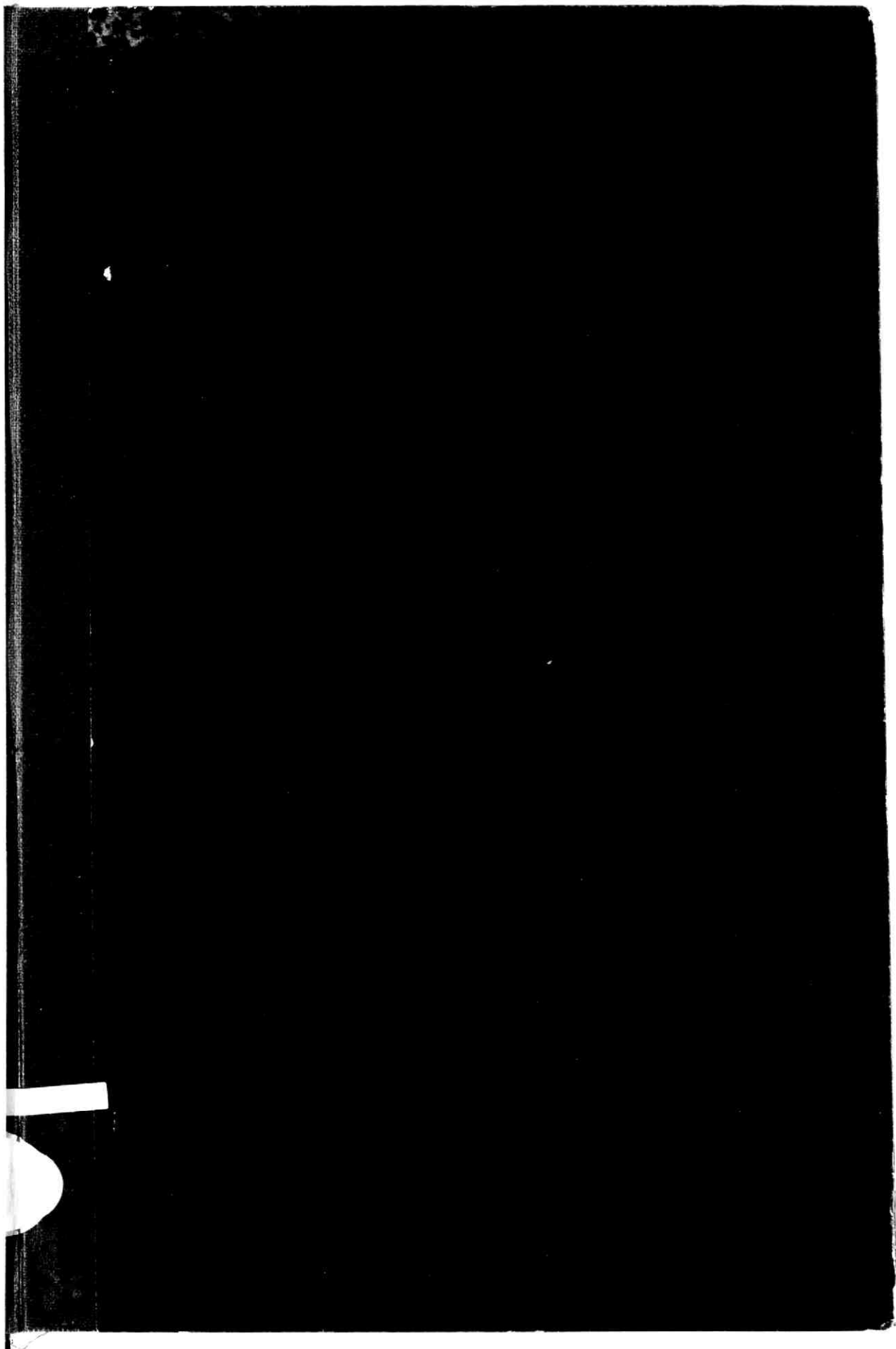




# **Aanteekeningen op het ontwerp van een kanaal door de Geldersche vallei, opgemaakt op uitnoodiging van het Amsterdamsche Rijnvaart-comité**

<https://hdl.handle.net/1874/235138>



mm 11935

**I. oct.**  
**2160**

AFGEVOERD



I 82160

# AANTEEKENINGEN

OP HET ONTWERP

VAN EEN

# KANAAL DOOR DE GELDERSCHE VALLEI,

OPGEMAAKT OP UITNOODIGING

VAN HET

AMSTERDAMSCHÉ RIJNVAART-COMITÉ

DOOR

J. G. VAN GENDT JR.

INGENIEUR.



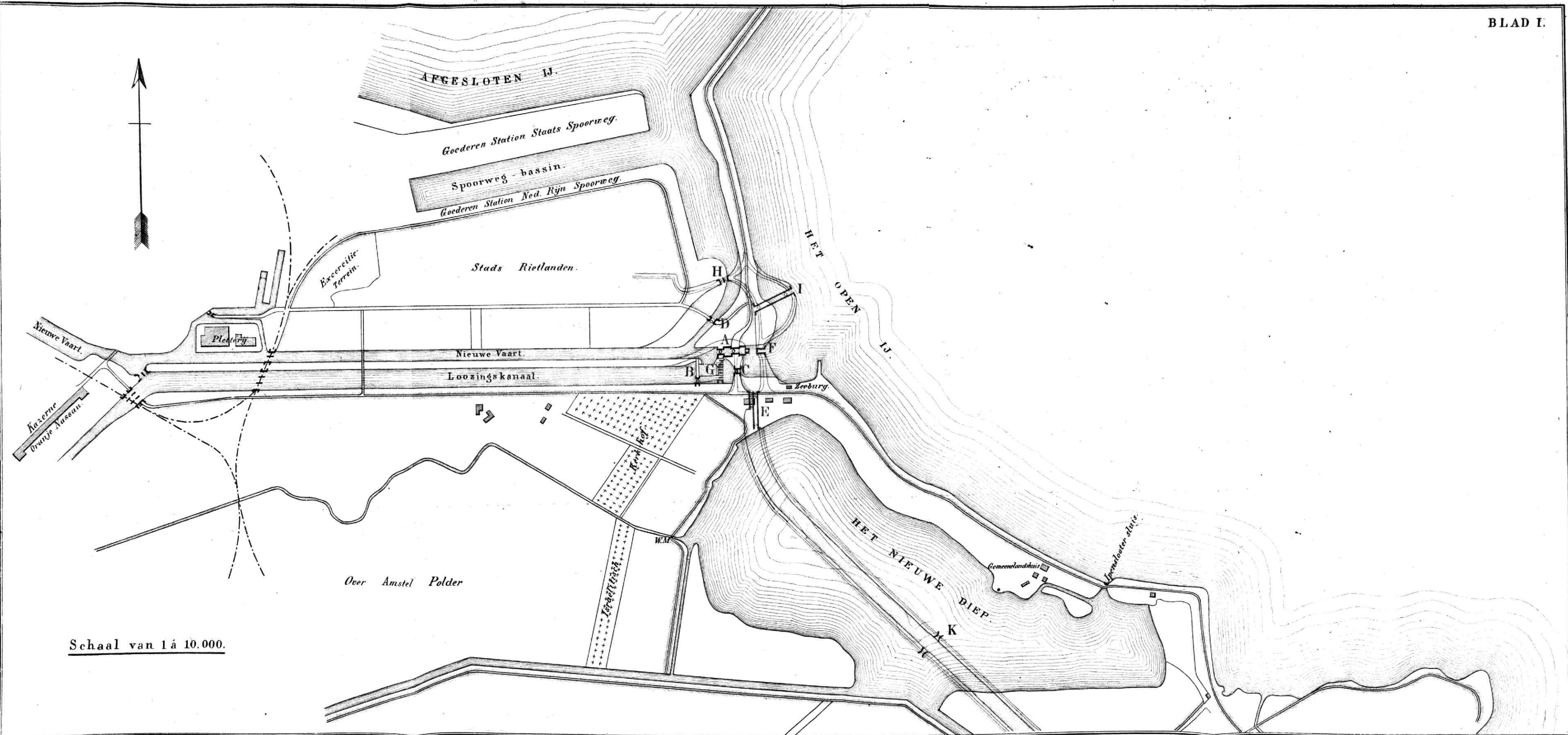
UTRECHT — 1878.

Stoom Boekdrukkerij en Steendrukkerij „de Industrie“,

J. VAN DRUTEN.

B. III 90



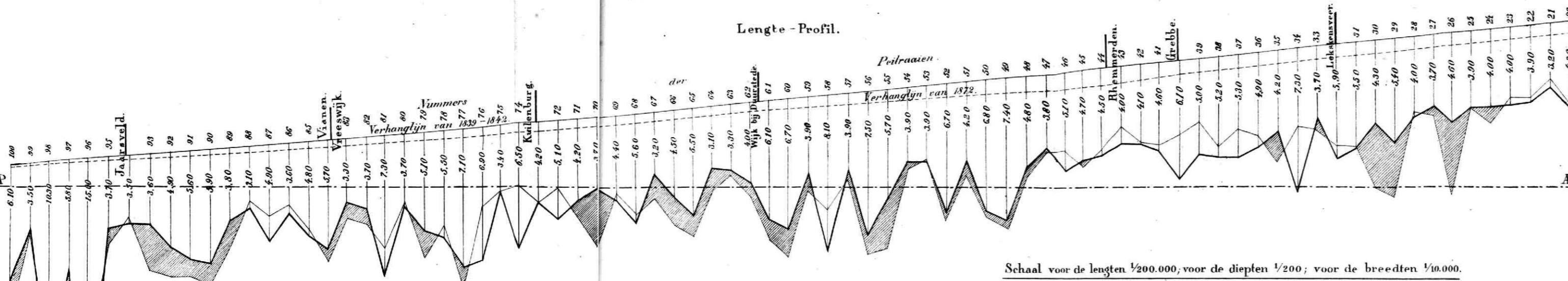


Schaal van 1 à 10.000.



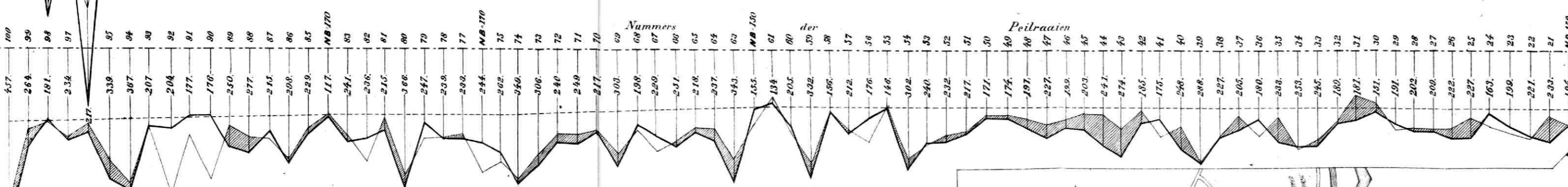
LENGTE PROFIL EN BREEDTEN VAN DE RIVIEREN DE NEDERRIJN EN DE LEK TUSSEN DE PEILRAAIEN 20 EN 100.

Lengte-Profil.

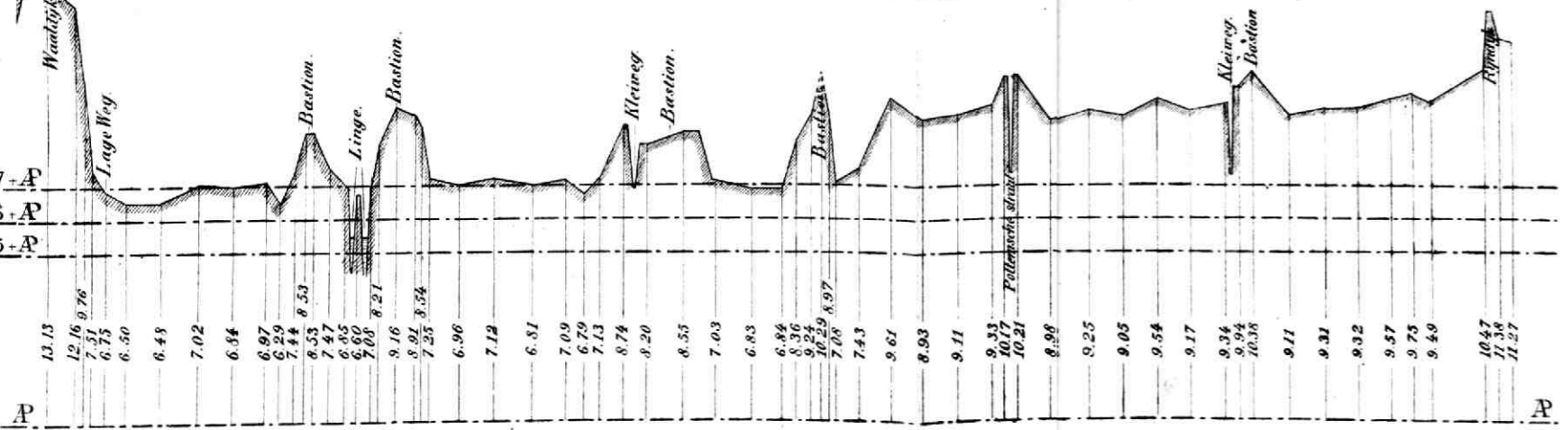


Schaal voor de lengten 1/200.000, voor de diepten 1/200; voor de breedten 1/10.000.

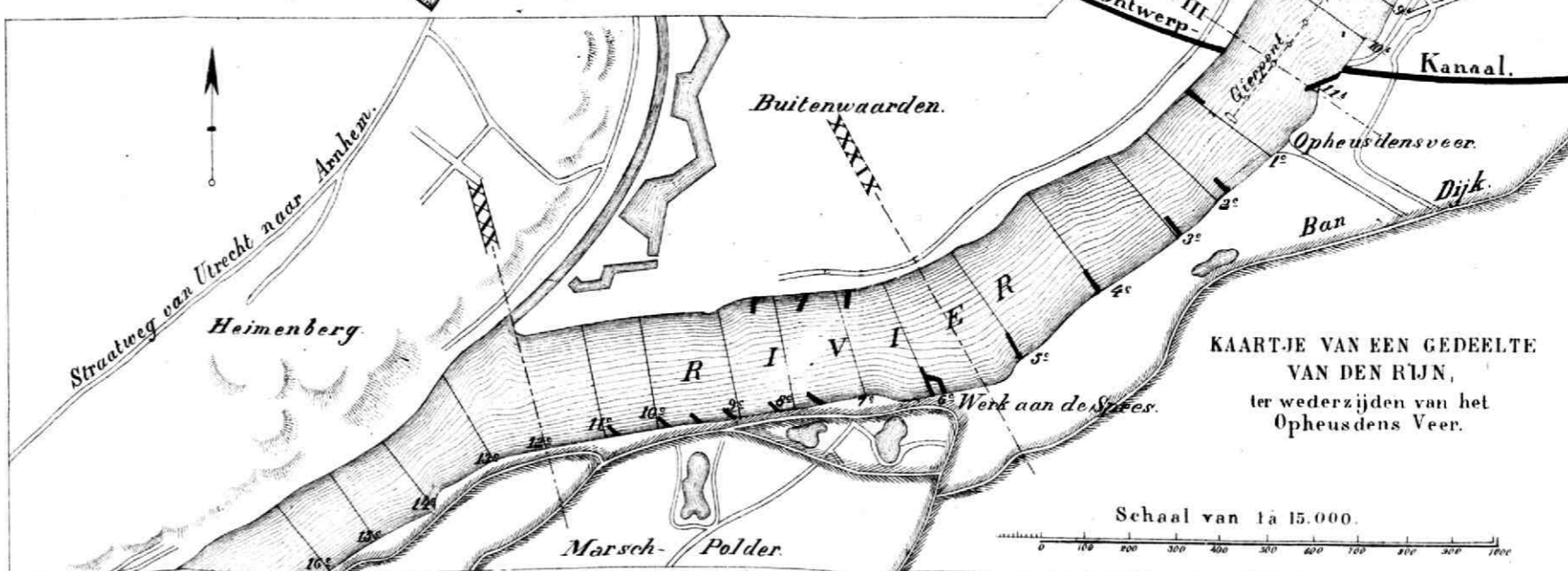
Rivierbreedten.



