Snelheid in den stroomdraad M/sec.	Gemiddelde snelheid in het zomerbed M/sec.	Gemiddeld aantal dagen per jaar, waarop deze afvoer voorkomt of overschreden wordt.
360	1.40	1.14	88
500	1.56	1.30	47
750	1.84	1.55	16
1000	2.10	1.76	5
1500	2.56	2.10	—
2000	2.92	2.55	—

Grafisch is dit verband voorgesteld in fig. 3.

Deze snelheden zullen reeds op de doorgaande rivier aan de scheepvaart moeilijkheden in den weg leggen en voor de opgaande vaart de sleepkosten hoog maken, op het pand boven de stuw te Linne brengen zij nog bijzondere bezwaren mede, omdat in dit pand de uitmondingen van het kanaal Wessem-Nederweert en van het ontworpen kanaal Maasbracht-Born zullen vallen. Voor de invaart van het kanaal Wessem-Nederweert zullen de van Maasbracht stroomafwaarts komende schepen veelal moeten opdraaien, waarbij een sterke stroom in de betrekkelijk smalle rivier zeer hinderlijk kan zijn.

Het is dus zaak de stoomsnelheid in het stuwpand boven Linne zooveel mogelijk te beperken, dus de stuw zoolang mogelijk gesloten te houden. Wel zal de scheepvaart dan te Linne langer van de sluis gebruik moeten maken dan bij vroegere opening van de stuw, doch dit bezwaar weegt niet op tegen den door den sterkeren stroom veroorzaakten hinder. Het is trouwens te verwachten, dat de opgaande scheepvaart te Linne steeds de voorkeur zal geven aan het schutten door de sluis aldaar boven het tegen den stroom opvaren van de 6 KM. lange bocht, welke door het sluiskanaal wordt afgesneden. Om deze reden zijn de schutkolkmuren van de sluis te Linne dan ook zoo hoog ontworpen, dat aldaar tot bij het hoogste vaarpeil geschut kan worden.

Dezelfde reden pleit dus ook voor het aannemen van een zoo hoog mogelijk stuwpeil te Linne. Met het oog op de belangen van de oeverlanden is in den zomer geen hoogere opstuwing dan tot het in § 1 genoemde peil van 20.40 M. + N.A.P. toelaatbaar. Deze stand komt overeen met 1.85 M. boven M.R. ter plaatse van de ontworpen stuw of met een afvoer van ruim 700 M^3. per secunde. In het zomerhalfjaar (1 Mei—31 October) wordt deze afvoer slechts bij uitzondering bereikt of overtroffen. In het 25-jarig tijdvak, waarover de frequentie-krommen van fig. 2 loopen, was dit slechts het geval op 5 dagen in Mei, 6 dagen in Juli en 16 dagen in October, of tezamen gemiddeld op 1 dag per zomer. Daar het nu de bedoeling is de stuw eerst dan geheel te openen, wanneer ter plaatse daarvan in de vrije rivier het stuwpeil bereikt is, zal de stuw praktisch des zomers steeds geheel of gedeeltelijk gesloten zijn.

In den winter is er geen bezwaar tegen het stuwpeil nog eenigszins te verhoogen en de stuw dus nog bij wassend water wat langer gesloten te houden en bij vallend water wat eerder te sluiten. Daarom is de stuw zoodanig ingericht, dat het stuwpeil kan worden verhoogd met 0.50 M., of tot 20.90 M. + N.A.P., een stand te Linne overeen-

komende met een afvoer van ruim 800 M^3. per secunde en welke blijkens fig. 2 gemiddeld slechts gedurende 15 dagen per jaar wordt overschreden.

De stuw te Linne zal dus gemiddeld slechts op 15 dagen per jaar geheel geopend zijn. In het zeer natte jaar 1910 zou dit op 39 dagen, in het zeer droge jaar 1911 op 7 dagen het geval zijn geweest.

§ 3. LIGGING VAN DE STUW.

De ligging van de stuw is voorgesteld in fig. 4, waarop de te maken werken zijn aangeduid. De bovenmond van het sluiskanaal, alsmede die van het eventueele kanaal naar de waterkrachtcentrale, is daarop tevens aangegeven.

In tegenstelling met het ontwerp der Nederlandsch-Belgische Commissie, waarbij de stuw 700 M. verder stroomafwaarts in de bestaande rivier was ontworpen, zal deze thans gebouwd worden in een afsnijding van de scherpe rivierbocht tusschen de K.M.-raaien 68 en 69, zooals ook door de Commissie in het z.g. blauwe voorontwerp was voorgesteld. Deze bocht heeft een straal van slechts ongeveer 300 M. en moet derhalve voor de vaart met groote schepen toch worden afgesneden. Het ligt nu voor de hand de stuw in de afsnijding te bouwen, waardoor de bouw in den droge kan geschieden zonder dat de rivier daarvoor behoeft te worden afgedamd.

De as der afsnijding verlaat de bestaande rivieras 600 M. beneden K.M.-raai 67, verkrijgt een gebogen verloop met stralen van 880 M. à 1200 M. en valt 400 M. beneden K.M.-raai 69 weder daarmede samen. Tusschen deze beide punten is de afsnijding 1450 M. lang, zoodat de rivier met 350 M. wordt verkort. De afsnijding verkrijgt, in overeenstemming met het door de Nederlandsch-Belgische Commissie voor dit gedeelte van de Maas aangenomen profil, eene bodembreedte van 60 M. op een voorloopige diepte van 2,60 M. beneden M.R. en een breedte van 107 M. ter hoogte van M.R. Nabij de stuw is het profil verbreed in verband met de afmetingen van het kunstwerk.

De stuw is ontworpen nagenoeg in het midden van deze afsnijding, 300 M. beneden de nieuwe K.M.-raai 68.

De bestaande rivier wordt afgedamd ongeveer 450 M. beneden K.M.-raai 68 door een watervrijen dam. Tusschen deze en de benedenwaartsche aansluiting der nieuwe rivier kan de oude arm worden opgevuld naarmate daarvoor grond uit de verschillende ontgravingen beschikbaar is.

Ter weerszijden van de stuw zijn aan het kunstwerk aansluitende plateaux ontworpen ter hoogte van 24 M. + N.A.P. of 1,25 M. boven

den te verwachten hoogsten waterstand. Stroomopwaarts sluiten deze met hellingen van 1 : 40 aan het omliggende terrein aan. Het noordelijk plateau zal door een eenvoudige doorlaatbrug verbonden worden met den afsluitdam om te allen tijde gemeenschap tusschen de sluis en de stuw te kunnen behouden, het zuidelijke plateau wordt door een toegangsweg, waarin eveneens een doorlaat voor hoog water zal zijn te maken, verbonden met een openbaren weg van de gemeente Linne.

Langs den zuidelijken oever van de rivierafsnijding wordt een afwateringssloot aangelegd voor de ontwatering van eenige stroomopwaarts gelegen lage terreinsgedeelten, welker afwatering door de opstuwing van de rivier belemmerd zou worden. Deze afwateringssloot mondt beneden de stuw in de nieuwe rivier uit.

§ 4. HOOGTEPEILEN.

De volgende hoogtepeilen zijn voor de stuw van belang:

Ligging van den rivierbodem na verdieping tot 3 M. — M.R.	15.55 M.	+ N.A.P.
Voorloopig te vormen rivierbodem	15.95 „	„ „
Laagste te verwachten waterstand beneden de stuw bij vrije afstrooming	16.30 „	„ „
Idem bij gesloten stuw te Roermond	16.95 „	„ „
M.R. (1871 — 1880)	18.55 „	„ „
Normaal stuwpeil	20.40 „	„ „
Verhoogd stuwpeil	20.90 „	„ „
Hoogste vaarpeil	21.55 „	„ „
Hoogste te verwachten stand	22.75 „	„ „

Het maximum-verval van de stuw bedraagt normaal 3.45 M., d.i. het verschil tusschen de stuwpeilen te Linne en te Roermond, verminderd met het verval van 0.20 M., dat bij den kleinsten afvoer in het daartusschen gelegen stuwpand blijft bestaan. Moet om de een of andere reden het stuwpeil te Roermond worden verlaagd, terwijl dat te Linne blijft gehandhaafd, dan kan bij den kleinsten rivierafvoer het verval tot 4.10 M. stijgen. In de omstandigheden, waarin te Linne het verhoogde stuwpeil wordt toegepast is ook de waterstand beneden de stuw zoover gestegen, dat kleinere vervallen dan 3.45 M. optreden.

§ 5. HOOFDINRICHTING VAN DE STUW.

Daar uit het voorgaande blijkt, dat de stuw slechts gedurende gemiddeld 15 dagen per jaar geheel geopend zal zijn, rijst de vraag of het noodig is voor deze korte periode, waarin nog begrepen is de tijd van gemiddeld 6 dagen per jaar, gedurende welke de scheepvaart hindert ondervindt van te hooge waterstanden, de stuw zoodanig in te richten, dat alsdan de scheepvaart daardoor kan plaats hebben. Hoewel er uit een praktisch oogpunt weinig bezwaar tegen schijnt te bestaan de scheepvaart te dwingen te allen tijde gebruik van de schutsluis te maken, komt het ondergeteekende voor dat de internationale belangen, welke bij de Maas als scheepvaartweg betrokken zijn, zulks niet gedoogen. Tegenover deze belangen toch gaat het niet aan de scheepvaart, welke thans bij hoog water op de Maas stroomafwaarts plaats heeft, geheel onmogelijk te maken. Dit zou het geval zijn, wanneer bij een stremming van het verkeer door de sluis, tengevolge van eenig ongeval of herstelling aan dit kunstwerk, deze scheepvaart niet door de stuw kon plaats hebben. In een zoodanig geval zal de stuw dus eerder geopend moeten kunnen worden dan in normale omstandigheden.

Werd de scheepvaartopening weggelaten, d.w.z. werd deze in een aantal openingen van kleinere afmetingen onderverdeeld, dan zou daarmede het voordeel bereikt worden, dat de bediening dezer openingen met eenige grootere gemakkelijkheid zou kunnen geschieden, omdat zich eenige vaste punten op kleiner afstand in de rivier zouden bevinden. Daartegenover zou echter het belangrijke nadeel staan, dat de waterafvoer bij hoogere standen van deze tusschenpijlers belangrijken hinder zou ondervinden en dat het geheele dwarsprofil van de stuw, dat toch al breeder wordt dan de normale breedte van de rivier, nog meer verbreed zou moeten worden, waardoor onregelmatigheden van den stroom en daarmede de kans op verondiepingen onmiddellijk bij het stuwgebouw zouden toenemen.

Bovendien is de scheepvaartopening, wat de wijze van afsluiting en de constructie van de afsluitende deelen betreft, juist het eenvoudigste en, per lengte-eenheid van opening, het minst kostbare gedeelte van de stuw. Er bestaat dus geen redelijke aanleiding om te dezen aanzien van de door de Nederlandsch-Belgische Commissie aangegeven regelen af te wijken.

Allereerst is dus aangenomen, dat de stuw een scheepvaartopening moet hebben, welke voldoet aan de eischen door genoemde Commissie daaraan gesteld. Deze scheepvaartopening moet dus een vrije opening aanbieden, wijd tenminste 60 M., met een drempeldiepte van tenminste 2.60 M. beneden M.R.

De scheepvaartopening mag in geopenden stand voor de scheepvaart geen belemmeringen aanbieden. Daar het niet wel mogelijk is een opening van 60 M. door een enkel beweegbaar lichaam af te sluiten, moet de afsluiting bestaan uit een aantal betrekkelijk kleine elementen, waarvan de afmetingen zoodanig zijn, dat zij gemakkelijk zijn te hanteeren. Deze elementen, die dus betrekkelijk groot in aantal worden, zullen echter minder geschikt zijn voor de regeling van het stuwpeil bij de dagelijksche schommelingen in den afvoer. Deze regeling moet derhalve geschieden met de afsluitingen van de andere openingen, de afvoeropeningen. De Nederlandsch-Belgische Commissie heeft naast een scheepvaartopening van 60 M. wijdte ontworpen een opening met verhoogden drempel van 30 M. wijdte, eveneens af te sluiten met een aantal kleine elementen, en een afvoeropening van 20 M. wijdte, af te sluiten met een enkel element. Om na te noemen redenen verdient het de voorkeur in plaats van beide laatst-bedoelde openingen drie afvoeropeningen, elk van 17 M. wijdte bij een drempeldiepte van 1.60 M. beneden M.R., toe te passen.

§ 6. HOOFDAFMETINGEN.

De hoofdafmetingen van de stuw moeten nu aan de volgende eischen voldoen, welke in het algemeen voor alle beweegbare rivierstuwen gelden.

1°. Bij geopende stuw moet het doorstroomingsprofil zoo groot zijn, dat de afvoer van de rivier geen belemmering ondervindt.

2°. Het is echter wenschelijk het doorstroomingsprofil van de stuw iets kleiner te maken dan dat van de vrije rivier, opdat er zekerheid besta, dat op den stuwdrempel zich geen vaste stoffen nederzetten, welke het sluiten der stuw zouden kunnen bemoeilijken.

3°. Het profil van de stuw moet zich zoo na mogelijk aanpassen aan dat van de rivier.

Op grond van deze eischen zal de stuw bestaan uit:

een scheepvaartopening, wijd 60 M. met een drempeldiepte van 2.60 M. beneden M.R. en

drie afvoeropeningen, ieder wijd 17 M., met een drempeldiepte van 1.60 M. beneden M.R.

De scheepvaartopening is geplaatst aan den hollen, de drie afvoeropeningen naast elkander aan den bollen rivieroever. Daartusschen bevinden zich drie pijlers, elk breed 4 M., zoodat de wijdte van de stuw tusschen de landhoofden 123 M. bedraagt.

De bovenstroomsche einden van de landhoofden en de pijlers zijn opgetrokken tot 24.66 M. + N.A.P. of 1.89 M. boven den hoogsten te verwachten waterstand.

In fig. 5 zijn de hoofdafmetingen van het dwarsprofil der stuw voorgesteld. Hieronder volgt een opgave van de doorstroomingsprofillen bij verschillende waterstanden, vergeleken met die van de vrije rivier, nadat daaraan het op blz. 9 beschreven profil is gegeven.

Waterstanden.		Doorstroomingsprofillen in M^2.			
M. + N.A.P.	M. + M.R.	Scheepvaart-opening.	Afvoer-openingen.	Geheele stuw.	Vrije rivier.
18.55	0	156	82	238	250
19.55	1.—	216	133	349	361
20.40	1.85	267	176	443	462
20.90	2.35	297	201	498	524
21.55	3.—	336	235	571	607

De verkleining van het doorstroomingsprofil ter plaatse van de stuw bedraagt dus 5 à 6 pCt., hetgeen niet groot genoeg is om een opstuwing van beteekenis te vormen en toch voldoende om te beletten dat zich bij geopende stuw vaste stoffen op den drempel nederzetten.

Bij standen, hooger dan 3 M. + M. R., treedt de rivier buiten hare oevers en begint dus het winterbed aan den afvoer mede te werken.

Met het oog op den hiervoor sub 3°. genoemden eisch zou overwogen kunnen worden om de drempels der drie afvoeropeningen naar den oever toe geleidelijk hooger te leggen. Er is echter de voorkeur aan gegeven deze openingen geheel gelijk aan elkaar te maken ten einde de afsluitende elementen geheel gelijkvormig te kunnen construeeren.

§ 7. REGELING VAN DE STUW.

Uit den aard der zaak worden de afvoeropeningen met hare groote afsluitingselementen en pijlers, per eenheid van lengte, kostbaarder dan een scheepvaartopening, waar de afsluiting over een groot aantal kleine elementen wordt verdeeld. De vraag mag daarom gesteld worden of het aantal afvoeropeningen niet kan worden verminderd en het overblijvende profil, hetzij gevoegd kan worden bij de scheepvaartopening, hetzij, in navolging van het ontwerp der Nederlandsch-Belgische Commissie, kan worden behandeld als eenvoudige opening met verhoogden drempel, die echter gewoonlijk niet voor regeling van het stuwpeil dient.

Om deze vraag te beantwoorden behoort in bijzonderheden te worden nagegaan hoe de regeling van het stuwpeil, dus van het afvoerprofiel, zal geschieden. Hiertoe dient weder eerst te worden medegedeeld op welke wijze de afsluiting der openingen is ontworpen. Daarbij worden de beweegredenen, welke tot de keuze van deze afsluitingsmiddelen hebben geleid, voorloopig in het midden gelaten.

De afsluiting van de scheepvaartopening geschiedt door middel van Poirée-jukken op onderlingen afstand van 4 M., waartusschen zich schuiven, in twee rijen boven elkander, bewegen. Deze schuiven worden bediend door een loopkraan, welke zich beweegt over een brug, die de jukken onderling verbindt.

De afsluiting van de *afvoeropeningen* geschiedt door Stoney-schuiven, waarvan zich in iedere opening twee boven elkander bevinden, zoodanig, dat de bovenste schuif geheel achter de onderste kan worden nedergelaten, terwijl beide door ophalen geheel uit het profiel kunnen worden verwijderd. Deze schuiven hangen met kettingen aan een vaste bedieningsbrug over de opening en worden vandaar uit door electromotoren bewogen.

Schematisch is de wijze van afsluiting voorgesteld in fig. 6.

Voor de beweging van de schuiven der *scheepvaartopening* moet de loopkraan over de bedieningsbrug worden uitgebracht en moet de uitgenomen schuif naar den oever worden vervoerd, of de in te zetten schuif van daar worden aangevoerd. Het werken op de vrij lange niet vaste bedieningsbrug moet met eenige omzichtigheid geschieden, zoodat, zelfs bij het gebruik van electrische beweegkracht, de manoeuvres met de schuiven der scheepvaartopening, de ervaring bij dergelijke inrichtingen in het buitenland heeft het aangetoond, in het algemeen een vrij talrijk personeel zullen vereischen. Bovendien zal met deze schuiven, welke òf geheel ingelaten, òf geheel uitge-

nomen moeten zijn, ondanks de verdeeling van de opening over een dertigtal schuiven, geen zeer fijne regeling van den afvoer mogelijk zijn.

De groote Stoney-schuiven daarentegen, welke mechanisch bewogen worden, kunnen tot op een onderdeel van een centimeter nauwkeurig gesteld worden, terwijl voor de bediening slechts één man noodig is.

Er is nu naar gestreefd de bediening van de stuw zoodanig te maken, dat deze in gewone omstandigheden door den stuwwachter alleen kan geschieden en dat slechts in bijzondere gevallen meerder personeel noodig is. Hierdoor ontstaat het groote voordeel, dat het vaste personeel bij de stuw kan beperkt worden tot één man, den stuwwachter, en dat slechts eenige malen per jaar hulppersoneel moet worden aangenomen. Er behoeft dus geen vrij groot personeel, waarvoor gewoonlijk geen bezigheden zijn, in vasten dienst genomen te worden.

