# EEN NIEUW POMPSYSTEEM IN NED.-INDIË VOOR IRRIGATIE EN ONTWATERING

W. J. VAN BLOMMESTEIN

SIONAL RI

ud ajaan.Ind.

Bat.Gen.

-117.

177 hal - Bp -

# EEN NIEUW POMPSYSTEEM IN NED.-INDIË VOOR IRRIGATIE EN ONTWATERING

BIB id: 0010-65137160
Ufm id: 21246929g

N. V. DRUKKERIJ J. D. DE BOER — TEGAL

V - 117

# EEN NIEUW POMPSYSTEEM IN NED.-INDIË VOOR IRRIGATIE EN ONTWATERING.

PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van den graad van
DOCTOR IN DE TECHNISCHE WETENSCHAP
op gezag van den Voorzitter der Faculteit van Technische Wetenschap te Bandoeng, Dr. H. R. Woltjer, Hoogleeraar in de Afdeeling der Weg- en Waterbouwkunde, in het openbaar te verdedigen in de aula der Technische Hoogeschool op Dinsdag, 30 Mei 1939, des voormiddags te 11 uur

door

WILLEM JOHAN VAN BLOMMESTEIN
civiel ingenieur, geboren te
Soerakarta (Java).



KON. BAT. GENOOTSCHAP VAN K. en W.

*Aan mijn vrouw.*

*Aan Prof. Ir. H. C. P. DE VOS.*

# VOORWOORD.

Bij het verschijnen van dit proefschrift is het mij een behoefte in de eerste plaats mijn oprechten dank te betuigen aan de hoogleeraren dezer hoogeschool en verder aan allen, die direct en indirect, zoowel in theoretischen als practischen zin, de tot standkoming van dit geschrift hebben bevorderd.

Hooggeleerde De Vos, Uw onderwijs in het bijzonder was voor mij van zeer groote waarde. Voor de heldere en boeiende wijze waarop U mij een inzicht hebt weten te geven in de irrigatietechniek, ben ik U zeer erkentelijk. Uw bezielende colleges hebben in belangrijke mate er toe bij gedragen om bij mij groote belangstelling te wekken voor de schoone roeping van den irrigatiedienst, welke in dit bij uitstek agrarische land een zoo bijzondere plaats inneemt.

Hooggeleerde Vreedenburgh en Proper, hooggeachte Promotoren, ook U ben ik groote erkentelijkheid verschuldigd voor den steun en de voorlichting bij de samenstelling van dit proefschrift ondervonden.

Sehr verehrter Herr Professor Thoma, es ist mir eine angenehme Pflicht Ihnen meinen herzlichen Dank zu sagen für Ihr liebenswürdiges Entgegenkommen bei meiner Arbeit.

Het Provinciaal Bestuur van Midden-Java en het Hoofd van den Provincialen Waterstaatsdienst, den heer Adriaanse, betuig ik van deze plaats mijn hartelijken dank voor de verleende toestemming om gebruik te mogen maken van verschillende gegevens betreffende de Serajoewerken en van eenige resultaten, welke in het Provinciaal Waterloopkundig Laboratorium te Semarang werden verkregen.

Collega Wijn, U zal ik steeds in groote dankbaarheid blijven gedenken voor den onafgebroken steun, welke ik tijdens de voorbereiding van mijn proefschrift heb mogen ondervinden en voor den raad en voorlichting welke gij mij steeds hebt gegeven, temidden van Uw zeer drukke werkzaamheden.

Tenslotte wil ik hier een woord van dank uitspreken aan de Directies van de firma's Voith te Heidenheim, Sulzer te Winterthur, Escher Wyss te Zürich en Bell te Lüzern voor de ondervonden gastvrijheid gedurende mijn bezoeken aan hare fabrieken, laboratoria en uitgevoerde werken.

## SUMMARY.

In starting irrigating alluvial sediment areas along large rivers, difficulties often arise; solving these by methods of irrigation and drainage, well-known and usual in the Indies, the costs of the works will be out of all proportion.

Those difficulties, regarding the question of *irrigation* arise mostly from the fact, that the area to be irrigated, is so restricted — due to topographical or administrative bounderies and (or) agricultural or economical considerations — that only a small portion of the available water supply in the large river can be used. In these cases the building of a (movable) weir is generally on account of the high costs not to be justified economically, so that the use of methods of irrigation independent of the riverbed should be given the preference. The system of gravitation, with free inlet and fore-canal, often has the drawback that only a strip of land of limited size, situated between the lowest river-waterlevel and the highest drainage level, can be considered for irrigation purposes, whilst moreover it is hard to remove the deposit material entering the main canal.

The pump-systems with caloric or electric force generally involve such high working-expenses, when large water supplies are required for rice, that application of these systems is rare, for economical reasons.

The difficulties of *drainage* will be extensive, when the swamp-grounds bordering on the sediment areas along the rivers (lebak-grounds) should be put under cultivation. The autochthonal population of different regions of the Outer-Possessions succeeds in getting those grounds to yield satisfactory rice produce, provided they have favourable conditions of watersupply and drainage. This is generally not the case, as the management of the water in these parts is not in one's power. Owing to the fact of the country lying so low, discharging sluices are of no purpose, so that artificial drainage is required. The high rainfall in tropical regions as well as the necessity of removing colmatage water, which is let in for regeneration of the arable land, generally make caloric or electric drainage too expensive.

In consequence of the overflow and deposit process of the alluvial river after entering the lowland, it is feasible in different cases to generate *low-pressure water power*. This is accomplished by connecting the feed-river, streaming on the ridge of its sediment-cone, with the swampgrounds, lying on a lower level, by means of a main canal

perpendicular to the stream direction of the river. The energy thus obtained (*without* a weir in the river) may be used on the one side for pumping up the irrigation water, on the other side for draining the swamps to be put under cultivation. It may be done separately or combined.

In this way, it is possible to find a solution of the difficulties, mentioned above, when improving the condition of alluvial sediment areas.

For the most important technical problems arising, when putting into practice this *hydraulic pump-system,* a solution is suggested and worked out in principle.

Thus the *trouble from silt* passing the free inlet sluice may be dealt with satisfactorily by means of part of the energy, generated in the pumping station, by using a large sediment-basin, behind the inlet sluice, from wich the sediment material is pressed back to the feed-river by means of an electric driven hydraulic dredge.

This dredge may also be used when digging the main canal to perform at low costs the displacing of large quantities of earth, mostly by hydro-electric power. At the same time one has the advantage, important for thinly populated regions, of being less dependent on the labour-problem.

If, in the combined system the *colmatage canal* of the swampregion lies along this deposit-basin, the quantity of the silt in this canal may be increased considerably, by replacing the delivery pipe of the hydraulic dredge.

The great variations in discharge, head and discharging height make very high demands upon the *aggregates,* especially as regards the course of the *efficiency curve.* By making use of the *Kaplan*principle in building these aggregates for the turbine as well as for the pump, these demands can be met satisfactorily.

Further some new *types of aggregates* are developed by which mechanical energy can be generated for moving (preferable by means of direct coupling), irrigation pumps, drainage pumps and generators in every combination desired.

Finally some possibilities are mentioned by which turbinepumps may be utilised for improving the water supply as well as for drainage, in combination with *weirs,* existing or to be build, in rivers and (or) canals.

The economy of the recommended system is proved by means of comparative calculations of cost.



KON. BAT. GENOOTSCHAP VAN K. EN W.

## HOOFDSTUK I.

### Moeilijkheden, welke kunnen optreden bij de bevloeiing uit groote Indische rivieren.

§ 1. *Inleidende beschouwingen.*

Van grooten invloed op de ontwikkeling van de Nederlandsch-Indische irrigatie-techniek was en is nog steeds de steeds toenemende bevolkingsdichtheid van Java. De door de overheid tegen het einde van de vorige eeuw aangelegde irrigatiewerken hadden in de eerste plaats ten doel den bevloeiingstoestand van de dichtbevolkte gebieden te verbeteren. Tot deze gebieden behoorden voornamelijk die terreinen, waar van oudsher Inlandsche irrigatie mogelijk was geweest, doordat door middel van inlaatsluizen, al of niet gecombineerd met eenvoudige Inlandsche dammen, water uit de plaatselijke rivieren kon worden afgetapt. De aanleg van deze eenvoudige weinig ingewikkelde werken is echter vrijwel dan alleen mogelijk, indien het rivierverhang en het terreinverhang groot zijn en de rivier tusschen betrekkelijk hooge oevers loopt, welke omstandigheden voorkomen in den *boven-* en *middenloop van de rivier.* De verbetering en het permanent maken van deze Inlandsche bevloeiingswerken en het aanleggen van gelijksoortige nieuwe werken drukten hun stempel op deze *eerste ontwikkelingsphase* van de Indische irrigatietechniek.

In het algemeen was de bevolkingsdichtheid klein in de uitgestrekte kustvlakten, die door *groote benedenrivieren* werden doorsneden, zooals die voorkomen in de residenties Bantam, Batavia en Cheribon. Inlandsche irrigatie kwam hier slechts sporadisch voor en zeer gebrekkig, voornamelijk in den vorm van bandjirbevloeiing. De oorzaak daarvan lag in de moeilijkheid het water uit de rivier op de velden te brengen. Het geringe verhang maakte n.l. een hooge opstuwing noodzakelijk, wat niet met behulp van voorkanalen of Inlandsche dammen bereikt kon worden. Hoewel de grond over het algemeen zeer vruchtbaar is, kon daardoor de landbouw niet tot ontwikkeling komen, zoodat die vlakten dun bevolkt bleven. Toen in het begin van de 20ste eeuw wegens de toenemende bevolking de noodzakelijkheid werd ingezien ook in deze

gebieden de voedselproductie op te voeren en dus irrigatiewerken aan te leggen, werd hiermede een *tweede phase* in de *ontwikkeling* van de bevloeiingstechniek ingeluid, omdat voor de hoofdwerken een voor Indië betrekkelijk nieuwe bouwvorm moest worden ingevoerd, n.l. de *beweegbare stuw*. De lage oevers van de benedenrivieren laten geen bandjiropstuwing van beteekenis toe, zoodat het rivierprofiel bij hoogwater moet worden vrijgegeven.

Nu zijn in Indië bij den bouw van opzetinrichtingen in rivieren, voornamelijk van beweegbare stuwen, vele moeilijkheden te overwinnen. Zoo moet o.a. rekening gehouden worden met het buitengewoon hooge slibgehalte van Indische rivieren. De slibafzetting in het stuwbekken kan zelfs bij beweegbare stuwen groote afmetingen aannemen en de oorzaak zijn van een sterk verhoogde bandjirlijn. Zelfs voor de minder slibrijke Europeesche rivieren waarschuwt Prof. Schoklitsch, (114)* voor de profielveranderingen van het bovenbed:

„Diese Änderungen können sehr weitgehend sein, es können Spie-
„gelhebungen von mehreren Metern vorkommen und es ist daher not-
„wendig, bei der Bearbeitung eines Entwurfes für ein Stauwerk auf
„jene Spiegellagen Bedacht zu nehmen, die sich im verlandeten Stauraume
„einstellen werden."

Het treffen van maatregelen tegen dezen verhoogden bandjirstand levert in vlak terrein meermalen moeilijkheden op.

Niet minder belangrijk is voorts de kwestie van de energie-uitputting achter het kunstwerk en het daarmede nauw verband houdende fundeeringsvraagstuk. In de alluviale laagvlakten worden vanwege den slappen bouwgrond dikwijls kostbare voorzieningen vereischt, welke in hooge mate de aanlegkosten in ongunstigen zin kunnen beïnvloeden (Tjitaroemstuw).

Tenslotte zij nog gewezen op de veelvuldig en snel opkomende zeer hooge bandjirs, eventueel met veel drijvend materiaal, die de toepassing noodzakelijk maken van wijde openingen, welke snel moeten kunnen worden vrijgemaakt. De stuwlichamen zijn daardoor groot en zwaar van constructie, terwijl de windwerken vanwege den korten heftijd een groot vermogen moeten hebben.

Het is zonder meer duidelijk, dat door deze omstandigheden vooral *de beweegbare stuw een buitengewoon kostbaar bouwobject is, dat slechts in die gevallen economisch kan worden toegepast, waar zoowel de grootte van*

*) Zie lijst van geraadpleegde literatuur.

*het bevloeiingsoppervlak als het te verwachten intensief gebruik van den bouwgrond, zóó groot c.q. intensief zijn, dat het volledig aftappen van al het opgestuwde water een noodzakelijkheid is.* Deze stuwvorm zal dus in het algemeen het meest op zijn plaats zijn, wanneer al het af te tappen, nuttig beschikbare rivierwater, *vrijwel volledig kan worden benut* ter voorziening in de *behoefte* aan *bevloeiingswater.*

Het zal echter meermalen kunnen voorkomen, dat aan deze voorwaarde niet kan worden voldaan. Niet altijd bevindt zich in de omgeving van een groote waterrijke rivier een voor bevloeiing geschikt terreincomplex van zoodanige uitgestrektheid, dat de aanleg van een kostbare beweegbare stuw economisch verantwoord zal zijn. Op Java bijv. ligt ter weerszijden van de waterrijke K. Serajoe met een stroomgebied van ruim 3.000 km², een 270 daagsch debiet van minimum 80 m³/sec. en een waargenomen minimum debiet van 30 m³/sec., slechts een door bergen en den Indischen Oceaan begrensd gebied van netto 19.200 ha (27.000 bouws) met een maximale waterbehoefte van rond 20 m³/sec.

Behalve *topografische grenzen* kunnen ook andere factoren een beperking opleggen bij de bepaling van de grootte van het bevloeiingsgebied, zooals b.v. *staatkundige,* dan wel *administratieve grenzen* tusschen twee autonome gebiedsdeelen, terwijl ook *economische overwegingen* hierbij een rol spelen. In dun bevolkte streken b.v. zal men zelden ertoe overgaan groote gebieden direct in hun geheel in een goeden irrigatietoestand te brengen. Moet in zulke gevallen de moeilijkheid worden opgelost, om een groote rivier voor waterwinning in gebruik te nemen, dan zal men ertoe moeten overgaan het water op andere wijze dan de gebruikelijke zwaartekrachtmethoden aan de rivier te onttrekken. M.a.w. er zullen meerdere gevallen zijn, dat men zijn toevlucht zal moeten nemen tot den aanleg van die soort van hoofdwerken, die slechts een zeer kleine wijziging in het régime van de rivier tengevolge hebben. De *pompbevloeiing* voldoet aan deze voorwaarde, zoodat indien deze bevloeiingsmethode in Indië voor de irrigatie op eenigszins belangrijke schaal tot uitvoering mocht kunnen komen, tot welke veronderstelling gereede aanleiding bestaat, zooals hieronder nader zal blijken, dan zou hiermede een *derde* phase in de ontwikkeling van de Indische irrigatietechniek zijn ingeluid.

§ 2. *Bevloeiing van kolonisatieterreinen.*

De aanleiding tót deze ontwikkeling zal moeten worden gezocht in de steeds toenemende bevolkingsdichtheid van Java en de noodzaak van

opvoering der voedselproductie. Immigratie naar onontgonnen terrein is op Java nog slechts in zeer beperkte mate mogelijk. Voor rendabele verbeteringen van de irrigatie-toestanden zijn de omstandigheden lang niet altijd gunstig, zoodat de mogelijkheden van beduidende productievermeerdering op Java door uitbreiding op groote schaal van sawaharealen geringer worden. Slechts emigratie naar de Buitengewesten met gelijktijdige openlegging van nieuwe bouwterreinen zal beduidend kunnen bijdragen de bevolkingsaanwas op te vangen.

Daar voor den Javaanschen kolonist het uitoefenen van den natten rijstbouw op eigen sawah de groote aantrekkingskracht zoo niet noodzakelijkheid van het emigreeren zal zijn, is als eisch te stellen, dat van Regeeringswege de kolonisatieterreinen bevloeibaar worden gemaakt. Deze terreinen zullen volgens de nieuwe inzichten (4) een *betrekkelijk groote oppervlakte* moeten bezitten, teneinde de kolonisatie met zoo weinig mogelijk kosten tot volle ontplooiing te kunnen brengen. De nieuwe methode berust op het vormen, met financieelen steun van het Gouvernement, van een min of meer welvarende kern. Nieuwe kolonisten kunnen dan bij deze reeds gevestigde kolonistenkern in den eersten tijd zonder steun van de Overheid worden ondergebracht en de hun toegewezen bouwvelden in cultuur brengen. Zijn in de *naaste omgeving voldoende bevloeibare gronden* beschikbaar, dan zal de verdere ontwikkeling der kolonie vanzelf plaats vinden. Wil dit systeem slagen, dan is het dus zaak groote aaneengesloten bevloeiingsgebieden te vormen. Aan den anderen kant echter mogen uit een economisch oogpunt aan deze grootte geen overdreven eischen worden gesteld, omdat anders een groot aanlegkapitaal te langen tijd renteloos zou blijven.

Het bevloeibaar maken van een oppervlakte van dezen omvang in geaccidenteerd terrein zou zeer kostbaar zijn (vergelijk de Bandjar — Tjahjanabevloeiing in het bovengebied van de K. Serajoe ter grootte van ± 8.000 bouws, waarvan de aanleg op ± *f* 300,— per bouw kwam te staan). Mits de hoofdaanvoerwerken, de afwateringswerken en de waterkeeringswerken geen buitensporig hooge kosten met zich brengen, zal nu in het algemeen de bevloeiing van een gebied in de *laagvlakte* het minst kostbaar zijn per eenheid van oppervlakte. Bovendien is de laagvlakte minder geëigend om als uitbreidingsgebied van de rijstverbouwende autochthone bevolking te dienen. Deze toch zal in analogie met Java zich voorloopig wel meer concentreeren op het berg- en heuvelland, alwaar de gelegenheid tot aanleg van bevolkingsirrigatiewerken vanwege het groote terreinverhang, gunstiger en ruimer is. Door de keuze van

een kolonisatieterrein in de laagvlakte zullen de belangen van de inheemsche bevolking als regel dan ook het minst worden geschaad.

Een andere uit een verkeers-technisch oogpunt niet minder belangrijke factor is de ligging aan een bevaarbare rivier, omdat voor den bloei van een kolonie als primaire eisch mag worden gesteld de aanwezigheid van één of meer verkeerswegen, waarlangs de aan- en afvoer van producten kan plaats vinden. In verband met het schaarsche wegennet in de Buitengewesten, zal men voor dit vervoer in de meeste gevallen hoofdzakelijk aangewezen zijn op de waterwegen, dus op de groote benedenrivieren, die door de laagvlakte stroomen. Op grond van bovengenoemde overwegingen kan worden verwacht, dat vooral als kolonisatiegebieden in aanmerking zullen komen *laagvlakten, grenzende aan* een *groote* bevaarbare *benedenrivier*.

Van deze laagvlakten kan reeds dadelijk buiten beschouwing worden gelaten de moerassige kuststrook. Verder zijn de laaggelegen terreincomplexen, die tusschen de meanders van de laagvlakterivieren liggen (de z.g. danaugebieden), die in Borneo de laatste jaren worden „ingepolderd" (echter zonder bemalingswerktuigen), als regel te beperkt van omvang om als kolonisatieterrein volgens het nieuwe systeem dienst te doen. Bovendien moet de van Java belangrijk afwijkende waterhuishouding en rijstcultuur in dergelijke „polders" als een bezwaar speciaal voor Javaansche kolonisten worden aangemerkt. Dit laatste bezwaar geldt in gelijke mate voor de door Van Tubergen beschreven z.g. „sawahlebak", in cultuur gebrachte moerassawah, gelegen in de terreinzakken tusschen de neerslagkegels van twee alluviale rivieren in het Palembangsche. Aan *normaal bevloeide terreinen* moet n.h.v. bij kolonisatie dan ook de voorkeur gegeven worden.

Wordt bij de keuze tevens gelet op een *goeden afwateringstoestand,* dan zal het meest geëigende terrein als regel moeten liggen in de omgeving van een bevaarbare rivier tusschen de heuvels en de moerassen in. Geschikt terrein zal bijvoorbeeld kunnen worden aangetroffen in dat deel van de alluviale laagvlakte, waar de groote benedenrivieren *hooge oeverwallen* hebben opgeworpen. Op den morphologischen bouw van dit z.g. *pematanggebied* zal in het volgende hoofdstuk nader worden teruggekomen.

Is men bij de keuze van de voedingrivier eveneens aangewezen op de aangrenzende bevaarbare rivier, dan rijst direct de vraag:

Op welke wijze kan het water uit deze groote benedenrivier op de hooge oeverwallen worden gebracht, *zonder* te vervallen in te *hooge aan-*

*legkosten van de hoofdwerken?* Juist het voldoen aan deze laatste voorwaarde levert echter groote moeilijkheden op, want het geschetste geval komt in hoofdlijnen overeen met die bovenbeschreven bevloeiingstypen, waarbij niet aan de voorwaarde kan worden voldaan, dat het nuttig beschikbare rivierwater ten volle kan worden benut voor de bevloeiing. Immers de waterrijkdom van bevaarbare rivieren is in het algemeen veel grooter dan noodig voor de bevloeiing van een complex van bijv. 20.000 ha. De bouw van een beweegbare stuw (de eenige zwaartekrachtmethode, die voor de bevloeiing van de hooge oeverwallen van benedenrivieren in aanmerking komt) zal dan als regel niet economisch verantwoord blijken. Kan geen andere methode worden gevonden, om het water met redelijke kosten op het veld te brengen, dan zal van een bevloeiing van een dergelijk gebied, hoe aanlokkelijk de ligging zoowel uit een verkeers-technisch- als kolonisatie-oogpunt ook is, noodgedwongen moeten worden afgezien.

Aan de hand van bovenstaande uiteenzetting moge de groote waarschijnlijkheid zijn aangetoond van een optreden van dit bevloeiingsvraagstuk bij het uitzoeken van kolonisatieterreinen in de Buitengewesten, bij het ten uitvoer brengen van het voornemen om in onontgonnen gebieden een opeenvolgende reeks van nieuwe nederzettingen te scheppen, welke als basis kunnen dienen voor de verdere ontwikkeling van de streek. Dan toch zal men, vooral in het gebied van de groote rivieren en bij een slecht of ontbrekend wegennet, meermalen uitsluitend op deze rivieren aangewezen zijn, zoowel voor het verkeer als voor de watervoorziening. De oplossing van het bovengeschetste bevloeiingsvraagstuk lijkt dan ook niet van belang ontbloot en in verband met de steeds toenemende bevolkingsdichtheid ook van actueele beteekenis.

### § 3. *De zwaartekrachtbevloeiing.*

Ofschoon de oplossing, zooals boven aangegeven, gezocht moet worden in de richting van de pompbevloeiing, zal volledigheidshalve ook de toepassing van de bekende zwaartekrachtsystemen voor de bevloeiing van een soortgelijk geval hieronder in nadere beschouwing worden genomen. Aan de behandeling van dit probleem zal een concreet voorbeeld uit de praktijk van steller dezes ten grondslag worden gelegd. Het betreft de bevloeiing van het gebied ter weerszijden van den benedenloop der K. Serajoe, dat weliswaar is gelegen in het dichtbevolkte Java, maar dat door topografische begrenzingen te beperkt van omvang is voor een volledige benutting van het beschikbare rivierwater.

Bij toepassing van het meest eenvoudige zwaartekrachtsysteem, n.l. van de *vrije inlaatsluis met voorkanaal,* zal bij wateronttrekking uit de beneden-Serajoe, vanwege het kleine verhang, een gebied bevloeid kunnen worden van niet meer dan rond 2.800 ha (4.000 bouws), waarvan een belangrijk deel door *moerassawahs* wordt ingenomen. Uit dit voorbeeld blijkt al dadelijk de ondoelmatigheid van dit systeem voor de bevloeiing van een betrekkelijk groot kolonisatiegebied, bestaande uit gronden met gunstige afwatering en verkeerende in de gunstige omstandigheid van veel water te kunnen krijgen uit een groote benedenrivier. Daarbij komt als technisch bezwaar nog het gemis aan een ontslibbingsinrichting bij het begin van het hoofdkanaal. Volgens de in § 20 nader uit te werken kostenraming, zouden bij bevloeiing uit de K. Serajoe de jaarlijksche lasten van dit systeem per ha bevloeid oppervlak *f* 5,— bedragen.

Het tweede zwaartekrachtsysteem, dat voor de Serajoe-bevloeiing in onderzoek is genomen, is de oplossing met *vasten stuwdam.* Alhoewel de bouwplaats van de stuw zoo dicht mogelijk bij het gebergte ter weerszijden van den middenloop werd ontworpen, ter verkorting van de lengte van de bandjirdijken, zouden de kosten van de te treffen voorzieningen aan het rivierbed boven de stuw, noodig geworden door de onvermijdelijke opslibbing en daardoor verhoogde bandjirkromme, zeer hoog zijn geweest in verband met de aanwezigheid van enkele verkeerswegen, waaronder twee spoorbanen. Toch was reeds de kruin van de stuw ruim één meter lager ontworpen dan voor de bevloeiing oorspronkelijk was aangenomen, waardoor niet minder dan ± een derde aan bevloeiingsoppervlakte (5.500 ha, uitsluitend bestaande uit hooggelegen gronden) zou worden ingeboet. In verband met deze ernstige bezwaren was men zoowel bij het Provinciaal Bestuur als bij het Departement van Verkeer en Waterstaat de overtuiging toegedaan, dat deze oplossing buiten beschouwing moest worden gelaten. In deze meening werd men gesterkt door de resultaten van een met een model van een vaste stuw genomen Laboratoriumproef te Semarang, waarmede zeer duidelijk de opslibbing van het bovenbed over een strekking van meerdere kilometers werd aangetoond.

Dit voorbeeld is een onmiskenbare aanwijzing van de moeilijkheden, welke verwacht kunnen worden bij den bouw van een vasten stuwdam in een benedenrivier, in het bijzonder voor die gevallen, waarbij het gebergte betrekkelijk ver verwijderd ligt van de aangewezen bouwplaats van de stuw. Om de hooge neerslaggebieden te kunnen

bevloeien moet het water noodzakelijk hoog worden opgestuwd. Bij de Serajoe bijv. zou het vereischte stuwpeil slechts één meter lager moeten liggen dan den plaatselijk hoogst bekenden waterstand. Een stuw van dergelijke hoogte zal onvermijdelijk ingrijpende veranderingen in het rivierrégime veroorzaken, zoowel in den vorm van de bedding, als in den hoogwaterstand. Bedenkt men daarbij, dat een alluviale rivier in het sedimentatiegebied als regel op den rug van haar neerslagkegel loopt, dan is het duidelijk, dat het overstroomingsgevaar in belangrijke mate zal worden verhoogd. In verband hiermede zullen de aanlegkosten dan ook zeker niet meevallen.

Volgens § 20 zouden de jaarlijksche lasten van het Serajoeplan bij deze oplossing per ha bevloeid oppervlak nog *f* 4,41 bedragen.

Het eenige zwaartekrachtsysteem, dat n.h.v. voor bevloeiing uit een benedenrivier in aanmerking komt, is de oplossing met een *beweegbare stuw*. Dan kan practisch zonder bezwaar, mits de noodige voorzieningen aan het bovenbed worden getroffen, het meest doelmatige stuwpeil worden bereikt. Op Java treft men dezen stuwvorm bijvoorbeeld aan in den benedenloop van de volgende groote rivieren: K. Brantas, Tjimanoek, Tjitaroem, Tjisedane en de Tjioedjoeng. Bij deze bevloeiingswerken bleek de te irrigeeren oppervlakte groot genoeg en de benutting van den bouwgrond voldoende intensief om een economisch gebruik van het beschikbare rivierwater te waarborgen. Bij het Serajoeplan daarentegen zou, zooals bekend is, slechts een betrekkelijk klein deel van de beschikbare waterhoeveelheid benut worden. Of in dit geval de bouw van een kostbare beweegbare stuw economisch verantwoord is kan dan ook met recht worden betwijfeld. Volgens een nader uit te werken kostenraming (zie § 20) zouden de jaarlijksche lasten bedragen *f* 81.700,— of *f* 4,25 per ha. In tabel 1 zijn de behandelde zwaartekrachtsystemen aangeduid resp. met I, II en III.

### § 4. *De calorische pompbevloeiing.*

De pompbevloeiingssystemen kunnen in drie hoofdgroepen worden onderverdeeld. Tot de eerste groep zijn te rekenen die systemen, waarbij de benoodigde energie met behulp van *brandstof* wordt opgewekt, tot de tweede groep behooren de systemen met *waterkracht* als energiebron, terwijl bij de derde categorie de bevloeiingspompen door *windkracht* worden aangedreven. Dit laatste systeem kan verder buiten beschouwing blijven, omdat hier te lande de wind niet voldoende constant en krachtig

# KOSTENVERGELIJKING VAN DE HOOFDWERKEN BIJ BEVLOEIING VAN DE VLAKTE VAN ZUID BANJOEMAS UIT DE K. SERAJOE.

| | | ZWAARTEKRACHTBEVLOEIING. | | | POMPBEVLOEIING. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | WATERKRACHT. | | |
| | | | | | | INDIRECT: ELECTR: POMPST: | | DIRECT: |
| | | VRIJE INLAAT MET VOORKANAAL. | VASTE STUWDAM. | BEWEEGBARE STUW. | CALORISCHE ENERGIE OPWEKKING. | EIGEN ENERGIE OPW: | ENERGIE LEVERING DOOR DERDEN. | HYDRAULISCH POMPSTATION |
| | SYSTEEM. | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| | BEV. OPPERVL: BW. | 4000 | 19400 | 27000 | 27000 | 27000 | 27000 | 27000 |
| | BEV. OPPERVL: h.a | 2.800 | 13.700 | 19.200 | 19.200 | 19.200 | 19.200 | 19.200 |
| AANLEGKOSTEN. | GULDEN. | KOMT VOOR BENEDENRIVIEREN NIET IN AANMERKING. | OPSTUWHOOGTE IN BENEDENRIVIER VANWEGE OPSLIBBINGS-EN BANDJIRGEVAAR BEPERKT. | | | | | |
| | 1100.000 | | | | | | | |
| | 1000.000 | | | | | | | |
| | 900.000 | | | | | | | |
| | 800.000 | | | | | | | |
| | 700.000 | | | | | | | |
| | 600.000 | | | | | | | |
| | 500.000 | | | | | | | |
| | 400.000 | | | | | | | |
| | 300.000 | | | | | | | |
| | 200.000 | | | | | | | |
| | 100.000 | | | | | | | |
| | 0.0 | | | | | | | |
| | TOTALEN. | f.220.000 | f.980.000 | f.1215.000 | f.470.000 | f.970.000 | f.470.000 | f.790.000 |
| JAARLIJKSCHE LASTEN. | 100.000 | | | | | | | |
| | 90.000 | | | | | | | |
| | 80.000 | | | | | | | |
| | 70.000 | | | | | | | |
| | 60.000 | | | | | | | |
| | 50.000 | | | | | | | |
| | 40.000 | | | | | | | |
| | 30.000 | | | | | | | |
| | 20.000 | | | | | | | |
| | 10.000 | | | | | | | |
| | 0.0 | | | | | | | |
| | TOTALEN. | f.14.200 | f.60.800 | f.81.700 | f.104.100 | f.75.700 | f.78.200 / f.55.200 | f.96.600 |
| | % VAN AANLEGK: | 6.5 | 6.2 | 6.7 | 7.5+14.7=22.2 | 7.8 | 7.5+9.1=16.6 / 7.5+4.3=11.8 | 7.2 |
| | PER BEVL. BOUW. | f.3.55 | f.3.13 | f.3.03 | f.3.86 | f.2.80 | f.2.89 / f.2.04 | f.2.10 |
| | PER h.a. | f.5.00 | f.4.41 | f.4.25 | f.5.43 | f.3.95 | f.4.07 / f.2.87 | f.2.95 |

TABEL 1.

„Bataviaasch Genootschap
van Kunsten en Wetenschappen"

genoeg is, om in aanmerking te komen als bedrijfszekere aandrijfkracht van groote bevloeiingspompen.

In deze paragraaf zullen de systemen behoorende tot de eerste groep, *de calorische pompbevloeiing,* in nadere beschouwing worden genomen.

De machinale installatie, waarmede het water wordt opgevoerd, bestaat uit een wateropvoerwerktuig en een aandrijvende machine.

Voor den opvoer van groote debieten komen de pomptypen, waarbij de mechanische arbeid *direct* wordt omgezet in hydraulische, practisch uitsluitend in aanmerking. De opvoer met behulp van samengeperste lucht of stoom kan voor het onderhavige geval, mede vanwege het lage nuttige effect, buiten beschouwing blijven. In hoofdstuk V zal worden aangetoond, dat van de mechanische pompsoorten de z.g. turbopompen (indirect-werkende roteerende pompen) de aangewezen typen zijn.

De overbrenging van arbeidsvermogen naar het opvoerwerktuig kan *mechanisch* zijn, dan wel *electrisch.* In het eerste geval wordt de energie opgewekt ter plaatse van den wateropvoer in een z.g. „calorisch pompstation", in het tweede geval op een afstand daar vandaan in een „electrisch pompstation". Het is zonder meer duidelijk, dat bij electrische overbrenging niet alleen de aanschaffingskosten hooger zullen zijn dan in het eerste geval (gescheiden ligging van centrale en pompstation), maar dat ook vanwege het meerdere energieverlies het totaal rendement kleiner moet zijn. Electrische overbrenging komt bij calorische energieopwekking dan ook slechts in zeer bijzondere gevallen in aanmerking, bijv. indien aansluiting mogelijk is op een bestaand electrisch net, dat gevoed wordt door een calorische centrale. Het bedrag, dat voor de energievoorziening dan betaald moet worden, zal niet lager kunnen zijn dan de zelfkosten. Daar bij nieuwbouw deze zelfkosten *practisch altijd hooger* zullen zijn dan bij direct gekoppelde pompen, waarbij dus de energie ter plaatse van den opvoer wordt opgewekt, kan het systeem met electrische overbrenging ook verder buiten beschouwing worden gelaten, indien de energie calorisch wordt opgewekt en de aandacht beperkt blijft tot het systeem met mechanische overbrenging.

Voor de krachtmachine komen in dit geval voornamelijk twee typen in aanmerking, n.l. de *stoommachine* en de *verbrandingsmotor.* De opstelling van stoommachines van groot vermogen eischt veel plaatsruimte door de stoomketels en de opslagplaatsen voor brandstof. De civiele werken van het pompstation worden dan ook, mede door den bouw

van een schoorsteen, vrij kostbaar. Dieselmotoren daarentegen hebben het voordeel van bijzonder compact van bouw te zijn.

In het algemeen wordt bij stoommachines als brandstof gebezigd steenkool, een enkele maal ook hout en bij verbrandingsmotoren ruwe aardolie of petroleumresidu. De keuze der brandstof is in sterke mate afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden. Wijzen deze omstandigheden niet in een bepaalde richting, dan zal in Nederlandsch-Indië vermoedelijk de voorkeur gegeven worden aan ruwolie voor de aandrijving van Dieselmotoren.

In het buitenland is de calorische pompbevloeiing voor de irrigatie van betrekkelijk kleine gebieden uit groote rivieren op ruime schaal toegepast bijv. uit de Nijl (Egypte), Rouge-rivier (Indo-China) enz. In Ned.-Indië daarentegen is de toepassing vrij beperkt gebleven. Slechts de suikerindustrie heeft op bescheiden schaal calorische pompstations gebouwd ter verkrijging van extra bevloeiingswater in den drogen tijd. Voor deze industrie kan de exploitatie van pompstations veelal rendabel zijn in verband met de teelt van een hoogwaardig product met een kleine waterbehoefte. Bovendien gaat het meestal slechts om een suppletiebevloeiing van een klein areaal gedurende één of twee maanden.

Veel zwaarder zijn de eischen voor een volledige bevloeiing van een met rijst beplante oppervlakte van bijv. 10 — 20.000 ha. Behalve de zooveel grootere oppervlakte is de maximale waterbehoefte van rijst belangrijk grooter dan van suikerriet, evenals de duur van de waterverstrekking, terwijl tenslotte de opbrengst aan landrente van een bouw sawahgrond slechts een fractie bedraagt van de waarde aan maalriet op dezelfde oppervlakte voor den producent. De fiscale rentabiliteit van calorische pompbevloeiing ten behoeve van den natten rijstbouw, is dan ook in het algemeen bezwaarlijk aan te toonen. Als een tweede belangrijk nadeel van dit systeem moet ook worden aangemerkt de telkenjare terugkomende hooge kosten aan brandstof. Zooals bekend worden hier te lande zoowel de aanleg, als de exploitatie van irrigatiewerken door de Overheid bekostigd. De tegenover deze uitgaven te stellen inkomsten, komen *niet* terug in den vorm van *direct-retributieve* heffingen, maar als een *indirecte grondbelasting*. Een nadeel van dit stelsel is, dat in tijden van traagvloeiende Overheidsinkomsten men ook gedwongen is, terwille van het evenwicht van de begrooting, het voor de exploitatie van irrigatiewerken af te zonderen bedrag zoo klein mogelijk te houden. Met deze mogelijkheid moet bij een voor de conjunctuur zoo gevoelig land als Nederlandsch-Indië, dat vrijwel uitsluitend op

export is aangewezen, ernstig rekening worden gehouden. Uit dien hoofde moet dan ook de uitvoering van een bevloeiingssysteem, dat voortdurend zeer hooge exploitatiekosten eischt, minder aanlokkelijk worden geacht.

De hoofdwerken bestaan uit dezelfde onderdeelen als bij de stuwoplossing, met dien verstande, dat in de plaats van de opzetinrichting het calorisch pompstation treedt. De ligging van dit kunstwerk kan op den oever van de rivier worden gekozen of aan het benedenstroomsche einde van een op laag niveau gelegen bezinkbekken. De eerste oplossing is goedkooper, omdat de inlaatsluis met het pompstation gecombineerd kan worden, doch is alleen toelaatbaar als het zandgehalte van het water klein is. Zou zandhoudend water tot de pompen worden toegelaten, dan zal n.l. een te groot zandgehalte den levensduur van de pompen te veel verkleinen. Het slibvrij maken van het water geschiedt dan benedenstrooms het pompstation op dezelfde wijze als bij de stuwoplossing, dus in een op *hoog niveau* gelegen slibzak.

De tweede oplossing zal aangewezen zijn bij een groot zandgehalte van het water. Aan de rivier moet dan een vrije inlaatsluis worden gebouwd, waarachter een op *laag niveau* gelegen bezinkbekken wordt ingericht, dat op mechanische wijze kan worden gezuiverd volgens het systeem, dat in § 10 nader zal worden behandeld. Door de gescheiden ligging van inlaatsluis en pompstation is deze oplossing echter duurder dan de eerste. Bij het in § 21 nader uit te werken bevloeiingsvoorbeeld zal worden uitgegaan van de veronderstelling, dat het water slechts in geringe mate zand transporteert, zoodat de eerste (goedkoope) oplossing kan worden toegepast. Desondanks zouden bij dit systeem (in tabel 1 no IV) de jaarlijksche lasten *f* 104.100,— bedragen, w.o. *f* 68.900,— voor de energievoorziening, zoodat voor 1 ha bevloeid oppervlak een eindcijfer verkregen zou worden van *f* 5,43, welk cijfer nog hooger zou zijn dan bij de beweegbare-stuw-oplossing. De oplossing met calorische pompbevloeiing kan dan ook als regel buiten beschouwing worden gelaten.

§ 5. *Pompbevloeiing met waterkracht als energiebron.*

Bij de systemen behoorende tot deze hoofdgroep kan reeds dadelijk onderscheid gemaakt worden tusschen de pompsystemen met *indirecte* en met *directe* waterkrachtopwekking. Bij de eerste soort wordt de waterkracht niet gewonnen ter plaatse van den wateropvoer, maar op een afstand daarvan. In den vorm van electriciteit wordt dan de benoodigde energie overgebracht van de krachtcentrale naar de pompen.

In dit geval is dus de bouw van een *electrisch pompstation* bij het begin van het hoofdkanaal noodzakelijk. In het tweede geval (het directe systeem) wordt de waterkracht ter plaatse van den opvoer opgewekt, zoodat men voor de krachtoverbrenging geen gebruik behoeft te maken van electriciteit, omdat deze geheel *mechanisch* kan geschieden. Dan is de bouw van een *hydraulisch pompstation* vereischt.

Thans zal de pompbevloeiing met *indirecte waterkrachtopwekking* in nadere beschouwing worden genomen, dus de oplossingen met een *electrisch pompstation.*

Bij de keuze van de ligging van het pompstation ten opzichte van de rivier en van het bezinkbekken gelden dezelfde opmerkingen, die in de voorgaande paragraaf zijn gemaakt. De electro-mechanische inrichting bestaat evenals bij het calorisch pompstation uit een stel opvoerwerktuigen, welke op mechanische wijze zijn gekoppeld aan krachtmachines. De laatste zijn thans electromotoren. Daar de electriciteit van elders in den vorm van hoogspanning wordt aangevoerd, is ter verkrijging van normale bedrijfspanning eveneens een stel transformatoren noodig met schakelinrichting.

De opwekking van electriciteit geschiedt in een, op een afstand van het pompstation gelegen, waterkrachtcentrale. Ontleent men de kracht aan de waterloopen in het hooggebergte, waar de waterkrachten gekenmerkt zijn door hooge valhoogten en kleine debieten (hoogdrukwerken) dan spreekt men wel eens van z.g. „witte kolen". Maakt men daarentegen gebruik van flauw hellende groote stroomen buiten het eigenlijke gebergte, (laagdrukwerken) dan is sprake van ontginning van de z.g. „groene kolen". Tenslotte wordt onder „blauwe kolen" verstaan het winnen van kracht in getijde-centrales, dus met behulp van de eb- en vloedbeweging. Deze laatste methode kan alleen economisch zijn bij een zeer groot verschil tusschen eb en vloed, weshalve zij verder buiten beschouwing zal worden gelaten. De ontginning van „groene kolen" in laagdrukwerken is dikwijls zeer kostbaar, niet alleen vanwege de hooge machinekosten, maar vooral door de zeer omvangrijke waterbouwkundige werken. Ondanks dit bezwaar is zij toch in de laatste decennia in industriecentra in het buitenland tot groote ontwikkeling gekomen, dank zij den meer regelmatigen waterafvoer en de dikwijls centrale ligging in het verbruiksgebied. In Nederlandsch-Indië echter bestaat nog een groote overmaat aan witte kolen, zoodat tot dusver alleen de ontginning van uitsluitend deze soort waterkrachten in aanmerking kwam voor de voorziening in de electriciteitsbehoefte.

Hoe staat het nu met de mogelijkheid het electrisch pompstation van energie te voorzien door ontginning van deze *witte kolen?* In de eerste plaats zal worden nagegaan de oplossing, waarbij *uitsluitend* ten behoeve van de energievoorziening van *dat pompstation* een nieuwe waterkrachtcentrale tot stand wordt gebracht. Boven werd reeds uiteengezet, dat voor de inrichting van een bevloeiingsgebied, dat geschikt zou zijn als kolonisatieterrein, de neerslaggebieden van een groote bevaarbare benedenrivier aangewezen leken. Geëigende plaatsen voor de ontginning van witte kolen van een vermogen van bijv. 1.000 kW zijn als regel niet in de omgeving van bovenbedoelde laagvlakte te vinden, doch slechts in het hooggebergte, dus in den bovenloop der rivieren, op grooten afstand van de plaats van verbruik. Bovendien is ontginning van een dergelijk voor een waterkracht klein vermogen tegen redelijke kosten als regel alleen mogelijk, indien een eenigszins belangrijke waterval of een reeks van stroomversnellingen (concentratie van verval) aanwezig is. Neemt men nog in aanmerking, dat de hoogspanningsleiding van verscheidene tientallen km lengte gedeeltelijk moet worden aangelegd door weinig toegankelijk gebied, dan is het duidelijk, dat de factoren, welke primair de kosten van de energievoorziening beheerschen niet gunstig zijn te noemen. In het algemeen mag dan ook wel worden aangenomen, dat deze oplossing slechts in zeer bijzondere gevallen voor een nadere beschouwing in aanmerking zal komen.

Een dergelijk uitzonderingsgeval blijkt het Serajoe-bevloeiingsplan te zijn, omdat het toeval wil, dat slechts op 25 km afstand van de plaats waar het pompstation zou moeten komen in een van de affluenten van de K. Serajoe, n.l. in de K. Bandjaran een waterval wordt aangetroffen van $\pm$ 80 m hoogte met een 270 daagsch debiet van 2,4 m³/sec. Van af het pompstation tot dicht bij de bouwplaats van het waterkrachtwerk is een autoweg aanwezig, die den aanleg van het bouwwerk en de hoogspanningsleiding belangrijk zal vereenvoudigen. Hoe hoog zijn nu de jaarlijksche lasten van een energievoorziening uitsluitend ten behoeve van het irrigatiewerk onder deze zeer gunstige omstandigheden? Volgens de in § 21 nader uit te werken kostenraming zouden de jaarlijksche lasten bij dit systeem *f* 75.700,— of *f* 3,95 per ha bevloeid oppervlak bedragen. In tabel 1 is deze oplossing aangeduid onder cijfer V.

Inderdaad blijkt het in dit bijzondere geval dus mogelijk te zijn een in vergelijking met de beweegbare stuw minder kostbare oplossing te verkrijgen door eigen exploitatie van „witte kolen". Boven werd echter reeds uiteengezet, dat als regel bij een bouwplaats van het pompstation aan een benedenrivier, de omstandigheden minder gunstig zullen zijn.

Neemt b.v. aan, dat de aanleg der hoogspanningslijn vanwege een grootere lengte en moeilijker terreinsomstandigheden *f* 80.000,— meer zal kosten, dus *f* 180.000,—, in plaats van *f* 100.000,—, dan zullen de berekende jaarlijksche lasten vermeerderd moeten worden met c.a. 8 % van *f* 80.000,— = *f* 6.400,—, waardoor het totaal bedrag zal komen te staan op *f* 82.100,—, d.i. reeds meer dan de jaarlijksche lasten bij de beweegbare-stuw-oplossing. In het algemeen kan dan ook worden aangenomen, dat electrische pompbevloeiing met ontginning van „witte kolen" *uitsluitend ten behoeve van het irrigatiewerk geen noemenswaardige besparing* zal geven ten opzichte van de gelijkwaardige zwaartekrachtbevloeiing.

In hoofdzaak moet dit worden toegeschreven aan het groote aandeel der electriciteitsopwekking in de jaarlijksche lasten, dat in het onderhavige voorbeeld op *f* 40.500,— of op ruim de helft van de totale bedrijfskosten kan worden geschat. De energievoorziening is dus in dit geval goedkooper dan bij de calorische pompbevloeiing (*f* 68.900,—), maar toch nog onvoldoende laag om bij minder gunstige omstandigheden een noemenswaardige kostenbesparing op te leveren.

Een belangrijke verlaging van dezen post zou alleen mogelijk zijn door gebruik te maken van energie, welke wordt opgewekt in een groot *waterkrachtwerk, dat in de eerste plaats tot taak* heeft *te voorzien in de algemeene electriciteitsbehoefte* van een landstreek. In dit geval zouden n.l. de aanlegkosten slechts voor een klein deel behoeven te drukken op het irrigatiewerk, terwijl door den veel grooteren afzet van energie een lage kWh-prijs zou kunnen worden bedongen.

In dichtbevolkte streken met zekere welvaart is deze oplossing in vele gevallen aangewezen. De energievoorziening van de bestaande electrische pompstations voor irrigatie in Amerika, Italië, Duitschland, Japan en andere landen, geschiedt vrijwel steeds volgens dezen grondslag (63).

Ook voor Java zou deze wijze van energievoorziening voor de aandrijving van electrische pompstations zeker overweging verdienen, vooral in die gevallen, waarbij het hoogspanningsnet niet ver van de plaats van opvoer is verwijderd.

Wederom zal als concreet voorbeeld worden aangehaald het bevloeiingsplan uit de K. Serajoe. Door een particuliere electriciteitmaatschappij wordt thans de electriciteitsvoorziening van de residentie Banjoemas en omstreken ter hand genomen, waarvoor een waterkrachtwerk

met een valhoogte van 300 m zal worden gebouwd *). Een van de hoogspanningsleidingen zal langs het toekomstige electrische pompstation loopen, zoodat geen extra aansluiting noodig is. De voor de irrigatie benoodigde energie kon hierdoor tegen lage kosten worden verkregen en zelfs beneden normalen leverprijs worden verstrekt. Als normale leverprijs kan worden beschouwd de prijs per kWh, welke de maatschappij, die de stroom opwekt haar dochtermaatschappij, die de stroomdistributie verzorgt, in rekening brengt bij *nieuwe* aansluitingen, zijnde 1 cent. (Voor oude aansluitingen is deze prijs belangrijk hooger n.l. $\pm$ 3 cent). Berekend tegen dezen „uitbreidingsprijs" zal jaarlijks voor het pompstation aan energie betaald moeten worden $\frac{5.000.000 \text{ e.pkh}}{0{,}85} \times 0{,}736$ $= \pm$ 4.300.000 kWh ad 1 cent = *f* 43.000,—, d.i. zelfs iets meer dan in het voorgaande geval V, doch minder dan bij calorische pompbevloeiing. Uitsluitend dank zij het feit, dat de rente van het aanlegkapitaal reeds voor $\pm$ 3 % gedekt zal zijn door de bestaande aansluitwaarde, is het voor bedoelde particuliere maatschappij mogelijk met een belangrijk lageren leverprijs genoegen te nemen, waardoor de jaarlijksche lasten ongeveer in overeenstemming kunnen worden gebracht met die van het hierna te behandelen hydraulisch pompsysteem. Deze prijs moet dan echter worden gedrukt tot nog geen halve cent per kWh, zoodat jaarlijks aan energie slechts een bedrag van *f* 20.000,— behoeft te worden betaald, zie tabel 1, onder VI: energielevering door derden. Volgens § 21 zouden de jaarlijksche lasten dan bedragen *f* 55.200,— of *f* 2,87 per ha, dus aanmerkelijk lager dan bij de beweegbare-stuwoplossing.

Wordt echter de commercieele „uitbreidingsprijs" van 1 cent per kWh aangehouden, dan zijn de jaarlijksche lasten te stellen op *f* 35.200,— + *f* 43.000,— = *f* 78.200,— of *f* 4,07 per ha.

Uit dit concrete voorbeeld kan de conclusie worden getrokken, dat de *exploitatie* van een *electrisch pompstation* met waterkracht als energiebron in het algemeen slechts dan *economisch* is, indien de energie tegen specialen prijs kan worden ontleend aan een *waterkrachtwerk*, dat *in hoofdzaak bestemd* is *voor* de *algemeene electriciteitsvoorziening*.

Hoe staat het met de kans van een algemeene electriciteitsvoorziening in de Buitengewesten? Deze is voorloopig wel zeer gering. Men bedenke b.v. dat in een zeer dicht bevolkte streek als de residentie

*) Dit waterkrachtwerk is intusschen reeds in bedrijf gesteld.

Banjoemas (± 500 inwoners per km²) bij een getaxeerde aansluitwaarde van 1.500 kW, (waarvan 500 kW reeds aangesloten aan de plaatselijke netten) zelfs ondanks de gunstige terreinomstandigheden de aanleg van een waterkrachtwerk annex electriciteitsvoorziening nauwelijks rendabel kan worden gemaakt (slechts ± 3% rente verzekerd).

De gevolgtrekking ligt dan ook voor de hand, dat voor de bevloeiing van terreinen in de *Buitengewesten* de aandrijving van pompen door middel van electriciteit, dus met *indirecte krachtopwekking,* binnen afzienbaren tijd *niet in aanmerking* komt.

Volledigheidshalve zij nog vermeld, dat in het buitenland bij den bouw van dalafsluitingen meermalen is gerekend op de opwekking van electriciteit, om daarmede pompstations aan te drijven. Bij deze combinatie is het uiteraard mogelijk tegen betrekkelijk lage kosten de beschikking te krijgen over energie. Aan toepassing daarvan in de Buitengewesten zal echter niet gedacht kunnen worden, omdat daar de bouw van dalafsluitingen voorloopig uitgesloten is te achten.

Als laatste pompbevloeiingsmethode zal thans het *directe systeem* worden behandeld. De waterkracht wordt dan ter plaatse van den opvoer in een *hydraulisch pompstation* opgewekt en aangewend.

Reeds bij vluchtige beschouwing van dit systeem springen dadelijk voordeelen in het oog, welke deze pompbevloeiing ook voor toepassing in de Buitengewesten geëigend doen schijnen. Men is bijvoorbeeld niet gebonden aan jaarlijks terugkeerende hooge brandstofkosten, zooals bij de calorische pompbevloeiing. Evenmin is men bij dit systeem afhankelijk van de algemeene behoefte aan electriciteit, dus van het welvaartspeil van de landstreek, welke omstandigheden doorslaggevend zijn voor het welslagen van de indirecte waterkrachtmethode.

Ondanks deze gunstige factoren is toepassing van deze methode, ook in het buitenland, vrij beperkt gebleven. In het algemeen heeft men er zich toe bepaald water op te voeren voor betrekkelijk kleine complexen in de omgeving van een irrigatiegebied, die te hoog liggen om op normale wijze bevloeid te worden. De waterkracht wordt dan ontleend aan een in de nabijheid gelegen stortdam, bijv. bij het Perettikanaal (Italië) (34), of door gebruikmaking van een bestaand hoogteverschil tusschen twee secundaire leidingen of tusschen een secundaire leiding en de rivier (bijv. bij het pompstation Cigliano, Italië) (34). In een enkel geval, bijv. uit de Dora Baltea bij Mazze Canavese, Italië (21), is men er toe overgegaan de waterkracht te ontleenen aan een rivier met behulp van een beweegbare stuw.

Zoowel de eerstgenoemde toepassingen als de laatste komen voor de bevloeiing van neerslaggebieden van een alluviale rivier in de Buitengewesten niet in aanmerking om de eenvoudige reden, dat aldaar nog geen bestaand irrigatieleidingstelsel aanwezig is en dat de bouw van een beweegbare stuw vanwege de hooge kosten juist moet worden vermeden.