WATERPASSING OVER DE OCHTEN-SPEESLINIE.



Schaal voor de lengte 1/20.000; voor de hoogte 1/200.



In den aanvang van December 1877 ontvingen de Hoofd-Ingeneurs van den Waterstaat in Noord-Holland, Gelderland en Utrecht van den minister van Waterstaat, Handel en Nijverheid de opdracht: een in 1876 opgemaakt uitvoerig ontwerp voor een kanaal door de Geldersche vallei nader te onderzoeken.

In een rapport gedagteekend 23 Januari 1878 werd aan die opdracht voldaan en wel door het indienen van een gewijzigd ontwerp met uitvoerige omschrijving.

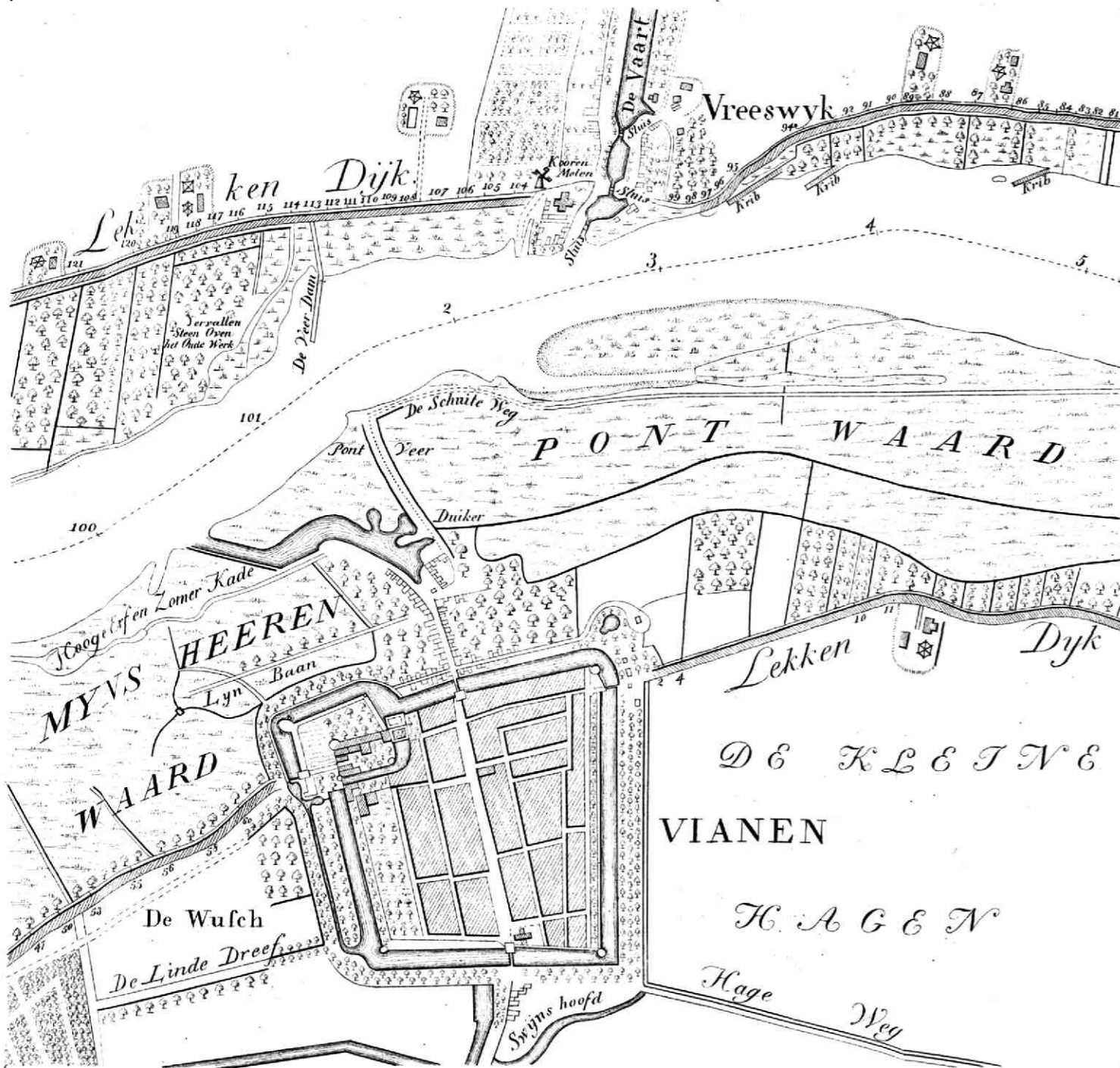
De minister van Waterstaat, Handel en Nijverheid, oordeelende, dat thans niet langer mocht gedraald worden met den aanleg van betere verbindingswegen te water, nu vrij gemaakt van de zaak der droogmaking van het zuidelijk gedeelte der Zuiderzee, diende den 8<sup>sten</sup> Maart aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal zijn welbekend wetsvoorstel in, waarbij den aanleg van verschillende waterwegen wordt vastgesteld en waarin ook het kanaal ter verbinding van Amsterdam met de Waal ter hoogte van Doodewaard is opgenomen.

Het is geen wonder dat van zoovele zijden reeds sedert jaren (ik meen in de Staten-Generaal reeds sedert 1865) op eene betere verbinding van Amsterdam met Duitschland werd aangedrongen. Het aandeel dat Amsterdam heden in den Rijnhandel heeft is van geen beteekenis en vermindert nog jaarlijks. Dit ligt zoowel aan den gebrekkigen toestand van de zogenaamde Keulsche vaart (zéér goed voor 1828, maar verouderd in 1878, bij geheel andere

DE LEK BY VIANEN.

Volgens de Kaart van de Rivier de Lek van Krimpen tot het Hagesteinsche Schoor,  
door Melchior Bolstra in het jaar 1751 en vervolgens tot in 1767.

Schaal van 1 à 10.000.



DE LEK BIJ VIANEN

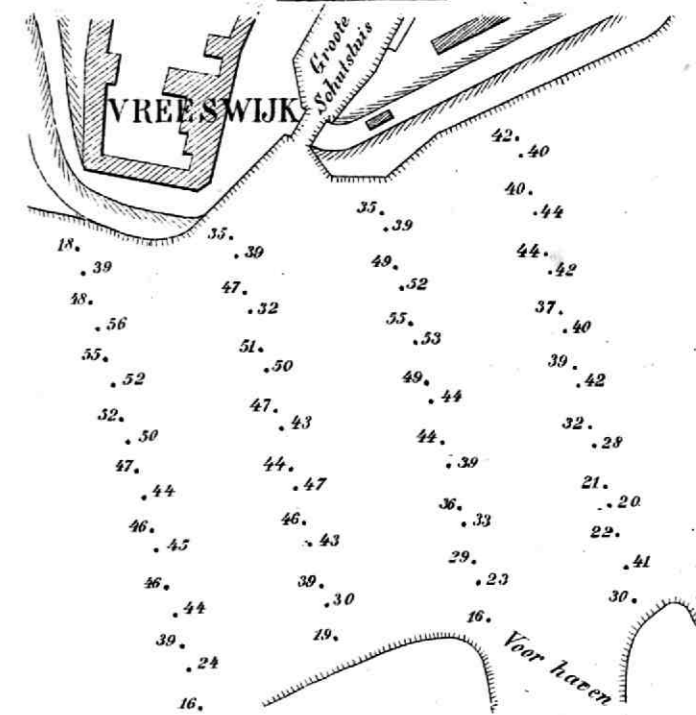
VOLGENS DE RIVIERKAART, VERVAARDIGD BIJ HET DEPARTEMENT VAN OORLOG  
NAAR METINGEN GEDAAN IN 1837

Schaal van 1 à 10.000



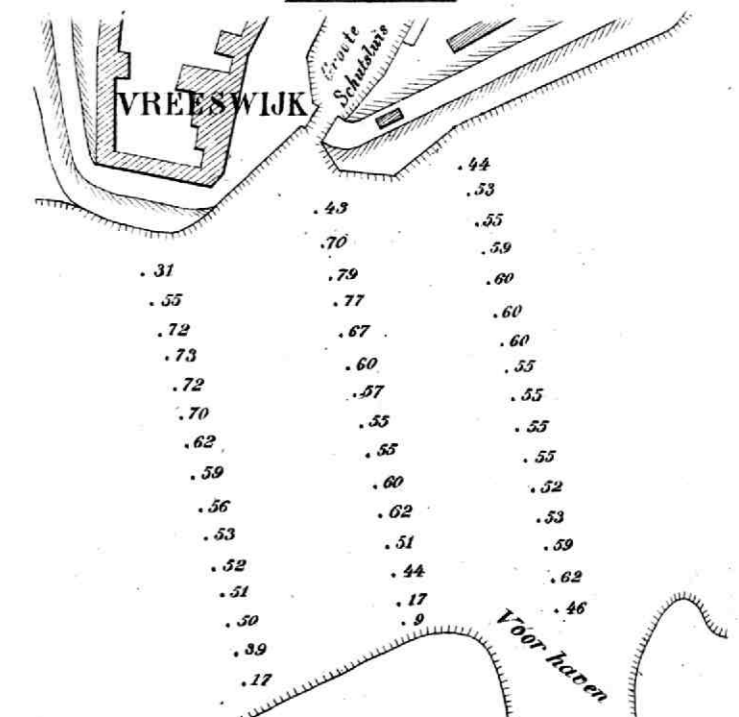
PEILINGEN IN MEI 1874.

Schaal 1 à 2500.



PEILINGEN IN MEI 1876.

Schaal 1 à 2500.



eischen der scheepvaart), als aan de ongunstige reputatie, die Amsterdam als zeehaven in het buitenland gaandeweg heeft gekregen. Niet alleen waren de kosten voor zeeschepen naar Amsterdam door lichtergelden, enz. bijzonder hoog, maar ook was het verlies van tijd zoo groot, dat het „Amsterdam excluded” op de Engelsche Charterbrieven een duurzame plaats ging bekleeden.

Dit laatste bezwaar nu is men door de opening van het Noordzeekanaal te boven gekomen en binnen zeer kort zal dit kanaal met zijn haven een der schoonste verbindingen van het vaste land met de zee opleveren. Inmiddels doet de stad Amsterdam wat zij kan om het verloren terrein te herwinnen en los- en laadplaatsen voor schepen, ingericht naar de tegenwoordige eischen van den handel, worden daar met groote geldelijke opoffering tot stand gebracht.

Hoe de invloed van een en ander reeds nu merkbaar is moge blijken uit onderstaand staatje van de in- en uitgaande tonnemaat door de Noordzeesluizen te Ymuiden.

	1876	1877	1878
Januari . . . . .		35.639	60.893
Februari . . . . .		38.401	56.255
Maart . . . . .		52.953	78.910
April . . . . .		65.854	119.460
Mei . . . . .		82.071	
Juni . . . . .		88.483	
Juli . . . . .		105.605	
Augustus . . . . .		117.395	
September . . . . .		145.115	
October . . . . .		126.634	
November . . . . .	43.454	89.424	
December . . . . .	38.533	83.729	

De toeneming die uit dit staatje blijkt zal nog meerder worden als schepen als van de stoomvaartmaatschappij „Nederland” in Amsterdam binnenvallen. Maar met elke vermeerdering van den handel wordt ook de behoefte naar een betere verbinding te water met het binnenland en den Rijn meer gevoeld en het wordt met den dag duidelijker, dat die verbinding het noodzakelijk complement vormt van het Noordzeekanaal met zijn haven, zooals reeds in 1848—1852 door den ingenieur W. A. Froger is ingezien.

Wordt dan ook algemeen erkend dat een dergelijke betere verbinding niet langer mag worden verschoven, in de keuze der middelen is men nog niet eensgezind. Het ontwerp van de Hoofd-Ingenieurs van den Waterstaat is uit den aard der zaak (even als alle andere gemaakte plannen) een *avant-projet*, al is het ook veel meer en beter uitgewerkt dan de meeste *avant-projets*, waarnaar vroegere groote spoorweg-, haven en kanaalwerken zijn uitgevoerd. Het is eene oplossing der gestelde vraag in hoofdtrekken, waarbij echter niet alle onderdeelen zijn uitgewerkt. Bij zulk een ontwerp zijn velerhande belangen betrokken en de belanghebbenden verwarren op zeer menschelijke wijze het onderdeel met het geheel en keuren dit af, omdat bij de aanvankelijk gestelde oplossing der onderdeelen toestanden worden in het leven geroepen, die zij vreezen dat voor hen schadelijk kunnen zijn of ten minsten als zoodanig door hen geacht worden.

Het doel dezer bladzijden is: eenige dier onderdeelen meer van nabij te beschouwen en aantetoonen dat bij behoud en goedkeuring van het ontwerp in zijn geheel, bij sommige onderdeelen nog andere oplossingen mogelijk zijn, dan nu door de Regeering zijn voorgesteld, niet alleen zonder het hoofddoel uit het oog te verliezen, maar naar wij vertrouwen, tot betere bereiking daarvan. Het onderstaande worde dus niet beschouwd als een kritiek van het Regeerings-

ontwerp, maar als een proeve van oplossing van sommige geopperde bezwaren, om daarop bij de uitvoering der wet te letten, terwijl de hoop wordt gevoed dat daardoor het aanhangige wetsontwerp meer naar waarde zal worden geschat en het groote en goede denkbeeld dat er aan ten grondslag ligt, niet worde opgeofferd aan nevenbeschouwingen of overdreven angst voor mogelijke bezwaren.

Vooraf vinden hier hun plaats eenige geschiedkundige aan-teekeningen omtrent het kanaal door de Geldersche vallei.

Reeds voor eeuwen zijn er plannen gemaakt van kanalen, deels tot verbeterde afwatering van de landstreek gelegen tusschen de Veluwsche en Utrechtsche heuvelen, die zich, van Wageningen en de Grebbe noordwaarts uitstrekken, deels tot kleine scheepvaart ingericht <sup>1)</sup>). Tusschen 1473 en 1481 liet Bisschop David van Bourgondië de vaart graven, die tot verveening diende, bij de Grebbe zuidwaarts in den Rijn mondde en nog de Bisschop Davids Grift genoemd wordt. Onder de regeering van Karel den Vijfden werd aan een Antwerpenaar Gillebert van Schoonerbeke toegestaan de vaart te graven die naar hem de Schoonerbeeksche Grift is genoemd en die diende om turf noordwaarts naar Amersfoort te brengen. Door den Hertog van Gelderland Karel van Egmond, werd in 1530 het grootsch en stout ontwerp gevormd om van Wageningen tot Hulkenstein, bewesten

---

1) Men raadplege hierover:

*Proeve over de verbetering van den afloop van het water tusschen de Veluwsche en Utrechtsche bergheuzelen.* Te Utrecht bij Johannes Altheer, 1832.

*De verbetering der waterafleiding in de Geldersche vallei in verband met de daarstelling eener kanaalvaart in deze landstreek.* Utrecht, Bosch en Zoon, 1842.

Beide werkjes van Jhr. Asch van Wijck.

*Ontwerp tot verbetering der handelswegen om Amsterdam, door W. A. Froger (met Atlas) 1848—1852.*

Nijkerk, de Rijn met de Zuiderzee te verbinden, waarvan een gedeelte bij de Holker-erven een begin van uitvoering zou hebben gekregen, zoodat daarvan nog den naam van Ouden-Rijn zou zijn overgebleven. Terugdenkende aan de langdurige oorlogen die toen tusschen Holland en Gelderland gevoerd werden, komt men onwillekeurig op het denkbeeld dat Karel van Egmond ook het doel kan hebben gehad Gelderland aan die zijde tegen strooptochten te dekken en tevens den Hollandschen handel te benadeelen. Ook tijdens het stadhouderschap van Prins Maurits werd weder aan een dergelijk kanaal, maar nu van Wageningen naar Hoevelaken gedacht.