De regeling zal nu zoodanig moeten zijn, dat de schuiven van de scheepvaartopening zoo weinig mogelijk bewogen behoeven te worden. In de zomerperiode zullen de schuiven gesloten blijven, of slechts zooveel geopend zijn, dat hierdoor de te verwachten minimum-afvoer kan worden doorgelaten. In dit geval zullen bij dezen minimum-afvoer de Stoney-schuiven der afvoeropeningen dus geheel gesloten zijn. Vermeerdert de afvoer, dan wordt eerst een der boven-Stoney-schuiven neergelaten en vervolgens de beide andere. Daarna kunnen ook nog door het volledig ophalen der schuiven de afvoeropeningen geheel geopend worden. Eerst wanneer de afvoer zoo groot wordt, dat deze zonder overschrijding van het stuwpeil niet meer door de aldus gemaakte opening zou kunnen plaats hebben, wordt het noodig de schuiven in de scheepvaartopening te verwijderen om deze ten slotte geheel te openen.

Om na te gaan hoever de mogelijkheid van de regeling zich uitstrekt, moest eerst het verband tusschen den afvoer en den waterstand beneden de stuw bepaald worden, teneinde het verval te kennen, dat in elke omstandigheid bij de stuw optreedt. Alhoewel bij de voltooiing van de stuw te Linne die te Roermond vermoedelijk nog niet gereed zal zijn, is met de opstuwing te Roermond tot 16.75 M. + N.A.P. rekening gehouden, omdat deze toch in de toekomst normaal aanwezig zal zijn. De stuwkrommen voor de stuw te Roermond bij verschillende afvoeren moesten dus berekend worden. Gewoonlijk wordt op het voetspoor van POIRÊE ondersteld, dat deze stuwkrommen parabolen zijn, welke ter plaatse van de stuw raken aan een horizontale lijn en welke stroomopwaarts raken aan de natuurlijke verhanglijn van de

vrije rivier bij den aangenomen afvoer. Deze onderstelling, hoewel gemakkelijk voor de berekening, leidt echter tot onjuistheden. Bij zeer kleine afvoeren kan zij niet juist zijn en geeft zij te hooge waterstanden, omdat zij zelfs bij een afvoer van nihil tot een verhang in het bovendeel van het stuwpand leidt, hetwelk dan onmogelijk kan bestaan, Bij groote afvoeren daarentegen moet zij te lage waterstanden geven, omdat dan reeds onmiddellijk boven de stuw een verhang moet bestaan, waarmede de onderstelling geen rekening houdt. Daarom is hier een andere wijze van berekenen toegepast, waarbij is uitgegaan van de formule voor eenparige beweging door open kanalen:

$$Q = C\,D\,\sqrt{R\,I}\,, \text{ waarin}$$

Q = de afvoer in M^3. per seconde,

C = een coëfficient, afhankelijk van het profil en de geaardheid van den bodem.

D = de doorsnede van het profil in M^2.

R = de gemiddelde straal van het profil in M., zijnde de verhouding van de doorsnede tot den natten omtrek.

I = het verhang.

Voor C is voor elk geval aangenomen het gemiddelde uit de formules $C = 30 + 4\,(R - 1.5)$ en

$$C = \sqrt{\frac{1}{0.00028\left(1 + \frac{1.25}{R}\right)}}$$

De eerste formule is bepaald uit de in de Maas bij Wessem verrichte afvoermetingen, de tweede is de bekende formule van DARCY.

De formule voor de eenparige beweging is, uitgaande van de stuw te Roermond, achtereenvolgens vaksgewijze toegepast voor verschillende afvoeren, waarbij voor het dwarsprofiel werd aangenomen het verbeterde profil van de rivier volgens de voorstellen der Nederlandsch-Belgische Commissie. Zoodoende is telkens voor elk vak de waarde van I bepaald, waaruit weer de waterstand aan het boveneind van het vak volgt. Indien slechts de vakken klein genoeg worden gekozen, zoodat het profil in elk vak weinig verandert, moet deze wijze van berekenen, hoewel benaderend, tot praktisch voldoend juiste resultaten leiden. In dit geval is de lengte der vakken, waarvoor telkens het verhang werd bepaald, op 1 K.M. aangenomen.

Het resultaat der berekening, het verband tusschen den benedenwaterstand en den afvoer, is voorgesteld in fig. 7.

Op grond van de aldus onder alle omstandigheden bekende vervallen bij de stuw zijn de hoeveelheden water berekend, die kunnen worden afgevoerd, wanneer geopend zijn een willekeurig aantal bovenschuiven en daarbij, hetzij alle schuiven van de afvoeropeningen gesloten, hetzij een of meer dezer schuiven geopend zijn. Daarbij is aangenomen, dat in alle gevallen de opening van schuiven zoodanig achtereenvolgens plaats heeft, dat het water zooveel mogelijk door overstorting wordt afgevoerd, zoodat dus overal eerst de bovenschuiven hetzij worden neergelaten, hetzij geheel uitgenomen, alvorens de onderschuiven worden geopend en dus geen onderdoorstrooming van het water plaats heeft. Op de redenen, die hiertoe leiden, zal nader worden teruggekomen. Hier wordt zulks slechts vermeld om toe te lichten, dat de stuw dus in den regel als overlaat zal werken, zoodat voor de bedoelde berekening gebruik gemaakt is van de volgende formules voor den volkomen en den onvolkomen overlaat, al naarmate in de verschillende gevallen de benedenwaterstand lager of hooger is dan de bovenkant van de schuif, waarover de overstorting plaats heeft.

Deze formules, ontleend aan het werk van FLAMENT „Hydraulique", zijn:

voor den volkomen overlaat (zie fig. 8.):

$$Q_1 = C \left(0.4342 + 0.2 \frac{H^2}{H_0^2}\right) \left(1 - \frac{2H}{10}\right) H \sqrt{2g\,H}$$

C is een coëfficient, afhankelijk van de breedte van den drempel en gelijk aan $0.7 + 0.185 \frac{H}{b}$, met dien verstande, dat C nimmer grooter wordt dan 1.

voor den onvolkomen overlaat (zie fig. 9): $Q = Q_1 + Q_2$.

Hierin is Q_1 te berekenen uit de formule voor een volkomen overlaat met vervanging van H door h.

$$Q_2 = 0.63\ l \left(H - h\right) \sqrt{2g \left(h + \frac{v^2}{2g}\right)}$$

In alle formules is l de breedte van overstorting en v de snelheid van toestrooming van het water vóór de stuw.

De uitkomsten dezer berekeningen zijn grafisch voorgesteld in fig. 10. De verschillende krommen geven den afvoer door de stuw

aan voor de gevallen, dat alle schuiven der afvoeropeningen gesloten en dat een of meer dezer schuiven geopend zijn, telkens gecombineerd met het geopend of gesloten zijn van een aantal schuiven der scheepvaartopening.

De getrokken lijnen geven de afvoeren aan bij een stuwpeil van 20.40 M. + N.A.P., de gestippelde lijnen bij een verhoogd stuwpeil van 20.90 M. + N.A.P.

Uit deze grafiek is onder meer het volgende af te lezen:

Wanneer de scheepvaartopening geheel gesloten is, kan met de drie bovenschuiven der afvoeropeningen worden afgevoerd 160 M^3., met de drie afvoeropeningen in haar geheel 460 M^3. Met alle bovenschuiven van scheepvaart- en afvoeropeningen kan worden afgevoerd 430 M^3., met de geheele stuw 675 M^3., dit alles bij een stuwpeil van 20.40 M. + N.A.P.

Bij het verhoogd stuwpeil van 20.90 M. + N.A.P. kan met alle bovenschuiven worden afgevoerd 580 M^3., met de geheele stuw 815 M^3.

Uit deze berekeningen zou dus volgen, dat bij het verhoogd stuwpeil de geheele stuw geopend zal worden bij een afvoer van ruim 800 M^3. per seconde, welk cijfer goed overeenstemt met de waarde, welke op bladz. 9 uit de afvoerkromme werd gevonden.

In den navolgenden staat zijn nog eenige waarden aangegeven, afgeleid uit de krommen van fig. 8, alsmede uit de afvoer- en frequentiekrommen.

Aantal geopende bovenschuiven der scheepvaart-opening.	Afvoer in M³. per sec.			Regeling van den afvoer in M³. per sec. mogelijk met:		Was in de vrije rivier in M³. regelbaar met:		Aantal dagen per jaar, waarop regeling kan geschieden met:	
	Afvoer-openingen gesloten.	Bovenschuiven der afvoer-openingen geopend.	Afvoer-openingen geheel geopend.	bovenschuiven der afvoer-openingen.	alle schuiven der afvoer-openingen.	bovenschuiven der afvoer-openingen.	alle schuiven der afvoer-openingen.	bovenschuiven der afvoer-openingen.	alle schuiven der afvoer-openingen.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
0	0	160	460	160	460	—	—	160	305
1	20	180	470	160	450	1.70	3.20	175	310
2	40	200	480	160	440	1.50	2.95	201	321
3	60	220	490	160	430	1.25	2.60	163	265
4	80	240	500	160	420	1.20	2.50	150	244
5	100	260	510	160	410	1.20	2.35	133	218
6	115	275	520	160	405	1.15	2.25	118	198
7	135	295	530	160	395	1.10	2.15	103	176
8	155	315	535	160	380	1.05	2.—	96	161
9	170	330	545	160	375	1.—	1.90	91	149
10	190	350	555	160	365	0.95	1.85	83	134
11	210	370	565	160	355	0.90	1.75	75	119
12	230	385	570	155	340	0.85	1.60	70	111
13	250	400	580	150	330	0.75	1.50	64	101
14	270	415	585	145	315	0.70	1.40	54	91
15	290	430	590	140	300	0.70	1.30	52	83

De kolommen 2, 3 en 4 geven de afvoeren aan bij een willekeurig aantal geopende bovenschuiven van de scheepvaartopeningen, gepaard gaande resp. met de afvoeropeningen geheel gesloten, alleen de bovenschuiven dezer openingen geopend en deze openingen geheel geopend..

De kolommen 5 en 6 geven voor elk geval het verschil in afvoer aan, dat geregeld kan worden resp. alleen met de bovenschuiven der afvoeropeningen of met alle schuiven dezer openingen.

De kolommen 7 en 8 geven den was of val in de vrije rivier aan, overeenkomende met deze verschillen in afvoer.

De kolommen 9 en 10 geven het gemiddeld aantal dagen per jaar aan, waarop deze regeling mogelijk is.

De afvoer der rivier kan geacht worden nimmer te dalen beneden 20 M^3. en hoogst zelden beneden 40 M^3. per secunde. Laatstgenoemde hoeveelheid water kan worden afgevoerd met twee bovenschuiven van de scheepvaartopening. Er zouden dus normaal twee van deze schuiven geopend kunnen blijven, waarbij het echter vermoedelijk wenschelijk zal blijken van tijd tot tijd hiervoor andere schuiven te kiezen. Uit kolom 9 blijkt, dat dan gedurende gemiddeld 201 dagen per jaar de verdere regeling uitsluitend met de drie bovenschuiven der afvoeropeningen zou kunnen geschieden. Daarbij kan de afvoer dus veranderen van 40 tot 200 M^3. per secunde. Gedurende al dezen tijd kan de regeling dus door één man geschieden en wordt de afvoer uitsluitend door overstorting verkregen. Stijgt de afvoer boven 200 M^3. per secunde, dan kan òf een onderschuif der afvoeropeningen getrokken worden, òf een verder gedeelte van de scheepvaartopening worden geopend. Bij een zomerwas, wanneer verwacht kan worden, dat spoedig de afvoer weder zal dalen, zal het eerste middel gekozen worden, daar het verwijderen van de schuiven der scheepvaartopening veel werk vereischt en deze dan meestal na enkele dagen weder ingezet moeten worden. Bij een was in het najaar daarentegen, die van meer blijvenden aard is, zal er prijs op gesteld moeten worden den afvoer zoo lang mogelijk door overstorting te doen plaats hebben en zullen dus eenige verdere bovenschuiven der scheepvaartopening worden uitgenomen, opdat de benedenschuiven der afvoeropeningen gesloten kunnen blijven.

Waarschijnlijk zal het in de praktijk beter blijken tijdens den zomer de scheepvaartopening geheel gesloten te houden, zoodat hierdoor alleen water wordt afgevoerd wanneer het benedenpeil reeds eenigszins is gestegen. Het stortebed voor de scheepvaartopening behoeft dan minder kostbaar te worden, zooals in § 9 nader zal worden toegelicht. Ook dan is met de bovenschuiven der afvoeropeningen nog

een regeling mogelijk van een afvoer tot 160 M^3. of gedurende gemiddeld 160 dagen per jaar en met alle schuiven der afvoeropeningen tot 460 M^3. of gedurende gemiddeld 305 dagen per jaar.

Uitsluitend door overstorting, dus met alle bovenschuiven van scheepvaart- en afvoeropeningen geopend, kan een hoeveelheid water van 430 M^3. per secunde worden afgevoerd, een afvoer, welke gemiddeld gedurende 66 dagen per jaar overtroffen wordt. Bij verhooging van het stuwpeil tot 20.90 M. + N.A.P. worden deze getallen 580 M^3. en 38 dagen.

Het hiervoor genoemde getal van gemiddeld 160 dagen per jaar, waarop bij gesloten schuiven der scheepvaartopening de afvoer uitsluitend met de bovenschuiven der afvoeropeningen geregeld kan worden, vermindert tot 90 dagen, indien slechts twee, tot 5 dagen, indien slechts één afvoeropening van 17 M. wijdte wordt gemaakt, of indien, hetgeen uit dit oogpunt op hetzelfde neerkomt, respectievelijk slechts $^2/_3$ of $^1/_3$ van de wijdte van 51 M. met gemakkelijk beweegbare groote afsluitingselementen wordt uitgerust.

§ 8. KEUZE VAN DE HOOFDINDEELING.

De afsluiting der afvoeropeningen met groote dubbele Stoney-schuiven kost, tegen de thans geldende eenheidsprijzen, per strekkende meter ongeveer f 7000 meer dan een afsluiting met jukken en kleine schuiven zooals voor de scheepvaartopening is ontworpen, indien de drempel op gelijke hoogte wordt gelegd. De vervanging van elke 17 M. wijde afvoeropening door een afsluiting met kleine elementen zou dus een besparing beteekenen, tegen de bedoelde eenheidsprijzen, van 17 × f 7000 = ongeveer f 120000, of 6 pct. der kosten van de geheele stuw, welke tegen deze eenheidsprijzen op f 2000000 zijn begroot.

Werd, zooals door de Nederlandsch-Belgische Commissie is voorgesteld, slechts één afvoeropening, die dan weliswaar de iets grootere wijdte van 20 M. zou verkrijgen, gemaakt, dan zou de gemakkelijke regelbaarheid van de geheele stuw, zooals uit het voorgaande blijkt, ten zeerste verminderen. Van een regeling gedurende een groot gedeelte van het jaar met deze eene gemakkelijk beweegbare afsluiting zou geen sprake meer zijn. De besparing zou daarbij in werkelijkheid minder dan 2 × f 120000, of f 240000, bedragen. Het gedeelte van de stuw, afgesloten met kleine elementen zou dan zoo lang worden, dat de bediening daarvan bezwaarlijk meer van één oever uit zou kunnen geschieden. Er zouden dus extra-bedieningsinrichtingen, hetzij op den anderen oever, hetzij op een

middenpijler opgesteld moeten worden, waardoor de kosten, globaal geraamd, weder met f 80000 zouden stijgen, zoodat de besparing slechts f 160000 zou bedragen. Tegenover deze besparing zou de noodzakelijkheid komen van de aanstelling van twee of drie vaste stuwknechten.

Worden slechts twee afvoeropeningen van 17 M. wijdte gemaakt, dan wordt de regelbaarheid daarmede wel grooter dan met één afvoeropening, maar zij staat toch nog aanmerkelijk ten achter bij die met drie zulke openingen. Er kan dan niet meer op gerekend worden in de geheele zomerperiode aan de scheepvaartopening weinig of niets te veranderen. Voor vaste stuwknechten zou dan nog wel niet te allen tijde voldoende werk zijn, maar er zou telkens hulppersoneel in dienst genomen moeten worden. Een besparing van enkele percenten der kosten van het geheele bouwwerk weegt hiertegen niet op.

Er bestaat dus goede grond om naast de scheepvaartopening, welke een minimum-wijdte van 60 M. dient te verkrijgen, het geheele overige profil als afvoeropening in te richten.

Zooals hiervoor is vermeld, moeten de gezamenlijke afvoeropeningen bij een drempeldiepte van 1.60 M. — M.R. een wijdte van ongeveer 50 M. verkrijgen. Een indeeling hiervan in drie openingen geeft afsluitingselementen, die nog goed te manoeuvreeren zijn en niet al te zwaar worden. Daarom zijn drie afvoeropeningen, ieder van 17 M. wijdte, ontworpen.

§ 9. WIJZE VAN AFVOER VAN HET WATER.

Uit het voorgaande blijkt, dat de regeling van den afvoer in hoofdzaak met de afvoeropeningen zal plaats hebben. Toch zal van tijd tot tijd bij grootendeels gesloten stuw ook een gedeelte van de scheepvaartopening aan den afvoer moeten kunnen deelnemen. Behalve dat hierdoor de regeling zelf in sommige omstandigheden wordt vergemakkelijkt, kan op deze wijze het voordeel worden verkregen, dat de afvoer niet te zeer wordt geconcentreerd over een klein gedeelte van de breedte van het rivierbed, hetgeen ongewenschte plaatselijke uitschuringen van den rivierbodem beneden de stuw tengevolge zou kunnen hebben.

Aantasting van den bodem der rivier beneden de stuw is het voornaamste euvel, waartegen bij den bouw van dit kunstwerk gewaakt dient te worden. In het rapport van den ingenieur G. P. NIJHOFF betreffende een bezoek aan eenige Zwitsersche stuwen (Rapporten en Mededeelingen van den Rijkswaterstaat n°. 17) wordt erop

gewezen hoe zelfs bij een rotsbodem het doorstroomende water groote verwoestingen in den rivierbodem kan aanrichten. Het niveauverschil, dat bij de stuw voorkomt, geeft aan het water een reusachtige levende kracht, welke beneden de stuw vernietigd moet worden. Hierdoor kan het water niet alleen onmiddellijk beneden de stuw een zeer groote stroomsnelheid verkrijgen, doch daarmede gaat gepaard een zich voortdurend wijzigen van den druk, welke de in sterke beweging verkeerende watermassa op den bodem uitoefent, waardoor de samenstellende deelen van een stortebed, indien deze niet zwaar genoeg zijn, uit den bodem losgerukt en door den sterken stroom medegevoerd kunnen worden. Bij de beproeving van de stuw in de Vecht te Vilsteren, welke in 1914 door ondergeteekende geleid werd, bleek in enkele uren het stortebed, hetwelk uit betonplaten was samengesteld, grootendeels te zijn vernield en waren beneden de stuw diepe gaten in den bodem ontstaan, welke, indien niet spoedig het water in het bovenpand ware afgelaten, vermoedelijk algeheelen ondergang van het kunstwerk zouden hebben medegebracht.