Een systeem, waarbij hooge neerslaggebieden direct met behulp van waterkracht worden bevloeid en waarbij deze kracht aan dezelfde rivier wordt ontleend alleen met behulp van leidingaanleg, *uitsluitend met* de *vooropgezette bedoeling* de bouw van een *beweegbare stuw achterwege* te laten, werd, voorzoover bekend, nog niet toegepast. Mogelijk is de oorzaak hiervan gelegen in de technische moeilijkheden, welke bij uitvoering van een dergelijk systeem zijn te verwachten.

De voornaamste hiervan zijn de volgende:

1e Op welke wijze kan in de naaste omgeving van de te bevloeien neerslaggebieden waterkracht van voldoend vermogen worden ontgonnen, tegen betrekkelijk lage kosten zonder een stuw in de voedingrivier te bouwen. (Het gaat hier om de z.g. „groene kolen", omdat in het laagland slechts sprake kan zijn van kleine valhoogten), dus laagdrukwerken.

2e Waar de bouw van een z.g. vrije inlaatsluis aan een benedenrivier in de bovengenoemde gevallen noodzakelijk is, kan door afwezigheid van een verval niet gerekend worden op de inrichting van normale spui- en of ontslibbingsinrichtingen. Bij het groote slibgehalte van het water van de Indische rivieren moet echter, mede in verband met de aanwezigheid van waterkracht- en wateropvoermachines, de mogelijkheid van slibzuivering blijven bestaan. Hoe kan nu de noodige zuivering zoo efficient mogelijk tegen redelijke kosten geschieden?

3e Door de afwezigheid van een opzetinrichting in de rivier kan de waterstand in het hoofdkanaal niet op een bepaald stuwpeil worden gehandhaafd, zoodat deze binnen zekere grenzen afhankelijk is van den rivierwaterstand. Bij lage debieten *daalt het beschikbare vermogen* bij het pompstation, terwijl daarentegen gelijktijdig de opvoerhoogte, dus ook *de energiebehoefte toeneemt.* Teneinde ondanks deze moeilijkheden toch een gunstig jaarrendement te verkrijgen, moet de toepassing worden voorgestaan van een zoodanig waterkrachtopvoerwerktuig, dat dit bij sterk wisselende debieten een (gelijkmatig) hoog rendement blijft geven. Uit welke deelen zal een

dergelijk aggregaat moeten worden opgebouwd? Deze laatste eisch is voor de Indische toestanden van veel belang, omdat de rivieren hier aan zeer groote debiet- en niveauvariaties onderhevig zijn.

Wil het geschetste bevloeiingssysteem in de praktijk kans van slagen hebben, dan moet in de allereerste plaats worden zorggedragen voor een bevredigende oplossing van de bovengestelde drie hoofdproblemen en de bijkomende vraagstukken. Na deze inleidende beschouwingen moge thans een overzicht volgen van hetgeen steller dezes hieromtrent heeft onderzocht en uitgewerkt.

---

## HOOFDSTUK II.

### Het opsporen en het winnen van waterkracht in de omgeving van het te bevloeien terrein ten behoeve van een hydraulisch pompstation.

§ 6. *Het fluviatiele landschap.*

In het voorgaande hoofdstuk is de mogelijkheid aangetoond van het kiezen van een kolonisatieterrein aan een groote bevaarbare rivier gelegen in de laagvlakte buiten het moerasgebied. Terloops is als meest aangewezen terrein genoemd de door een alluviale rivier opgeworpen hooge oeverwallen, omdat deze gronden vanwege de grootere terreinhelling de beste kansen op een natuurlijke afwatering bieden.

Alvorens te bepalen op welke wijze in de omgeving van dit gebied waterkracht kan worden ontgonnen, zal eerst het wordingsproces van de alluviale laagvlakte worden nagegaan. Uit de geomorfologie is bekend, dat het *klimaattype* van overwegenden invloed is op de vorming van een *fluviatiel landschap*. Het vochtig aequatoriaal tropenklimaat, met afwisselend natte en droge moessons, biedt gunstige voorwaarden voor een intensief verweeringsproces. Bovendien zijn de afzettingen, welke aangetast kunnen worden, zeer los van samenstelling, waaruit zich laat verklaren, dat het uitschuringsproces, dat bovendien nog wordt bevorderd door de groote regenintensiteit, buitengewoon groote afmetingen aanneemt. De denudatie per jaar wordt in de tropen dan ook op ongeveer 2.000 $\mu$ gesteld. Vergelijkt men deze cijfers met die uit de gematigde of koude luchtstreken, welke bijv. voor de Thames op 16 $\mu$ per jaar is berekend, voor de Elbe, de Maas en de Seine op resp. 17 $\mu$, 27 $\mu$ en 20 $\mu$, dan is het duidelijk hoe snel en krachtig de erosie hiertelande voortschrijdt.

Het gevolg van dit intensieve denudatieproces is een *sterke afzetting* in de *laagvlakte van de afspoelingsproducten*. Om de ontwikkeling en den vorm van deze sedimentatie nauwkeurig te kunnen nagaan, zal in de eerste plaats het régime van de rivieren, die dit materiaaltransport mogelijk maken, nader bekeken worden.

Het stroomgebied van deze rivieren ligt in hoofdzaak in het erosiegebied, dus daar waar het terreinverhang een zoo groote afstroom-

snelheid van het water veroorzaakt, dat voldoende overmaat aan energie aanwezig is om de afspoeling te bewerkstelligen en het afgespoelde materiaal te transporteeren. De rivierstrekking, waar dit proces zich afspeelt is de *bovenloop* van de rivier. De bedding van dezen bovenloop bestaat uit diepe V-vormig uitgeslepen dalen in het gebergte.

Op dezen bovenloop volgt de *middenloop*, die een kleiner verhang heeft, doch nog wel voldoende energie om niet alleen de wrijvingsweerstanden te overwinnen, maar ook om het transport van de aangevoerde vaste stoffen uit den bovenloop voort te zetten. Energie voor verdere erosie is echter in mindere mate beschikbaar. Ofschoon deze rivierstrekking als geheel, stabiel beschouwd kan worden, bestaat zij feitelijk uit een aaneenschakeling van erodeerende en zich ophoogende gedeelten. De vorm van de rivierbedding is dan ook veel minder geprononceerd.

Daar waar deze met *alluviale* stoffen bezwangerde rivier de vlakte bereikt, begint de *benedenloop*. Het vlakke, oorspronkelijke terrein geeft aan de rivier te weinig beweegkracht om, behalve ter overwinning van de stroomingsweerstanden, voldoende energie over te houden voor het volledige materiaaltransport. Op deze strekking deponeert dus de rivier een gedeelte van haar materiaal en eerst het zwaarste gedeelte. Het oorspronkelijke terrein wordt zoodoende met zinkstoffen, v.n.l. slib, opgehoogd.

Het régime van een alluviale rivier wordt dus in het algemeen gekenmerkt door: 1e een erodeerende bovenloop, 2e een min of meer stabiele middenloop en 3e een zich ophoogende benedenloop. De grenzen tusschen deze drie deelen zijn meestal niet scherp te trekken. Breekt de rivier, na door een hoogvlakte of een accumulatieterras te zijn gestroomd, opnieuw door een gebergte, dan treedt na de doorbraak wederom de geschetste driedeelige indeeling op. Een rivier kan dus ook in meerdere driedeelige werkingsgebieden zijn verdeeld. Voor elk gebied gelden echter dezelfde beginselen.

De morphogenetische leeftijd van de rivier is van grooten invloed op den evenwichtstoestand van de rivier en op het relief van het terrein. Hoe ouder de rivier is, hoe meer zij door uitschuring van het bovenbed en opvulling van het laagland onder gelijktijdige vergrooting van haar lengte door het vooruitschuiven van haar uitmonding in zee, haar evenwichtstoestand benadert. Bij dezen evenwichtstoestand heeft erosie noch opslibbing meer plaats; dan is de z.g. schiervlakte (peneplaine) ontstaan.

Deze toestand is echter in de Indische Archipel bij lange na nog niet bereikt. In dit jong vulkanisch gebied met vochtig tropenklimaat, treedt de driedeelige indeeling in de alluviale rivieren nog in zeer geprononceerden vorm op.

Hoe staat het nu met het régime van de waterloopen, die hun stroomgebied niet of slechts ten deele in het gebergte hebben? In de eerste plaats zijn door den beperkten omvang van het stroomgebied de grootte en de waterrijkdom van deze rivieren betrekkelijk klein en in sterke mate afhankelijk van den regenval. Voorts ontbreekt het erosiegebied geheel of nagenoeg geheel, zoodat eigenlijk geen sprake kan zijn van een eigenlijken bovenloop. Transport van afgespoelde stoffen treedt dan ook practisch niet op. De benedenloop heeft dus ook geen neiging door neerslag zich zelf boven het oorspronkelijke terrein te verheffen; m.a.w. deze waterloopen, die in het vervolg als *moerasrivier* zullen worden aangeduid, verkeeren reeds in den evenwichtstoestand. Zij verschillen dus in karakter met de in actief groeistadium verkeerende groote alluviale rivieren.

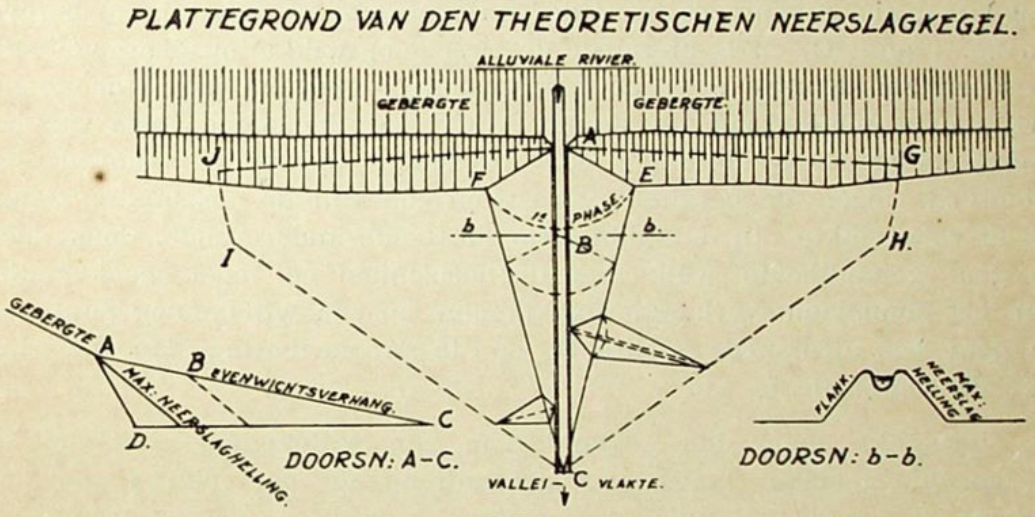



FIG. 1.

Thans eenige nadere beschouwingen omtrent het ontstaan en den vorm van het neerslaggebied. Bij de vorming van dit gebied kunnen drie phasen worden onderscheiden. Bij de eerste vrije afstrooming in de vlakte ontstaat aan den voet van het gebergte een kegelsector, die langzamerhand in hoogte toeneemt, totdat de top van den kegel het punt van afstrooming (in figuur 1 het punt A) heeft bereikt. De eerste ontwikkelingsphase, die door den betrekkelijk kleinen inhoud van den kegel een vrij snel verloop heeft, is hiermede beëindigd. De helling, die de beschrijvende lijnen met de valleivlakte maken, is gelijk aan de maximum helling bij vrijen neerslag van het erosiemateriaal (pente de divagation).

De neiging van het in de eerste phase gevormde lichaam, om zich al verder ontwikkelende met zijn top boven het punt A uit te steken en aan den anderen kant de kracht van het bij A afstroomende water, zijn oorzaak, dat dwars door de ontstane verheffing en in het verlengde van de stroomrichting, een geul gevormd wordt, waartusschen het water gedwongen wordt de zinkstoffen in voorwaartsche richting af te zetten. Door dit proces ontstaat een langzame verschuiving van de kegelvorming van A in stroomafwaartsche richting. Is de rivier bijvoorbeeld tot B gevorderd, dan is bij dit punt pas vrije afstrooming van het water mogelijk. Tusschen de punten A en B is een zeker verhang ontstaan, het z.g. *„evenwichtsverhang"*. De helling van dit verhang is *belangrijk flauwer* dan de evengenoemde *„maximum neerslaghelling"*, omdat de afzetting van het materiaal in de geul vertraagd wordt door den gestadigen toevoer van energie door het aanstroomende water. Na een langdurig groeiproces heeft de geul tenslotte de valleivlakte bereikt (in fig. 1 punt C) en is hiermede de tweede ontwikkelingsphase voltooid. In vertikale doorsnede is de driehoek ACD ontstaan (fig. 1 doorsnede AC) en in plattegrond de figuur AECF. De algemeene vorm van het neerslaglichaam is derhalve een driezijdige pyramide, waarvan het grondvlak tegen de berghelling rust en één van de opstaande zijden op de valleivlakte. In de snijlijn van de beide andere zijden heeft zich de geul gehandhaafd, welke met de horizontaal een hoek maakt gelijk aan het evenwichtsverhang. Maakt men op een willekeurig punt van de geul een doorsnede loodrecht op de stroomrichting, dan verkrijgt men de doorsnede b — b.

Vergelijkt men den afstand van een willekeurig punt in de stroomgeul, gemeten langs den stroomdraad tot aan punt C met den afstand tot aan de valleivlakte, gemeten loodrecht op de stroomrichting, dan zal eerstgenoemde afstand een veelvoud zijn van de tweede. De grootte van deze factor wordt in hoofdzaak bepaald door de glooiing van de valleivlakte, de samenstelling van het uit het gebergte aangevoerde materiaal (van primairen invloed op de maximum neerslaghelling) en van het evenwichtsverhang van de rivier.

Stroomt nu door den top C van den neerslagkegel een andere rivier, die het aangevoerde materiaal zonder bezwaar kan opnemen, dan is met de vorming van deze tweede ontwikkelingsphase het neerslagproces beëindigd. Het zelfde geval doet zich voor, wanneer, bijv. bij een smalle kuststrook (Westkust van Sumatra), de top van den kegel in diepe zee ligt, zoodat de slibaanvoer volledig kan worden verwerkt.

Is de lengte van de valleivlakte echter langer dan de afstand AC, en doet zich dan het geval voor, dat de helling van het oorspronkelijke terrein nog kleiner is dan het evenwichtsverhang van de rivier bij C, dan zal een gedeelte van het aangevoerde materiaal niet verder kunnen worden voortbewogen en in de geul neerslaan. De geul zal zich dan van C af beginnende, in stroomopwaartsche richting opvullen. Met dit verschijnsel wordt nu de derde ontwikkelingsphase ingeluid. Het onmiddellijke gevolg van deze opvulling is n.l. een overstrooming van de flanken rechts en links met gelijktijdige doorbraken, te beginnen in de buurt van top C. De nieuw gevormde takken ontwikkelen zich dan op dezelfde wijze als de hoofdrivier. De geulen stellen zich in op het evenwichtsverhang, terwijl de flanken van deze zijdelings gevormde pyramiden onder de maximum neerslaghelling gaan liggen. Zou het mogelijk zijn, dat aldus van onderaf een aaneenschakeling van nevenpyramiden wordt gevormd, dan zou tenslotte een vrij regelmatig kegelvormig lichaam ontstaan, dat in plattegrond den vorm AGHCIJ zou aannemen.

Deze eindtoestand wordt echter in de natuur practisch nimmer bereikt, omdat het ondenkbaar is, dat over de volle lengte van de rivier achter en naast elkaar doorbraken zullen optreden. Indien deze voorkomen, dan zullen ze zich slechts tot enkele punten bepalen. Er is echter nog een andere omstandigheid, die de ontwikkeling van de derde phase belemmert. Door afslijting van het getransporteerde materiaal zal het evenwichtsverhang van de rivier in benedenstroomsche richting afnemen en dus niet, zooals in fig. 1 doorsnede AC is aangegeven, als een rechte lijn verloopen, doch wel als een kromme. Het is dan ook niet uitgesloten, dat het evenwichtsverhang bij C slechts weinig verschilt van de oorspronkelijke terreinhelling en door een betrekkelijk kleine beddingverhooging voorbij C reeds genivelleerd kan worden. Is dan nog een overmaat aan slib aanwezig, wat bij jonge alluviale rivieren wel te verwachten is, dan kan als regel deze overmaat zonder bezwaar bij de periodieke overstroomingen zijdelings op de oevers worden gedeponeerd. Inplaats van een volledigen uitgroei van de derde phase krijgt men dus meer een verhooging der flanken van de in de tweede ontwikkelingsphase ontstane neerslagpyramide gepaard aan een verschuiving in stroomafwaartsche richting. Het deel van de laagvlakte, dat buiten deze neerslagpyramide ligt, deelt dus practisch niet in het ophoogingsproces. Het oorspronkelijke terrein, dat hier aan den dag treedt, is dan ook als regel, vanwege de slechte afwatering als gevolg van een ongunstige hoogteligging en te kleine terreinhelling, bedekt door moeras.

Met behulp van bovenstaande theoretische beschouwingen zich thans een voorstelling makende van het landschapsbeeld van een fluviatiele laagvlakte, is het dan ook duidelijk, dat in zulk een vlakte het gebied met de beste afwateringsmogelijkheden gezocht moet worden op de flanken van den neerslagkegel, waarbij door de gradeering van het neerslagmateriaal de grootste helling is te verwachten in het meest bovenstroomsche gedeelte. In dit laatste deel zal naar alle waarschijnlijkheid ook de frequentie van eventueele overstroomingen het kleinst zijn, omdat evenwichtsverstoringen tengevolge van slibafzettingen, zooals boven is aangetoond, zich het eerst zullen manifesteeren aan het einde van den neerslagkegel.

Tevens wordt opgemerkt, dat de bevaarbaarheid van de alluviale rivier in deze strekking nog niet verstoord is, omdat eventueele stroomversnellingen pas in den middenloop voorkomen.

§ 7. *De beteekenis van den neerslagkegel voor de ontginning van laagdrukwaterkracht.*

Thans zal worden nagegaan, op welke wijze binnen zulk een gebied waterkracht kan worden gewonnen voor de directe aandrijving van bevloeiingspompen.

Hiervoor staan twee wegen open. Men zou de waterkracht kunnen ontleenen aan den aangrenzenden middenloop van de alluviale rivier, dan wel ter plaatse van den neerslagkegel zelve, dus uit den benedenloop. De eerste oplossing zou mogelijk zijn, indien aan het einde van den middenloop even bovenstrooms van het bevloeiingsgebied één of meer stroomversnellingen voorkomen met voldoend verval. Door zijdelingsche aftapping en omleiding van het water kan de beschikbare potentieele energie in een waterkrachtwerk, in bruikbare energie worden omgezet, teneinde het bevloeiingswater tot het vereischte peil op te voeren. Alhoewel hierboven werd uiteengezet, dat de middenloop uit een reeks van uitschurende en zich ophoogende deelen bestaat, die als geheel wel als stabiel is te beschouwen, mag hieruit nog niet de conclusie worden getrokken, dat juist aan het benedeneinde stroomversnellingen voorkomen. De mogelijkheid van waterkrachtontginning wordt hier dus bepaald door toevallige gunstige terreinomstandigheden.

Als regel zal men dan ook aangewezen zijn op de tweede oplossing, dus op waterkrachtontginning uit den benedenloop.

Zou men nu ook een omloopleiding maken, dus een kanaal, dat twee punten van *dezelfde* hoofdrivier verbindt, dan valt met recht te betwijfelen of men voor het verkrijgen van het noodige verval met een redelijke kanaallengte uitkomt. Het verval, dat men zou kunnen winnen, zou per eenheid van kanaallengte bestaan uit het verschil tusschen het „evenwichtsverhang" van de slibrijke rivier en het geringere verhang, dat noodig is om de wrijvingsweerstand bij strooming van nagenoeg slibvrij water te overwinnen. Stel dat dit verschil in het hier veronderstelde geval 10 cm per km bedraagt, dan zal men bijv. een verval van 3 meter kunnen verkrijgen door het hoofdkanaal 30 km lang te maken. Bij een sterk kronkelende rivier zou dit verval natuurlijk door een leiding van kortere lengte dan de betreffende rivierstrekking kunnen worden verkregen, doch het is duidelijk, dat deze lange kanalen een economische energie-opwekking onmogelijk zullen maken.

De oplossing zal in het algemeen dan ook in een andere richting gezocht moeten worden. Hierboven is uiteengezet, dat de afstand van een willekeurig punt in de stroomgeul gemeten langs den stroomdraad tot aan de oorspronkelijke valleivlakte een veelvoud is van den afstand tusschen dit punt en deze vlakte gemeten dwars op de stroomrichting. Deze eigenschap is te verklaren door het *verschil* tusschen de maximale neerslaghelling en het evenwichtsverhang. Door nu het *aftappende kanaal* ongeveer *loodrecht* op de *stroomrichting* van de rivier af te buigen, dus in de richting van de grootste helling langs den neerslagkegel, vermeerdert men de winst aan verval met dit verschil. Aannemende dat deze vermeerdering *eveneens 10 cm per km* bedraagt, dan kan ter verkrijging van dezelfde valhoogte met de helft van de kanaallengte worden volstaan, in het veronderstelde geval dus met 15 km, welke lengte voor het beoogde doel niet ongunstig is te noemen.

Hoe moet het in de turbines verwerkte water nu afgevoerd worden? Hiervoor zijn de meergenoemde moerasafvoeren, die in het terrein tusschen de neerslagkegels voor de plaatselijke afwatering zorgen, uitermate geschikt. Deze waterloopen toch liggen niet hooger dan de oorspronkelijke valleivlakte, zoodat de loozing geen bezwaren zal opleveren. Als nevenvoordeel kan nog worden aangemerkt, dat deze moerasafvoeren als regel een nagenoeg constante waterstand bezitten, zoodat practisch geen hinder zal worden ondervonden van terugstuwing in het afvoerkanaal.

Hiermede is in hoofdlijnen de oplossing aangegeven van het vraagstuk, op welke wijze in de omgeving van het te bevloeien terrein met een kanaal van niet te groote lengte waterkracht kan worden gewonnen.

Hoe de kosten van deze waterkrachtontginning zich zullen verhouden tot die van de irrigatiehoofdwerken, zal aan het slot van deze paragraaf aan de hand van een concreet voorbeeld worden behandeld.

Alvorens hiertoe over te gaan, komt het nuttig voor, eerst eenige beschrijvingen van enkele bestaande neerslagkegels te geven, teneinde na te kunnen gaan, met welke ontwikkelingsphase van het neerslagproces men hier te lande als regel rekening heeft te houden. Met het oog op de beknoptheid zal slechts het stroomgebied van een van de groote rivieren in de Buitengewesten als typisch voorbeeld meer uitvoerig worden beschreven, terwijl uit enkele schetsen van andere groote rivieren een overeenkomstige toestand zal blijken.

Als voorbeeld is gekozen het stroomgebied van de *Barito* in Borneo. Van dit stroomgebied is door den toenmaligen Landbouwconsulent van de Zuider- en Oosterafdeeling van Borneo, H. J. Schophuys in zijn proefschrift een zeer volledige beschrijving gegeven, waaraan het volgende moge worden ontleend. S. deelt het stroomgebied van de Barito, dat buiten het berg- en heuvelland ligt, in vier groepen in: 1e de laagvlakten en valleien, 2e het danaugebied, 3e het monotone moerasgebied en 4e het getijgebied. De namen duiden reeds aan, dat de laatste twee gebiedsdeelen vanwege de slechte afwatering, voor de inrichting van een *normaal bevloeid* kolonisatieterrein niet in aanmerking komen en derhalve buiten beschouwing kunnen worden gelaten. Slechts de deelen sub 1 en 2 liggen hooger dan het moeras, omdat dit terrein het sedimentatiegebied vormt van de rivier. Het afzettingsproces heeft ook hier een systeem van hooge oeverwallen (pematangs) gevormd door flanken van den neerslagkegel, die al naar gelang van de hoogte pantai, rantjah en baroeh worden genoemd, terwijl de diepere terreinkommen, welke bij doorbraak van lusvormige meanders worden ingesloten: danau's (meren) heeten.

Het terrein waar deze danau's worden aangetroffen (het danaugebied) ligt in de benedenhelft van den neerslagkegel. De pematangvorming is in dit deel minder krachtig tot ontwikkeling gekomen, zoodat deze oeverwallen aan doorbraken van rivierlussen weinig weerstand hebben kunnen bieden. De aldus ingesloten meertjes zijn omringd door hoog terrein (pematangs), zoodat zij natuurlijke polders vormen. Door het bouwen van uitwateringsluizen kan dit poldersysteem eenigszins worden geconsolideerd, waarbij de waterhuishouding wordt aangepast aan het voor deze streek meest geëigende plantschema, dat belangrijk afwijkt van dat voor normaal bevloeide sawahs. De typische penjalatahoen-padibouw op Oostmoessonsawah's is hier n.l. de aangewezen cultuurmethode. Daar men gebruik moet maken van een kort tijdsbestek van slechts drie, vier

maanden, waarin weinig gevaarlijke bandjirs te duchten zijn, is het uitplanten van vroegrijpende variëteiten vereischt. In den Westmoeson staan de sawah's blank, hetgeen is toe te schrijven aan de betrekkelijk geringe hoogte van de pematang t.o.v. het oorspronkelijke terrein. Wil men in dit gebied de waterhuishouding beheerschen, dan zullen ten behoeve van de afwatering speciale maatregelen getroffen moeten worden, waarover straks meer (zie hoofdstuk VIII).

Het eenige gebiedsdeel in de laagvlakte, waar men wel uitgestrekte terreincomplexen aantreft, met een bevredigende afwatering, wordt gevormd door de door S. onder groep 1 gerangschikte laagvlakten en valleien. Deze groep gronden ligt in het bovenste deel van den neerslagkegel en dus op hooger niveau dan het danaugebied. Daar ook de hellingen van de flanken van den kegel steiler zijn, is de afvoergesteldheid veel gunstiger. Een nauwkeurige beschrijving van dit gebiedsdeel is aan de hand van de door S. geproduceerde gegevens in bijgaanden staat I weergegeven. Uit deze beschrijving kan worden afgeleid, dat behalve in de zône *e* de waterhuishouding van dien aard is, dat verwacht mag worden, dat groote terreincomplexen zonder kostbare afvoerverbetering omgezet kunnen worden in volledig technisch bevloeide gebieden. Het aan- en afvoerkanaal, bij waterkracht pompbevloeiing, zullen dan van af de vrije inlaatsluis aan de voedingrivier getraceerd moeten worden in de richting van de moerassige baroeh's. De bouwplaats van het pompstation zal in de omgeving van de hoogere gronden zijn te kiezen. Voorts moge nog de aandacht worden gevestigd op de groote vruchtbaarheid van dit neerslaggebied.

Het beschreven type komt dus in algemeenen vorm overeen met de tweede ontwikkelingsphase van het sedimentatieproces. Dat volgens S. ook in het moerasgebied en zelfs in het getijgebied nog het pematang-baroeh relief (alhoewel in verzwakten vorm) is waar te nemen, kan als versterking dienen van de boven geuite veronderstelling, dat de door de rivier aangevoerde slibovermaat in de stroomrichting van de rivier wordt afgezet, inplaats van zijdelings in den vorm van een aaneengeschakelde reeks nevenpyramiden. De mogelijkheid, dat door een zijdelingsche doorbraak en daarop volgende stroomverlegging van de rivier een plaatselijke wijziging van het neerslagproces optreedt, doet aan de algemeene geldigheid van deze stelling geen afbreuk.

Het feit, dat de klimatologische omstandigheden, die bij de vorming van een fluviatiel landschap van overwegenden invloed zijn, in de Indische Archipel niet beduidend van elkaar afwijken, geeft reden om

**1e Gebied.** **Laagvlakten en valleien in het stroom-**

| Indeeling | Topographie | Begroeiing | Waterhuishouding |
|---|---|---|---|
| Zône *a.* | Laagvlakte en vaak breede valleien met pematang-pantai relief; weinig rantjahs. | Drooglandbosch en bamboe. | Hooge bandjirs, die slechts enkele uren duren; gewoonlijk zijn de pematangs en pantais droog. |
| Zône *b.* | Valleien met kenmerkend pematang-pantai-rantjah relief, soms ook baroehs. | Overheerschend drooglandbosch en bamboe. | Hooge bandjirs, die slechts enkele uren duren; gewoonlijk zijn de pematangs droog, de pantais vochtig en de rantjahs en baroehs moerassig. |
| Zône *c.* | Laagvlakten met pematang-rantjah-baroeh relief. | Drooglandbosch en moerasbosch. | Hooge bandjirs die enkele dagen aanhouden, doch door de dichte begroeiing en slechte afwatering in de rantjahs en baroehs zich langer doen gelden. |
| Zône *d.* | Laagvlakten met pematang-rantjah-baroeh relief. | Voor een groot deel in cultuur gebracht. | Hooge bandjirs, die enkele dagen kunnen aanhouden; in den Oostmoesson komen de pematangs en rantjahs en een groot deel der overigens niet uitgestrekte baroehs droog; in den Westmoesson blijven slechts de pematangs droog. |
| Zône *e.* | Zwak pematang-rantjah-baroeh relief. | Harde en zachte grassen en onkruid, proepoekvelden. | In den Westmoesson een over het geheel weinig veranderlijk moeraswaterpeil, dat telkens belangrijk opgestuwd wordt door de vele rivieren, die hun bandjirs in het moeras loozen; in den Oostmoesson valt het moeras grootendeels droog. |

I.

**gebied van de Barito (Borneo).**

| Rijstcultuur | Aard van den grond (bouwvoor) | Cultuurtechnische beoordeeling | Landstreek |
|---|---|---|---|
| Uitsluitend droge ladangs. | Zand en zavel, weinig klei. | Het Alluvium is van andesietischen oorsprong en bijzonder vruchtbaar. | Siangland boven Poeroektjahoe. |
| Op de pematangs en pantais droge ladangs, op de pantais en rantjahs sawah tahoen, beplant met banih raden of barat (= laatrijpend). | Zand, zavel, leem, klei, soms veen. | Over het geheel vruchtbaar. In Peleihari, Martapoera en Midden- en Boven-Barito zijn de valleien bijzonder vruchtbaar door het voorkomen van vele porphyrietische doorbraken en intercalaties in het heuvelland. | Laag heuvelland van Bandjarmasin, Hoeloe Soengai en Doesoenlanden. |
| Op de pematangs droge en vochtige ladangs in de rantjahs sawah tahoen, beplant met banih raden. | Zand, zavel, leem, klei, veen. | De laagvlakte van Midden-Barito en affluenten van Pendreh tot Boentok is eveneens vruchtbaar. | Midden-Barito en affluenten van Pendreh tot Boentok. |
| In de rantjahs sawah tahoen, beplant met banih raden. | Zand, zavel, leem, klei. | Deze zône is grootendeels in cultuur gebracht, waarbij het veen is verteerd. De bodem is vruchtbaar, vooral in Martapoera en Peleihari door de aanwezigheid van veel gemakkelijk verweerbaar andesietisch en porphyrisch materiaal. | Hoeloe Soengai Martapoera, Peleihari. |
| In de rantjahs en baroehs, gedeeltelijk ook op de pematangs, sawah tahoen, beplant met banih raden en banih ringan. | In hoofdzaak leem en klei. | In de grenszône van laagvlakte en moeras neemt de veenvorming toe. Merkwaardig is het hooge kalkgehalte en de chemische armoede van den ondergrond. Bevloeiing met slibrijk water is hier dus een eerste vereischte. | Hoeloe Soengai Martapoera, Peleihari, grenszône laagvlakte en moeras. |

aan te nemen, dat het verloop van het neerslagproces van andere alluviale rivieren hier te lande ongeveer gelijksoortig zal zijn. Bevestiging van deze meening is te vinden bijv. in de beschrijving door Van Tubergen van de voornaamste rivieren van Sumatra (jaarverslag B.O.W. 1913, 5de gedeelte bijlage I). In dit aan groote rivieren zoo rijke eiland treft men verscheidene tientallen rivieren aan met een stroomgebied in het gebergte van meer dan 2.000 km². Op de plaats, waar deze groote rivieren de vlakte betreden, zal men de vorming van een gelijksoortigen neerslagkegel mogen verwachten, alwaar bij de keuze van een kolonisatiegebied dezelfde bevloeiingsmoeilijkheden kunnen worden tegengekomen.

Ofschoon v. T. speciaal een onderzoek heeft verricht naar eenvoudige irrigatiemogelijkheden, welke meer in het gebergte en in het heuvelland worden gevonden, heeft hij niet kunnen nalaten ook andere z.i. minder geschikte terreinen te beschrijven. Aan zijn verslag moge bijv. het volgende worden ontleend:

> „De Kampar is uit een irrigatie-oogpunt van zeer weinig beteekenis, Eerst bij Koeok wijken de heuvels terug en breidt zich op beide oevers een geleidelijk zich verbreedende vlakte uit, die bij hooge rivierafvoeren in mindere of meerdere mate wordt overstroomd. Deze vlakte zou zich zeer wel leenen voor irrigatie, doch dan op groote schaal, omdat het benoodigde water slechts te ontleenen is aan de hoofdrivier zelve.
>
> Door de jaarlijksche overstroomingen hebben zich de oevers sterker opgehoogd dan het daarachter gelegen terrein, de afwatering wordt daardoor bemoeilijkt".

Dit geeft dus wel een typische illustratie van de ondervonden moeilijkheden bij de irrigatieonderzoekingen op dit eiland. Uit de beschrijving van het landschap herkent men den vorm van den neerslagkegel. Overeenkomstige beschrijvingen geeft v. T. van de neerslaggebieden van andere groote rivieren, w. o. de Lematang bij Mo. Enim, de Ogan voorbij Loeboek Kelijat enz.

Ook op Java is de vorm van den neerslagkegel gelijksoortig. Men denke bijv. aan het thans nog onbevloeide terrein op den linkeroever langs de Tjitandoej. Dit 8.000 ha groote sawahcomplex heeft een duidelijk uitgesproken helling dwars op de stroomrichting van de rivier en watert af op een moerasafvoer: de Tji Beureum, welke langs den voet van den neerslagkegel is gelegen. Een zeer globaal onderzoek heeft steller aangetoond, dat een toevoer- + afvoerkanaal van 8 km lengte loopende

van de Tjitandoej naar de Tji Beureum voldoende zouden zijn, om een valhoogte te winnen van ± 4 meter.

Thans zal een beschrijving volgen van den neerslagkegel van de K. Serajoe, waarna zal worden nagegaan, welke werken en kosten noodig zijn voor een ontginning en exploitatie van een laagdrukwaterkrachtwerk.

Bij Gambarsari treedt de K. Serajoe met een stroomgebied van rond 3.000 km² in de vlakte. Het neerslagproces op den rechteroever is gestoord door enkele uitloopers van het Madjenanggebergte; op den linkeroever daarentegen is het tot volledige ontwikkeling kunnen komen (zie fig. 2). Aan den voet van deze linkerflank van den neerslagkegel loopt de moerasafvoer de K. Bengawan. Deze waterloop heeft slechts een klein stroomgebied in het gebergte, zoodat de bedding practisch niet boven het oorspronkelijke terrein is gelegen. Zou in dit gebied laagdrukwaterkracht gewonnen moeten worden, dan zou volgens de boven ontwikkelde theorie de aangewezen oplossing bestaan uit een verbindingskanaal tusschen de hoofdrivier en evengenoemde moerasafvoer. Inderdaad heeft een uitgebreid vooronderzoek deze verwachting bevestigd; het winnen van waterkracht uit den middenloop van de K. Serajoe (boven Gambarsari) met behulp van een omloopleiding zou door den bouw van enkele tunnels, welke op een groote capaciteit (turbinewater + bevloeiingswater) berekend zouden moeten worden, een zeer kostbare oplossing geven. Ook de aanleg van een omloopleiding, welke twee punten van den benedenloop met elkaar zou verbinden, bleek weinig aantrekkelijk, vanwege het meerdere grondverzet en de groote ingravingsdiepte aan het einde van het afvoerkanaal voor krachtwater, omdat de loozing dan zou moeten geschieden op een door hooge oeverwallen begrensde rivier. Voorts werd als ernstig bezwaar aangemerkt de groote schommelingen van den rivierwaterspiegel bij dit loozingspunt in den Westmoesson. Door deze schommelingen zou n.l. de nuttige valhoogte bij het pompstation belangrijk gereduceerd kunnen worden, daar het niet wenschelijk leek, met het oog op de stabiliteit van de kanaalwanden en het opslibbingsgevaar, ook in de omloopleiding dezelfde variatie in den waterspiegel toe te laten als in de voedingrivier. Bovendien bleek de frequentie van den hoogwaterstand bij het punt van aftapping in belangrijke mate af te wijken van dien bij het loozingspunt, omdat in de tusschen gelegen rivierstrekking een vrij groote affluent: de K. Tadjoem, wordt opgenomen. Door het graven van een verbindingskanaal naar de K. Bengawan van slechts 12 km lengte zouden deze bezwaren

niet worden ondervonden en zou een oplossing worden verkregen, die betrekkelijk weinig zou kosten, ondanks de minder gunstige grondsoort, die aanleiding gaf, om voor het treffen van extra kanaalvoorzieningen een bedrag van *f* 50.000,— uit te trekken. In totaal zou de aanleg van de hoofdwerken *f* 790.000,— kosten (zie § 25). Vergelijkt men deze kosten met die van de gelijkwaardige pompoplossing, welke bestaat uit een electrisch pompstation met een uitsluitend voor de irrigatie gebouwde aparte waterkrachtcentrale, (tabel 1, sub V), dan blijkt de gunstige kostenverhouding bij directe krachtopwekking van groene kolen. Het verschil in aanlegkapitaal bedraagt niet minder dan *f* 200.000,—, welk verschil in hoofdzaak is toe te schrijven aan het wegvallen van de hoogspanningsleiding en de aanschaffing van slechts één stel aggregaten in plaats van twee. Ofschoon door de combinatie van de hoofdwerken bij het hydraulisch pompsysteem niet bepaald onderscheid gemaakt kan worden tusschen de zuivere irrigatiehoofdwerken en het waterkrachtgedeelte, kan theoretisch wel worden aangenomen, dat voor het irrigatiegedeelte bij beide oplossingen een gelijk bedrag noodig is dus *f* 470.000,—. De ontginning van groene kolen bij de directe oplossing zou dan slechts komen te staan op *f* 320.000,—. Vergelijkt men dit bedrag met de kosten van de zuivere irrigatiewerken, dan is de verhouding 68%. Deze verhouding steekt wel gunstig af tegen het percentage bij de indirecte oplossing, (in tabel 1 systeem V) dat op $\frac{500.000 \text{ (waterkrachtgedeelte)}}{470.000 \text{ (irrigatiegedeelte)}}$ = 106% is te waardeeren.

Dit concrete voorbeeld geeft dus een bevestiging van den stelregel, *dat in een uitgesproken neerslaggebied van een alluviale rivier met betrekkelijk weinig kosten, laagdrukwaterkracht kan worden gewonnen door afleiding van water (zoo veel mogelijk volgens den gradiënt van den neerslagkegel) naar den naastbij gelegen moerasafvoer, onder gebruikmaking van de hoofdwerken van een pompbevloeiing.*

---

## HOOFDSTUK III.

### De algemeene opzet van het irrigatieontwerp, waarbij het bevloeiingswater met behulp van waterkracht wordt opgevoerd.

§ 8. *Vooronderzoekingen en algemeene opzet.*

Aan de hand van de door steller dezes opgedane ervaringen bij het opmaken van een volledig uitgewerkt voorontwerp tot bevloeiing uit de K. Serajoe volgens het systeem van directen opvoer met behulp van waterkracht, zal thans worden uiteengezet, welke gegevens in het algemeen bij de vooronderzoekingen ten behoeve van een dergelijk project verzameld moeten worden.

Zooals reeds medegedeeld was de ligging en daardoor de grootte van het toekomstige Serajoe-bevloeiingsgebied binnen enge topografische grenzen bepaald. Bij het uitzoeken van kolonisatiegebieden in de omgeving van bevaarbare rivieren in de uitgestrekte vlakten van de Buitengewesten zal een dergelijke topografische begrenzing waarschijnlijk weinig voorkomen; men zal dus vrijer zijn in zijn keuze, terwijl de grootte van het bevloeiingsgebied meer bepaald zal worden door economische factoren en kolonisatie-eischen. Beschikt men nu over een zeer groot terreincomplex met bevredigenden afwateringstoestand, dan lijkt het in de eerste plaats gewenscht, alvorens het gebied in grove lijnen af te bakenen en detailopnamen te verrichten, enkele lengteprofielen te maken van de alluviale voedingrivier en van de in de omgeving liggende moerasafvoeren. Uit deze lengteprofielen kan met behulp van een schets van de rivierloopen (eventueel verduidelijkt door een luchtfoto) een inzicht worden verkregen van den vorm en hoogteligging van den neerslagkegel. Aannemende dat bevloeiing volgens de gebruikelijke zwaartekracht-methoden niet in aanmerking komt en dat waterkrachtwinning uit het aangrenzende deel van den middenloop niet economisch is te verkrijgen, kunnen met deze eerste gegevens de kortste tracé's van verbindingskanalen met het grootste bruto verval worden aangewezen op dien oever, waar de grootste terreinoppervlakte ligt met gunstigen

afwateringstoestand. Door terreinverkenning en tracé-opnamen kan daarna de vermoedelijk meest gunstige aslijn worden bepaald.

Het toekomstige bevloeiingsgebied ware dan te kiezen links en rechts van deze aslijn. Na deze voorbereidende werkzaamheden kunnen vervolgens de detailopnamen worden verricht. De kans, dat kostbaar en langdurig opname-werk tevergeefs wordt verricht, wordt bij deze werkwijze tot een minimum beperkt. In dit verband zij opgemerkt, dat bij pompbevloeiing de hoogteligging van het terrein voor de situatie van de hoofdwerken van minder maatgevende beteekenis is dan bij zwaartekrachtbevloeiing. Valt deze hoogte n.l. tegen, dan wordt bij het eerste systeem, voor den opvoer slechts meer energie vereischt, welk vermogen bij voldoenden waterrijkdom van de voedingrivier door vergrooting van het toevoerkanaal c.q. het afgetapte debiet kan worden verkregen, dus zonder wijziging van de ligging der hoofdwerken.

Voorts is het gewenscht zoo spoedig mogelijk in de omgeving van de vermoedelijke bouwplaats van de inlaatsluis een zelfregistreerende peilschaal op te richten op een geschikte plaats, voor het verrichten van afvoermetingen. Ook bij het vermoedelijke loozingspunt van het afvoerkanaal is de opstelling van een zelfregistreerende peilschaal noodig; het verrichten van afvoermetingen zal hier als regel wel achterwege kunnen blijven.

Is voor den bodemkundige de taak weggelegd een onderzoek in te stellen naar de geschiktheid van het rivierwater voor bevloeiing van het aangewezen terreincomplex, van direct belang voor het irrigatieprojectwerk zijn de te verzamelen gegevens omtrent het slibgehalte van het water. Deze gegevens zijn behalve voor de dimensioneering van den bezinkbak, noodig voor de bepaling van het vereischte aandrijfvermogen van de bij dit waterkrachtsysteem onmisbare mechanische ontslibbingsinstallatie, waarover in de volgende paragraaf meer.

Verder zal aan de hand van een chemisch onderzoek moeten worden nagegaan of de mogelijkheid aanwezig is van aantasting door het rivierwater van de mechanische onderdeelen en zoo ja, welke maatregelen daartegen genomen zouden kunnen worden.

Voorts kan in verband met als regel groote ingraving van het aan- en afvoerkanaal een geologisch onderzoek naar de grondgesteldheid van de tracé's niet worden ontbeerd. Waar de mogelijkheid niet is uitgesloten, dat het te doorsnijden terrein vanwege het sedimentatieproces uit grondsoorten van verschillende samenstelling is opgebouwd, dient dit

onderzoek zeer nauwkeurig te geschieden. Het is gewenscht de grondboringen zooveel mogelijk te contrôleeren met proefputten, welke eventueel kunnen worden aangevuld door het graven van proefmoten. Naast dit onderzoek ware na te gaan, welke grondverzetwerktuigen in aanmerking komen voor de ontgraving van het kanalenstelsel. Hierop zal in het volgende hoofdstuk nader worden teruggekomen.

Heeft ook de Landbouwvoorlichtingsdienst zich uitgesproken over de waterbehoefte van den grond en de toekomstige plantschema's, dan kan met den definitieven opzet van het irrigatiesysteem een aanvang worden gemaakt.

In de eerste plaats dient dan te worden nagegaan, welk gedeelte van het aangewezen bevloeiingsgebied zoo laag ligt, dat het water zonder opvoer op de velden kan worden gebracht, waarbij als *aftappeil* de *laagste waterstand in de rivier* ware aan te nemen. Zou dit gebied een niet onbelangrijk percentage van het totaal oppervlak uitmaken, dan zou immers opvoer van water voor dit complex slechts energieverspilling beteekenen. Vermoedelijk zal in een kolonisatiegebied in de laagvlakte met klein terreinverhang, mede vanwege den eisch van goede afwatering, bedoelde grondstrook slechts een gering oppervlak bezitten.

Een tweede punt van overweging is de kwestie van den opvoer van het water in meerdere trappen. Het zou n.l. kunnen voorkomen, dat de terreinfiguratie dusdanig is, dat het loonend wordt het water in één of meerdere pompstations op verschillende hoogtepeilen op te pompen. Is de opzet in hoofdlijnen bepaald, dan kunnen de tracé's van de bevloeiingskanalen worden uitgezocht. Vervolgens maakt men de vakindeeling op, waarna het bevloeiingsschema kan worden opgesteld. Een voorbeeld van een dergelijk schema, uitsluitend beperkt tot de waterverdeeling bij het pompstation behoorende bij het Serajoeplan is in fig. 2 aangegeven. Voor een meer uitvoerige beschrijving hiervan wordt verwezen naar § 22.

Zijn bovenstaande gegevens voldoende om bij een zwaartekracht-bevloeiingssysteem het hoofdkanaal globaal te dimensioneeren, bij het hydraulisch pompsysteem moeten deze gegevens worden aangevuld met de grootheden, welke betrekking hebben op de op te wekken waterkracht. Hiertoe behooren o.a. de waterhoeveelheid en de valhoogte, welke constituenten eerst kunnen worden berekend, indien de opvoerhoogte bij het pompstation bekend is. Deze opvoerhoogte is echter niet direct af te leiden uit het pomppeil en den rivierwaterstand, omdat de laatste in min of meer belangrijke mate afhankelijk is van het aftapdebiet, in

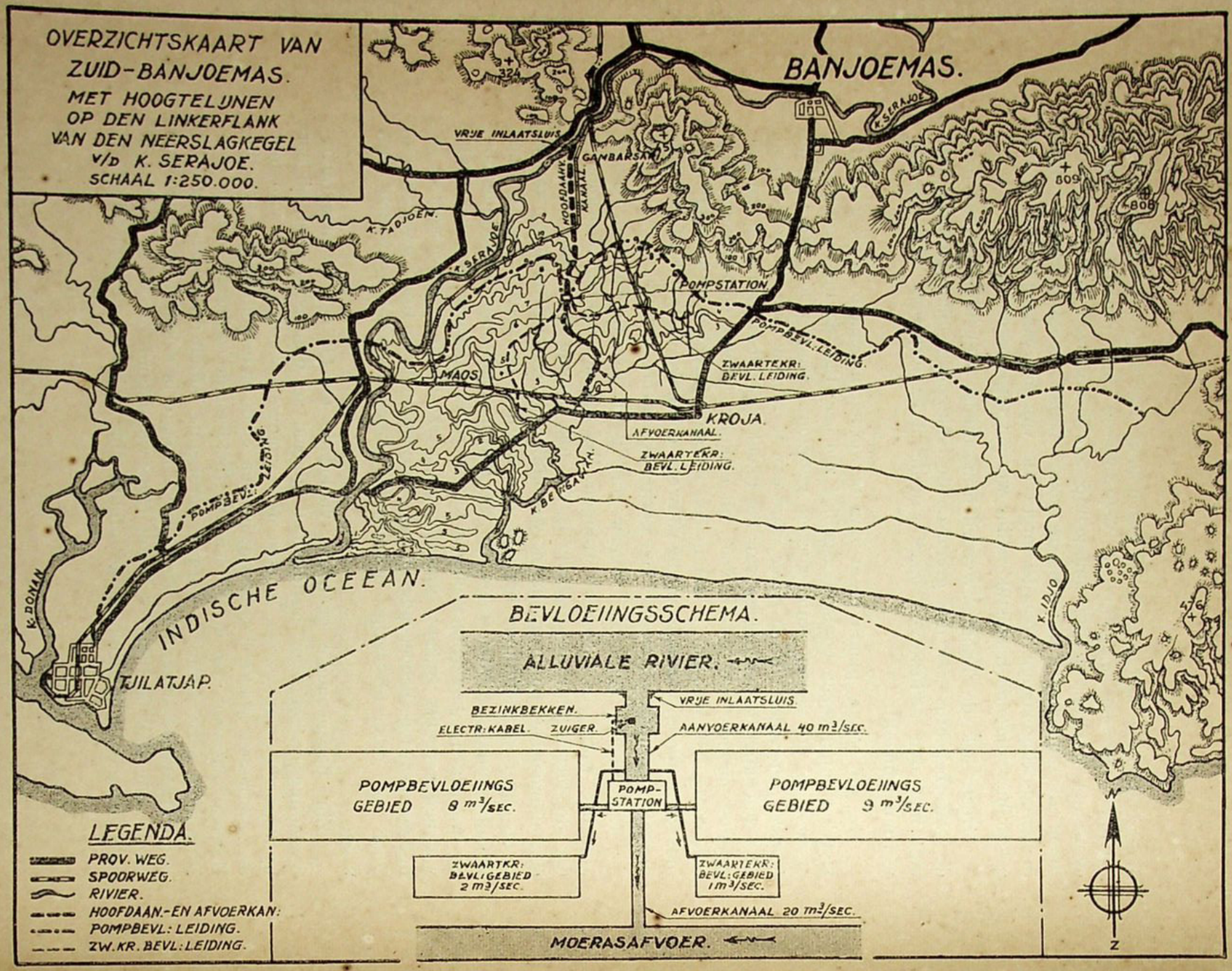

OVERZICHTSKAART VAN
ZUID-BANJOEMAS.
MET HOOGTELIJNEN
OP DEN LINKERFLANK
VAN DEN NEERSLAGKEGEL
V/D K. SERAJOE.
SCHAAL 1:250.000.
BANJOEMAS.
K. SERAJOE
VRIJE INLAATSLUIS
GAMBARSARI
HOOFDAANV. KANAAL
K. TADJOEN
K. SERAJOE
POMPSTATION
POMPBEVL. LEIDING.
ZWAARTEKR: BEVL. LEIDING.
MAOS
KROJA.
AFVOERKANAAL.
ZWAARTEKR: BEVL. LEIDING.
K. BENGAWAN
POMPBEVL.
K. DONAN
INDISCHE OCEEAN.
K. IDJO
TJILATJAP.
BEVLOEIINGSSCHEMA.
ALLUVIALE RIVIER.
BEZINKBEKKEN.
VRIJE INLAATSLUIS
ELECTR: KABEL.
ZUIGER.
AANVOERKANAAL 40 m³/SEC.
POMPBEVLOEIINGS GEBIED 8 m³/SEC.
POMP-STATION
POMPBEVLOEIINGS GEBIED 9 m³/SEC.
ZWAARTKR: BEVL: GEBIED 2 m³/SEC.
ZWAARTEKR: BEVL: GEBIED 1 m³/SEC.
AFVOERKANAAL 20 m³/SEC.
MOERASAFVOER.
LEGENDA.
PROV. WEG.
SPOORWEG.
RIVIER.
HOOFDAAN.-EN AFVOERKAN:
POMPBEVL.: LEIDING.
ZW. KR. BEVL.: LEIDING.
N
Z

FIG. 2.

verband met de veroorzaakte daling van den waterspiegel en voorts rekening moet worden gehouden met het verhang in het aanvoerkanaal. Daar dit debiet bestaat uit de som van het totaal bevloeiingsdebiet en het nog onbekende turbinedebiet, zal de meest economische oplossing in de praktijk vanwege het voorkomen van meerdere onbekenden, tastenderwijze moeten worden benaderd.

De berekening van de te verwachten spiegeldaling in den Westmoesson zal met behulp van een debietkromme weinig moeilijkheden opleveren. De grootte van de daling bij den minimum rivierwaterstand kan als regel door extrapolatie worden gevonden, omdat bij groote bevaarbare rivieren de debieten ook in den Oostmoesson nog belangrijk grooter blijven dan het af te tappen debiet, zoodat het rivierrégime practisch niet zal worden beïnvloed. Is echter het debiet der voedingrivier van zoodanige orde van grootte, dat in den Oostmoesson bij minimale debieten het max. af te tappen debiet slechts weinig kleiner is dan de aanwezige waterhoeveelheid, dan is de mogelijkheid niet uitgesloten, dat de wateronttrekking wel van merkbaren invloed wordt op den plaatselijken waterstand in de rivier. In dit verband is het niet ondienstig te wijzen op het meermalen geconstateerde verschijnsel, dat een uit afwisselend diepe en ondiepe profielen bestaande rivier in den Westmoesson de neiging vertoont uit te schuren in de geulen en op te zanden op de banken, terwijl daarentegen in den Oostmoesson het omgekeerde beeld kan optreden. Wordt nu in den Oostmoesson door wateronttrekking het aanwezige rivierdebiet procentsgewijs zeer sterk verminderd, dan zou in deze periode ook een extra uitschuring van de benedenstrooms liggende zandplaten kunnen optreden. Om de mogelijkheid van een geflatteerde aanname van het rivierpeil tot een minimum te beperken, lijkt het in een dergelijk geval gewenscht een ruime veiligheidsmarge aan te nemen.

Ook in een ander verband is het van belang nogmaals te wijzen op de neiging tot uitschuring van de geulen gedurende den Westmoesson. Het gevaar van een verdere langsuitschuring vóór het front der inlaatsluis is gedurende deze periode niet denkbeeldig. Met het oog hierop zal men moeten rekenen op een voldoende diepe fundeering van den inlaatdrempel, eventueel met behulp van een damwand, waarmede tevens het voordeel wordt bereikt van een verlenging van den stroomweg van kwelwater onder het kunstwerk.