In het midden der vorige eeuw schijnt de verdedigingslinie, thans veelal de Grebbe Linie genaamd, te zijn ingericht en verschillende plannen zijn, zoo door genie-officieren als door civiel-ingenieurs ontworpen, om die linie-gracht niet alleen tot het stellen van militaire inundaties te benuttigen, maar ook tot bewatering en afwatering der nevenliggende landen en later ook tot scheepvaart met kleine vaartuigen of pramen. Vooral Jhr. van Asch van Wijck heeft zich, reeds 40 à 50 jaren geleden, veel moeite getroost om het belang in deze zaak levendig te houden <sup>1)</sup>. Tot verhooging

---

1) Dr. W. C. H. Staring zegt daarvan in zijn „*Voormaals en thans*”, (Haarlem 1858): Zoo ligt er nog eene streek gronds in ons vaderland, de ruimte beslaande van bijna de halve provincie Utrecht, de Geldersche vallei, namelijk; eene groote vlakke van zand- en veenachtige gronden, ter weërszijden door de Utrechtsche en Veluwsche heuvelen begrensd, en ten zuiden door eenen zwaren dijk tegen de overstromingen van den Rijn beschermd. In plaats nu van het Rijnwater af te keeren, stelde de schrandere Asch van Wijck voor, om dat, volgens een wèl doordacht plan, *in* te laten, met het tweeledig doel, vooreerst om daardoor een bevaarbaar kanaal te voeden, hetwelk die gronden reeds tien percent in waarde zoude doen rijzen, maar vooral, ten einde de geheele vallei te vloeijen en in een Nijldal te herscheppen. Vijf-en-twintig jaren geleden, zijn die grootsche plannen geuit en door den druk bekend gemaakt.”

van het inundatie-peil bij lage rivierstanden is toen door de Militaire Genie een toeleidingskanaal tot bij Lexkensveer ontworpen, waar de waterstand bijna 1 meter hooger is dan bij de militaire inundatie-sluis aan de Grebbe; maar geen der ontwerpen mocht tot uitvoering komen, waartoe zeker heeft bijgedragen de omstandigheid dat de belanghebbende landstreek in twee provincies is gelegen.

De eerste die in het belang van den Rijnhandel een verbinding van Amsterdam met den Rijn bij Wageningen voorsloeg, was de Amsterdamsche Ingenieur W. A. Froger, in het werk waarvan de titel in de noot op pag. 6 is vermeld. Het ontwerp Froger omvatte drie groote werken, als:

*a.* Het Noordzeekanaal van Amsterdam naar een punt van het strand bezuiden Wijk aan zee, door het Y, Buitenhuisen, de Wijkermeer en de duinen, bijna geheel in de thans uitgevoerde richting. Bezuiden dit kanaal werden polders ingedijkt en een zijkanaal behouden naar Halfweg en een wijden boezem (tusschen de twee thans bestaande zijkanalen) naar Spaarndam. Benoorden het kanaal waren ook eenige indijkingen voorgesteld. Hoofden in zee verzekerden den toegang en de mond van het kanaal was door een stel sluizen afgesloten.

*b.* Beoosten Amsterdam werd in de Zuiderzee de indijking voorgesteld van de zeevlakte begrensd door een te leggen dijk van de oostpunt van Marken tot even bewesten den mond der Eem. Door dien polder werden twee groote kanalen gebracht, een van Amsterdam tot de oostpunt van Marken en een ander uit het eerste kanaal van Pampus naar de dijkaansluiting bij den mond der Eem, beide kanalen met sluizen afgesloten.



c. Een kanaal of liever vrij stroomende rivier uit den Rijn bij Wageningen langs Amersfoort naar de Zuiderzee. <sup>1)</sup>

Thans, nu het Y bij Schellingwoude is afgesloten, de mond der Maas door stroomleiding wordt verdiept en verschillende spoorwegen zijn gebouwd is het derde gedeelte van Froger's ontwerp niet meer uittevoeren. Maar de hoofdgedachte van dien ingenieur, een goede Rijnvaart door de Geldersche vallei als aanvulsel tot het Noordzeekanaal, heeft zijn volle waarde behouden, al moet de uitvoering ook bij geheel gewijzigde toestanden, anders geregeld worden.

In het jaar 1851 stelde „een oud soldaat” <sup>2)</sup> voor een kanaal van Wageningen naar den IJssel bij het Katerveer, den westelijken en noordelijken zoom der Veluwsche hoogten volgende en dus slechts ongeveer 6 meter dalende. De schrijver achtte zulk een kanaal langs Harderwijk en Elburg vooral in het belang van Overijssel, Drenthe, Friesland en Groningen, bij lage waterstanden, als wanneer die provincies genoegzaam zijn afgesneden van den Boven-Rijn. Ware hij toen met het denkbeeld van den heer Froger bekend geweest, hij zou wellicht zijn kanaal van Wageningen meer naar Nijkerk of Amersfoort gericht en met het kanaal naar Amsterdam in verbinding gebracht hebben.

Toen de Inspecteur van den Waterstaat J. A. Beijerinck in 1866 zijne „Proeve tot indijking van het zuidelijk gedeelte der Zuiderzee” <sup>3)</sup> in druk gaf, stelde hij als ringvaart

1) Tot mijn leedwezen heb ik geen exemplaar van dit werk van den Heer Froger kunnen machtig worden en heb ik het bovenstaande moeten samenstellen uit verschillende aanteekeningen.

2) *De Nederlandsche Hoofdrivieren en de plannen tot hunne verbetering door een oud soldaat* (Nijmegen 1851) 2e gedeelte pag. 144.

3) Zie ook: *Droogmaking van het Zuidelijk gedeelte der Zuiderzee. Verzameling der officieele bescheiden, uitgegeven door de Nederlandsche Maatschappij voor Grond-Krediet.* 's Hage 1868.

voor een kanaal van de Ketel (linker IJsselmond) langs Elburg en Harderwijk benoorden Nijkerk en Amersfoort en bezuiden Naarden naar Muiden. Bij het latere terrein-onderzoek werd de richting bezuiden Naarden verlaten en het strand benoorden Naarden gevolgd. Dit kanaal was met een sluis- en brugwijdte van 12 M. ontworpen. Toen de Staatscommissie van 1870 een sluiswijdte van 8 M. voldoende achtte, werd de richting der ringvaart gewijzigd en van benoorden Naarden door de Naardermeer op Weesp gericht. Maar de thans (na 1870) tot stand gekomen Ooster-spoorweg maakt die richting minder doelmatig en moet de voorkeur doen geven aan een kanaal van Naarden direct naar Amsterdam, benoorden dien spoorweg. Toch is in het ontwerp van een kanaal door de Geldersche Vallei naar de Waal, in 1876 ontworpen in verband met de droogmaking van het Zuidelijk gedeelte van de Zuiderzee voor de ringvaart de richting op Weesp gevolgd, zooals die in 1870 door Dr. T. I. Stieltjes was voorgesteld. Terecht heeft de Commissie, die in Januari 1878 dit plan van 1876 wijzigde, haar uitgangspunt in de stads-rietlanden bij Zeeburg genomen en een richting aangegeven geheel onafhankelijk van den Ooster-spoorweg.

Alvorens nu tot de nadere behandeling van eenige mogelijke wijzigingen in het regeeringsplan over te gaan, mogen eenige algemeene bemerkingen over verschillende kanaal-richtingen van Amsterdam naar de Waal hier eene plaats vinden.

Tusschen de hoofdstad en die hoofdarm van den onverdeelden Boven-Rijn, ligt de Neder-Rijn en Lek van de Plei boven Arnhem tot Krimpen. Wil men het altijd meer of min lastige kruisen der rivier vermijden, dan staan daartoe de twee volgende wegen (beide omwegen) open:

1°. Men vare van Amsterdam naar den Gelderschen IJssel

en volge die rivier tot boven Arnhem. Behalve de groote omweg moet niet vergeten worden dat zelfs na voltooiing eener ringvaart langs de Zuiderzee van Amsterdam tot in den Beneden IJssel, de zeer onvoldoende diepte van die rivier, vooral bovenwaarts een beletsel blijft.

2°. Men vare van Amsterdam naar Gouda en trekke aldus met minderen omweg, de rivier de Neder-Rijn en Lek westelijk om.

Wil men den omweg niet en blijft de korthed der verbinding hoofdvoorwaarde, dan heeft men *overal*, in *alle* tusschenrichtingen, het bezwaar van drie sluizen, als één aan de Waal of Merwede noordzijde en twee aan weerszijde van den Neder-Rijn of Lek. Maar dit bezwaar overal bestaande, aangenomen dat men den omweg over Gouda niet maken wil, is voorzeker de *kortste* richting die door de Geldersche Vallei en zooals ik hoop hieronder nader in bijzonderheden aan te toonen, ook de *beste* richting.

Achtereenvolgens wil ik nu behandelen:

I. De aansluiting van het kanaal aan de oostzijde van Amsterdam, in verband met de waterverversching aldaar;

II. De travers van den Neder-Rijn en de doorsnijding der Betuwe;

III. De mogelijkheid om met één kanaalpand van Amsterdam naar Amersfoort te komen en dus twee sluizen uitte-winnen;

IV. Eenige punten rakende het kanaal tusschen Amersfoort en den Neder-Rijn.

V. Eenige algemeene beschaving en ook in verband met andere ontwerpen.

---

## I.

**De aansluiting van het kanaal aan de Oostzijde  
van Amsterdam.**

In het vervolg-rapport der Commissie benoemd tot het instellen van een onderzoek omtrent het ontwerp voor een nieuwen waterweg van Amsterdam naar den Rijn, en van Amsterdam naar Rotterdam, gedateerd 13 Januari 1878, worden duidelijk de gronden ontvouwd waarom de verbinding van het Rijnkanaal te Amsterdam moet vallen aan de oostzijde der stad.

Trouwens behoeft men weinig locale bekendheid te hebben, om in te zien dat eene verbinding aan den Amstel zeer gebrekkig zou zijn, zoowel omdat de doorvaart door de stad moeielijk voldoende is te verbeteren, als omdat in zulk geval de communicatie te land in de stad in zeer slechten toestand zou geraken.

De Commissie koos dan ook te recht de aansluiting aan de oostzijde en wel langs de Stads-Rietlanden. Haar ontwerp is op blad I in het rood voorgesteld, zooals dat kan worden opgemaakt uit Bijlagen III en IV van het rapport van 13 Januari 1878 en het rapport van 23 Januari daaraanvolgende.

Het kanaal valt uit den Over-Amstel Polder in het Nieuwe Diep, eene plas, die bij de droogmaking van de Watergraafsmeer buiten de bedijking werd gehouden om den boezem van Amstelland niet te veel te verkleinen. De bodem ligt er gemiddeld gelijk met het terrein in de Watergraafsmeer of 4.80 M. — AP., zoodat men op het Nieuwe Diep een waterstand vindt van bijkans 4.50 M. Hoezeer hierdoor de

diepte voor het kanaal ruimschoots aanwezig is, zal dit voordeel ruim worden opgewogen door de kostbare dijken die door deze plas tot een gezamenlijke lengte van omstreeks 2100 M. zijn ontworpen en waarvoor de grond van elders (waarschijnlijk op vrij grooten afstand) moet worden aangevoerd. De richting van het kanaal buigt zich in het Nieuwe Diep tot in noordelijke richting en vereenigt zich met het afgesloten Y door het verbindingskanaal tusschen het spoorwegbassin en de Nieuwe Vaart.

De reeds bestaande en te maken kunstwerken zijn op blad I in roode letters aangeduid en bestaan in:

*A.* Bestaande schutsluis van de Nieuwe Vaart op het open Y of de Zuiderzee, ingericht voor Zuiderzeeschepen. De schutlengte bedraagt 59.30 M.; de wijde tusschen de slagstijlen 12.00 M.; de bovenkant slagdrempel ligt op 3.50 M. — A. P. Deze sluis wordt door het nieuwe ontwerp doelloos en kan alleen een gedeelte der fundeering gebruikt worden voor de daar ter plaatse ontworpen syphon.

*B.* Het stoomgemaal voor de waterverversching van Amsterdam. Dit werk is aanbesteed en met het graaf- en heiwerk is aangevangen. Bij het nieuwe ontwerp zal dit stoomgemaal verplaatst moeten worden.

*C.* Uitwateringsluis. Deze bestaat tot nog toe alleen in ontwerp en komt te vervallen.

*D.* Bestaande keersluis in de waterkeerende dijk die in aansluiting met den Oosterdokdijk de waterkeeringen van Amsterdam verbindt en dus onafhankelijk maakt van den afsluitdijk van den Paardenhoek naar Schellingwoude. Deze sluis moet volgens het regeeringsontwerp worden weggebroken.

*E.* Sluis aan den mond van het kanaal scheidende Amstel's boezemwater van Amsterdam's water. Deze sluis heeft eene groote opening van 10 M. bij 100 M. schutlengte en

eene kleine opening van 5.50 M. met ruim 50 M. schutlengte. De dorpeldiepte is aangenomen op 3.10 M. — AP.

*F.* Nieuw te bouwen sluishoofd vóór de syphon.

*G.* Verplaatste stoomgemaal (thans *B.*)

*H.* Nieuwe dubbele keersluis ter vervanging van de afgebroken sluis *D.*

*I.* Nieuwe sluis voor Zuiderzeeschepen ter vervanging van de doelloos geworden sluis *A*, doch thans met een schutkolk van 100 M. lengte.

*K.* Twee doorlaatbruggen in de dijken door het Nieuwe Diep.

Als men dit lijstje raadpleegt, zal men al spoedig zien dat deze werken bij Amsterdam zeer kostbaar zijn zoowel omdat de meeste der bestaande werken vervallen en door andere moeten vervangen worden als omdat een groot deel in zee moet gebouwd worden en dus ook de kosten van afdamming, enz. zeer hoog zullen zijn.

Maar afgezien van de kosten, moet ik nog een paar opmerkingen maken. De eerste betreft de vermindering van het spui- en maalvermogen ten dienste der waterverversching van Amsterdam. Het loozingskanaal met meer dan 50 M. breedte heeft uitwateringsluizen van 12 M. wijdte tusschen de slagstijlen en een slagdrempeldiepte van 4.00 — AP. Bij een Zuiderzeestand van 0.50 — AP. is dus de capaciteit dier luizen  $12 \times 3.50 = 42 \text{ M}^3$ . Kan nu deze capaciteit worden teruggegeven aan de syphon die men onder de bestaande zeesluis wil leggen? Ik betwijfel dit zeer en geloof dat men niet veel meer dan de helft dezer capaciteit zal kunnen bereiken.

De tweede opmerking geldt de ontworpen keersluizen *H* in den waterkeerenden dijk. Zeer waarschijnlijk zal Amsterdam, zij het dan ook niet doorlopend, toch van tijd tot tijd, door deze luizen in verband met hare spuisluizen en haar

stoomgemaal een watersverschil tusschen het eene gedeelte der stad en het andere willen daarstellen en dit zou nu niet kunnen zonder den toegang tot de stad voor Rijn-schepen te sluiten. Hieraan ware tegemoet te komen door het maken van een tweede hoofd en dus de sluis tot schutsluis in te richten met 100 M. schutlengte, maar dit zal zeer moeielijk zijn door de beperkte ruimte waarover men beschikken kan en door de plaatsing der nieuwe zeesluis I.

Ik geloof aangetoond te hebben dat dit onderdeel van het ontwerp, zooals het daar ligt, nadeeligen invloed zal hebben op de waterverversching van Amsterdam en een gebrekkige verbinding daarstelt, en toch laat zich zeer goed verklaren dat men tot dit plan gekomen is, vooral in aanmerking nemende dat men hier met een voorloopig ontwerp te doen heeft.