Waar reeds bij rivierstuwen op een rotsbodem dit punt sterk de aandacht vraagt, is zulks te meer het geval bij een stuw in een rivier met bewegelijken bodem, zooals de Maas, waar, in verband met de grootere hoeveelheden water en het grootere verval der stuwen, de middelen om het kwaad te voorkomen van nog veel meer belang zijn dan bij de stuw op de Vecht.

De rivierbodem beneden de stuw zal dus door een sterk stortebed tegen uitschuring beschermd moeten worden, doch ter wille van de kosten zullen de afmetingen daarvan zooveel mogelijk beperkt dienen te worden.

De ervaring bij vele stuwen in het buitenland, en ook bij die op de Vecht, leert, dat de vernielende werking van het benedenwater zich over grooteren afstand doet gevoelen naarmate de strooming van het water door de stuw meer de horizontale richting nadert. Valt het water daarentegen over de kruin van de stuw verticaal naar beneden en vindt het onmiddellijk beneden de overstorting een waterkussen van voldoende dikte, dan wordt de levende kracht daarin grootendeels uitgeput en herneemt de rivier zeer spoedig een rustigen loop. Bij de kanalisatiewerken van de Moldau en de Elbe in Bohemen, die wat afmetingen betreft zeer goed met de Maas te vergelijken zijn, heeft men, zooals bij het bezoek aan die werken in 1914 werd vernomen, te dien aanzien uitgebreide proeven genomen en deze wijzen op de wenschelijkheid om den afvoer zooveel mogelijk door overstorting van het water te doen geschieden, waarbij de gunstigste resultaten werden

verkregen door de eigenlijke overstorting te doen plaats hebben in een kom, welke aan de benedenzijde door een drempel van het eigenlijke rivierbed is gescheiden, op de wijze zooals in fig. 11 is aangeduid.

Moet in de eerste plaats gezorgd worden voor rustig water beneden de stuw, toch mag niet uit het oog worden verloren, dat zich ook omstandigheden kunnen voordoen, dat strooming van het afgevoerde water langs den bodem wenschelijk is. Het profil van de stuw is wel zoodanig gekozen, dat dit iets kleiner is dan dat van de vrije rivier en op deze wijze wordt ernaar gestreefd te voorkomen dat zich in de stuw vaste stoffen op den bodem zullen nederzetten. Bij geheel geopende stuw zal daarvoor weinig gevaar bestaan, doch bij gesloten of gedeeltelijk gesloten stuw treden noodzakelijkerwijs vlak boven de afsluiting stroomverlammingen op, die nimmer geheel te ontgaan zullen zijn. Hiermede zullen nederzettingen van vaste stoffen, ook op den stuwvloer, gepaard kunnen gaan en het is daarom wenschelijk, dat deze door het willekeurig opwekken van plaatselijke sterkere stroomingen langs den bodem, door zoogenaamd spuien, verwijderd kunnen worden.

Terwijl dus de afsluiting zoodanig moet zijn, dat in den regel slechts overstorting van water plaats heeft, moet overal de gelegenheid bestaan plaatselijk het water onder de afsluiting door te laten stroomen.

§ 10. KEUZE VAN HET STELSEL VAN AFSLUITING DER AFVOEROPENINGEN.

Om den afvoer door overstorting mogelijk te maken zijn voor afsluiting van groote openingen door een enkel lichaam in het buitenland verschillende stelsels van kleppen toegepast, welke draaien om een horizontale as op den bodem van den stuwvloer. Een nieuwere toepassing van dergelijke constructies zijn de segmentschuiven in de doorlaten voor houtvlotten bij de stuwen in de Moldau, waar de schuif wordt uitgebalanceerd door twee zich terzijden daarvan in uitsparingen in de pijlers bewegende tegengewichten. De beweging geschiedt door een windwerk met kettingen. Schematisch is dit voorgesteld in fig. 12.

Bij andere stelsels, zooals bij de in Noord-Amerika veelvuldig toegepaste „bear-trap" stuwen (zie fig. 13) en „Chittenden-drum" (zie fig. 14) wordt de beweging automatisch verkregen door het in gemeenschap brengen van de ruimte onder het afsluitende lichaam, hetzij met het boven-, hetzij met het benedenwater.

Eveneens wordt op deze wijze de beweging verkregen bij de in fig. 15 schematisch voorgestelde kleppenstuwen in de Marne.

Hoewel verschillende dezer afsluitingen op tal van plaatsen goed voldoen, zijn deze stelsels voor de Maas minder geschikt. Zij vereischen in het algemeen een zeer zware en diepe fundeering, welke voor de stuwen op de Maas, waar de drempels weinig boven den rivierbodem mogen uitsteken en de bouwgrond van losse geaardheid is, zeer kostbaar zou worden. Als bezwaar tegen al deze afsluitingen moet voorts genoemd worden, dat de groote afsluitende lichamen en hunne draaipunten nimmer geheel boven water komen en dat dientengevolge herstellingen en zelfs gewoon onderhoudsverfwerk niet dan met groote moeite zijn te verrichten. Verder is nog als een nadeel te vermelden, dat spuiing over den bodem niet kan plaats hebben, zoodat het zeer bezwaarlijk is eventueele zandneerzettingen achter den drempel te verwijderen.

De toegepaste stelsels van groote afsluitingen, welke geheel boven water gebracht kunnen worden, zijn in drie hoofdgroepen te onderscheiden, n.l. de in Noord-Amerika veel toegepaste segmentschuiven met hoog liggend draaipunt (aldaar naar den eersten toepasser TAINTOR-GATES genoemd), de in Duitschland sedert 1900 veel gebouwde rolschuiven (Walzenwehre) en gewone vlakke, in verticale richting bewogen, schuiven.

Beide eerstgenoemde stelsels, schematisch voorgesteld in de fig. 16 en 17, hebben het voordeel van eenvoudige beweging met weinig wrijving, ook bij een groot verval. Bij de segmentschuif kan bovendien door tegengewichten de beweging vergemakkelijkt worden.

Daartegenover staat, dat de afvoer bij deze stelsels alleen kan geschieden door doorstrooming onder het opgeheven afsluitingslichaam en dus met een sterken horizontalen stroom over den stuwvloer. Zij voldoen derhalve niet aan een der hoofdeischen, welke aan de stuwen in de Maas en in het bijzonder aan de afvoeropeningen gesteld moeten worden, en kunnen daarom, ondanks de voordeelen van constructie en beweging, welke zij bezitten, niet worden aanbevolen.

De keuze voor de afsluiting der afvoeropeningen is daarom gevallen op verticaal bewegende schuiven, waarvan in elke opening twee boven elkaar worden aangebracht zoodanig, dat beide schuiven geheel boven den hoogsten waterstand kunnen worden opgehaald en dat de bovenste schuif tevens geheel kan worden neergelaten. Zooals hiervoor is aangetoond, kan dan gedurende een groot gedeelte van het jaar de regeling van de waterstanden geheel door neerlating van de bovenschuiven plaats hebben, zoodat het water uitsluitend over den rand van de bovenschuif heenvalt. Zooals door de schets van fig. 18 wordt toegelicht, worden daartoe de beide schuiven achter elkander geplaatst, de boven-

schuif benedenstrooms van de benedenschuif, opdat het overstortende water niet op de benedenschuif valt.

Om bij de beweging der schuiven uitsluitend rollende wrijving te doen optreden, geschiedt deze door middel van losse rollen (Stoney-rollen), welke tot een rolwagen zijn vereenigd. De rolwagens kunnen bij geopende schuiven geheel boven water worden gehaald om te worden schoongemaakt en nagezien.

Het gewicht van een bovenschuif bedraagt ongeveer 24 000 K.G., dat van een onderschuif ongeveer 27 000 K.G. Iedere schuif bestaat uit twee hoofdliggers en een beplating, welke bij de bovenschuif aan de bovenstroomsche, bij de onderschuif aan de benedenstroomsche zijde is aangebracht, zoodat de beide beplatingen naar elkander toe zijn gekeerd.

De waterdichte afsluitingen tusschen de schuiven en de pijlers en die tusschen onder- en bovenschuif worden verkregen door veerende platen, welke door den waterdruk tegen het afsluitingsvlak worden aangedrukt.

De schuiven worden opgehangen aan Gall'sche kettingen, loopende over windwerken, die geplaatst zijn op een brug over de schuifopening. De windwerken worden bewogen door electromotoren. Daar deze slechts enkele minuten per etmaal bewogen moeten worden, is ook bij een groote kracht het stroomverbruik gering. De schuiven worden daarom niet van tegengewichten voorzien. Hiervoor toch zouden de brug-constructies bijna het dubbele gewicht moeten dragen. Bij eventueele storing in de electrische beweegkracht kunnen de windwerken met de hand worden bewogen.

De normale bewegingen met de schuiven tot regeling van den waterafvoer kunnen door den stuwwachter alleen, zonder hulp van ander personeel, worden bewerkstelligd.

Alle beweegbare onderdeelen van de schuiven kunnen geheel boven water gebracht worden.

In de afzonderlijk hierbij gevoegde nota II van de hand van den ingenieur NIJHOFF is het ontwerp voor deze schuiven uitvoeriger beschreven.

§ 11. KEUZE VAN HET STELSEL VAN AFSLUITING.

De afsluiting van de scheepvaartopening moet in geopenden stand het geheele profil boven den drempel vrijlaten. In de 60 M. wijde opening kunnen geen vaste tusschensteunpunten worden toegelaten.

Drie hoofdsystemen komen hier in aanmerking:

1°. het systeem „à pont supérieur", waarbij de afsluitende elementen aan de bovenzijde hun steun vinden tegen een vaste brug;

2°. de afsluiting door kleppen, welke op den stuwvloer achter den stuwdrempel kunnen worden neergelaten;

3°. de afsluiting door losse, uitneembare elementen, welke steunen tegen op den stuwvloer neerklapbare jukken.

Het eerste stelsel, dat van de brugstuw, heeft het voordeel, dat alle beweegbare deelen boven water kunnen komen en dat de beweging van de afsluitende elementen kan geschieden van een vast brugdek af. Het is aangewezen voor de gevallen, waar een brug over de rivier met de stuw gecombineerd wordt en wordt daarom toegepast voor de stuw te Grave.

Tegenover deze voordeelen staan de hooge kosten van de vaste brug, die, wanneer deze niet uit anderen hoofde noodig is, geheel ten laste van de stuw komen.

Voor de stuw te Linne zou een vaste overbrugging over de scheepvaartopening met den onderkant op 7 M. boven het hoogste vaarpeil, 10 M. boven M.R. of 12.60 M. boven den stuwdrempel, moeten liggen. De lengte van de draaibare stijlen, waartegen de afsluitende elementen directen steun moeten vinden, zou ruim 13 M. worden. Deze lengte en daarmede de gemakkelijkheid van bediening van de stuw zou gereduceerd kunnen worden door de vaste brug op een lager peil te leggen en deze ophefbaar te maken. Hoewel de combinatie van een brugstuw met een beweegbare brug in sommige gevallen in Amerika is toegepast (o. a. voor de noodafsluitingen in het Sault St. Mary's kanaal, waar de beweegbare bruggen draaibruggen zijn), wordt toch op deze wijze een weinig eenvoudige afsluiting verkregen, die voor een geval als te Linne, waar alle bewegingsinrichtingen geregeld gebruikt zouden moeten worden, weinig aanbevelenswaardig schijnt.

Nog kan overwogen worden de brugstuw te Linne te vereenvoudigen door af te zien van den eisch, dat de vaste constructie op 7 M. boven het hoogste vaarpeil moet liggen. Hiertoe zou in dit geval wel eenige aanleiding bestaan, omdat de scheepvaartopening toch slechts gedurende zeer korten tijd voor de scheepvaart bruikbaar zal zijn. Houdt men echter vast aan den eisch, dat zij dan ook bruikbaar is, dan valt er op te wijzen, dat deze tijd juist die is met de hoogste waterstanden. De kosten zullen echter met een lagere ligging van de scheepvaartopening weinig dalen.

De vraag, of voor de afsluiting van de scheepvaartopening een brugstuw moet worden gekozen, geldt echter niet alleen voor de stuw te Linne, doch ook voor de andere op de Maas te bouwen stuwen. Bij deze moet aan den eisch van 7 M. vrije doorvaarthoogte wel

worden vastgehouden. Nu stijgen te Roermond, Belfeld en Afferden de hoogste vaarpeilen resp. tot 3,80 M., 4,50 M. en 4,70 M. boven M.R. en bij deze stuwen zou de hoogte van de stijlenjukken, welke aan de brug zijn op te hangen, 14 M. à 15 M. worden. De beweging van deze reusachtige jukken zou groote moeilijkheden medebrengen, zoodat wel gezegd kan worden, dat afsluiting van de scheepvaartopeningen te Roermond, Belfeld en Afferden door brugstuwen als uitgesloten moet worden beschouwd.

De afsluiting door kleppen, welke in geopenden toestand op den stuwvloer komen te liggen, is voor het eerst toegepast in Frankrijk door CHANOINE. Het stelsel heeft het voordeel van eenvoud en gemakkelijke en snelle bediening en is sedert de uitvinding op vele plaatsen toegepast, hoewel men in Europa in de laatste decenniën het stelsel als verouderd beschouwde. In Noord-Amerika daarentegen wordt het nog altijd hoog geschat en in den meest volmaakten vorm zijn de Chanoine-kleppen, waarvan fig. 19 een schematische voorstelling geeft, op groote schaal o. a. toegepast bij de kanalisatie van de Ohio. Inderdaad heeft het stelsel inzonderheid voor breede rivieren, waar het niet op te nauwkeurige regeling van het stuwpeil aankomt en waar plaatselijke verdiepingen of verondiepingen weinig gewicht in de schaal werpen, groote voordeelen. Verschillende op de Ohio ondervonden bezwaren hebben daar geleid tot een gewijzigd stelsel van kleppen, uitgedacht door den ingenieur BEBOUT, voorgesteld in fig. 20.

De gemakkelijke bedienbaarheid der kleppen, ook bij ijsgang, het voordeel, dat bij het openen der stuw geen losse deelen naar den oever getransporteerd behoeven te worden en de ingenomenheid der Amerikaansche ingenieurs met dit stelsel, maakten het wenschelijk dit ook voor de Maasstuwen ernstig te overwegen. Met dit doel zijn in het voorjaar van 1918 op de Roer bij Roermond proeven genomen met Bebout-kleppen en met kleppen van een gewijzigde, door den ingenieur HEIJNING uitgedachte in fig. 21 afgebeelde, constructie.

Deze proeven, welke werden genomen op een zoodanige schaal, dat de uitkomsten waarde hadden voor vergelijking met eventueele kleppen in de Maasstuwen, hadden voornamelijk ten doel om de werking der verschillende stelsels na te gaan en de krachten te bepalen, welke bij het openen en sluiten der kleppen zouden optreden. De uitkomsten dezer proeven zijn uitvoerig beschreven in de hierbij gevoegde nota V van de hand van den ingenieur HEYNING.

De proeven hebben geleerd, dat een afsluiting van de scheepvaartopening van de stuw te Linne door kleppen zeer goed mogelijk

is. Van de onderzochte stelsels verdient het systeem-HEYNING de voorkeur. Bij de stuw te Linne zou de hoogte der kleppen boven den stuwdrempel 4.95 M. moeten bedragen. Op de Ohio zijn met succes kleppen van 5.40 M. hoogte toegepast.

Tevens moet echter bedacht worden, dat het wenschelijk is op de verschillende Maasstuwen zooveel mogelijk hetzelfde systeem van afsluitingen toe te passen. Bij de stuw te Roermond zal de hoogte van het stuwpeil boven den drempel der scheepvaartopening 5.15 M. bedragen, bij de stuwen te Belfeld en te Afferden 5.85 M. In dit geval zouden de kleppen zeer groote afmetingen verkrijgen, waardoor eveneens de bij het openen en sluiten optredende krachten zeer groot worden. Het is te vreezen, dat deze zoodanig zouden worden, dat de gemakkelijke bediening der kleppen hieronder zou lijden.

Dit laatste geldt niet alleen voor de gewone bediening van het openen of sluiten (neerlaten of opzetten) der kleppen, doch ook voor de gevallen, waarin een klep geheel moet worden uitgenomen voor herstelling. Bij een stelsel, waarbij vele draaiende deelen onder water voorkomen, moet hierop van den aanvang af worden gerekend.

Op een ander nadeel van de afsluiting met kleppen moet hier worden gewezen, een nadeel, dat vooral bij betrekkelijk kleine rivieren, als de Maas, overwegend is.

De bediening van de kleppen-stuw zal altijd een tamelijk ruwe wijze van waterafvoer medebrengen. Het is niet mogelijk een klep gedeeltelijk te openen, zij is geopend of gesloten. Op de plaats, waar een klep wordt geopend, wordt plotseling een sterke grondstroom over den stuwdrempel opgewekt, welke een zeer ongunstigen invloed op den rivierbodem ter plaatse zal kunnen hebben. Juist op kleinere rivieren, waar een nauwkeurige regeling van de waterstrooming gewenscht is, zal dit bezwaar het zwaarst wegen en hierin zal dan ook wel de hoofdreden gezocht moeten worden, waarom de Chanoine-kleppen bij nieuwere stuwen in Europa niet meer zijn toegepast.

De toepassing van op den stuwvloer neerklapbare jukken tot steun van de afsluitende deelen is eveneens uit Frankrijk afkomstig en is daar het eerst toegepast bij naaldstuwen door POIRÉE. De jukken worden daarom algemeen POIRÉE-jukken genoemd. Zij draaien om een horizontale as op den vloer, welke loodrecht staat op de lengterichting van de stuw en dragen, overeind staande, een losse brug, waartegen de naalden steun vinden.

Naaldstuwen verdienen voor de Maas geen aanbeveling. De naalden zouden zoodanige afmetingen moeten verkrijgen, dat zij niet

meer met de hand in- en uitgenomen kunnen worden, waarmede het voornaamste voordeel dezer stuwen vervalt. Wel zijn op enkele plaatsen, o.a. op de Big Sandy Rivier in Noord-Amerika, naalden van ongeveer 6 M. lengte toegepast, welke mechanisch worden behandeld, doch dit heeft weinig voldaan.

Ook afsluiting door rol-jalouzieschuiven, volgens het stelsel CAMÉRÉ, in verbinding met POIREÉ-jukken bij verschillende Fransche stuwen en in verbinding met een brugstuw op de Red Rivier bij Winnipeg (Canada) toegepast, verdient wegens de gecompliceerde samenstelling en hooge onderhoudskosten geen aanbeveling.

Afsluiting van de openingen tusschen de jukken door vlakke schuiven is het eerst eveneens in Frankrijk toegepast door BOULÉ, en voorts bij tal van stuwen in verschillende landen. Typische voorbeelden werden o.a. bezichtigd bij de in 1914 gemaakte studiereis bij de stuw in het Donau-kanaal te Weenen en bij de stuwen op de gekanaliseerde Moldau en Elbe in Bohemen.