Tot slot moeten nog de waterstanden in den moerasafvoer bij het loozingspunt worden vastgesteld, waarna alle gegevens aanwezig zijn

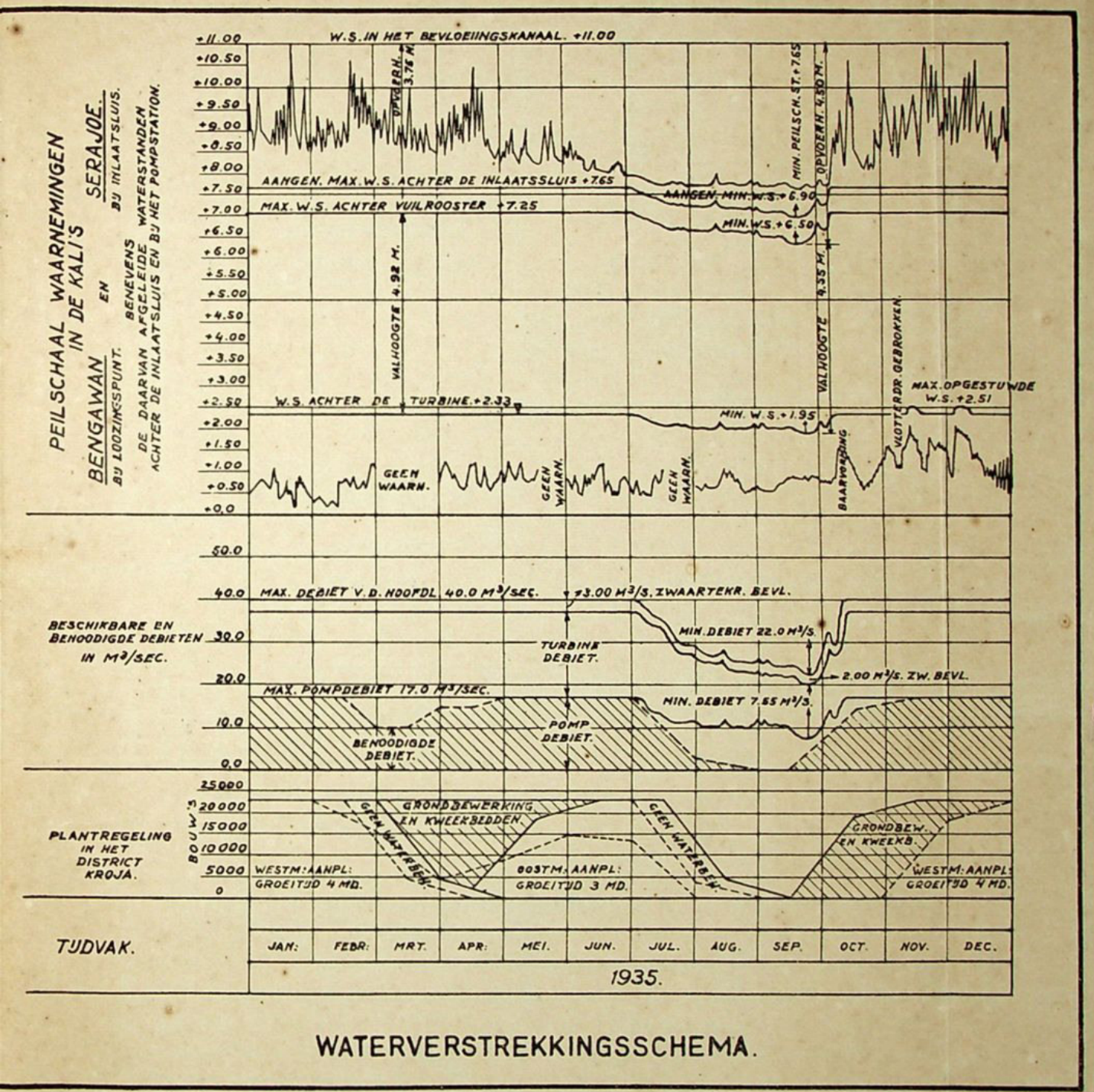
om met behulp van de betrekking: pompdebiet × opvoerhoogte = aggregaatrendement × turbinedebiet × valhoogte, het aan- en afvoerkanaal te dimensioneeren. Een uitgewerkt cijfervoorbeeld van een dergelijke berekening vindt men in § 22. Het eindresultaat is weergegeven in het waterverstrekkingsschema volgens fig. 3, terwijl de afmetingen en de ligging van de kanalen volgen uit fig. 4.

§ 9. *Maatregelen ter beperking van het te verwachten slibbezwaar bij de vrije inlaatsluis.*

De *ligging* van de *vrije inlaatsluis* aan de voedingrivier dient in de eerste plaats zoodanig te worden gekozen, dat ten allen tijde de vrije toestrooming van het water naar het kunstwerk verzekerd is. In verband met de grootte van de rivier zal het vanwege de hooge onderhoudskosten, geen aanbeveling verdienen, te rekenen op extra voorzieningen, bijv. in den vorm van tijdelijke vangdammen, voorkanalen en dergelijke. Is het *beddingprofiel* van de rivier enkelvoudig en de stroomgeul aan weinig veranderingen onderhevig, dan zal wateronttrekking van een deel van het aanwezige rivierdebiet practisch geen moeilijkheden opleveren. De inlaat zal dan op die plaatsen gebouwd kunnen worden, waar de stroomgeul den oever nadert.

Heeft de rivier daarentegen een samengesteld beddingprofiel en ligt de stroomgeul in den drogen tijd op eenigen afstand van den oever, dan kan het benoodigde water van deze geul door middel van een toevoerkanaal in de kalibedding naar de inlaatsluis worden geleid.

Het op breedte en diepte houden van dit kanaal kan met kostelooze energie geschieden met behulp van een nader te bespreken baggervaartuig van de slibzuiveringsinrichting. Ook kan men ertoe overgaan, de inlaat als een pijlerconstructie langs de stroomgeul te bouwen. Het eerste gedeelte van de toevoerleiding zal dan overkluisd moeten worden. Een soortgelijke constructie vindt men bijv. bij het calorische pompstation nabij Sontay aan de Rouge-rivier in Indo-China. Bouwt men op de plaats, waar deze overkluizing eindigt, de slibzuiveringsinrichting, dan zou opslibbing van deze overkluisde kanaalstrekking bijvoorbeeld voorkomen kunnen worden, door de keuze van een zoodanig groot verhang en snelheid in den koker, dat in den Westmoesson — als het slibgehalte van het rivierwater hoog is — geen gelegenheid tot neerslag van vaste stoffen wordt gegeven.




# WATERVERSTREKKINGSSCHEMA.

FIG. 3.

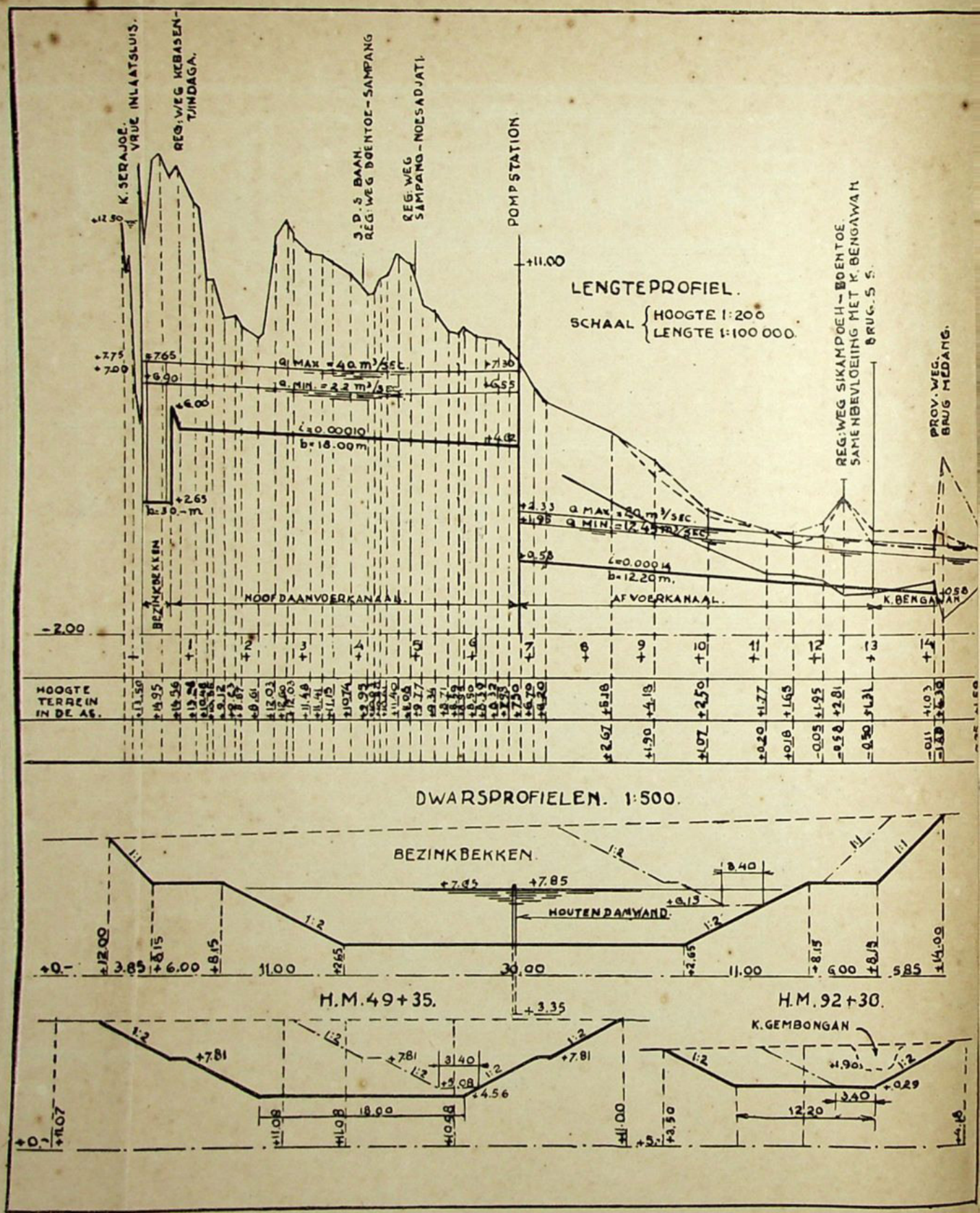

K. SERAJOE. VRIJE INLAATSLUIS.
REG: WEG KEBASEN-TJINDAGA.
J.P.S. BAAN. REG: WEG BOENTOE-SAMPANG
REG: WEG SAMPANG-NOESADJATI.
POMPSTATION.
+11.00
LENGTEPROFIEL.
SCHAAL { HOOGTE 1:200 LENGTE 1:100 000.
REG: WEG SIKAMPOEH-BOENTOE. SAMENBEVLOEIING MET K. BENGAWAN
BRUG S.S.
PROV. WEG. BRUG MEDANG.
+2.75
+7.00
+7.65
+6.90
Q MAX = 40 m³/SEC.
Q MIN = 2.2 m³/SEC.
i = 0.00010
b = 18.00 m
+2.65
B = 30.- m
BEZINKBEKKEN
HOOFDAANVOERKANAAL.
+2.33
+1.98
Q MAX = 80 m³/SEC.
Q MIN = 12.45 m³/SEC.
i = 0.00014
b = 12.20 m.
AFVOERKANAAL.
K. BENGAWAN
-2.00
HOOGTE TERREIN IN DE AS.
DWARSPROFIELEN. 1:500.
BEZINKBEKKEN.
+7.85
+7.65
+8.40
+8.13
HOUTEN DAMWAND.
1:2
1:1
+12.00
+8.15
+6.00
11.00
30.00
5.85
H.M. 49+35.
+3.35
+7.81
3.40
+5.08
+4.56
18.00
+11.00
H.M. 92+30.
K. GEMBONGAN
+1.90
+0.29
3.40
12.20
+3.50

FIG. 4.

Is deze opzet niet wenschelijk door opoffering van te veel verval, dan zou een verdeeling van de overkluizing in meerdere kokers overwogen kunnen worden. Periodieke spuiing van elken koker is dan mogelijk door het volle debiet door één koker te leiden. Sluit men de overige kokers tegelijkertijd af, dan is het totale aftapdebiet beschikbaar, zoodat zonder wateroverlast een spuisnelheid kan worden opgewekt, welke een veelvoud bedraagt van de normale snelheid en die groot genoeg kan zijn om de afgezette stoffen te verwijderen.

Voorts lijkt het in verband met den eisch eener goed verzekerde watervoorziening van belang te wijzen op de te verwachten verandering, die het lengteprofiel van de rivierstrekking benedenstrooms van de vrije inlaatsluis in den loop der tijden kan ondergaan. Bij de hiertelande gebouwde vrije inlaatsluizen is meermalen een uitschuring van deze rivierstrekking geconstateerd, waardoor de aanleg van hulpdammen noodzakelijk bleek. Deze uitschuring is zeer wel te verklaren, indien men bedenkt, dat nagenoeg alle belangrijke vrije inlaatsluizen ten behoeve van een zwaartekrachtbevloeiing aan den *bovenloop* van een rivier zijn gebouwd. Hierboven is uitvoerig uiteengezet, hoe zeer het klimaat hiertelande het uitschuringsproces van dezen bovenloop in *de hand werkt.* Aan den anderen kant zal echter het lengte-profiel van den *benedenloop* van de geologisch jonge rivieren nog in sterke mate stijgen. Nu zullen de vrije inlaatsluizen, die als onderdeel van een hydraulisch plan worden aangelegd, juist altijd aan dezen zich ophoogenden benedenloop komen te liggen, zoodat de vrees voor uitschuring van de benedenstroomsche rivierstrekking, bij deze categorie vrije inlaatsluizen, in het algemeen niet gegrond lijkt.

Naast de kwestie van de verzekerde watervoorziening, verdient het vraagstuk, op welke wijze het binnendringen van vaste stoffen door den inlaat kan worden beperkt, de volle aandacht. De talrijke onderzoekers, die dit probleem hebben onderzocht, hebben zich bij hun proeven in hoofdzaak bepaald tot het type inlaatsluis, dat aan den rivieroever is gebouwd. Geeft Habermaas waardevolle aanwijzingen omtrent de ligging van de inlaatsluis t.o.v. rivierbochten, waarbij speciaal de ligging vlak na een buitenbocht wordt geprefereerd, Schoklitsch, Bulle en Sokolov hebben meer in het bijzonder hunne aandacht gegeven aan de meest gewenschte grootte van den aftaphoek. Een belangrijke rol speelt hierbij de verhouding van de afgetapte waterhoeveelheid tot het aanwezige rivierdebiet. Het zou te ver voeren de talrijke richtlijnen op te sommen; volstaan wordt met de vermelding van één van de meest

waardevolle aanwijzingen van Schoklitsch, waartegen door toenmalige onbekendheid, dikwijls gezondigd is bij den bouw van oude irrigatie-werken:

„Ein Entnahmewinkel von $\alpha = 90°$ ist bei Entnahme aus dem Flusze unter allen Umständen falsch".

Wat den *vorm* van de *inlaatsluis* betreft, wordt het volgende opgemerkt. Er zijn gevallen waarbij vóór de eigenlijke inlaatsluis, (waarin de afsluitmiddelen zijn ondergebracht) een soort scherm wordt geplaatst. Dit scherm bestaat somtijds uit een frontmuur met één of meerdere openingen onder water, zooals bijvoorbeeld bij de voorgestelde inlaatsluis aan de Aer Klingi in de Residentie Palembang, somtijds uit een stapeling van schotbalken, waarvan de hoogte in overeenstemming wordt gehouden met den buitenwaterstand, zooals bijvoorbeeld bij de vrije inlaatsluis aan de K. Progo, ten behoeve van de Kebononganbevloeiing.

Een meer compact en dikwijls goedkooper geheel is te verkrijgen, indien het bovenbedoelde scherm wordt weggelaten en de inlaatsluis direct aan den rivieroever wordt gebouwd. Een dergelijke constructie is bijv. voorgesteld voor de aftapsluis ten behoeve van de Serajoebevloeiing, (zie fig. 5).

Bijzondere aandacht dient daarbij te worden besteed aan de bepaling van de hoogteligging van den inlaatdrempel. Met het oog op het slib- en zandbezwaar verdient het aanbeveling den drempel zoo hoog mogelijk te ontwerpen, waartegenover een verzekerde wateraanvoer juist als eisch stelt een lagen drempel, omdat door het ontbreken van een stuw het regelen van den buitenwaterstand niet mogelijk is. Bij de inlaatsluis aan de K. Serajoe werd deze moeilijkheid opgelost door op den laag ontworpen vasten drempel een beweegbaren bovendrempel te projecteeren. zoodat bij hooge rivierstanden aftapping van het oppervlaktewater steeds mogelijk blijft. Deze beweegbare bovendrempel, die tevens als afsluitorgaan dienst doet, kan bestaan uit een meerdeelige schuif dan wel uit een draaibare klep, waarvan het draaipunt op den vasten drempel ligt. Het bezwaar van onder-water-liggende draaipunten kan worden ondervangen door de toepassing van mesopleggingen, terwijl de zekerheid tegen afglijden kan worden gewaarborgd door de aseinden van scharnieren te voorzien, die normaal geheel vrijloopen. Als een voordeel van deze kleppen kan voorts worden aangemerkt de goedkoope constructie der windwerken en de mogelijkheid van een min of meer ruwe debietmeting. Opslibbing achter de kleppen is niet te verwachten vanwege de woelingen, welke worden veroorzaakt door het neerstortende water bij opgetrokken stand in den Westmoesson.

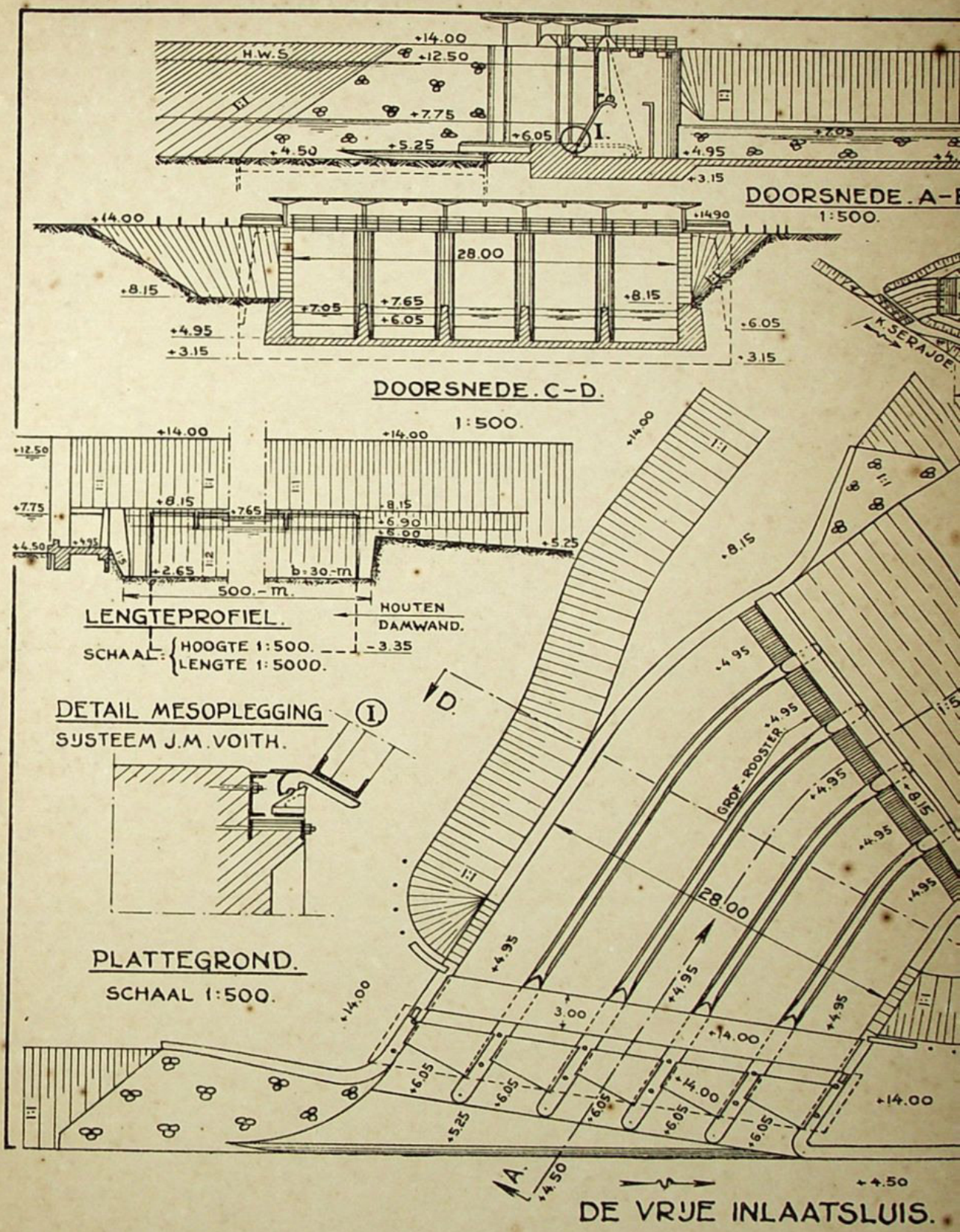
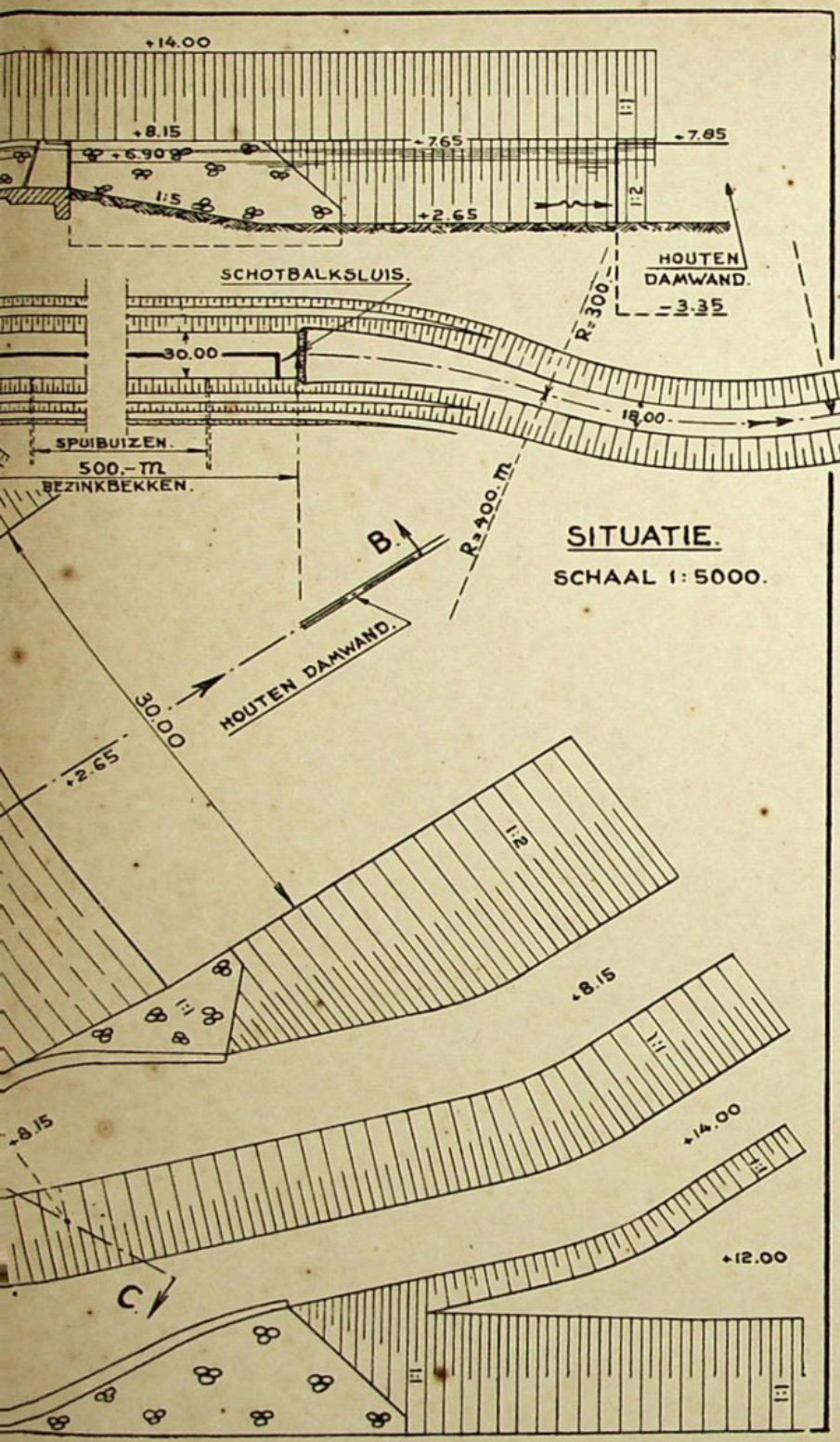

H.W.S.
+14.00
+12.50
+7.75
+6.05
+5.25
+4.50
+4.95
+3.15
I.
1:1
DOORSNEDE. A-B
1:500.
+14.00
+14.90
28.00
+8.15
+7.05
+7.65
+6.05
+4.95
+3.15
K. SERAJOE
DOORSNEDE. C-D.
1:500.
+12.50
+7.75
+4.50
+2.65
b=30-m.
500.-m.
+6.90
+6.00
LENGTEPROFIEL.
SCHAAL: HOOGTE 1:500. LENGTE 1:5000.
HOUTEN DAMWAND.
-3.35
DETAIL MESOPLEGGING (I)
SYSTEEM J.M. VOITH.
D.
PLATTEGROND.
SCHAAL 1:500.
GROF-ROOSTER
3.00
A.
DE VRIJE INLAATSLUIS.

FIG. 5.




## SITUATIE.

SCHAAL 1:5000.

Van veel belang is het opslibbingsgevaar vóór den drempel van de vrije inlaatsluis, omdat volgens de proeven van Schaffernak de afroomende werking van den drempel hierdoor in ongunstigen zin wordt beïnvloed. Men tracht dikwijls deze opslibbing, welke voornamelijk door afzetting van sleepmateriaal ontstaat, te beperken door het uitbouwen van een horizontale plaat aan den drempel. In die gevallen echter, waar de ligging van dezen drempel ten opzichte van den rivierbodem laag is, is het effect gering, omdat de kleine ruimte onder deze luifel spoedig volslibt. Deze opslibbing kan niet door spuien worden verwijderd wegens het ontbreken van een spuisluis in de rivier.

Ook de door Thürnau voorgestelde beweegbare duikplaatconstructie vóór den drempel schijnt slechts goed te werken, indien een voldoende krachtige spuistroom kan worden opgewekt.

In normale gevallen kunnen deze plaatconstructies dan ook worden weggelaten. Van veel belang is echter het tegengaan van doode hoeken vóór de inlaatsluis ter voorkoming van afzetting van sleepstoffen. Met behulp van een modelonderzoek kan vooraf het stroombeeld worden gecontrôleerd. Voor meerdere bijzonderheden wordt verwezen naar § 23.

Door bovenstaande uiteenzetting is n.h.v. voldoende duidelijk de mogelijkheid aangetoond, om in het algemeen, met behulp van experimenteel onderzoek en met inachtname van de door verschillende onderzoekers ontwikkelde richtlijnen, een vrije inlaatsluis te ontwerpen, die op bevredigende wijze de intrede van grovere vaste sleepstoffen zal kunnen tegengaan.

§ 10. *De mechanische verwijdering van de in het slibbekken afgezette vaste stoffen.*

Kan in het algemeen de intrede door de inlaatsluis van een groot deel der door de rivier aangevoerde vaste *sleepstoffen* wel worden tegengegaan, niet voorkomen kan worden, dat groote hoeveelheden *zweefstoffen* de inlaatsluis binnendringen. Van deze zweefstoffen, die vooral bij jonge alluviale rivieren gedurende den Westmoesson in groote hoeveelheden kunnen voorkomen, moet om de volgende redenen een belangrijk deel uit het afgetapte water worden verwijderd:

1e doordat de stroomsnelheid in de leidingen veel kleiner is dan die in de rivier, zal slechts een kleine hoeveelheid ervan in suspensie blijven, terwijl de rest noodzakelijkerwijze tot bezinking zal komen, met als onaanvaardbaar gevolg een *verkleining van de leidingcapaciteit;*

2e een groot slibtransport vergroot eenigszins het minimaal toelaatbare verhang der kanalen, waardoor bij bevloeiing van eenzelfde oppervlakte een *grootere opvoerhoogte* der pompen, en dus meer energie vereischt wordt. Daarbij komt nog, dat tevens de beschikbare valhoogte kleiner wordt, zoodat de *hoeveelheid turbinewater in progressieve mate* moet worden *vergroot;*

3e de aanwezigheid van vaste, scherpe stoffen in het water verhoogt de *slijtage* der *machines,* waardoor de levensduur der aggregaten wordt verkleind.

Deze slibzuivering zal echter als regel niet te intensief mogen worden doorgevoerd, omdat van landbouwzijde juist prijs wordt gesteld op den aanvoer in gepaste hoeveelheid van vruchtbaar slib op het veld. In het algemeen zal men dus hebben rekening te houden met een zoodanige zuivering, dat slechts de grovere scherpe stof- en zanddeeltjes uit het water worden verwijderd.

Deze zuivering geschiedt in een bezinkbak. Bij de dimensioneering van dezen bak speelt echter niet alleen een rol de *vereischte graad van zuivering,* (die in hoofdzaak maatgevend is voor de keuze van de stroomsnelheid in het bekken en den bezinktijd), doch ook de kwestie van de vereischte *continuïteit in de waterverstrekking.* Deze laatste factor kan bij gelijke spuitijden maatgevend zijn voor de grootte van de bergruimte in het bekken. In het algemeen kan voor uitsluitende bevloeiingswerken worden aangenomen, dat een onderbreking van de bevloeiing, gedurende tijden, dat het water in de rivier sterk slibhoudend is, wel toegelaten kan worden, omdat deze periode meestal samenvalt met regenrijke dagen. Bij waterkrachtwerken met als eisch, een groote bedrijfszekerheid in verband met de ononderbroken energievoorziening, moet doorloopend water kunnen worden afgetapt, hoe groot het slibgehalte van de rivier ook is. De in verband hiermede te treffen speciale voorzieningen, zooals dubbele uitvoering van de bezinkinrichting, continu spuiing enz., kunnen dus bij zuivere irrigatiewerken zonder bezwaar achterwege worden gelaten.

Nu kan het hydraulisch pompplan in eersten aanleg wel als een zuiver bevloeiingswerk worden beschouwd. Bij verderen uitbouw, waarover meer in hoofdstuk VIII, is echter de kans niet uitgesloten, dat juist gedurende de regenperiode, als het rivierwater zwaar met slib is bezwangerd, bij het pompstation energie moet worden opgewekt om pompgemalen aan te drijven, ter verbetering van den afwateringstoestand.

In dat geval zal dus wel rekening zijn te houden met een *continu waterverstrekking*.

Op welke wijze zal nu het afgezette slib uit het bezinkbekken verwijderd kunnen worden? Toepassing van de normale spoelmethode is bij een vrije aftapsluis aan een rivier met klein verhang uitgesloten, vanwege de afwezigheid van voldoend verval. Men zou eventueel een spoeling van den slibzak in tegengestelde richting kunnen overwegen door het opgepompte water van het pompstation via een op hoog niveau gelegen parallelkanaal naar het bezinkbekken terug te leiden. Daar de watervoorziening van het pompstation tijdens deze spuiing niet kan worden onderbroken, zou dan een verdeeling van het bezinkbekken in meerdere gedeelten noodzakelijk zijn. Het is echter duidelijk, dat een dergelijke spoelinrichting wel duur in aanleg zou zijn en daarom in het onderhavige geval liever moet worden vermeden.

De aanwezigheid van een groote hoeveelheid waterkracht bij het pompstation heeft steller dezes op het denkbeeld gebracht, de slibverwijdering langs mechanischen weg te bewerkstelligen. Men zou een klein deel van deze waterkracht in electrische energie kunnen omzetten en deze door middel van een kabel naar het bezinkbekken kunnen leiden. Met behulp van een electrisch aangedreven graaf- of baggerwerktuig zou dan het afgezette slib uit een geheel onbekleed bezinkbekken mechanisch verwijderd kunnen worden zonder gebruikmaking van brandstof. Inderdaad is deze oplossing bij nadere uitwerking (zie paragraaf 23) economisch uitvoerbaar gebleken, zelfs ook in die gevallen, waarbij aan de slibzuivering zeer hooge eischen zijn gesteld, zooals o.a. bij het Serajoeplan in verband met de aanwezigheid, gedurende vele dagen per jaar, van schadelijke fijne slibdeeltjes.

Het bezinkbekken zal zoo mogelijk vlak achter den inlaat worden aangelegd, terwijl een rechtlijnige as aan te bevelen is. Omdat bekleeding van oevers en bodem achterwege kan blijven, zal de doorsnede als regel trapeziumvormig zijn. De grootte en de lengte van het bekken worden hoofdzakelijk bepaald door de vereischte graad van slibverwijdering, de continuïteit in de waterverstrekking, het gehalte aan en de granulaire samenstelling der vaste stoffen en tenslotte door de capaciteit van de baggermachine.

Met betrekking tot de inrichting van deze machine wordt het volgende opgemerkt. Voor het mechanisch ontgraven en verwijderen van slib of in het algemeen van grond, staan verschillende werktuigen ten dienste. Men onderscheidt twee hoofdgroepen, de *graafmachines* of excavatoren, die in het droge werken en de drijvende *baggermachines*.

Tot de eerste groep behooren o. a. :

A *de graafmachine met één bak,* w.o. de grijpmachine, de lepelbagger (stoomschop) en de graafkraan met sleepemmer (dragline) en

B *de graafmachines met emmerladder.*

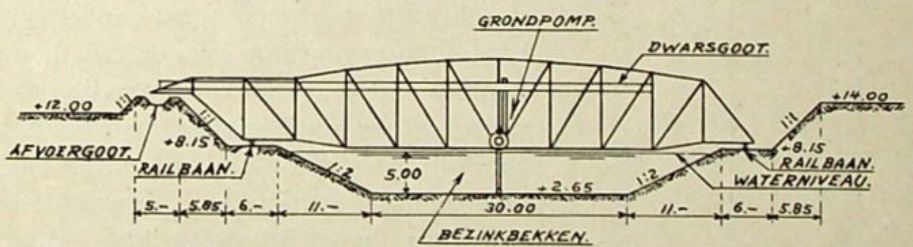
Het nadeel van de machines behoorende tot categorie A is de intermitteerende werking, omdat slechts een werktuig met één bak ten dienste staat. Waar het hier gaat om de verwijdering van zeer groote hoeveelheden materiaal per tijdseenheid, (bij het Serajoeplan 520 ton droog slib per uur, zie § 23) zou de aanschaffing van meerdere eenheden noodzakelijk zijn. De grijpmachine en de lepelbagger zouden in het onderhavige geval bovendien uitgerust moeten worden met zeer lange en daardoor onhandelbare hijscharmen. De graafmachines van de categorie B kunnen wel continu werken, terwijl de kraan of transportbrug niet omgezwaaid behoeft te worden, zoodat oplegging op den anderen oever eventueel ook mogelijk is. Een ander bezwaar is de ernstige verstoring van het bezinkproces door de woelingen, die de bewegende emmers in het water veroorzaken. Is de grond bovendien weinig draagkrachtig, dan zou het groote gewicht van de graafmachine de standzekerheid van het onbeschermde talud in gevaar kunnen brengen.

Bij de tweede hoofdgroep, de baggermachines, waarbij de graafwerktuigen gemonteerd zijn op een drijvende bak, zijn evenals bij de eerste hoofdgroep te onderscheiden de categorie A : het *één-bak-systeem* en de categorie B : de *emmerbaggermachines.* Daarnaast treft men nog aan categorie C : de *zuigbaggers* (hydraulic dredge). Ook bij deze hoofdgroep kan wegens de intermitteerende werking categorie A buiten beschouwing worden gelaten. Daar bij de drijvende emmerbaggermachines (categorie B) in vergelijking met de andere constructie een kleiner deel van de emmerladder ondergedompeld is, zal de *verstoring* van het bezinkproces ook van kleiner afmetingen zijn. Nog veel gunstiger onderscheidt zich in dit opzicht de zuigbagger. De veroorzaakte woelingen worden bij dit werktuig direct afgezogen. Bovendien is volgens Paulmann und Blaum voor het verwijderen van versch neergeslagen slib geen snijkop (cutter) noodig, zoodat woelingen slechts in zeer beperkte mate zullen optreden.

Het *transport* van de baggerspecie naar de op eenigen afstand van het bekken gelegen rivier geschiedt bij de emmerbaggermachine òf door middel van een transportband via een parallel aan de rivier gegraven afvoerkanaal òf met behulp van een perspomp, waarbij de specie door toevoeging van spoelwater geschikt gemaakt wordt voor vervoer.

Bij den zuigbagger geschiedt dit transport op nog eenvoudiger wijze, omdat de grondpomp tevens als perspomp kan worden ingericht, zoodat de baggerspecie slechts één werktuig heeft te passeeren.

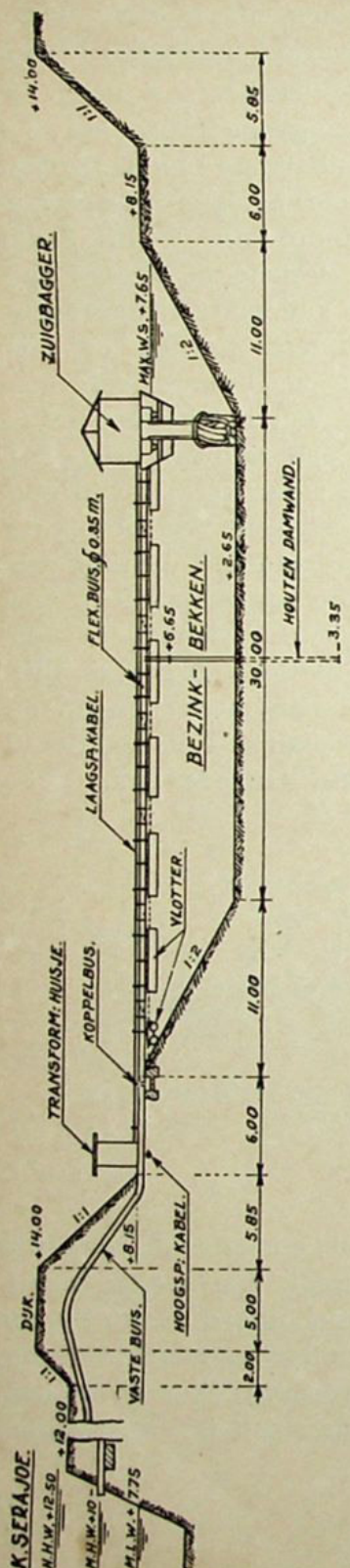
Op grond van deze overwegingen wordt de zuigbagger dan ook het aangewezen type geacht om het neergeslagen slib langs mechanischen weg uit het bezinkbekken te verwijderen. Het voornaamste constructie-onderdeel van den zuigbagger is de grondpomp, die in dit geval aangedreven zal worden door een electromotor. Bestaan de oevers van het bekken uit goeden draagkrachtigen grond, dan kan het pompaggregaat inplaats van op een drijvende bak ook gemonteerd worden op een loopkat, die over een brugkraan kan rijden. Deze kraan heeft een overspanning die grooter is dan de spiegelbreedte van het bekken en is opgelegd op twee rolwagens, die gelijktijdig over een railbaan langs het bekken kunnen worden voortbewogen. Teneinde zeker te zijn van een evenwijdige verplaatsing van de kraan, kan de electrische voortbeweging der wagens bij groote overspanningen worden geregeld met behulp van een z.g. „electrische as". De grondpomp stort de baggerspecie in een aan de kraan hangende dwarsgoot, welke laatste uitmondt in een evenwijdig aan het bekken loopende afvoergoot. Een dergelijke slib-zuiveringsinstallatie werd uitgevoerd bij de waterkrachtwerken uit de *Loup-Rivier* in Noord-Amerika. Voor het Serajoeplan is schetsmatig in fig. 6 de constructie van een soortgelijke installatie aangegeven.




SCHETS VAN EEN SLIBZUIVERINGSINSTALLATIE MET OP LOOPKRAAN GEMONTEERDE GRONDPOMP.
SCHAAL 1:1000.

FIG. 6.

In de volgende paragraaf zal o.m. worden aangetoond, dat het financieele voordeelen geeft, om reeds bij den aanleg van het aan- en afvoerkanaal gebruik te maken van dezelfde baggermachine, die later tijdens de exploitatie den neerslag uit het bezinkbekken zal hebben te verwijderen. Zou nu als zuiveringsinstallatie de oplossing worden gekozen, waarbij de grondpomp op een loopkraan is gemonteerd, dan zou ter weerszijden




SLIBZUIVERINGSINSTALLATIE MET DRIJVENDE ZUIGBAGGER.
SCHAAL 1:500.

FIG. 7.

van het tracé van het aan- en afvoerkanaal een railbaan aangelegd moeten worden, waarlangs de zware kraan verreden zou moeten worden. De bezwaren aan deze oplossing verbonden zijn in de eerste plaats de vrij hooge aanlegkosten en in de tweede plaats moet de grond langs de geheele leiding voldoende draagkrachtig zijn om, zonder kans op afschuiving van de taluds, de groote oplegdrukken te kunnen opnemen. In een sedimentatiegebied van een alluviale rivier zal echter wel zeer zelden aan dezen laatsten eisch voldaan kunnen worden. Blijft men echter prijs stellen op het gebruik maken van dezelfde baggermachine voor den leidingaanleg, dan zal dus als zuiveringsinstallatie de *drijvende* grondpomp aangewezen zijn, dus de normaal geconstrueerde *zuigbagger*. Uiteraard zal deze baggermachine dan voorzien moeten worden van enkele hulpwerktuigen, waaronder een snijkop of cutter, om haar ook geschikt te maken voor de ontgraving van vasten ongeroerden grond. Ofschoon deze snijkop later voor de verwijdering van versch afgezet slib niet zal worden gebruikt, zou hij in voorkomende gevallen eventueel nog dienst kunnen doen om samengekitte gedeelten weer los te snijden. Een direct aanslaan van de grondpomp kan worden verkregen door het pomphuis in de ponton gedeeltelijk onder het niveau van het buitenwater te leggen.

De baggerspecie kan naar de rivier worden geperst door een persbuizenstelsel, dat voor een deel bestaat uit een flexibele drijvende buis en voorts uit enkele in den oever gelegde spuibuizen (zie fig. 7). Het

aantal van deze vaste spuibuizen is afhankelijk van de lengte van de flexibele buis en van de lengte van het bezinkbekken. Het binnendringen van bandjirwater uit de rivier kan worden tegengegaan door de vaste spuibuizen als hevels uit te voeren.

Het verhalen van den zuigbagger (snijkop buiten bedrijf) kan geschieden met behulp van enkele op het vaartuig gemonteerde lieren en met kabels, die aan ducdalven c.q. ankerblokken kunnen worden bevestigd.

Om een indruk te geven van de grootte van het vereischte aandrijfvermogen van den zuigbagger zij vermeld, dat bij het Serajoeplan (zie § 23) noodig zou zijn 200 pk electrische energie.

Voor de opwekking van deze energie, zal bij het pompstation een zekere waterhoeveelheid gereserveerd moeten worden, waarbij nog moet worden opgeteld het verlies aan perswater. Bij het evengenoemde bevloeiingsplan bijv. zou voor de slibzuivering noodig zijn 5 $m^3$/sec of 1/8 van het afgetapte Westmoessondebiet. Nu zal het als regel niet noodig zijn deze waterhoeveelheid in haar geheel te onttrekken aan het normale hoofdleidingdebiet, omdat het rivierpeil in deze slibrijke periode in het algemeen hooger ligt dan den als uitgangspunt voor de berekening van het leidingstelsel aangenomen normalen Westmoesson-waterstand. Het aftappen van een extra schijf-water van bijv. 20 cm speciaal voor de voeding van den turbo-generator gedurende den tijd, dat de baggermachine in bedrijf is, zal dan ook wel steeds mogelijk blijken. Wenscht men echter geen enkel risico te nemen, dan staat in ieder geval de mogelijkheid open het kanaal een ruimer profiel te geven.

In algemeene lijnen is hiermede voor het hydraulisch pompsysteem de oplossing aangegeven van het slibzuiveringsprobleem. Voor verdere bijzonderheden moge worden verwezen naar het nader uit te werken concrete voorbeeld in § 23.

§ 11. *Het voorgestelde ontgravingssysteem voor het hoofdkanalenstelsel.*

Ligt het hoofdkanaal bij bevloeiing uit den benedenloop van een alluviale rivier zoowel bij toepassing van een beweegbare stuw als van een calorisch- of electrisch-pompstation slechts weinig lager dan het maaiveld, bij het hydraulisch pompsysteem ligt de waterspiegel over een groote strekking van het hoofdaanvoer- en afvoerkanaal vrij diep onder het terreinoppervlak. De hoeveelheden te ontgraven grond zijn bij de laatste oplossing dan ook aanzienlijk grooter (bij het Serajoeplan

bijv. zeven maal zoo groot; verg. § 24). De aanlegkosten van het nieuwe systeem worden bijgevolg in niet geringe mate beïnvloed door de grootte van den post grondverzet. Zou de ontgraving geheel uit de hand moeten worden verricht, dan zou speciaal in de Buitengewesten vanwege het geringe aanbod van werkkrachten en het hooge koelieloon, de mogelijkheid niet zijn uitgesloten, dat deze post onevenredig zwaar op de aanlegkosten zou drukken.

Waar het hier echter gaat om de ontgraving van groote geconcentreerde hoeveelheden grond, dringt, zooals reeds werd opgemerkt, de vraag naar voren of het grondverzet niet goedkooper langs mechanischen weg kan worden verricht met behulp van een baggermachine. Men zou dan tevens vrij onafhankelijk komen te staan tegenover het arbeidersvraagstuk, hetgeen vooral in de Buitengewesten van niet te onderschatten beteekenis is.

Bij nadere beschouwing blijkt dan bovendien, dat de omstandigheden voor het verrichten van mechanisch grondverzet speciaal bij uitvoering van het hydraulisch pompsysteem met electro-mechanische slibverwijdering, bij uitstek gunstig zijn.

In de eerste plaats is dit het geval voor den post *afschrijving*. In het algemeen wordt bij langjarig bedrijf voor de afschrijving per jaar in rekening gebracht een zeker percentage van de aanschaffingskosten. Deze gedragslijn kan hiertelande bij den aanleg van irrigatiewerken door het Gouvernement niet altijd gevolgd worden, omdat van langjarig bedrijf meestal geen sprake is. Na de beëindiging van een bepaald werk, waarvoor de baggermachine is aangeschaft, heeft men als regel niet direct emplooi voor deze machine en moet zij (ofschoon nog lang niet versleten) voor onbepaalden tijd worden opgeslagen. De afschrijving zal in deze gevallen dan ook voor de volle 100 % ten laste van dat bepaalde werk moeten komen en soms een belangrijk deel uitmaken van de totaalkosten. Een in § 24 nader te ontwikkelen analyse bijvoorbeeld zal aantoonen, dat onder de omstandigheden, zooals die zich voordoen bij het Serajoeplan en bij toepassing van het hydraulisch pompsysteem de kosten van rente en afschrijving — uitgaande van de veronderstelling, dat algeheele afschrijving plaats heeft — per $m^3$ $5\,^1/_2$ cent zouden bedragen.

Bij het hydraulisch pompsysteem met mechanische slibverwijdering nu is algeheele afschrijving niet noodig, omdat men voor het grondverzet gebruik kan maken van dezelfde baggermachine, die later bij de exploitatie dienen zal voor de verwijdering van het afgezette slib uit het

bezinkbekken. Bij het volgen van deze werkmethode zal dus de baggermachine een onderdeel worden van de hoofdwerken, zoodat algeheele afschrijving ten laste van het mechanische grondverzet achterwege zal kunnen blijven. In de plaats daarvan kan voor rente en afschrijving slechts een bepaald percentage van de aanschaffingskosten in rekening worden gebracht. De werktuigen, die speciaal aangeschaft zijn om de baggermachine geschikt te maken voor het verzetten van ongeroerden grond, zooals de cutter, het waterkanon enz., komen uiteraard wel geheel ten laste van het grondverzet.

De op deze wijze te verkrijgen kostenbesparing op den post rente en afschrijving zal als regel niet onbelangrijk zijn. Bij het evengenoemde bevloeiingsvoorbeeld zou deze post van $5\,^1/_2$ cent per $m^3$ teruggebracht kunnen worden tot $3\,^1/_2$ cent per $m^3$ (zie de analyse in § 24), waardoor in totaal een besparing wordt verkregen van *f* 33.000,—.

In de tweede plaats zal door het volgen van een bepaalde werkwijze bij de ontgraving van het hoofdkanalenstelsel van het hydraulisch pompsysteem ook op *het brandstofgebruik* besparing kunnen worden verkregen. Deze post is bij calorische aandrijving van de baggermachine voor het Serajoeplan volgens § 24 te stellen op 4 cent per $m^3$.

In de vorige paragraaf is het denkbeeld ontwikkeld de baggermachine tijdens het verwijderen van het afgezette slib uit het bezinkbekken aan te drijven met hydro-electrische energie. Deze goedkoope energievoorziening voor oogen houdend, zal thans worden nagegaan, of het niet mogelijk is met voordeel de waterkrachtopwekking te vervroegen tot een zoodanig tijdstip, dat hiervan nog geprofiteerd kan worden bij de ontgraving van een deel van het kanalenstelsel. Deze vraag zal in beschouwing worden genomen voor het geval, dat bij de ontgraving de volgende werkwijze wordt gevolgd:

De mechanische ontgraving wordt begonnen met calorische aandrijving voor een klein kanaalprofiel langs het tracé van het hoofd-aan- en afvoerkanaal. Dit profiel behoeft slechts zoo groot te zijn, dat juist voldoende bedrijfswater voor de kleine turbine (die de generator aandrijft) via de vrije inlaatsluis kan worden aangevoerd. In de dwarsprofielen van fig. 4 zijn deze beginprofielen aangegeven en in fig. 8 het geheele werkschema.

Door nu deze turbogenerator in bedrijf te stellen, kan de electrische energie worden benut om de ontgraving van het hoofdkanalenstelsel tot het gewenschte eindprofiel mechanisch te voltooien. Voor de beschik-

baarstelling van deze energie langs de kanalen zou eveneens gebruik gemaakt kunnen worden van de in de toekomst benoodigde hoogspanningskabel met de bijbehoorende electrische apparatuur.

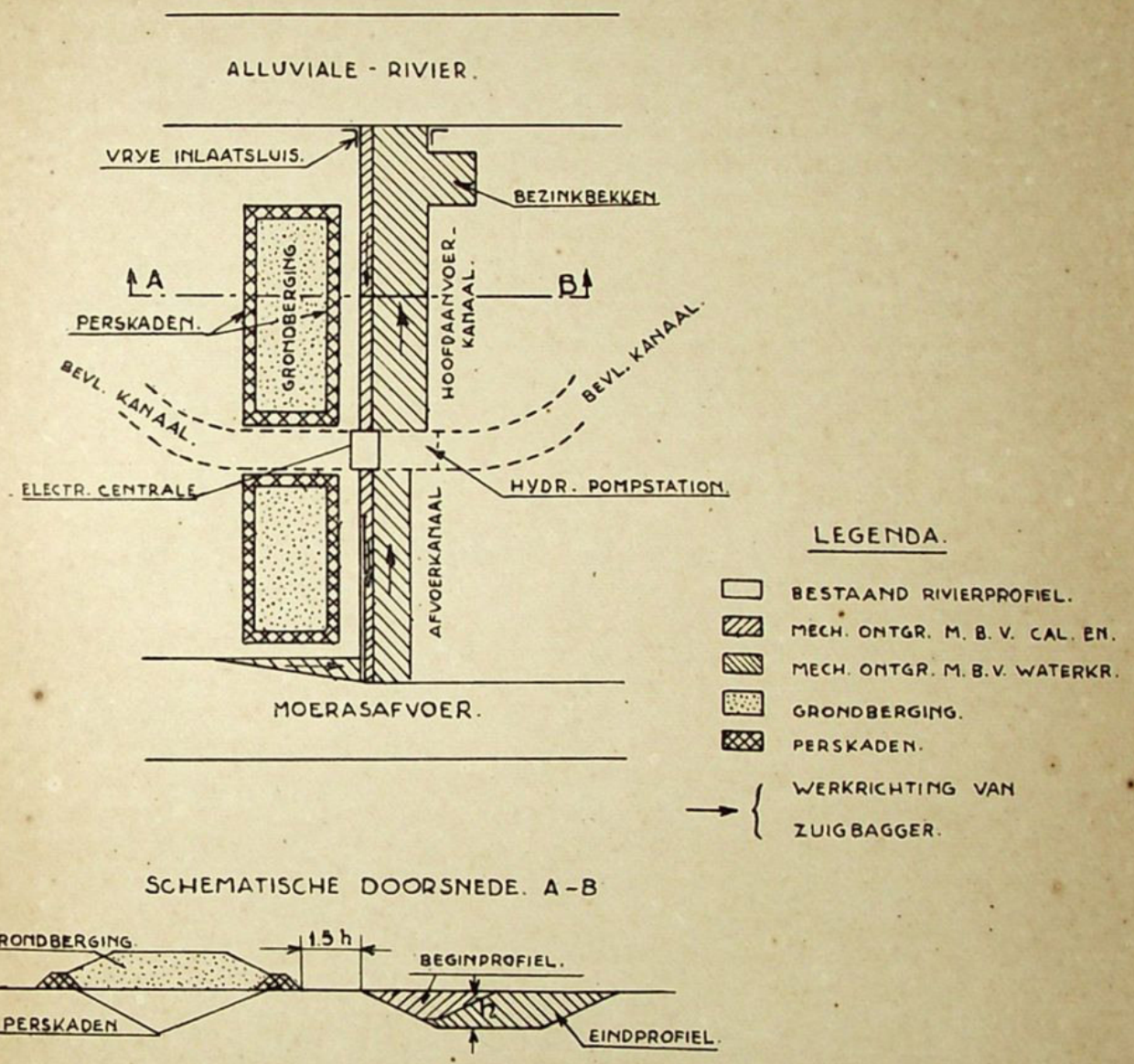
Uiteraard zal de post „brandstofgebruik" bij deze werkwijze niet tenvolle kunnen worden uitgeschakeld, omdat daarvoor in de plaats treden: rente en afschrijving van de electro-mechanische inrichting en de kosten van bediening en onderhoud hiervan. In het algemeen zullen deze kosten echter belangrijk lager zijn dan de brandstofkosten. Volgens de analyse in § 24 bijvoorbeeld, zou voor het Serajoeplan de hydro-electrische energie voor 2 cent per $m^3$ zijn te verkrijgen, dus voor de helft van de kosten van calorische energie. Daar in het bedoelde voorbeeld volgens deze werkmethode 63 % van het totaal grondverzet, zijnde 1.200.000 $m^3$ op goedkoopere wijze ontgraven zou kunnen worden, zou de bezuiniging op dezen post *f* 24.000,— bedragen.