Het is toch bekend dat het onteigenen van een deel van het Israëlitisch kerkhof zeer groote bezwaren zou opleveren. Het gebruik bij de Israëliten brengt mede dat de graven niet opgeruimd worden, zoodat die op het voorgedeelte aan de St. Antonysdijk reeds, zoo ik meen, 180 jaar onaange-roerd liggen. Het is duidelijk dat men zich dus ten sterkste zal verzetten tegen eenige onteigening van grafsteden. Overtuigd dat desnietteenstaande een goede oplossing alleen te vinden is door het kerkhof te doorsnijden, besloot ik tot een plaatselijk onderzoek en bleek het dat werkelijk het kanaal door het kerkhof kan gebracht worden zonder een enkele grafstede aan te roeren. Zoodra dit punt was opgelost, kon het verdere plan meer onafhankelijk van de uitvoerde of voorgenomen werken van Amsterdam worden opgemaakt, en kwam ik tot het ontwerp dat op blad II is voorgesteld.

Het kanaal doorsnijdt het Nieuwe Diep iets zuidelijker dan bij het Regeeringsonwerp en is slechts aan ééne zijde van

een dijk voorzien, niet alleen ter besparing van kosten, maar vooral ter verkrijging van een bassin van ruim 50 hectaren grootte, met 4.50 M. waterdiepte, een watervlak dat bij toenemend handelsverkeer zeker een nuttige bestemming zal erlangen.

Door den watermolen, die op het Nieuwe Diep uitslaat, vervolgt dan het kanaal zijn weg dwars door het Israëlitisch kerkhof. Op blad II is op grooteren schaal (1 à 2000) aangegeven hoe dit mogelijk is zonder eene grafstede aanteroeren. Men houdt daar eene doorvaart-wijdte van 12 M. over, ter lengte van 16 M., begrensd door waterkeerende muren dik 2 M. Met een bocht van 400 M. straal buigt zich de richting, om loodrecht het loozingkanaal en de Nieuwe Vaart te passeeren en met een zelfde bocht te eindigen evenwijdig aan en langs het goederenstation der Nederlandsche Rhijnspoorweg-maatschappij.

De kunstwerken op blad II met roode letters aangewezen zijn de volgende:

- A. Bestaande Zuiderzeesluis.
- B. Stoomgemaal in uitvoering.
- C. Uitwateringsluis in ontwerp.
- D. Bestaande keersluis.

Al deze werken blijven onaangeroerd.

E. Sluis aan de mond van het kanaal tot scheiding van het stads- en Amstelwater met een groote opening van 10 M. bij 100 M. schutlengte en een kleine opening wijd 5.50 M. bij ruim 50 M. schutlengte. Onder den schutkolk dezer sluis is een syphon ontworpen van 50 M<sup>3</sup>. capaciteit, waardoor het Oostelijk en Westelijk deel van het loozingskanaal in verbinding worden gebracht.

F. Keersluis in den St. Anthony's dijk wijd 12 M. Ook tot inlating van Vecht- en Rijnwater tot verversching van het grachtwater in Amsterdam.



*G.* Doorgang aan het Israëlitisch kerkhof.

*H.* Schutsluis, alleen dan tijdelijk te gebruiken, wanneer Amsterdam in het belang der waterverversching de waterkeerende dijk als waterscheiding wil gebruiken.

*L.* Doorlaatbrug in het Nieuwe Diep.

De voordeelen van dit ontwerp boven het vorige zijn de volgende:

1<sup>o</sup>. De werken door Amsterdam gemaakt of ter hand genomen blijven onaangeroerd. De uitvoering der werken is zelfs zóó te regelen, dat de waterverversching van de stad geen dag behoeft gestremd te worden. De capaciteit der uitwateringsluis *C* wordt ten volle teruggevonden in den syphon onder de schutsluis *E*.

2<sup>o</sup>. De mogelijkheid om Amsterdam met Vecht- en Rijnwater te verscheren in plaats van met Zuiderzeewater. Daarvoor is de syphon voorzien van schuiven en de sluis *F* van een stel waaierdeuren. Ik stel mij nu voor dat over dag de schuiven der syphon geopend en de waaierdeuren gesloten zijn en dat de loozing van het vuile water van Amsterdam, hetzij door de sluis *C*, hetzij door het stoomgemaal *B* op de Zuiderzee plaats heeft. Des nachts evenwel, wanneer eenige stroom op de Nieuwe Vaart der scheepvaart niet hinderlijk is, worden de schuiven der syphon gesloten en de waaierdeuren van sluis *F* opengezet, terwijl de ebdeuren van sluis *C* gesloten zijn. Is het peil in Amsterdam nu lager dan het kanaalpeil, dan vloeit het Vecht- en Rijnwater uit den grooten boezem van het eerste kanaalpand in de stad, terwijl bij hoogen waterstand in de stad of bij lagen waterstand in het kanaal de stoommachine *B* dit versche water kan toevoeren, zonder dat de beweging der scheppraden behoeft omgekeerd te worden.

Het maken van het Nieuwe Diep tot bassin, past even goed in het Regeeringsontwerp als in het laatst behandelde

en wordt ook daar verkregen door het weglaten van den Noordelijken kanaaldijk.

Eindelijk zullen de kosten, niettegenstaande de meerdere onteigening, veel lager komen dan bij het Regeeringsontwerp.

Nog moet opgemerkt worden dat bij dit ontwerp het abattoir en de veemarkt een weinig van plaats moeten veranderen. De ruimte intusschen is meer dan voldoende aanwezig en de ligging volmaakt, dezelfde als de thans ontworpen.

---

## II.

### De travers van den Neder-Rijn en de doorsnijding der Betuwe.

De bezwaren tegen deze beide punten, zijn breed uitgemeten <sup>1)</sup> en verdienen in elk geval een nauwkeurig onderzoek.

Vooraf ga de opmerking dat in alle zaken de onheilsprofeeten te gretige toehoorders vinden. Gewoonlijk geven zij geene bewijzen, maar werken op de verbeelding en slagen er dikwijls in daardoor vrees, althans aarzeling te doen ontstaan. Zelfs een man als Stephenson heeft zijn welverworven naam op het spel gezet (en verloren) bij zijn bestrijding van het Suez-kanaal. Een kwalijk begrepen nationaliteitsgevoel deed hem antipathie opvatten tegen de doorsnijding van de landengte van Suez en deze werkte zoo sterk op zijn verbeelding terug, dat hij zich tot onheilsprofeet opwierp en door de kracht van zijn naam het reuzenwerk trachtte tegen te houden.

In Napoleon III moet het dan ook geprezen worden, dat hij zich hierdoor niet liet bekooren, maar luisterende naar de nuchtere betoogen van het gezond verstand, zich een

---

1) Zie o. a. *Ontwerp van een nieuwen waterweg van Amsterdam naar den Rijn en van Amsterdam naar Kotterdam* door J. A. A. Waldorp. 's Hage 1877.  
*Het wets-ontwerp op de binnenlandsche scheepvaart* door J. A. A. Waldorp 's Hage 1878.

monument stichtte dat èn om zijn grootheid èn om zijn heilrijke gevolgen alles in de schaduw stelt wat de negentiende eeuw op het gebied van ingenieurskunst heeft gewrocht.

In het Regeeringsontwerp wordt zoowel eene normaliseering van den Rijn bij de Grebbe besproken, om zoodoende met voldoende diepgang die rivier over te trekken, als het maken van een stuw beneden den kanaalmond, waardoor het kanaalpeil daar ter plaatse zooveel verhoogd wordt als noodig is om bij onveranderden rivierbodem, van de Veluwe naar de Betuwe den Rijn over te varen.

Wij stellen ons voor allereerst de overvaart *zonder* stuw-dam te bespreken, daarna de bezwaren tegen een stuw op den Rijn te behandelen en eindelijk het kanaal door de Betuwe nader te onderzoeken; maar aangezien wij thans grootendeels op rivierkundig gebied komen, schijnt het niet overbodig van te voren na te gaan wat wij in dit opzicht eigenlijk weten.

De heer Waldorp vraagt en antwoordt in zijn laatstaangehaald geschrift op pag. 19:

„Is rivierverbetering dan eene kunst, achter wier geheimen men niet kan komen, vóór dat men in nood verkeert? Neen, de rivierverbetering is geen geheime kunst maar eene wetenschap, waarop de ervaring haar stempel heeft gezet.”

Op de vraag van den heer W. kan gerust geantwoord worden: neen, de rivierverbetering, of in het algemeen de waterloopkunde, is geen geheime wetenschap; maar de gegevens die wij hebben, hoezeer in de laatste jaren belangrijk vermeerderd, zijn nog niet zóó volledig dat men door redeneering den juisten invloed van te voren kan bepalen, die door eene verandering op een rivier wordt voortgebracht, ja, het vermoeden schijnt gewettigd, dat men het nooit zoover zal brengen. Met allen eerbied voor de wetenschappelijke beschouwingen over dergelijke punten als wij hier behandelen, en

zonder die te willen ter zijde stellen, meenen wij in de vergelijking met gelijksoortige toestanden en de daar verkregen resultaten eene meer veilige leidsvrouw te vinden.

Om het onvolledige van de wetenschap op het stuk van rivieren toe te lichten en ook om hierachter vermoeiende verwijzingen te vermijden laat ik hier volgen een resumé van de werken die mij ten dienste stonden bij de bestudeering van dit onderwerp, waaraan ik eenige opmerkingen omtrent den inhoud heb toegevoegd.

**Nederlandsche schrijvers.** Een eerste plaats dient hier te worden ingeruimd aan C. V e l s e n's *Rivierkundige verhandeling*, Amsterdam 1749. Dit zeer merkwaardige boek is van groot belang, vooral voor ons Nederlanders, daar het bewijst dat H a g e n dwaalt, waar hij zegt dat B r a h m s in 1757 het eerste werk over waterloopkunde heeft geschreven. Dit werk bevat onder anderen een lengteprofiel, met breedteteekening van de Lek.

In de *Verhandelingen van de Haarlemsche Maatschappij XXVI* deel komt een bekroonde prijsverhandeling voor van den inspecteur-generaal C. B r u n i n g s, getiteld: *Verhandeling over de snelheid van het stroomend water*, o. a. bevattende de omschrijving van verschillende toestellen om de stroomsnelheid te meten. Deze groote waterbouwkundige, die vóór een eeuw de waterverdeeling op de drie takken van den Rijn regelde, deed nog tallooze waarnemingen, bijeengebracht in de: *Verzameling van rapporten en verbalen betrekkelijk de werken in 1771 en latere jaren aan de hoofdrievieren verrigt*, welke verzameling in 1802 van staatswege werd uitgegeven. De waarnemingen van Brunings in 1790 en 1792 gedaan, vindt men in de verhandeling: *Over de betrekking tusschen de gemiddelde snelheid van het water in rivieren en de werkelijke snelheid* door den generaal Dr. J. P. D e l p r a t. Deze uitmuntende verhandeling, te vinden in de *Werken der Koninklijke Akademie van Wetenschappen* 1855, bevat o. a. in negen platen de uitkomsten van Brunings' onderzoekingen. Deze proeven, ook dikwerf in vreemde werken aangehaald, behooren tot de beste die in het groot zijn genomen, maar zijn helaas! onvolledig, aangezien door een onbegrijpelijk verzuim de helling der wateroppervlakte (het verval of verhang) niet is waargenomen.

De Generaal K r a y e n h o f f bracht het eerst de hydrographie van Nederland op een vasten voet door aaneensluitende waterpassingen, het uitbreiden van de waarneming der rivierhoogten aan peilschalen en het vervaardigen der eerste algemeene, goed opgemeten kaart van Nederland. Zijne belangrijke voorstellen over kanalisatie van Neder-Rijn en Lek, in verband met een gewijzigd Ysselbed, behandeld in zijn: *Proeve van een ontwerp tot sluiting van de rivier den Neder-Rhijn en Leek en het storten van derzelver water op den Yssel* (Nijmegen 1821), zijne „*Proeve van een ontwerp tot scheiding der rivieren de Whaal en de Bovenmaas*” (Nijmegen 1823), die, zegt men, thans weder in studie is, zijne scheiding van Maas en Waal bij St. Andries, die sedert is uitgevoerd, enz., zijn

alle werken van groote waarde. Hij heeft ook vele waarnemingen omtrent de snelheid en waterafvoer in onze groote rivieren genomen, die echter niet zoo uitvoerig zijn, noch zoo nauwkeurig schijnen, als die van Brunings.

In zijn *Hydrodynamica*, een deel uitmakende van de werken door de Koninklijke Militaire Academie te Breda uitgegeven, ontwikkelt de generaal Dr. J. P. Delprat, de verschillende formules en waarnemingen van Bossut, Venturi, Eytelwein, Poncelet en Lebros, Michelotti, Prony, Chézy, Dubuat, Funck, Krayenhoff, Brunings, Raucourt, Beaufoy, d'Aubuisson, Bellanger, enz. omtrent stroomende wateren. In eene *Verhandeling over het berekenen van de middelbare snelheid der waterstroomen* (Verh. van de eerste klasse van het Kon. Nederl. Instituut, 1850) past de generaal Delprat de formule van Bellanger toe op het riviervak van Arnhem tot Vianen, dat toen bij middelbare rivier 6.574 M. verval had. De afvoer op 461 M<sup>3</sup>. per seconde aannemende, gaf de formule van Bellanger 5.364 M. verval, dus 1.21 M. te min. De berekening nu hervattende voor 511 M<sup>3</sup>. afvoer per seconde, gaf dezelfde formule 6.433 M. verval en sloot dus met een verschil van 0.141 M. Dr. T. J. Stieltjes maakte echter in de *Verslagen en mededeelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* van 1870 de opmerking dat die overeenstemming tusschen theorie en praktijk slechts in schijn bestond, daar de generaal Delprat kon kiezen tusschen elf cijfers voor den afvoer, afwisselende van 461 tot 752 M<sup>3</sup>. per seconde, en het dus geen wonder is dat een dezer cijfers de formule met de praktijk kan doen in overeenstemming zijn. Bij latere waarnemingen heeft men bij middelbare rivier nog veel kleinere cijfers dan 461 M<sup>3</sup>. voor den waterafvoer verkregen, zoodat het wel als bewezen mag worden beschouwd dat de formule van Bellanger voor een rivier als tusschen Arnhem en Vianen ten eene male onbruikbare uitkomsten geeft.

In 1847 schreef de toenmalige hoofd-ingenieur van Gelderland (later inspecteur) J. H. Ferrand een werkje getiteld: *Memorie over de verdeling der wateren van den Boven-Rijn, tusschen de Waal, den Neder-Rijn en den Yssel*. ('s Gravenhage 1847). Daarin komen belangrijke bijzonderheden voor over de vroegere regelingen der waterverdeling en tabellen, aangevende:

A. De waterafvoer der rivieren; B. Het evenredig vermogen bij middelbaren stand; C datzelfde vermogen bij lage standen en D bij standen 1 M. boven den middelbaren. E bevat een nota van toelichting op A, B, C en D, terwijl F de middelbare rivierzomerstanden geeft in *tijdperken* en tabel G de vergelijking van die middelbare rivierstanden. Tabel H geeft de middelbare standen *per zomer*; tabel I eenige gelijktijdige waterstanden te Emmerik en meer benedenwaarts, eindelijk tabel K een overzicht van waterstanden tusschen 1817 en 1846, waarin de rivier des zomers te Arnhem aan den middelbaren stand was.

Wie een algemeen overzicht wenscht te verkrijgen omtrent den loop onzer groote rivieren en wat door Goudriaan, Blanken, Kraijenhoff, Lijltjes, Wibeking, de 1<sup>o</sup> *Riviercommissie* van 1825, de 2<sup>o</sup> *Riviercommissie* van 1827 (die in 1849 rapporteerde), de inspecteurs Ferrand en van der Kun, de hoofd-ingenieur Fijnje en anderen tot verbetering is voorgesteld, vinden in het uitmuntende werk: *De Nederlandsche hoofdrivieren en de plannen tot hunne verbetering* door een Oud-Soldaat uitgegeven (Nijmegen 1851) een kort, helder en vrij volledig overzicht.