Dit stelsel heeft boven alle andere het voordeel, dat door het plaatsen van verschillende schuiven boven elkander een juistere verdeeling van de scheepvaartopening en een fijne regeling van de doorstrooming verkregen kan worden. Terwijl de doorstrooming van het water normaal over de onderste schuiven kan plaats hebben, bestaat tevens de mogelijkheid om, door deze een weinig te lichten, tijdelijk een sterken onderstroom in het leven te roepen tot het schoonspoelen van den stuwvloer.

De bediening der schuiven heeft plaats van de over de jukken gelegde brug, die dus voldoende stevigheid moet hebben om die bediening met zekerheid te doen geschieden. Naar gelang van de grootte der schuiven kan de bediening met de hand of met mechanische hulpmiddelen plaats hebben.

Met dit laatste hangt samen de onderlinge afstand der jukken, welke ook weder van invloed is op de hoogte, die aan den stuwdrempel boven den stuwvloer is te geven. De jukken toch moeten in neergeslagen toestand met hun bovenkant geheel beneden den vasten drempel vallen om alle gevaar voor beschadiging door overvarende schepen te ontgaan. Voorts is het wenschelijk de hoogte van den stuwdrempel boven den vloer niet te groot te maken, daar anders voor de scheepvaart hinderlijke stroomversnellingen op den drempel kunnen ontstaan.

Als uiterste geval kan worden beschouwd het bij een der Ohiostuwen toegepaste stelsel-THOMAS, waar de in neergeslagen toestand alle in elkaar vallende A-vormige jukken zoodanig zijn geplaatst, dat

zij zelf de afsluiting vormen en dus de schuiven overbodig worden. Dit stelsel heeft slecht voldaan, de jukken zijn, wanneer zich daarop eenig zand of slib neerzet, uiterst moeilijk weder op te richten.

Op de studiereis in 1914 werden typen bezichtigd met zeer kleine schuiven en met zeer groote schuiven.

Bij de kanalisatie van de Moldau en Elbe in Bohemen heeft men er naar gestreefd de schuiven zoo klein te maken, dat zij geheel uit de hand kunnen worden ingezet en uitgenomen. Deze schuiven zijn van hout en ongeveer 1 M^2. groot. De jukken zijn op korten onderlingen afstand geplaatst, bij sommige stuwen worden tusschen de jukken nog losse verticale tusschenstijlen aangebracht.

Bij de stuw in het Donau-kanaal te Weenen daarentegen is men van het beginsel uitgegaan de jukken op zoo grooten onderlingen afstand te plaatsen, dat deze in neergelaten toestand geheel vrij van elkander vallen en is men daardoor tot schuiven van 6 M. breedte gekomen.

Het Boheemsche stelsel leidt tot een zeer groot aantal losse onderdeelen en daardoor tot langzame bediening van de stuw, het Weensche stelsel geeft aanleiding tot zeer zware afmetingen. Aan beide zijn nadeelen verbonden, welke toenemen naarmate de afmetingen van de stuw grooter worden.

De jukken van de naaldstuwen op de Belgische Maas en andere rivieren zijn zoo dicht bij elkander geplaatst, dat zij in neergeslagen toestand over elkander vallen. De jukken liggen dan dus niet horizontaal, maar zooals in de schets van fig. 22 is aangegeven. Dit geeft aanleiding tot een aanzienlijke drempelhoogte. Om deze te ontgaan zijn bij sommige stuwen de jukken van onderen open geconstrueerd, zoodat zij, ondanks het feit dat hun afstand kleiner is dan hun hoogte toch in elkaar kunnen vallen. Dit geeft evenwel aanleiding tot een aanzienlijke wringing in de draaipunten, daar de horizontale krachten door de opstaande stijlen van de jukken moeten worden opgenomen en overgebracht.

In de hierbij gevoegde nota IV van de ingenieurs NIJHOFF, VOLKER en VETTER zijn eenige stelsels vergeleken, welke vergelijking tot de gevolgtrekking heeft gevoerd, dat voor de Maasstuwen een onderlinge afstand der jukken van 4 M. het meeste aanbeveling verdient, met van onderen gesloten jukken, die in neergeslagen toestand over elkander vallen.

Vergelijkt men nu de drie in aanmerking komende hoofdsystemen, n.l. brugstuw, kleppenstuw en jukkenstuw, dan kan het volgende

worden opgemerkt, welke opmerkingen niet alleen voor de stuw te Linne, doch ook voor de andere Maasstuwen, met uitzondering van die te Grave, gelden.

De brugstuw heeft het voordeel, dat alle deelen geregeld boven water worden gehaald en dus voor schoonhouden, verven en kleine herstellingen geen bijzondere maatregelen genomen behoeven te worden. Worden de openingen tusschen de aan de brug opgehangen jukken door twee of meer schuivenrijen boven elkaar afgesloten, dan heeft de brugstuw met andere schuivenstuwen het voordeel gemeen, dat naar omstandigheden het afstroomende water zoowel over de afsluiting heen als daaronder door geleid kan worden.

Tegenover de voordeelen staan in de eerste plaats de hoogere bouwkosten, welke voor elke Maasstuw geraamd kunnen worden op f 100000 bij de prijzen van vóór den oorlog, op f 200000 bij de tegenwoordige prijzen. Hierbij dient er de aandacht op te worden gevestigd dat men voor deze hoogere kosten nog geen overbrugging van de rivier verkrijgt, die tevens voor het verkeer zou kunnen dienen, daar dan de overbrugging nog met eenige honderden meters verlengd zou moeten worden.

Bij de stuwen te Roermond, Belfeld en Afferden zou de zeer hooge ligging van de overbrugging een ernstig bezwaar tegen de gemakkelijke manoeuvreerbaarheid van de stuw vormen.

Hoewel de brugstuw dus wel een groote mate van zekerheid biedt, wordt deze slechts bereikt ten koste van groote materiaalverspilling. Het komt ondergeteekende dan ook voor, dat dit type alleen daar gerechtvaardigd is, waar uit anderen hoofde een overbrugging der rivier wenschelijk is en zulks is te Linne evenmin als bij de overige Maasstuwen, met uitzondering van die te Grave, het geval.

De kleppenstuw heeft het voordeel van eenvoud van bediening door de afwezigheid van losse deelen. De bediening kan op de eenvoudigste wijze plaats hebben vanaf een bokschuit, zooals bij de Ohio-stuwen geschiedt. Aanvankelijk heeft men de bediening gedaan van losse loopbrugjes af, gemonteerd op Poirée-jukken. Hierdoor verliest evenwel de constructie haar eenvoudige samenstelling en worden nieuwe bewegende elementen ingeschakeld. De bediening met de bokschuit, zooals deze bij het bezoek aan de Ohio-stuwen werd waargenomen, verliep zeer vlot en gemakkelijk, in het bijzonder bij de Bebout-kleppen. Een bezwaar is evenwel, dat dit vaartuig ook voor een enkele beweging van een enkele klep onder stoom gebracht moet worden.

De afmetingen, die de kleppen voor de stuwen te Linne en te Roermond zouden verkrijgen, komen ongeveer met die bij de Ohio-stuwen overeen. Voor de stuwen te Belfeld en Afferden zouden de kleppen echter aanmerkelijk grooter worden. Daarmede zouden ook de krachten, die van de bokschuit op de kleppen uitgeoefend moeten worden, aanzienlijk stijgen. Eveneens zouden de zwaarteafmetingen der kleppen zeer groot moeten worden, waarmede het voordeel van gemakkelijke vervangbaarheid vermindert. Voor de stuwen te Belfeld en Afferden worden de aanlegkosten van een kleppenstuw ongeveer gelijk aan die van een jukkenstuw, voor die te Linne en Roermond is het kostenverschil gering.

De kleppenstuw heeft een groot aantal draaipunten onder water. Bij de geringe breedte der kleppen (1 M. à 1.20 M) is het bezwaar hiervan echter niet zeer groot, zoolang de kleppen niet te zwaar worden. Iedere klep is dan gemakkelijk uitneembaar voor herstellingen, gemakkelijker dan de zwaardere jukken van de jukkenstuw. In dit opzicht verdient naar de meening van ondergeteekende de kleppenstuw zelfs de voorkeur boven de stuw met jukken en schuiven, waarbij door tijdelijke uitneming van een enkel juk een veel grootere opening wordt gemaakt.

Het verschil in de wijze van doorstrooming van het water en de meerdere regelbaarheid bij de stuw met jukken en schuiven doen echter voor de Maasstuwen de balans ten gunste van laatstgenoemd stelsel overslaan en over de bezwaren van zwaardere constructiedeelen heenstappen. Deze bezwaren worden trouwens vergelijkenderwijze geringer bij de lager gelegen stuwen met groot verval, omdat daar ook de kleppenstuw zeer zware afmetingen der constructiedeelen vereischt. Het kiezen van verschillende stelsels voor de verschillende stuwen verdient geen aanbeveling.

Voorgesteld wordt dus de scheepvaartopening der stuw te Linne — en ook die van de stuwen te Roermond, Belfeld en Afferden — af te sluiten door schuiven in twee rijen boven elkander, bewegende tusschen Poirée-jukken. De jukken zijn ontworpen op onderlinge afstanden van 4 M., zoodat de opening in 15 afdeelingen wordt onderverdeeld en wordt gesloten door 30 schuiven. De jukken zijn geconstrueerd als geheel gesloten vakwerken, zoodat de krachten zoo eenvoudig mogelijk door de draaipunten op de fundeering worden overgebracht. In neergelaten toestand vallen de jukken gedeeltelijk over elkander. De drempelhoogte bedraagt 0.65 M.

Voor de meer gedetailleerde beschrijving van het ontwerp wordt verwezen naar de hierbij gevoegde nota III van de ingenieurs F. VOLKER en J. W. DE VRIES.

§ 12. HET VASTE GEDEELTE VAN DE STUW.

Het vaste gedeelte der stuw bestaat uit de landhoofden, de pijlers met de bedieningsbrug voor de afvoeropeningen, den stuwvloer en de stortebedden. Fig. 23 geeft een overzicht van het geheele kunstwerk.

De landhoofden, de pijlers en de stuwvloer zijn ontworpen van beton. De samenstelling hiervan kan voorloopig worden aangenomen op 1 deel cement, 3 deelen zand en 6 deelen grind voor zooveel betreft het meerendeel van de beton. Voor de deelen, welke een wapening behoeven, zal de samenstelling sterker moeten zijn. De juiste verhouding der materialen kan definitief worden vastgesteld naar aanleiding van de uitkomsten der in 1920 op het terrein van den sluisbouw te Linne te nemen proeven.

Aan de landhoofden is een langgestrekte vorm gegeven om de stroomovergangen tusschen de rivier en het stuwprofil zoo geleidelijk mogelijk te maken en om neerstroomen, die gemakkelijk de oevers nabij het kunstwerk aantasten, te ontgaan of onschadelijk te maken. De lengte van de bovenstroomsche vleugels der landhoofden wordt bovendien bepaald door de veiligheid tegen achterloopsheid.

De pijlers zijn naar de bovenstroomsche zijde puntvormig afgerond, aan de benedenstroomsche zijde is de plattegrond door een halven cirkel afgesloten. Zij worden van onbekleede beton opgetrokken, echter worden de bovenstroomsche punt en de hoeken bij de aanslagen der schuiven van een ijzeren bekleeding voorzien. De dikte der pijlers bedraagt 4 M., welke afmetingen bij de aanslagen tot 1.60 M. wordt teruggebracht. Hier moet de beton van een wapening worden voorzien om de op den pijler werkende krachten mede op te nemen.

De bovenstroomsche zijde van landhoofden en pijlers is op tenminste 1.25 M. boven den hoogsten te verwachten waterstand ontworpen.

Op de pijlers en op het rechterlandhoofd zijn opbouwen, eveneens van beton ontworpen, welke de vaste bedieningsbruggen der Stoney-schuiven dragen. Deze bedieningsbruggen zijn als ijzeren vakwerkbruggen ontworpen. Daarop bevinden zich bedieningshuisjes voor de bewegingswerktuigen der schuiven.

De bediening der Poirée-jukken geschiedt van het linker landhoofd. Daarop is een gebouw ontworpen, waarin het bedieningswerktuig is opgesteld. In aansluiting daaraan bevinden zich de bergplaatsen voor de schuiven der scheepvaartopening, wanneer deze geopend is.

De afvoeropeningen zijn zoowel bovenstrooms als benedenstrooms van noodafsluitingen voorzien. Deze bestaan aan de bovenzijde uit zware geconstrueerd ijzeren schotbalken, welke in daartoe in de pijlers gespaarde sponningen kunnen worden neergelaten, aan de benedenzijde uit een naaldstuw, te plaatsen tegen losse stijlen, voor welker plaatsing openingen in den stuwvloer zijn uitgespaard. [1])

De vloer van de scheepvaartopening heeft een dikte van 2.65 M. boven en van 2.05 M. beneden de afsluiting. De afsluiting is hier zooveel mogelijk benedenstrooms geplaatst om een geringen opwaartschen waterdruk te verkrijgen.

De vloer van de afvoeropeningen is boven de afsluiting 3.30 M. dik, in de na te noemen stortkom beneden de afsluiting 2.10 M. Aldaar is de vloer van een wapening voorzien om aan de oppersende krachten weerstand te kunnen bieden.

Beide drempels hebben een breedte van 20 M. en zijn omsloten door twee ijzeren damwanden, welke bij de scheepvaartopening tot 9.05 M. + N.A.P., bij de afvoeropeningen tot 9.65 M. + N.A.P. reiken.

Deze damwanden dienen in de eerste plaats om onderloopsheid van het kunstwerk tegen te gaan. Om volgens dezelfde regelen, welke bij het ontwerp voor de sluis te Linne zijn gevolgd, een voldoende kwellengte te verkrijgen, is stroomopwaarts van den drempel een 20 M. breed kleibed ontworpen, hetwelk door een steenbezetting op een rijzen bed tegen beschadiging door uitwendige oorzaken is beschermd. Daaraan sluit nog een 5 M. breede steenstorting aan. Dit kleibed zal in den droge gemaakt en vastgewalst moeten worden.

Bijzondere zorg moet besteed worden aan het stortebed beneden de afsluitingen.

De stuwvloer beneden de Stoney-schuiven der afvoeropeningen is over 7 M. breedte verdiept tot het vormen van een stortkom, aan de benedenzijde afgesloten door een 0.8 M. hoogen drempel. Deze stortkom, waarin dus te allen tijde een waterhoogte van ten minste 0.8 M. blijft, is bekleed met beton van basaltsteenslag.

Beneden den stuwvloer bevindt zich het eigenlijke stortebed, bestemd om den bodem tegen uitschuring te vrijwaren, doch dat niet bestand behoeft te zijn tegen opwaartschen druk. Het bestaat over de eerste 8.50 M. breedte uit zware betonblokken, waarin afvalijzer is verwerkt om aan de beton een soortelijk gewicht van ongeveer 3

---

[1]) Bij de uitwerking van het ontwerp is de noodafsluiting aan de benedenzijde ook door schotbalken gevormd.

te geven, geplaatst op een rijzen bed. De bovenvlakken vormen een zaagvormig oppervlak om de levende kracht van het overstroomende water nog meer te breken. Aan de benedenzijde is dit gedeelte afgesloten door een 2 M. breeden drempel van beton, opgesloten tusschen twee ijzeren damwanden. Dit gedeelte van het stortebed moet in den droge worden gemaakt. Daar beneden wordt een bestorting van zware stortsteen aangebracht. De totale breedte van het stortebed bedraagt 40 M.

Door de scheepvaartopening wordt in den regel slechts water afgevoerd wanneer het benedenwater hooger staat en het verval geringer is. Hier bestaat dus minder gevaar voor aantasting van den bodem. De vaste stortkom is hier dus weggelaten en aan de betonblokken, welke aan den stuwvloer aansluiten, is een vlak bovenvlak gegeven. Ook hier worden deze aan de benedenzijde afgesloten door den bovengenoemden vasten drempel, welke dus over de geheele lengte van de stuw doorloopt en is daarbeneden de steenbestorting ontworpen.

Bij de stuw zal een vischtrap gebouwd moeten worden. Daar het stelsel, hetwelk daarvoor gekozen moet worden, nog van nadere studie afhankelijk is, is deze nog niet in dit ontwerp opgenomen. De vischtrap zal òf een zoogenaamde „Wildpass" zijn en dan geheel onafhankelijk van het stuwgebouw daarnaast aangelegd kunnen worden, òf zij zal in een der landhoofden of pijlers worden ingebouwd, in welk geval deze wellicht nog een geringe wijziging zullen moeten ondergaan, hetgeen echter op de stuw in haar geheel van weinig invloed zal zijn.

§ 13. DE BOUW VAN DE STUW.

Zooals in § 3 reeds is vermeld, is het de bedoeling de stuw geheel in den droge te bouwen. Behalve het eigenlijke stuwgebouw zal ook de kleibekleeding van den rivierbodem boven den stuwvloer en een gedeelte van het stortebed beneden den vloer in den droge gemaakt moeten worden. Daartoe zal een fundeeringsput noodig zijn, die in fig. 24 is afgebeeld en die drooggehouden zal moeten worden tot een diepte van ongeveer 13 M. + N.A.P., of ongeveer 5 M. beneden den normalen grondwaterstand in den zomer, of ruim 7 M. beneden den gedurenden den zomer te verwachten hoogsten grondwaterstand.

De bodem ter plaatse van de te bouwen stuw bestaat, zooals de in 1916 verrichte grondboringen hebben aangetoond, uit een mengsel van grove grind en zand, afgedekt door een gemiddeld 2 M. dikke kleilaag. Deze bodem is zeer waterdoorlatend, zoodat de grondwaterstanden met geringe vertraging de standen van de Maas volgen.

Evenals bij de sluis te Linne is dus te rekenen op het opmalen van zeer groote hoeveelheden water voor de drooghouding van den bouwput. Bij de bemaling tot de grootste diepte en bij de hoogste zomerwaterstanden moet op een waterverzet van ongeveer 1000 L. per secunde gerekend worden. De opvoerhoogte bedraagt maximaal ongeveer 8.40 M. Het benoodigde vermogen zal ongeveer gelijk zijn aan dat, hetwelk bij den bouw van de sluis vereischt wordt.

Om dezelfde redenen als bij de sluis te Linne verdient bronbemaling de voorkeur. Het hiervoor noodige materieel, bronbuizen, buisleidingen, pompen en locomobielen, is reeds tegelijkertijd met dat voor de bemaling van den sluisput aangeschaft.

De bemaling kan met succes alleen plaats hebben bij Maasstanden tot een grootste hoogte van nagenoeg 1.50 M. + M.R. Er kan dus slechts op een vol werkseizoen van 5 maanden (1 Juni—1 November) per jaar worden gerekend. Met de eerste ontgraving van den bouwput kan echter eerder worden begonnen, daar de bovenste grond nog zonder bemaling kan worden ontgraven. In het geheel is uit den bouwput 100000 M^3. grond te verwijderen.