Het is duidelijk, dat bij deze werkwijze getracht moet worden het met calorische energie te ontgraven beginprofiel zoo klein mogelijk te houden. Nu wordt de grootte van dit beginprofiel in sterke mate beheerscht door de inrichting en werkwijze van de baggermachine. Daarom is het van belang bij de aanschaffing van deze machine een zoodanige constructie te eischen, dat de mogelijkheid bestaat van een ontgraving van een zoo klein mogelijke baggergeul.

Met betrekking tot de hulpwerktuigen, die noodig zijn voor de ontgraving van ongeroerden grond kan dan het volgende worden opgemerkt.

Waar het tracé van het hoofdkanalenstelsel over den neerslagkegel van een alluviale rivier loopt, zal de te ontgraven grond als regel uit afgezette erosieproducten bestaan. Dit sedimentatie-materiaal leent zich in het algemeen zeer wel voor de ontgraving met behulp van een *cutter* (snijkop). Deze cutter, die aan een ladder wordt bevestigd vóór den mond van de zuigbuis, kan van zoodanige grootte worden gekozen, dat vrijbaggeren in een smal profiel mogelijk is. Ook kan worden gedacht aan de toepassing van een z.g. „bullwheel-mounted cutter", een bouwwijze, waarbij de cutterladder scharnierend bevestigd is aan een op de voorplecht rustend draaibaar plateau. In fig. 9 is deze constructie schetsmatig aangegeven.

Verder zal de boven den waterspiegel liggende grond binnen het bereik van de cutter kunnen worden gebracht door afsteken, dan wel bij zuiver mechanisch bedrijf losspuiten met behulp van een *waterkanon* (spuitpomp of monitor).

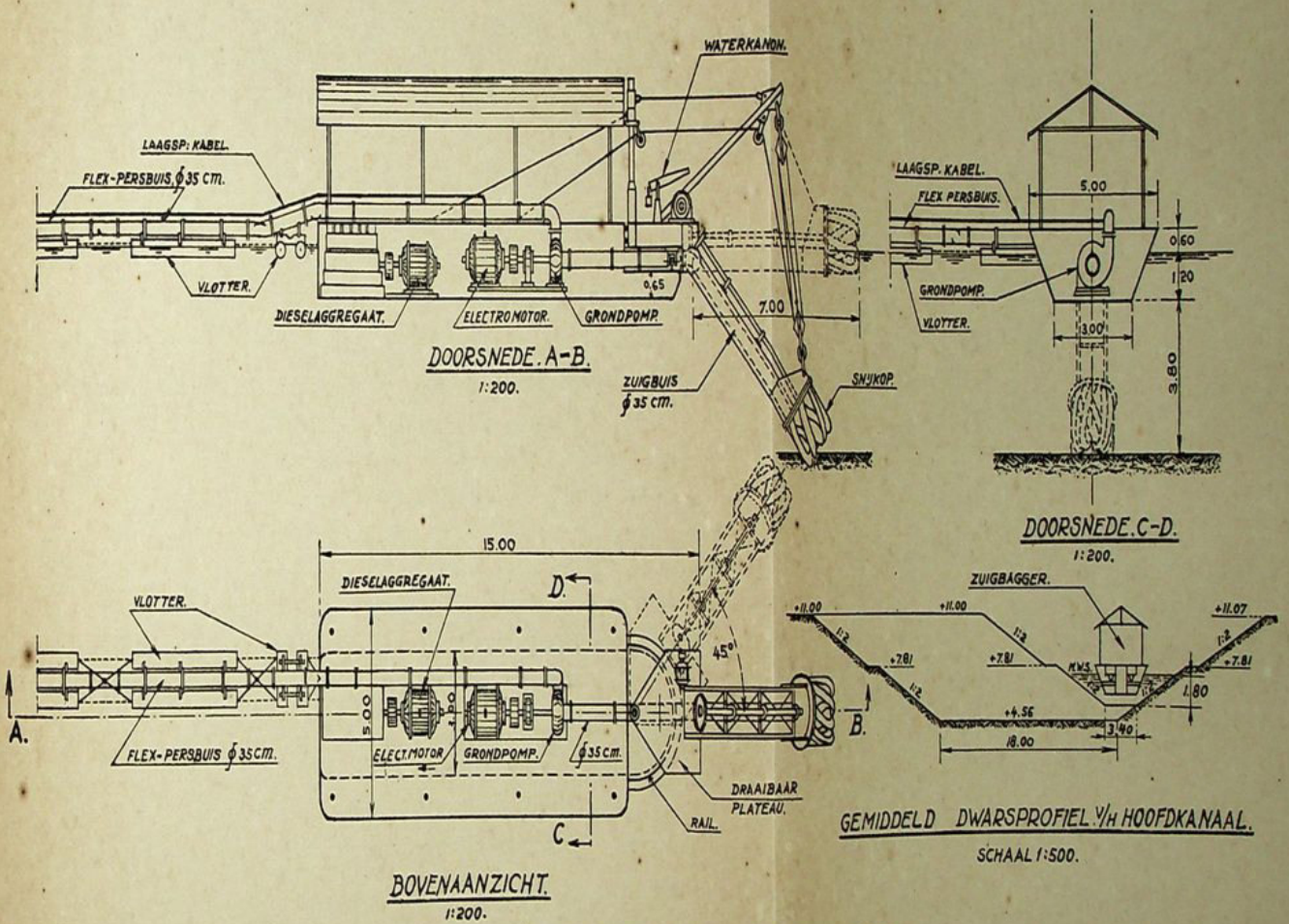



SCHEMATISCHE DOORSNEDE. A-B




# WERKSCHEMA MECHANISCH GRONDVERZET.

FIG. 8.




SCHETSONTWERP VAN DE ZUIGBAGGER.

FIG. 9.

Voorts lijkt een *Diesel-electrische* aandrijving van de baggermachine de meest aangewezene, omdat dan de omschakeling van calorisch op electrisch bedrijf practisch zonder eenige stagnatie mogelijk zal zijn.

Hiermede is n.h.v. voldoende duidelijk de technische mogelijkheid aangetoond van een mechanische ontgraving van een deel van het profiel van het hoofdkanalenstelsel met hydro-electrische energie, onder gebruikmaking van de voor de slibzuivering van het bezinkbekken bestemde baggermachine.

Dank zij deze gunstige voorwaarden kan de eenheidsprijs voor mechanisch grondverzet bij uitvoering van het hydraulisch pompsysteem op een laag peil worden gehouden. Volgens het nader uit te werken voorbeeld in § 24 zou bij het Serajoeplan gerekend kunnen worden met een gemiddelden prijs van slechts 10,7 cent per $m^3$.

Na bovenstaande uiteenzetting levert de vraag of het grondverzet van het hoofdkanalenstelsel niet goedkooper langs mechanischen weg kan geschieden dan met behulp van handenarbeid, weinig moeilijkheden meer op. Voor het werken in de Buitengewesten moet zij zonder eenigen twijfel, onder alle omstandigheden, bevestigend worden beantwoord, niet in het minst omdat men bij deze werkwijze zich vrijwel onafhankelijk maakt van het arbeidersvraagstuk. Ook voor Java kan in het algemeen dezelfde conclusie worden getrokken, ofschoon het verschil in prijs tusschen mechanisch- en handgrondverzet minder uitgesproken zal zijn.

Tot slot wordt in dit verband nog opgemerkt, dat de lage grondverzetprijzen de mogelijkheid openen, de standzekerheid van de kanaalwanden te bevorderen door deze direct onder flauwe hellingen te ontgraven, zonder daarbij in onevenredig hooge extra kosten te vervallen.

In § 24 zullen verder naast een volledige kostenanalyse van het hydro-mechanische grondverzet nadere bijzonderheden worden gegeven betreffende de baggercapaciteit, het vereischte aandrijfvermogen en de hydro-electrische energievoorziening.

---

## HOOFDSTUK IV.

### De ontwikkeling van de waterkrachtmachine en van het wateropvoerwerktuig.

§ 12. *Gecombineerde waterkrachtopvoerwerktuigen.*

Alhoewel de civiel ingenieur, die zich op het gebied van pompinstallaties en waterkrachtmachines begeeft, voornamelijk heeft te maken met de economische zijden van het vraagstuk, zal hij in vele gevallen toch een keuze moeten doen op werktuigkundig gebied. Eenige kennis van de ontwikkeling van de betreffende machines en van de factoren, welke bij de keuze een rol spelen, is daarbij niet te ontberen. Alvorens dan ook te bepalen, welk waterkrachtopvoerwerktuig voor het onderhavige geval in aanmerking komt, zal in dit hoofdstuk aan de hand van fig. 10 eerst de ontwikkeling van deze werktuigen worden nagegaan.

Dienen de waterkrachtmachines voor de omzetting van hydraulische energie in mechanische, de wateropvoerwerktuigen zijn bestemd voor het omgekeerde doel. Het door de machine (werktuig) gestroomde water zal in het eerste geval na energie-afgave op een lager niveau komen te liggen, in het tweede geval na energie-opname op een hooger peil.

Hebben beide (elkaar tegengestelde) energie-omzettingen plaats in één werktuig, dan spreekt men van een *gecombineerd waterkrachtopvoerwerktuig.* Treden beide processen tegelijkertijd op, dan is de werking van zoo'n werktuig *continu,* zoo niet dan is zij *intermitteerend.*

Behalve de zuiver mechanische energie-omzettingen treft men ook die aan, welke berusten op de werking van samengeperste lucht of van den waterstoot.

Tot de eerste categorie (zuiver mechanische) waterkrachtopvoerwerktuigen behoort het in Sumatra veelvuldig onder den naam „kintjir" gebruikte *water-schepwiel.*

Dit werktuig, ook bekend als N o r i a of P e r z i s c h r a d, bestaat uit twee even groote op één as gemonteerde wielen. Tusschen de spaken van deze wielen zijn schoepen of waaiers bevestigd, welke dienen voor

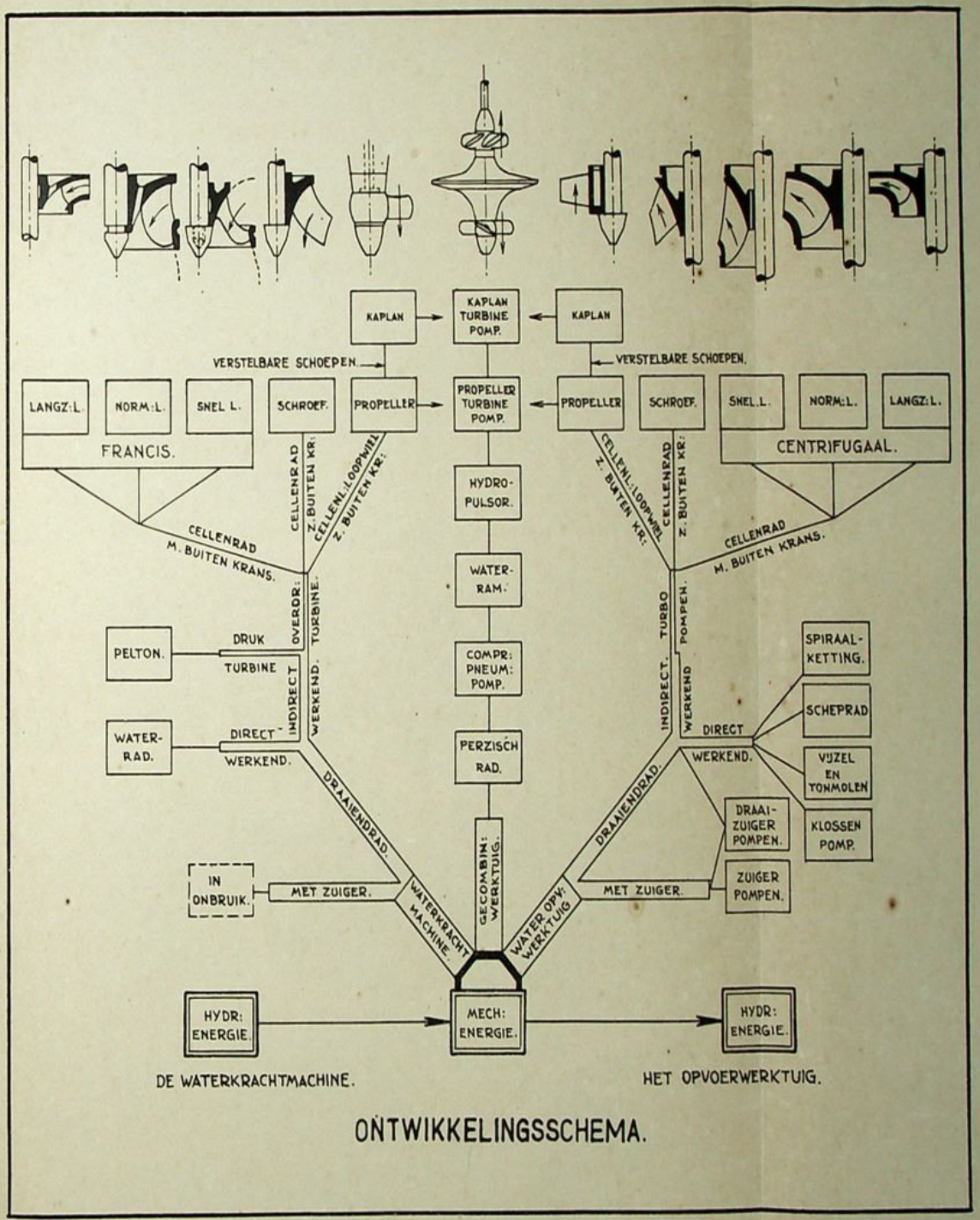

KAPLAN
KAPLAN TURBINE POMP.
KAPLAN
VERSTELBARE SCHOEPEN.
VERSTELBARE SCHOEPEN.
LANGZ: L.
NORM: L.
SNEL L.
SCHROEF.
PROPELLER
PROPELLER TURBINE POMP.
PROPELLER
SCHROEF.
SNEL. L.
NORM: L.
LANGZ: L.
FRANCIS.
CENTRIFUGAAL.
CELLENRAD Z. BUITEN KR:
CELLENL: LOOPWIEL Z. BUITEN KR:
HYDRO-PULSOR.
CELLENL: LOOPWIEL Z. BUITEN KR:
CELLENRAD Z. BUITEN KR:
CELLENRAD M. BUITEN KRANS.
CELLENRAD M. BUITEN KRANS.
WATER-RAM.
OVERDR: TURBINE.
TURBO POMPEN.
PELTON.
DRUK TURBINE
INDIRECT WERKEND.
COMPR: PNEUM: POMP.
SPIRAAL-KETTING.
SCHEPRAD
WATER-RAD.
DIRECT WERKEND.
PERZISCH RAD.
INDIRECT WERKEND
DIRECT WERKEND.
VIJZEL EN TONMOLEN
DRAAIENDRAD.
DRAAIENDRAD.
DRAAI-ZUIGER POMPEN.
KLOSSEN POMP.
IN ONBRUIK.
MET ZUIGER.
WATERKRACHT MACHINE.
GECOMBIN: WERKTUIG.
WATER OPV: WERKTUIG
MET ZUIGER.
ZUIGER POMPEN.
HYDR: ENERGIE.
MECH: ENERGIE.
HYDR: ENERGIE.
DE WATERKRACHTMACHINE.
HET OPVOERWERKTUIG.
ONTWIKKELINGSSCHEMA.

FIG. 10.

Vlaamsch Genootschap
van Kunsten en Wetenschappen"

de voortbeweging door het stroomende water. Aan den omtrek bevinden zich aan één zijde afgesloten kokers, emmers of kannen, die het water opscheppen en uitstorten in de op hooger niveau gelegen bevloeiingsleiding. Dit primitieve werktuig is uiteraard ongeschikt voor den opvoer van debieten van beteekenis en kan ook verder buiten beschouwing worden gelaten.

De tweede soort waterkrachtopvoerwerktuigen, die op de werking van samengeperste lucht berusten, bestaan uit een in elkaar gebouwde combinatie van een hydraulische *luchtcompressor* en van een *pneumatische pomp*. De compressor bestaat uit een loodrechte *valbuis* met openingen aan de bovenzijde, waardoor lucht wordt aangezogen door de strooming van het vallende water. Deze lucht mengt zich met het water en wordt in een onder de valbuis zich bevindend reservoir weer van het water afgescheiden. Deze afgescheiden lucht staat onder statischen overdruk en wordt dadelijk gevoerd naar de binnen de bovengenoemde valbuis gemonteerde *stijgbuis* van de pneumatische pomp. Deze stijgbuis staat in verbinding met het buitenwater, dat door de menging met de ingeblazen lucht in de buis een kleiner soortelijk gewicht krijgt en zoodoende hooger kan stijgen dan het niveau van het buitenwater. Door het ontbreken van bewegende deelen is de constructie zeer bedrijfszeker. Daarentegen is het nuttig effect buitengewoon laag. Schat men het rendement van de compressor op 60 — 70% en dat van de pneumatische pomp op 25 — 50%, dan bedraagt het totaal nuttig effect slechts 15 — 35%. Uit dien hoofde komt dit systeem niet voor een toepassing op groote schaal in aanmerking.

Tot de derde categorie (berustend op den waterstoot) behoort de *hydraulische ram*. Door een op- en neervallende klep wordt een waterstoot opgewekt, die veroorzaakt, dat een deel van het toestroomende water op een hooger niveau gedrukt wordt. De aanwezigheid van kleppen en de sterk intermitteerende werking maken het werktuig niet geschikt voor den opvoer van groote waterhoeveelheden, terwijl bovendien de krachtige waterstoot nadeelig is voor het materiaal. A b r a h a m heeft met de uitvinding van den *hydropulsor* getracht deze nadeelen te ondervangen. Het kleppenstelsel is bij dit werktuig vervangen door een draaiend schoepenrad. In afwisselende volgorde wordt het aangevoerde water door de schoepenkamers in verbinding gebracht met het beneden- en met het bovenwater. Doordat het looprad nu eens als waterkrachtmachine, dan weer als opvoerwerktuig dienst doet, blijft de intermitteerende werking, ofschoon sterk getemperd, bestaan. Ook de invloed van den

waterstoot is nog merkbaar. Ofschoon geschikt voor het verwerken van groote debieten is vanwege genoemde minder goede eigenschappen de toepassing van den hydropulsor toch vrij beperkt gebleven. Een extra bezwaar voor het onderhavige geval is ook de minder goede regelbaarheid bij sterk varieerende debieten- en opvoerhoogten.

Men krijgt slechts een volkomen continu werkend bedrijf, indien men voor iedere soort van energie-omzetting een afzonderlijk orgaan reserveert. Het meest geschikte waterkrachtopvoerwerktuig zal dus zijn een *aggregaat* bestaande uit een *aparte* waterkrachtmachine en een dito opvoerwerktuig. De koppeling tusschen beide machines moet terwille van den eenvoud en ter vermijding van het energieverlies bij de overbrenging zoo mogelijk *direct* zijn. Is overbrenging niet te vermijden, dan moet deze zoo klein mogelijk worden gehouden. Hieronder zal aan de hand van fig. 10 nagegaan worden, welke waterkrachtmachines, resp. opvoerwerktuigen bestaan en welke voor toepassing in aanmerking komen.

### § 13. *De ontwikkeling van de waterkrachtmachine.*

De omzetting van hydraulische energie in mechanische energie kan in de waterkrachtmachine door een heen en weer gaanden zuiger of door een draaiend rad worden bewerkstelligd. De eerste methode is geheel in onbruik geraakt en zal verder buiten beschouwing worden gelaten. Bij de machines met draaiende raderen onderscheidt men de *direct* en de *indirect* werkende.

Tot de eerste categorie behoort het *waterrad*. Hierbij wordt de arbeid in hoofdzaak geleverd door het watergewicht van het naar beneden vallend en in schoepen opgevangen water en (of) door den stroomdruk. Nadeelen van deze machine zijn: het groote gewicht, het kleine toerental (4 — 8 omw./min), waardoor directe koppeling uitgesloten is en de slechts onvolkomen reguleering. Voor de verwerking van groote, sterk schommelende debieten is deze machine dan ook niet geschikt.

De indirect werkende machines, *turbines* genaamd, kunnen verdeeld worden in *druk-* en *overdrukturbines*. Bij de eerste soort, waartoe de *Pelton-turbines* behooren, ligt het looprad boven het benedenwater, terwijl een vrije waterstraal tegen de schoepen spuit zonder den achterkant van deze schoepen aan te raken. Dit type wordt uitsluitend toegepast bij hoogdrukwaterkrachten en kan dus buiten beschouwing blijven.

De tweede soort heeft een geheel ondergedompeld looprad, waarbij tusschen den boven- en benedenkant van het rad een zekere overdruk

heerscht. Tot deze groep kunnen gerekend worden de verscheidene soorten *Francisturbines* en de na 1915 tot ontwikkeling gekomen *Schroef-Propeller-* en *Kaplanturbines*.

Het meest kenmerkende verschil in eigenschap tusschen deze laatste typen is hun verschillend specifiek toerental. Zooals bekend verstaat men hieronder het toerental van een gelijkvormig geconstrueerde turbine, waarbij een zoodanige schaal is gekozen, dat bij 1 meter netto valhoogte een effectief vermogen van 1 pk ontwikkeld wordt.

De Francisturbines kunnen nog onderverdeeld worden in de *Langzaam-*, *Normaal-* en *Snelloopers*, waarvan de specifieke toerentallen resp. bedragen: 60 — 100, 100 — 250 en 250 — 500. De Propeller- en Kaplanturbines hebben specifieke toerentallen, die tusschen de 400 — 1000 kunnen schommelen. De Schroefturbines, waartoe o.a. behooren de *Lawaczek-*, de *Neumeyer-* en de *Bellturbines* vormen de tusschenschakel tusschen de snelloopende Francis- en de Propellerturbines. Hoe meer de bouw overeenkomt met één van beide typen, hoe meer de eigenschappen in overeenstemming met elkaar zijn. Het is dan ook niet noodig de eigenschappen van de schroefturbines afzonderlijk in beschouwing te nemen.

Het verschil in *constructie* tusschen de bestaande overdrukturbines ligt in den bouw van het loopwiel. De drie Francis-typen bezitten nog een z.g. „cellenrad" met buitenkrans (zie fig. 10). Bij de Schroefturbines is de buitenkrans verdwenen, het „cellenrad" daarentegen is nog behouden. Bij de Propeller- en Kaplanturbines is behalve de buitenkrans ook nog het „cellenrad" verdwenen, welke laatste heeft plaats gemaakt voor het cellenlooze loopwiel. Vergelijkt men de verschillende typen in volgorde van hun specifiek toerental, dan merkt men nog de volgende bijzonderheden op. De zuiver radiale doorstrooming van het loopwiel gaat over in de zuiver axiale, terwijl de overgangsruimte tusschen leid- en loopwiel steeds grooter wordt. Het natte aanrakingsoppervlak van de loopwielschoepen wordt kleiner.

Het verschil in constructie tusschen de Propeller- en Kaplanturbine is de beweegbaarheid bij de laatste van de loopwielschoepen om hun as, waardoor het bereikbare nuttig effect zeer gunstig wordt beïnvloed. De uitvinding hiervan door Prof. K a p l a n heeft sterk stimuleerend gewerkt op de ontwikkeling van de laagdrukturbine-techniek.

De constructie van het leidwiel heeft in den loop van den laatsten tijd niet veel verandering ondergaan. Het voor de eerste maal door Prof. F i n k voorgestelde leidwiel, waarin jaloezie-vormige leidschoepen om hun

as draaibaar zijn bevestigd, vindt nog algemeene toepassing. De lengte van deze schoepen is grooter dan hun onderlingen afstand, zoodat zij elkaar in gesloten toestand overlappen.

Vermeldenswaard is verder de constructie met *vaste* leidschoepen, welke op voorstel van Prof. Thomann bij Kaplanturbines kan worden ingebouwd. Het rendement gaat niet veel achteruit, terwijl behalve éénvoud van constructie nog het voordeel verkregen wordt, dat de schoepen dichter bij de as kunnen liggen, waardoor een betere waterbeweging mogelijk wordt. Als afsluitorgaan kan dit leidwieltype echter niet meer dienst doen. Welke van deze twee vormen voor het onderhavige geval aan te bevelen is, zal in het volgende hoofdstuk nader worden bekeken.

Naast de leidwielreguleering is door de uitvinding van de Kaplanturbine nog de loopwielreguleering ontstaan. De meest eenvoudige wijze om de loopwielschoepen bij kleine turbines te verstellen is het aanbrengen van een flens aan elke schoep. Met behulp van bouten kan deze flens tegen een pasvlak van de loopwielnaaf worden bevestigd. In stilstaanden toestand kunnen door het losmaken van de bouten de schoepen worden versteld. De zeer trage verstelbaarheid van dit systeem is oorzaak, dat deze eenvoudige oplossing vrijwel niet meer wordt toegepast. Om de tijdroovende démontage van de schoepen te vermijden, geschiedt de reguleering thans met een door de holle as te verschuiven regelstang. Dit verschuiven kan gebeuren met behulp van een boven op de holle as te monteeren handwiel, dat met de as meeloopt. Ook bij deze methode is het dus noodzakelijk de turbine bij het verstellen stil te zetten. Voor een electriciteitsvoorziening met haar immer varieerende belasting is het telkens stoppen een belangrijk nadeel. Bij de nieuwere constructie is dit bezwaar ondervangen door het aanbrengen van een mof of een servomotor, welke zonder onderbreking van het bedrijf zuiver mechanisch met een hefboomstelsel of bij grootere eenheden, met behulp van een oliedrukregeling op en neer bewogen wordt. Om bij elke belastingvariatie een zoo hoog mogelijk rendement te behouden geschiedt de reguleering als regel volautomatisch, zoodat men niet afhankelijk is van de waakzaamheid van het bedienend personeel.

Door de ontwikkeling van de snelloopende turbinetypen is de vorm van de *zuigbuis* van veel belang geworden bij de omzetting van snelheidsenergie in drukhoogte-energie. Bij de laagdrukwaterkrachtwerken in Europa treft men veelal de knievormig gebogen zuigbuis aan, bij de Amerikaansche uitvoeringen meer de „Moody's spreading draft tube" en de „White's Hydraucone Regainer".

Ook in de wijze van afsluiting van de inlaatkamer van laagdruk-waterkrachtcentrales is verandering gekomen. De groote beweegbare inlaatschuiven met kostbare windwerken heeft men meermalen door eenvoudige schotbalken vervangen, in enkele gevallen, bij lage valhoogten, zijn zelfs ook deze balken weggelaten. Door de inlaatkamer als hevel in te richten, blijft het droogleggen van de turbine dan toch nog mogelijk.

Voorts bestaat het streven het aantal eenheden zooveel mogelijk te beperken, o.m. met de bedoeling het rendement zoo hoog mogelijk op te voeren en de aanschaffingskosten per pk te verminderen. Vele nieuwe centrales, die op een ringnet zijn aangesloten, zijn slechts met één machine uitgerust. Ook het aantal op één as gemonteerde loopwielen is tot een minimum teruggebracht. Was men vroeger bij lage valhoogten genoodzaakt ter verkrijging van een redelijk hoog toerental meerdere loopwielen op één as aan te brengen, door de uitvinding van de Kaplan-turbine is dit niet meer noodig.

Aan de hand van bovenstaande gegevens, welke een globalen indruk mogen geven van den huidigen stand der turbinetechniek, zal in het volgende hoofdstuk worden onderzocht, welk type voor het onderhavige geval het meest voor toepassing in aanmerking komt.

§ 14. *De ontwikkeling van het wateropvoerwerktuig.*

In het wateropvoerwerktuig geschiedt het tegengestelde proces als in de waterkrachtmachine; de mechanische arbeid wordt n.l. omgezet in hydraulische. De groep met een heen- en weergaanden zuiger neemt naast het systeem met draaiend rad een belangrijke plaats in (zie fig. 10). De tot deze eerste groep behoorende *zuigerpompen* hebben het kenmerkende voordeel, dat de pershoogte onafhankelijk is van de snelheid der pomp, dus ook onafhankelijk van de regelmatigheid der aandrijvende machine. Een nadeel is de heen- en weergaande zuigerbeweging, waardoor directe koppeling met een roteerende aandrijfmachine uitgesloten is. Ook de aanwezigheid van kleppen is een bezwaar voor het verwerken van groote debieten.

De *draaizuigerpompen* vormen de overgang tusschen de zuivere zuigerpompen en de roteerende. Ofschoon geen heen- en weergaande aandrijving noodig is en geen kleppen aanwezig zijn, is het type voor het onderhavige doel niet geschikt vanwege de zeer beperkte snelheid van deze werktuigen.

Bij de pompen met *draaiend rad* kan wederom onderscheid gemaakt worden tusschen de *direct- en indirectwerkende.* Tot de eerste groep

behooren die werktuigen, waarbij het water als een gewone last op de één of andere wijze omhoog wordt getild. Voor den opvoer van groote waterhoeveelheden zijn deze werktuigen uiteraard niet geschikt. Een beschrijving van de constructie van deze werktuigen, waartoe o.a. behooren de *spiraalketting*, het *scheprad*, de *vijzel-* en *tonmolen* en de *klossenpomp*, kan dan ook zonder bezwaar achterwege blijven.

Slechts de indirectwerkende roteerende pompen, de z.g. *turbinepompen* komen voor het onderhavige geval in aanmerking. Hierbij wordt de aangevoerde mechanische energie op het water overgebracht met behulp van een geheel ondergedompeld looprad. Evenals bij de turbines is dezelfde ontwikkeling in *constructie* van het loopwiel op te merken. De typen met een „cellenrad" en buitenkrans worden *centrifugaal-pompen* genoemd en kunnen ook onderverdeeld worden in *Langzaam-*, *Normaal-* en *Snelloopers*. Ook het „cellenrad" zonder buitenkrans is vertegenwoordigd bij de z.g. *Schroefpompen*, terwijl de nieuwste pomptypen, de *Propeller-* en *Kaplanpomp* een cellenloos loopwiel bezitten zonder buitenkrans. Het onderscheid in constructie tusschen de twee laatstgenoemde typen is wederom de beweegbaarheid om hun as van de loopwielschoepen.

Ook bij de pompen treft men de kenmerkende eigenschap aan van een geleidelijk hooger worden van het specifiek toerental bij het kleiner worden van het natte aanrakingsoppervlak der loopwielschoepen en een meer axiale uittrederichting. Verstaat men onder het specifieke toerental van een pomp, het toerental van een gelijkvormig geconstrueerde pomp, waarbij een zoodanige schaal is gekozen, dat bij 1 meter netto opvoerhoogte een nuttig opvoervermogen verkregen wordt van 1 pk, dan kan men de verschillende typen als volgt klassificeeren. Langzaamloopers met een specifiek toerental van $\pm$ 75, Normaalloopers van $\pm$ 150, Snelloopers van $\pm$ 300, Schroefpompen van $\pm$ 400, terwijl Propeller- en Kaplanpompen een specifiek toerental hebben van meer dan 400.

De schoepen van het leidrad zijn meestal niet beweegbaar en liggen gewoonlijk achter het loopwiel. Bij de nieuwere axiaal-pompen laat men het leidapparaat of geheel weg of men legt dit vóór de intrede van het loopwiel in het convergeerend gedeelte van de zuigbuis om de verliezen kleiner te maken. Een enkele maal bouwt men bij deze pompen vóór de zuigbuis nog een concentrisch liggend kegelvormig lichaam in, om het inzuigen van wervels, die door een onsymmetrischen bouw van de inlaatkamer of anderszins worden veroorzaakt, te voorkomen. Deze wervels kunnen n.l. cavitatie in de hand werken met de daaraan

verbonden bezwaren als onrustige gang en aantasting van het materiaal.

De *reguleering* van de pompen geschiedt òf met een afsluiter, òf door variatie van het toerental òf wel door verstelling van de loopwielschoepen.

De eerste methode, het *afsluiten,* kan op verscheidene wijzen worden bewerkstelligd en wel door den inbouw van een afsluitorgaan in de zuigleiding of in de persleiding. Dit systeem is weliswaar het eenvoudigste, doch ook het meest onvolkomen middel, omdat het rendement zeer sterk achteruitloopt. Om dezelfde reden is het afsluiten met een beweegbaar leidrad niet wenschelijk.

De tweede methode, variatie van het toerental, is voor het rendement veel gunstiger, levert echter in de praktijk, in het bijzonder bij de aandrijving met draaistroommotoren, dikwijls moeilijkheden op.

De laatste methode, verstelling van de loopwielschoepen is vooral bij laagdrukpompen de meest gunstige oplossing. Bij de Kaplanpompen worden de loopwielschoepen om hun as versteld op dezelfde wijze als bij de gelijknamige turbine. Ook bij centrifugaalpompen met radiale uitstrooming (Langzaamloopers) is deze reguleermethode een enkele maal toegepast door de buitenhelft van de loopwielschoepen beweegbaar te maken.

Van evenveel belang als de zuigbuis voor de laagdrukturbine is de persbuis bij de roteerende pomp. Een goede aansluiting aan de schoepen van het loopwiel en een geleidelijke verwijding van de buis zijn voorwaarden voor een hoog rendement bij de omzetting van snelheids-energie in drukhoogte-energie. De vorm van de buis is afhankelijk van de richting van de uit het loopwiel geworpen watermassa. Bij radiale uittrede is de persbuis spiraalvormig, om bij axiale uittrede over te gaan in een rechte of knievormig gebogen, divergeerend uitloopstuk.

Tenslotte dient nog vermeld te worden, dat in de persbuis als regel een afsluitorgaan ingebouwd is om het terugstroomen van water bij stilstaande pomp tegen te gaan.

Behalve de gebruikelijke schuifafsluiter, treft men in het bijzonder bij de snelloopende laagdrukpompen de terugslagklep aan of de hevel-oplossing.

In het volgende hoofdstuk zal voor het onderhavige geval een keuze worden gedaan uit bovengeschreven constructie-vormen.

---

## HOOFDSTUK V.

### De keuze van het waterkrachtopvoeraggregaat.

§ 15. *De eischen van de waterkrachtpomptechniek.*

Ofschoon een irrigatiewerk in het algemeen niet in die mate als een electriciteitswerk als een zuiver commercieel en continu bedrijf is te beschouwen en dus aan rendement en bedrijfszekerheid niet dezelfde zware eischen zijn te stellen, zoo dient toch niet uit het oog te worden verloren, dat in het hier beschouwde geval het rendement primair de kosten van de waterbouwkundige werken en de grootte van het in den drogen tijd te bevloeien terrein beheerscht en dat het pompbedrijf even bedrijfszeker moet zijn als het aftappen met behulp van een beweegbare stuw. Ook bij de waterkrachtpomptechniek ten behoeve van irrigatie zal men dus wel moeten streven naar een hoog rendement gepaard aan groote bedrijfszekerheid.

Is het toprendement maatgevend voor den omvang van de waterbouwkundige werken, voor de grootte van het in den Oostmoesson te bevloeien oppervlak, is een zoo *vlak mogelijk verloop van de rendementskromme* van belang. Juist het voldoen aan deze laatste voorwaarde levert groote moeilijkheden op in verband met de sterk varieerende debieten van de Indische rivieren. Doordat geen opstuwinrichting in de rivier aanwezig is, zal bij vermindering van het rivierdebiet een daling van den waterspiegel vóór de inlaatsluis optreden. Hierdoor zal door de sluis minder water worden afgetapt, zoodat ook bij het pompstation op een kleiner debiet gerekend dient te worden.

De waterspiegel vóór het pompstation kan in het als regel niet lange leidingpand tusschen de inlaatsluis en het station niet noemenswaard worden opgestuwd, zoodat de spiegeldaling vóór het pompstation nagenoeg gelijk zal zijn aan die in de rivier.

Ook de waterspiegel in het afvoerkanaal zal lager worden door de vermindering van het door de turbines verwerkte krachtwater. Bij gelijkvormige profielen van het aan- en afvoerkanaal zal, tengevolge van de kleinere afmetingen van het laatste kanaal, deze daling kleiner zijn dan vóór het pompstation. Dus ook de valhoogte wordt kleiner naarmate

het beschikbare turbinedebiet daalt. Een bevestiging van dezen regel vindt men in het nader uit te werken concrete voorbeeld in § 22.

Ten aanzien van de opvoerhoogte kan het volgende worden opgemerkt.

Uit een irrigatie-oogpunt zal het als regel noodig zijn het peil van het opgepompte bevloeiingswater onder alle omstandigheden te handhaven. Bij daling van den waterspiegel in het toevoerkanaal zal de opvoerhoogte dus grooter worden. Voor de pompen geldt juist het omgekeerde als voor de turbines, n.l. hoe kleiner het debiet hoe grooter de opvoerhoogte.

Resumeerende zal het aggregaat dus aan den moeilijken eisch hebben te voldoen, dat ondanks een sterk progressief energieverlies bij dalenden voorwaterstand (kleiner turbinedebiet en kleiner valhoogte) een hoeveelheid water met steeds grooter wordende opvoerhoogte moet kunnen worden opgepompt, zonder beteekenende afname van het rendement. (Eisch I).

Van niet minder belang is de eisch inzake de *bedrijfszekerheid*. Bij een irrigatiewerk is als regel het bedienend personeel minder goed op de hoogte van de werktuigbouwkunde als de toezichthouders van een electrische waterkrachtcentrale. Daarom moet in de eerste plaats de bediening zeer eenvoudig blijven. Is ook de constructie weinig gecompliceerd, dan kan de oorzaak van elke storing direct worden aangewezen en zoo mogelijk verholpen. Ook de kans op een storing moet zoo klein mogelijk worden gemaakt. Een robuuste constructie zal veel hiertoe kunnen bijdragen. Verstopping door drijvend vuil moet worden voorkomen. Aantasting van het materiaal als gevolg van cavitatie dient zoo veel mogelijk te worden vermeden. Tenslotte moet de mogelijkheid openstaan de machines in den droge te inspecteeren en binnen den kortst mogelijken tijd te demonteeren om eventueel versleten of gebroken onderdeelen te kunnen vervangen. (Eisch II).

De laatste eisch welke moet worden gesteld heeft betrekking op de *kosten*. Deze zullen uiteraard *zoo laag* mogelijk dienen te worden gehouden. (Eisch III).

Daar de Indische industrie nog niet is ingesteld op den bouw van turbines of pompen, zal men voorloopig genoodzaakt zijn deze laatste uit het buitenland te betrekken. Om zooveel mogelijk op de kosten van vervoer en eventueele rechten te kunnen besparen zal een aggregaat, waarbij zoo weinig mogelijk onderdeelen geïmporteerd dienen te worden, de voorkeur verdienen. Men zal dit b.v. kunnen bereiken door de wanden van de inlaatkamers en van de zuig- en persbuizen, die

vanwege de groote waterhoeveelheden ook groot van afmeting zullen zijn, niet uit ijzer, maar uit (gewapend) beton samen te stellen. Ook uit een oogpunt van transport naar de bouwplaats verdient deze oplossing de voorkeur. Daar de voedingrivier meestal bevaarbaar zal zijn, zal het transport in de Buitenbezittingen geen moeilijkheden behoeven op te leveren, mits de bouwplaats van het pompstation niet te ver van de rivier af wordt gekozen en men bij de bepaling van het aantal eenheden en de maximum grootte van de onderdeelen met deze transportwijze heeft rekening gehouden. Wordt zoo weinig mogelijk constructieijzer toegepast, dan zal ook de montage van het aggregaat eenvoudig kunnen blijven. De vervaardiging van groote betonconstructies zal, zoo noodig met medewerking van de in Indië gevestigde gespecialiseerde betonfirma's, geen moeilijkheden van beteekenis of bijzondere kosten opleveren.

Verder werd er reeds op gewezen, dat in verband met de wijze, waarop de waterkracht wordt gewonnen (kanalenstelsel) en het vlakke karakter van het te bevloeien terrein, zoowel de valhoogte van de turbine als de opvoerhoogte van de pomp tot de z.g. „lage drukken" gerekend kunnen worden. Hieronder zal nu worden nagegaan, welk type laagdrukturbine en type laagdrukturbinepomp in combinatie met elkaar het beste voldoen aan de gestelde eischen inzake rendement, bedrijfszekerheid en minimumkosten.

§ 16. *De keuze van het mechanische gedeelte.*

Van primair belang is de keuze van het loopwieltype, zoowel van de turbine als van de pomp. Een globale berekening leert, dat voor de specifieke „laagdrukken" de typen met cellenloos loopwiel zonder buitenkrans de meest economische oplossing geven. Volgens het nader uit te werken voorbeeld in § 22 zouden bij het Serajoeplan het maximum turbine- en pompdebiet resp. bedragen 20,0 $m^3$/sec en 17,0 $m^3$/sec bij een val- en opvoerhoogte van resp. 4,92 m en 3,75 m. Bij een opstelling van bijvoorbeeld drie gelijke aggregaten, waarvan maximaal twee in bedrijf, zou elke turbine, resp. pomp, een maximum waterhoeveelheid moeten verwerken van 10 en 8,5 $m^3$/sec.

In verband met de sterk varieerende waterspiegels en debieten zullen de op één as bevestigde loopwielen naar verhouding groot van afmeting moeten zijn, het absolute toerental dus betrekkelijk laag zijn. Neemt men bijvoorbeeld in het onderhavige geval een maximum toerental van 200 omwentelingen per minuut aan, dan zouden de specifieke toerentallen van de turbine en van de pomp als volgt becijferd kunnen worden:

Het vermogen van de turbine zou bij een rendement van 0,85 bedragen:

$$N = 0{,}85 \times 10 \times 4{,}92 \times \frac{1000}{75} = \pm 575 \text{ pk}$$

en het specifiek toerental dus:

$$n_s = n \frac{\sqrt{N}}{H_t^{5/4}} = 200 \frac{\sqrt{575}}{4{,}92^{5/4}} = 655$$

Bij een aandrijfvermogen van de turbine van 575 pk zou het nuttige opvoervermogen van de pomp bij een pomprendement van 0,80 bedragen:

$N_n = 0{,}80 \times 575 = \pm 460$ pk, waarmede een specifiek toerental is te bereiken van $n_s = \frac{n \sqrt{N_n}}{H_p^{5/4}} = 200 \frac{\sqrt{460}}{3{,}75^{5/4}} = 822$

Zoowel voor de turbine als voor de pomp zou in het bedoelde voorbeeld dus het *Propeller-loopwiel* het aangewezen type zijn.

Bij dit type is uit een hydraulisch oogpunt de opstelling met verticale as de meest gunstige.

Ter beoordeeling van de vraag of de schoepen vast of draaibaar aan de loopwielnaaf bevestigd moeten worden, m.a.w. of het zuivere Propeller- dan wel het Kaplantype de voorkeur verdient, moge wederom het evengenoemde concrete voorbeeld worden aangehaald.

Men zou dan bij den laagsten rivierwaterstand hebben te rekenen met een daling van de turbine- en pompdebieten van resp. $\frac{12{,}45}{20{,}0} = \pm 62\%$ en van $\frac{7{,}55}{17{,}0} = \pm 44\%$ van de aangenomen overeenkomstige maximale debieten.

Zooals bekend is het reguleerbereik van turbines met een hoog specifiek toerental en vaste schoepen, waarbij een bevredigend rendement wordt verkregen ten zeerste beperkt. In dit opzicht is de Propellerturbine nog ongunstiger dan de Francissnellooper. Bij het eerstgenoemde type is een rendabele reguleering slechts mogelijk tot een grens, die ongeveer 15 tot 30% beneden vollast ligt. De Kaplanturbine (met beweegbare loopschoepen) daarentegen bezit een zeer vlakke rendementskromme, waardoor zij zonder beteekenend verlies tot $\pm$ 70% beneden vollast kan worden gereguleerd. Wil men het aantal eenheden beperkt houden, dan

zou voor het onderhavige geval toepassing van de Kaplanturbine dus de voorkeur verdienen.

In het algemeen kan derhalve als stelregel worden aangenomen, dat als waterkrachtmachine voor het hydraulisch pompsysteem, waarbij groote debietschommelingen zijn te wachten, de *Kaplanturbine* het aangewezen type is.

Ook de pomp is onderhevig aan groote debietschommelingen. Een reguleering met behulp van een afsluiter moet vanwege het groote energieverlies worden ontraden. Reguleering door verandering van het toerental is slechts in zeer beperkte mate mogelijk, vanwege de moeilijkheid, dat de valhoogte van de turbine en de opvoerhoogte van de pomp in omgekeerde richting veranderen bij daling van den waterstand vóór het pomstation.

Een volledige reguleering zal alleen bereikt kunnen worden door het verstellen van de loopschoepen. Men zal dus als regel de *Kaplanpomp* moeten toepassen om, dank zij haar karakteristieke vlakke rendementskromme, zoo weinig mogelijk aan energie behoeven in te boeten.

Thans zal de vraag worden behandeld op welke wijze het verstellen van de turbine als van de pomp het doelmatigst kan worden bewerkstelligd.

Het verstellen van de loopschoepen met behulp van de bouten, waarmede de flenzen van deze schoepen aan de loopwielnaaf zijn bevestigd, is zeer tijdroovend en omslachtig, in het bijzonder bij groote eenheden. Men zou dit verstellen tot een minimum kunnen beperken door tegen den Oostmoesson elk der opgestelde aggregaten van te voren een afzonderlijke loopwielstelling (zoowel van de turbine als van de pomp) te geven en wel op zoodanige wijze, dat de aggregaten bij verschillende combinaties en debieten een optimum rendement vertoonen. Door variatie te brengen in deze combinaties zou nu elk willekeurig optredend debiet benaderd kunnen worden zonder eenige bijstelling, doch uitsluitend door in- of uitschakeling van bepaalde eenheden. Een in samenwerking met de turbinefabriek Voith te Heidenheim ingesteld onderzoek, waarop thans niet zal worden ingegaan, heeft echter uitgewezen, dat bij een beperkt aantal eenheden (bijv. drie) de schommelingen in rendement vooral bij lage debieten nog ontoelaatbaar groot zijn. Reguleering met behulp van stelbouten is op grond van het bovenstaande dus te ontraden.

Is de turbine uitsluitend bestemd als aandrijfmachine van de pomp (zie foto no 10 van plaat I), dan zal niet gerekend behoeven te worden

op een onafhankelijk van den vóórwaterstand varieerende belasting. Bijstelling tijdens het bedrijf is dan niet noodig. Slechts bij verandering van het ingelaten debiet is verstelling van de schoepen gewenscht. Deze reguleering kan bij stilstand van het aggregaat geschieden, omdat een korte onderbreking van de bevloeiing niet de minste moeilijkheden zal opleveren. De constructie met mee-roteerend handwiel (voor elk loopwiel één) is in dit geval dan ook alleszins voldoende te achten. Bij deze oplossing is het mogelijk de loopschoepen vooraf een zoodanige stelling te geven, dat steeds het optimum rendement wordt bereikt. De rendementskromme van het aggregaat bestaat dus uit de omhullende van alle rendementskrommen, die bij de verschillende stellingen behooren. Het verloop is dan zeer regelmatig en ook voor de lage debieten bevredigend.

De constructie van het verstelmechanisme kan dan zeer eenvoudig blijven. De uiteinden van de tappen van de loopwielschoepen, die binnen de holle naaf door middel van een dubbele hefboom aan een in axiale richting beweegbaar kruisstuk zijn verbonden, kunnen met behulp van twee in de verticale holle as verschuifbare regelstangen worden versteld. De regelstang van de turbine zal als massieve staaf zijn uit te voeren, terwijl de regelstang van de pomp als holle buis om deze staaf kan liggen. De beweging van deze stangen geschiedt dan door twee op het eindlager gemonteerde handwielen. Op foto no 11 van plaat I is op de rechterhelft een model van een turbine-pomp zichtbaar, waarop deze twee handwielen zijn aangegeven.

Moet de turbine behalve de pomp ook een generator aandrijven, dan zal wel een variatie in de belasting tijdens het bedrijf kunnen optreden. In dit geval is bijstelling van het in beweging zijnde aggregaat gewenscht. Is de op te wekken electrische energie uitsluitend bestemd voor eigen gebruik, bijv. voor de aandrijving van andere pompaggregaten, dan zal de reguleering vrij eenvoudig kunnen blijven. Mits de noodige electrische beveiligingsmaatregelen getroffen worden (zie § 19), zal een regeling uit de hand n.h.v. voldoende waarborgen bieden. Toepassing van de vrij ingewikkelde en kostbare (vol-) automatische regulateurs kan dan worden vermeden. In fig. 11 is een oplossing voorgesteld, waarbij de reguleering zoowel van de pomp- als van de turbineschoepen uit de hand tijdens het bedrijf kan plaats hebben. De regelstangen, die in de holle assen op en neer kunnen bewegen zijn ieder afzonderlijk verbonden met een mechanisch hefboomstelsel, dat door middel van een handwiel kan worden versteld. Een dergelijke constructie — althans voor zoover

deze betrekking heeft op de pomp — wordt eveneens toegepast bij de thans uitgevoerde electrisch aangedreven bevloeiingspompen van de Serajoewerken.

Thans volgt een bespreking van het te kiezen *leidwieltype*. Voor de *turbine* dient dan in de eerste plaats de vraag te worden opgelost of dit niet roteerend onderdeel van de machine, van beweegbare dan wel van vaste schoepen moet worden voorzien, m.a.w. of de normale Kaplanturbine dan wel de volgens Thomann vereenvoudigde Kaplan de voorkeur verdient. Vanwege de verstelbaarheid van de loopschoepen bij een Kaplanturbine zal bij verminderden watertoevoer, als gevolg van de naar verhouding kleine absolute stroomsnelheid, ook bij onveranderde absolute intredehoek het stootverlies nog klein blijven. Dat wil dus zeggen, dat het verloop van de rendementskromme niet veel ongunstiger zal worden, indien de Kaplanturbine van een leidapparaat wordt voorzien met vaste schoepen. In het hier achter uit te werken concrete voorbeeld zou bij een dergelijke oplossing het rendement met ongeveer 2 tot 3% worden verlaagd. In verband met de minder zware eischen welke aan de rentabiliteit van een irrigatiewerk gesteld mogen worden, zou dit rendementsverlies eventueel aanvaard kunnen worden, indien de kostenbesparing belangrijk zou zijn en de exploitatie eenvoudiger. Dit is evenwel niet het geval. Bij een onbeweegbaar leidapparaat kan de turbine en daarmede het aggregaat met dit orgaan niet worden stilgezet. Hierdoor valt de waardevolle mogelijkheid weg, te besparen op de aanschaffing van de kostbare windwerken voor de inlaatschuiven. Nog grooter dan bij een electrische waterkrachtcentrale zal deze besparing in het onderhavige geval zijn, waar niet alleen water moet worden ingelaten voor de turbine, maar ook voor de pomp. Ook de exploitatie zal erop achteruit gaan. Het sluiten en openen van het betrekkelijk kleine leidapparaat zal n.l. belangrijk minder tijd vorderen dan het neerlaten en weder ophalen van de zware inlaatschuif. Kan in het eerste geval gerekend worden op een sluittijd van bijv. vijf minuten, in het tweede geval zal bij handaandrijving de sluittijd minstens een half uur bedragen en dus veel tijdroovender zijn. De Kaplanturbine met *beweegbare leidschoepen* is n.h. v. om deze redenen het aangewezen type voor het hier beschouwde doel.

Met betrekking tot den *vorm* van de leidwielschoepen moge het volgende dienen. Het loopwiel van de pomp heeft een kleinere massa dan een rotor van een generator. De uitlooptijd van een waterkrachtpompaggregaat zal na het afsluiten van den watertoevoer daarom korter zijn dan

PLAAT I.



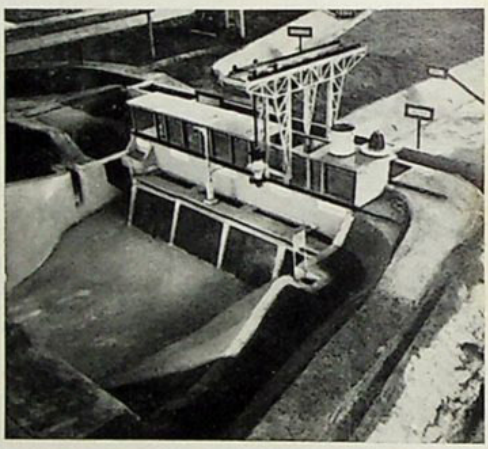
No 1. Overzicht inlaat en bezinkbekken (droog).



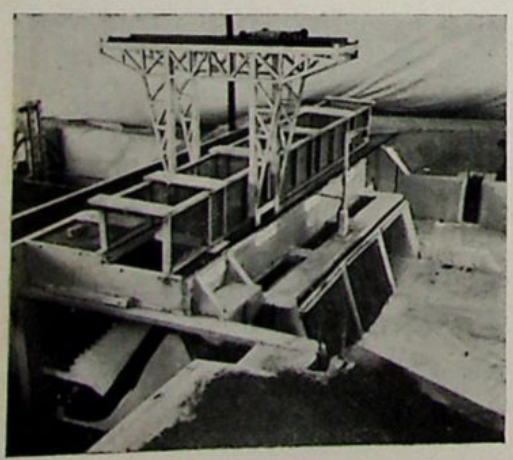
No 2. Overzicht inlaat en bezinkbekken (in bedrijf).