Het zij er verre van dat hiermede de lijst gesloten is der geraadpleegde

Nederduitsche werken, maar de voornaamsten zijn hierboven opgenoemd en wij voegen er alleen nog aan toe:

Mr. L. A. J. W. Baron Sloet en H. F. Fijnje, *Beschrijving van den waterloed in Gelderland in Maart 1855*. Arnhem 1856. Dit werk behandelt de doorbraken, ook die aan de Spees en duidt aan hoever het water liep.

F. C. D. Bauer, *Berichten en waarnemingen betrekkelijk den waterloed in Gelderland in Januarij en Februarij 1861*. Nijmegen en Arnhem. 1863.

A. F. Goudriaan, *Verhandeling tot onderzoek omtrent het vereischte vermogen van zijdelingsche afleidingen van rivieren*, uitgegeven door de 1e klasse van het Kon. Nederl. Inst. van Wetenschappen, Letterkunde en Schoone Kunsten (1823).

F. J. Stamkart, *over het berekenen der gemiddelde waterhoogte en der watertijden uit gedane waarnemingen*, uitgegeven door de Kon. Akademie van Wetenschappen (1854).

**Italiaansche schrijvers.** Bij dezen moet ik mij bepalen tot die werken welke in het Fransch zijn vertaald of door andere schrijvers gedeeltelijk werden aangehaald. Dit spijt mij te meer daar Italie, nevens Nederland, de bakermat dezer wetenschap was. Reeds in overoude tijden hechten de Italianen groote waarde aan waarnemingen en door de natuur van den bodem (vooral in Lombardije) werden zij als van zelf uitgenoodigd tot het nemen van proeven en het doen van de eerste stappen op waterloopkundig gebied. Uit de werken van Toricelli, Guglielmini, Michelotti, Lombardini en anderen vindt men bij vele schrijvers aantekeningen. De Italiaan J. B. Venturi schreef in het Fransch zijn: *Recherches expérimentales sur le principe de la communication latérale du mouvement dans les fluides* (Paris, an VI (1797)), waarin zeer veel opmerkelijke bijzonderheden zijn aangeteekend. Eindelijk vindt men een trouw beeld van den stand der rivierkundige werken in Italie in het uitvoerig en uitmuntend *Verflag van een reis naar Frankrijk en Noord-Italie* door H. de Bruijn, opgenomen in de *Verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1862—1863*.

**Fransche schrijvers.** De rijkdom van geschriften en waarnemingen in het Fransch is zoo groot, dat ik mij tot de nieuwste werken heb moeten bepalen, waarvan eenigen in chronologische orde hieronder volgen.

d'Aubuisson des Voisins. *Traité d'hydraulique à l'usage des Ingénieurs*. Paris 1840. Dit werk munt uit door helderheid en wordt in Frankrijk hoog geschat.

P. Boileau. *Traité de la mesure des eaux courantes*. Paris 1854. Dit werk bevat een schat van proeven. In de in 1878 te Parijs verschenen: *Notions nouvelles d'hydraulique* is de schrijver onlangs teruggekomen op verschillende vraagstukken der waterloopkunde. Het werk kwam mij eerst dezer dagen in handen.

J. Dupuit. *Études théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux*. Paris 1863. Reeds in 1848 verscheen de eerste en in 1863 de tweede uitgave van dit belangrijke werk. De schrijver is een scherp opmerker en criticus, hoezeer zijn nieuwe stellingen niet gaaf zijn aantemen. Sommigen zijn geheel in strijd met de ondervinding langs de Nederlandsche rivieren opgedaan, maar dit neemt niet weg dat het geheele werk eene studie overwaard is. De schrijver tracht vooral in zijne formules de aankleving van het water aan de wanden (adhesie) te onderscheiden van den samenhang der waterdeelen onderling (cohesie) en schenkt weinig vertrouwen aan de gebruikelijke formules. Van de coëfficiënten voor gemiddelde snelheden sprekende, zegt hij o. a.: *toute cette partie de l'hydraulique*

*est donc à refondre sous le rapport expérimental, en later: en résumé, les formules données jusqu'à présent pour calculer les remous produits par un étranglement brusque, ne méritent aucune espèce de confiance, c'est une des nombreuses lacunes de l'Hydraulique actuelle.*

H. Darcy et H. Bazin. *Recherches hydrauliques*. Paris 1865. Met een rapport van de leden der fransche academie: Dupin, Poncelet, Combes, Clapeyron en Morin. In het eerste deel van dit werk worden een menigte proeven medegeedeeld over de snelheid van water in verschillende leidingen en kanalen. Een nieuw gezichtspunt werd door deze bekwame ingenieurs geopend, doordien zij rekening hielden met de meerdere of mindere gladheid der wanden, die op de snelheid van het water een grooten invloed heeft. Bij berekeningen over verhang heb ik dan ook hunne formules en coëfficiënten (Table I pag 317—323) gebruikt.

Victor Fournié. *Résumé des expériences hydrauliques exécutées par le gouvernement Americain sur le Mississippi et remarques, etc.* Paris 1867. Het Amerikaansche gouvernement had aan de militaire ingenieurs Humphreys en Abbot onderzoekingen op de Mississippi opgedragen, waarvan het uitvoerig rapport in 1861 verscheen. Dit heeft tot grooten strijd onder de waterbouwkundigen aanleiding gegeven en in het genoemde werk vindt men een belangrijk overzicht van dien grooten arbeid, gepaard aan menige nuttige bemerking.

In Fournié kunnen waterbouwkundigen, die op hoogen toon van *de wetenschap* spreken, meerdere uitdrukkingen vinden, die hun tot meer gematigdheid zullen aansporen.

J. Boussinesq. *Essai sur la théorie des eaux courantes*. Paris 1877. Zeer uitvoerige beschouwingen met grondige berekeningen van de meest verschillende gevallen. De onderscheiding tusschen *bergstroomen* en *rivieren* (torrents et rivières) het eerst door de Saint-Venant gemaakt, wordt hier verder toegepast, terwijl de invloed van den stroom in gronden van verschillend weêrstandsvermogen wordt nagegaan. In navolging van Dausse volgt hierop een beschouwing van den invloed op het bed der rivier van dwarsdijken op de oevers. Deze verhandeling van Boussinesq, wordt voorafgegaan door een rapport van Bonnet, Phillips en de Saint-Venant als leden der fransche academie van wetenschappen.

**Engelsche en Amerikaansche werken.** De proeven door den Engelschen kolonel Beaufoy genomen omtrent den tegenstand van drijvende lichamen in het water zijn mij alleen bekend uit de *Hydrodynamica* van den generaal Dr. J. P. Delprat.

Het groote Amerikaansche werk van de militaire ingenieurs Humphreys en Abbot, *Hydraulics of the Mississippi-River*, Philadelphia 1861, is mij alleen bekend uit de Duitsche bewerking van H. Grebenau (Munchen 1867) en uit geschriften en opstellen daarover van Dr. J. P. Delprat, den duitschen waterbouwkundige G. Hagen en het boven besproken werk van Victor Fournié.

J. J. Révy, *Hydraulics of great rivers. The Parana, the Uruguay and the la Plata estuary*. London 1874. Dit werk bevat, behalve de beschrijving van een nieuwe snelheidmeter, de mededeeling van uitvoerige proeven op de groote Zuid-Amerikaansche rivieren genomen.

#### **Duitsche en Zwitsersche werken.**

Hiervan komen de volgende nieuwere geschriften vooral in aanmerking:

G. Hagen. *Untersuchungen über die gleichförmige Bewegung des Wassers*. Berlin 1876. Overzicht van de meeste genomen proeven en verkregen uitkomsten, waarbij Albert Brahm's uit Jeverland, die in 1757 schreef, als een der



eerste schrijvers over waterloopkunde wordt aangehaald, hetgeen wij hierboven, bij de behandeling van Velsen's werk reeds opmerkten dat onjuist is. De schrijver rangschikt de metingen van Nadauld de Buffon op den Tiber, vermeld in zijn *Traité des irrigations* 1843 onder de beste. Ofschoon Hagen eenige bezwaren heeft tegen de wijze waarop Humphreys en Abbot hunne kolossale proeven (tot een maximum diepte van 15 M bij een breedte van 1000 à 1200 M.) hebben genomen, schat hij die toch hoog, vooral omdat nergens de neiging wordt bespeurd ze van pas te maken voor theoriën van de opstellers. Hij deelt ook de proeven mede van Krayenhoff, doch hecht daaraan minder waarde dan aan die van Brunings (1789, 1790 en 1792); de proeven van Darcy en Bazin worden ook hier behandeld.

In Edmund Heusinger von Waldegg's *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*, Dritter Band, Erste Hälfte, Leipzig 1877, vindt men een zeer volledig overzicht door Dr. Eduard Schmitt, van hetgeen op waterloopkundig gebied tot in den laatsten tijd is verricht. In hetzelfde werk behandelt K. Pestalozzi de theorie en de bouw van vaste en beweegbare stuwen zeer uitvoerig.

W. R. Kutter. *Die neuen Formeln für die Bewegung des Wassers*. Wien. 1877. De Zwitsersche ingenieurs E. Ganguillet en W. R. Kutter, zich niet geheel kunnende vereenigen met de latere formules van Humphreys en Abbot, van Bazin en van Ph. Gauckler, hebben de formules van Bazin vereenvoudigd en toegepast op twaalf soorten wanden van verschillende gladheid. Na een beschrijving van de nieuwste formules, ontwikkelen zij de hunne en deelen, in tabellen vereenigd, den uitslag van een menigte waarnemingen en proeven op verschillende rivieren mede. Die van Brunings op de Nederlandsche rivieren en van Poirée op de Seine rekenen zij onder de besten. Een en twintig graphische voorstellingen maken de toepassing der formules gemakkelijk. Dit werk is een der beste van den nieuweren tijd.

O. Roeder. *Tableaux des vitesses moyennes de l'eau et des volumes d'eau par seconde*. Berlin 1877. Deze kostbare en blijkbaar met zorg saamgestelde tabellen, bevatten de gemiddelde snelheden en de hoeveelheden afgevoerd water voor verhangen van 0.01 M. tot 3 M. per kilometer bij bodemsbreedten van 0.2 M. tot 16.0 M. en diepten van 0.1 M. tot 6.0 M. Voor verhangen van 0.01 tot 0.11 M. per kilometer gebruikt de schrijver de formule van Eytelwein en voor grooter verval de formule van Hagen van 1868, daar in die gevallen zijne metingen het meest in overeenstemming komen met de berekening.

P. E. Harder. *Die Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen*. Hamburg 1878. Dit pas verschenen werk geeft een overzicht van de formules en coëfficiënten door Chézy, Eytelwein, Humphreys en Abbot, Hagen, Bazin en Ganguillet en Kutter aangegeven, en deelt daarna de denkbeelden van den schrijver zelf mede. Ook bevat dit werk de mededeeling van twee reeksen proeven genomen door den schrijver op een kleine beek bij Hamburg en op de Elbe boven die stad.

Behalve van deze werken is natuurlijk gebruik gemaakt van de *Rivierkaarten* en daarbij behorende *Peilregisters* en van de *Verslagen aan den Koning over de openbare werken*, sedert 1850 uitgegeven en jaarlijks in omvang en belangrijkheid toegenomen, alsmede van de verschillende werken van het *Koninklijk Instituut van Ingenieurs*.

Na deze uitwijding zullen wij achtereenvolgens behandelen :

A. De overtocht van den Rijn *zonder stuw*;

B. De overtocht van den Rijn *met een stuw* beneden den kanaalmond;

C. De doorsnijding van de Betuwe.

#### A. DE OVERTOCHT VAN DEN RIJN ZONDER STUW.

In het rapport der Hoofd-Ingenieurs van 23 Januari 1878, leest men daaromtrent, op pag. 10:

„Volgens het tusschen de Rijnsoeverstaten overeengekomene, zal die rivier (de Waal) op eene diepte worden gebracht, dat zij bij standen van 1.50 M. aan de peilschaal te Keulen, dat is 37.35 M. + AP., overal een vaardiepte van 3 M. aanbiedt (zie Protocol XXII der technische Rijnbevaringscommissie van 1874.)

„Wanneer men in de registers der dagelijksche waterwaarnemingen, standen aan de Grebbe verzamelt, die overeenkomen met 37.35 M. + AP. te Keulen, blijkt de ongunstigste of laagste te zijn die in October 1874 waargenomen, van 5.20 M. + AP., of op het punt van overgang van 5.40 M. + AP.”

Moet men dus 3 M. vaardiepte hebben en stelt men de minimum ruimte tusschen de kiel van het schip en den bodem der rivier op 0.10 M. dan komt men tot een bodemligging van:

$$5.40 - 3 - 0.1 = 2.30 + AP.$$

Zooals ook in dat rapport op pag. 11. wordt gezegd.

Vóór wij overgaan tot de bespreking van de juistheid van dit cijfer, is de opmerking zeker niet ongepast: *dat dit cijfer verkregen is uit de bewoordingen van het Protocol van 1874, bewoordingen die niets gemeen hebben met het kanaal*

*door de Geldersche Vallei, de overtocht van den Rijn aan de Grebbe, noch het Kanaal door de Betuwe.*

Hieruit volgt dat al de bezwaren uit dezen hoofde tegen de gekozene kanaalrichting gemaakt aan een verkeerd adres zijn gericht en alleen komen ten laste van het protocol van 1874 (dat gelukkig nog geen *wet* is.) En daar wij geene beoordeeling schrijven van het protocol van 1874, waarbij de discussie over eenige algemeene grondbeginselen voor rivierverbetering zijn geverbaliseerd<sup>1)</sup>, maar de mogelijkheid onderzoeken van een kanaal van Amsterdam naar de Waal bij Dodewaard, een kanaal dat niets te maken heeft met de algemeene rivierverbetering, zullen wij thans het bewuste protocol laten rusten, alleen opmerkende dat, ingeval aan de uitgedrukte wenschen in dat protocol na jaren gevolg kan worden gegeven, dit alleen zoude slaan op het benedengedeelte onzer rivieren, terwijl, mocht men het willen uitbreiden tot die deelen der rivier, waar de eb en vloed niet meer gevoeld worden, men aan de Grebbe reeds *nu* meer diepte vindt dan verlangd kan worden. Wij zullen dit hieronder aantonen.

Op Blad III komt het lengteprofiel voor van een gedeelte van de Lek en Neder-Rijn op kleinere schaal overgebracht naar de profielteekening in het *Verlag aan den Koning over de openbare werken in het jaar 1872*.

---

1) In het Protocol van 6 Oct. 1874 wordt gezegd:

„Die Commission glaubt deshalb auch heute die bei der Strombefahrung von 1861 bereits ausgesprochene Erwartung wiederholen zu sollen: die Niederländische Regierung wolle sich die bei einem Wasserstande von + 1.50 Meter am Kölner Pegel und in den untersten Strecken der in Rede stehenden Wasserstrassen selbst bei Ebbestand zu erwirkende Herstellung einer Fahrwassertiefe von 3 Meter im Interesse der Schifffahrt angelegen sein lassen.“ *Verlag aan den Koning over de openbare werken in het jaar 1874*, pag. 390.

Daarop zijn met een zware lijn aangewezen de diepten in den vaargeul in 1872 en met een lichte lijn diezelfde diepten in 1839—1842, terwijl de daardoor aangetoonde verondiepingen duidelijkshelvalve zijn gearceerd. De gemiddelde diepten zijn evenwel *niet* in de teekening voorgesteld om begripsverwarring te voorkomen en geheel ben ik het eens met den Heer J. F. W. Conrad, waar hij in zijn rapport over het Peil in het Noordzeekanaal (12 October 1877) zegt:

„Ik zal om verkeerde gevolgtrekkingen te voorkomen zoo weinig mogelijk, en slechts voor de gevallen waarin zulks tot vergelijking van verschillende toestanden noodig en mogelijk is, gebruik maken van de leer der gemiddelden”.