De bouwput kan in één seizoen worden gegraven en vermoedelijk kan in ditzelfde seizoen ook nog een gedeelte van de damwanden worden geheid. In een tweede seizoen kan dan het betonstorten van het vaste gedeelte en het daarin aanbrengen van het noodige ijzerwerk geschieden, in een derde seizoen het plaatsen van de losse deelen en de bewegingswerktuigen, de aanaarding der landhoofden en de verdere afwerking. Indien met het werk in het voorjaar van 1920 kan worden begonnen, kan de stuw in 1922 gereed zijn.

Met het maken van den nieuwen rivierarm kan reeds in het tweede jaar begonnen worden, voor zoover betreft de ontgraving van bovengrond. Het weggraven of baggeren van het onder water komende gedeelte van het profil dient te worden uitgesteld tot na afloop der bemaling van den bouwput, omdat anders hierdoor het waterbezwaar in den put vergroot zou worden.

De bouwput is zoo ruim ontworpen, dat de kleibekleeding boven den stuwvloer en het stortebed daarbeneden, voor zoover dit uit betonblokken bestaat, binnen den put in den droge gemaakt kunnen worden. De steenstorting, die het benedenste gedeelte van het stortebed vormt, kan in den natte worden gestort.

Februari 1920.

De Ingenieur,

F. L. SCHLINGEMANN.

INHOUD.

		Blz.
§ 1.	Algemeene opmerkingen	5
2.	Gebruik van de stuw te Linne	6
3.	Ligging van de stuw	9
4.	Hoogtepeilen	10
5.	Hoofdinrichting van de stuw	11
6.	Hoofdafmetingen	12
7.	Regeling van de stuw	14
8.	Keuze van de hoofdindeeling	21
9.	Wijze van afvoer van het water	22
10.	Keuze van het stelsel van afsluiting der afvoeropeningen	24
11.	Keuze van het stelsel van afsluiting	26
12.	Het vaste gedeelte van de stuw	34
13.	De bouw van de stuw	36

II.

BESCHRIJVING VAN DE AFSLUITING DER AFVOER-OPENINGEN VAN DE STUW TE LINNE.

HOOFDAFMETINGEN EN PEILEN VOOR DE AFVOER-OPENINGEN.

De wijdte in den dag van een afvoeropening bedraagt.	17.— M.
De overspanning van een bovenschuif hart op hart der opleggingen bedraagt	17.60 „
De overspanning van een onderschuif hart op hart der opleggingen bedraagt	18.80 „
De overspanning van de bedieningsbruggen over de buitenopeningen bedraagt hart op hart der opleggingen .	20.60 „
De overspanning van de bedieningsbrug over de middenopening bedraagt hart op hart der opleggingen . .	20.20 „
De hoogte van de bovenschuif bedraagt	1.98 „
De hoogte van de onderschuif bedraagt	2.10 „
De dikte van een pijler bedraagt.	4.— „
De lengte van een pijler bedraagt	20.— „
De lengte van de fundeering tusschen de pijlers bedraagt	20.— „
De onderkant van de fundeering ligt op	13.65 „ + N.A.P.
De drempel ligt op.	16.95 M. + N.A.P.
De bovenkant van den pijlerkop ligt op	28.06 M, + N.A.P.
De vloer van de bedieningsbrug ligt op	31.135 M. + N.A.P.

KENMERKENDE TREKKEN VAN HET ONTWERP.

De kenmerkende trekken van de in het volgend hoofdstuk nader beschreven constructie zijn de volgende:

De voor afvoer van water en regeling van het stuwpeil dienende 17 M. wijde openingen worden beheerscht door slechts twee zeer groote schuiven, welke zoodanig achter elkander zijn opgesteld, dat beide schuiven geheel onafhankelijk van elkaar op en neer kunnen worden bewogen. Daarmede wordt bereikt, dat de afvoer normaal plaats kan hebben door overstorting, wat het voordeel met zich brengt, dat het in het water aanwezige arbeidsvermogen grootendeels kan worden uitgeput in een speciale stortkom en rustig afvloeit naar het onbeschermde rivierbed. Tevens kunnen echter afzettingen boven de stuw door het optrekken van de onderschuif worden verwijderd. Elke schuif heeft haar eigen windwerk met electrische beweging en een handbeweging als reserve. Deze zijn alle opgesteld op een bedieningsbrug, welke over de pijlers ligt en van waar het personeel door enkele eenvoudige handgrepen den onderlingen afstand der schuiven in korten tijd kan wijzigen.

Aan de bovenstroomsche zijde bevindt zich tusschen de pijlerkoppen een brug, bestaande uit twee liggers, waarover een wegneembare vloer, dienende voor het verkeer van het personeel over de stuw. Deze liggers dienen tevens voor het vervoer van de schotbalken, welke in sponningen kunnen worden neergelaten.

Bij het ontwerpen is rekening gehouden met de groote voordeelen van zooveel mogelijk gelijke onderdeelen. Van boven- en onderschuif zijn de rolwagens geheel gelijk; eveneens de kettingen, kabels, windwerken en electrische- en handbewegings-inrichtingen, zijdelingsche geleidingen der schuiven enz. Op die wijze wordt het aantal verschillende onderdeelen tot een minimum beperkt.

STONEY-SCHUIVEN.

Beweegbaar gedeelte.

a. Schuiven. De afsluiting eener opening tusschen twee pijlers heeft plaats door *twee* schuiven, welke onafhankelijk van elkaar op en neer kunnen worden bewogen. Om dit te bereiken loopen de schuiven in afzonderlijke sponningen en zijn de hoofdliggers van de bovenschuif aan de stroomafwaartsche, die van de onderschuif aan de stroomopwaartsche zijde aangebracht, zoodat de beplatingen der twee schuiven naar elkaar zijn toegekeerd, wat gelegenheid biedt door een eenvoudige constructie de schuiven tegen elkaar te dichten (fig. 2).

Constructie der schuiven. De ondersteunings-constructie van elke schuif bestaat uit twee horizontale vakwerk-hoofdliggers, zoodat nauwkeurig berekend kan worden wat elk dezer van den horizontalen

waterdruk moet opnemen. De hoofdliggers van de bovenschuif hebben 1260 m.M. systeemhoogte, die van de onderschuif 1600 m M. De onderlinge afstand der hoofdliggers bedraagt bij de bovenschuif 1050 m.M., bij de onderschuif 1600 m. M. De hoofdliggers zijn onderling verstijfd door dwars-verbanden, terwijl de aanzienlijke verticale krachten, welke de schuiven door waterdruk, zuiging, vuil enz. kunnen belasten, worden opgenomen door een aan de voor- en achterzijde aangebracht staand-verband.

De beplating der schuiven is bevestigd op de hoofdliggers en op de verticalen en kruizen van het staand-verband, dat zich aan de plaatzijde bevind. Bij de bovenschuif is de bovenhoofdligger op 742 m.M. van het boveneind geplaatst, ten einde ruimte te winnen voor de constructie van een dichten kop, welke bij overstorting het water over de draagconstructie van de schuif in de stortkom voert. (Zie figuur 2).

Beide horizontale hoofdliggers brengen den horizontalen waterdruk door middel van twee stijve vertikale eindstijlen (bij de bovenschuif hoog 715 m.M., lang 4845 m.M., bij de onderschuif hoog 790 m.M., lang 4845 m.M.), zoowel links als rechts van de schuif over op een doorgaand gietstalen kiplager, dat vrij op de cylinders van den rolwagen is opgelegd, zoodat bij doorbuiging van de schuif geen momenten op de rollen worden overgebracht (fig. 3). De cylinders loopen op een in de pijlersponning aangebrachte baan, bestaande uit een zuiver afgewerkte en nauwkeurig te stellen plaat, welke gesteund wordt door geheel in de betonpijlers opgenomen ijzeren langsliggers, die den waterdruk direct en door dwarsliggers indirect op het pijlerlichaam verdeelen. (Zie fig. 3). Met het oog op het voordeel, dat uniformiteit der losse deelen biedt, zijn kiplagers, cylinders, rolwagens, opleggingen voor onder- en bovenschuif geheel gelijk geconstrueerd. De 3695 m.M. lange kiplagers zijn 335 m.M. breed en 60 m.M. dik; zij zijn met de vertikale eindstijlen van de schuiven door schroefbouten met vierkanten kop verbonden, die niet stijf aangedraaid worden. De op de eindstijlen der schuiven geklonken stalen platen van 200/15 m.M. brengen den oplegdruk onmiddellijk op het vertikale cylindervlak van het kiplager over; de pijl van het cylindervlak bedraagt 10 m.M. bij 210 m.M. koorde. Het effen vlak van het kiplager rust op den rolwagen, d.w.z. direct op de 10 cylinders van dezen. Elke rolwagen is aan een in het bovenstuk van den wagen ingebouwden schijf, waarover een dunne staalkabel loopt, vrij opgehangen. Het eene eind van dezen staalkabel is bevestigd aan den eindstijl van de schuif, het andere eind is veerend en verstelbaar aan de bedieningsbrug bevestigd. Het

aan den eindstijl bevestigde eind kan daarvan gemakkelijk worden losgemaakt, zoodat de rolwagen, wanneer deze niet belast is, afzonderlijk kan worden opgehaald.

De cylinders zijn van gietstaal, de diameter is 175 m.M., de lengte is gelijk aan de breedte van het kiplager, n.l. 335 m.M. De vaste assen der cylinders hebben een diameter van 45 m.M. en steunen in het uit [, L en platen geconstrueerd raamwerk van den wagen; deze is zoodanig uit meerdere deelen samengesteld, dat de rollen afzonderlijk kunnen worden vervangen, zonder dat de geheele wagen gedemonteerd behoeft te worden. (Zie figuur 4). Bij de berekening der cylinders werd uitgegaan van de veronderstelling, dat de oplegdruk van één der twee horizontale hoofdliggers van elke schuif zich aan elke zijde door middel van den stijven eindstijl over drie cylinders verdeelt. De afmetingen, gevonden voor de cylinders van de onderschuif, werden eveneens aangehouden voor die van de minder zwaar belaste bovenschuif, zoodat de drie afvoeropeningen van de stuw te Linne 120 stuks precies gelijke cylinders bevatten. In de pijlersponning worden de loopbanen voor de cylinders gevormd door 350 m.M. breede, 25 m.M. dikke zuiver vlak geschaafde stalen platen; deze platen kunnen tijdens de montage der schuiven zuiver gesteld en bevestigd worden op een andere 290 m.M. breede en 35 m.M. dikke plaat, welke een geheel vormt met 4 in de langsrichting van den loopbaan liggende [balken, welke direct en door dwarsijzers indirect den waterdruk op het pijlerlichaam verdeelen. (Zie figuur 3). Deze steunconstructie wordt geheel door de beton van den pijler omsloten. Wanneer de schuiven op den vloer rusten, is de onderkant der rolwagens daarvan nog 100 m.M. verwijderd, zoodat vuil, dat zich in de pijlersponningen heeft neergezet, den rolwagen in zijne beweging niet belemmert. Wordt de schuif opgetrokken, dan blijven de rolwagens, daar zij bij deze beweging juist den halven afstand van de schuif afleggen, achter en dus nog gedeeltelijk onder water wanneer de schuif reeds boven water is. De dan in de schuifsponning optredende strooming grijpt het ondereinde van den rolwagen aan, dat niet meer door de schuif belast wordt. Teneinde de hieruit voortvloeiende schade te ontgaan, welke veelal bij oudere Stoneyschuif-constructies werd ondervonden, is het raamwerk van de rolwagens met de noodige stijfheid geconstrueerd en voorzien van regels, die om de loopbaan grijpen en slechts geringe horizontale en zijdelingsche beweging toelaten. Bij de oudere schuifconstructies was het zeer lastig rolwagens te inspecteeren en daaraan in korten tijd herstellingen te verrichten. Bij dit ontwerp is daaraan op de volgende wijze te gemoet gekomen.

Aan de vertikale eindstijlen der schuiven zijn kleine wielen bevestigd (zie figuur 3). Deze loopen in speciale leibanen, welke zoodanig zijn geconstrueerd, dat bij het boven water komen van de schuif, wanneer door haar dus geen waterdruk meer behoeft te worden overgebracht, zij door middel van genoemde wielen van den rolwagen wordt afgedrukt, zoodat de laatste dus vrij hangt. Wordt daarna het uiteinde van den rolwagen-kabel, dat aan de schuif bevestigd is, losgemaakt en daaraan de rolwagen omhoog geheschen, dan kan hij zonder veel moeite boven water worden gebracht en geinspecteerd worden, terwijl de reeds boven omschreven constructie van den rolwagen het mogelijk maakt om in korten tijd rollen en assen te vervangen.

Boven de juist genoemde wielen zijn andere aangebracht, welke de schuif zijdelings leiden, zij loopen in dezelfde banen als de andere wielen (zie figuur 3). De onderschuif is tegen den pijler en den stuwvloer afgedicht; de bovenschuif is tegen den pijler en de onderschuif afgedicht. Tegen den stuwvloer wordt een aan de schuif bevestigde houten balk gebezigd, welke door het schuifgewicht wordt geperst tegen een volkomen vlakken geconstrueerd ijzeren drempel in den stuwvloer (zie fig. 2). Alle overige afdichtingen geschieden door dunne veerende stalen platen, voorzien van een dunne strip, welke tegen vlak geschaafde ijzeren lijsten rusten; de platen worden door den waterdruk tegen de lijsten geperst. Teneinde bij het neerlaten van de bovenschuif neeren in de sponningen te vermijden zijn tegen de vertikale eindstijlen van onder- en bovenschuif vertikale schotten aangebracht, strookende met het buitenvlak van den pijler, zoodat door de openingen „gladde" strooming ontstaat (zie fig. 3 en 4).

b. Windwerken. De windwerken voor het optrekken der schuiven zijn voor electrisch bedrijf en voor handbedrijf ingericht (zie fig. 5). Met het oog op het groote belang van bedrijfszekerheid, werd bij het ontwerpen in de eerste plaats nadruk gelegd op een ruim voldoende capaciteit. Met de schuif moeten ook de dichtingen, kettingen, kabels en het halve gewicht der twee rolwagens worden opgetrokken, bovendien moet de door den waterdruk veroorzaakte rollende wrijving der cylinders en de glijdende wrijving van de dichtingen worden overwonnen. Bovendien moet bij de bovenschuif ook het gewicht van het over den kop van deze schuif stroomende water worden gelicht. Bij elke opwaartsche beweging van de schuif moet ook een van te voren niet juist te voorspellen weerstand worden overwonnen, waarvan de grootte van allerlei toevalligheden als vastvriezen of verzanding afhankelijk is en daardoor niet berekend kan worden. Bovendien zal,

wanneer de onderschuif reeds over eenigen afstand is opgetrokken, de onder deze schuif doortrekkende stroom op het schuiflichaam een krachtige zuigende werking uitoefenen, waarvan wel het optreden kan voorspeld worden, doch niet de grootte. Daarom is bij het ontwerpen der windwerken uitgegaan van een behoorlijk surplus boven de van te voren bekende lasten, wat het volgend lijstje aantoont.

	Te heffen lasten in tonnen.	
	Boven-schuif.	Onder-schuif.
Gewicht van de schuif met dichtingen. . . .	21.6 ton	25.3 ton
Gallsche kettingen en kabels	3.3 „	3.3 „
Half gewicht van twee rolwagens	1.32 „	1.32 „
Vertikale waterdruk en zuiging	20.— „	10.— „
Rollende wrijving ten gevolge van horizontalen waterdruk.	4.5 „	8.5 „
Wrijving der afdichting	3.— „	5.— „
Vuil, grind en onvoorziene weerstanden . . .	6.28 „	6.58 „
Samen	60.— ton	60.— ton

Ten einde dezen last met voldoende zekerheid te kunnen heffen is elke schuif opgehangen aan twee 30-tons Gallsche kettingen, welke een vijfvoudige zekerheid bieden. De kettingen zijn aan den kop der eindstijlen ongeveer boven het zwaartepunt van de schuif bevestigd. Elke ketting loopt over een stalen rad met 12 bewerkte tanden en zijdelingsche polygonale oplegvlakken voor de kettinglamellen. Dit rad is op een stalen as van 200 m.M. ø vastgespied, welke in twee kussenblokken loopt. Op de as is een gietstalen tandrad van 2016 m.M. ø bevestigd, dat wordt aangedreven door een rondsel van 336 m.M. ø Op de as van dit rondsel is een gietstalen tandrad van 1152 m.M. ø bevestigd, dat weder door een gietstalen rondsel van 192 m.M. ø wordt aangedreven. Op de as van dit laatste rondsel is een wormwiel van 572 m.M. ø vastgespied. Het rad is van phosphorbrons. De worm, welke in het wormwiel grijpt, heeft 94 m.M. diam. en 50.8 m.M. (2") spoed, het materiaal is gesmeed staal, dat gepolijst

wordt. Worm en wormwiel loopen in een volkomen gesloten gegoten kast in een oliebad. Op de wormas werkt door middel van een conische overbrenging, waarvan de beide conische wielen denzelfden steekcirkel van 120 m.M. hebben, de drijfas. Op deze drijfas, waarop ook het conische wiel voor de andere schuifhelft is vastgespied, werkt in het midden een 15 P.K. electromotor van 960 omwentelingen per minuut. Door middel van een bronzen rondsel op de motoras en een grooter tandrad op de drijfas, wordt het aantal omwentelingen per minuut van 960 op 450 gebracht. Op de drijfas, die in ringsmeerkussenblokken loopt, werkt een rem in verbinding met een electromagneet, die zoodra stroom wordt afgegeven de rem ontlast, zoodat wanneer de stroom ophoudt de rem weder werkt. Een klauwkoppeling dient voor het uitschakelen der electrische beweging, wanneer de schuiven uit de hand moeten worden bewogen. Dit uitschakelen van den motor en het inschakelen van de handbeweging, door eenzelfde overbrenging, geschiedt zoodanig, dat tegelijkertijd slechts één van de bewegingen met de drijfas gekoppeld is, wat noodig is ter vermijding van ongelukken. Voor de handbeweging dienen twee ter weerszijden van den motor opgestelde kaapstanders, waarin vier 1.50 M. lange boomen kunnen worden gestoken. Op de assen dier kaapstanders is een palrad met pal aangebracht, zoodat bij uitgeschakelde electrische beweging en wanneer rem en magneet eveneens zijn uitgeschakeld, het gewicht van de schuiven het windwerk niet in beweging kan brengen. Bij 960 omwentelingen per minuut van den motor legt de schuif een weg af van 0.455 M. per minuut. In 10 minuten kan de onderschuif dus tot 0.55 M. boven het hoogste stuwpeil worden gebracht. Bij handbedrijf, wanneer acht man aan de kaapstanders staan, 1.53 M. per uur, zoodat dan een schuif vanaf den drempel kan worden opgeheschen in 3 uur, aangenomen dat de mannen aan den kaapstander 40 M. per minuut afleggen. De tanden der raderen, zoowel voor hand- als electrische beweging, worden indien mogelijk gefraisd. De onderdeelen der windwerken voor boven- en onderschuif zijn precies gelijk, zoodat boven elke afvoeropening twee windwerken met daarbij behoorende apparaten zijn opgesteld.

c. Bovenstroomsche noodafsluiting. Ten einde den drempel droog te leggen en bij eventueele beschadiging de schuiven te herstellen en tevens om de schuiven tijdelijk te vervangen, zijn in de koppen der pijlers sponningen uitgespaard, waarin schotbalken kunnen worden neergelaten. (Zie fig. 6). Deze laatste moeten zoo sterk geconstrueerd worden, dat zij bij een overspanning van bijna

18 M. het bovenwater op stuwpeil kunnen handhaven, terwijl benedenzijds de drempel droog ligt, De schotbalken worden op lorries aangevoerd over twee brugliggers, die de ruimte tusschen de pijlerkoppen overspannen: vervolgens worden ze van de lorries door te voren opgestelde lieren afgelicht en in de sponningen neergelaten. De hiervoren genoemde brugliggers dragen, wanneer geen schotbalken worden geplaatst, een wegneembaar dek, waarover het verkeer van het stuwpersoneel plaats vindt.

d. Benedenstroomsche noodafsluiting. De benedenstroomsche noodafsluiting behoeft niet aan de hooge eischen te voldoen, welke aan de bovenstroomsche noodafsluiting wordt gesteld. Deze afsluiting wordt alleen gebruikt om den drempel en de stortkom te kunnen droogleggen, ten einde reparatiën te kunnen verrichten. Dit kan geschieden bij lagen waterstand, zoodat deze afsluiting niet aan een aanzienlijken waterdruk heeft weerstand te bieden. De constructie bestaat uit houten jukken, die in daartoe bestemde gaten in den bodem worden bevestigd. Over deze jukken wordt een smalle dienstbrug gelegd en tegen de jukken steunt een ijzeren ligger (zie fig. 7). Tegen dezen ligger en tegen een in den bodem uitgespaarden drempel worden houten naalden gezet, welke zoo noodig waterdicht worden gemaakt door een aan de waterzijde te spannen zeil. De geheele afsluiting is gemakkelijk uit de hand te stellen. [1])

[1]) Deze afsluiting is bij de uitwerking van het ontwerp door eene van schotbalken vervangen.