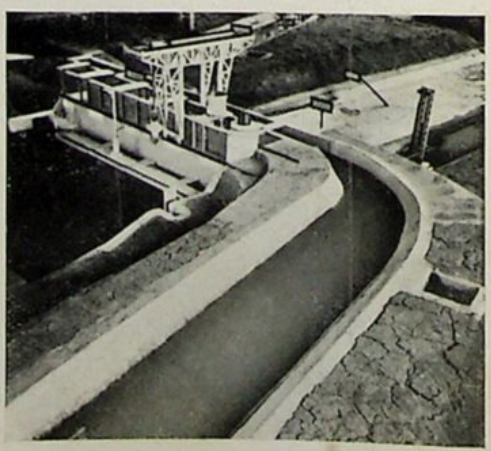
No 3. Overzicht pompstation met verkort bezinkbekken.



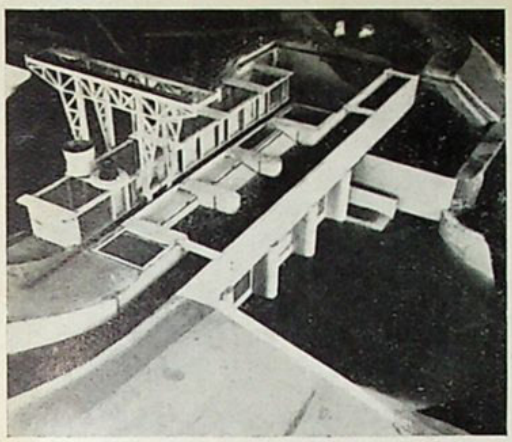
No 4. Vooraanzicht pompstation (droog).



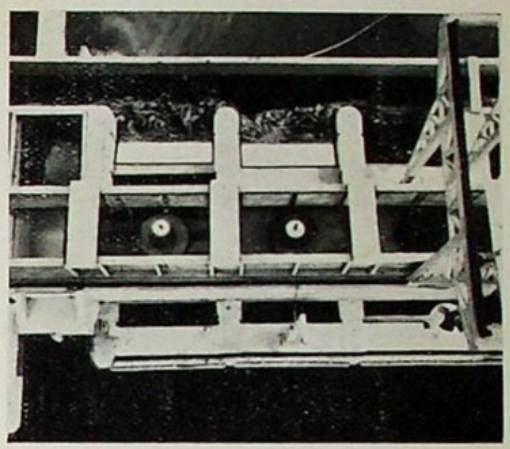
No 5. Pompstation met hevel.



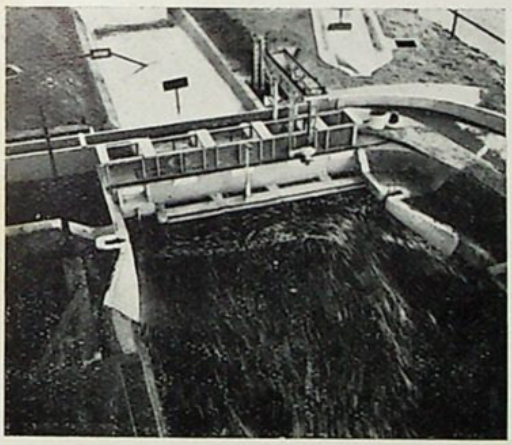
No 6. Pompstation in bedrijf.



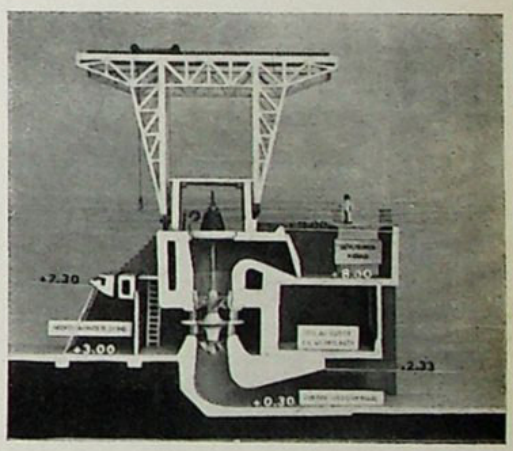
No 7. Achteraanzicht pompstation.



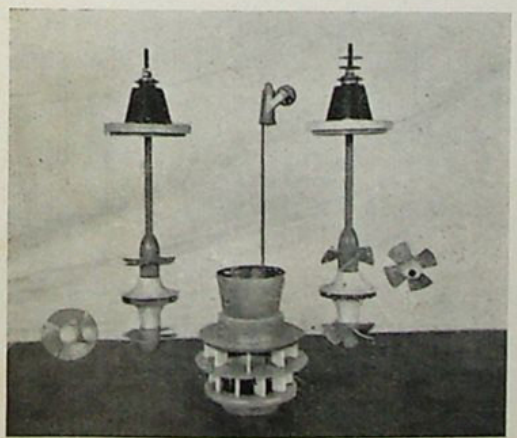
No 8. Bovenaanzicht turbine-pompen (in bedrijf).



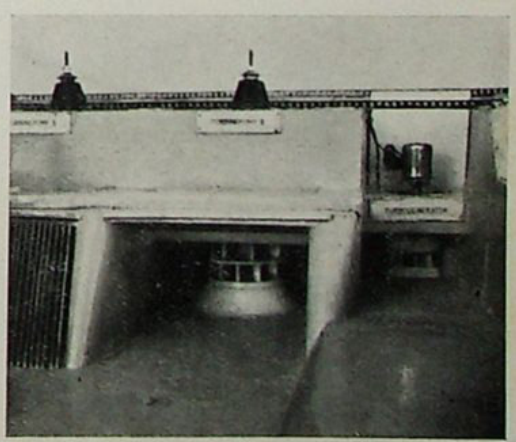
No 9. Stroombeeld bij hevelwerking.




No 10. Doorsnede pompstation.



No 11. Onderdeelen turbinepomp.



No 12. Onderdeelen turbogenerator.

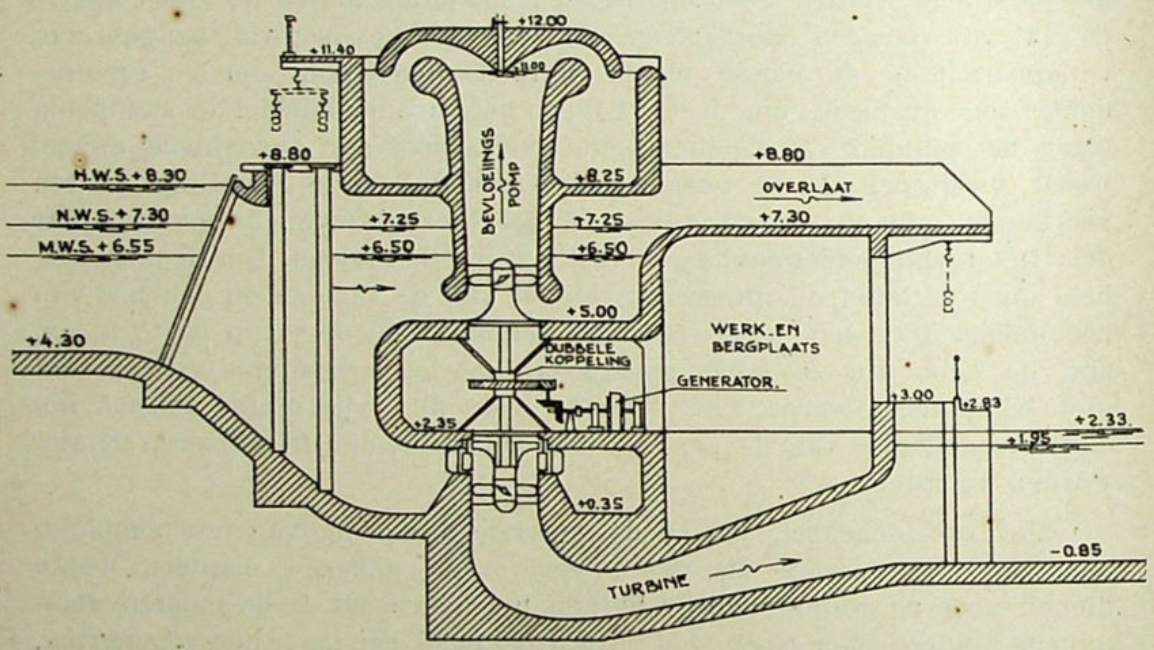
die van een turbine-generator. Het leidwiel voorzien van doorslaande schoepen zal derhalve geen voordeel van beteekenis opleveren en door de afwezigheid van een dubbel afsluitorgaan zelfs nadeelig zijn door het te verwachten grooter lekverlies. Het *normale Finksche leidrad* zal dus het beste aan het gestelde doel beantwoorden.

Aangezien de *pomp* niet met behulp van het *leidwiel* zal worden gereguleerd, zal dit uit vaste schoepen moeten bestaan. De ligging van dit leidapparaat kan afhankelijk van de constructie vóór, dan wel achter het pompwiel worden gekozen. Bij een opstelling als in de foto's nos 10 en 11 van plaat I aangegeven, zal een vóór het loopwiel aangebracht leidapparaat in de eerste plaats kunnen dienst doen om het turbinedeksel en dus ook het lager boven het turbineloopwiel te stempelen tegen het plafond van de inlaatkamer, waardoor een onwrikbaar geheel wordt verkregen. In de tweede plaats kan door deze opstelling worden voorkomen, dat de instrooming van het voor de pomp bestemde water door het turbineleidapparaat ongunstig wordt beïnvloed. Om de mogelijkheid open te laten de roteerende deelen van de turbine en een deel van het deksel met het lager door de persbuis van de pomp op te halen, zijn de schoepen zoodanig ontworpen, dat het benoodigde vrije profiel niet belemmerd wordt. Ten behoeve van dit vrije profiel zal ook het onderste gedeelte van de persbuis van een uitneembaren ijzeren mantel worden voorzien.

Het turbinedeksel, dat op de onderste draagring van het pompleidapparaat rust, bestaat uit twee kegelvormig gebogen mantels, welke dienen voor de watergeleiding binnen het aggregaat. In de onderste mantelhelft bevindt zich boven het turbineloopwiel een lager met vetsmering. Een tweede lager, dat in het afsluitdeksel van de persbuis is gemonteerd, moet eveneens met vet gesmeerd worden. Beide lagers dienen voor het opnemen van de zijdelingsche krachten. Het hierboven liggende eindlager moet de axiale krachten opnemen, die bestaan uit het geheele gewicht van de beide loopwielen vermeerderd met de waterbelasting. Dit lager is een normaal geconstrueerde oliewiglager, meer bekend als „Mitchell"-lager. Tenslotte zijn bij deze oplossing boven dit eindlager op een consôle twee stelwielen voor de reguleering van de loopschoepen gemonteerd.

Bij de in fig. 11 geteekende opstelling van het aggregaat zal het leidapparaat van de pomp zonder bezwaar achter het loopwiel kunnen liggen. Door de gescheiden ligging van de inlaatkamers van turbine en pomp wordt n.l. de instrooming van het pompwater niet beïnvloed door

het turbinewater. Het axiale lager is bij deze oplossing tusschen de pomp en de turbine opgesteld. De verbindingsas kan zoodoende kort zijn. De lagers, die de zijdelingsche kracht opnemen kunnen tijdens het bedrijf uit de machinekamer worden gecontrôleerd en gesmeerd. Ook de lagers van de leidschoepen van de turbine zijn steeds binnen het bereik van den machinist, omdat bij deze oplossing toepassing van „buitenreguleering" mogelijk is. Deze oplossing onderscheidt zich van de voorgaande door hare betere toegankelijkheid.




HYDRAULISCH POMPSTATION VOOR BEVLOEIING EN OPWEKKING VAN ELECTRICITEIT.
SCHAAL 1:200.

FIG 11.

§ 17. *De keuze van het waterbouwkundige gedeelte.*

Tot de drie voornaamste waterbouwkundige onderdeelen van het aggregaat zijn te rekenen de inlaatkamer, de zuigbuis en de persbuis.

Dient de inlaatkamer gelijktijdig voor den toevoer van water naar de turbine en naar de pomp, dan zal de vorm daarvan zoodanig moeten

zijn, dat de toestrooming naar de twee leidapparaten even gunstig is. Een spiraalvorm, welke voordeelig zou zijn voor de turbine zou van nadeel zijn voor de pomp en is dus reeds op grond hiervan te ontraden. Een halfronde inlaatkamer is in dit opzicht gunstiger, terwijl de uitvoering daarenboven eenvoudiger is. De grootte van de kamer is afhankelijk van het inlaatdebiet en de aangenomen snelheid, welke laatste niet te groot mag zijn. De hoogteligging van een dergelijke gecombineerde inlaatkamer wordt bepaald door de minimum waterstand in het aanvoerkanaal. Vlak boven het niveau van het plafond ligt n.l. het looprad van de pomp. Dit looprad moet, althans voor een deel, ondergedompeld zijn, indien een direct aanslaan zonder het gebruik van bijzondere afzuiginrichtingen gewenscht is. Terwille van de bedrijfszekerheid en den eenvoud van de exploitatie verdient het zeker aanbeveling deze voorwaarde als eisch te stellen.

Bij gescheiden inlaatkamers voor de turbine en de pomp, zooals bijv. is voorgesteld in fig. 11, kan voor elke kamer de meest voordeelige bouwvorm worden gekozen.

Daar de turbine steeds vrij laag beneden de wateroppervlakte zal komen te liggen, is een opstelling volgens het hevelprincipe uitgesloten. Als afsluitorgaan komt dan ook in de eerste plaats het beweegbare leidrad van de turbine in aanmerking. Is verstelling van de loopschoepen tijdens het bedrijf mogelijk, dan kan bij een defect raken van dit leidrad het aggregaat zoo noodig tot stilstand worden gebracht door middel van het turbineloopwiel.

Over deze reserve afsluitingsmogelijkheid beschikt men niet, indien de oplossing wordt gekozen, waarbij de schoepen slechts bij stilstand van het aggregaat zijn te verstellen (foto no 10 van plaat I). In dat geval zal men op een schuif moeten kunnen rekenen, welke met behulp van een windwerk of van een (portaal) kraan kan worden neergelaten.

Tenslotte beschikt men nog altijd over de afsluitingsmogelijkheid door middel van schotbalken.

Het tweede belangrijke waterbouwkundige onderdeel is de *zuigbuis*. Deze buis begint bij het turbineloopwiel en eindigt in het achterwaterkanaal en dient voor de omzetting van de kinetische energie in potentieele. Bedenkt men, dat bij de propellertypen de kinetische energie vaak 30% of meer van de totaal beschikbare bruto hydraulische energie bedraagt, dan realiseert men pas van hoeveel invloed op het totaal rendement deze energie-omzetting is. Een zoo volkomen mogelijke omzetting zal men slechts kunnen bereiken door een geleidelijk verloopende diver-

gentie. Zoowel de Amerikaansche als de Europeesche typen voldoen aan deze voorwaarden en hebben dan ook een niet veel uit elkaar loopend en in alle opzichten bevredigend hoog nuttig effect. Van deze typen komen voor het onderhavige doel slechts die vormen in aanmerking, die het eenvoudigst gebouwd kunnen worden. De „White's Hydraucone Regainer" kan vanwege den ingewikkelden bouw al dadelijk worden uitgeschakeld. De „Moody's spreading draft tube", mits uitgevoerd zonder kern en de knievormig gebogen zuigbuis zonder tusschenschot zijn het eenvoudigst van vorm. Als nadeelen van het eerste type zijn te beschouwen, de groote fundeeringsdiepte, de breede uitbouw en de ongunstige ondersteuning van de inlaatkamer. Het nadeel van het tweede type is de lange uitloop. Wordt boven dezen uitloop de werk-, tevens bergplaats gebouwd, dan behoeft dit laatste nadeel voor het onderhavige geval niet van overwegende beteekenis te zijn. Aan de knievormig gebogen zuigbuis zonder tusschenschot is dan ook de voorkeur te geven (verg. foto no 10 van plaat I).

Verder mag niet worden verzuimd op eenigen afstand van de uittrede schotbalksponningen aan te brengen, teneinde gelegenheid tot inspectie en reparatie te bieden.

De *persbuis* is het onderdeel, dat bij de pomp zorg draagt voor de omzetting van kinetische energie in drukhoogte. Ook hier kan deze energie-omzetting van de axiaal uittredende watermassa plaats hebben met behulp van een rechte of van een knievormig gebogen buis. De nadeelen van het rechte type bij de zuigbuis gelden bij de persbuis in veel mindere mate, terwijl de gedrongen bouw als voordeel is aan te merken. Bij de verticale rechte buis komt als afsluitorgaan alleen de hevelconstructie in aanmerking. In § 18 zal een toepassing van deze constructie in nadere beschouwing worden genomen.

Het tweede type, met gebogen as, is voor de in foto no 10 van plaat I aangegeven opstelling van het aggregaat bijzonder geschikt. Daarbij dient echter wel te worden zorggedragen, dat de ombuiging niet te dicht boven het pomploopwiel ligt, terwijl men niet al te zuinig moet zijn met het horizontale uitloopstuk. De afsluiting kan bewerkstelligd worden door een hevel of door een terugslagklep. Een hevel heeft bij deze oplossing veel constructieruimte noodig, daarom is in dit geval de terugslagklep te verkiezen, welke, zoodanig uitgebalanceerd dient te worden, dat zij reeds bij een kleine overdruk open gaat en vanzelf weer afsluit bij een onderbreking van den watertoevoer. Daar bij dit afsluiten groote krachten kunnen optreden, is de toepassing van een buffer-

inrichting aan te bevelen. Achter den uitloop van de persbuis moeten in de pijlers schotbalksponningen worden uitgespaard om bij reparatie van de terugslagklep toch een afsluiting te kunnen bewerkstelligen.

Nu alle onderdeelen van het aggregaat behandeld zijn, zal worden nagegaan in hoeverre het aggregaat aan de in § 15 geformuleerde eischen voldoet.

Aan den eersten eisch: een hoog rendement met een vlak verloop van de rendementskromme is ten volle voldaan door de keuze van beweegbare loopwielschoepen zoowel bij de turbine als bij de pomp.

Aan den tweeden eisch inzake de bedrijfszekerheid beantwoordt het aggregaat eveneens. De bediening is zeer eenvoudig en blijft beperkt tot het sluiten en openen van het leidrad van de turbine en een bijstelling van de twee handwielen. De constructie is niet ingewikkeld, robuust en gemakkelijk contrôleerbaar. De groote tusschenruimten tusschen de loopwielschoepen onderling, maakt de kans op verstopping door drijfvuil zeer onwaarschijnlijk. Ook de gevolgen van micro-cavitatie kunnen bij de te verwachten lage val- en opvoerhoogten door een juiste dimensioneering van de begrenzingen der vloeistofstrooming c.q. door de keuze van een materiaal met grooten weerstand tegen straalslag, steeds met voldoende zekerheid worden tegengegaan. Door het plaatsen van schotbalken is inspectie in den droge steeds mogelijk.

Ook aan den derden eisch van minimale bouwkosten, is voldaan, omdat zoowel de inlaatkamer als de zuig- en persbuis uit gewapend beton kan worden samengesteld, terwijl de toepassing van ijzeren onderdeelen tot het hoogst noodige kan worden beperkt.

---

## HOOFDSTUK VI.

### De inrichting van het hydraulisch pompstation.

§ 18. *De bouw- en waterbouwkundige inrichting van het pompstation.*

Alvorens de inrichting van het pompstation aan een nadere bespreking te onderwerpen, zal eerst worden nagegaan aan welke eischen de algemeene situatie van het pomstation zal hebben te voldoen. Bij de keuze hiervan dient te worden zorggedragen, dat de watertoevoer naar de aggregaten in hydraulisch opzicht zoo gunstig mogelijk verloopt. Zoo de terreinomstandigheden zulks toelaten, dient gestreefd te worden naar een oplossing, waarbij het aanvoerkanaal over de laatste strekking een recht verloop heeft met symmetrische toestrooming naar de inlaatopeningen. (verg. foto's no 3, 4, en 9 van plaat I) Het trechtervormige uitloopstuk van de leiding moet dan tevens voldoende lang gemaakt worden om een gelijkmatige snelheidsverdeeling vóór het rooster te waarborgen.

Dit *fijnrooster* kan tusschen, dan wel aan de voorzijde van de pijlers worden aangebracht; bij de laatste oplossing is het mogelijk de aangrenzende roosters aan elkaar te koppelen, waardoor een grooter nuttige lengte wordt verkregen en het vereischte drukverlies dus kleiner wordt. Het aaneengesloten roosterfront vereenvoudigt bovendien het reinigen. Dit laatste kan uit de hand geschieden, danwel mechanisch. Bij kleine werken is aan handreiniging vanwege den eenvoud de voorkeur te geven. Bij groote eenheden en bij veel drijfvuil zal mechanische reiniging de aangewezen oplossing zijn, vooral omdat in het onderhavige geval electrische energie vrijwel kosteloos ter beschikking staat. Voor den afvoer van het opgehaalde vuil kan met voordeel worden gebruik gemaakt van het opgepompte water door spuiing van een boven het rooster aangebrachte spoelleiding naar het afvoerkanaal (zie foto 10 van plaat I).

Een beschrijving van het afsluitorgaan, de inlaatkamer(s), de zuigbuis, de persbuis, met aansluitend aquaduct kan achterwege blijven, omdat deze onderdeelen reeds zijn besproken in het vorige hoofdstuk.

Wat de overkapping van het pompstation betreft kan worden opgemerkt, dat hierbij twee oplossingen mogelijk zijn, n.l. waarbij de montagekraan onder de kap is aangebracht en een, waarbij de kraan zich buiten

het gebouw bevindt. Deze laatste oplossing is aangegeven op de foto's no 3 t/m 10 van plaat I. In het eerste geval wordt de hoogte van het gebouw bepaald door de vereischte minimum hefhoogte van den kraan, in het laatste geval is men vrij in de keuze van de afmetingen van het pomphuis, mits aan de algemeene eischen van voldoende licht, ventilatie en toegankelijkheid wordt voldaan. In Noord-Amerika is men nog een stap verder gegaan door de machines geheel in de vrije lucht te plaatsen. In verband met den zwaren regenval in de tropen waardoor de bewaking bezwaarlijk wordt, verdient deze bouwwijze hier te lande geen aanbeveling.

Bij een gebouw met een binnen-loopkraan dient het volgende in acht te worden genomen. Door de lage ligging van het turbinepomp-aggregaat is dikwijls de toepassing van een lange onverdeelde (holle) as niet te vermijden. Het demonteeren van deze as vereischt dan een extra groote hefhoogte, waardoor de loopkraan en dus het dak van het gebouw éveneens op groote hoogte van den werkvloer zal komen te liggen. Niet alleen worden dan de bouwkosten van den bovenbouw vrij hoog, maar ook zullen bij aardbevingsgevaar speciale voorzorgsmaatregelen getroffen moeten worden.

Zeer toepasselijk voor het onderhavige geval lijkt dan ook de oplossing met klein pompgebouw en buitenloopkraan. Voor een overmatige verwarming van dit kleine gebouw door uitlaatgassen of warme lucht is vanwege de aandrijving van de pomp met een waterturbine niet te vreezen. Bij een eventueele demontage van een aggregaat moet eerst een deel van het dak worden verwijderd. Het tijdelijk onbeschut staan is voor watermachines geen overwegend bezwaar.

De kraan kan als bokkraan worden uitgevoerd en aan weerszijden van zoodanige uitkragingen worden voorzien, dat het mogelijk zal zijn de schotbalken vóór de turbine, de terugslagkleppen en de schotbalken achter de pomp, te verplaatsen. Men kan verder de rails, waarover de kraan zich beweegt, buiten het gebouw doortrekken, waardoor tegen weinig kosten de werkruimte belangrijk kan worden vergroot, hetgeen vooral bij de montage van voordeel is.

Behalve de pompaggregaten dient in het gebouw ook te worden ondergebracht de electrische centrale ten behoeve van de electriciteitsvoorziening van de baggermachine. In de volgende paragraaf zal de inrichting hiervan nader worden bekeken.

Verder zal in het pompgebouw gerekend moeten worden op een wachtlocaal, dan wel commando-ruimte, waar zich het toezichthoudend personeel kan ophouden en waar de contrôle-instrumenten zijn opgesteld,

waaronder een differentiaalpeilschaal voor de aanwijzing van de drie buitenwaterstanden. Eveneens zijn noodig een kleine werkplaats voor het verrichten van herstellingswerkzaamheden en een bergplaats voor reserveonderdeelen en schotbalken. Eventueel kunnen deze worden ondergebracht in de ruimte, welke begrensd wordt door den achterkant van de inlaatkamers, den bovenkant der zuigbuizen en den onderkant van het aquaduct. Door het aanbrengen van een voldoende groot luik kan deze ruimte binnen het bereik worden gebracht van den bokkraan, (zie foto no 10 van plaat I).

Verder is te rekenen op een of meerdere dienstwoningen voor het bedienend personeel in de omgeving van het pompstation.

Een integreerend deel van het bouwwerk is voorts de *overlaat* of *aflaatsluis*. Deze is noodig om een teveel aan water bijv. veroorzaakt door een plotseling afsluiten van een aggregaat, zonder schade voor het kunstwerk te kunnen afvoeren. Men kan hiervoor één der bekende vaste dan wel beweegbare overlaattypen kiezen, die automatisch in werking treden. Waarborgt de drempeloverlaat de grootste bedrijfszekerheid, aan den anderen kant vereischt zij een groote lengte. De hevel (zie foto's no 5 en 9 van plaat I) en de beweegbare typen zijn daarentegen meer compact van bouw, waardoor weer grootere snelheden optreden, die de toepassing van woelkommen voor energie-omzetting noodig maken.

Een geheel afwijkende bouwvorm van een hydraulisch pompstation, welke terloops reeds is besproken, is schetsmatig weergegeven in fig. 11. De auteursrechten van dit ontwerp worden door steller voorbehouden. Bij deze oplossing is het aquaduct vlak boven de pompaggregaten ontworpen, waardoor het mogelijk is de in hydraulisch opzicht gunstige rechte persbuis toe te passen. Als afsluitorgaan komt dan de hevel in aanmerking, waarvan de kap als een geheel met de aquaductkuip kan worden uitgevoerd. In den top van deze kap dient een lucht-inlaatklep te worden aangebracht met behulp waarvan, de hevel automatisch buiten werking kan worden gesteld bij onderbreking van den wateropvoer. Ter meerdere veiligheid kan bovendien in de machinezaal een uit de hand te bedienen luchtkraan worden opgesteld, waarmede zooveel lucht kan worden ingelaten, dat de hevelwerking binnen zeer korten tijd (bijv. 10 secunden) met zekerheid wordt onderbroken.

Voorts verdient het aanbeveling de kruin van de heveloverlaat eenige decimeters boven het pomppeil te leggen, terwijl tegen een belangrijke stijging van dit peil kan worden gewaakt door de beide wanden van het aquaduct als overlaat in te richten.

De machinekamer ligt bij deze oplossing geheel onder den waterspiegel van het hoofdaanvoerkanaal. Legt men nu het dak van de aangrenzende berg- en werkplaats ter hoogte van evengenoemd peil, dan kan dit over de volle aanlegbreedte van het pompstation als gewone overlaat functioneeren. De bouw van een afzonderlijke overlaat kan dan achterwege blijven, waardoor dus besparing op de bouwkosten wordt verkregen.

De inlaatkamer van de turbine ligt onder de machineruimte en dus geheel afgescheiden van den pompinlaat. De knievormig gebogen zuigbuis mondt achter de werkplaats uit in het afvoerkanaal. Verder zijn de tusschenpijlers zoowel in de machinekamer als in de werkplaats niet doorgezet, waardoor een aaneengesloten ruimte wordt verkregen, die met een verrijdbare kraan (in de figuur niet aangegeven) kan worden bestreken.

De verversching van lucht in de machinekamer kan geschieden door het aanbrengen van enkele boven den waterspiegel uitmondende ventilatieschachten, dan wel langs kunstmatigen weg, welke laatste methode bij generatoraandrijving de voorkeur verdient.

De mechanische inrichting bij deze oplossing is reeds beschreven in § 16.

Naast de voordeelen van een betere toegankelijkheid tot de machine-installatie en lagere aanlegkosten van het bouwwerk is aan deze oplossing nog een ander voordeel verbonden, n.l. de mogelijkheid van opwekking van electrische energie voor afwateringsdoeleinden met behulp van de turbines der pompaggregaten, waarover meer in de volgende paragraaf.

Met deze globale beschrijving van de inrichting van twee vrij uiteenloopende typen van hydraulische pompstations, waarnaast uiteraard nog tal van varianten mogelijk zijn, zal thans worden volstaan.

### § 19. *De electromechanische inrichting.*

Voor de aandrijving van de baggermachine zal in het pompstation nog een turbo-generator opgesteld dienen te worden. Bij het bepalen van de plaats van opstelling zal rekening zijn te houden met de mogelijkheid dat deel van het gebouw, waar het aggregaat zal worden ondergebracht, afzonderlijk uit te voeren, met het oog op een zoo vroegtijdig mogelijke energievoorziening ten behoeve van de electromechanische ontgraving van het hoofdkanalenstelsel (zie foto no 12 van plaat I).

De opgewekte electrische energie kan tevens worden aangewend voor de aandrijving van de windwerken van de kleppen of schuiven der inlaatsluis, in het pompgebouw voor de beweging van de kraan, eventueel van een reinigingsmachine en voor de voeding van een accumulatorenbatterij, waarop de noodige (zelfregistreerende) instrumenten zijn aangesloten. Tenslotte voor de verlichting van het pompgebouw met omgeving en van de dienstwoningen. De mogelijkheid van energievoorziening voor industrieele doeleinden (rijstpellerijen, rubberbereidingsfabrieken en dergelijke) zal hier buiten beschouwing worden gelaten, omdat deze materie valt buiten het bestek van deze verhandeling.

Als aandrijfmachine zal wederom een laagdrukturbine in aanmerking komen en wel in de eerste plaats de Kaplan-turbine. Daar de constructie van deze turbine niet beheerscht wordt door pomp-technische eischen kan een bespreking van de mechanische onderdeelen achterwege blijven.

De koppeling met den draaistroom-generator kan zijn direct, dan wel met overbrenging. In de schakelkamer zal de bijbehoorende hoogspannings-celconstructie worden ondergebracht met schakelbord, de noodige meters, beveiligingen, schakelaars, meettransformatoren, signaallampen enz.

In de voorgaande paragraaf is reeds op de mogelijkheid gewezen in het hydraulische pompstation van het type van fig. 11 electrische energie op te wekken met behulp van de turbines der pompaggregaten. Daartoe zal het slechts noodig zijn rond de turbineas van elk aggregaat een drijfwiel te monteeren, dat door een overbrenging gekoppeld wordt aan een naast het pompaggregaat opgestelden generator. De omschakeling van pomp- op generatorbedrijf kan dan het eenvoudigst bij stilstaande turbine geschieden met behulp van een dubbele vaste koppeling.

Wordt het vermogen van de turbine grooter aangenomen dan strikt noodig is voor den opvoer van het pompwater, dan is een gelijktijdige aandrijving van pomp en generator eveneens mogelijk.

---

## HOOFDSTUK VII.

### De Serajoe-bevloeiing als uitgewerkt voorbeeld.

§ 20. *De aanlegkosten en de jaarlijksche lasten van de zwaartekracht-bevloeiingssystemen.*

Het in de voorgaande hoofdstukken bedoelde concrete voorbeeld (bevloeiing uit de K. Serajoe) zal thans nader worden uitgewerkt en wel in de eerste plaats de oplossing volgens de zwaartekrachtsystemen.

Reeds is medegedeeld, dat bij de oplossing met *vrije inlaatsluis* en *voorkanaal* — in tabel 1 aangeduid met systeem I — een oppervlakte bevloeid kan worden van 4.000 bouws (2.800 ha). De hoofdwerken kunnen onderverdeeld worden in de vrije inlaatsluis aan de K. Serajoe, een hoofdkanaal met de noodige kruisingskunstwerken, eenige taludvoorzieningen en een hoofdverdeelwerk. De aanlegkosten van deze hoofdwerken werden in totaal geraamd op *f* 220.000,—. De jaarlijksche lasten werden als volgt berekend: rentederving van het aanlegkapitaal ad 4 % vermeerderd met de kosten van onderhoud en herstelling van de uitsluitend uit civiele werken bestaande hoofdwerken ad 2 % en tenslotte de kosten van beheer en bediening ad *f* 1.000,— per jaar of in totaal *f* 14.200,—, uitmakende 6,5 % van de aanlegkosten. Omgerekend per bouw bevloeid oppervlak komt dit cijfer overeen met *f* 3,55 of per ha *f* 5,—.

Tot de hoofdwerken van systeem II, oplossing met *vasten stuwdam* zou behooren een gemetselde stuw, waarvan de damkruin ongeveer één meter lager werd ontworpen dan de hieronder te behandelen beweegbare stuw. De bevloeiingsoppervlakte zou bij deze oplossing bedragen 19.400 bouws (13.700 ha). De breedte tusschen de leimuren werd bepaald op 160 m. Niet gerekend werd op den bouw van een schutsluis en een brug. De aanleg in een coupure werd in verband met de situatie niet mogelijk geacht. Aan de drooghouding werden derhalve zware eischen gesteld, mede vanwege den jaarlijks beschikbaren korten bouwtijd (± 3 maanden) en de sterke doorlaatbaarheid van den fundeeringsgrondslag, waardoor algeheele afsluiting door ijzeren damwanden noodzakelijk zou zijn. Het aanlegkapitaal van deze stuw werd geraamd op

*f* 590.000,—. Voorts zou zijn te rekenen met een post „algemeene kosten", w.o. directiekosten en onvoorzien groot *f* 50.000,—. De post „voorzieningen aan het bovenbed" werd begroot op *f* 110.000,—, zijnde de kosten van bandjirdijken, onteigening van het inundatiegebied, schadeloosstellingen en ophoogingen van wegen. Tezamen zou de *opzetinrichting* dus kosten *f* 760.000,—.

Het *grondverzet* van het hoofdkanaal werd geraamd op *f* 45.000,—. De *bijkomende werken* zouden bestaan uit een dubbele slibzak, elk voorzien van een spuisluis en afvoerkanaal, in totaal kostende *f* 80.000,—, een hoofdverdeelwerk van *f* 25.000,—, kanaalkruisingen met wegen en waterloopen van *f* 45.000,—, onteigening ad *f* 15.000,—, bezoding ad *f* 5.000,—, en tenslotte kanaalvoorzieningen van *f* 5.000,—, tezamen gevende een totaalpost van *f* 175.000,—.

Aldus zou de raming van de hoofdwerken bij de vaste stuwoplossing een eindbedrag aanwijzen van *f* 980.000,—. De jaarlijksche lasten, eveneens bestaande uit 4% rentederving, vermeerderd met 2% aan onderhoud en bediening, zouden komen te staan op *f* 60.800,— in totaal (6,2% van de aanlegkosten) of *f* 3,13 per bouw of *f* 4,41 per ha bevloeid oppervlak.

Het laatste zwaartekrachtsysteem is de oplossing met *beweegbare stuw*. Het één meter hooger aangenomen stuwpeil (in vergelijking met de vaste stuwoplossing) maakte het mogelijk alle sawahgronden ten zuiden van het Djampang- en Madjenanggebergte tusschen de K. Donan en het Karangbolonggebergte tot een oppervlakte van ± 27.000 bouws (19.200 ha) bevloeibaar te maken. De kostenraming van deze oplossing wees de volgende cijfers aan:

De civiele werken van de stuw, exclusief brug en schutsluis, zouden bij een tot ± 123 m gereduceerde breedte, een aanlegkapitaal vorderen van *f* 570.000,—. De afsluitmiddelen, bestaande uit 10 ijzeren rolschuiven van 10 m breedte zouden kosten, inclusief transport en montage, *f* 240.000,— waarvan *f* 40.000,— voor de windwerken en motoren. De electrische uitrusting voor de aandrijving van de motoren van de windwerken, w o. begrepen de aanleg van een hoogspanningslijn van ± 15 km, benevens de inrichting van een transformatoren- en schakelstation, werd geraamd op *f* 50.000,—. Bij toepassing van calorische aandrijving zou dit laatste bedrag besteed moeten worden aan het verschil in aanschaffingskosten van calorische motoren in plaats van electrische en aan een vergrooting van den bovenbouw vanwege den grooteren omvang

van calorische machines. Voorts werd gerekend met een post „algemeene kosten" w.o. directiekosten en onvoorzien van *f* 60.000,—. Bij de bepaling van den post „voorzieningen aan het bovenbed" moest eveneens, weliswaar in mindere mate dan bij de vorige oplossing, rekening gehouden worden met een opslibbing van het bovenbed. Deze post werd geraamd op *f* 75.000,—. In totaal zou de *opzetinrichting* dus kosten *f 995.000,—*.

Waar het *grondverzet* van het hoofdkanaal en de *bijkomende werken* ongeveer een gelijk bedrag als bij de vorige oplossing zouden vorderen, resp. *f* 45.000,— en *f* 175.000,— zou de *eindraming* van de hoofdwerken bij de beweegbare-stuw-oplossing een cijfer aanwijzen van *f 1.215.000,—*. De *jaarlijksche* lasten zouden als volgt kunnen worden begroot: aan rentederving 4% van het aanlegkapitaal *f* 48.600,—, aan onderhoud en zware herstelling van civiele werken 2% van *f* 825.000,— = *f* 16.500,—, aan onderhoud en herstelling, afschrijving en vernieuwing van de rolschuiven 3% van *f* 200.000,— = *f* 6.000,— en van de mechanische deelen 4% van *f* 90.000,— = *f* 3.600,—; verder *f* 4.000,— aan beheer en bediening en *f* 3.000,— voor de energievoorziening van de motoren, gevende een totaal bedrag van *f* 81.700,—, uitmakende 6,7% van de aanlegkosten. Omgerekend per bouw komt dit cijfer overeen met *f* 3,03 of *f* 4,25 per ha bevloeid oppervlak.

§ 21. *De aanlegkosten en jaarlijksche lasten van de pompbevloeiingssystemen met uitzondering van het hydraulisch pompsysteem.*

Van de te behandelen pompoplossingen zal die met *calorische energievoorziening* thans nader worden uitgewerkt. Het bevloeiingsoppervlak kan daarbij gelijk worden aangenomen als bij de beweegbare-stuw-oplossing, dus 19.200 ha. Ook de vorm en de ligging van het hoofdkanaal zijn dezelfde gebleven, zoodat voor de raming van de aanlegkosten de posten grondverzet en bijkomende werken, resp. groot *f* 45.000,— en *f* 175.000,— zonder wijziging kunnen worden overgenomen. In § 4 is reeds medegedeeld, dat uitgegaan zal worden van de veronderstelling, dat het pompstation aan den rivieroever zal worden gebouwd, zoodat een aparte inlaatsluis achterwege kan blijven. De civiele werken van het pompstation worden dan geraamd op *f* 100.000,—. Bij de aanschaffing van de mechanische inrichting moet worden zorggedragen, dat exclusief de reserve, de maximaal benoodigde energie kan worden opgewekt. In het onderhavige geval zou zijn te rekenen op een vermogen van rond 1.400 e.pk. De aanschaffingskosten van de ruwolie-motoren en de pompen zijn te stellen op rond *f* 150.000,—, zoodat het volledige pompstation een aanlegkapitaal zal

vorderen van *f* 250.000,—. In totaal zullen bij calorische pompbevloeiing de hoofdwerken dus kosten *f* 470.000,— aan aanleg (zie tabel I, systeem IV).

Becijfert men de jaarlijksche lasten, dan komt men tot een rentederving van *f* 470.000,— × 4% = *f* 18.000,—, aan onderhoud en herstelling van de civiele werken: *f* 320.000,— × 2% = *f* 6.400,— en aan onderhoud, herstelling, afschrijving en vernieuwing van de mechanische deelen: *f* 150.000,— × 4% = *f* 6.000,—, aan beheer en bediening is te rekenen *f* 4.000,— per jaar. Zonder de kosten van de energievoorziening komt men tot *f* 35.200,— per jaar, uitmakende 7,5% van het aanlegkapitaal. De kosten van de energievoorziening kunnen bepaald worden aan de hand van het verstrekkingsschema op fig. 3. Bij een geheel volledige waterverstrekking, als theoretisch noodig voor den aanplant, wordt bij directe aandrijving een vermogen vereischt aan de as van de pompen van ruim 6.000.000 e.pkh per jaar. Houdt men zoo veel mogelijk rekening met den regenval, dan zal dit vermogen kunnen worden gereduceerd bijvoorbeeld tot 5.000.000 e.pkh. Per e.pkh zijn de brandstofkosten bij een aanname van een verbruik van gemiddeld 200 g ruwolie, of 230 c.c. ad 5 cent per liter (inclusief transportkosten) te stellen op 1,1 cent, overeenkomende met *f* 55.000,— voor 5.000.000 e.pkh. Hierbij moet worden gerekend voor smeerolie 5 g/e.pkh, dus bij 5.000.000 e.pkh 25.000 kg of 27.800 liter ad *f* 0,50 (incl. transport) per l = *f* 13.900,—. De energievoorziening kost per jaar bij dit systeem *f* 55.000,— + *f* 13.900,— = *f* 68.900,—.

Voor de jaarlijksche lasten bij calorische pompbevloeiing wordt dus een eindcijfer verkregen van *f* 104.100,—, overeenkomende met *f* 3,86 per bevloeide bouw of *f* 5,43 per ha.

Thans zullen de pompbevloeiingssystemen met *indirecte waterkrachtopwekking* in nadere beschouwing worden genomen, dus de oplossing met een *electrisch pompstation,* in tabel 1 aangeduid met de cijfers V en VI. Deze systemen verschillen niet in opzet wat het irrigatiegedeelte betreft, zoodat de kostenberekening van dit gedeelte ook volkomen parallel loopt.

Aannemende, dat ook bij deze systemen het pompstation vlak aan den rivieroever wordt gebouwd, zoo kunnen de aanlegkosten van het electrisch pompstation als volgt worden begroot. Voor de civiele werken *f* 100.000,—, voor de pompaggregaten *f* 110.000,— en *f* 40.000,— voor het schakelstation en de transformatoren, tezamen dus *f* 250.000,—. De overige irrigatiehoofdwerken worden wederom geraamd op *f* 45.000,— voor het grondverzet en *f* 175.000,— voor de bijkomende werken, zoodat

de aanleg van het irrigatiegedeelte een uitgave zal vorderen van *f* 470.000,— in totaal.

Berekent men voor dit gedeelte de jaarlijksche lasten, dan vindt men onder aanname van dezelfde percentages voor rentederving, onderhoud en afschrijving, inclusief een bedrag aan beheer en bediening van *f* 4.000,— een som van *f* 35.200,— bij beide pompsystemen.

De kwestie van de energievoorziening is echter principieel anders. Wordt bij systeem V de electrische energie opgewekt in een waterkrachtcentrale, die uitsluitend wordt gebouwd ten behoeve van het irrigatiewerk (dus niet in het belang van de algemeene electriciteitsvoorziening), bij systeem VI zal de energie worden ontleend aan een hoogspanningsnet, dat behoort tot een algemeen electriciteitsbedrijf. Bij het eerstgenoemde systeem vormen de aanlegkosten van het waterkrachtgedeelte dus een integreerend onderdeel van het bouwkapitaal, terwijl bij het laatste systeem men rekening zal moeten houden met een jaarlijks terugkeerende uitgave voor energielevering.

Becijfert men de aanlegkosten van het waterkrachtgedeelte behoorende tot systeem V, dan krijgt men bij het Serajoeplan de volgende cijfers: Voor de civiele werken van de waterkrachtcentrale, waaronder begrepen een watervang in de K. Bandjaran, een ontslibbingsinrichting en drukbuizen te rekenen *f* 225.000,—. De kosten van de electro-mechanische inrichting zijn te ramen op *f* 175.000,— De aanleg van de 25 km lange hoogspanningslijn zal een uitgave vorderen van *f* 100.000,—, gevende voor het krachtwerk een totale aanlegsom van *f* 500.000,—.

De jaarlijksche lasten van dit waterkrachtgedeelte zijn, uitgaande van dezelfde percentages voor rentederving, onderhoud en afschrijving, vermeerderd met een bedrag van *f* 5.000,— voor beheer en bediening van de centrale en het hoogspanningsnet, te stellen op *f* 40.500,—. Daar het smeerolieverbruik bij waterturbines en electrische machines zeer gering is, behoeft hiervoor geen afzonderlijk bedrag te worden uitgetrokken. De post van 4% voor het onderhoud van de mechanische deelen laat voldoende ruimte over. Sommeert men nu de jaarlijksche lasten van het irrigatie- en het waterkrachtgedeelte, dan vindt men als eindsom bij systeem V *f* 35.200,— + *f* 40.500,— = *f* 75.700,— uitmakende 7,8% van de totale aanlegkosten. Omgerekend per bouw bevloeid oppervlak komt dit te staan op *f* 2,80 of *f* 3,95 per ha.

Bij systeem VI (energielevering door derden) zijn de totaal aanlegkosten bijzonder laag, omdat deze beperkt blijven tot het benoodigde bouwkapitaal voor het irrigatiegedeelte, dus tot *f* 470.000,—.

De jaarlijksche lasten worden in belangrijke mate beheerscht door het bedrag, dat voor de energielevering moet worden betaald. Dit bedrag wordt niet alleen bepaald door de af te nemen hoeveelheid energie — deze bedraagt in het onderhavige geval gemiddeld 4.300.000 kWh per jaar (zie § 5), doch in het bijzonder door den leverprijs per kWh, die het algemeene electriciteitsbedrijf in rekening zal brengen. Hierbij spelen echter factoren een rol, die geheel onafhankelijk staan van het irrigatievraagstuk, aangezien zij van intern belang zijn voor het evengenoemde bedrijf. Men denke bijvoorbeeld aan de kwestie tegen welke kosten vergrooting van de capaciteit van de centrale en van de leidingen mogelijk is, de lengte van het aansluitende hoogspanningsnet, de ligging van de bestaande onderstations ten opzichte van het pompstation enz. In het onderhavige geval waren deze factoren uitermate gunstig, zooals reeds in § 5 werd medegedeeld. Reeds in eersten aanleg van het waterkrachtwerk kon met de vergroote capaciteit worden rekening gehouden, terwijl het distributienet langs het pompstation kon worden geprojecteerd. Zoodoende was het mogelijk voor de energievoorziening van het pompstation de prijs te stellen op nog geen halve cent per kWh. Per jaar zou n.l. in rekening worden gebracht *f* 20.000,—. De jaarlijksche lasten bedragen dus bij deze oplossing (systeem VI) *f* 35.200,— + *f* 20.000,— = *f* 55.200,— of omgerekend per bouw *f* 2,04 of *f* 2,87 per ha bevloeid oppervlak.

§ 22. *Hydraulische berekeningen van de hoofdwerken bij het hydraulisch pompsysteem.*

Ten behoeve van een voorontwerp tot bevloeiing uit de K. Serajoe volgens het systeem van directen opvoer met behulp van waterkracht werden bij het vooronderzoek de volgende gegevens verkregen.

De te bevloeien oppervlakte zou gelijk zijn aan die van de eerder besproken pompoplossingen, n.l. 27.000 bouws of 19.600 ha.

Het water uit de K. Serajoe werd gedurende het geheele jaar gunstig geacht voor de bevloeiing. Het in den Westmoesson bij groote hoeveelheden aangevoerde slib daarentegen bleek bij tijden voor een belangrijk deel te bestaan uit z.g. wadas-simpingslib. Dit slib veroorzaakt, indien het in groote hoeveelheden op het veld wordt aangevoerd, volgens landbouwkundigen een minder gunstige verandering van de physische gesteldheid van den bouwvoor. Met betrekking tot de mogelijkheid van aantasting van mechanische onderdeelen bleek het Serajoewater niet ongunstig van samenstelling te zijn.

Het geologisch onderzoek naar de grondgesteldheid van het tracé bleek zeer veel tijd in beslag te nemen, omdat de grond op meerdere plaatsen neiging had tot afschuiving. Na verscheidene tracé-wijzigingen werd tenslotte de definitieve aslijn bepaald, waarbij tevens de plaatsen werden aangewezen, waar uitgebreide voorzieningen moesten worden getroffen. Verder zou het profiel over de volle lengte ten minste onder een talud van 1 : 2 (een klein gedeelte zelfs onder 1 : 4) worden ontgraven met bermen van 1 m breedte bij een ingravingsdiepte van meer dan 6 meter. De kosten van de kanaalvoorzieningen werden bij dit voorproject geraamd op *f* 50.000,—. Voorts werd het in verband met den grondsoort noodig geoordeeld, de plaats van het pompstation in benedenstroomsche richting te verplaatsen, om de ingravingsdiepte van het afvoerkanaal te beperken. Deze maatregel maakte den aanleg van twee terugvoerleidingen in ophooging noodig.

Met deze gegevens zal thans het ontwerp nader worden bekeken. Van het aangewezen bevloeiingsgebied blijkt een oppervlakte van ± 4.000 bouws zoo laag te liggen, dat opvoer van het irrigatiewater achterwege kan blijven. Ofschoon van dit complex een groot deel een slechte afwatering heeft (de z.g. Krojakom) zal in dit bijzondere geval dit terrein toch in het irrigatiegebied worden opgenomen, wegens het groote tekort aan bouwgrond in die streek. Men zal dus rekening moeten houden met een zwaartekrachtbevloeiingsgebied van 4.000 bouws (2.800 ha), dat van water zal worden voorzien door middel van kanalen, welke bovenstrooms het pompstation uit het hoofdkanaal aftappen.

Verder is de terreingesteldheid zoodanig, dat volstaan kan worden met den bouw van slechts één hydraulisch pompstation met één bepaald pomppeil nl. van + 11,00 boven gemiddeld zeepeil. Nadat nu de tracé's van de bevloeiingskanalen zijn vastgesteld en een globale vakindeeling is opgemaakt, kan het op fig. 2 aangegeven bevloeiingsschema worden opgemaakt. Hieruit valt af te leiden, dat voor bevloeiing van het 4.000 bouws groote zwaartekrachtgebied ter weerszijden van het afvoerkanaal resp. 1 en 2 m³/sec noodig zullen zijn, terwijl het pompgebied van 23.000 bouws (16.400 ha) een maximale watertoevoer zal eischen van 9 en 8 m³/sec, resp. links en rechts van het hoofdkanalenstelsel.

Als *maximum-debiet* van de hoofdleiding zal worden aangenomen de waterhoeveelheid, die kan worden afgetapt bij een uit een duurkromme afgeleiden 270-daagschen rivierwaterstand (+ 8,00).

Het dan aanwezige rivierdebiet bedraagt volgens de afvoerkromme 80 m³/sec. Bij een aangenomen wateronttrekking van *40 m³/sec* blijft

als doorgaand rivierdebiet over 40 m³/sec, overeenkomende met een peil van + 7,75 in de Serajoe. Met een drukverlies van 0,10 m in de inlaatsluis zal de achterwaterstand bij den inlaat liggen op + 7,65. In het 6,75 km lange aanvoerkanaal is met een minimum verval gerekend van 0,35 m, zoodat de waterstand vóór het vuilrooster van het pompstation zal komen te liggen op + 7,30.

In verband met de wenschelijkheid de ingravingsdiepte vanwege de slechte grondgesteldheid aan het begin van het hoofdkanaal te beperken, is met toepassing van een positieve stuwkromme een lengteprofiel van de hoofdleiding gekozen, waarbij de waterdiepte in benedenstroomsche richting toeneemt (vergelijk fig. 4). Bij meer betrouwbare leidingtracé's kan deze berekeningswijze uiteraard worden vereenvoudigd door een constante waterdiepte aan te houden.

Werkt men het cijfervoorbeeld volledig uit, dan vindt men volgens de formule $v = kR^{2/3}I^{1/2}$:

$Q_a = 40 m^3/sec$, $i = 0{,}00010$, taluds 1 : 2 en $K = 50$ : $v_m = 0{,}89$ m/sec.

Bij $\frac{B}{h} = \frac{22{,}70}{2{,}35} = 9{,}65$ behoort $\frac{v}{v_m} = 0{,}847$,

zoodat $v = 0{,}89 \times 0{,}847 = 0{,}75$ m/sec.

$$F = \frac{40}{0{,}75} = 53{,}3 \text{ m}^2.$$

Dit profiel is te verkrijgen met b = 18,00 m en h = 2,35 m. Verwaarloost men de grootere afmetingen van het bezinkbekken, dan bedraagt het theoretisch verval in het 6,75 km lang hoofdkanaal 0,68 m. Teneinde het verval tot 0,35 m te reduceeren zal een opstuwing noodig zijn van 0,33 m. Een globale berekening met de formule 2 h = i l doet zien, dat de invloed van de opstuwing niet merkbaar is bij de inlaatsluis.

De beginsnelheid van 0,75 m/sec wordt in verband met de grootte van de leiding en de geaardheid van de wanden toelaatbaar geacht. De eindsnelheid zal bedragen $\frac{40}{2{,}68 \times 20{,}68} = 0{,}72$ m/sec, bij welke snelheid in verband met de slibzuivering zeker geen slibneerslag is te verwachten.

Een drukverlies van 0,05 m aannemende bij het fijnrooster, geeft dit een waterstand achter het rooster van het pompstation van + 7,30 — 0,05 = + 7,25.

De opvoerhoogte zal dan bedragen :

$h_p = 11{,}00 - 7{,}25 = 3{,}75$ m.

Met behulp van de formule:

$Q_p \times h_p = \eta_A \times Q_t \times h_t$

kan onder aanname van een aggregaat-rendement $\eta_A = 0{,}65$ worden afgeleid, dat het *theoretisch* benoodigde *vermogen* $Q_t \times h_t$ zal bedragen:

$$Q_p \times h_p = \frac{17{,}0 \times 3{,}75}{0{,}65} = 98{,}1 \text{ tm/sec} = \text{rond } 1.300 \text{ pk.}$$

Om de maximum hoeveelheid af te tappen water uit de K. Serajoe te beperken, is de valhoogte zoo groot mogelijk aangenomen. Uitgaande van den normalen Westmoessonwaterstand in de moerasafvoer nabij het loozingspunt, zijnde + 1,30, zal bij een verhang in het turbineafvoerkanaal van 0,00014, op een afstand van 7,4 km achter het pompstation een beneden waterstand optreden van + *2,33*. De valhoogte gerekend van den waterstand achter het fijnrooster bedraagt dan $h_t = 7{,}25 - 2{,}33 = 4{,}92$ *m*.