Bij nadere beschouwing van het profiel ziet men al dadelijk dat geen deel der rivier zich regelmatig heeft verbeterd dan het vak tusschen de peilraaien 36 en 47 (eene lengte van 11.000 M. loopende langs de Grebbe en Rhenen) en dat de diepte op het punt van overgang (ongeveer ter hoogte van peilraai 38) 5.20 M. onder middelbaren rivierstand bedraagt. De middelbare rivierstand is aan de Grebbe 6.40 + AP. (namelijk naar de waarnemingen van 1839—1842, waaruit ook de diepten zijn genomen) en dus 2 Kilometers daarboven ongeveer 6.60 + AP. De bodem in de vaargeul ligt dan  $6.60 - 5.20 = 1.40 + AP.$ , d. i. 0.90 M. dieper dan de 2.30 + AP., door de Commissie noodig geoordeeld.

Zooals hierboven is opgemerkt komen de hoofd-ingenieurs tot de conclusie dat het peil van 37.35 M. + AP. te Keulen overeenkomt met 5.20 M. + AP. aan de Grebbe. Dit was werkelijk het geval in October 1874, maar, zooals trouwens ook wordt opgemerkt, was dit het ongunstigste geval dat zich heeft voorgedaan. Nu rijst zeker de vraag of alles zich naar dat ongunstigste geval moet richten. Boven zagen wij reeds dat het protocol der Rijnvaartcommissie,

zelfs al ware dit tot wet verheven, met deze zaak niets te maken heeft, zoodat uit dien hoofde geen eisch kan gesteld worden. Als men nu door het aannemen van 3 M. vaardiepte bij 5,20 M. + AP. aan de Grebbe ten alle tijde 3 M. vaardiepte behield of m. a. w. als de rivier daar nooit lager stond dan 5,20 + AP. kon de eisch uit dien hoofde gebillijkt worden. Maar ook dat is het geval niet.

In de laatste jaren waren de laagst waargenomen standen aan de Grebbe:

in 1871 (12 Dec. ijs)	. . . . .	5.04
„ 1872 ( 7 Januari).	. . . . .	5.12
„ 1873 (25 November).	. . . . .	5.35
„ 1874 (18 November).	. . . . .	4.77
„ 1875 (27 September).	. . . . .	5.27
„ 1876 ( 5, 6 en 7 November).	. . . . .	5.20

Blijkt hieruit dat standen lager dan 5,20 + AP. wèl voorkomen, <sup>1)</sup> niet minder duidelijk toont dit aan dat zelfs standen van 5,20 M. + AP. uiterst zeldzaam zijn en bij voorbeeld over de twee jaren 1875 en 1876 slechts 3 dagen voorkwamen. Maar op die dagen (5, 6 en 7 November 1876) daalde het water aan de peilschaal te Keulen reeds tot 37,29 M. + AP. en was dus daar reeds 6 cM. onder peil, toen aan de Grebbe het peil nog verzekerd was. Dus van half November 1874 tot ultimo December 1876, d. i. over 25½ maand was er onafgebroken meer diepte aan de Grebbe dan iemand kan verlangen en daar het niet de vraag is onder *alle* omstandigheden 3 M. vaardiepte te hebben, komt het mij voor dat de waarde van het cijfer, gegrepen uit het protocol der Rijnvaartcommissie, hier al zeer willekeurig is toegepast.

---

1) Over de maanden November en December 1857 bedroeg de hoogste waterstand aan de Grebbe 4.77 M. + AP. en de laagste 4.47 M. + AP.

Als wij de laagste standen van omstreeks 37.35 M. + AP. te Keulen vergelijken met overeenkomende standen aan de Grebbe over de jaren 1874, 1875 en 1876 vinden wij:

- 15 Jan. 1874. Keulen 37.45 + AP.; 17 Jan. Grebbe 5.37 + AP.  
 dus 37.35 + AP. Keulen = **5.27** + AP. Grebbe.
- 16 Febr. 1874. Keulen 37.13 + AP.; 17 Febr. Grebbe 5.17 + AP.  
 dus 37.35 + AP. Keulen = **5.39** + AP. Grebbe.
- 14 Mei 1874. Keulen 37.50 + AP.; 16 Mei. Grebbe 5.36 + AP.  
 dus 37.35 + AP. Keulen = **5.21** + AP. Grebbe.
- 11 Oct. 1874. Keulen 37.32 + AP.<sup>1)</sup>; 12 Oct. Grebbe 5.19 + AP.  
 dus 37.35 + AP. Keulen = **5.22** + AP. Grebbe.
- 4 Jan. 1875. Keulen 37.16 + AP.; 6 Jan. Grebbe 5.36 + AP.  
 dus 37.35 + AP. Keulen = **5.55** + AP. Grebbe.
- 7 Maart 1875. Keulen 37.35 + AP.; 8 Maart. Grebbe 5.38 + AP.  
 dus 37.35 + AP. Keulen = **5.38** + AP. Grebbe.
- 24 April 1875. Keulen 37.52; 25 April. Grebbe 5.42 + AP.  
 dus 37.35 + AP. Keulen = **5.27** + AP. Grebbe.
- 25 Sept. 1875. Keulen 37.24; 27 Sept. Grebbe 5.27 + AP.  
 dus 37.35 + AP. Keulen = **5.38** + AP. Grebbe.
- 13 Febr. 1876. Keulen 37.18 + AP.; 15 Febr. Grebbe 5.39 + AP.  
 dus 37.35 + AP. Keulen = **5.56** + AP. Grebbe.
- 5 Nov. 1876. Keulen 37.29 + AP.; 6 Nov. Grebbe 5.20 + AP.  
 dus 37.35 + AP. Keulen = **5.27** + AP. Grebbe.

Met opzet zijn hierbij alleen de *laagste* (en eenmaal de *hoogste*) waterstanden gekozen, omdat alleen daarbij de *werkelijke overeenkomende* waterstand aan de Grebbe kan bepaald worden.

Het arithmetisch gemiddelde nemende van de vet gedrukte cijfers vinden wij dan dat 37.35 M. + AP. aan de *peilschaal te Keulen overeenkomt met* 5.35 M. + AP. aan de *Grebbe*, en wij meenen dat in redelijken zin dit cijfer mag aangenomen worden, zoodat de waterstand op het punt van over-

1) Dit is bij uitzondering een *hoogste* stand.

gang 2 d. M. meer of 5.55 M. + AP. zal moeten bedragen om de scheepvaart met 3 M. diepgang op voldoende wijze te verzekeren.

De bodemsdiepte der rivier zal dus ter plaatse van de travers over de volle breedte moeten bedragen:

$$5.55 - 3 - 0.1 = 2.45 \text{ M.} + \text{AP.}$$

Zien wij nu hoe de noodige diepte op de geheele breedte van het traject kan verkregen worden.

Alvorens tot theoretische beschouwingen de toevlucht te nemen, zullen wij zien wat de praktijk leert. Daartoe komen op blad IV vier afbeeldingen voor van den Lekovergang tusschen Vreeswijk en Vianen. De eerste figuur is de afteekening van een kaart van Bolstra <sup>1)</sup> van de jaren 1751—1764.

De tweede is gemaakt naar de rivierkaart van 1837; de derde naar de teekening behorende bij Bestek no. 136 van 1874 (verbetering van de rivier de Lek tusschen de raaien 83 en 86) en geeft de diepten onder middelbare rivier aan in Mei 1874. De vierde eindelijk is hetzelfde kaartje met de peilingen van Mei 1876, verricht nadat de nieuw aangelegde kribben gedurende een jaar gewerkt hadden.

Uit de beide eerste figuren blijkt:

1°. dat de rivier de Lek tusschen Vreeswijk en Vianen in vorm geen noemenswaardige verandering heeft ondergaan, bij en sinds de daarstelling van het Zederikkanaal;

2°. dat de rivierbreedte daar ter plaatse tusschen de hoofden van overvaart in de vorige eeuw 130 Meter bedroeg, doch in 1837 tot 135 M. was vermeerderd, d. i. 35 M. minder dan de normaalbreedte voor dat riviervak aangeeft; in 1874 en 1876 was de breedte tusschen de hoofden vermeerderd tot 152 M. en zij bedraagt dus thans slechts 18 M. minder dan de normaal-

---

1) Het is opmerkenswaardig dat deze kaart op de schaal van 1 à 10.000 is geteekend.

breedte. Nu ligt de buitenslagdrempel der groote sluis te Vreeswijk 0.34 M. — AP. en het is nooit voorgekomen dat een schip de sluis gepasseerd zijnde, op de overvaart naar het Zederikkanaal bleef vastzitten; verder is de middelbare rivierstand te Vreeswijk 2.32 M. + AP., zoodat bij middelbare rivier *over de geheele breedte der travers* steeds meer diepte is geweest dan 2.66 M. en dat wel niettegenstaande geene bijzondere kosten voor onderhoud werden gevorderd of dat bijzondere werken zijn aangelegd om deze diepte te verkrijgen, ja zelfs de wijdte tusschen de hoofden van de sluis te Vreeswijk en den mond van het Zederikkanaal is verwijd.

Hieruit blijkt dat alleen de vernauwing van het rivierbed tot 135 M. voldoende is geweest om gedurende ruim 50 jaren de gevorderde diepte *over de volle breedte* te onderhouden, waartoe zeker heeft bijgedragen de omstandigheid dat de dwarsgeul, die gedurig door schepen wordt bevaren, daardoor een tijdelijke, maar telkens herhaalde, vernauwing van profiel en dus een grooter stroomsnelheid verkrijgt, terwijl het normaliseeren van een gedeelte der rivier de vaardiepte nog aanzienlijk heeft doen toenemen, niettegenstaande de wijdte met 15 M. werd vermeerderd.

De beide laatste figuren op blad *III* doen door vergelijking den invloed kennen die deze normaliseering van de Lek over 3000 M. lengte gehad heeft op de diepte. De wijdte tusschen de hoofden der overvaart bedraagt daar 152 M. d. i. 18 M. minder dan de normaalbreedte. In de lijn van overtocht nam de *grootste* diepte toe van 53 tot 79 decimeter en de *kleinste* diepte van 23 decimeter tot 43 decimeter. Voor den *overgang* van de rivier hebben wij alleen te maken met deze *kleinste* diepte en zien wij dat die door het normaliseeren der rivier met 2 meter is toegenomen. Billijkheidshalve moet dit echter op slechts 1.60 M.



gesteld worden, daar wij boven reeds opmerkten dat de vaart met 2.66 M. diepte steeds mogelijk is geweest en er dus midden voor den mond van het Zederikkanaal meer diepte dan 23 decimeter moet hebben gestaan <sup>1)</sup>; doch ook dit cijfer is voldoende om aantetoonen dat het *verdiepen eener travers* niet tot die moeielijkheden behoort, die vrees behoeven aan te jagen, maar reeds zonder eenig bezwaar en zonder dat daaraan eenig bijzonder gewicht is gehecht, zijn uitgevoerd. Daarbij zij gevoegd dat de kosten der kribwerken, die in 1874 werden aanbesteed, ruim f 30.000 hebben bedragen, zoodat ook het financieele punt niet van overwegend belang is te achten.

In Storm Buysing's Waterbouwkunde, 3<sup>e</sup> druk, 2<sup>e</sup> deel pag. 262 leest men: „Bij geringe verschillen in hoogte tusschen het kanaal en de rivier, die elkander ontmoeten, zooals in ons land gewoonlijk het geval is, wordt het kanaal aan de beide oevers der rivier met schutsluizen afgesloten, en de vaartuigen dalen uit het kanaal in de rivier af, of worden daarin opgeschut, varen de rivier dwars over, en treden het kanaal op den anderen oever, met behulp eener sluis op gelijke wijze binnen. Op deze wijze passeeren onder anderen de schepen, die binnen door van Amsterdam langs Utrecht en Gorinchem zich naar de Waal begeven, de rivier de Lek bij Vianen. De schepen worden te Vreeswijk uit het kanaal, genaamd den Vaartschen Rijn, op de Lek geschut, en moeten deze rivier dwars oversteken, om aan de andere zijde van Vianen, het Zederikkanaal weder te kunnen binnenvaren”. Iets verder de bezwaren besprekende noemt de schrijver het ontbreken van een jaagpad, waardoor de schepen alleen

---

1) Dit is zeer wel mogelijk daar de peilraaien 50 M. uit elkander liggen en een peiling midden door den ingang van het Zederikkanaal (de weg die toch door de schepen wordt gevolgd) niet is gedaan.

met behulp van zeilen, riemen en boomen de rivier kunnen oversteken, hetgeen bij een eenigszins sterken stroom, soms niet zonder moeielijkheden is; maar over de diepte-houding wordt met geen enkel woord gerept. Dat een voorzichtig man als de hoogleeraar Storm Buysing niet op de gedachte is gekomen dat ooit dergelijk bezwaar zou worden uitgevonden, wordt hierdoor voldoende bewezen.

Door vergelijking met den overtocht Vreeswijk—Vianen, die reeds ruim 50 jaar bestaat, meenen wij dus in algemeenen zin de bezwaren te hebben wederlegd tegen den rivierovergang aan de Grebbe. Die bezwaren worden ook niet gedeeld door de hoofd-ingenieurs J. F. W. Conrad, de Bruyn Kops, L. J. du Cellié Muller en de ingenieurs Roelants, W. Blom en Ph. van der Sleyden, die het ontwerp van een kanaal door de Geldersche Vallei op last van den Minister van Waterstaat, Handel en Nijverheid opmaakten. En zelfs de Heer Waldorp acht het bezwaar geen enkel woord waard, waar het geldt de overtocht te Jaarsveld. Alleen op het gekozen punt (N.B. het gunstigste op de geheele rivier) wil hij dit bezwaar zien en verheft hij zijn waarschuwend stem tegen het ontwerp.

In het *Handelsblad* van 1 Mei j.l. heeft de Heer Stieltjes de beweringen van den Heer Waldorp bestreden door te wijzen op de ongelijke diepten in stroomende rivieren, wier bodem uit een aaneenschakeling van ondiepten of dorpels en diepten of kolken bestaat en waarvan het profiel van den Neder-Rijn en Lek op Blad III het bewijs levert. Kiest men nu, als sinds een halve eeuw bij Vreeswijk is geschied, zulk een abnormaal diep punt voor den overtocht, dan zou de geheele quaestie zich oplossen in eenig baggerwerk om uit de aanliggende voorhavens in de diepte der vaargeul te komen.

Terugwijzende naar de uitkomsten die bij Vianen zijn

verkregen, meen ik dat doelmatige normalisatieering beter en zekerder tot het doel zal leiden, dan baggering, waarvan het resultaat voor groote oppervlakten twijfelachtig is. Kunstmatig ware op een enkel punt een verondieping beter op te ruimen door een veerpont met dieptastende zwaarden er eenigen tijd boven te leggen en ongetwijfeld kan men door dit middel op weinig kostbare wijze de monden der voorhavens in den aanvang de vereischte diepte geven, terwijl de geregelde vaart dwars over de rivier de diepte van zelf zal onderhouden.

Om nu deze quaestie meer uit theoretisch oogpunt te behandelen, wil ik eenige algemeene waterloopkundige aantekeningen laten voorafgaan, in de hoop dat die duidelijk genoeg zullen zijn om ook door niet-ingenieurs gevolgd te kunnen worden.

Het water, dat langs den hellenden bodem van een rivier afvloeit, neemt een snelheid aan afhangende:

- 1<sup>o</sup>. van de helling van den waterspiegel en van den rivierbodem;
- 2<sup>o</sup>. van de gemiddelde of hydraulische diepte;
- 3<sup>o</sup>. van den aard der wanden, waarlangs het rivierwater stroomt; en
- 4<sup>o</sup>. van de richting of kracht van den wind en van den tegenstand der lucht, daar die zelfs bij stil weder nog van invloed is op de snelheid.