HOEVEELHEDEN.

BENAMING.	Gegoten staal.	Gesmeed staal.	L, ⊏, I en platen en schets-platen.	Gegoten ijzer.	Gesmeed ijzer en schroef-bouten.	Hout in M³.	Brons.	Gall ketting 30 ton.	Staal-kabel dik 24 m.M.
3 bovenschuiven	1056	4170	56300	2790	486				
3 onderschuiven	1032	4515	69570	300	564	2.16			
Bruggen met windwerken. . .	51200	9100	173000		2700	26.—	2500	175 M.	200 M.
Geleidingsregels voor de schuiven	21000				600				
Loopbanen voor de rolwagens.	10000				600				
De rolwagens	8688		6360		804				
Totaal gewicht voor de afvoer-opening stuw te Linne . .	93 ton	17.8 ton	305.25 ton	3.1 ton	5.6 ton	28.16 M³.	2.5 ton	175 M.	200 M.

Dus: een bovenschuif met 2 rolwagens weegt totaal 24.24 ton.

een onderschuif met 2 rolwagens weegt totaal 27.87 ton.

Opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat,

G. P. NIJHOFF.

INHOUD.

Blz.

Hoofdafmetingen en peilen voor de afvoeropeningen . . . 41

Kenmerkende trekken van het ontwerp 41

Stoney-schuiven 42

a. Schuiven, constructie der schuiven 42

b. Windwerken 45

c. Bovenstroomsche noodafsluiting 47

d. Benedenstroomsche noodafsluiting 48

Hoeveelheden 49

III.

BESCHRIJVING VAN DE AFSLUITING DER SCHEEPVAARTOPENING VAN DE STUW TE LINNE.

HOOFDAFMETINGEN EN PEILEN VOOR DE SCHEEPVAARTOPENING.

De wijdte in den dag van de scheepvaartopening bedraagt	60.— M.
De afstand van de jukken hart op hart bedraagt. . .	4.— „
De hoogte van de onderschuif bedraagt	2.50 „
De hoogte van de bovenschuif bedraagt	2.52 „
De breedte van de jukken bedraagt.	0.30 „
De lengte van de jukken hart op hart scharnierpunt bedraagt	4.46 „
De hoogte van de jukken hart op hart scharnierpunt bedraagt	5.925 „
De lengte van de fundeering bedraagt.	20.— „
De onderkant van de fundeering ligt op	13.30 „ + N.A.P.
De drempel ligt op.	15.95 M. + N.A.P.
De bovenkant van de brug over de jukken ligt op . .	21.55 M. + N.A.P.

KENMERKENDE TREKKEN VAN HET ONTWERP.

Voor de kenmerkende trekken van het ontwerp kan gedeeltelijk worden verwezen naar de nota IV betreffende het te kiezen juksysteem van de scheepvaartopening van deze stuw.

De afsluiting bestaat uit een systeem jukken, geconstrueerd als een gesloten vakwerk, waartegen aan de bovenstroomsche zijde de schuiven rusten (zie fig. 1). Ieder vak wordt afgesloten door 2 wielschuiven, waarvan de bovenschuif op de onderschuif rust. De jukken zijn onderling verbonden door een brug, waarop een kraan voor de bediening van de schuiven kan worden voortbewogen.

Nadat de schuiven verwijderd zijn en het aan den pijler grenzende bruggedeelte tegen dien pijler is opgetrokken, kunnen de jukken met de brug in vakken van 12 M. worden neergelaten. Zij liggen daarna achter den 65 c.M. hoogen drempel, zoodat de scheepvaart er geen hinder van kan ondervinden.

Het neerlaten en weder optrekken van de jukken met brug geschiedt door een electrischen lier, welke in een gebouw achter het landhoofd is geplaatst.

BEWEEGBARE GEDEELTEN.

a. Jukken.

De jukken hebben een hoogte, gerekend van hart beneden- tot hart boven-scharnierpunt, van 5925 m.M. De grootste breedte is 300 m.M., terwijl de lengte is 4460 m.M.

De jukken zijn geconstrueerd als een gesloten vakwerk (fig. 2). Getracht is de breedte zoo gering mogelijk te houden om daardoor met geringe drempelhoogte te kunnen volstaan. De profielen zijn zoodanig gekozen dat onderhoud gemakkelijk kan geschieden.

De bovenstroomsche zijde, waartegen de nader te noemen wielen der schuiven loopen, is geheel vlak gehouden. De jukken zijn berekend als een in- en uitwendig statisch bepaald vakwerk. De bovenstroomsche oplegging kan alleen verticale (in dit geval naar boven gerichte) krachten opnemen, terwijl de benedenstroomsche verticale en horizontale krachten opneemt.

De horizontale en verticale opleg-reacties worden door een speciale ijzer-constructie op de betonfundeering overgebracht.

b. Scharnierpunten van de jukken (zie fig. 3).

De scharnierpunten moeten eenvoudig geconstrueerd zijn en in staat zijn de bovengenoemde opleg-reacties over te brengen op de eveneens genoemde ijzer-constructies.

Mochten herstellingen hieraan noodig zijn of mochten de jukken moeten worden uitgenomen, dan behoeven voor ieder scharnierpunt slechts twee bouten losgedraaid te worden. Deze beide bouten kunnen eventueel gemakkelijk vernieuwd worden.

c. Bruggen.

De bruggen zijn geconstrueerd in vakken van 12 M. lengte, rustend op drie jukken, welke gezamentlijk worden neergelaten en opgetrokken.

De bruggen zijn geconstrueerd uit 2 hoofdliggers, ieder bestaande uit 2 geconstrueerde [liggers. Deze constructie vloeit wederom voort uit den eisch de brugliggers zoo laag mogelijk te houden en daardoor de drempelhoogte te kunnen beperken. De hoogte der liggers is hier 210 m.M. Tusschen de hoofdliggers, waarop de rails voor den kraanwagen zijn gevestigd, ligt een dwarsverband tot ondersteuning van brugdek en rails voor den schuivenwagen.

Het brugdek is gemakkelijk wegneembaar en wordt weggenomen vóórdat men de jukken met brug laat zakken. Dit is geschied om de hoeveelheid vuil, die in neergeslagen toestand een plaats op de brug zou kunnen vinden, aanzienlijk te beperken en daardoor het optrekken lichter te maken.

d. Schuiven (zie fig. 4).

De afsluiting van de opening tusschen 2 jukken heeft plaats door middel van 2 schuiven, welke met wielen tegen de voorzijde van de jukken rusten.

De waterdichte afsluitingen worden gevormd: aan de onderzijde door een aan de schuif bevestigden houten balk, welke rust op den met ijzer bekleeden drempel; tusschen de schuiven onderling door 2 houten balken en tegen de jukken door een veerende plaat in den geest van de afsluitingen bij de schuiven van de afvoer-opening (zie fig. 5).

De onder- en bovenschuif zijn geconstrueerd uit een raamwerk van resp. 5 en 4 horizontale I- en [binten en I- verticalen. De plaat bevindt zich aan de bovenstroomsche zijde. Aan de achterzijde is tot verstijving een kruisverband aangebracht.

Iedere schuif heeft voor de geleiding tegen de voorzijde van de jukken 4 wielen, terwijl voor de zijdelingsche beweging 4 kleinere wielen zijn aangebracht (zie fig. 5). Verder bevinden zich aan de schuiven haken om te beletten, dat ze door winddruk van de jukken worden afgedrukt. In alle richtingen is dus voor voldoende geleiding zorg gedragen.

Hulp-afsluiting.

Voor het geval, dat onderhoud of herstellingen aan de scharnierpunten van een juk moeten geschieden of dat een juk moet worden vervangen is het noodig, dat een tijdelijke keering van het water tot stand wordt gebracht tot het peil van 20,40 M. + N.A.P.

De afsluiting zal worden verkregen door ⊔ vormige schotbalken, welke rusten tegen 2 stijlen. De stijlen vinden hun steun in den vloer en tegen de brug ongeveer ter plaatse van de jukken ter weerszijden

van het te vervangen juk. De openingen tusschen de einden van de schotbalken en de schuiven worden gedicht door naalden (zie fig. 5a).

Om de schotbalken zoo kort mogelijk te maken en tevens de brug zoo gunstig mogelijk te belasten worden de stijlen zoodanig geplaatst, dat zij komen ter plaatse van het in de brug aanwezige dwarsverband vlak naast een scharnierpunt. De afstand van de stijlen hart op hart wordt dan ongeveer 8,50 M. en de lengte der schotbalken ongeveer 9,50 M.

Nadat de afsluiting tot stand is gebracht kunnen de 4 schuiven, welke tegen het te vervangen juk rusten, op de gewone wijze worden opgetrokken en weggevoerd. De schotbalken nemen dan de functie over.

De schotbalken worden geconstrueerd van I-ijzer met ter weerszijden houten bekleeding. Zij zijn met uitzondering van de bovenste drie 30 c.M. hoog. [1])

Bewegingsinrichting (zie fig. 6 en 7).

Hiervoor zijn noodig:

a. een kraanwagen;

b. een schuivenwagen;

c. een loopkraan met loopkat;

d. een lier voor het neerlaten en optrekken der jukken en bruggen.

De kraanwagen rijdt op het spoor, dat direct op de hoofdliggers van de brug rust. Deze kraanwagen is zoodanig geconstrueerd, dat in de lengte-richting de op het smaller spoor rijdende schuivenwagen met schuif er onder door kan rijden, terwijl het in de dwarsrichting mogelijk is, dat de loopkat met schuif van binnen naar buiten en omgekeerd wordt bewogen.

Om een schuif weg te nemen gaat men als volgt te werk: De kraanwagen wordt voor het betreffende vak gereden. De loopkat beweegt men naar buiten en trekt er de schuif mee op. Is deze iets boven de hoogte gekomen, waarop zich de vloer van den schuivenwagen bevindt, dan worden loopkat en schuif naar de lengte-as van de kraan gebracht. De schuivenwagen wordt onder de schuif gereden en brengt deze, nadat ze neergelaten is, naar den oever. Hier wordt de schuif overgenomen door een loopkraan met loopkat en zijdelings weggebracht.

---

[1]) De hulpafsluiting is bij de uitwerking van het ontwerp door een andere constructie vervangen.

Behalve deze functie is de kraanwagen ook nog bestemd om dienst te doen bij het neerlaten en optrekken der jukken. Aan de zijde van het landhoofd afgekeerd bevinden zich aan de bovenzijde 2 geleidingen voor de staalkabels, waarmede deze beweging wordt uitgevoerd. Hierdoor wordt bereikt, dat in de kabels steeds dezelfde maximum spanning ontstaat en deze nooit te groot wordt, zooals dat anders het geval zou zijn bij de jukken, welke het verst van het landhoofd zijn gelegen.

De lier zelf is in een gebouwtje aan den oever geplaatst. Alle toestellen worden zoodanig geconstrueerd, dat zij zoowel voor handkracht als voor electrische drijfkracht kunnen worden ingericht.

Gewichtsstaat.

Gewicht van een onderschuif	2.4 ton.
„ „ „ bovenschuif	1.6 „
„ „ „ juk	3.2 „
„ „ „ brug van 4 M. lengte	2.3 „
„ „ „ verankering van een juk	1.5 „
Totaal	11 ton.

Het totaal gewicht van alle onder- en bovenschuiven, jukken, bruggen en verankeringen van de scheepvaartopening is dus

$$15 \times 11 = 165 \text{ ton.}$$

Opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat,

J. W. DE VRIES.

INHOUD.

Blz.

Hoofdafmetingen en peilen voor de scheepvaartopening . . 53

Kenmerkende trekken van het ontwerp 53

Beweegbare gedeelten. 54

a. Jukken 54

b. Scharnierpunten van de jukken 54

c. Bruggen. 54

d. Schuiven 55

Hulp-afsluiting 55

Bewegingsinrichting 56

Gewichtsstaat. 57

IV.

NOTA BETREFFENDE HET TE KIEZEN JUKSYSTEEM VOOR DE SCHEEPVAART-OPENING VAN DE STUW TE LINNE.

NOTA BETREFFENDE HET TE KIEZEN JUKSYSTEEM VOOR DE SCHEEPVAARTOPENING VAN DE STUW TE LINNE.

In het volgende zal worden nagegaan, welk van de meest in aanmerking komende systemen van jukken en schuiven voor afsluiting van de scheepvaartopening der stuw te Linne de voorkeur verdient. De voordeelen, welke deze wijze van afsluiting boven andere systemen (kleppen, jukken met naalden, enz.) speciaal voor Linne heeft, worden in deze nota niet behandeld.

Onderzocht zijn de vier volgende systemen:

A. Jukken op 1.60 M. afstand; van onderen open vakwerkconstructie. (Fig. 1).

B. Jukken op 5.90 M. afstand; geheel gesloten vakwerkconstructie. (Fig. 2).

C. Jukken op 4 M. afstand; van onderen open vakwerkconstructie. (Fig. 3).

D. Jukken op 4 M. afstand; geheel gesloten vakwerkconstructie. (Fig. 4).

A. *Jukken op 1.60 M. afstand; van onderen open vakwerkconstructie.*

Dit systeem heeft kleine schuifelementen, welke van hout kunnen worden gemaakt. Daarvan zijn voor de afsluiting van de 60 M. wijde scheepvaartopening 38 $\times$ 5 = 190 stuks noodig, benevens 37 jukken. In neergelaten toestand liggen de jukken in elkaar. De consoles, die de bedieningsbrug ondersteunen, vallen niet met de as van het juk samen, zoodat zij hier in neergeklapten toestand boven blijven. Elk juk is als een boog op twee scharnieren geconstrueerd; dientengevolge

moeten loodrecht op het vlak van de draairichting van het geheele juk de scharnieren eveneens een kleine bewegelijkheid toelaten.

De bedieningsbrug over de jukken is door de geringe belasting tengevolge van de kleine schuifelementen en den korten afstand der steunpunten licht en behoeft slechts een geringe constructiehoogte. De jukken zijn licht en smal. De benoodigde hoogte van den drempel, waarachter bij open stuw, jukken en brug schuil gaan, is dientengevolge klein n.l. 45 cM.

De kracht, noodig voor het trekken der kleine schuiven, is gering, de constructie voor het ophalen der jukken kan licht zijn.

Voor de 60 M. wijde scheepvaartopening kosten, berekend naar de prijzen vóór den oorlog:

de jukken.	f 27 694.—
de brug	2 171.—
de schuiven	10 545.—
het fundeeringsvakwerk	3 200.—
beton voor de fundeering (zonder damw.) . . .	35 160.—
Totaal kosten . . .	f 78 770.—

B. *Jukken op 5.90 M. afstand; geheel gesloten vakwerkconstructie.*

De kenmerkende trek van dit systeem is dat de jukken, welke uit een geheel gesloten vakwerk bestaan, in neergelaten toestand niet over elkaar, maar juist achter elkaar vallen. De kleinste onderlinge afstand der jukken is mitsdien afhankelijk van de hoogte der jukken, en, waar die hoogte in hoofdzaak bepaald wordt door het hoogteverschil tusschen stuwpeil en drempel, kan ook de jukafstand te Linne niet minder dan 5.90 M. bedragen. Voor afsluiting van de scheepvaartopening zijn weinig doch zeer groote schuifelementen noodig, n.l. 20 stuks. De 9 jukken moeten een aanzienlijken waterdruk opnemen, de constructie is dientengevolge zwaar.

De bedieningsbrug over de jukken moet weerstand bieden aan een zeer groote belasting, welke bij het trekken en het vervoeren der schuiven optreedt; waar de steunpunten van de brug bovendien ver uit elkaar liggen, moet zij zwaar worden geconstrueerd.

De drempelhoogte bedraagt bij dit systeem 70 cM.

De schuiven worden getrokken met behulp van een electrische kraan, het neerlaten en ophalen van de jukken met de dienstbrug geschiedt door middel van twee kabels, welke gevierd resp. ingehaald

worden door een krachtig windwerk, dat zich boven de schuivenbergplaats op den oever bevindt.

De krachten door de jukken overgebracht, moeten zoo gelijkmatig mogelijk door de fundeering op den ondergrond worden verdeeld, waarbij de fundeering zelf in staat moet zijn die krachten op te nemen. Bij een kleinen jukafstand, waarbij dus niet ver van elkaar kleine krachten op de fundeeringsplaat worden overgebracht, kan deze laatste niet alleen een geringe dikte hebben, maar is ook slechts een lichte constructie noodig om de bovengenoemde krachten over de betondoorsnede te verdeelen.