Het vereischte turbinedebiet is dan $\frac{98{,}1}{4{,}92}$ = rond 20 m³/sec. Contrôleert men nu het bovenaangenomen hoofdleidingdebiet van 40 m³/sec, dan vindt men dat deze hoeveelheid overeenstemt met de som van het zwaartekrachtbevloeiingsdebiet van 3 m³/sec, het pompdebiet van 17 m³/sec, en het turbinedebiet van 20 m³/sec.

Voor de afmetingen van het afvoerkanaal worden de volgende waarden gevonden:

$Q_t = 20$ m³/sec. $\qquad i = 0{,}00014.$

taluds 1 : 2 $\qquad K = 50.$

Dan is $v_m = 0{,}85$ $\qquad$ Bij $\frac{B}{h} = \frac{15{,}50}{1{,}75} = 8{,}85$ is $\frac{v}{v_m} = 0{,}86,$

zoodat $v = 0{,}85 \times 0{,}86 = 0{,}73$ m/sec.

$F = \frac{20}{0{,}73} = 27{,}4$ m², te verkrijgen met b = 12,20 m en h = 1,75 m.

Het geval kan zich voordoen, dat bij het loozingspunt de waterstand in den moerasafvoer hooger zal liggen dan het als uitgangspunt aangenomen peil van + 1,30. De *maximum* waargenomen waterstand ligt zelfs op + 2,15, dus 0,85 m hooger. Berekent men den invloed van deze opstuwing op den achterwaterstand van het pompstation, dan vindt men met behulp van de formule:

$$l = \frac{2\,h}{i}\left(1 - \sqrt{\frac{z}{h}}\right) \text{ of}$$

$$7400 = \frac{2 \times 0{,}85}{0{,}00014} \left( 1 - \sqrt{\frac{z}{0{,}85}} \right)$$

$$\sqrt{\frac{z}{0{,}85}} = 1 - \frac{7400 \times 0{,}00014}{2 \times 0{,}85} = 1 - 0{,}61 = 0{,}39$$

$$z = \frac{0{,}39^2}{0{,}85} = 0{,}18 \text{ m.}$$

De valhoogte wordt in dat bijzondere geval gereduceerd met 0,18 m of met nog geen 4 % van de normale valhoogte van 4,92 m. Het is dan ook zonder meer duidelijk, dat de vermindering van het pompdebiet tengevolge van een hoogwaterstand in den moerasafvoer practisch van geen invloed is op de waterverstrekking aan de sawahs.

Thans zal worden nagegaan, welke debieten en waterstanden in evenberekend leidingstelsel zullen optreden bij den *minimum* waargenomen *waterstand* in de *voedingrivier*. Deze kwam voor in het jaar 1935 en bedroeg + 7,65, overeenkomende met een debiet van 32 m³/sec. Wordt van dit debiet bijv. 22 m³/sec afgetapt, dan zal het doorgaande rivierdebiet bedragen 10 m³/sec. Door extrapolatie van de debietkromme vindt men dan een peil van + 7,25 in de rivier. Omdat van de aanwezige waterhoeveelheid een groot gedeelte wordt afgetapt, lijkt het gewenscht als veiligheidsmaatregel dit peil met bijv. 25 cm te verlagen tot + 7,00. Dit laatste peil komt overeen met den (± 500 meter langen nagenoeg horizontalen) gemiddelden bodem van de diepste stroomgeul in de onmiddellijk benedenstrooms gelegen zandplaat. De opname van deze zandplaat werd uit voorzorg bovendien verricht in den vollen Oostmoesson, zoodat de eventueel optredende uitschuring zich reeds heeft kunnen doen gelden. Nu zal bij een aanname van 10 cm drukverlies in de inlaatsluis een waterstand achter de sluis optreden van + 6,90, ofwel 0,75 m lager dan bij max. debiet.

Bij de bovenberekende afmetingen van het aanvoerkanaal zal het minimum debiet als volgt kunnen worden becijferd:

$i = 0{,}00010$ taluds 1 : 2 $b = 18{,}00$ m

$h = 2{,}35 - 0{,}75 = 1{,}60$ m

$B = 18{,}00 + 3{,}20 = 21{,}20$

$$\frac{B}{h} = \frac{21{,}20}{1{,}60} = 13{,}25 \qquad \frac{F}{F_m} = 1{,}24$$

$$F = 21{,}20 \times 1{,}60 = 34{,}90$$

$$F_m = \frac{34{,}90}{1{,}24} = 28{,}20 \text{ m}^2.$$

Dan is $Q_a = 22{,}0$ m³/sec, welke hoeveelheid overeenkomt met de boven aangenomen waarde. Nu is $v = \frac{22{,}0}{34{,}90} = 0{,}63$ m/sec. Bij aanname van dezelfde positieve stuwkromme als bij maximum debiet, is de waterstand vóór het fijnrooster bij het pompstation $+ 6{,}90 - 0{,}35 \fallingdotseq + 6{,}55$ met een roosterdrukverlies van 0,05 m bedraagt het minimumpeil achter het rooster $+ 6{,}50$.

De opvoerhoogte is dan $h_p = 11{,}00 - 6{,}50 = 4{,}50$ m.

Aannemende, dat van de totaal afgetapte waterhoeveelheid 2 m³/sec bestemd zal worden voor de zwaartekrachtbevloeiing en dat het aggregaatrendement bij deze bedrijfstoestand $\eta_A = 0{,}60$, dan zijn de volgende vergelijkingen op te stellen:

$$Q_p + Q_t = 22 - 2 = 20 \text{ m}^3/\text{sec} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$4{,}50 \times Q_p = 0{,}60 \times h_t \times Q_t \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2).$$

De waterstand in het afvoerkanaal zal bij het kleinere turbinedebiet op een lager peil komen te liggen. Na eenig probeeren wordt een spiegeldaling t.o.v. den maximum waterstand gevonden van 0,38 m. De bijbehoorende afvoer is als volgt te bepalen:

$i = 0{,}00014$ taluds 1 : 2 $b = 12{,}20$ m.

$h = 1{,}75 - 0{,}38 = 1{,}37$ m.

Dan is $B = 12{,}20 + 2{,}74 = 14{,}94$ m.

$\frac{B}{h} = \frac{14{,}94}{1{,}37} = 10{,}9$ $\qquad F = 14{,}94 \times 1{,}37 = 20{,}43$ m² $\frac{F}{F_m} = 1{,}2$

$F_m = \frac{20{,}43}{1{,}2} = 17{,}0.$

$Q_t = 12{,}45$ m³/sec en $v = \frac{12{,}45}{20{,}43} = 0{,}61$ m/sec.

Uit vergelijking (1) vindt men dan voor

$Q_p = 20 - 12{,}45 = 7{,}55$ m³/sec.

Substitueert men deze waarden in vergelijking (2), dan is

$$h_t = \frac{4{,}50 \times 7{,}55}{0{,}60 \times 12{,}45} = 4{,}55 \text{ m}.$$

Het theoretisch benoodigde vermogen is bij dezen bedrijfstoestand $Q_t \times h_t = 12{,}45 \times 4{,}55 = 56{,}6$ t m/sec = rond 750 pk. Bij een spiegeldaling van 0,38 m ligt de waterstand in het afvoerkanaal op $2{,}33 - 0{,}38 = + 1{,}95$. De minimum waterstand achter het vuilrooster bedraagt $+ 6{,}50$, zoodat inderdaad $h_t = + 6{,}50 - 1{,}95 = 4{,}55$ m.

Het peil bij het loozingspunt van het afvoerkanaal ligt dan op + 1,95 — 7,400 × 0,00014 = + 0,92. Waar deze waterstand nog weinig hooger ligt dan het gemiddelde waargenomen Oostmoessonpeil bij dit punt, zal de loozing geen bezwaren opleveren.

De boven berekende gegevens zijn duidelijkheidshalve in onderstaande tabel 2 bijeen gebracht.

**TABEL 2.**

| Gegevens van het hydraulisch pompsysteem bij bevloeiing uit de K. Serajoe | Maximum (min. ged. 270-d. p. jaar) | Minimum |
|---|---|---|
| Debiet v.h. hoofdaanvoerkanaal in $m^3$/sec : $Q_a$ | 40,0 | 22,0 |
| Debiet v.h. turbineafvoerkanaal in $m^3$/sec : $Q_t$ | 20,0 | 12,45 |
| Debiet v.d. zwaartekrachtbevloeiing in $m^3$/sec : $Q_z$ | 3,0 | 2,0 |
| Debiet v.d. pompbevloeiing in $m^3$/sec : $Q_p$ | 17,0 | 7,55 |
| Waargenomen waterstand in de K. Serajoe (zonder aftapping) | + 8,00 | + 7,65 |
| Aangenomen waterstand in de K. Serajoe (met aftapping) | + 7,75 | + 7,00 |
| Waterstand achter de inlaatsluis . . . . . | + 7,65 | + 6,90 |
| Waterstand vóór het rooster v.h. pompstation | + 7,30 | + 6,55 |
| Waterstand achter het rooster v.h. pompstation | + 7,25 | + 6,50 |
| Waterstand in het bevloeiingskanaal bij het pompstation | + 11,00 | + 11,00 |
| Waterstand in het afvoerkanaal bij het pompstation | + 2,33 | + 1,95 |
| Waterstand in het afvoerkanaal bij het loozingspunt | + 1,30 | + 0,92 |
| Opvoerhoogte in m . . . . . : $h_p$ | 3,75 | 4,50 |
| Valhoogte in m . . . . . : $h_t$ | 4,92 | 4,55 |
| Aangenomen aggregaat-rendement . . . : $\eta_A$ | 0,65 | 0,60 |
| Theoretisch benoodigd vermogen in pk : $Q_t \times h_t$ | 1.300 | 750 |

Met behulp van deze gegevens kan thans het waterverstrekkingsschema voor een bepaald jaar worden nagegaan. Als voorbeeld is gekozen het zeer droge jaar 1935, omdat in dat jaar de minimum waterstand in de rivier werd waargenomen. In fig. 3 zijn in de bovenste kolom aangegeven de peilschaalwaarnemingen in de voeding-rivier bij de inlaatsluis en de waterstanden bij het loozingspunt van het afvoerkanaal. De van deze waterstanden afgeleide peilen achter de inlaatsluis en bij het pompstation zijn eveneens in deze kolom ingeteekend. In de daarop volgende kolom zijn de beschikbare leidingdebieten aangegeven.

De waterbehoefte-lijn is globaal bepaald aan de hand van de door den Landbouwdienst voorgestelde plantregeling (zie voorlaatste kolom). Bij deze plantregeling is volledig rekening gehouden met de mogelijkheid van twee maal padiplanten per jaar. In verband met de ruime beschikbare debieten is geen golonganregeling ontworpen, terwijl de waterbehoefte van den te velde staanden aanplant eenvoudigheidshalve constant is aangenomen, met de restrictie, dat twee weken voor den oogst deze behoefte nihil is. De op deze wijze voor het pompgebied bepaalde waterbehoefte is in de tweede kolom geharceerd aangegeven. Uit de figuur blijkt, dat de lijn, welke het beschikbare debiet aangeeft steeds hooger ligt dan de waterbehoeftelijn, waaruit moge blijken, dat het ontworpen bevloeiingsplan zelfs in een zeer droog jaar ten volle aan het gestelde doel zal beantwoorden.

§ 23. *Modelonderzoek van de vrije inlaatsluis en berekening van de ontslibbingsinrichting.*

Nadat de vorm van de vrije inlaatsluis in ontwerp gereed was, werden in het waterloopkundig laboratorium te Semarang onder leiding van steller dezes eenige modelproeven genomen, teneinde een inzicht te verkrijgen inzake de waterbeweging en het materiaal-transport.

Aanvankelijk waren de voorkanten van de tusschenpijlers op één lijn ontworpen, welke een rechte hoek maakte met de as van de inlaatsluis. Deze as maakte op haar beurt een hoek van 60° met de ongeveer evenwijdig loopende rivieroevers (zie plaat II foto's 1, 2 en 3). Vóór het kunstwerk werd een doode hoek waargenomen, waarvan de plattegrond een rechthoekige driehoek was. Bij beproeving met geïmiteerd materiaaltransport bleek na 32 uur een zandbank van ongewenschte afmetingen te zijn ontstaan. In werkelijkheid zou de kruin ruim 2 meter

hooger liggen dan den bovenkant van den vasten drempel (vgl. plaat II foto 4). Moesten de kleppen bij daling van den buitenwaterstand worden neergelaten, dan spoelde de geheele zandbank in de leiding.

Een belangrijke verbetering werd verkregen door in een nieuw model de lijn, die de voorkanten van de pijlers verbindt, zoodanig te draaien, dat zij practisch in het verlengde van de oeverlijn kwam te liggen, met behoud evenwel van de aftaphoek van 60°. Teneinde de bovenstroomsche pijlers niet noodeloos lang te maken, werden de afsluitmiddelen trapsgewijze naar voren verplaatst. Door deze wijziging van den plattegrond verdween de doode hoek voor het kunstwerk (zie plaat II, foto's $1^a$, $2^a$ en $3^a$). Het resultaat van deze oplossing bleek bij beproeving onder dezelfde omstandigheden, na verloop van 32 uur bijzonder gunstig te zijn; vóór de sluis was geen bank ontstaan (vgl. plaat II, foto $4^a$). Zelfs bij een beproeving van meer dan 64 uur bleef de toestand stationnair, ook wat betreft de hoeveelheid binnendringend materiaal, dat slechts een kleine fractie bleek te zijn van de hoeveelheid ingestrooid zand. Als nevenvoordeel werd verkregen, dat het drijfvuil, dat vlak bovenstrooms bij den linkeroever was ingestrooid, op eenigen afstand van het kunstwerk voorbij dreef, hetgeen niet werd waargenomen bij de eerste oplossing (vergelijk de foto's 3 en $3^a$ van plaat II). In verband met deze gunstige omstandigheid werd het niet noodig geoordeeld bij de nieuwe oplossing het grofrooster vóór het kunstwerk te plaatsen. Dit rooster, noodig geacht ter beveiliging van de mechanische ontslibbingsinrichting (waarover meer in de volgende paragraaf), werd ontworpen aan het einde van het overgangsstuk van de inlaatsluis naar het bezinkbekken (zie foto $5^a$ van plaat II).

Dit wegens terreinomstandigheden gebogen overgangsstuk, dat aanvankelijk zeer kort werd gemaakt, (vergelijk foto's 5 en 6 van plaat II) bleek bij het oude model niet geheel te voldoen, omdat de waterbeweging niet gelijkmatig was. Ofschoon de snelheid zeer gering was, (overeenkomende met gemiddeld 0,20 m/sec in werkelijkheid) werden bij de proeven duidelijk waarneembare verticale neren geconstateerd, welke oorzaak zouden zijn, dat het bezinkbekken uiteraard minder tot zijn recht zou komen. In het nieuwe model werd als verbetering dit overgangsstuk voorzien van gebogen tusschenmuren, terwijl het bekken zelf geheel recht ontworpen werd. Door deze wijzigingen werd een rechtlijnige en gelijkmatig verdeelde inloopsnelheid verkregen, terwijl de vorming van neren nergens meer was te bespeuren (zie foto's $5^a$ en $6^a$ van plaat II).

PLAAT II.



No 1. (oude opl.)

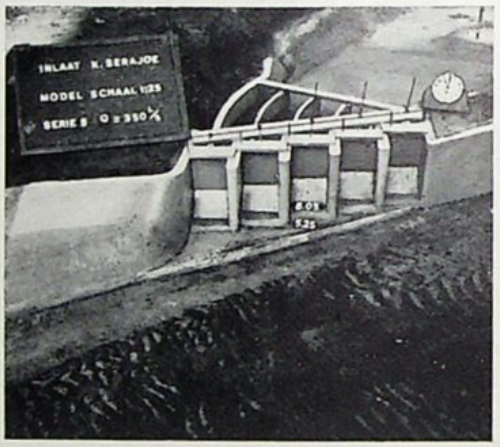


No 1*a*. (nieuwe opl.)

Algemeen overzicht.



No 2. (oude opl.)




No 2*a*. (nieuwe opl.)

Model van inlaatsluis.

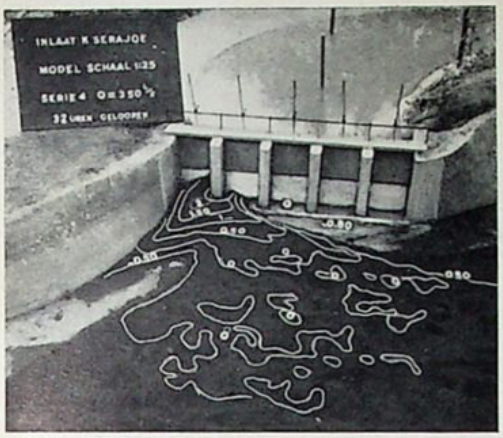


No 3. (oude opl.)



No 3*a*. (nieuwe opl.)

Stroombeeld vóór inlaat.




No 4. (oude opl.)

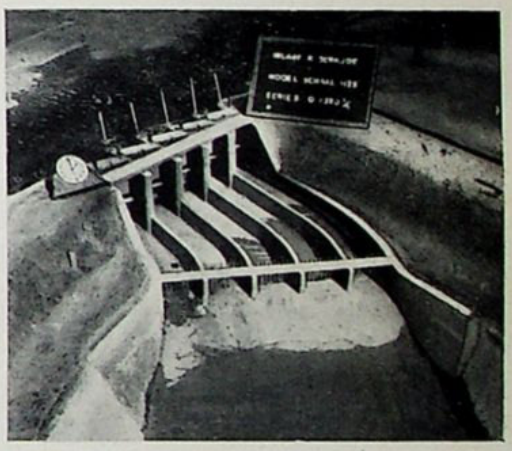



No 4*a*. (nieuwe opl.)

Opslibbing vòòr inlaat.

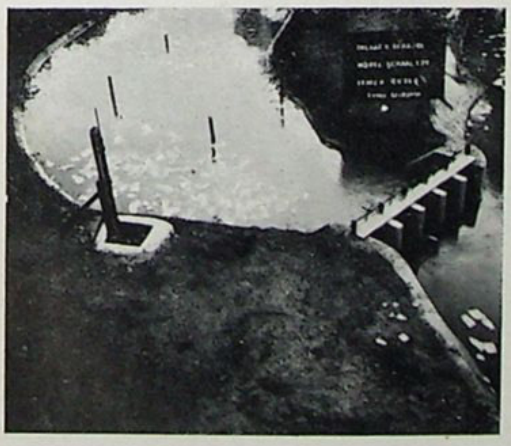



No 5. (oude opl.)



No 5*a*. (nieuwe opl.)

Overgangsstuk inlaat-bezinkbekken.



No 6. (oude opl.)




No 6*a*. (nieuwe opl.)

Stroombeeld achter inlaat.

Bij het droogleggen van het nieuwe model bleek tenslotte een deel van het binnengedrongen materiaal op den vloer van het overgangsstuk te zijn neergeslagen. Door het neerlaten van een klep kon echter ruim voldoende snelheid in den achter de klep liggenden sluiskoker worden opgewekt, om den neerslag naar het bezinkbekken te transporteeren.

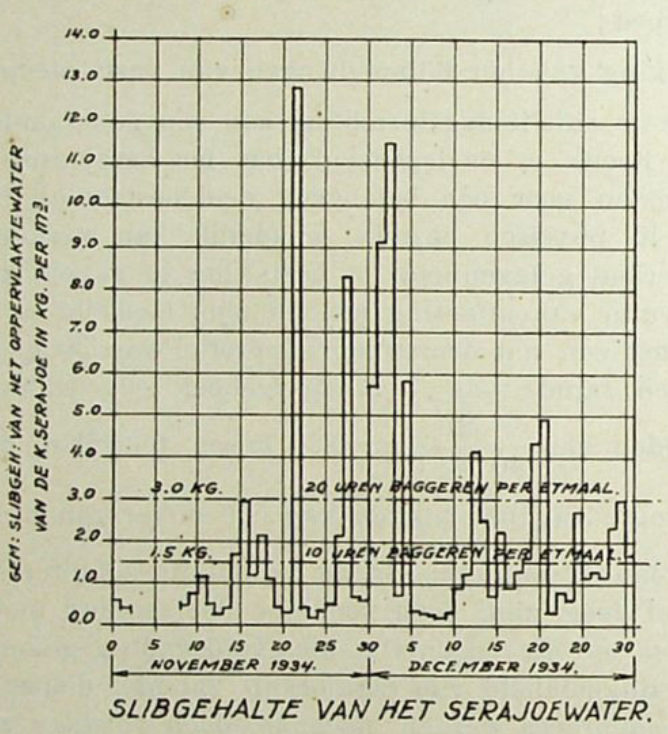
Voor zoover beoordeeling mogelijk was, scheen het nieuwe model vrijwel in alle opzichten te beantwoorden aan de gestelde voorwaarden : nl.

1e verzekerde watertoevoer zonder extra voorzieningen aan het rivierbed ;

2e beperking van het binnendringen van vaste sleepstoffen.

Thans zal de ontslibbingsinrichting aan een nader onderzoek worden onderworpen. Reeds is medegedeeld, dat het Serajoeslib in den Westmoesson bij tijden voor een belangrijk deel bestaat uit fijn wadas-simpingslib, dat in physisch opzicht schadelijk kan werken. Om dit fijnkorrelige materiaal gelegenheid tot bezinking te geven, zal het bezinkbekken zeer ruim van afmeting moeten zijn. Gedacht is aan een onbekleeden bak met een nat doorstroomingsprofiel van 30 m bodembreedte, 5 m diepte en taluds van 1 : 2. Bij geheel leeg slibbekken zou een snelheid optreden van $\frac{40}{40 \times 5} = 0{,}20$ m/sec, terwijl de doorstroomingstijd bij een lengte van het bekken van 500 meter zou bedragen $\frac{500}{0{,}20} =$ 2.500 sec of rond 42 minuten. Bij de exploitatie zal uiteraard het bekken nimmer geheel leeg zijn, doch voor een deel gevuld met neergeslagen slib. Aangezien op dit oogenblik niet voldoende gegevens bekend zijn omtrent de bezinksnelheid van Serajoeslib, zal niet dieper op het te verwachten neerslagproces worden ingegaan, doch volstaan worden met de ruwe doch veilige aanname, dat de binnentredende zweefstoffen voor zoover deze door het oppervlaktewater worden medegevoerd, practisch volledig tot neerslag zullen komen. Gedurende November en December van den Westmoesson 1934 zijn slibwaarnemingen verricht, waarvan de resultaten in fig. 12 grafisch zijn weergegeven. Uit deze grafiek blijkt, dat gedurende het tijdvak 1. t/m 5 December voortdurend een groot slibgehalte werd gemeten. Bij *continu bedrijf* (energie voor bemaling) zou ook dit sterk verontreinigde water ingelaten moeten worden. In deze periode zou dus gerekend moeten worden met een neerslag, welke overeen zou komen met een gemiddelde van $\frac{33}{5} = 6{,}6$ kg droog slib per $m^3$ per etmaal. Nu is het niet noodig deze afzetting binnen den tijd,

waarin zij is ontstaan, dus in 5 etmalen uit het bekken te verwijderen, omdat als regel na een dergelijke slibrijke periode een tijdvak volgt met een betrekkelijk laag slibgehalte. Deze slibarme periode blijkt in het geval van fig. 12 uit 7 etmalen te bestaan. De som der daggemiddelden zou in deze 7 dagen slechts met 3 kg zijn toegenomen, zoodat het daggemiddelde gerekend over een tijdvak van 12 dagen zou zijn teruggebracht tot $\frac{33 + 3}{12} = 3$ kg droog slib per m³ per etmaal. Stelt men




SLIBGEHALTE VAN HET SERAJOEWATER.

FIG. 12

nu als eisch, dat de totale afzetting binnen deze 12 dagen moet zijn verwijderd, dan zal dus het baggerwerktuig een zoodanige capaciteit moeten hebben, dat per etmaal kan worden verwerkt 3 kg droog slib per m³ water. Bij een inlaatdebiet van 40 m³/sec zal per etmaal dus in totaal verwijderd moeten worden $40 \times 86.400 \times 3$ kg $= 10.368$ ton droog slib. Wordt per etmaal gerekend met een nuttigen baggertijd van 20 uren, dan zal de maximum capaciteit van het baggerwerktuig moeten bedragen $\frac{10.368}{20}$ = rond 520 ton droog slib per uur.

Dit maximale vermogen zal in een normalen Westmoesson slechts gedurende enkele korte perioden noodig zijn. Uit de grafiek van fig. 12 kan worden afgeleid, dat de te verwachten *gemiddelde afzetting* per etmaal overeenkomt met een gehalte van ongeveer 1,5 kg per m³. Wordt deze afzetting met hetzelfde baggerwerktuig verwerkt, dan zal de nuttige baggertijd per etmaal tot de helft kunnen worden teruggebracht, dus tot 10 uren. In den Oostmoesson is het slibgehalte van het Serajoe-water zoo klein, dat vrijwel geen afzetting plaats zal vinden.

Voor de berekening van de maximale slib-berging is in het Serajoe-voorbeeld maatgevend de neerslag in de periode 1 t/m 5 December. Omdat de zuigbagger voortdurend een hoeveelheid slib met een gehalte van 3 kg per m³ zal verwijderen, zal na verloop van genoemde 5 dagen de berging bedragen $5 \times 86.400 \times 40 \times (6{,}6 - 3)$ kg $= 62.200$ ton droog slib. Aannemende, dat het s.g. van het versch neergeslagen slib 1,2 is, zoo zal deze berging een volume innemen van $\frac{62.200}{1{,}2} =$ rond 52.000 m³. Zou de neerslag-dikte in het bekken overal even groot zijn, dan zou de hoogte van de berging 2,90 m bedragen. In de praktijk zal echter een gelijkmatige neerslag wel nimmer optreden, omdat deze niet alleen afhankelijk is van den vorm van het bekken, maar ook van de granulaire samenstelling van het slib. Zeer waarschijnlijk zal de grootste afzetting zijn te verwachten aan het begin van het bekken. Als gevolg hiervan zal het baggerwerktuig aan het schoonhouden van dit deel van het bekken ook wel den meesten tijd moeten besteden.

Verder is het overgangsstuk van het bekken naar de leiding zoodanig ontworpen, dat de waterdiepte zoo klein mogelijk, de bodembreedte daarentegen zoo groot mogelijk zal zijn, waardoor als het ware aan het einde van het bekken een drempel wordt gevormd, die den doorvoer van slib nog weer bemoeilijkt.

Om de mogelijkheid open te houden de intensiteit van het bezinkproces tot de helft te verminderen gedurende de periode, dat geen schadelijk slib wordt aangevoerd, is in het midden in de langsrichting van het bekken een houten scherm ontworpen (fig. 4 en 5). Eén van de aldus gevormde helften is aan het einde voorzien van een eenvoudige schotbalk, c.q. kleppensluis met behulp waarvan deze helft buiten bedrijf kan worden gesteld. De snelheid in de overblijvende helft zal dan tot de dubbele waarde = 0,40 m/sec worden vergroot en de doorstroomingstijd in dezelfde verhouding verkort. Zoodoende kan worden voorkomen, dat bij kleinere slibgehalten en onschadelijk slib de toevoer van vruchtbare vaste stoffen naar de velden noodeloos wordt verkleind.

In het genoemde scherm zijn op daartoe geëigende plaatsen uitsparingen aangebracht, opdat doorvoer van de flexibele buis van den zuigbagger van de eene helft naar de andere mogelijk blijft. De aangewezen punten voor deze uitsparingen liggen tegenover de beginpunten van de vaste spuibuizen.

Thans zal globaal worden nagegaan, hoeveel energie noodig is voor de aandrijving van bovenbedoelde baggermachine, waarbij de maximum capaciteit gesteld is op 520 ton droog slib per uur. Uitgaande van een soortelijk gewicht van droog slib van 1,5 komt deze hoeveelheid overeen met $\frac{520}{1,5} = 346$ m³ per uur of $\frac{346}{3.600} = 0,096$ m³/sec. Bij een mengverhouding van 1 deel slib op 4 deelen water zal het soortelijk gewicht van de baggerspecie bedragen: $\gamma = \frac{1,5 + 4 \times 1}{5} = 1,1$, terwijl de te verwerken hoeveelheid specie per secunde bedraagt $5 \times 0,096 = 0,48$ m³.

Neemt men een buisdiameter aan van 0,35 m, dan zal er een snelheid optreden van $\frac{0,48}{\pi \times 0,175^2} = 5$ m/sec. Deze snelheid is vrij groot, doch is i.v.m. de te verwachten homogene en fijne samenstelling van de baggerspecie n.h.v. wel toelaatbaar. Het wrijvingsverlies is met het oog op deze groote snelheid gesteld op 5 m waterdruk per 100 m buis. Bij de bepaling van de theoretische opvoerhoogte is veiligheidshalve als uitgangspunt aangenomen de hoogste waterstand, die eens per jaar in de Serajoe kan voorkomen, n.l. + 11,00. De Westmoessonwaterstand in het bezinkbekken ligt op + 7,65, zoodat het verschil bedraagt 11,00 — 7,65 = 3,35 m. De maximale lengte van de zuig- en van de persbuis is te stellen op 200 m.

De manometrische opvoerhoogte komt dus overeen met $H_{max.} = 3,35 \times 1,1 + 2 \times 5,0 = 13,70$ m zuivere waterdruk. Bij een nuttig effect van de grondpomp en motor tezamen van 0,50, zal aan den motor toegevoerd moeten worden electrische energie van $\frac{0,48 \times 13,70 \times 1.000}{0,50 \times 75}$ = 175 pk vermogen.

Neemt men voorts aan, dat met de grondpomp *gelijktijdig* in bedrijf zijn enkele hulpwerktuigen, waaronder een pompje voor het leveren van spoelwater op de pakkingbus van de grondpomp en een tweetal lieren, die gezamelijk met de verlichting een vermogen eischen van rond 25 pk, dan moet in totaal aangevoerd worden rond 200 pk energie.

In de volgende paragraaf zal worden aangetoond, dat voor de ontgraving van het hoofdkanalenstelsel per tijdseenheid meer energie noodig zal zijn, doordat meer hulpwerktuigen in bedrijf zijn, zoodat de te bouwen turbogenerator op dit grootere vermogen moet worden ingesteld. Bij de exploitatie van den zuigbagger als slibzuiveringsinstallatie zal dus zoo noodig steeds beschikt kunnen worden over eenige reserve energie.

Tot slot nog enkele opmerkingen over de watervoorziening van de aan den generator gekoppelde turbine. Rekent men met een energie-verlies van 5 % in de overbrengingsleidingen en de transformatoren, dan zal de generator een nuttig vermogen moeten leveren van $\frac{200 \times 0{,}736}{0{,}95}$ = 155 kW. Bij een generator- en een turbinerendement van resp. 85 en 80 % (gedeeltelijke belasting) en een nuttige valhoogte van 4,92 m. zal een turbinedebiet noodig zijn van: $Q_t = \frac{155 \times 0{,}102}{0{,}85 \times 0{,}80 \times 4{,}92} = 4{,}73$ m³/sec.

Vermeerdert men deze hoeveelheid met het verlies aan perswater, zijnde $4 \times 0{,}096 = 0{,}38$ m³, dan moet voor de slibzuivering in totaal rond 5 m³/sec gereserveerd worden of 12,5 % van het afgetapte debiet. Natuurlijk is dit alleen noodig gedurende den tijd, dat de baggermachine in bedrijf is.

§ 24. *Analyse van het hydro-mechanisch grondverzet.*

Bedraagt de hoeveelheid te ontgraven grond van het hoofdkanaal bij uitvoering van de beweegbare-stuw-oplossing slechts 280.000 m³, bij toepassing van het hydraulisch pompsysteem zou het hoofdkanalenstelsel een grondverzet vorderen van 1.900.000 m³, dus ongeveer zeven maal zoo veel. Bij ontgraving uit de hand zou het grondverzet bij de laatste oplossing bij een in de residentie Banjoemas geldende eenheidsprijs van *f* 0,13 per m³ een uitgave vorderen van *f* 247.000,—. In dit verband wordt opgemerkt, dat deze lage eenheidsprijs bij uitvoering in de Buitengewesten wel nimmer zal voorkomen en waarschijnlijk 2 à 4 maal hooger zal zijn, zoodat bij grondverzet met handenarbeid de aanlegkosten van het hoofdkanalenstelsel in dezelfde verhouding zullen stijgen en daardoor onevenredig zwaar drukken op de totale aanlegkosten.

Hoeveel bedraagt nu de eenheidsprijs bij mechanisch grondverzet, indien gebruik gemaakt wordt van dezelfde baggermachine, die de zuivering van het bezinkbekken zal verzorgen?

Men onderscheidt dan de volgende vier hoofdposten :

I. rente en afschrijving der aanschaffingskosten ;
II. aankoop van brandstof en smeermiddelen ;
III. bediening en onderhoud ;
IV. diversen, w.o. het maken van eventueele perskaden enz.

Post I. (rente en afschrijving).

Voor *gedeeltelijke afschrijving* komt in aanmerking de bovengenoemde electrisch aangedreven baggermachine, zonder cutter, waterkanon en Dieselaggregaat. De kosten hiervan worden geraamd op *f* 55.000,—. Voor algeheele afschrijving der laatstgenoemde drie werktuigen, die uitsluitend dienen voor de ontgraving van het hoofdkanaal zal voor de aanschaffing daarvan een bedrag worden uitgetrokken van *f* 30.000,—. Bij vijfjarig bedrijf en een rentevoet van 4 % zal het renteverlies bedragen : $5 \times 4\% \times f\,85.000,- = f\,17.000,-$. De gedeeltelijke afschrijving van de baggermachine ad 8 % per jaar zal $5 \times 8\% \times f\,55.000,- = f\,22.000,-$ bedragen. De volledige afschrijving van de evengenoemde hulpwerktuigen *f* 30.000,—, zoodat voor post I in totaal moet worden uitgetrokken *f* 69.000,—. Omgerekend per m³ grondverzet zal de rente en afschrijving bedragen $\frac{f\ 69.000,-}{1.900.000} = 3\frac{1}{2}$ *cent.*

Volledigheidshalve zal post I worden becijferd voor het theoretisch geval dat ook de baggermachine volledig op het grondverzet wordt afgeschreven. Men krijgt dan voor renteverlies eveneens *f* 17.000,— voor de afschrijving *f* 85.000,— dus in totaal *f* 102.000,— of omgerekend per m³ $\frac{f\ 102.000,-}{1.900.000} = 5\frac{1}{2}$ *cent.*

De besparing op het mechanisch grondverzet bedraagt dus *f* 33.000,— of rond 2 cent per m³, indien zoowel voor ontgraving, als voor de exploitatie gebruik gemaakt wordt van dezelfde baggermachine.

Post II. (brandstof en smeermiddelen).

Voor de bepaling van post II zal voorloopig worden uitgegaan van de aanname, dat de baggermachine bij een totaal aandrijfvermogen van 300 e.pkh theoretisch een hoeveelheid grond verzet van 150 m³. De gemiddelde werkelijke opbrengst per 11-urige werkdag moge voorts

worden gesteld op slechts $8 \times 150 = 1200$ m³ wegens de vele verplaatsingen van de persbuizen. Per m³ grondverzet zal dan noodig zijn $\frac{11 \times 300}{1.200}$ e.pkh $= 2{,}75$ e.pkh, overeenkomende met een brandstofverbruik, (zie § 21) van $2{,}75 \times$ f 0,11 $=$ 3 cent.

Voor smeermiddelen is te rekenen op 2,75 e.pkh $\times$ 5 gr $= 13{,}75$ gr of 0,0153 l ad 50 cent $=$ 0,75 cent per m³. Inclusief 0,25 cent per m³ grondverzet aan vet en poetskatoen, zal post II gesteld kunnen worden op *4 cent* per m³ grondverzet.

Thans zal worden nagegaan, welke de kosten zijn van de energievoorziening, indien in plaats van den Dieselmotor de aandrijving geschiedt met behulp van de hydro-electrische inrichting van het hydraulisch pompsysteem. Daarbij zal dan de in § 11 beschreven werkmethode worden gevolgd. Voor post II kan in dat geval in rekening worden gebracht *a.* rente- en afschrijving van de electro-mechanische inrichting, *b.* kosten van bediening en onderhoud.

Wordt nu aangenomen, dat er van electrische energie gebruik kan worden gemaakt voor de aandrijving van de cutterperszuiger gedurende drie jaren, dan kunnen de kosten als volgt worden becijferd:

sub. *a.* Uitgaande van een ramingscijfer voor de kosten der electromechanische inrichting en de hoogspanningskabel van *f* 45.000,— zoo bedraagt het renteverlies $3 \times 4\% \times f$ 45.000,— $= f$ 5.400,— en de afschrijving eveneens $3 \times 4\% \times f$ 45.000,— $= f$ 5.400,— of in totaal *f* 10.800,—. Hieronder zal worden aangetoond, dat op deze wijze 1.200.000 m³ grond kan worden ontgraven, zoodat evengenoemde kosten per m³ komen te staan op $\frac{f\ 10.800,—}{1.200.000} = 0{,}9$ cent.

sub. *b.* De extra bedieningskosten kunnen gesteld worden op *f* 3,00 per dag, overeenkomende met $\frac{f\ 3{,}00}{1.200} = 0{,}25$ cent per m³.

De onderhoudskosten bestaande uit reparatiekosten en aanschaffing van poetskatoen en smeermiddelen worden voor de drie-jarige bedrijfsperiode geraamd op *f* 1.800,— of omgerekend per m³ 0,15 cent.

Verder is te rekenen op het provisorisch leggen van den hoogspanningskabel langs het afvoerkanaal, waarvoor uit te trekken is *f* 2.400,— overeenkomende met 0,20 cent per m³ grondverzet.

Tot slot wordt een bedrag uitgetrokken van *f* 6.000,— voor de aanschaffing van extra-hulpmateriaal, zooals verbindingsmoffen, kabels enz, welk cijfer overeenkomt met 0,50 cent per m³.

De kosten sub *b* zijn dus te stellen op 1,1 cent per m³. Bij deze werkmethode zal dus voor post II uitgegaan moeten worden van een eindcijfer van *2 cent* per m³.

Aangezien volgens deze methode 1.200.000 m³ kan worden ontgraven, geeft deze werkwijze, i.v.m. calorische aandrijving een besparing van 1.200.000 × 2 cent = *f* 24.000,—.

Post III. (bediening en onderhoud).

De bedieningskosten per dag kunnen als volgt worden gespecificeerd:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 molenbaas | à | *f* 2,50 | = *f* 2,50 |
| 1 machinist | à | ,, 2,— | = ,, 2,— |
| 3 knechten | à | ,, 0,50 | = ,, 1,50 |
| 12 koelies | à | ,, 0,30 | = ,, 3,60* |
| | | Totaal | = *f* 9,60 of |

omgerekend per m³ $\frac{f\ 9{,}60}{1.200}$ = 0,8 cent. Verder is aan reparatie-materiaal en -kosten per dienstjaar te rekenen *f* 2.500,—, dus voor 5 jaren *f* 12.500,— of $\frac{f\ 12.500{,}-}{1.900.000}$ = rond 0,7 cent per m³. Post III zal dus per m³ grondverzet bedragen *1,5 cent.*

Post IV (diversen)

Wordt bij de ontgraving van een cutterperszuiger gebruik gemaakt, dan moet gerekend worden op het maken van perskaden en op een gelijkmaken en bijwerking van de taluds. De kosten van een uit de hand gemaakte perskade stellende op *f* 0,80 per strekkende meter, zullen bij een leidingstrekking van 12 km de aanlegkosten der perskaden bedragen 12.000 × 2 × *f* 0,80 = *f* 19.200,—, indien alle ontgravingsgrond op één oever wordt geborgen. Voor het egaliseeren en bijwerken

* (o.a. voor het voortdurend verplaatsen van de persbuizen).

van de taluds is te rekenen op gemiddeld *f* 0,50 per m'leiding, zoodat hiervoor is uit te trekken *f* 6.000,—. Voor algemeene kosten, loodsen, stellingen enz. globaal *f* 20.000,— ramende en voor onvoorziene uitgaven *f* 10.000,— krijgt men voor post IV een eindcijfer van *f* 55.200,— of omgerekend per m³ grondverzet $\frac{f\ 55.200,—}{1.900.000.} =$ rond *3 cent.*

In onderstaanden staat zijn de verschillende posten bij mechanisch grondverzet, respectievelijk met Diesel- en hydro-electrische aandrijving, omgerekend per m³ nogmaals samengevat.

| Post no | Omschrijving | AANDRIJVING | |
|---|---|---|---|
| | | Diesel-electrisch | hydro-electrisch |
| | | cent per m³ | |
| I. | rente en afschrijving | 3½ (5½) * | 3½ |
| II. | brandstof en smeermiddelen | 4 | 2 |
| III. | bediening en onderhoud | 1½ | 1½ |
| IV. | diversen | 3 | 3 |
| | Totaal . . | 12 (14) * | 10 |

*) De cijfers tusschen haakjes gelden bij volledige afschrijving van de baggermachine op het grondverzet van het hoofdkanalenstelsel.

Alvorens na te gaan hoeveel grond ontgraven kan worden met behulp van hydro-electrische energie, zal vooraf de capaciteit en het aandrijfvermogen van den cutterperszuiger worden berekend. In de vorige paragraaf werd voor het vermogen van den aan de grondpomp gekoppelden motor 175 pk becijferd bij een diameter van de zuig- en persbuizen van 0,35 m.

Neemt men verder voor den grond een soortelijk gewicht aan van 1,8 en een mengverhouding van 1 deel grond op 5 deelen water, dan zal het s.g. van de baggerspecie bedragen :

$$\gamma = \frac{1{,}8 + 5 \times 1}{6} = \sim 1{,}14$$

Bij een gemiddelde opvoerhoogte van 10 m en een totale buislengte van 200 m, zal uitgaande van een wrijvingsverlies van 6 m waterdruk per 100 m, de manometrische opvoerhoogte overeen komen met een zuiveren waterdruk van

$$H_{max.} = 10 \times 1{,}14 + 2 \times 6 = 23{,}4 \text{ m.}$$

Het rendement van den motor en de grondpomp tezamen veiligheidshalve op 0,45 stellende, zal de hoeveelheid baggerspecie bedragen :

$$q = \frac{0{,}45 \times 175 \times 75}{23{,}4 \times 1000} = 0{,}253 \text{ m}^3\text{/sec,}$$

waarvan aan vaste stof $\frac{0{,}253}{6} = 0{,}042$ m³/sec.

Per uur zal dus theoretisch een hoeveelheid grond worden verzet van $3.600 \times 0{,}042 = 150$ m³, welke overeenkomt met de hierboven aangenomen baggercapaciteit.

Voor het verzetten van den onder den waterspiegel gelegen grond zal aan electrische energie noodig zijn : voor de aandrijving van de grondpomp 175 pk, voor de aandrijving van de gelijktijdig in bedrijf zijnde hulpwerktuigen, — w.o. een pompje voor het leveren van spoelwater op de pakkingsbus van de grondpomp en eenige lieren — 25 pk. Verder kan het vermogen van de cutter bij een toerental van 12 per minuut gesteld worden op 40 pk. In totaal is dus noodig 240 pk.

De boven den waterspiegel gelegen grond zal bij zuiver mechanisch bedrijf met behulp van een waterkanon losgespoten worden, voor welk werktuig een vermogen kan worden aangenomen van 60 pk. Bij gelijktijdig bedrijf van den monitor en den cutterperszuiger zal voor dit grondverzet dus een energie noodig zijn van 300 pk.

Van het totaal ad 1.900.000 m³ ligt rond 800.000 m³ onder water en 1.100.000 m³ boven water, zoodat voor het grondverzet gemiddeld een hoeveelheid energie noodig zal zijn van

$$\frac{800.000 \times 240 + 1.100.000 \times 300}{1.900.000} = 274 \text{ pk.}$$

Wordt nu verder een energieverlies van $\pm$ 10 % in rekening gebracht in verband met het Diesel-electrisch bedrijf, dan zal bij calorische aandrijving per uur een vermogen worden opgewekt van rond 300 e.pkh (d.i. overeenkomstig de aanname bij de kostenberekening).

Bij aandrijving met behulp van waterkracht zal de turbo-generator berekend moeten zijn op de maximum vereischte energie van de baggermachine, zijnde 300 pk electrische energie (monitor-bedrijf). Bij een energieverlies van 5 % in de overbrengingsleidingen en de transformatoren zal de generator dus een nuttig vermogen moeten leveren van $\frac{300 \times 0{,}736}{0{,}95} = 233$ kW.

Voor de berekening van het turbine-debiet zal voorts worden uitgegaan van de volgende aannamen. De rendementen van den generator en de turbine worden bij vollast en cos $\varphi = 0{,}80$ gesteld op respectievelijk 0,90 en 0,80, terwijl voor de nuttige valhoogte zal worden aangenomen $H_t = 5{,}00$ m.

Dan is $Q_t = \frac{233 \times 1{,}02}{0{,}90 \times 0{,}85 \times 5{,}00} = 6{,}20$ m³/sec.

Neemt men verder veiligheidshalve aan, dat het perswater geheel verloren gaat, dan zal in totaal moeten worden aangevoerd:

$$6{,}20 + \frac{5}{6} \times 0{,}253 = 6{,}41 \text{ m}^3\text{/sec.}$$

Het met calorische energie te ontgraven beginprofiel kan thans definitief worden vastgesteld. Daarbij zal worden uitgegaan van een rivierpeil dat overeenkomt met het gemiddeld 270-daagsch debiet. Bij het opstellen van het werkplan zal dus rekening gehouden moeten worden met de omstandigheid, dat in het droge seizoen minder water, dus ook minder energie aanwezig zal zijn, zoodat niet alle hulpwerktuigen gelijktijdig in bedrijf kunnen zijn.

Het af te tappen debiet is van die orde van grootte, dat van een daling van den rivier-waterstand practisch niet kan worden gesproken, zoodat zonder bezwaar uitgegaan kan worden van een peil van + 8,00 in de K. Serajoe (zie § 8). Het drukverlies in de voor het kleine debiet te groote inlaatsluis zal $\pm$ 3 cm bedragen. Bij een aanname van een verhang in het beginprofiel van de aan- en afvoerleiding van 0,00015 zal met extra opstuwing van het peil bij het pompstation een nuttige valhoogte optreden van: $8{,}00 - 0{,}03 - 6{,}75 \times 0{,}15 + 0{,}50 - 0{,}05 - 7{,}4 \times 0{,}15 - 1{,}30 = 5{,}00$ m, dus gelijk aan de boven aangenomen waarde.

Men vindt dan:

$i = 0{,}00015$ tal. 1 : 2 $Q = 6{,}41$ m³/sec $K = 45$

$F_m = 11{,}9$. Bij $\frac{B}{h} = \frac{7{,}00}{1{,}80} = 3{,}9$ behoort $\frac{F}{F_m} = 1{,}06$.

Dus is $F = 1{,}06 \times 11{,}9 = 12{,}6$ m². Is $h = 1{,}80$ m dan is $b = 3{,}49$ m.

Met deze gegevens kan thans de hoeveelheid grond worden bepaald, welke met calorische energie moet worden verzet. Deze bedraagt voor het aan- en afvoerkanaal tezamen 700.000 m³. De rest van het grondverzet, zijnde 1.200.000 m³ kan dus met behulp van hydro-electrische energie worden ontgraven, welk cijfer overeenkomt met de boven aangenomen waarde.

De eindrekening van het mechanisch grondverzet kan nu worden opgemaakt:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Diesel-electrisch: . . . . . | 700.000 | × 12 cent | = *f* 84.000,— |
| hydro-electrisch: . . . . | 1.200.000 | × 10 cent | = „ 120.000,— |
| Totaal | 1.900.000 m³ | voor rond | *f* 205.000,— |

of gemiddeld per m³ *10,7 cent.*

Tot slot zal het voorgestelde werkschema voor het grondverzet aan de hand van fig. 8 nader worden verduidelijkt. Beginnende in den bouwput van de inlaatsluis zal de zuigbagger met calorische energievoorziening het beginprofiel ontgraven in stroomafwaartsche richting tot aan het samenvloeiingspunt met den moerasafvoer. De kanaalkruisingen dienen zoodanig te zijn uitgevoerd, dat een vrije doorvaart van de baggermachine verzekerd is. Teneinde de persafstand bij dit calorische bedrijf zoo klein mogelijk te houden zijn de perskaden voor de eenzijdige grondberging aan die kanaalzijde ontworpen, die aan het beginprofiel grenst. Deze grondberging zal kunnen bestaan uit een aaneengesloten depôt langs de leiding, dan wel uit verspreide centrale gronddepôts in het terrein.

Van af de electrische centrale van het hydraulisch pompstation moet intusschen de hoogspanningskabel provisorisch zijn aangelegd tot dat punt van den moerasafvoer, waar de verbreeding zal beginnen. De waterkracht-electrische voorziening van den zuigbagger neemt hier een aanvang. Gelijktijdig verandert ook de baggerrichting, deze is nu stroomopwaarts gericht. De transformator, die bij deze energievoorziening op een rolwagen wordt gemonteerd, zal aan de laagspanningszijde verbonden zijn met den zuigbagger en aan de hoogspanningszijde met even-

genoemde kabel. Wil men de lengte van de laagspanningsverbindingslijn zoo kort mogelijk houden, dan zal overwogen kunnen worden tijdens het baggeren, zonder de verbindingen te verbreken, de kabel weer op een haspel te wikkelen, daarbij zorgdragend, dat zoowel de haspel als de transformator op ongeveer gelijke hoogte blijven met de baggermachine. Zoodra de eerste haspel vol gewikkeld is, begint men met de volgende en zoo gaat men door, tot dat de centrale bereikt is, waarna het proces in omgekeerde richting wordt voortgezet. Op deze wijze zal de energievoorziening met weinig verlies plaats hebben.

Het verhalen van de baggermachine van het aanvoerkanaal naar het op lager niveau liggende afvoerkanaal en omgekeerd, kan op eenvoudige wijze geschieden door het opwerpen van aarden hulpdammen nabij het pompstation.

Na beëindiging van het grondverzet wordt de transformator permanent in een gebouwtje bij het bezinkbekken ondergebracht, terwijl de persbuizen definitief worden ingegraven. Gelijktijdig met het gereed komen van het kanalenstelsel kan dan de slibzuiveringsinstallatie in gebruik worden genomen.

§ 25. *De aanlegkosten en de jaarlijksche lasten van het hydraulisch pompbevloeiingssysteem.*

Aan de hand van het in bovenstaande paragrafen behandelde concrete bevloeiingsvoorbeeld zal thans in staatvorm een raming van de aanlegkosten worden gegeven:

Post I. *Pompstation.*

A. *Civiele werken.*

| | | |
|---|---|---|
| boven- en onderbouw . . . . . | *f* | 80.000,— |
| fijnrooster en reinigingsmiddelen . . . . | ,, | 5.000,— |
| afsluitmiddelen (incl. terugslagkleppen) . | ,, | 15.000,— |
| bokkraan, incl. montage . . . . . | ,, | 15.000,— |
| algemeene kosten (gereedschappen, verlichting enz.) . . . . . | ,, | 5.000,— |
| *Transporteeren* . . | *f* | 120.000,— |

*Per transport* . . *f* 120.000,—

B. *Pompaggregaten.*

3 turbine-pompaggregaten, elk bestaande uit een Kaplan-turbine en -pomp met in stilstand verstelbare loop-schoepen en regelbare leidschoepen, incl. reservedeelen, montage en beproeving . . . . . *f* 110.000,—

C. *Electro-mechanische inrichting van het pompstation.*

| | |
|---|---|
| 1 Kaplanturbine met beweegbare leid- en loopschoepen en eindlager, incl. reserve-deelen, montage en beproeving . . . . . | *f* 10.000,— |
| 1 snelheidsregulateur . . . . . | ,, 3.000,— |
| 1 draaistroom-hoogsp.-generator met opge-bouwde opwekker, incl. reservedeelen en montage . . . . . | ,, 10.000,— |
| 1 hoogsp. celconstructie met schakelbord, olieschakelaar, beveiligingen, meet-transfor-matoren, signaallampen enz. incl. reserve-deelen en montage . . . . . | ,, 7.000,— |
| | *f* 30.000,— |

Totaal Post I . . . *f* 260.000,—

Post II. *Grondverzet.*

Volgens de analyse van § 24 bedragen de kosten voor het mechanische grondverzet van 1.900.000 m³ . . . *f* 205.000,—

Post III. *Bijkomende werken.*

A. *Electro-mechanische inrichting buiten het pompstation.*

| | |
|---|---|
| 7 km hoogspanningskabel, transformator en schakelinrichting incl. aanleg . . . . | *f* 15.000,— |
| 1 zuigbaggermachine met buizenmateriaal, doch exclusief cutter, waterkanon en Dieselaggregaat, waarvan de aanschaffings-kosten worden bestreden uit de post grondverzet . . . . . | *f* 55.000,— |

*Transporteeren* . . *f* 70.000,—

| | | |
|---|---|---|
| | *Per transport* . . | *f* 70.000,— |
| B. | *Civiele werken.* | |
| | inlaatsluis met ducdalven enz. . . . . | *f* 70.000,— |
| | kanaalkruisingen . . . . . | „ 70.000,— |
| | onteigening . . . . . | „ 55.000,— |
| | bezoding . . . . . | „ 10.000,— |
| | kanaalvoorzieningen . . . . . | „ 50.000,— |
| | | *f* 255.000,— |
| | Totaal Post III . . . | *f* 325.000,— |

*Recapitulatie*

| | | |
|---|---|---|
| I. | Pompstation . . . . . | *f* 260.000,— |
| II. | Grondverzet . . . . . | „ 205.000,— |
| III. | Bijkomende werken . . . . . | „ 325.000,— |
| | Totaal generaal | *f* 790.000,— |

Becijfert men de jaarlijksche lasten, dan bedraagt de rentederving van het aanlegkapitaal *f* 790.000,— × 4% = *f* 31.600,—. Aan onderhoud en herstelling van de civiele werken, welke in aanleg *f* 580.000,— zullen kosten, is te rekenen op *f* 580.000,— × 2% = *f* 11.600,— en aan onderhoud, herstelling, afschrijving en vernieuwing van de mechanische deelen op *f* 210.000,— × 4% = *f* 8.400,—. Verder zal jaarlijks voor beheer en bediening een bedrag van *f* 5.000,— zijn te reserveeren, zoodat in totaal de jaarlijksche lasten zijn te stellen op *f* 56.600,—, overeenkomende met rond 7,2% van het aanlegkapitaal. Omgerekend per ha bevloeid oppervlak komt deze som te staan op *f* 2,95 of *f* 2,10 per bouw.