Langen tijd heeft men gedacht dat de snelheid alleen afhing van de helling der rivier, die gewoonlijk *verval* of *verhang* wordt genoemd. *Verval* noemt men het absolute verschil in hoogte van waterspiegel en men zegt b. v.: er is 2.60 Meters *verval* tusschen Arnhem en de Grebbe, wanneer de peilschaal te Arnhem teekent 9.00 M. + AP en gelijktijdig aan de Grebbe 6.40 M. + AP. En daar nu de afstand dier peilschalen bedraagt 24300 Meters of 24.3 Kilometers, zegt men: er is op elke Meter rivierlengte 0.000107 M. *verhang*

of op elke Kilometer 1000 maal meer of 0.107 M. *verhang*.

Dit verhang verandert van grootte in elk riviervak, maar in den regel neemt het af van boven naar beneden, terwijl op die benedenrivieren, waar de inwerking van eb en vloed wordt gevoeld, andere afwijkingen ontstaan, die hier intuschen buiten beschouwing kunnen blijven. Het *verval* tusschen zekere punten van een rivier, of het *verhang* per lengte-eenheid wordt genomen langs den hellenden waterspiegel, niet langs den bodem. Deze toch is doorgaans zeer onregelmatig. Over de dorpels is het verval over grootere lengten vrij gelijk aan dat langs den waterspiegel. Is er b. v. bij zekeren waterstand 1.40 M. waterdiepte op een dorpel, dan is die waterdiepte vrij constant op *alle* dorpels, bijv. niet meer variërende dan van 1.00 M. tot 1.70 M. diepte. Jaarlijks worden die ondiepste punten langs onze hoofdrievieren in het Verslag aan den Koning opgegeven.

Wanneer men dwarsprofillen over de rivier neemt en die over de dorpels vergelijkt met die over de kolken, dan zijn de eerste grooter in profiel maar kleiner in diepte dan die over de kolken. Het een is een uitvloeisel van het ander. Bij minder diepte moet men, om hetzelfde profiel te hebben, de breedte vermeerderen. Maar daarmee neemt de wrijving van het water langs den bodem en de tegenstand der lucht aan het wateroppervlak toe, zoodat de snelheid van het water minder wordt. Om dus dezelfde hoeveelheid water in denzelfden tijd door te laten, moet het ondiepe profiel noodwendig grooter zijn dan het diepere.

De stroomsnelheid hangt dus af van de verhouding van het profiel tot den omtrek van den bodem, die door het water wordt aangeraakt; want de invloed van den wederstand van lucht en wind ontsnapt hier aan de berekening, daar die bij elke waarneming verandert en daarvoor geen gemiddelde kan worden aangenomen. Noemt men dus I

de inhoud van het profiel in  $M^3$ . en  $p$  de omtrek van den bodem die met het water in aanraking komt (gewoonlijk de *natte omtrek* genoemd) in  $M.$ , dan is

$$\frac{I}{p}$$

de maat der stroomsnelheid en wordt gewoonlijk de *hydraulische diepte* genaamd.

Bij zeer breede wateren kan men, zonder belangrijk van de waarheid afte wijken, in plaats van den natten omtrek  $p$ , de breedte op den waterspiegel  $B$  stellen en dan wordt de *hydraulische diepte* = de *gemiddelde diepte*.

Tot welke vreemde resultaten men kan komen door in sommige gevallen zonder oordeel de hydraulische diepte te gebruiken, bewijze het volgende:

Een rivier van 150  $M.$  breedte hebbe 450  $M^3$ . profiel; de hydraulische diepte wordt dan:

$$\frac{I}{B} = \frac{450}{150} = 3 \text{ M.}$$

Veronderstel dat bij den waterstand, waarbij die 450  $M.$  zijn gemeten, het water juist gelijk staat met de uiterwaarden, die ter wederzijde 1 Kilometer breed zijn. Stijgt nu het water 1 decimeter dan wordt  $p = 2000 + 150 = 2150 \text{ M.}$  en het profiel  $450 + (2000 + 150) 0.1 = 450 + 215 = 665 \text{ M}^3$ . en dus de hydraulische diepte:

$$\frac{I}{p} = \frac{665}{2150} = 0.31 \text{ M.}$$

dat wil zeggen: de *hydraulische diepte* vermindert met 2.69  $M.$  terwijl de *vaardiepte* met 1 decimeter is *toegenomen*. Hoezeer niet zóó in het oogvallend als in bovenstaand voorbeeld, wordt altijd een zeer merkbaar verschil tusschen *hydraulische* of *gemiddelde* en *vaardiepte* waargenomen en moet men zich niet verwonderen dat de verwarring dezer twee zeer verschillende zaken soms tot allerdwaaste redeneeringen leidt.

Volgens de meest aangenomen leer nemen de stroomsnelheden toe:

1<sup>o</sup>. in reden van de vierkantswortels uit de verhangen. Onder overigens gelijke omstandigheden moet dus het verhang verviervoudigen om de dubbele snelheid te verkrijgen.

2<sup>o</sup>. in reden van de vierkantswortels uit de *theoretische* of *hydraulische* (bij rivieren de *gemiddelde*) diepten.

Bazin en Darcy komen op deze grondslagen tot de volgende formule:

$$H = a \left( 1 + b \frac{p}{I} \right) \frac{p}{I} v^2$$

waarin: H het verhang per lengte-eenheid;

p de natte omtrek in M.;

I de inhoud van het profiel in M<sup>2</sup>.;

v de gemiddelde snelheid in M. per seconde;

en a en b coëfficiënten, die voor kanalen met aarden wanden (als in ons geval) worden 0.00028 en 1.25, zoodat de formule dan wordt:

$$H = 0.00028 \left( 1 + 1.25 \frac{p}{I} \right) \frac{p}{I} v^2.$$

Verder vinden Bazin en Darcy de formule:

$$H = c \cdot \frac{v^2}{\frac{I}{p}}$$

hierin is c een coëfficiënt, die in de *Recherches hydrauliques* pag. 317—322 voor verschillende waarden van  $\frac{I}{p}$  en voor verschillende wanden is berekend, terwijl de overige letters dezelfde beteekenis houden als bij de vorige formule.

Van deze laatste formule is gebruik gemaakt voor de berekening der onderstaande tabellen. De breedten zijn daarbij genomen volgens de metingen van 1839—42, terwijl de diepten afgeleid zijn uit peilingen van 1872 en 1875.

## TABEL I.

## TOESTAND VAN DEN NEDER-RIJN

BIJ MIDDELBAREN RIVIERSTAND OP HET VAK LANG 910 M. BEGINNENDE 130 M. BOVEN  
PEILRAAI XXXVI EN EINDIGENDE 220 M. BOVEN PEILRAAI XXXVII.

*De 13 peilingen zijn geschiedt op vrij gelijken onderlingen afstand.*

No. der peiling.	WAARNEMINGEN.				Berekende gemiddelde diepte $\frac{I}{P}$	Bij een afvoer van 400 M <sup>3</sup> . per seconde bij middelbare rivier wordt		
	Dwarsprof. = I in <input type="checkbox"/> Met.	Natte omtr. of breedte p = B in Meters.	Grootst gepeilde diepte in Meters.	Bemerkingen over de plaats der peiling.		Gemidd. snelheid $v = \frac{400}{I}$	coëfficiënt C	Verhang per Meter op elk vak.
1 <sup>a</sup> )	434	125	6.9	krib rechter oever	3.47	0.922	0.000381	0.000093
2 <sup>a</sup>	581	160	5.4		3.63	0.688	0.000377	0.000049
3 <sup>a</sup>	430	136	4.4	krib rechter oever	3.16	0.930	0.000391	0.000107
4 <sup>a</sup>	549	200	4.1		2.74	0.729	0.000408	0.000079
5 <sup>a</sup>	405	143	4.0	kribb. op beide oevers	2.83	0.988	0.000404	0.000139
6 <sup>a</sup>	580	291	3.1		1.99	0.690	0.000456	0.000109
7 <sup>a</sup>	416	145	7.4	kribb. op beide oevers	2.87	0.961	0.000402	0.000129
8 <sup>a</sup>	557	302	3.3		1.84	0.718	0.000470	0.000132
9 <sup>a</sup>	415	145	6.8	kribb. op beide oevers	2.86	0.964	0.000403	0.000130
10 <sup>a</sup>	522	240	3.6		2.18	0.766	0.000441	0.000119
11 <sup>a</sup>	422	150	6.3	kribb. op beide oevers	2.81	0.948	0.000405	0.000130
12 <sup>a</sup>	580	240	3.5		2.42	0.689	0.000425	0.000083
13 <sup>a</sup>	445	150	5.1	kribb. op beide oevers	2.97	0.899	0.000399	0.000109
gem.	487	187						

1) De verschillende peilraaien zijn op Blad III aangewezen.

## TABEL II.

## TOESTAND VAN DEN NEDER-RIJN

BIJ MIDDELBAREN RIVIERSTAND OP HET VAK LANG 1000 METER, TUSCHEN DE  
PEILRAAIEN XXXVII EN XXXVIII.

*De 11 peilingen zijn op vrij gelijke afstanden genomen.*

No. der peiling.	WAARNEMINGEN				Berekende gemiddelde diepte $\frac{I}{P}$	Bij een afvoer van 400 M <sup>3</sup> , per seconde bij middelbare rivier wordt		
	Dwarsprof. = I in □ Met.	Natte omtr. of breedte p = B in Meters.	Grootst gepeilde diepte in Meters	Bemerkingen over de plaats der peiling.		Gemidd. snelheid $v = \frac{400}{I}$	coëfficiënt C	Verhang per Meter op elk vak.
1 <sup>b</sup> )	471	218	2.7	in peilraai XXXVII	2.16	0.849	0.000442	0.000148
2 <sup>b</sup>	452	190	3.3		2.38	0.885	0.000428	0.000141
3 <sup>b</sup>	464	177	5.2		2.62	0.862	0.000415	0.000117
4 <sup>b</sup>	450	166	4.4		2.71	0.889	0.000401	0.000120
5 <sup>b</sup>	442	147	4.3		3.01	0.905	0.000397	0.000108
6 <sup>b</sup>	424	141	4.5	} midden tusschen de peilraaien	3.01	0.943	0.000397	0.000117
7 <sup>b</sup>	472	163	4.4		2.90	0.847	0.000401	0.000099
8 <sup>b</sup>	458	185	3.2		2.48	0.873	0.000421	0.000129
9 <sup>b</sup>	454	211	3.5		2.15	0.881	0.000443	0.000160
10 <sup>b</sup>	487	242	2.5		2.01	0.821	0.000454	0.000152
11 <sup>b</sup>	485	232	4.4	in peilraai XXXVIII	2.09	0.825	0.000448	0.000146
Gem.	460	188						

1) De verschillende peilraaien zijn op Blad III aangewezen.



## TABEL III.

## TOESTAND VAN DEN NEDER-RIJN

BIJ MIDDELBAREN RIVIERSTAND OP HET VAK LANG 2400 M. VAN 200 M. BENEDEN

PEILRAAI XXXVIII TOT 600 M. BENEDEN PEILRAAI XXXX.

No. der peiling.	WAARNEMINGEN.				Berekende gemiddelde diepte $\frac{I}{P}$	Bij een afvoer van 400 M <sup>3</sup> . per seconde bij middelbare rivier wordt		
	Dwarsprof. = I in <input type="checkbox"/> Met.	Natte omtr. of breedte p = B in Meters.	Grootst gepeilde diepte in Meters.	Bemerkingen over de plaats der peiling.		Gemidd. snelheid $v = \frac{400}{I}$	coëfficient C	Verhang per Meter op elk vak.
1 <sup>e</sup> )	487	258	2.9	200 M. bened. XXXVIII	1.89	0.821	0.000465	0.000166
2 <sup>e</sup>	472	210	6.8		2.25	0.847	0.000435	0.000139
3 <sup>e</sup>	490	210	6.3		2.33	0.816	0.000430	0.000123
4 <sup>e</sup>	489	232	5.8		2.11	0.818	0.000446	0.000141
5 <sup>e</sup>	471	203	6.0	peilraai XXXIX	2.32	0.849	0.000431	0.000134
6 <sup>e</sup>	438	200	3.6		2.19	0.913	0.000440	0.000168
7 <sup>e</sup>	453	263	2.6		1.72	0.883	0.000483	0.000219
8 <sup>e</sup>	434	258	2.0		1.68	0.922	0.000488	0.000247
9 <sup>e</sup>	431	252	2.5		1.71	0.928	0.000484	0.000243
10 <sup>e</sup>	420	260	2.0		1.62	0.952	0.000496	0.000277
11 <sup>e</sup>	459	260	2.9		1.77	0.871	0.000478	0.000205
12 <sup>e</sup>	419	252	2.9	even beneden XXXX	1.66	0.955	0.000491	0.000270
13 <sup>e</sup>	435	250	3.0		1.72	0.919	0.000483	0.000237
14 <sup>e</sup>	464	200	3.3		2.32	0.862	0.000431	0.000138
15 <sup>e</sup>	406	178	2.8		2.28	0.985	0.000433	0.000184
16 <sup>e</sup>	373	182	3.2	600 M. beneden XXXX	2.05	1.072	0.000451	0.000253
gem.	446	229						

1) De verschillende peilraaien zijn op Blad III aangewezen.

Het blijkt duidelijk uit deze tabellen, dat het verhang zeer verschillend is. Het kleinste vindt men in peilraai 2<sup>a</sup> en wel 0.049 M. per kilometer, het grootste in peilraai 10<sup>c</sup> en wel 0.277 M. per kilometer, waar de grootst gepeilde diepte slechts 2.0 M. bedraagt. Later komen wij hierop terug.

Wij nemen nu aan dat op den Rijn op het gekozen punt van overgang door profilvernauwing hetzelfde resultaat kan worden verkregen als te Vreeswijk, hetgeen gerechtvaardigd wordt doordien de bestaande diepte aan de Grebbe door uitschuring is verkregen, terwijl mag ondersteld worden, dat de grondlagen onder den tegenwoordigen bodem ongeveer dezelfde samenstelling hebben als de reeds uitgeschuurde lagen. Wij nemen voorts aan, dat de gemiddelde stroomsnelheid bij middelbaren rivierstand als maat mag gelden voor den wederstand van den bodem en dan blijkt uit tabel II pag. 39, dat de stroomsnelheid in het profiel 11<sup>b</sup> (ter hoogte van de travers) bedraagt:

$$v = 0.825 \text{ M. per seconde.}$$

De bekende formule van Dubuat toepassende:

$$\frac{v}{V} = \frac{V + 2.37}{V + 3.15},$$

waarin  $v$  de gemiddelde snelheid en  $V$  de grootste snelheid is, vindt men voor  $v = 0.825$ ,  $V = 1.013$  M. — Dubuat geeft verder op, dat de snelheid aan den bodem gelijk is aan  $2v - V$ , dus in ons geval:

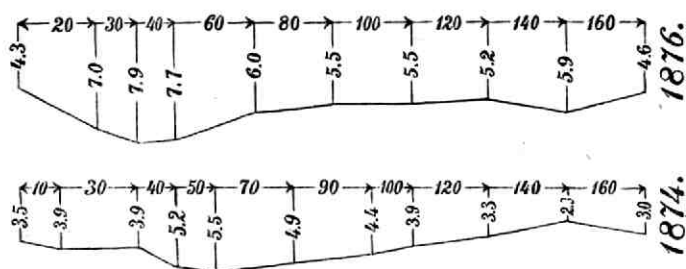
$$2 \times 0.825 - 1.013 = 0.637 \text{ M.}$$

Nu hebben proeven geleerd dat grint bij een snelheid van 0.61 à 0.65 M. per seconde wordt medegesleept, zoodat bij het bestaande profiel de snelheid van het water en de weerstand van den bodem volgens onze berekening in evenwicht zijn en dus onze oorspronkelijke onderstelling wordt bevestigd.

Zien wij nu wat te Vreeswijk verkregen is.

Hieronder zijn de profillen van de Lek voor Vreeswijk op

het punt der overtocht voorgesteld, zooals die in de jaren 1876 en 1874 werden bevonden.