Hieruit volgt tevens, dat bij een systeem met groote elementen de plaat dik moet zijn, terwijl voor het verdeelen der spanningen in de beton een aanzienlijke hoeveelheid ijzer noodig is. Dit komt dan ook tot uiting in de navolgende cijfers:

kosten van:

de jukken	f	24 579.—
de brug	„	8.992.—
de schuiven.	„	19.834.—
het fundeeringsvakwerk	„	6.245.—
beton voor de fundeering (zonder damw.) . . .	„	49.104.—
Totaal kosten . .	f	108.754.—

C. *Jukken op 4 M. afstand; van onderen open vakwerkconstructie.*

Evenals bij systeem D, is bij dit systeem uitgegaan van een jukafstand van 4 M. en wel om de voordeelen verbonden aan een systeem met groote elementen eenigermate te kunnen vereenigen met die, welke het hiervoor beschrevene systeem A aanbiedt.

Totaal zijn bij dit systeem noodig 30 schuiven.

De 14 jukken zijn zoodanig geconstrueerd, dat ze in elkaar vallen en daardoor de drempel een minimum-hoogte van 45 cM. kan verkrijgen.

Elk juk is een uitwendig statisch bepaald stijf raam, dat aan de onderzijde open is, teneinde het in elkaar vallen mogelijk te maken. Ook hier, evenals bij systeem A, moeten de draaipunten een bewegelijkheid toelaten, loodrecht op het vlak, waarin de draaiing der jukken plaats vindt.

Het gewicht en de constructiehoogte van de brug kunnen geringer zijn dan bij systeem B, terwijl de fundeeringsplaat dunner kan zijn en voor het zich hierin bevindende vakwerk minder ijzer noodig is.

De bediening der schuiven en het bewegen der jukken met de bedieningsbrug geschiedt op dezelfde wijze als bij het vorige systeem, echter kunnen de daarvoor noodige werktuigen lichter en dus goedkooper zijn.

De kosten bedragen voor:

de jukken	f	15 430.—
de brug	„	6 585.—
de schuiven	„	17 062.—
het fundeeringsvakwerk	„	3 600.—
beton voor de fundeering (zonder damwand)	„	35 160.—
Totaal kosten	f	77 837.—

D. *Jukken op 4 M. afstand; geheel gesloten vakwerkconstructie.*

Bij dit systeem vallen de jukken over elkaar. De jukken zijn statisch bepaalde gesloten vakwerken. Teneinde, ondanks het over elkaar vallen der jukken, de drempelhoogte laag te houden, is zoowel de jukbreedte als de constructiehoogte der brug zooveel mogelijk beperkt. Deze drempelhoogte bedraagt 65 c.M.

Schuiven, fundeeringsvakwerk, dikte van de fundeeringsplaat onder de jukken, bediening der schuiven, zijn geheel gelijk aan die van het vorige systeem.

De kosten bedragen voor:

de jukken	f	18 004.—
de brug	„	6 585.—
de schuiven	„	17 062.—
het fundeeringsvakwerk	„	3 600.—
beton voor de fundeering (zonder damwand)	„	37 104.—
Totaal kosten	f	82 355.—

Aangaande de voorgenoemde systemen dient nog te worden vermeld, dat de bemalingskosten tijdens de uitvoering der stuw niet hetzelfde zijn.

Bij de systemen A en C ligt de onderkant van de fundeeringsplaat 20 c.M. hooger dan bij het systeem D en 1.05 M. hooger dan

bij het systeem B. Aannemende een bemalingsduur van 16 maanden en prijzen van vóór den oorlog, volgen daaruit voor systeem D f 10 000.— en voor systeem B f 50 000 meerdere bemalingskosten dan voor de typen A en C.

KEUZE VAN SYSTEEM.

Het onder A genoemde systeem (jukafstand 1.60 M.) bezit ongetwijfeld waardevolle eigenschappen. De bediening vereischt slechts geringe krachten, zoodat mechanische aandrijving desnoods achterwege kan blijven. Het spreekt vanzelf, dat deze eigenschap bij de stuw te Linne niet op den voorgrond treedt, daar hier voor de overige stuw- en sluisorganen van electrische aandrijving gebruik wordt gemaakt. Het stelsel met lichte en gemakkelijk hanteerbare elementen heeft echter het intrinsieke nadeel, dat voor het vrijmaken of afsluiten van een zeker doorstroomingsprofiel, een zeer groot aantal handelingen moet worden verricht. De stuw te Linne mag eerst geheel geopend zijn, wanneer de waterstand in de vrije rivier het verhoogd stuwpeil heeft bereikt. [1])

Nu zijn er twee redenen waarom speciaal bij deze stuw een snelle bediening der scheepvaartopening wordt vereischt.

Gedurende een was moet, tijdens de periode voorafgaande aan het tijdstip, dat de waterstand op de vrije rivier het stuwpeil bereikt, in korten tijd een groot gedeelte van het doorstroomingsprofiel der scheepvaartopening worden ontruimd. Immers de hoeveelheid water, die dan door de oppervlakte-eenheid stroomt, is tengevolge van het kleine verval, dat bij de stuw aanwezig is, gering. Bovendien zijn de wassen, welke nopen tot het geheel vrijmaken van de scheepvaartopening, meestal snel en dus moet in korten tijd door de stuw een aanzienlijk meerdere hoeveelheid water worden afgevoerd.

Wordt aan den eisch eener vlugge bediening niet voldaan, dan bestaat het gevaar, dat de snel wassende rivier de bedieningsbrug van de scheepvaartopening overstroomt vóórdat de laatste schuiven getrokken en weggevoerd zijn en de jukken zijn neergelaten. Uit dien hoofde is het onder A beschreven systeem voor de stuw te Linne, aan welker exploitatie zulke hooge eischen worden gesteld, niet aan te bevelen.

Dit neemt niet weg, dat dit systeem eigenschappen bezit, die van waarde kunnen zijn voor stuwen, werkende onder andere omstandig-

---

[1]) Dit o.a. omdat voor het kanaal Wessem-Nederweert en de kanaal- of haveninvaart te Maasbracht, een stipte handhaving van het stuwpeil noodzakelijk is en aan een eventueele waterkrachtcentrale zeer ten goede komt.

heden en verhoudingen: de drempelhoogte is zeer gering; de aanschaffingskosten zijn laag, de bediening is, hoewel langzaam, eenvoudig, goedkoop en veilig. Tegenover deze voordeelen staan echter de volgende nadeelen. Het aantal draaipunten onder water, vitale deelen van de constructie, is groot, terwijl deze door den eisch van bewegelijkheid in twee richtingen een eenigszins ingewikkelden bouw vertoonen, welke voor het gebruik onder water niet zonder bedenking is.

Het systeem B (jukafstand 5.90 M.) kan als tegenhanger worden beschouwd van het hierboven beschrevene. De elementen zijn groot en zwaar en aan een normale bediening uit de hand valt niet te denken.

De jukken moeten zeer aanzienlijke krachten overbrengen, doch zijn door hun gesloten vakwerk eenvoudig van constructie. De scharnieren behoeven, in tegenstelling met die van het vorige systeem, slechts in één richting te draaien, waardoor zij eenvoudig en voor den dienst onder water bedrijfszeker kunnen worden uitgevoerd. Waar dit aantal bovendien gering is, is dit systeem uit een constructief oogpunt voor de stuw te Linne zeer geschikt.

Zooals echter hiervoor werd opgemerkt, oefent de verspreide opstelling der jukken grooten invloed uit op de drempelhoogte, de dikte van de fundeeringsplaat, de daarin noodige vakwerkconstructie, de brug, de schuiven en de bemalingskosten. De aanschaffingskosten zijn dan ook aanzienlijk grooter dan bij het eerste systeem, wat eveneens gezegd kan worden van de voor de bediening noodzakelijke werktuigen. Een bezwaar van deze constructie is, dat bij sterken wind de schuiven bij het uittrekken, het inzetten en het vervoer moeilijk te hanteeren zijn.

Daarom is er naar gestreefd een systeem te ontwerpen, dat met behoud van een gering aantal draaipunten onder water en flinke, doch nog goed hanteerbare, elementen een niet te groote drempelhoogte paart aan lage aanschaffingskosten en groote bedrijfszekerheid. Het is ons gebleken, dat de jukafstand van ongeveer 4 M. voor de stuw te Linne tot een constructie voert, die zooveel mogelijk aan genoemde eischen voldoet.

Aangaande de twee oplossingen, welke voor dit geval zijn uitgewerkt, valt het volgende op te merken. Inderdaad blijkt, dat de constructie aanmerkelijk goedkooper is dan bij het systeem B (5.90 M. jukafstand) en vrijwel even weinig kost als systeem A (1.60 M. jukafstand). Bij de gesloten constructie kan met een drempelhoogte worden volstaan, die nog iets geringer is dan bij geval B, terwijl bij het open type zelfs een groot verschil wordt bereikt. Hieruit volgt dus, dat bij deze twee systemen de voordeelen van systeem B konden worden vereenigd met

lager drempelhoogte en goedkooper aanschaffings- en bedieningskosten, waarom wij aan deze beide systemen boven die onder A en B de voorkeur geven.

Vergelijking van de open constructie met het gesloten type toont het volgende aan. Bij de eerste kan de drempel veel lager zijn dan bij het andere systeem, waardoor voor de fundeeringsplaat minder beton wordt vereischt en ook de bemalingskosten geringer zijn.

Uit een financieel oogpunt bezien zijn de voordeelen dus aan den kant van type C (open juk), in ander opzicht verdient echter de gesloten constructie de voorkeur. De vitale deelen van de constructie kunnen in eenvoudigen vorm volkomen bedrijfszeker worden uitgevoerd, terwijl het stellen der jukken tijdens den bouw van de stuw en bij latere reparatie veel minder bezwaren biedt dan bij het andere type.

Het voordeel der meerdere bedrijfszekerheid lijkt ons tegenover de eenigszins hoogere kosten [1]) en den hoogeren drempel wel zoo groot, dat wij voor de stuw te Linne systeem D meenen te moeten aanbevelen.

De Ingenieurs,

(get.) G. P. NIJHOFF.

„ F. VOLKER.

„ J. A. W. M. VETTER.

---

1) De meerdere kosten vormen slechts een zeer klein gedeelte van de bouwkosten van de geheele stuw.

INHOUD.

Blz.

A. Jukken op 1.60 M. afstand; van onderen open vakwerkconstructie 61

B. Jukken op 5.90 M. afstand; geheel gesloten vakwerkconstructie 62

C. Jukken op 4 M. afstand; van onderen open vakwerkconstructie 63

D. Jukken op 4 M. afstand; geheel gesloten vakwerkconstructie 64

Keuze van systeem. 65

V.

RAPPORT OMTRENT DE BEPROEVING VAN SCHARNIERENDE STUWKLEPPEN.

RAPPORT OMTRENT DE BEPROEVING VAN SCHARNIERENDE STUWKLEPPEN.

Constructie der proefkleppen In een molenkanaal in de Roer te Roermond werden achtereenvolgens verschillende stuwkleppen geplaatst en de werking er van nagegaan.

Op bijlage I is aangegeven de constructie van de 4 typen van kleppen, welke werden beproefd.

Van deze 4 kleppen is type III een zoogenaamde „Bebout-klep"; de typen I, II en IV behooren tot een gewijzigd model, dat in werkingswijze veel overeenkomst toont met de Bebout-kleppen.

De algemeene inrichting der Bebout-kleppen en van het gewijzigde model is beschreven in het rapport „Bebout-kleppen", waarbij de beide modellen zijn aangegeven respectievelijk als model A en model B.

Deze beschrijving, verkort overnemende, luidt als volgt:

Systeem A. Met één stijve en een opvouwbare schoor. (Proefklep type III.)

Een klep A-B is in S scharnierend verbonden aan twee schoren, waarvan de eene opvouwbaar is door het scharnier E.

In gesloten stand steunt de klep, behalve op de schoren, in A tegen een aanslagdrempel.

Het openen geschiedt door de klep te laten wentelen om S; zoodra de $\angle$ B-S-C $< 90^\circ$ wordt, zal de knieschoor S-E-D gedrukt worden en daardoor samenvouwen; de schoor S-C kan nu draaien om C en de klep zal zich vlak op den bodem neerleggen, indien S-C — S-E = C-D — D-E.

Het wentelen om S kan veroorzaakt worden door een drukkracht in B of een trekkracht in A.

Het oprichten geschiedt door het uiteinde B van de klep naar boven te trekken; hierdoor glijdt het uiteinde A over den vloer, de schoor S-C draait om C en zoodra $\angle$ B-S-C $> 90^\circ$ wordt, zal de klep zich van zelve oprichten tot de schoor S-E-D gestrekt is en de klep in A tegen den drempel slaat.

Systeem B met twee stijve schoren. (Proefkleppen type I, II en IV).

De knieschoor der Bebout-kleppen komt hier te vervallen. De klep wordt in E en F verbonden met de stijve schoren E-D en F-C.

In gesloten stand steunt de klep, behalve op de schoren, in A tegen een aanslagdrempel. De twee vaste scharnierpunten D en C op den vloer en de twee scharnierpunten E en F aan de klep vormen een vierhoek zonder diagonalen, die dus beweeglijk is. De beweging der klep is op te vatten als eene wenteling om S, het snijpunt der aslijnen van de schoren F-C en E-D. Tevens echter verplaatst het punt S zich.

Zoolang de resultante van den waterdruk valt beneden S, zal deze kracht de klep dicht draaien, tot het uiteinde A stuit tegen den aanslagdrempel.

Het openen geschiedt door het boveneinde B van de klep achteruit te duwen; daarbij verplaatst het punt S zich naar beneden en komt ten slotte beneden de resultante van den waterdruk te liggen, waarna de beweging verder door den waterdruk geschiedt en de klep in geopenden stand vlak zal neerliggen, indien C-F + F-E = C-D + D-E.

Omgekeerd moet bij het sluiten van de klep het boveneinde B opgetrokken worden tot de resultante van den waterdruk weer valt beneden het punt S.

II. Onderling verschil der proefkleppen (type I, II en IV). Systeem B.

Het verschil tusschen de kleppen type I en type II is hierin gelegen, dat klep type II bovenin een klein klepje heeft, dat tijdens het optrekken van de klep geopend is. Klep type IV vertoont geheel hetzelfde systeem als type I, doch het bovengenoemde punt S is lager gekozen.

III. Doel der proeven.

Het doel der proeven was in de eerste plaats na te gaan of bij het openen en sluiten der kleppen zich nog onvoorziene moeilijkheden zouden voordoen en voorts de resultante van den waterdruk op de kleppen tijdens het openen en sluiten in verschillende standen te bepalen en te trachten een verband te vinden tusschen de grootte van die resultante, het verhang en den momenteelen hellingshoek van de klep.

Hierdoor zou het mogelijk worden voor een klep van een gegeven afmeting bij een bepaald verhang den waterdruk te becijferen op die klep tijdens het ophalen, waaruit dan weer te berekenen was de voor de beweging benoodigde kracht.

Deze laatste berekening verloopt bij de kleppen volgens model B (proefkleppen type I, II en IV) eenvoudig, daar in iederen stand van de klep het moment van de bewegende kracht t. o. v. het snijpunt der aslijnen der schoren gelijk moet zijn aan het moment van den waterdruk t. o. v. datzelfde punt ($K \times c = R \times x$).

Niet alleen voor het bepalen van de bewegende kracht is het noodig de resultante van den waterdruk in verschillende standen te kennen, ook voor het berekenen van de maximum-spanningen in schoren en scharnierpunten.

In de korte schoor, waarin bij gesloten stand slechts een betrekkelijk kleine trekkracht zal optreden, komt tijdens het optrekken een groote drukkracht.

In de lange schoor, die in gesloten stand gedrukt wordt, treedt tijdens het optrekken eene trekkracht op.

IV. Inrichting der proeven. Elke klep heeft aan den bovenkant een haak, waaraan 2 kettingen. Een daarvan loopt naar de lier, de andere naar den krachtmeter, die aan een vasten haak hangt. (Zie bijlage n°. 2.)

Wanneer de lierketting langzaam gevierd wordt, blijft de klep aan de 2de ketting hangen en de krachtmeter wijst aan, hoe groot de bewegende kracht moet zijn, die bij dien stand hoort.

Door die 2de ketting korter of langer te nemen, kan de klep in verschillende standen worden vastgezet. De waarnemingen werden gedaan met 6 verschillende kettinglengten.

Voor het bepalen van de krachten benoodigd voor het openen van de klep werd de krachtmeter achter aan de klep gehaakt en de lierketting aan den krachtmeter.

De waterstanden achter de klep zijn door de schotbalken aan het benedeneinde van het kanaaltje te regelen.

Op boven aangegeven wijze zijn de voor de beweging benoodigde krachten direct af te lezen.

Hieruit is dan de resultante van den waterdruk op de klep als volgt te bepalen.

Door voor de kleppen type I en IV bij gelijk verhang en bij eenzelfde hellingshoek α der kleppen de krachten K te bepalen en aan te nemen, dat de waterdruk uitsluitend afhankelijk is van het verhang en den hellingshoek α der kleppen, kunnen de vergelijkingen:

$$(1) \quad K \times c = R \times x$$

$$\text{en } (2) \quad K' \times c' = R \times x'$$

worden opgesteld.

Verder aannemende, dat de krachtlijn van R gericht is $\perp$ op het vlak van de klep, is

$$(3) \quad x - x' = b' - b.$$

De 3 onbekenden R, x en x' zijn uit de vergelijkingen (1), (2) en (3) te bepalen.

De bij de proeven gebruikte krachtmeter was niet nauwkeurig; krachten kleiner dan 30 K.G. konden niet worden waargenomen, voor krachten tusschen de 50 en 300 K.G. was iedere streep op de schaalverdeeling 50 K.G. en kon daartusschen de kracht tot ± 15 K.G. nauwkeurig geschat worden.

V. Gevonden resultaten.

a. Het openen en sluiten.

Het openen en sluiten der kleppen van de 4 verschillende typen bleek zonder bezwaar te geschieden.

Gedurende de proeven, waarbij omstreeks 600 maal een klep geopend en gesloten werd, haperde slechts éénmaal een klep bij het sluiten; waarschijnlijk hadden zich takken, die in dien tijd in groote hoeveelheden werden afgevoerd, tusschen de schoren vastgezet. Nadat de naast-gelegen klep geopend was en het water eenige minuten door had kunnen stroomen, ging de klep zonder moeite weer dicht.

Nagegaan werd of grind de beweging belemmerde. Hiertoe werd voor een gesloten klep ± 3 H.L. grind gestort. Het openen ging daarna iets zwaarder. Bij verval van meer dan 1.50 M. spoelde het grind direct na het openen weg; bij kleiner verval bleef het grootendeels op eenigen afstand vóór den aanslagdrempel liggen, zonder echter de beweging der kleppen te bemoeilijken.

Bij het openen vallen, indien de lierketting tijdig gevierd wordt, de kleppen met een slag op den vloer. Het bleek, dat, wanneer er eenig water beneden de kleppen staat, deze schok bij het neervallen gering is. De vurenhouten klossen achter op de klep waren na afloop der proefneming nog gaaf.

b. Bepaling van den waterdruk.