Vergelijkt men deze cijfers aan de hand van tabel 1 met de jaarlijksche lasten van de zes overige bevloeiingssystemen, dan blijkt onder de gegeven omstandigheden *het hydraulisch pompsysteem tot de minst kostbare oplossingen te behooren.* Slechts bij de indirecte pompbevloeiing met waterkracht als energiebron en stroomlevering door derden (systeem VI) kunnen deze lasten tot een lager niveau worden gedrukt, indien voor de electrische energie jaarlijks niet meer dan *f* 20.000,— in rekening wordt gebracht, overeenkomende met een uitzonderlijke leverprijs van nog geen halve cent per kWh.

Met dezen zeer lagen leverprijs kon in het onderhavige geval, dank zij de in § 5 vermelde bijzonder gunstige omstandigheden, de betrokken electriciteitsmaatschappij tenslotte genoegen nemen. Door de overheid werd daarop besloten tot uitvoering van systeem VI over te gaan, echter met dien verstande, dat in plaats van één gecombineerd pompstation op den linkeroever, op iederen oever afzonderlijk een electrisch pompstation zal worden gebouwd. Het pompstation op den linkeroever is intusschen op den 14den Maart 1939 in bedrijf gesteld.

---

## HOOFDSTUK VIII.

### Kunstmatige ontwatering en colmatage-bevloeiing van een moeraspolder met behulp van de hoofdwerken van het hydraulisch pompbevloeiingssysteem.

§ 26. *De waterhuishouding van lage gebieden langs den neerslagkegel van een groote rivier.*

Is in het voorgaande in algemeene lijnen een oplossing aangegeven voor de *bevloeiing* van de hooggelegen oeverwallen langs groote alluviale rivieren, thans zal volledigheidshalve ook het *afwateringsvraagstuk* nader worden bekeken.

In § 6 is bij de beschrijving van het fluviatiele landschap reeds naar voren gebracht, dat bij een neerslaggebied van een alluviale rivier slechts in het bovenste deel van den kegel (het z.g. pematang- of renah-gebied) een vrij bevredigende afwateringstoestand wordt aangetroffen. Algeheele verbetering van de afvoergesteldheid van dit terrein zal in technisch opzicht weinig moeilijkheden opleveren. Men zal slechts dienen te waken tegen bandjiroverslag uit de rivier door dijkaanleg. Het terreinwater zal vanwege het groote terreinverhang vanzelf afstroomen langs bestaande of nieuw te graven afvoergeulen in de richting van de aangrenzende laaggelegen gronden, de z.g. baroehs of lebaks.

Nu zal men zich bij de keuze van een bevloeiingsgebied langs een groote rivier niet altijd kunnen beperken tot de hooggelegen oeverwallen. Deze laatste kunnen een te kleine oppervlakte hebben, dan wel voor een deel reeds bestemd zijn voor den aanplant van andere overjarige gewassen (bijv. rubber).

In dat geval zal men ook de aangrenzende laaggelegen moerasgebieden in het bevloeiingsgebied moeten betrekken. Op welke wijze dit het beste kan geschieden, zoo mogelijk met gebruikmaking van de werken, welke behooren tot het hydraulisch pompsysteem, zal worden behandeld in de volgende paragraaf. Hier mogen enkele opmerkingen voorafgaan over de waterhuishouding van deze lage gebieden.

Gerangschikt naar de door V i n k c.s. opgestelde indeeling van moerassen langs groote rivieren: *moesson-* of *getij-moerassen*, behooren deze

grensgebieden tot de eerste groep. Afhankelijk van de hoogteligging van deze terreinen ten opzichte van de rivier en den aard van de waterhuishouding, spreekt men in de residentie *Palembang* van lebak tekoeroeng, — kerenahan of — besoengai. Het eerste type ligt het hoogste, is beschermd door een bandjirvrije renah en staat met één of meer kanalen (arisans) rechtstreeks in verbinding met de hoofdrivier. Het tweede type is niet vrij van overslag uit de rivier, terwijl het laatste type wordt gevormd door de open lebak, welke door middel van een moerasafvoer in open verbinding staat met het omliggende water.

Als variant is ook te beschouwen de danau, een door de pematangs van een rivierlus ingesloten meertje, dat in Borneo door het bouwen van uitwateringssluizen als een soort polder kan worden ingericht (zie § 6).

Ook in de waterhuishouding van een gedeelte der lebakgronden tusschen de *Komering-* en *Ogan*-rivieren (Palembang) heeft men verbetering trachten te brengen door verhooging van de ten deele reeds bestaande dijken en den aanleg van enkele in- en uitlaatsluizen, waarmede de wateraan- en afvoer van den polder kan worden geregeld.

Evenals in het danaugebied, heeft zich ook op deze lebakgronden de typische Oostmoesson-sawahbouw ontwikkeld met vroegrijpende variëteiten, daar men gebruik moet maken van een kort tijdsbestek van slechts enkele maanden, waarin weinig of geen gevaarlijke bandjirs te duchten zijn.

Gedurende den Westmoesson laat men het bandjirwater de min of meer drooggeloopen polders binnenstroomen, alwaar een laag slib wordt afgezet. Het plantklaar maken van het lebakterrein geschiedt in den na-Westmoesson en in het begin van den Oostmoesson en bestaat uitsluitend uit het opruimen van de water- en moerasvegetatie.

Is voor den aanleg van de noodige kweekbedden onvoldoende droge grond beschikbaar, dan zal men vaak zijn toevlucht moeten nemen tot drijvende kweekbedden. Op de kweekbedden blijft de bibit 35 à 40 dagen staan, waarna de plantjes worden verspeend.

Intusschen zal het water in de lebak door het dalen van den rivierwaterstand zoo ver zijn gezakt, dat er overgeplant kan worden. Drie à vier maanden daarna is de padi gerijpt, zoodat tegen het begin van den volgenden Westmoesson kan worden geoogst.

Daar deze cultuurwijze in algemeene lijnen zeer veel overeenkomst vertoont met het irrigatiesysteem langs den Midden-Nijl, kan met V a n T u b e r g e n terecht gesproken worden van „Basin-irrigation" (kombevloeiing),

met dien verstande, dat men bij den Nijl de waterhuishouding practisch in de hand heeft en bij de lebakgronden niet. En juist aan deze laatste omstandigheid is het te wijten, dat men thans in de praktijk zooveel moeilijkheden ondervindt.

In de eerste plaats met betrekking tot den *waterafvoer*. Zooals bekend, staat het water in den Nijl slechts gedurende betrekkelijk korten tijd (2 à 3 maanden) hooger dan het niveau van de „basins"-(kommen) en de rest van het jaar zoover daar beneden, dat vrije afwatering steeds mogelijk is. Bij de groote rivieren in den Indischen Archipel, die zich in het gebied van den opstijgingsgordel bevinden, treft men juist het omgekeerde beeld aan: een langaanhoudenden natten tijd met veel bandjirs, afgewisseld door één of twee korte droge perioden. Gedurende deze laatste periode(n) kunnen slechts de hoogst gelegen lebaks vrij afwateren en geheel of gedeeltelijk droogloopen. De overige moerasgronden, en deze zullen in het algemeen de grootste oppervlakte beslaan, zullen practisch voortdurend onder water staan. *Dit bezwaar kan niet worden ondervangen door den bouw van uitwateringssluizen.* Deze laatste zijn alleen dienstig om de waterhuishouding van hooggelegen polders — welke in den Westmoesson vrij kunnen afwateren — eenigszins te verbeteren door het weren van ontijdige bandjirs, welke òf den jongen aanplant òf den oogst kunnen vernielen.

Ook wat den *wateraanvoer* betreft ondervindt men thans moeilijkheden. Bij een scherpe daling van den waterspiegel in de rivier loopen de hooge lebakdeelen gevaar te snel droog te loopen, hetgeen meestal een misoogst beteekent tengevolge van *watergebrek*. Bij den aanleg van verbeteringswerken dienen dus zoodanige maatregelen te worden getroffen, dat een te groote verlaging van den grondwaterspiegel tijdens droogteperioden wordt voorkomen òf door aanvoer van bevloeiingswater òf door kunstmatige regeling van den aanvoer.

Behalve voor bevochtiging in den drogen tijd is de aanvoer van rivierwater in de voornaamste plaats in den Westmoesson in de eerste plaats noodig voor het aanbrengen van slib. Dit slib zet zich ieder jaar als een dunne laag af op den bodem van de polders, zoodat van een colmatagebevloeiing kan worden gesproken. De bodem is dus aan een voortdurende verjonging onderhevig. Zoowel M o h r, V i n k als S c h o p h u y s zijn van meening, dat *deze telkens weer keerende regeneratie een noodzakelijkheid is voor een goede opbrengst van den aanplant op moerasgebieden.*

Zonder verder op landbouw-technische bijzonderheden in te gaan, zij alleen vermeld, dat deze noodzakelijkheid o.a. voortspruit uit den

eisch, de vruchtbaarheid te verhoogen van de over het algemeen vrij arme, vaak met veen bedekte moerasgronden, die steeds onbewerkt blijven.

In vele gevallen wordt deze colmatagebevloeiing verzorgd door dezelfde kanalen, waarlangs de waterafvoer plaats heeft. Bij lange kanalen en langgerekte poldereenheden kan dit gecombineerde stelsel bezwaren opleveren, omdat aan colmatagekanalen o.a. met het oog op het transport van vaste stoffen andere eischen worden gesteld dan aan afvoerleidingen. In dat geval zal n.h.v. aan een gescheiden aan- en afvoersysteem de voorkeur zijn te geven.

Resumeerende zal bij het ontwerpen van een technisch bevloeiings- en afwateringssysteem voor deze moerasgronden met de volgende punten zijn rekening te houden:

1e het gebied moet geheel worden ingepolderd;
2e ontwatering van den geheelen polder, ook die der laagste deelen, moet vóór het uitplanten van de padi mogelijk zijn;
3e tijdens de groeiperiode van den aanplant zal zorg gedragen moeten worden voor den afvoer van schadelijk regen- of terreinwater;
4e tegen watergebrek moeten maatregelen getroffen kunnen worden;
5e na den oogst zal de polder met slibrijk rivierwater gevuld moeten kunnen worden.

§ 27. *Een nieuw ontwaterings- en colmatagebevloeiingsstelsel voor een moeraspolder.*

Ten behoeve van bovenbedoelde aangrenzende moerasgronden zal thans, met inachtneming van de in de voorgaande § aangegeven richtlijnen en onder gebruikmaking van de hoofdwerken van het hydraulisch pompsysteem, een technisch volledig bevloeiings- en afwateringsstelsel worden ontwikkeld.

Teneinde het in te polderen gebied niet te bezwaren met terreinwater van de hooggelegen oeverwallen, zullen tusschen laatstgenoemde gronden en het in te dijken moeras één of meer enkelzijdig bedijkte afvoeren moeten worden gegraven. De tracé's van deze afvoeren zullen zoodanig zijn te kiezen, dat natuurlijke loozing op het buiten den polder liggend moeras onder alle omstandigheden verzekerd blijft. Daar bij niet vervormde neerslagkegels deze afvoeren langs de grens zullen loopen van het sedimentatiegebied, is de mogelijkheid niet uitgesloten, dat in één dezer waterloopen het turbine-afvoerkanaal uitmondt.

Algeheele afsluiting van het in te polderen moeras wordt verder verkregen door in aansluiting op den dijk langs deze afvoeren een ringdijk aan te leggen, waarvan de kruin hooger ligt dan den hoogsten waterstand in het moeras.

In het algemeen en dit geldt in het bijzonder voor de moerassen langs het hoogste gedeelte van den neerslagkegel, zal de gemiddelde waterstand in het moeras belangrijk lager liggen dan de rivierwaterstanden, terwijl de schommelingen van den waterspiegel veel kleiner zijn. De loozing van het polderwater zal derhalve beter kunnen plaats vinden op het omliggende moeras dan op de rivier. Bij deze zeer uitgestrekte, monotone moerasgebieden, welke in de Buitengewesten langs de groote rivieren worden aangetroffen, zal geen sprake kunnen zijn van een noemenswaardige verhooging van den waterspiegel, als gevolg van de loozing van het polderwater en den toevoer van afgewerkt turbinewater.

Afhankelijk van de hoogteligging der gronden binnen den polder, kan de ontwatering geschieden met behulp van een keersluis, dan wel met een gemaal. Door middel van een *keersluis* kunnen ontwaterd worden die stukken grond, die van nature door opslibbing ongeveer ter hoogte van den *gemiddelden* moeraswaterstand liggen. In verband met de geringe schommelingen van den waterspiegel, zullen deze gronden beperkt blijven tot een smalle strook. Slechts in die gevallen, waar de opslibbing van meerdere kanten plaats kan vinden, zooals bij danau's (rivierlussen) en bij parallel loopende rivieren (bijv. tusschen de Ogan en Komering), kan de met een keersluis te bedienen oppervlakte betrekkelijk groot zijn.

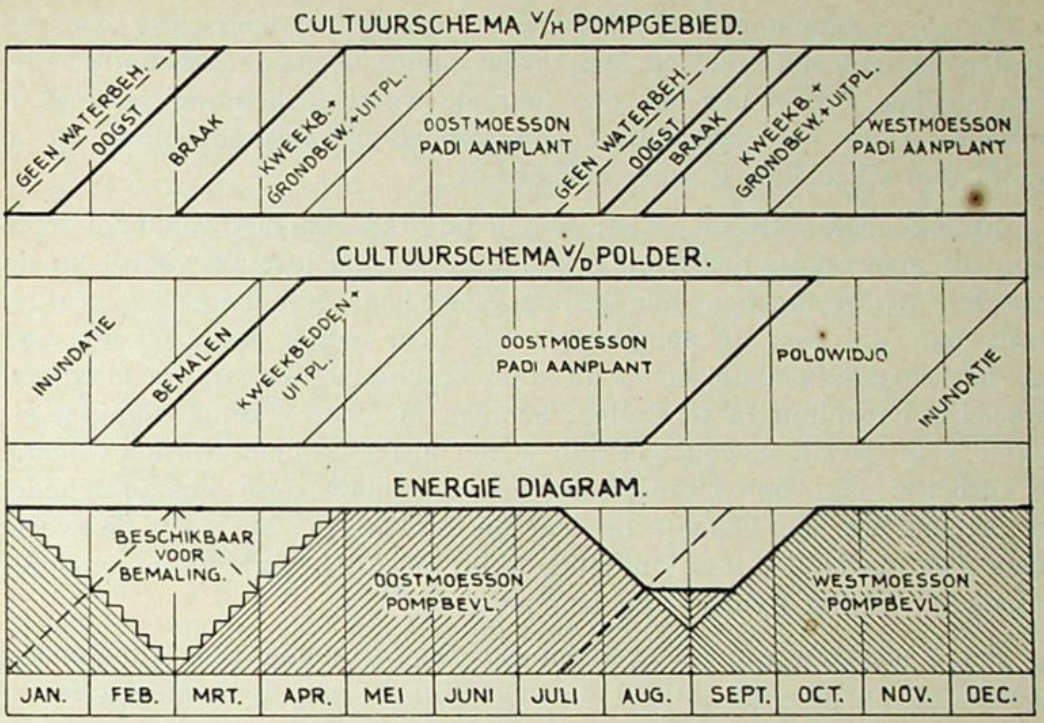
In het algemeen zal men echter slechts te maken hebben met gronden, die lager liggen dan den gemiddelden buitenwaterstand en welke dus steeds aangewezen zijn op *bemaling,* zoodat men eigenlijk beter kan spreken van een „droogmakerij" in plaats van een „polder".

Juist deze noodzaak tot kunstmatige ontwatering heeft tot nu toe steeds de technische verbetering van deze gebieden in den weg gestaan. Een eenvoudig rekenvoorbeeld leert n.l. dat het calorisch opwekken van de benoodigde energie voor de bemaling per eenheid van oppervlakte en per oogst een zeer hooge uitgave zou vorderen. Neemt men bijv. aan, dat na de vereischte inundatieperiode met slibrijk rivierwater een waterlaag van gemiddeld 1 m hoogte moet worden bemalen en dat gedurende deze bemaling en de groeiperiode van de padi ongeveer 1.200 mm regen- en kwelwater moet worden verwijderd, dan zal per ha bij een ge-

middelde opvoerhoogte van 2 meter aan energie moeten worden opgewekt ± 230 e.pkh, overeenkomende met een uitgave aan brandstof en smeermiddelen van *f* 3,20 per ha per oogstjaar. Vermeerdert men dit bedrag met de kosten van onderhoud, afschrijving en bediening van het calorisch pompstation, welk per jaar op ± 8 % van de aanlegkosten zijn te stellen, dan zal bij een aanleg-kapitaal van *f* 250.000,— en bij een grootte van den polder van 10.000 ha de bemaling per ha per jaar *f* 3,20 + *f* 2,— = *f 5,20* kosten. In dit bedrag zijn nog niet begrepen de jaarlijksche lasten van de overige benoodigde waterkeerings- en colmatagewerken. Zonder nader op de kosten van deze laatste werken in te gaan is het reeds duidelijk, dat *kunstmatige ontwatering met calorisch opgewekte energie* zulke hooge uitgaven per eenheid van oppervlakte vordert, dat van *rendabele exploitatie wel nimmer sprake* zal kunnen zijn.

Belangrijk gunstiger echter is de situatie, indien in de naaste omgeving van het droog te leggen gebied een hydraulisch pompsysteem tot uitvoering is gekomen. Dan bestaat de mogelijkheid (op welke wijze zal in de volgende paragraaf worden aangetoond) om tegen betrekkelijk lage kosten op bepaalde tijden groote hoeveelheden energie voor deze bemaling ter beschikking te stellen. Bij een doelmatige exploitatie kunnen deze tijdstippen zoodanig worden gekozen, dat zoowel de ontwatering van den polder vóór het uitplanten van de padi, als de afvoer van schadelijk regenwater tijdens de groeiperiode, geheel kunnen worden aangepast aan het cultuur-schema van den voor deze gronden meest geëigenden Oostmoesson-aanplant. In de voorgaande paragraaf is uiteengezet, dat de gebruikelijke inundatieperiode samenvalt met den Westmoesson. Aan het begin van den Oostmoesson moet echter, onafhankelijk van den rivierwaterstand, het bandjirwater uit den polder zijn verwijderd om het overplanten van de rijst mogelijk te maken. Dit houdt in, dat tegen het einde van den Westmoesson met de bemaling moet worden aangevangen.

Wordt nu zorggedragen, dat de Westmoessonaanplant op de gronden, behoorende tot het hydraulisch pompgebied, reeds in het begin van den Westmoesson in den grond wordt gebracht, dan kan de waterverstrekking aan dezen aanplant reeds in het midden van den Westmoesson geleidelijk aan worden verminderd, totdat deze nul bedraagt tegen het einde van den Westmoesson (zie het schema op fig. 13). Laat men verder de gronden één of twee maanden braak liggen alvorens met de grondbewerking aan te vangen van den daarop volgenden Oostmoessonaanplant (eveneens op de gronden van het hydraulisch pompgebied) en waartegen




**HET VERBAND TUSSCHEN DE CULTUURSCHEMA'S EN HET ENERGIE DIAGRAM**

FIG. 13.

n.h.v. geen bezwaar bestaat, omdat als regel voldoende water aanwezig zal zijn, dan is gedurende 2 à 3 maanden de energie van het pompstation beschikbaar, om de bemaling van het rivier- en hemelwater uit den polder te verzorgen.

Na deze bemaling wordt deze energie weer benut om het water voor den Oostmoessonaanplant van het pompgebied op te voeren. Komen in deze bevloeiingsperioden dagen voor, dat de regen de taak van het bevloeiingswater kan overnemen, dan kan, in het geval de naburige polder van dit regenwater overlast ondervindt, de bevloeiing geheel of geleidelijk worden onderbroken, onder gelijktijdige inschakeling van de bemaling. Wordt verder tusschen den polder en het gemaal een ruim bemeten boezem ingeschakeld, dan wordt tevens in de keuze der pomptijden een zekere mate van vrijheid verkregen.

In de volgende paragraaf zal aan de hand van een cijfervoorbeeld worden aangetoond, dat op deze wijze onder bepaalde omstandigheden voor slechts *f* 2,— per ha per jaar, de waterhuishouding van een in verhouding tot het hydraulisch pompgebied vrij grooten polder, op bevredigende wijze kan worden beheerscht.

In regenrijke streken, waar het in cultuur te nemen gebied in hoofdzaak uit moerasgrond bestaat, zou het geval zich kunnen voordoen, dat voor de ontwatering een belangrijk grootere hoeveelheid energie vereischt wordt dan die voor de pompbevloeiing. Door echter reeds bij den aanleg, het hoofdkanaalstelsel en de waterkrachtmachines op de maximaal vereischte capaciteit in te stellen, hetgeen met betrekkelijk weinig meerkosten is te bereiken, zou ook aan dezen eisch kunnen worden voldaan. De uitbouw van het waterkrachtwerk zou onder deze omstandigheden dus primair worden beheerscht door de ontwatering en pas in de tweede plaats door de bevloeiing. Duidelijk blijkt hieruit het groote aanpassingsvermogen van het hydraulisch pompsysteem.

Het vermogen van dit systeem om ook te dienen voor kunstmatige ontwatering opent niet alleen de mogelijkheid, om de hygiënische toestanden in de omgeving van langs groote rivieren gestichte bevloeide kolonisatiegebieden, door drooglegging van aangrenzende moerassen, grondig te verbeteren, doch biedt tevens de gelegenheid tot het in cultuur nemen van groote moerascomplexen, waar de autochthone bevolking de haar vertrouwde Oostmoessonpadiaanplant kan verbouwen. Dit vermogen is dus, zoo niet de meest belangrijke, dan toch wel een zeer voorname eigenschap van het hydraulisch pompsysteem. Voor de verbetering van den waterstaatkundigen toestand van alluviale sedimentatiegebieden is dit systeem dan ook zeer geëigend en in het algemeen meer op zijn plaats dan de bestaande zwaartekrachtbevloeiingssystemen, welke laatste de evengenoemde waardevolle eigenschap niet bezitten.

Thans nog een enkel woord over het waken tegen watergebrek in den polder. Daar de hooge gebieden buiten den polder zijn gehouden en deel uitmaken van het hydraulisch pompbevloeiingsgebied, zullen de binnen den ringdijk liggende gronden uitsluitend uit laaggelegen terreinen bestaan. Het verzekeren van den watertoevoer zal dan ook niet de minste moeilijkheden opleveren en eenvoudig kunnen plaats vinden door aanvoer van niet opgepompt water langs het colmatagebevloeiingskanaal. Dit laatste kanaal heeft in de eerste plaats tot taak slibrijk rivierwater in het begin van den Westmoesson in den polder te leiden. Hoe grooter het slibgehalte van dit inundatiewater is, hoe kleiner

de totaal aangevoerde hoeveelheid water kan zijn om een zekere dikte van de sliblaag te verkrijgen, dus hoe korter de benoodigde bemalingsperiode.

Door vergrooting van de capaciteit van de inlaatsluis kan het benoodigde colmatagewater door middel van dit kunstwerk aan de voedingrivier worden onttrokken en zonder het bezinkbekken te doorloopen (omdat ontslibbing van dit water ongewenscht is) rechtstreeks via een afzonderlijk aan te leggen colmatage- tevens bevloeiingsleiding naar den polder worden gevoerd.

De nabije ligging van de mechanische ontslibbingswerken van het hydraulisch pompsysteem opent de mogelijkheid het slibgehalte van dit colmatagewater in belangrijke mate te verhoogen. Dit kan worden bereikt door eenvoudig de baggerspecie, inplaats van naar de rivier, tijdens de colmatageperiode in het colmatagekanaal te persen. Zorgt men er nu voor om het verhang van dit kanaal zoodanig groot te kiezen (waartoe vanwege de lage ligging van den polder ruimschoots gelegenheid bestaat), dat het slib niet in de leiding tot neerslag komt, dan zal door deze vergroote slibconcentratie worden bereikt, dat de vereischte hoeveelheid inundatiewater tot een minimum kan worden beperkt.

Uit het voorgaande moge blijken, dat niet alleen voor de kunstmatige ontwatering, maar ook voor het colmatagebevloeiingsstelsel, de aanwezigheid van de hydraulische pompwerken van zeer groot belang is te achten, zoowel met betrekking tot de aanlegkosten, als tot de doelmatigheid.

In de volgende paragraaf zal het bovenontwikkelde gecombineerde systeem nader worden uitgewerkt.

§ 28. *De technische uitwerking van het voorgestelde ontwaterings- en colmatagebevloeiingssysteem.*

Neemt men als voorbeeld aan, dat in de omgeving van een hydraulisch pompstation van de orde van grootte, als aangenomen in het concrete voorbeeld van hoofdstuk VII, een polder kunstmatig ontwaterd zou moeten worden, dan zou bij onderbreking van de bevloeiing aan krachtwater beschikbaar zijn de normale hoeveelheid turbinewater, vermeerderd met het bevloeiingswater. Wordt het voor de zwaartekrachtbevloeiing (colmatagebevloeiing) bestemde water buiten beschouwing gelaten, dan zou

dus in het onderhavige geval 37,0 $m^3$ per seconde vrijkomen, welke hoeveelheid bij de normale bedrijfswaterstanden overeen zou komen met een vermogen van rond 2.420 theoretische pk.

Deze energie kan *direct,* dan wel *indirect* worden benut om de bemalingspompen aan te drijven.

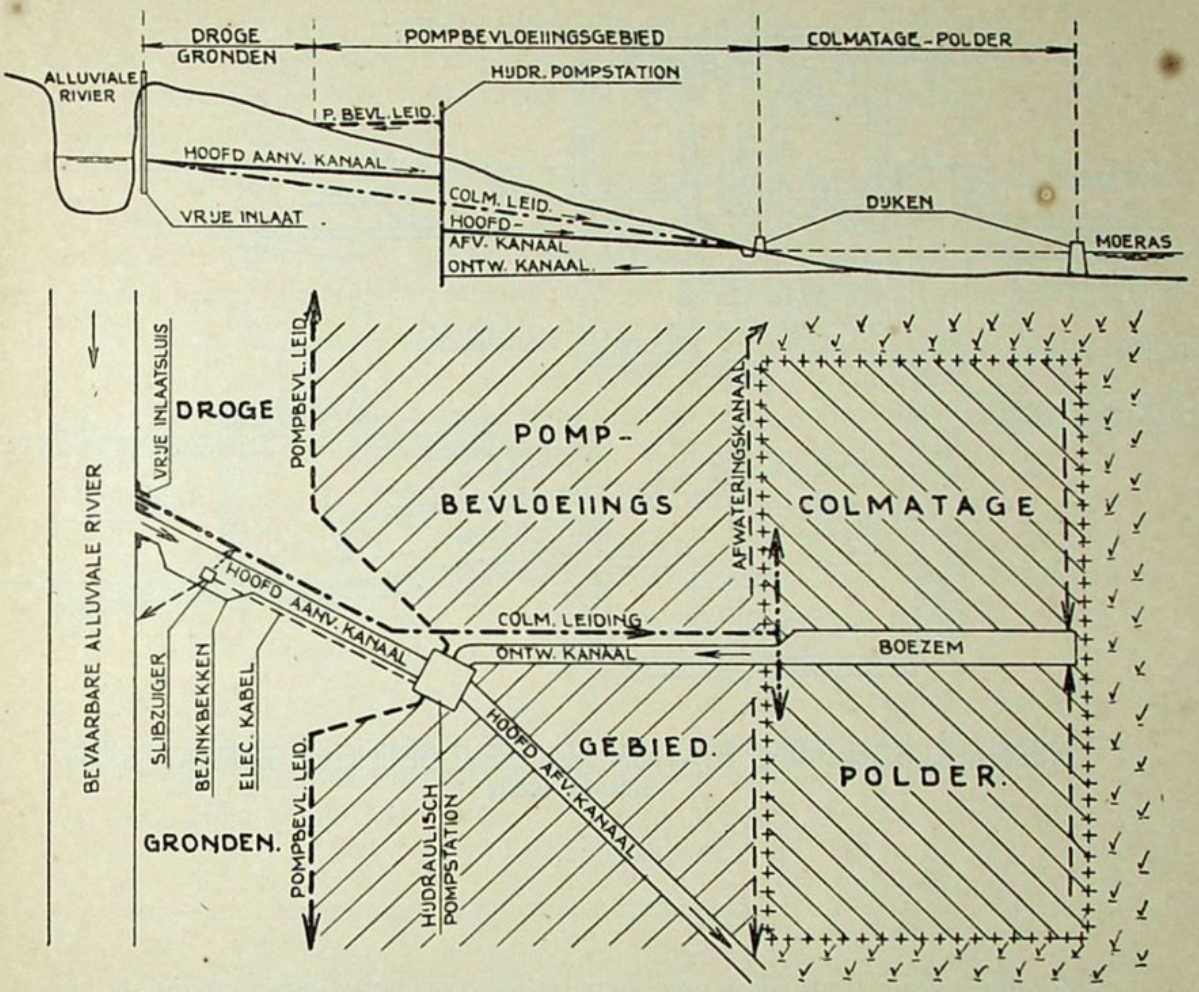
Bij de *indirecte* methode moet de in het hydraulisch pompstation opgewekte energie met behulp van electriciteit worden overgebracht naar een afzonderlijk te bouwen gemaal. In de keuze van de bouwplaats is men betrekkelijk vrij. Teneinde echter de opvoerhoogte zoo klein mogelijk te houden, zal men liefst de bouwplaats kiezen in den aan het moeras grenzenden afsluitdijk van den polder. De fundeering van het gemaal zal dan waarschijnlijk extra voorzieningen vereischen in verband met den weinig draagkrachtigen bodem van het moeras.

Het opwekken van de electrische energie in het hydraulisch pompstation kan het eenvoudigst geschieden door voor het station het in fig. 11 geschetste en in § 18 beschreven type te kiezen. Verder zullen zoowel de turbines als het afvoerkanaal van zoodanige afmetingen moeten zijn, dat het vergroote debiet bij maximale valhoogte verwerkt kan worden. Bij deze indirecte methode treedt uiteraard behalve in den turbogenerator en in de motorpomp, ook energieverlies op in de transmissie-leiding.

Bij de *directe* methode zal het boezemwater door middel van een ontwateringskanaal naar het hydraulisch pompstation geleid, aldaar tot het niveau van het turbine-afvoerkanaal opgevoerd en verder in het moeras geloosd moeten worden. In fig. 14 is een schema van dit nieuwe systeem gegeven. Aangezien hierbij de overbrenging van de energie met behulp van electriciteit zal kunnen wegvallen, zal *de exploitatie belangrijk eenvoudiger* zijn dan bij de voorgaande oplossing.

Het in rekening te brengen energieverlies zal bij directe koppeling van de turbine aan de bemalingspomp worden beperkt tot het verlies in dit turbinepomp-aggregaat. Daarentegen zal de vereischte opvoerhoogte in het algemeen grooter zijn, omdat in het toe- en afvoerkanaal een zeker verhang noodig is.

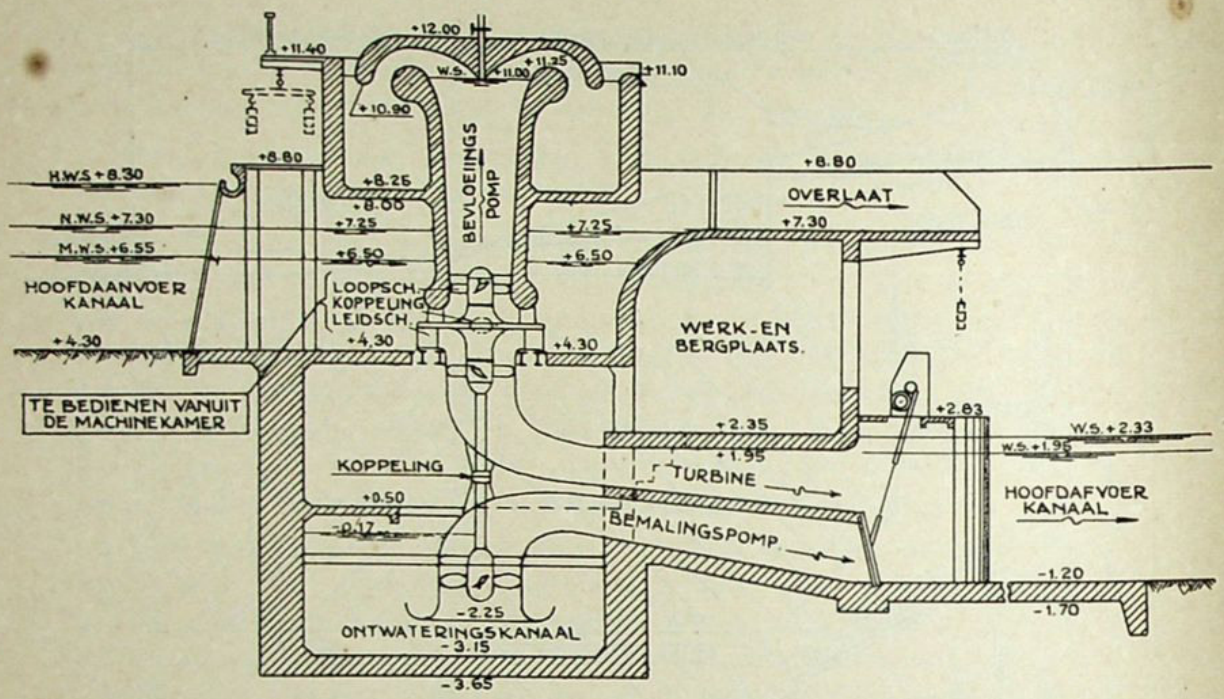
De bemalingspompen kunnen worden aangedreven door directe koppeling met naast de bevloeiingspomp-aggregaten te bouwen *afzonderlijke turbines,* dan wel door koppeling met *dezelfde waterkrachtmachines,* die de bevloeiingspompen aandrijven. Deze oplossing zal uiteraard in aanleg belangrijk goedkooper zijn. De groote moeilijkheid bij deze methode is




SCHEMA V/H HYDRAULISCH POMPSYSTEEM VOOR BEVLOEIING EN ONTWATERING MET COLMATAGE.

FIG. 14.

echter het vinden van een aggregaat van zoodanige constructie, dat het mogelijk is door eenvoudig in- en uitschakelen van een mechanische koppeling de waterkracht nu eens te benutten voor den opvoer van bevloeiingswater, dan weer voor de bemaling van polderwater. Voor de verschillende bedrijfstoestanden zal een zoo vlak en gunstig mogelijk verloop van de rendementskrommen een eerste vereischte zijn.




**HYDRAULISCH POMPSTATION VOOR BEVLOEIING EN ONTWATERING.**
SCHAAL 1:200.

FIG. 15.

Zonder nader in te gaan op constructieve beschouwingen meent steller met het in fig. 15 geteekende aggregaat, waarvan de auteursrechten door steller worden voorbehouden, een constructie te hebben gevonden, die in alle opzichten aan het gestelde doel zal beantwoorden. Men zou dit aggregaat, een „turbine-tweelingpomp" kunnen noemen met in bedrijf verstelbare loopwielschoepen. Terloops zij vermeld, dat ook bij dit aggregaat met behulp van een op de turbine-as te monteeren overbrenging, de aandrijving van een generator mogelijk is, zoodat zoo noodig electrische energie kan worden opgewekt voor indirecte voeding van elders gebouwde bevloeiings- of bemalingspompen.

Bij een beschikbaar vermogen van 2.420 th. pk en bij een opvoerhoogte van 2,50 m zal met behulp van dergelijke aggregaten uit den polder een hoeveelheid water verwijderd kunnen worden van rond 47 $m^3$/sec. Opgemerkt wordt, dat in dit laatste voorbeeld de opvoerhoogte

in verband met het vereischte verhang in de toe- en afvoerkanalen 0,50 m grooter is aangenomen dan bij het cijfervoorbeeld van het calorisch pompgemaal, teneinde voor beide oplossingen een min of meer zuivere vergelijkingsbasis te krijgen.

Neemt men verder aan, dat deze afvoercapaciteit voldoende is om, in verband met den regenval en toelaatbare kortstondige inundaties, een polder van rond 10.000 ha op bevredigende wijze te ontwateren, dan zal per etmaal een waterlaag van 40 mm verwijderd kunnen worden.

In dit verband zij vermeld, dat het afvoerstelsel van de Oost-Semarangwerken (Java) ter grootte van 40.000 ha op een zoodanige capaciteit is berekend, dat een etmaalregenval van 32 mm gedurende 5 achtereenvolgende dagen in denzelfden tijd kan worden verwerkt.

Aannemende, dat ook bij het hydraulisch pompsysteem bij een dergelijken regenval, de bemalingspompen gedurende 5 dagen kunnen worden ingeschakeld, dan is de afvoercapaciteit van het gemaal van dezelfde orde van grootte als het, tot nu toe in de praktijk voldaan hebbende, afvoerstelsel van de Oost-Semarangwerken.

Wat betreft de bemaling van den polder na de inundatie-periode en vóór het uitplanten van de padi zij het volgende medegedeeld. Bij een gemiddelde inundatiediepte van 1 m en een totalen regenval gedurende de bemalingsperiode van bijv. 700 mm, zal uit den polder verwijderd moeten worden $10.000^2 \times 1{,}7\ m^3 = 170$ mill. $m^3$. Bij dezelfde capaciteit der bemalingspompen zal deze hoeveelheid in $\frac{170.000.000}{86.400 \times 47} = 42$ etmalen of rond 1,5 maand verwijderd zijn, dus nog binnen den in de voorgaande paragraaf vermelden beschikbaren tijd. Men vergelijke verder het in fig. 13 geteekende energie-diagram.

Uitgaande van de veronderstelling, dat bij het ontwerp tot bevloeiing uit de K. Serajoe volgens het hydraulisch pompsysteem, ook de ontwatering van de z.g. „Krojakom" zou worden opgenomen en dat dit moeras een uitgestrektheid zou bezitten van 10.000 ha (in feite onjuist, omdat het moeras door duinvorming tot kleiner proporties is teruggebracht), dan zouden bij uitvoering van de even ontwikkelde *directe ontwateringsmethode* de aanlegkosten van de voor de bemaling benoodigde werken als volgt zijn te ramen. Aan meerkosten voor de aanschaffing van turbine-tweelingpompen in plaats van de normale turbinepompen *f* 60.000,—. Voor den gewijzigden opzet der civiele werken van het pompstation *f* 70.000,— extra. Voor den aanleg van het toevoerkanaal van den boezem naar

het pompstation en vergrooting van het afvoerkanaal voor turbinewater tezamen *f* 120.000,—. In totaal zal dus noodig zijn rond *f* 250.000,—.

Stelt men de kosten van onderhoud, afschrijving en bediening weer op ± 8%, dan zal bij een grootte van dezen polder van rond 10.000 ha, de bemaling per ha per jaar slechts *f* 2,— kosten, dus belangrijk minder dan bij calorische energie-opwekking (*f* 5,20).

Bij de *indirecte* methode zullen de kosten per ha per jaar zeker meer bedragen dan *f* 2,—, omdat de onderhoudskosten van het afzonderlijk te bouwen volledig uitgeruste electrisch pompgemaal, o.a. wegens de te verwachten fundeeringsmoeilijkheden — evenals bij een calorisch gemaal — reeds op *f* 2,— per ha per jaar zijn te stellen, n.l. 8% van een aanlegkapitaal van ± *f* 250.000,—. Schat men de overige werken (electriciteitsopwekking, hoogspanningslijn en vergrooting van de capaciteit van het turbine-afvoerkanaal) op *f* 150.000,— dan zal bij 8% onderhoudskosten, de indirecte bemaling *f* 3,20 per jaar kosten. Weliswaar is dit bedrag hooger dan bij de directe methode, in vergelijking met de kosten bij calorische energie-opwekking, is deze methode nog goedkooper. Voor het geval ook electrische energie benoodigd zou zijn voor andere doeleinden (bijv. voor de aandrijving van een electrisch pompstation op den anderen oever van de voedingrivier), dan zouden de kosten van de indirecte bemaling nog eenigszins verlaagd kunnen worden.

Met betrekking tot het colmatage-stelsel wordt het volgende opgemerkt. Bij een vereischte gemiddelde diepte van 1 m zal een polder van 10.000 ha grootte een hoeveelheid inundatiewater noodig hebben van 100 mill. m³. (In deze globale berekening zal geen rekening worden gehouden met het verlies door verdamping en den aanvoer door kwel). Moet verder deze hoeveelheid in drie maanden worden aangevoerd, dan zal het colmatage-kanaal berekend moeten worden op rond 13 m³/sec. Wordt nu het slibgehalte van het turbine- en pompwater in het bezinkbekken achter de inlaatsluis bijv. teruggebracht tot $^1/_4$ van de oorspronkelijke waarde, dan zal door toevoeging van het onttrokken slib aan het colmatagewater, het slibgehalte van dit laatste toenemen tot $100 \times \frac{13 + 0{,}75 \times 37}{13} = 390\ \%$.

Rivierwater van gemiddeld 1 kg slib per m³, dat in neergeslagen vorm een laagdikte van 0,8 mm zou vormen bij 1 m inundatiehoogte, zou na een dergelijke slibinjectie een drie- à viermaal dikkere laag kunnen vormen.

N.h.v. is hiermede duidelijk de waarde van de slibinjectie voor de colmatage aangetoond.

Thans moge aan de hand van fig. 14 een opsomming worden gegeven van de voornaamste onderdeelen der gecombineerde hydraulische pompwerken tot verbetering van den waterstaatkundigen toestand van een aan een groot moeras grenzend sedimentatiegebied van een alluviale rivier.

*a.* de vrije inlaatsluis aan de voedingrivier voor aftapping van het turbine-, pomp- en colmatagewater;
*b.* het slibbekken achter de inlaatsluis;
*c.* de zuigbagger met electrische aandrijving;
*d.* het hoofdaanvoerkanaal, berekend op de som van het turbine- en pompdebiet;
*e.* het colmatage-bevloeiingskanaal;
*f.* het hydraulisch pompstation, uitgerust met turbine-tweelingpompen en een turbogenerator;
*g.* de bevloeiingskanalen;
*h.* het hoofdafvoerkanaal, berekend op de som van het turbine-, pomp- en polderafvoerdebiet;
*i.* het ontwateringskanaal met boezem.

Tenslotte kunnen de gronden binnen het ontginningsgebied na de totstandkoming van de irrigatiewerken in de volgende drie groepen worden ingedeeld:

A. de droge gronden, gelegen tusschen de (bevaarbare) alluviale rivier en de pompbevloeiingsleidingen. Deze gronden zijn vanwege den gunstigen afwateringstoestand en hunne ligging op betrekkelijk grooten afstand van het niet drooggelegde moeras bij uitstek geschikt voor woonterrein met erfbeplanting van droge gewassen;

B. het pompbevloeiingsgebied, waar practisch het geheele jaar de uitoefening van den normalen natten rijstbouw mogelijk is;

C. het poldergebied met colmatage-bevloeiing en kunstmatige ontwatering, waar de voor lebakgronden typische Oostmoesson-padicultuur kan worden uitgeoefend.

## HOOFDSTUK IX.

### Slotbeschouwingen.

§ 29. *De technische en economische beteekenis van het hydraulisch pompsysteem als irrigatie-hoofdvoedingswerk.*

Bij beschouwing van de algemeene rijstsituatie kan men het zonderlinge, eenigszins teleurstellende feit waarnemen, dat Nederlandsch-Indië met zijn vruchtbare vlakten van enorme uitgestrektheid, temidden waarvan een overbevolkt eiland ligt met 40 millioen inwoners, *niet in staat is in zijn eigen rijstbehoefte te voorzien.* Ieder jaar moet voor tientallen millioenen guldens dit hoofdvoedsel worden geïmporteerd uit het omliggende buitenland, waar wel een rijstsurplus voorhanden is. Het gemiddelde *invoersaldo* van 1925 t/m 1936 van Nederlandsch-Indië bedraagt niet minder dan *471 duizend ton* (van 1.000 kg) *gepelde rijst per jaar.* De Buitengewesten, op zich zelf beschouwd, vertoonen in datzelfde tijdvak een gemiddeld jaarlijksch rijstinvoersaldo van 329 duizend ton. In hoofdzaak is deze toestand te wijten aan het groote rijsttekort op Sumatra en Borneo. Op deze eilanden, waar de groote rivieren en moerassen worden aangetroffen, is de Inlandsche irrigatie en dus de natte rijstcultuur in de laagvlakten niet tot ontwikkeling kunnen komen, vanwege de technische moeilijkheid het water op de velden te brengen, dan wel op tijd daarvan te verwijderen.

Behalve aan deze ongunstige rijstsituatie dient eveneens aandacht te worden geschonken aan het vraagstuk van de overbevolking van Java en de snelle bevolkingsaanwas. Dit accres bedraagt in de laatste jaren niet minder dan 600.000 zielen per jaar.

Gezien in het licht dezer omstandigheden, behoeft het geen verwondering te wekken, dat de Regeering thans met alle kracht streeft naar *emigratie op zeer groote schaal.*

Bij de verwezenlijking van deze kolonisatie-plannen stuit men echter zeer dikwijls op economische moeilijkheden, om van de geringe bereidheid der Javaansche bevolking tot emigratie niet eens te spreken.

Zooals reeds in hoofdstuk I werd opgemerkt, koloniseert men tegenwoordig volgens een nieuw principe, dat men kortweg zou kunnen noemen het principe der kernvorming. Dit systeem kan echter alleen tot volle ontplooiing komen, indien men beschikken kan over *bevloeibare terreinen van groote uitgestrektheid.* Is op een dergelijk terrein eenmaal met relatief veel kosten en steun een min of meer welvarende kern gesticht, dan zal, zoo het Land de overtochtskosten voor zijn rekening neemt, de verdere ontwikkeling van de kolonie in het algemeen wel vanzelf kunnen plaats vinden.

Het principe der kernvorming brengt verder mee, dat men eerst de gemakkelijk toegankelijke terreinen kiest. De kolonisatiegebieden zal men derhalve dicht bij de bestaande verkeerswegen kiezen. Tot den aanleg van nieuwe wegen van eenige beteekenende lengte, uitsluitend met de bedoeling een kolonisatiegebied toegankelijk te maken, zal niet zoo licht worden overgegaan, omdat deze maatregel niet alleen bijzonder tijdroovend, maar vooral zeer kostbaar en vanwege het sporadisch verkeer ook weinig economisch is. Het bestaande landwegenstelsel in de schaars bevolkte gebieden van de Buitengewesten ontbreekt echter bijna geheel, zoodat uitsluitend langs deze wegen toegankelijke terreinen van eenige uitgestrektheid, slechts in zeer beperkt aantal worden aangetroffen. Worden daarentegen ook de gebieden langs de zeer talrijke groote alluviale rivieren, de *natuurlijke waterwegen* van de groote eilanden, in het onderzoek opgenomen, dan zullen de kolonisatiemogelijkheden naar verwachting aanmerkelijk worden uitgebreid. Langs deze rivieren liggen nl. de uitgestrekte, vruchtbare sedimentatie-gebieden.

Uit een verkeers-technisch oogpunt beschouwd biedt een oplossing, waarbij een bevaarbare rivier de hoofdtoegangsweg vormt van een kolonisatie-terrein bovendien het volgende voordeel. Massaal transport te water is en blijft, zelfs in economisch sterk ontwikkelde landen met een dicht ijzeren en steenen wegennet, verreweg de goedkoopste vorm van vervoer. In nog veel sterkere mate geldt deze stelling voor de primitief ontwikkelde Buitengewesten, waar naast de talrijke, diep het land binnendringende waterwegen, een landwegenstelsel practisch ontbreekt. De kolonisten, die hun producten te water ter markt moeten brengen en vanwege het bestaande groote voedseltekort niet buitengaats behoeven te gaan, verkeeren zeker niet in een ongunstiger positie dan hunne lotgenoten, die op het verkeer te land zijn aangewezen.

Ook het Land, dat toch voor alle kolonisten de transportkosten op zich neemt, zal gebaat zijn met een transportwijze, die niet alleen eenvoudiger

## HOOFDSTUK IX.

### Slotbeschouwingen.

§ 29. *De technische en economische beteekenis van het hydraulisch pompsysteem als irrigatie-hoofdvoedingswerk.*

Bij beschouwing van de algemeene rijstsituatie kan men het zonderlinge, eenigszins teleurstellende feit waarnemen, dat Nederlandsch-Indië met zijn vruchtbare vlakten van enorme uitgestrektheid, temidden waarvan een overbevolkt eiland ligt met 40 millioen inwoners, *niet in staat is in zijn eigen rijstbehoefte te voorzien.* Ieder jaar moet voor tientallen millioenen guldens dit hoofdvoedsel worden geïmporteerd uit het omliggende buitenland, waar wel een rijstsurplus voorhanden is. Het gemiddelde *invoersaldo* van 1925 t/m 1936 van Nederlandsch-Indië bedraagt niet minder dan *471 duizend ton* (van 1.000 kg) *gepelde rijst per jaar.* De Buitengewesten, op zich zelf beschouwd, vertoonen in datzelfde tijdvak een gemiddeld jaarlijksch rijstinvoersaldo van 329 duizend ton. In hoofdzaak is deze toestand te wijten aan het groote rijsttekort op Sumatra en Borneo. Op deze eilanden, waar de groote rivieren en moerassen worden aangetroffen, is de Inlandsche irrigatie en dus de natte rijstcultuur in de laagvlakten niet tot ontwikkeling kunnen komen, vanwege de technische moeilijkheid het water op de velden te brengen, dan wel op tijd daarvan te verwijderen.

Behalve aan deze ongunstige rijstsituatie dient eveneens aandacht te worden geschonken aan het vraagstuk van de overbevolking van Java en de snelle bevolkingsaanwas. Dit accres bedraagt in de laatste jaren niet minder dan 600.000 zielen per jaar.

Gezien in het licht dezer omstandigheden, behoeft het geen verwondering te wekken, dat de Regeering thans met alle kracht streeft naar *emigratie op zeer groote schaal.*

Bij de verwezenlijking van deze kolonisatie-plannen stuit men echter zeer dikwijls op economische moeilijkheden, om van de geringe bereidheid der Javaansche bevolking tot emigratie niet eens te spreken.

Zooals reeds in hoofdstuk I werd opgemerkt, koloniseert men tegenwoordig volgens een nieuw principe, dat men kortweg zou kunnen noemen het principe der kernvorming. Dit systeem kan echter alleen tot volle ontplooiing komen, indien men beschikken kan over *bevloeibare terreinen van groote uitgestrektheid.* Is op een dergelijk terrein eenmaal met relatief veel kosten en steun een min of meer welvarende kern gesticht, dan zal, zoo het Land de overtochtskosten voor zijn rekening neemt, de verdere ontwikkeling van de kolonie in het algemeen wel vanzelf kunnen plaats vinden.

Het principe der kernvorming brengt verder mee, dat men eerst de gemakkelijk toegankelijke terreinen kiest. De kolonisatiegebieden zal men derhalve dicht bij de bestaande verkeerswegen kiezen. Tot den aanleg van nieuwe wegen van eenige beteekenende lengte, uitsluitend met de bedoeling een kolonisatiegebied toegankelijk te maken, zal niet zoo licht worden overgegaan, omdat deze maatregel niet alleen bijzonder tijdroovend, maar vooral zeer kostbaar en vanwege het sporadisch verkeer ook weinig economisch is. Het bestaande landwegenstelsel in de schaars bevolkte gebieden van de Buitengewesten ontbreekt echter bijna geheel, zoodat uitsluitend langs deze wegen toegankelijke terreinen van eenige uitgestrektheid, slechts in zeer beperkt aantal worden aangetroffen. Worden daarentegen ook de gebieden langs de zeer talrijke groote alluviale rivieren, de *natuurlijke waterwegen* van de groote eilanden, in het onderzoek opgenomen, dan zullen de kolonisatiemogelijkheden naar verwachting aanmerkelijk worden uitgebreid. Langs deze rivieren liggen nl. de uitgestrekte, vruchtbare sedimentatie-gebieden.

Uit een verkeers-technisch oogpunt beschouwd biedt een oplossing, waarbij een bevaarbare rivier de hoofdtoegangsweg vormt van een kolonisatie-terrein bovendien het volgende voordeel. Massaal transport te water is en blijft, zelfs in economisch sterk ontwikkelde landen met een dicht ijzeren en steenen wegennet, verreweg de goedkoopste vorm van vervoer. In nog veel sterkere mate geldt deze stelling voor de primitief ontwikkelde Buitengewesten, waar naast de talrijke, diep het land binnendringende waterwegen, een landwegenstelsel practisch ontbreekt. De kolonisten, die hun producten te water ter markt moeten brengen en vanwege het bestaande groote voedseltekort niet buitengaats behoeven te gaan, verkeeren zeker niet in een ongunstiger positie dan hunne lotgenoten, die op het verkeer te land zijn aangewezen.

Ook het Land, dat toch voor alle kolonisten de transportkosten op zich neemt, zal gebaat zijn met een transportwijze, die niet alleen eenvoudiger

maar in het algemeen ook goedkooper is. Komt daarbij ook de Inheemsche prauwvaart tot ontwikkeling, dan zal deze eveneens de kolonisatie ten goede komen.