De uitkomsten der gemeten krachten bij de „Beboutklep" (type III) zijn van weinig waarde, doordat de wrijving tusschen onderkant klep en den niet geheel gelijken vloer te groot en te onregelmatig was, tengevolge waarvan de gemeten krachten bij eenzelfde verval soms 100 % varieerden.

De uitkomsten bij de andere kleppen vertoonden, in aanmerking genomen de weinige nauwkeurigheid van den krachtmeter, een regelmatig verloop.

Bij het bepalen van de resultante van den waterdruk uit deze uitkomsten door middel van de boven opgestelde vergelijkingen (1), (2) en (3), blz. 73, komt men echter tot geheel onwaarschijnlijke resultaten, hetgeen er op wijst, dat de bij de opstelling dier vergelijkingen gedane aannamen onjuist moeten zijn. De bepaling van de resultante van den waterdruk tijdens het openen en sluiten uit de verzamelde gegevens wordt daardoor onmogelijk.

c. Krachten benoodigd voor het sluiten en openen.

Wel is het mogelijk uit deze gegevens een verband te vinden tusschen de grootte van de benoodigde maximale bewegingskracht tijdens het optrekken en het verval.

In bijlage III fig. 1, is dit verband graphisch weergegeven voor de kleppen I, II en IV. (De uitkomsten voor klep III zijn te onregelmatig.)

Uit deze lijnen is het navolgende op te maken.

I. De krachten nemen over het algemeen toe met het verval, deze toename is echter niet recht evenredig met het verval en, wordt het verval grooter dan 1 M. (d. i. 0.60 $\times$ de hoogte van de kleppen), dan blijven de krachten nagenoeg constant.

II. De krachten bepaald bij het optrekken van een klep, terwijl de terweerszijden gelegen kleppen gesloten zijn, verschillen van die, waarbij één naastgelegen klep gesloten, de andere geopend is.

III. De krachten benoodigd voor het optrekken der kleppen type II zijn belangrijk kleiner dan die voor type I en IV.

Het onder I vermelde verschijnsel, dat de krachten weinig of niet toenemen bij verhangen grooter dan 1 M., is waarschijnlijk hier aan toe te schrijven, dat bij grooter verval de snelheid van de benedenste waterlagen meer toeneemt dan die der bovenste, waardoor de resultante van den waterdruk lager valt.

Het groote verschil tusschen de krachten voor klep type I en klep type II is te verklaren, doordat bij het openen van het kleine klepje in klep type II de totale waterdruk vermindert en tevens het aangrijpingspunt van de resultante van den waterdruk zich naar beneden verplaatst. Door beide oorzaken wordt het moment van de resultante van den waterdruk t.o.v. het snijpunt der aslijnen der schoren geringer.

Figuur 2 van bijlage III geeft het verloop van de bewegende kracht tijdens het optrekken van een klep. Bijlage IV vertoont graphisch het verband tusschen de kracht benoodigd voor het openen der kleppen en het verval.

Terwijl het theoretisch bepalen van de resultante van den waterdruk op de klep tijdens het optrekken hoogst bezwaarlijk is, daar zoowel de $\angle$ tusschen stroomrichting en klep als de stroomsnelheid niet constant zijn voor het geheele oppervlak van de klep, is het berekenen van den druk van het stilstaande water op de gesloten klep eenvoudig en kan met behulp van dezen berekenden waterdruk verder becijferd worden de kracht benoodigd voor het openduwen. De met den krachtmeter waargenomen krachten kwamen met de berekende goed overeen. De krachten benoodigd voor het openduwen

van een klep, terwijl de terweerszijden gelegen kleppen gesloten zijn, verschillen *niet* van die, waarbij één naastgelegen klep gesloten, de de andere geopend is.

Uit de teekening van bijlage IV volgt, dat de krachten benoodigd voor het openen bij kleine vervallen negatief worden, d.w.z. dat de klep uit zich zelve open valt.

Hoe lager het snijpunt der aslijnen der schoren, des te eerder valt de klep uit zich zelve open.

VI. Onderlinge vergelijking der 4 typen.

Bij Bebout-kleppen (proefklep type III) is het bezwaarlijk hoogen smallen kleppen voldoende stijfheid te geven tegen de werking van krachten loodrecht op de richting van het stroomende water.

Bij de proefkleppen volgens het nieuwe systeem (type I, II en IV) was de stijfheid in dwarsrichting, zooals te verwachten, grooter dan bij Bebout-kleppen. Het bovengenoemde bezwaar wordt daarmede grootendeels ondervangen.

De Bebout-kleppen vereischen bij de opstelling eenige onderlinge speelruimte, die toeneemt met de hoogte der kleppen en voorts afhankelijk is van de nauwkeurigheid van afwerking en opstelling der draaiende deelen.

Deze speelruimte is noodig, omdat anders bij het neervallen der kleppen een klep licht op de andere valt.

Bij het nieuwe systeem beweegt de onderkant van de klep zich volgens een baan, die steeds beneden de naast gelegen geopende klep blijft (zie bijlage I, type I en II).

Elke klep heeft dus in iederen stand geleiding en kan bij het neervallen niet op de andere terecht komen.

De speelruimte tusschen de kleppen en daardoor het waterverlies kunnen dus klein gehouden worden. Bij de proefkleppen (type I, II en IV), waar de onderlinge afstand 1 cM. bedroeg, werd deze door het opspijkeren van op maat geschaafde latten tot 1 à 2 mM. teruggebracht. Het gevaar, dat de kleppen bij deze kleine speling op eenig punt klem zouden loopen, werd voorkomen, doordat de assen in de gaten der draaipunten zooveel speling hadden, dat de kleppen $\pm$ $1^1/_2$ cM. in dwarsrichting heen en weer bewogen konden worden.

Door het storten van turfmolm, dorre bladeren en verdere afval bleek het mogelijk de afsluiting der kleppen practisch waterdicht te maken.

De voor de beweging benoodigde krachten zouden, indien de vloer volkomen gelijk was geweest, voor de kleppen type III waarschijnlijk niet grooter geweest zijn dan voor de kleppen type I en IV.

De constructie van het nieuwe systeem kleppen (type I, II en IV) levert eene moeilijkheid op.

Tijdens het optrekken moeten de krachten in de 2 schoren evenwicht maken met de bewegende kracht en den waterdruk; uit de teekening: „schema der krachten voor de kleppen model B tijdens het optrekken" is te zien, dat zoolang de ∠ tusschen de schoren klein is, de krachten in de schoren zeer groot zijn en oneindig groot worden, wanneer de ∠ tot 0° nadert. Het is daarom noodzakelijk te zorgen, dat in geheel geopenden stand de kleine schoor nog niet evenwijdig aan den grooten valt. Uit de bij de proefkleppen opgemeten krachten volgt echter, dat men op deze wijze voor groote kleppen tot onpractische zware schoren en draaipunten komt.

De Bebout-kleppen hebben dit bezwaar niet.

Door de gaten, waarin de assen der kleine schoren draaien, eenigszins elliptisch te maken, is het mogelijk het nieuwe systeem bij het begin van het optrekken te laten werken als Bebout-klep, waarbij de onderkant van de klep glijdt over een klos op den vloer en de kleine schoor zonder spanning is.

Bij de klep type I werd deze wijziging aangebracht; de gaten van de kleine schoor werden daartoe ieder $^1/_2$ cM. elliptisch uitgevijld. Hierdoor steunt de klep op de glij-klos van af den geheelen geopenden stand totdat een hellingshoek van ± 30° is bereikt.

Met deze wijziging verdient het nieuwe systeem de voorkeur boven de Bebout-klep.

Van de kleppen volgens het nieuwe systeem schuilt het verschil tusschen type I en IV alleen in de ligging van het snijpunt der aslijnen der schoren. Zooals reeds opgemerkt onder „Krachten benoodigd voor het openen en sluiten" en uitvoeriger behandeld in het rapport „Bebout-kleppen", hangt van de hoogteligging van dit punt af, bij welken beneden-waterstand de klep uit zich zelf open valt.

Worden de kleppen van af een bokschuit bediend, dan eischt de veiligheid, dat de kleppen niet te spoedig uit zich zelf openen, d. w. z. dat bovengenoemd punt niet te laag gekozen wordt. De krachten voor het openen nemen echter daardoor toe.

Het kleine klepje bovenin klep type II, groot ± 15 % van de totale oppervlakte van de klep, vermindert de maximum kracht voor het optrekken bij verval grooter dan 1 M. met ± 40 %. Bij kleiner verval is de invloed geringer.

De constructie wordt er minder eenvoudig door. Voor de eventueel te bouwen kleppen in de scheepvaartopeningen van de stuwen te Roermond, Belfeld en Boxmeer, die slechts zelden bij een verval van

meer dan 0.3 × de hoogte der klep bewogen moeten worden, is deze complicatie niet aan te bevelen.

Voor deze gevallen zullen kleppen ongeveer volgens type I de meest gewenschte oplossing geven.

VII. Waterbeweging bij de stuw.

Het is te voorzien, dat bij het openen der kleppen beneden de stuw een sterke stroom langs den bodem zal ontstaan. Om een indruk van deze waterbeweging te krijgen werden bij verschillend verval de waterlijnen opgemeten en de stroomsnelheden bepaald, op 2 M. en 7 M. achter en op 0.25 M. voor den aanslagdrempel. Het bleek, wanneer alleen de middelste van de 3 kleppen geopend was:

I. dat de stroomsnelheid op 0,25 M. vóór den aanslagdrempel over het geheele profiel van het kanaaltje ongeveer even groot was.

II. dat de stroomsnelheid op 7 M. achter den aanslagdrempel over het geheele profiel niet dezelfde was; de onderlinge verschillen waren zeer groot.

III. dat bij een verval 0.57 M. achter de kleppen een krachtige waterwervel optrad.

IV. dat bij een verval van 0.80 M. deze waterwervel verdween en dat dan het water in een eenigzins golvende beweging kwam.

Bij de bediening der kleppen in de scheepvaartopening zullen als regel de open kleppen zooveel mogelijk over de breedte verdeeld worden.

Uit het onder sub. I genoemde is af te leiden, dat daarbij op eenigen afstand boven de stuw geen groote watersnelheden zijn te verwachten, zoodat het manoeuvreeren met de bokschuit langs die geopende kleppen geen bezwaar zal opleveren.

Hoe de waterbeweging beneden de stuw zal zijn, is uit deze proeven niet vast te stellen; het kanaal is te kort om na te gaan op welken afstand de stroomsnelheid over het geheele profiel ongeveer gelijkmatig zal worden; ook is de invloed van den schotbalkwand op de waterbeweging niet te verwaarloozen.

Het optreden van een krachtigen waterwervel bij niet te groot verval maakt het echter waarschijnlijk, dat de energie van het snelstroomende water op betrekkelijk korten afstand vernietigd zal worden.

VIII. Krachten benoodigd voor de bediening van kleppen, die gelijkvormig doch grooter zijn dan

Uit de proeven is bekend de kracht bij ieder verhang benoodigd voor het optrekken der proefkleppen.

Vastgesteld moet nu worden hoe groot de krachten zullen zijn bij gelijkvormige kleppen, die n × zoo groot zijn.

de proefkleppen.

a. Het optrekken. De krachten zijn afhankelijk van de stroomsnelheid en den hoek tusschen stroomrichting en het vlak van de klep.

Om dus de krachten bij de n $\times$ zoo groote kleppen te kunnen vergelijken met die der proefkleppen, moet er voor gezorgd worden, dat in ieder punt van de groote klep het stroomende water eenzelfde hoek maakt met het klepoppervlak als in het overeenkomstige punt van de proefklep.

Dit zal geschieden, indien bij de n $\times$ zoo groote klep ook een n $\times$ zoo groot verval en n $\times$ zoo groote waterhoogten boven- en benedenstrooms van de klep optreden. (Zie Rehbock: Betrachtungen über Abflusz. stau und Walzenbildung bei fliessenden Gewassern, blz. 4 en blz. 39.)

De krachten mogen dan evenredig gesteld worden aan het oppervlak van de klep en aan het kwadraat der stroomsnelheid of daar

$$\frac{\text{oppervlak groote klep}}{\text{oppervlak proefklep}} = n^2$$

en $\dfrac{(\text{stroomsnelheid})^2 \text{ bij de groote klep}}{(\text{stroomsnelheid})^2 \text{ bij de proefklep}} = \dfrac{\text{verval groote klep}}{\text{verval proefklep}} = n.$

zijn de krachten evenredig met n^3.

Zijn de groote kleppen niet gelijkvormig aan de proefkleppen, dan gaat deze afleiding niet meer op.

Zoolang echter de verhouding van de lengte der schoren tot de kleplengte dezelfde blijft en de afwijking van de gelijkvormigheid alleen in de breedte schuilt, kan bij benadering aangehouden worden, dat de krachten zich verhouden als oppervlak klep $\times$ verval.

Is de verhouding der hoogte v/d kleppen $= n$ èn de verhouding van de breedte $= b$, dan verhouden de krachten zich als $n^2 \times b$.

b. Het openen. De krachten benoodigd voor het openen der proefkleppen bleken goed overeen te stemmen met de theoretisch berekende krachten.

Het ligt dus voor de hand deze krachten voor ieder geval theoretisch te becijferen en niet af te leiden uit de gemeten krachten bij de proefkleppen.

(Voor de gebruikte formule's zie Rapport Bebout-kleppen staat II, formule II); uit deze formule blijkt, dat ook de krachten voor het openen bij gelijkvormige kleppen zich verhouden als oppervlak $\times$ verval $= n^2 \times b$.

KRACHTEN BENOODIGD VOOR DE BEDIENING DER KLEPPEN.

Boven waterstand.	Beneden water-stand.	Roermond.			Belfeld.			Boxmeer.		
		Verval in M.	Openen in K.G.	Sluiten in K.G.	Verval in M.	Openen in K.G.	Sluiten in K.G.	Verval in M.	Openen in K.G.	Sluiten in K.G.
Stuwpeil	2.00 — M.	4.55	4900	6700	5.40	6550	8700	5.20	6175	8200
Stuwpeil	0.00 „	2.55	1960	5600	3.40	3300	8000	3.20	2980	7400
Stuwpeil	0.50 + „	2.05	1200	4125	2.90	2560	7320	2.70	2200	6450
Stuwpeil	1.00 + „	1.55	700	3360	2.40	1760	5550	2.20	1440	5050
Stuwpeil	1.50 + „	1.05	280	2240	1.90	1098	4680	1.70	860	4050
Stuwpeil	2.00 + „	0.55	0	1400	1.40	585	3400	1.20	415	2800

Benedenwaterstanden lager dan 0.50 + MR. kunnen alleen voorkomen, wanneer de beneden gelegen stuw geopend is.

Als regel zullen de kleppen alleen bediend moeten worden bij benedenwaterstanden hooger dan 1.00 + MR.

IX. Ontworpen kleppen voor de stuwen te Roermond, Belfeld en Boxmeer. Aan de hand van de met de proefkleppen verzamelde gegevens is voor de scheepvaartopening van de stuw te Roermond een klep ontworpen, waarvan de onderdeelen berekend zijn en waarvoor een materiaal-staat is opgemaakt; vervolgens is globaal nagegaan hoe verschillende onderdeelen van deze klep gewijzigd moeten worden voor de kleppen van Belfeld en Boxmeer, op deze wijze zijn ook voor de kleppen van Belfeld en Boxmeer materiaalstaten opgemaakt.

Bijlage V geeft de voor Roermond ontworpen kleppen. De voor de beweging benoodigde krachten zijn hiernevens vermeld.

Gerekend tegen eenheidsprijzen van vóór den oorlog worden de kosten per M. voor de kleppen met draaipunten, schoren, drempel en verankering, doch zonder den betonvloer: Roermond f 737, Belfeld f 1030, Boxmeer f 945.

X. Conclusie. De genomen proeven bevestigen de verwachting, dat met behulp van het nieuwe systeem kleppen eene eenvoudige, betrouwbare afsluiting voor de scheepvaartopening van de stuw te Roermond te verkrijgen is.

Zoowel het geheel openen als sluiten kan in enkele uren geschieden, verzanding zal de beweging niet ernstig belemmeren. Het lekverlies kan door eenvoudige middelen beperkt worden.

Mochten door onvoorziene omstandigheden de kleppen bij snellen was niet tijdig zijn neergelegd, dan zullen zij tenslotte bij stijgend water uit zich zelf omkantelen.

Daar iedere klep onafhankelijk is van de anderen, zal bij mogelijke ongevallen aan één of zelfs aan eenige kleppen de bediening der overige kleppen ongestoord kunnen worden voortgezet en het stuwpeil gehandhaafd kunnen worden.

De maximum krachten voor de bediening zijn echter groot; geschiedt deze vanaf een bokschuit, dan moet dus ook de bokschuit zwaar en groot zijn. (Voor Roermond een machine van 40 P.K.). Het dagelijks onder stoom houden en bemannen van de bokschuit zou belangrijke kosten met zich mee brengen.

Wordt echter aan de afvoeropening van de stuw eene zoodanige capaciteit gegeven, dat de kleppen van de scheepvaartopening slechts eenige malen per jaar bediend behoeven te worden, dan is hiermee het bovengenoemd bezwaar ondervangen. De waterbeweging beneden de stuw bij het openen der kleppen eischt nog nadere bestudeering.

Ook voor de stuwen te Belfeld en Boxmeer is de afsluiting met deze kleppen wel mogelijk.

Toch nemen de moeilijkheden van de bediening en het gebrek aan zijdelingsche stijfheid voor deze hooge kleppen, die als regel bij groot verval bediend moeten worden, sterk toe.

Dat nog nooit kleppen van dergelijke afmetingen werden uitgevoerd, maant tot voorzichtigheid. (De grootste kleppen op de Ohio zijn 5.40 M. lang, die voor Belfeld 7.15 M., voor Boxmeer 6.93 M.)

Ook de waterbeweging op het stortebed achter de stuw wordt bij Belfeld en Boxmeer, waar het verval veel grooter en de waterdiepte beneden de stuw ongeveer dezelfde is als te Roermond, ongunstiger.

Bij stuwen met zoo groot verval is eene afsluiting door kleppen minder gewenscht.

Roermond, Juli 1918.

De Ingenieur,

C. HEYNING.

INHOUD.

Blz.

I. Constructie der proefkleppen 71

II. Onderling verschil der proefkleppen type I, II en IV, systeem B 72

III. Doel der proeven 72

IV. Inrichting der proeven 73

V. Gevonden resultaten 74

a. Het openen en sluiten 74

b. Bepaling van den waterdruk 74

c. Krachten benoodigd voor het openen en sluiten 75

VI. Onderlinge vergelijking der 4 typen 76

VII. Waterbeweging bij de stuw 78

VIII. Krachten benoodigd voor de bediening van kleppen, die gelijkvormig doch grooter zijn dan de proefkleppen. 78

a. Het optrekken. 79

b. Het openen 79

IX. Ontworpen kleppen voor de stuwen te Roermond, Belfeld en Boxmeer 81

X. Conclusie 81

Rijkswaterstaat
Directie Algemene Dienst
BOEKERIJ