Indien voor bevloeiing van evenbedoelde neerslaggebieden de werken, behoorende tot het hydraulisch pompsysteem, tot uitvoering zijn gekomen, dan zouden desgewenscht door middel van den aanleg van schutsluizen bij den inlaat en het station, ook de breede, onder klein verhang gegraven hoofdkanalen dienstbaar gemaakt kunnen worden aan het transport te water. Langs deze waterwegen zouden de prauwen het centrum van het bevloeiingsgebied kunnen bereiken. In dit verband moge terloops worden opgemerkt, dat eventueel de in het pompstation voor de slibzuivering opgewerkte electrische energie benut zou kunnen worden voor de aandrijving van de schuiven der schutsluizen.

Zou dus het hydraulisch pompsysteem zeer wel kunnen bijdragen om de verkeersmoeilijkheden op te lossen, van nog meer beteekenis lijkt dit systeem uit een irrigatie-technisch oogpunt, omdat voor talrijke problemen, die zich voordoen bij een verbetering van den waterstaatkundigen toestand van neerslaggebieden langs groote rivieren, een oplossing is gegeven.

In de eerste plaats voor het *bevloeiingsvraagstuk*. Daar het hydraulisch pompsysteem te rangschikken is tot de irrigatie-methoden, waarvoor geen opzetinrichting in de voedingrivier noodig is, worden de aanlegkosten niet beïnvloed door de grootte van deze rivier. Het bedoelde systeem is dus in het bijzonder bruikbaar voor die gevallen, waar het bevloeiingsgebied zoo beperkt van omvang is, dat slechts een betrekkelijk klein deel van het in de voedingrivier aanwezige water kan worden gebruikt.

Vergelijkt men de eigenschappen van het nieuwe systeem met die van de overige bekende bevloeiingsmethoden, die eveneens het water „vrij" aftappen uit de voedingrivier, dat blijkt, dat voor de typische bezwaren van elk dezer methoden, in het hydraulisch pompsysteem een oplossing is gevonden.

Zoo is bijv. het bezwaar van het zwaartekrachtsysteem met vrijen inlaat en voorkanaal, dat men slechts een strook grond van beperkte grootte, gelegen tusschen den laagsten rivierwaterstand en het hoogste moeraspeil, in normaal bevloeibare sawahs vermag om te zetten, ondervangen door het water tot een hooger niveau op te voeren. Deze opvoer behoeft dan niet te geschieden door voortdurenden aankoop van kostbare brandstoffen of electrische energie (nadeelen van de calorische

en electrische pompbevloeiing), maar kan door eigen opgewekte waterkracht worden bewerkstelligd. Daar bovendien deze waterkracht terplaatse van de opvoerwerktuigen wordt opgewekt, vervalt men niet in de moeilijkheid de energie langs een kostbare electrische transmissie-leiding over te brengen.

In de tweede plaats geeft het hydraulisch pompsysteem een oplossing voor het *ontwateringsvraagstuk*. De afwateringstoestand van de langs de neerslaggebieden liggende moerassen, waarop de autochthone bevolking de haar vertrouwde Oostmoesson-padicultuur pleegt uit te oefenen, kan als regel zonder kunstmatige ontwatering niet worden beheerscht. Daar een calorische bemaling uit economische overwegingen niet in aanmerking komt en goedkoope electrische energie ook niet voorhanden is, is een technische verbetering van deze gebieden tot nu toe steeds een open vraagstuk gebleven.

Worden nu door uitvoering van een hydraulisch pompstation in de naaste omgeving van het droog te leggen moeras, op geëigende tijden groote hoeveelheden energie beschikbaar gesteld, dan zal bemaling tegen redelijke kosten wel mogelijk zijn. Op deze wijze kunnen uitgestrekte bedijkte moerascomplexen in cultuur worden gebracht, met de zekerheid, dat de waterhuishouding in deze polders practisch volkomen kan worden beheerscht.

In de derde plaats is bij het hydraulisch pompsysteem ook voor het *slibvraagstuk* een oplossing gevonden. Wordt bij het zwaartekrachtsysteem met vrije inlaatsluis de moeilijkheid ondervonden, dat het de hoofdleiding binnendringende materiaal niet kan worden weggespuid, bij het hydraulisch pompsysteem kan dit slib, dank zij de aanwezigheid van energie, langs mechanischen weg worden verwijderd.

Het afgezette slib kan naar verkiezing in de rivier worden geperst, dan wel in de colmatageleiding van den moeraspolder worden geleid. In het laatste geval wordt de slibconcentratie van het colmatagewater in belangrijke mate vergroot, als gevolg waarvan de voor de regeneratie van den moerasgrond benoodigde hoeveelheid inundatiewater kan worden verminderd.

De *aanlegkosten* van het nieuwe irrigatiesysteem zijn te splitsen in de kosten van het pompstation met de volledige electro-mechanische uitrusting en de kosten van het kanalenstelsel, welke in hoofdzaak worden beheerscht door den post grondverzet. Vooral bij het gecombineerde systeem tot bevloeiing, ontwatering en colmatage zal dit grondverzet een zeer domineerende plaats in de begrooting innemen. Het is daarom van bijzonder groot belang, dat voor dit grondverzet gebruik gemaakt

kan worden van de baggermachine, welke deel uitmaakt van de slibzuiveringswerken en dat voor aandrijfkracht hydro-electrische energie beschikbaar is. De prijs van het grondverzet kan zoodoende op een laag niveau worden gehouden, terwijl men zich bovendien vrijwel onafhankelijk heeft gemaakt van het arbeidersvraagstuk, een belangrijke factor bij het werken in schaarsch bevolkte gebieden.

Voor het transport van de bouwmaterialen en van zware machinedeelen kan gebruik worden gemaakt van de bevaarbare voedingrivier, zoodat ook in dit opzicht geen bijzondere moeilijkheden zijn te verwachten bij de uitvoering van het pompstation en de overige kunstwerken in landstreken, die nog niet zijn opengelegd.

Het hydraulisch pompsysteem leent zich dus in vergelijking met de overige klassieke bevloeiingsmethoden, even goed, zoo niet beter, voor toepassing in onontgonnen gebieden, terwijl het als irrigatie-hoofdvoedingswerk zoodanige eigenschappen in zich vereenigt, dat het bij uitstek geschikt is, om tegen redelijke kosten verbetering te brengen in den waterstaatkundigen toestand van neerslaggebieden langs groote rivieren.

§ 30. *Toepassingsmogelijkheden van turbine-pompaggregaten in combinatie met opstuwinrichtingen.*

Aan het einde gekomen van de beschrijving van een belangrijke toepassingsmogelijkheid van turbine-pompaggregaten, waarbij *zonder* gebruik te maken van een *kunstmatige opstuwinrichting* de hoofdvoeding van een irrigatiegebied kan worden verzorgd, zullen thans volledigheidshalve eenige slotbeschouwingen worden gewijd aan de reeds eerder genoemde mogelijkheden deze aggregaten ook te benutten *in combinatie met opstuwinrichtingen.*

Deze opstuwingen kunnen bestaan uit een vaste, of een beweegbare stuw in een rivier, dan wel uit een opzetinrichting of stortdam in een bevloeiingsleiding. In het laatste geval kan het krachtwater, na de turbine te zijn gepasseerd, wederom voor de irrigatie van lager gelegen gebieden worden aangewend, terwijl bij toepassing in combinatie met een stuw het afgewerkte krachtwater als regel verloren is voor de bevloeiing.

Als voorbeeld zal het geval worden bekeken, waarbij aan een diep ingesneden rivier van middelmatige grootte, water moet worden onttrokken op hoog niveau boven den gemiddelden rivierwaterstand. Volgens de bekende zwaartekrachtsystemen zou dan als eenige oplossing in aanmerking komen de bouw van een stuwdam op een punt in de rivier, ver bovenstrooms van het bevloeiingsgebied gelegen.

Zijn nu vanwege topografische of geologische moeilijkheden aan den aanleg van het lange voorkanaal bijzonder hooge kosten verbonden, dan komen dikwijls de bevloeiinsplannen niet voor verwezenlijking in aanmerking.

Onder deze omstandigheden verdient het aanbeveling de mogelijkheid te overwegen turbinepompaggregaten toe te passen, waarbij het verlies aan krachtwater als nadeel moet worden aanvaard. Bij deze oplossing zal de stuwdam niet ver van het te bevloeien areaal kunnen worden gebouwd, terwijl achter de inlaatsluis de turbine-pompen zijn op te stellen. Als aggregaattype komt vanwege de kleine constructiehoogte tusschen de loopwielen van turbine en pomp in aanmerking het op foto no 10 van plaat I voorgestelde type. Wordt verder het loopwiel van de pomp ontworpen op een peil beneden kruinhoogte van den dam, dan zal de pomp onder alle omstandigheden direct aanslaan. Het afgewerkte krachtwater wordt in het benedenbed van de rivier geleid, terwijl het pompwater in de op hoog niveau liggende bevloeiingsleiding wordt geperst. Teneinde de kans van aantasting van de loopschoepen te beperken verdient het voorts, bij aanwezigheid van zand in de rivier, aanbeveling, de inlaatsluis van een onderspuier of een soortgelijke constructie te voorzien, om het binnendringen van dit materiaal zoo veel mogelijk tegen te gaan.

Bij hoogwater en kleiner wordende valhoogte, wordt de goede werking van het aggregaat gewaarborgd door het bekende groote opneemvermogen („Schluckfähigkeit") van de Kaplanturbine en de verminderde energiebehoefte bij de gereduceerde opvoerhoogte. De technische uitvoerbaarheid van deze oplossing is hiermede n.h.v. duidelijk aangetoond.

Op gelijksoortige wijze zou bij bestaande stuwen uitbreiding van het bevloeiingsareaal kunnen worden verkregen, door de gronden ter weerszijden van het onverdeelde hoofdkanaal, die te hoog liggen om in de zwaartekrachtbevloeiing te worden opgenomen, gedurende de tijden, dat bij de stuw een overmaat aan water aanwezig is, van pompwater te voorzien.

In het voorgaande hoofdstuk werd reeds uitvoerig uiteengezet, op welke wijze langs benedenrivieren moerassen kunnen ontstaan, die zoo laag zijn gelegen, dat vrije afwatering practisch onmogelijk is en waarbij slechts kunstmatige ontwatering afdoende verbetering zal kunnen brengen.

Bevindt zich nu in de aan deze moerassen grenzende benedenrivieren een stuw, gebouwd ten behoeve van de bevloeiing of voor de bandjirverdeeling, dan zal met behulp van het aanwezige verval aldaar

een turbinepompaggregaat aangedreven kunnen worden, dat de bemaling van het moeras in den Westmoesson zal kunnen verzorgen. Het moeraswater wordt dan zoo hoog opgevoerd, dat loozing op de rivier benedenstrooms van de stuw mogelijk is.

Op deze wijze zou bijv. de langs de K. Babalan-Djoeana liggende rawah Besar (Java), die gedeeltelijk gedurende het geheele jaar onder water staat en daardoor niet in cultuur kan worden genomen, drooggemalen kunnen worden met behulp van enkele turbine-pompaggregaten, die naast de bestaande stuw Wilaloeng in de K. Serang zouden zijn op te stellen.

Wat betreft de combinatie van turbinepompen en opzetinrichtingen in bevloeiingsleidingen moge tenslotte het volgende worden opgemerkt.

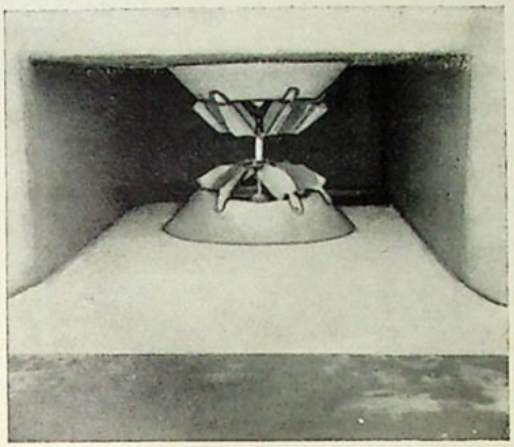
Bij het uitwerken van detailbevloeiingsontwerpen doet zich meermalen de moeilijkheid voor, dat ten behoeve van de irrigatie van betrekkelijk kleine sawahcomplexen een secundaire leiding over een groote strekking in zware ophooging moet worden ontworpen, terwijl terplaatse van de eerstvolgende opzetinrichting in de doorgaande leiding een groote stort aanwezig is. Deze ophooging zou nu belangrijk kunnen worden verlaagd, indien met behulp van de energie van de (gereduceerde) stort een turbinepomp zou worden aangedreven, die de hoogste gronden van bevloeiingswater zou voorzien.

De constructie van een dergelijke „secundaire" turbinepomp kan zeer eenvoudig blijven, zooals moge blijken uit de foto's no 1 t/m 6 op plaat III, die een beeld geven van een in het Waterloopkundig Laboratorium te Semarang onderzocht type. In een rechthoekige kamer, welke zoowel aan de boven als aan de onderzijde voorzien is van een trompetvormigen uitloop, is een aggregaat gemonteerd. Dit aggregaat kan door het losnemen van enkele schroefbouten in zijn geheel uit de kamer worden geschoven. Het eenige beweegbare onderdeel is de as, waaraan de twee loopwielen zijn bevestigd. De aanschaffingskosten van een dergelijk eenvoudig en stevig aggregaat zijn gering, terwijl de bedrijfszekerheid groot is.

Door toepassing van deze aggregaten bij bestaande stortdammen en verdeelwerken in bevloeiingsleidingen wordt verder de mogelijkheid geschapen, irrigatiewater te brengen op naburige van regen afhankelijke gronden. Op deze wijze kan tegen betrekkelijk lage kosten uitbreiding van het bevloeiingsoppervlak worden verkregen ook in reeds geheel voltooide irrigatiegebieden. Zoo zal bijv. het Pemali-bevloeiingsgebied (Java) volgens deze methode met eenige honderden ha worden uitgebreid.

---

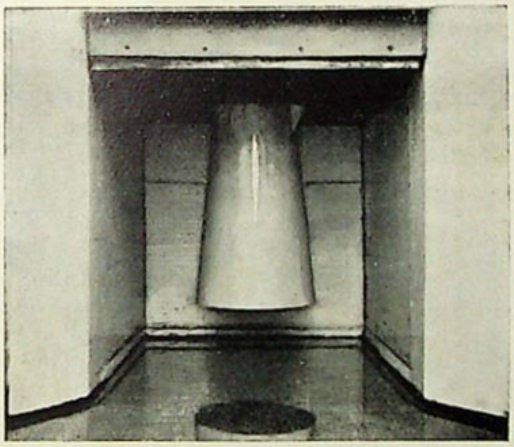
# PLAAT III.



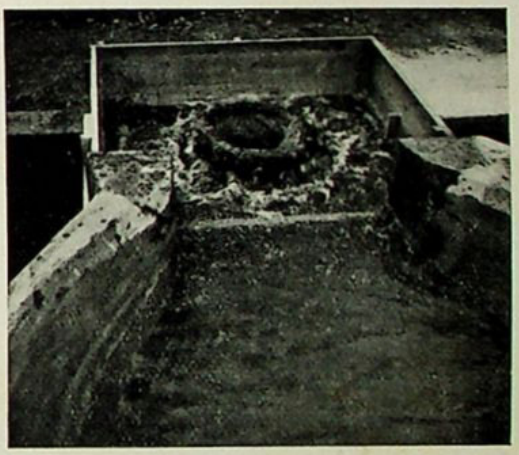
No 1. Klein model turbine-pompaggregaat.



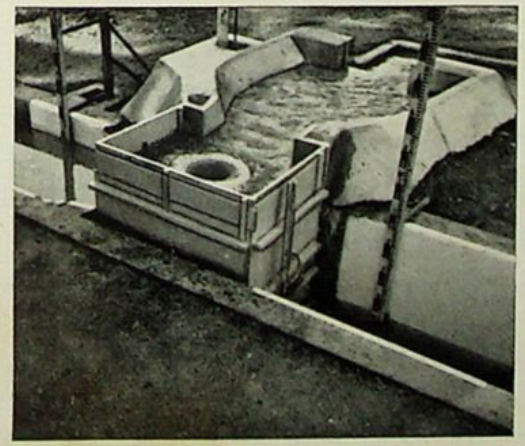
No 2. Uitloop van de pomppersbuis.



No 3. Uitloop van de turbine-zuigbuis.



No 4. Begin van den opvoer.



No 5. Overzicht van het opvoer-kunstwerk.



No 6. Vol pompbedrijf.

## Samenvatting.

Bij het verbeteren van den waterstaatkundigen toestand van langs groote rivieren gelegen alluviale neerslaggebieden, doen zich dikwijls moeilijkheden voor, die met behulp van de bekende, in Indië gebruikelijke bevloeiings- en afwateringsmethoden slechts met onevenredig hooge kosten tot oplossing zijn te brengen.

Voor zoover deze moeilijkheden betrekking hebben op het *bevloeiingsvraagstuk*, zijn ze veelal het gevolg van de omstandigheid, dat het te bevloeien oppervlak van zoo'n beperkten omvang moet worden aangenomen — hetzij tengevolge van topografische of administratieve grenzen, danwel in verband met landbouwkundige of economische overwegingen — dat van de beschikbare groote waterhoeveelheid in de breede voedingrivier slechts een klein deel kan worden gebruikt. In deze gevallen is de bouw van een (beweegbare) stuw door de te hooge kosten als regel economisch niet verantwoord, zoodat aan de toepassing van bevloeiingsmethoden, die het rivierrégime onaangeroerd laten, de voorkeur moet worden gegeven. Aan het zwaartekrachtsysteem met vrijen inlaat en voorkanaal is veelal het bezwaar verbonden, dat slechts een strook grond van beperkte grootte, gelegen tusschen den laagsten rivierwaterstand en het hoogste afwateringspeil voor bevloeiing in aanmerking komt, terwijl bovendien het in de hoofdleiding binnendringende bezinkmateriaal bezwaarlijk kan worden verwijderd. De pompsystemen met calorische, danwel electrische aandrijving vorderen bij de groote waterbehoefte der rijstcultuur als regel zulke hooge exploitatieuitgaven, dat ook de toepassing hiervan op grond van economische overwegingen zelden mogelijk is.

De *ontwaterings-moeilijkheden* worden omvangrijk, indien tevens de eventueel langs de neerslaggebieden liggende moerasgronden (lebaks) in cultuur moeten worden gebracht. Van deze gronden weet de autochthone bevolking van verschillende gebiedsdeelen in de Buitengewesten bevredigende rijstopbrengsten te verkrijgen, mits de waterstaatkundige omstandigheden gunstig zijn. Deze laatste zijn echter als regel vrij slecht, omdat men de waterhuishouding in deze gebieden niet in de hand heeft. Vanwege de lage ligging kunnen uitwateringssluizen meestal geen uit-

komst geven, zoodat kunstmatige ontwatering noodig is te achten. De hooge regenval in tropische gebieden, benevens de noodzaak, om het voor de regeneratie van den bouwgrond ingelaten colmatagewater te verwijderen, maken een calorische danwel electrische bemaling als regel te kostbaar.

Tengevolge van het overslag- en neerslagproces van de alluviale rivier na het betreden van de laagvlakte, is het in verschillende gevallen mogelijk, om door een hoofdkanaal dwars op de stroomrichting der rivier, de op den rug van haar sedimentatiekegel stroomende voedingrivier in verbinding te brengen met het op lager niveau gelegen moerasgebied, waardoor *laagdruk-waterkracht* kan worden opgewekt. De aldus (*zonder* opstuwinrichting in de rivier) te verkrijgen energie kan worden aangewend, eenerzijds voor den opvoer van bevloeiingswater, anderzijds voor het bemalen van de in cultuur te brengen moerascomplexen.

Op deze wijze kan dan, hetzij als afzonderlijke uitvoering, danwel in gecombineerden vorm, een binnen redelijke grenzen economische oplossing worden verkregen voor de omschreven moeilijkheden bij de verbetering van den waterstaatkundigen toestand van alluviale neerslaggebieden.

Voor de voornaamste der bij de uitvoering van dit *hydraulisch pompsysteem* zich voordoende technische vraagstukken wordt een oplossing gegeven en in groote trekken uitgewerkt.

Zoo kan het *slibbezwaar* van de vrije inlaatsluis met behulp van een deel van de in het pompstation opgewekte energie op bevredigende wijze worden weggenomen, door toepassing van een ruim bezinkbekken achter de inlaatsluis, waaruit het neergeslagen bezinkmateriaal door middel van een electrisch aangedreven zuigbaggerwerktuig naar de voedingriver wordt teruggeperst.

Dit baggerwerktuig kan eventueel bij de *ontgraving van het hoofdkanaal* worden benut, om grootendeels met behulp van hydro-electrische energie, tegen lagen kostprijs groot-grondverzet te verrichten. Hiermede wordt mede het (voor schaars bevolke gebieden) belangrijke voordeel verkregen, dat men voor dit grondverzet minder afhankelijk is van het arbeidersvraagstuk.

Indien langs dit bezinkbekken van het hoofdkanaal bij het „gecombineerde" systeem het *colmatagekanaal* van het moerasgebied is gelegen, kan zelfs door omlegging van de persbuis van het baggerwerktuig, het slibgehalte in dit laatste kanaal in belangrijke mate worden verhoogd.

De groote variaties in debiet, val- en opvoerhoogten stelt zeer hooge eischen aan de *opvoeraggregaten*, in het bijzonder wat betreft het verloop van de *rendementskromme*. Door bij den bouw dezer aggregaten gebruik te maken van het *Kaplan*principe, zoowel voor de turbine als voor de pomp, kan aan deze eischen bevredigend worden tegemoet gekomen.

Verder worden enkele nieuwe *aggregaattypen* ontwikkeld, waarbij mechanische energie kan worden opgewekt voor de aandrijving (liefst door middel van directe koppeling) van bevloeiingspompen, bemalingspompen en generatoren in elke gewenschte combinatie.

Tenslotte worden enkele mogelijkheden genoemd, waarbij turbinepompen voor de verbetering, zoowel van den wateraan- als afvoer, kunnen worden benut, in combinatie met bestaande, dan wel nieuw te bouwen *opstuwinrichtingen* in rivieren en (of) kanalen.

De economie van het aanbevolen stelsel, wordt aan de hand van vergelijkende kostenramingen aangetoond.

---

## Lijst van geraadpleegde literatuur.


1. Andriessen, J. C.: Pompen. 1937. Deventer.
2. Baggelaar, J.: Verslag nopens een ingesteld bevloeiingsonderzoek in de streek bezuiden de Asahanrivier van het Gouvernement Oostkust van Sumatra. Verslag B. O. W. 1915.
3. Bakhoven, H. G. A.: De bevloeiing van de vlakte van Noord-Krawang uit de Tjitaroem. *De Ing. in Ned.-Indië* Juli 1936.
4. Bastiaans, S.: Landbouwkolonisatie. *Econ. Weekbl.* 20 Jan. 1933.
5. Begemann, S. H. A.: Toepassing van de waarschijnlijkheidsleer op hydrologische waarnemingen. *De Waterst. Ing.* 1 t/m 3 1931.
6. Berger, L. G. den: Landbouwscheikundige onderzoekingen omtrent de irrigatie op Java. 1915.
7. Bilt, C. A. van der: Beknopt leerboek der Electrotechniek. 1913. Delft.
8. Böllinger, H.: Laufschaufelregulierung bei Radialrädern. 1932.
9. Brouwer, H. A.: The Geology of the Netherlands East-Indies. 1925.
10. Bulle, H.: Untersuchung über die Geschiebeableitung bei der Spaltung von Wasserläufen. 1922.
11. Butler, E.: Modern pumping and hydraulic machinery. 1922.
12. Cameron, E. G.: Construction methods on the Welland Shipcanal. *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.* March 1932.
13. Canaan, H. F.: Die Entwicklung der Kaplanturbine in den letzten 20 Jahren. *Wasserkr. und Wasserw.* Heft 12 1935.
14. Cardinal von Widdern, H.: Bewässerungs-Pumpwerke in Oberägypten. *Esscher Wyss Mitt.* 1935.
15. Cardinal von Widdern, H.: Neuere Pumpwerke in Ägypten. *Wasserkr. und Wasserw.* S. 226 1938.
16. Cardinal von Widdern, H.: Strömungszustände in Kreiselpumpen bei Teillast und Ueberlast. *Esscher Wyss Mitt.* Juli-Aug. 1933.
17. Casey, H. J.: Über Geschiebe-Bewegung. 1935. Berlin.
18. Chatterjee, B. C.: The hydro-electric practice in India. 1936. Benares.
19. Clason, E. H.: Economische beschouwingen over de irrigatie op Java en Madoera. *De Ing. in Ned.-Indië* no 1 1936.
20. Coster, Ch.: Bovengrondsche afstrooming en erosie op Java. *Landbouw* no 8/9 1938.
21. Crotto, V., Soldati, V.: La bonifica per irrigazione in Piemonte mediante il sollevamento mecanico dell'aqua con grandi impianti. *L'energia elettrica* Maggio 1933.
22. Crotto, V.: L'impianto idroelettrico e di irrigazione di Mazze Canavese. *L'energia elettrica* Agosta 1933.
23. Davis, A. P. and Wilson, H. E.: Irrigation engineering. 1919.
24. Dekker, P. M.: Ontwikkeling van het baggermateriaal. 1925.
25. Dietrich: Durchspülen von Laufrädern während des Betriebes *Wasserkr. und Wasserw.* S. 205 1938.

25a. Drucker en Isbrücker, J. R. G.: Leerboek der Electrotechniek. 1934. Rotterdam.
26. Druif, J. H.: De bodem van Deli. 1932.
27. Dyxhoorn, J. C.: Modern pumping engines in Holland. 1924.
28. Engels, H.: Handbuch des Wasserbaues. 1926. Leipzig.
29. Escher, B. G.: Algemeene Geologie. 1934. Amsterdam.
30. Etcheverry, B. A.: Irrigation practice and engineering. 1916. London.
31. Friedrich, A.: Wasserbau. 1923.
32. Freeman, J. R.: Hydraulic Laboratory Practice. 1926-1929. New York.
33. Garot, F.: Onderzoek naar den gunstigsten vorm eener vrije aftapping ontworpen in de Aer Klingi op Sumatra. *De Ing. in Ned.-Indië* Mei 1937.
34. Grinwis Plaat, P.: Bevloeiingen in Noord-Italië en Spanje. 1895. Landsdrukkerij.
35. Groeneveld, W.: Kolonisatie van Javanen in het algemeen, in de Res. Benkoelen in het bijzonder. *Landbouw* Dec. 1936.
36. Groothoff, A.: De werkkring en organisatie van een waterkrachtkadaster, in het bijzonder voor Ned.-Indië. Prae-advies Alg. Ing. Congres te Batavia 1920.
37. Groothoff, A.: Ontginning en toepassing van waterkracht bij irrigatiewerken. Prae-advies Alg. Ing. Congres 1920.
38. Groothoff, A.: Verrichtingen en verwachtingen op waterkrachtgebied in Ned.-Indië. 1920.
39. Gutberlet, F.: Der Schwimmbagger und seine Verwendung bei Meliorationen. *Der Kultur Techn.* Heft 1 1932.
40. Habermaas, F.: Geschiebe Einwanderung in Werkkanäle und deren Verhinderung. *Wasserkr. und Wasserw.* Heft 9 en 10 1935.
41. Haeften, Ch. F. van: Het waterkrachtwerk „Oebroeg". *De Waterst. Ing.* no 7 en 8 1924.
42. Hanocq, Ch.: Les machines rotatives. 1935.
43. Happé, P. L. E.: Eenige beschouwingen over de bevloeiingswerken op Java en Madoera. *De Ing. in Ned.-Indië* nos 1 en 2 1939.
44. Haspers, J. H.: Ueber ein einfaches Verfahren zur Analysierung von hydrologischem Beobachtungsmaterial. Proefschrift Berlijn 1936.
45. Hazen, A.: Flood Flows. 1930. New York.
46. Hermann, G.: Die Betriebseigenschaften von Pumpen verschiedener Schnelläufkeit und deren Regulierung. *Deutsche Wasserw.* Heft 5 1934.
47. Hermann, G.: Pumpe für Schöpfwerkanlagen und deren besondere Betriebsbedingungen.
48. Hettner, A.: Die Obberflächenformen des Festlandes. 1921. Leipzig.
49. Hettner, A.: Vergleichende Länderkunde. Band 2. 1934. Leipzig.
50. Heys, van: Unterwasserkraftwerk. *Deutsche Wasserw.* Heft 4 1937.
51. Hogg, T. H.: Recent trends in water development in Canada. Paper no 148 Sec. World. Power Conf. 1930.
52. Iterson, F. K. Th. van: „Cavitation et Tension superficielle" Proc. Kon. Akademie van Wetenschappen, Amsterdam Vol. XXXIX nos 2 en 3 1936.
53. Jasmund, R.: Flieszende Gewässer, II Kap. Ie Band, III Teil. Handbuch der Ing. Wissensch.

54. Kaplan, V. und Lechner, A.: Theorie und Bau von Turbinen Schnellaüfern. 1931. München.
55. King, T. H.: Irrigation and drainage. 1922. New York.
56. Knoll: Aufschlickungsarbeiten am Kaiser-Wilhelm-Kanal. *Bautechn.* Heft 9 1938.
57. Koechlin, R.: Mécanique de l'eau. 1924. Tome I.
58. Krey, H.: Modellversuche für einen Geschiebe führenden Flusz. 1935. Berlin.
59. Krüger, E.: Kulturtechnischer Wasserbau. Handbibl. für Bauingenieure III Teil 7e Band 1921 Berlin.
60. Kurzmann, S., Beobachtungen über Geschiebeführung. 1919. Munchen.
61. Lane, E. W.: Stable channels in erodible material. *Proc. Am. Soc. of Civ. Eng.* Nov. 1935.
62. Lawaczeck, F.: Turbinen und Pumpen. 1932. Berlin.
63. Leichner und Obrist: Indische Wasserkraftanlagen in Verbindung mit der Bewässerung des Landes. *Esscher Wyss Mitt.* Heft 2 1935.
64. Ley, J. N. van der: Sumatra's waterkracht. 1925.
65. Lindner, K.: Leitapparat mit durchschwenkbaren Schaufeln. Ber. no 309, 2e Weltkr. Konf. 1930, Band IX.
66. Loos, H.: Landbouwkundige problemen bij de Javanen-kolonisatie in Zuid-Sumatra. *Landbouw* Juni 1936.
67. Ludin, A.: Wasserkraftanlagen. Handbibl. für Bauingenieure. III Teil 8 Band 1e Hälfte 1934. Berlin.
68. Lugt, P.: Eenige mededeelingen over slibzuigers. Meded. Alg. Ing. Congr. 1920.
69. Maanen, Th. D. van; Irrigatie in Ned.-Indië. 1933. Weltevreden.
70. Maas, A.: Der Einfluss der Proppeller- und Kaplanturbinen auf den Ausbau von Wasserkraftanlagen. *Esscher Wyss Mitt.* no 3 1930.
71. Maassen, C. G. J.: Javaansche landbouwkolonisatie in de buitengewesten. 1937. Batavia.
72. Machatschek, P.: Geo-morphologie. 1934.
73. Maris, A. G.: Zand- en waterbeweging op de Lek bij Wijk bij Duurstede. *De Ing.* no 24 1937.
74. Meyer-Peter, W. und Dubs, R.: Technische wirtschaftlische Fortschritte auf dem Gebiete der Wasserkraftanlagen in der Schweiz. Ber. no 217, 2e Weltkr. 1930 Band IX.
75. Meyers, A.: Algemeen overzicht van de toepassing elders van eenige op Java weinig gebruikelijke middelen om irrigatiewater beschikbaar te krijgen *Arch. v.d. suikerindustrie in Ned.-Indië* no 52 1911.
76. Milkowski, V. J.: Bullwheel-mounted cutter on hydraulic dredge. *Eng. News Rec.* Aug 1934.
77. Mohr, E. C. J.: De bodem der tropen in het algemeen en die van Ned.-Indië in het bijzonder. 1933. Amsterdam.
78. Mohr, E. C. J.: De grond van Java en Sumatra. Amsterdam.
79. Mourik Broekman, G. H. van: Eenige beschouwingen over het water als bron van energie. 1924. Delft.
80. Mourik Broekman, G. H. van: Waterkracht, deel III, T. H. Delft 1927.
81. Mu, G.: Irrigation pumping station at Kom-Ombo. *Techn. Rev. Sulzer,* no 4 1920.

82. Müller, W.: Ein Beitrag zur Frage Niedergefälle-Wasserräder.
83. Odenkirchen, Th. J.: Het intergewestelijk vervoer van rijst. *Econ. Weekbl.* 16 Juni 1933.
84. Ott, L. A.: Wassermessungen bei Wasserkraftanlagen. 1924. München.
85. Oesterlen, F.: Die neuere Entwicklung in Wasserturbinen und Pumpenbau. *Deutsche Wasserw.* Heft 3 1935.
86. Pacoret, E.: La Houille blanche. 1919. Paris.
87. Pantell, K.: Die Schaufelform von Turboarbeitsmaschinen. *Wasserkr. und Wasserw.* S. 99. 1938.
88. Paulmann, M. und Blaum, R.: Die Bagger und die Baggereihilfsgeräte, I Band Die Naszbagger. 1923. Berlin.
89. Perrig, A.: Neuere Resultate mit „Bell" Patent-Schnelläuferturbinen des Proppellertypes. *Schw. Techn. Zeitschr.* no 34/35 1926.
90. Pfleiderer, C.: Die Kreiselpumpen, 2e Auf. 1932. Berlin.
91. Pflieger-Haertel.: Kaplan- und Proppellerturbinen. *Electrotechn. Zeitschr.* Band 49, S. 461 1928.
92. Pigeaud, F. D.: Schroef- en Kaplanturbines. *De Wat. Ing.* 1928.
93. Potma, A. P.: Weg- en Waterbouwkunde. 1936. Amsterdam.
94. Přásil, F.: Extra-Schnelläufer-Turbinen. *Schweiz. Bauz.* no 1 bis 4 1924.
95. Prudon, L.: Travaux maritimes. 1935. Paris.
96. Quantz, L.: Kreiselpumpen. 1930. Berlin.
97. Quantz, L.: Wasserkraftmaschinen. 1929. Berlin.
98. Redlich, Terzaghi und Kampe: Ingenieurgeologie. 1929. Berlin.
99. Regensburg, J. F. B.: Vorderingen in de techniek en toepassing der baggerwerktuigen. Meded. Ing. Congr. 1920.
100. Rehbock, Th.: Bettbildung, Abflusz und Geschiebebewegung bei Wasserläufen. Sonderabdr. *Zeitsch. der deutsche Geol. Gesellsch.* Band 81 Jahrg. 1929 Heft 10.
101. Reiffenstein, M.: Über die Weiterentwicklung der Wirbelstrahlturbine. *Wasserkr. und Wasserw.* S. 143 1938.
102. Reindl, C.: Eine dimensionslose Kennziffer nach Dubs. *Wasserkr. und Wasserw.* S. 259. 1938.
103. Riedig, F.: Fördermittel für kurze Förderstrecken und geringe Abtraghöhen beim Kanalbau. *Deutsche Wasserw.* Heft 3 1935.
104. Rohde, H.: Die Bauarbeiten am Ruhrkraftwerk Wetter. *Bauing.* no 46 1930.
105. Rohde, H.: Berechnungsgrundlagen und konstruktive Ausbildung von Einlaufspirale und Turbinensaugrohre bei Niederdruckanlagen. 1931. Berlin.
106. Sapper, K.: Geologischer Bau und Landschaftsbild. 1917.
107. Schaffernak, F.: Hydrologie. 1936. Wien
108. Schaffernak, F.: Neue Grundlagen für die Berechnung der Geschiebeführung in Fluszläufen. 1922. Leipzig.
109. Schaffernak, F.: Untersuchung über die Wasser- und Geschiebe-Bewegung bei freien Werkeinfangen. Ber. no 187, 2e Weltkr. Konf. 1930.
110. Schütz und Jessen: Die Herstellung eines tiefen Einschnitts nördlich von Abbesbüttel in strak wasserführenden Sandschichten. *Bautechn.* Heft 3 1932.
111. Schmitthenner, C.: Kaplanturbinen für grosse Fallhöhen. *Deutsche Wasserw.* Heft 9 1934.
112. Schoklitsch, A.: Der Wasserbau. 1930. Wien.

113. Schoklitsch, A.: Geschiebebewegung in Flüssen und an Stauwerken. 1926. Wien.
114. Schoklitsch, A.: Stauraumverlandung und Kolkabwehr. 1935. Wien.
115. Schoklitsch, A.: Gerät zur Entnahme von Schweb bei der indischen Wasserbauverwaltung. *Wasserkr. und Wasserw.* S. 212 1938.
116. Schoklitsch, A.: Kostenberechnungen im Wasserbau und Grundbau. 1937. Wien.
117. Schoklitsch, A.: Über Schleppkraft und Geschiebebewegung. 1914. Leipzig.
118. Schophuis, H. J.: Het stroomgebied van de Barito. Proefschrift Wageningen 1936.
119. Schroeder, G.: Landwirtschaftlicher Wasserbau. Handbibl. für Bauingenieure Band 7 1937.
120. Schuitemaker, B.: Korte schets van den Landbouw in het Oostmoessonrijstgebied in de Zuider- en Oosterafdeeling van Borneo. *Landbouw* Dec. 1938.
121. Smits, M. B.: Over den Landbouw in Ned.-Indië. 1929.
122. Sokolow, D.: Hydraulischer Erdtransport. *Wasserkr. und Wasserw.* Heft 10 1934.
123. Sokolow, D.: Untersuchungen über den Entnahmewinkel. *Wasserkr. und Wasserw.* Heft 12 1936.
124. Spannhake, W.: Kreiselräder als Pumpen und Turbinen. 1931. Berlin.
125. Spetzler, O.: Die Ausnutzung der Laufwasserkrafte am Hengsteysee. *Z. V. d. I.* 74 no 23 1930.
126. Statius Müller: Irrigatie ter Oostkust van Sumatra. *De Wat. Ing.* Sept. 1931.
127. Storek, H.: Sondergebiete im Kaplanturbinenbau. *Wasserkr. und Wasserw.* Heft 15/16 1938.
128. Strange, W. L.: Principles of Irrigation, roads and buildings and the water-supply of towns. 1927. New York.
129. Tergast, G. C. W. Chr.: De invoer van rijst in de buitengewesten. *Landbouw* 7e jaarg. 1931/32.
130. Thomann, R.: Turbinen mit festen Leit- und beweglichen Laufschaufeln. Ber. nr 170 2e Weltkr. 1930 Band IX.
131. Thorenaar, A.: Leerboek der bodemkunde voor Ned.-Indië. 1933.
132. Thürnau: Über Beseitigung von Geschiebeablagerungen vor den Schwellen der Einlaufbauwerke. *Wasserkr. und Wasserw.* Heft 9 1927.
133. Tubergen, J. van: Verslag nopens een ingesteld irrigatie-onderzoek op Sumatra. Verslag B. O. W. in Ned.-Indië. 1913 bijlage 1.
134. Verwoerd, A. L.: Een eenvoudige berekeningswijze voor leidingen en waterloopen. *De Waterst. Ing.* no 9 1931.
135. Voith, J. M.: Bewegliche Wehre. Druckschrift no 576 1932.
136. Vonk, H., Evers, A. en Tengkoe Abdoel Hamid: Lebak-rijstkultuur in Palembang. *Landbouw* no 10 1937.
137. Vos, H. C. P. de: Beweegbare stuwen in Ned.-Indië. *De Ing.* no 28 1921.
138. Vos, H. C. P. de: Irrigatie. T. H. Bandoeng 1920.
139. Vos, H. C. P. de: Transport van vaste stoffen door water. *De Waterst. Ing.* no 7 1925.
140. Vreedenburgh, C. G. J.: Opmerkingen over het ontwerpen van een groot waterkrachtwerk in het bijzonder in Ned.-Indië. *De Ing.* no 46 1930.

141. Vreedenburgh, C. G. J.: Cavitatieverschijnselen bij waterstroomingen, *De Ing. in Ned.-Indië* no 10 1936.
142. Walch, O.: Stau- und Kanaldämmen aus Erde und Fels. 1933. Berlin.
143. Walther, P.: Selbstregulierung von Kaplanlaufrädern. *Wasserkr. und Wasserw.* S. 102 1938.
144. Wassiliew: Charakteristik der Sinkgeschwindigkeit von Fluszablagerungen. *Wasserkr. und Wasserw.* no 23 1935.
145. Weinig, F.: Bemerkungen über die Strömung in Pumpenspiralen und Turbinenzulaufkanälen. *Wasserkr. und Wasserw.* Heft 2 1935.
146. Weinig, F.: Strömung in Saugrohrkrümmern und deren Formgebung. *Wasserkr. und Wasserw.* S. 32 1938.
147. Wijn, P. J. A. en Blommestein, W. J. van: De Serajoe-bevloeiingswerken. *De Ing. in Ned.-Indië* no 4 1939.
148. Wulff, A.: De rijstproductie van Ned.-Indië en het variëteiten-vraagstuk. *Landbouw* 10e jaarg. 1934/1935.
149. Zill: Der Moorabtrag beim Bau von Schiffahrtkanälen durch Hochmoorgebiete *Die Bautechn.* Heft 19 1932.
150. Zill: Studie zu einem Hydro-Erdbau. *Die Bautechn.* Heft 50 und 51 1933.
151. — Desilting works from the Loup-River project. *Eng. News. Rec.* Oct. 1936.
152. — Grundsätze für die Berechnung der Zulaufmengen zu den Schöpfwerken. *Der Kulturtechn.* Mei/Juni 1937.
153. — Grundsätze für Anlage und Ausrüstung der Schöpfwerke. *Der Kulturtechn.* S. 183 1937.
154. — Kolonisatiebulletins.
155. — Vervoer over den water-, ijzeren en steenen weg. *De Ing.* no 16 1937.
156. — Wasserführung, Sinkstofffführung und Schlammablagerung des alten Rheins. Mitt. Amtes für Wasserwirtschaft. Bern 1932.

## Lijst der afbeeldingen.


| Figuur | | Bladzijde |
|---|---|---|
| 1. | Plattegrond van den theoretischen neerslagkegel | 33 |
| 2. | Overzichtskaart van Zuid-Banjoemas en bevloeiingsschema | 48 |
| 3. | Waterverstrekkingsschema | 51 |
| 4. | Lengteprofiel en dwarsprofielen van het hoofdkanaal | 52 |
| 5. | De vrije inlaatsluis | 55 |
| 6. | Schets van een slibzuiveringsinstallatie met op loopkraan gemonteerde grondpomp | 61 |
| 7. | Slibzuiveringsinstallatie met drijvenden zuigbagger | 62 |
| 8. | Werkschema mechanisch grondverzet | 67 |
| 9. | Schetsontwerp van den zuigbagger | 69 |
| 10. | Ontwikkelingsschema van de waterkrachtmachine en het opvoerwerktuig | 73 |
| 11. | Hydraulisch pompstation voor bevloeiing en opwekking van electriciteit | 94 |
| 12. | Slibgehalte van het Serajoewater | 122 |
| 13. | Het verband tusschen de cultuurschema's en het energiediagram | 143 |
| 14. | Schema van het hydraulisch pompsysteem voor bevloeiing en ontwatering met colmatage | 147 |
| 15. | Hydraulisch pompstation voor bevloeiing en ontwatering | 148 |

| Plaat | | |
|---|---|---|
| I. | met de foto's 1 t/m 12, inlaatsluis, bezinkbekken, pompstation en aggregaten | 89 |
| II. | met de foto's 1 t/m 6 en 1*a* t/m 6*a* modelproeven met vrije inlaatsluis | 117 |
| III. | met de foto's 1 t/m 6 „secundair" turbinepompaggregaat | 159 |

## Lijst van inheemsche woorden en hun beteekenis.

| | |
|---|---|
| bandjir | = hoogwater in de rivier of overstrooming. |
| renah<br>pematang<br>pantai | = hoogste deel van het neerslaggebied van een alluviale rivier. |
| rantjah | = middengedeelte van het neerslaggebied. |
| baroeh | = laagste deel van het neerslaggebied. |
| danau | = door de oeverwallen van een rivierlus omzoomde terreinkom. |
| lebak | = laaggelegen moerassig terrein langs een groote rivier. |
| lebak tekoeroeng | = door een hooge, vrijwel bandjirvrije oeverwal tegen geregelde overstrooming beschermde lebak. |
| lebak kerenahan | = door een lage oeverwal begrensde lebak, die bij kleine bandjirs reeds wordt overstroomd. |
| lebak besoengai | = vrijwel onbeschermde lebak, die door middel van een moerasafvoer in open verbinding staat met de rivier. |
| arisan | = kanaal, waarmede een lebak in verbinding staat met de hoofdrivier. |
| penjalatahoen-padibouw | = voor moerasgebieden typische Oostmoesson-rijstcultuur met vroegrijpende variëteiten. |

# INHOUD.


Blz.

**Voorwoord** . . . . . 7

**Summary** . . . . . 9

**HOOFDSTUK I.**

*Moeilijkheden, welke kunnen optreden bij de bevloeiing uit groote rivieren.*

§ 1. Inleidende beschouwingen . . . . . 11

§ 2. Bevloeiing van kolonisatieterreinen . . . . . 13

§ 3. De zwaartekrachtbevloeiing . . . . . 16

§ 4. De calorische pompbevloeiing . . . . . 18

§ 5. Pompbevloeiing met waterkracht als energiebron . . . . 23

**HOOFDSTUK II.**

*Het opsporen en het winnen van waterkracht in de omgeving van het te bevloeien terrein ten behoeve van een hydraulisch pompstation.*

§ 6. Het fluviatiele landschap . . . . . 31

§ 7. De beteekenis van den neerslagkegel voor de ontginning van laagdrukwaterkracht . . . . . 36

**HOOFDSTUK III.**

*De algemeene opzet van het irrigatieontwerp, waarbij het bevloeiingswater met behulp van waterkracht wordt opgevoerd.*

§ 8. Vooronderzoekingen en algemeene opzet . . . . . 45

§ 9. Maatregelen ter beperking van het te verwachten slibbezwaar bij de vrije inlaatsluis . . . . . 50

§ 10. De mechanische verwijdering van de in het slibbekken afgezette vaste stoffen . . . . . 57

§ 11. Het voorgestelde ontgravingssysteem voor het hoofdkanalenstelsel . . . . . 63

HOOFDSTUK IV.

Blz.

*De ontwikkeling van de waterkrachtmachine en van het wateropvoerwerktuig.*

§ 12. Gecombineerde waterkrachtopvoerwerktuigen . . . . . 72
§ 13. De ontwikkeling van de waterkrachtmachine . . . . . 76
§ 14. De ontwikkeling van het wateropvoerwerktuig . . . . . 79

HOOFDSTUK V.

*De keuze van het waterkrachtopvoeraggregaat.*

§ 15. De eischen van de waterkrachtpomptechniek . . . . . 82
§ 16. De keuze van het mechanische gedeelte . . . . . 84
§ 17. De keuze van het waterbouwkundige gedeelte . . . . . 94

HOOFDSTUK VI.

*De inrichting van het hydraulisch pompstation.*

§ 18. De bouw- en waterbouwkundige inrichting van het pompstation . . . . . 98
§ 19. De electromechanische inrichting . . . . . 101

HOOFDSTUK VII.

*De Serajoe-bevloeiing als uitgewerkt voorbeeld.*

§ 20. De aanlegkosten en de jaarlijksche lasten van de zwaartekrachtbevloeiingssystemen . . . . . 103
§ 21. De aanlegkosten en jaarlijksche lasten van de pompbevloeiingssystemen met uitzondering van het hydraulisch pompsysteem . . . . . 105
§ 22. Hydraulische berekeningen van de hoofdwerken bij het hydraulisch pompsysteem . . . . . 108
§ 23. Modelonderzoek van de vrije inlaatsluis en berekening van de ontslibbingsinrichting . . . . . 115
§ 24. Analyse van het hydro-mechanisch grondverzet . . . . 125
§ 25. De aanlegkosten en de jaarlijksche lasten van het hydraulisch pompbevloeiingssysteem . . . . . 133

## HOOFDSTUK VIII.

Blz.

*Kunstmatige ontwatering en colmatage-bevloeiing van een moeraspolder met behulp van de hoofdwerken van het hydraulisch pompbevloeiingssysteem.*

§ 26. De waterhuishouding van lage gebieden langs den neerslagkegel van een groote rivier . . . . . 137

§ 27. Een nieuw ontwaterings- en colmatagebevloeiingsstelsel voor een moeraspolder . . . . . 140

§ 28. De technische uitwerking van het voorgestelde ontwaterings- en colmatagebevloeiingssysteem . . . . . 145

## HOOFDSTUK IX.

*Slotbeschouwingen.*

§ 29. De technische en economische beteekenis van het hydraulisch pompsysteem als irrigatie-hoofdvoedingswerk . . . 152

§ 30. Toepassingsmogelijkheden van turbine-pompaggregaten in combinatie met opstuwinrichtingen . . . . . 156

Samenvatting . . . . . 161

Lijst van geraadpleegde literatuur . . . . . 164

Lijst der afbeeldingen . . . . . 170

Lijst van inheemsche woorden en hun beteekenis . . . . 171

## Stellingen.

I.

Zoolang Ned.-Indië, waar een groote bevolkingstoename bestaat, nog een belangrijk invoersaldo van rijst heeft, is het zeer gewenscht, bij de rendabiliteitsbeoordeeling van irrigatieprojecten, welke een productievermeerdering van dat hoofdvoedingsgewas in uitzicht stellen, genoegen te nemen met een laag rendement in engeren fiscalen zin.

P. L. E. HAPPÉ, *De Ing. in Ned-Indië* nos 1 en 2 1939.

II.

Voor de berekening van de te verwachten meerdere opbrengst, na totstandkoming van een technische bevloeiing van sawahs, welke tevoren van regen afhankelijk waren, wordt meerdere malen gebruik gemaakt van de methode van Joosten en De Vries.

Deze methode heeft echter, indien toegepast op de Oostmoesson-rijstproductie met groote waarschijnlijkheid te lage uitkomsten ; vermits bij herhaald terugkomend watergebrek, als gevolg van de afhankelijkheid van regen, moet worden uitgegaan van te kleine topopbrengsten.

E. DE VRIES en J. H. L. JOOSTEN, *Landbouw* 1929 — '30 bldz. 405.

III.

Een meer nauwkeurige bepaling van de, voor de bevloeiing van verschillende gewassen minimum benoodigde waterhoeveelheden is ten zeerste aan te bevelen.

Dit geldt in het bijzonder voor de gevallen, waarin het aan de rivier onttrokken water tevens voor andere doeleinden gebruikt moet worden (bijv. voor waterkracht).

IV.

Het is van groot belang onder centrale leiding waarnemingen te verrichten in rivieren en leidingen tot bepaling van de grootte van hydraulische coëfficiënten en van het transport van bezink- en zweefstoffen.

V.

Bij onderzoekingen in waterloopkundige laboratoria moet in de meeste gevallen de horizontale schaal van een rivier- of havenmodel een andere wezen dan de verticale schaal. De resultaten, met deze modellen verkregen, kunnen met gebruikmaking van de ervaringen der moderne laboratoriumtechniek met vertrouwen worden aanvaard.

A. H. GIBSON, *Journ. Inst. Civil Eng.*, Suppl. to no 8 Oct. 1936.

VI.

De formule Vreedenburgh voor de berekening van sterk hellende leidingen, inclusief den invloed der luchtabsorbtie, verdient de voorkeur boven andere formules, welke tot dusver op grond van laboratoriumproeven werden opgesteld.

J. H. HILGEN, *De Ing. in Ned.-Indië*, no 1 — 1937, Afd II.

VII.

Het verdient aanbeveling een onderzoek in te stellen naar een voor de praktijk geschikte methode, om slibrijk rivierwater dat in physisch opzicht schadelijk is voor den landbouw, zoodanig van slibsamenstelling te wijzigen, dat dit water voor bevloeiing bruikbaar wordt.

J. TH. METSELAAR, *Landbouw* 1925 — '26, blz. 24 — 27.

VIII.

Bij de verwerking van draineerend materiaal in bouwconstructies (aarden dammen, vliegvelden enz.), komt het niet alleen aan op de eigenschappen van het te bezigen grondmateriaal, zooals dit in ongeroerden toestand wordt aangetroffen. In het bijzonder dient ook rekening te worden gehouden met een mogelijke verandering der doorlaatbaarheid, zoowel in grootte als in isotropie.

IX.

De berekening van de, achter drempel- of kofferstuwen te verwachten maximale kolkdiepte met behulp van de formule voor den watersprong, is alleen dan te aanvaarden, wanneer het stortvlak van de stuw

horizontaal wordt omgebogen op een zoodanige hoogte, dat de theoretische watersprong zich volledig kan ontwikkelen, en de schietende straal een horizontale richting heeft.

A. M. VERSCHOOR en J. VERLINDEN,
*De Ing. in Ned.-Indië*
no 4 — 1938, Afd. II.

X.

In een vochtig tropisch klimaat kan de isoleerende werking van ongeventileerde spouwmuren niet hoog worden aangeslagen; slechts geventileerde spouwmuren, waarbij de verversching van de spouwlucht op intensieve wijze kan plaats hebben, geven een waarneembare verlaging van de warmte-overdracht door deze muren.

XI.

Teneinde ook in Ned.-Indië betrouwbare gegevens te verkrijgen betreffende de versnellingen en perioden, die als regel bij aardbevingen optreden — welke grootheden, zooals bekend is, den grondslag vormen voor de sterkteberekening eener bouwconstructie tegen aardbeving — is het noodzakelijk op verschillende in seismische gebieden gelegen plaatsen, het noodige aantal accélérografen op te stellen, in den geest als bijvoorbeeld in Californië reeds gedurende vele jaren geschiedt.

*Eng. News Record* 8 Sept. 1932 blz. 288.
*Eng. News Record* 22 Juni 1933 blz. 804.

XII.

Het langdurig „knijpen" van een afsluiter in een drukbuis van een waterleiding, kan tot materiaal-aantasting leiden tengevolge van waterslag.

C. G. J. VREEDENBURGH, *De Ing. in Ned.-Indië* no 10 — 1936, Afd. VI blz. 167.
F. K. TH. v. ITERSON, *Proc. Kon. Ak. v. Wetenschappen* Vol. no XXXIX nos 2 en 3, 1936.



PERPUST