Hierbij zijn de meest ongunstige onderstellingen tot basis gekozen: 1<sup>o</sup> het profiel is schuin over de rivier genomen, waardoor de breedte 160 M. wordt, in plaats van 152 M., zooals de nauwste wijdte bedraagt; 2<sup>o</sup> zijn voor de diepten telkens de meest ongunstige cijfers gekozen uit de peilraaien ter wederzijde.

Voor het profiel van 1876 vindt men dan voor de hydraulische (hier ook de gemiddelde) diepte  $\frac{I}{p} = 5,94$  M. De verhouding van de grootste diepte tot de hydraulische diepte wordt  $\frac{7,9}{5,94} = 1,33$  en van de hydraulische diepte tot de

kleinste diepte  $\frac{5,94}{4,3} = 1,38$ .

Eveneens vindt men voor het profiel van 1874: de hydraulische diepte 3,96 M.; verhouding grootste diepte tot hydraulische diepte  $\frac{5,5}{3,96} = 1,39$ ; idem hydraulische diepte tot

kleinste diepte  $\frac{3,96}{3,0} = 1,32$ .

Het blijkt dus dat de verhoudingscijfers zeer weinig verandering hebben ondergaan.

Nu onderstellende: DAT BIJ HET MAKEN VAN EEN TRAVERS OVER DEN NEDERRIJN BIJ DE GREBBE DE VERHOUDINGEN TUSSEN GROOTSTE, KLEINSTE EN GEMIDDELDE DIEPTEN DEZELFDE ZULLEN WORDEN ALS OP DE LEK BIJ VREESWIJK,

zoo komen wij tot de volgende berekening van de breedte op het punt van overtocht.

De grootste diepte op 2000 M. boven de Grebbe, d. i. op het punt van overgang in peilraai XXXVIII is 4.4 M. (zie Tabel II); dus wordt de hydraulische diepte voor den overgang  $\frac{4.4}{1.33} = 3.31$  M. en de kleinste diepte  $\frac{3.31}{1.38} = 2.38$  M.

Men zal hier wellicht de tegenwerping maken dat wij voor hetzelfde profiel in Tabel II een gemiddelde diepte van 2.09 M. opgeven, maar dan wijzen wij terug naar onze vroeger gemaakte opmerking, dat de ondiepe plaatsen *op een punt van overtocht* zoowel door de dwarsovervarende schepen als door het voor anker liggen van schepen op die punten noodwendig moeten verdiepen. Trouwens de travers Vianen—Vreeswijk levert sinds meer dan 50 jaar daarvan het bewijs. Men vindt daar steeds de noodige diepte tot vóór de sluis te Vreeswijk en tot in den voorhaven van het Zederikkanaal, zonder eenige extra uitgaven voor aanleg van werken of onderhoud.

Aangezien nu de middelbare rivierstand aan de Grebbe, volgens de waarnemingen van 1861—1870, 5.79 M. + AP. bedraagt en die aan het punt van overgang op 6.00 M. + AP. kan worden aangenomen, zal de bodem op het minst diepe punt komen te liggen op 6.00 — 2.38 = 3.62 M. + AP, terwijl wij hierboven (pag. 31) zagen, dat die bodem tot 2.45 M. + AP. moet gebracht worden, hetgeen overeenkomt met 3.55 M. onder middelbaren rivierstand. Bij een minste diepte van 3.55 M. wordt de hydraulische diepte (altijd in de onderstelling dat hier zal geschieden wat te Vreeswijk sinds 50 jaar plaats heeft)  $3.55 \times 1.38 = 4.90$  M. (d. i. 1 Meter minder dan in 1876 te Vreeswijk). Nu moet de stroomsnelheid aan den bodem en dus ook de gemiddelde

snelheid even groot blijven als vóór de vernauwing opdat de gevorderde diepte worde verkregen en behouden, zoodat de gemiddelde snelheid weder wordt  $v = 0.825$  M.

Bij een waterafvoer van  $450$  M.<sup>3</sup> per seconde bij middelbaren rivierstand, wordt dan de verlangde breedte:

$$\frac{450}{4.90 \times 0.825} = 111.3 \text{ M.}$$

en aangezien de normaalbreedte van den Neder-Rijn ter hoogte van de Grebbe  $150$  M. bedraagt, zou het rivierbed met bijna  $40$  M. beperkt moeten worden op de lijn van middelbaren rivierstand.

Nu moet er op gewezen worden dat alle gegevens in het nadeel der berekening zijn gekozen en zeer waarschijnlijk is het, dat met een beperking van het rivierbed met ongeveer  $20$  M. als te Vreeswijk, de verlangde diepte zal verkregen worden, vooral in aanmerking nemende dat de breedte op het punt van overgang thans  $252$  M. bedraagt, hetgeen  $82$  M. meer is dan de normaalbreedte, terwijl meer bovenwaarts, in profiel I<sup>a</sup>, een breedte van slechts  $125$  M. wordt aange troffen. — Een zeer uitgebreid onderzoek en wel niet het minst naar den aard van den rivierbodem kan alleen tot een definitief ontwerp leiden, dat dan nog gewijzigd zal moeten worden naar de uitkomsten die bij de uitvoering worden verkregen. Het zij ons thans genoeg te hebben aangetoond dat de oplossing der gestelde vraag noch op technisch, noch op financieel gebied overwegende bezwaren oplevert en de nu geopperde bezwaren, na de uitvoering, wel onbesproken zullen blijven, daar ze dan zullen blijken eenvoudig niet te bestaan.

Gaat men na hoeveel onderstellingen moesten gemaakt worden om de berekening, die wij boven deden, tot een begin en tot een einde te brengen, dan krijgt men eenig denkbeeld van de onvolledigheid der theorie, waarop wij

reeds boven wezen. Laat het voldoende zijn nog op eene omstandigheid te wijzen, die ten slotte de fraaiste formule onbruikbaar kan maken. Zooals men weet vindt men op onze rivieren zeer vele neeren, dat zijn plaatsen, waar het water in tegengestelde richting stroomt. Het gedeelte van het dwarsprofiel waarin zulks plaats heeft, moet dus tweemaal van het profiel zelf worden afgetrokken, maar daar de neer bij elken waterstand verandering ondergaat en door kleine wijzigingen in het oppervlak van den bodem zich verplaatst, en daardoor vergroot of vermindert, wordt het duidelijk dat alleen uit dezen hoofde de theoretische formules en de werkelijke uitkomsten altijd vrij merkbare verschillen moeten opleveren. Voor het sluishoofd te Vreeswijk wordt ook zulk een neer gevonden en geregeld vindt men die bij elke groote profielvernaauwing, zoodat zij ook wel niet aan de Grebbe zal uitblijven bij beperking van het zomerbed der rivier. Alleen deze omstandigheid rechtvaardigt reeds de onderstelling dat een beperking van het rivierbed tot 130 M. bij middelbaren rivierstand een voldoende diepte op het punt van overgang zal veroorzaken.

Om misverstand te voorkomen vinde nog een opmerking hier eene plaats. Terwijl wij meenen aangetoond te hebben dat het verdiepen van den rivierbodem over de volle breedte voor een bepaalde plaats noch technisch, noch financieel groote bezwaren oplevert, moet daaruit niet worden afgeleid dat op dezelfde wijze een riviervak van meerdere kilometers lengte zou kunnen worden gewijzigd. Zooals reeds hierboven is opgemerkt, bestaat de rivierbodem uit kolken en ondiepten, waarbij de laatsten de bevaarbaarheid der rivier bepalen. Ruimt men door beperking van het rivierbed de ondiepten door dwarskribben op, zooals sedert jaren langs onze rivieren wordt gedaan, dan zullen de kolken gevuld worden en er zullen ondiepten ontstaan, waar vroeger

diep water was. Wel gaat men op deze wijze, door doelmatig werken en nauwkeurig waarnemen, vooruit, maar de algemeene toestand verbetert slechts langzaam, getuige de resultaten tot nog bij de rivierverbetering verkregen ten opzichte van de bevaarbaarheid voor meer diepgaande schepen.

Boven drongen wij aan op een nauwkeurig onderzoek van den rivierbodem. Zooals de profielteekening op blad III aanwijst, heeft men tusschen de peilraaien XXXVI en XXXX groote verdieping gekregen, terwijl de lager liggende vakken zoo goed als onveranderd bleven. Merkwaardig zijn in dit opzicht den profillen 15<sup>e</sup> en 16<sup>e</sup> (Tafel III) waar bij geringe breedten en diepten de kleinste dwarsprofillen worden aangetroffen. De snelheid in die profillen is dan ook grooter dan in eenig ander profiel en groeit zelfs aan tot 1.072 M. per seconde en wijst duidelijk op een andere samenstelling van den rivierbodem, vooral omdat bij hogere standen dan middelbare rivier de snelheid nog toeneemt, daar de rivier dan is ingesloten tusschen de Heimenberg die aan de Veluwezijde dadelijk uit de rivier opstijgt en aan de Betuwezijde door de uiterwaarden, die, liggende op 8.60 M. + AP., nog omringd zijn door een kade. Het mag dus als zeker worden aangenomen dat hier het oppervlak van den bodem grooteren weerstand aan den waterstroom biedt en zeer waarschijnlijk is het dat men hier oerbanken zal vinden. Deze oerbanken hebben vaak de hardheid van natuurlijke steen en bij het graven van het afwateringskanaal van Gramsbergen naar Ane (in Overijssel) moest ik meermalen dergelijke banken over groote uitgestrektheid met het houweel laten verwijderen. De waarschijnlijkheid van oerbanken wordt verder aangetoond door de roode kleur aan het water uit vele putten in de Betuwe, hetgeen bewijst dat dit water sterk ijzerhoudend is.

Uit de tabellen I, II en III zien wij verder dat bij het vernauwen van de rivier op het punt van overgang geen vrees behoeft te ontstaan voor ijsverstoppen. Deze zijn allereerst in de minder gunstige profillen even beneden de Grebbe of bij Maneswaard te wachten, waar een dubbele bocht het vastzetten van het ijs bovendien in de hand werkt.

De vernauwing zelf, zal eer ijsverstoppen voorkomen dan die in de hand werken. Wij achten het belangrijk genoeg om hier de opmerkingen van de Heeren Sloet en Fijnje in hunne beschrijving van den watervloed in Gelderland in Maart 1855 afteschrijven betrekkelijk de vernauwing van het rivierbed aan het Lexkensveer. Op pag. 98 lezen wij daar: „Des middags (van den 4<sup>den</sup> Maart) raakt het ijs bij het Lexkensveer in beweging, drijft geregeld tusschen de hooge veerdammen door, doch zet zich benedenwaarts, in de kromte der rivier, op de groote en hooge zandplaten bij het kleine veer over Wageningen” en verder op pag. 139: „De watervloed, dien wij beschrijven, levert sprekende bewijzen. Het ijs dreef met veel snelheid door de hooge dammen van het Lexkensveer en door de engten bij het Katerveer. Doch nauwelijks daar door, heeft het water gelegenheid zich zijdelings te ontlasten, krijgt een bredere stroombaan, verliest van zijne snelheid en er vormen zich benedenwaarts ijsverstoppen.”

„Waren de rivieren, van hare groote bochten ontdaan, regelmatig, als een kanaal, bedijkt, zoo als men zeggen kan, dat met de Lek tusschen Zuid-Holland en Utrecht het geval is, de vrees voor gevaren bij ijsgang zoude grootendeels verminderen, zooals zij voor dat riviervak dan ook betrekkelijk weinig bestaat.”

Met deze redeneering kan ik mij geheel vereenigen. Volgens de rivierkaart is de breedte der rivier aan het Lexkensveer 140 M. d. i. slechts 10 M. minder dan de normaalbreedte. Hetgeen aan het Lexkensveer werd waargenomen had ook



aan het Opheusdensveer plaats. Het laagste punt van den noordelijken dam ligt daar op 9.54 M. + AP en van den zuidelijken dam op 9.34 M. + AP en raadpleegt men nu de kaart der overstroming van 1855 behorende bij hetzelfde werk van de heeren Sloet en Fijnje, dan vindt men dat de noordelijke Rijndijk tegenover en boven het dorp Opheusden doorbrak en de zuidelijke Rijndijk even achter de Ochten-Speeslinie, dat is dus boven en beneden de vernauwing aan het Opheusdens veer. Interessant is verder het rapport van den ingenieur (thans hoofd-ingenieur) L. A. Reuvens opgenomen in het werk over den waterloed in Gelderland in 1861 door F. C. D. Bauer. Daarin wordt duidelijk aangetoond, dat de vrij algemeene meening, dat een brug, zoo zij al niet als een volledig beletsel voor den afvoer van water en ijs moet beschouwd worden, zij toch eene belemmering daarstelt, niet door de waarnemingen aan den spoorwegbrug van Westervoort wordt bevestigd. In het rivierbed toch onder de IJsselbrug gebeurde in 1861 geheel hetzelfde wat in 1855 aan het Lexkensveer werd waargenomen, namelijk dat het ijs in het vernauwde profiel eene grootere snelheid bekomende, doordreef en zich dus op die punten niet kon zetten.

Thans blijft over het bezwaar te bespreken dat de Rijn-schepen zullen ondervinden bij den overtocht van den Rijn. Tusschen Vreeswijk en Vianen geschiedt die overtocht tot heden zeer primitief. De schepen werpen hun anker uit en door het uitbrengen van een tweede anker verhalen zij zich stroomopwaarts, tot zoo lang zij de overzijde op het gewenschte punt hebben bereikt. Bij kentering van het getij (dat zich nog te Vreeswijk doet gevoelen) gaat dit wat gemakkelijker en bij ebbe in zee zooveel moeilijker. Onder gewone omstandigheden kost de overgang  $\frac{1}{2}$  uur, maar vaak

gaan er 2 uur en nog meer voorbij om het schip overtebrengen. Een enkele maal, wanneer een groot schip op stroom ligt boven den overtocht, brengen de kleinere schepen daarop hun tros uit en gieren zich dan over, hetgeen dan in vrij korten tijd geschiedt.

Hoezeer geen klachten van de schipperij over dezen overtocht werden vernomen, moet erkend worden, dat de gevolgde wijze zeker zeer primitief en tijdroovend is en daarom zou ik willen voorstellen alle schepen aan de Grebbe over te gieren. Daartoe zou een groote gierpont, even boven het punt der travers moeten gelegd worden. Het anker, de ankerketting, de gierkettingen en de bochteggers zouden allen zoodanig verzwaard moeten zijn dat de grootste Rijnschepen met zekerheid konden worden overgebracht. Ter wederzijde van den overgang zou een haven moeten gegraven worden, breeder dan de lengte van het grootste Rijnschip, opdat, ingeval men zwaargeladen schepen niet dwarsstrooms durft overtebrengen dit ook langsstrooms kunne geschieden en de schepen in de voorhaven (in stil water) gelegenheid vinden te wenden.

Indien zulk een gierpont van een stoomtuig werd voorzien, dat zoowel de gierkettingen inhaalt en viert, als aan de voor- en achterstevan een paar schroeven in beweging brengt, kan de overtocht zeker in 5 minuten geschieden. De overtocht aan het Opheusdens veer kost thans in gewone omstandigheden 3½ minuut, en bij zwaren wind 5 à 6 minuten.

Reeds voor eenige jaren kwam men in Nijmegen op het denkbeeld gierponten met stoomhulpvermogen te maken, met het doel den overtocht te bespoedigen. Op eene prijsuitschrijving kwam o. a. in een antwoord van den gemeente-architect, dat der bekrooning werd waardig gekeurd, hoezeer het tot heden niet tot uitvoering kwam. De stukken hierop

betrekkelijk zijn niet in mijn bezit, zoodat ik geene nadere bijzonderheden kan mededeelen, doch die zijn zeker voor belanghebbenden te verkrijgen.

Ik hoop door het bovenstaande aangetoond te hebben dat de travers van den Neder-Rijn bij de Grebbe uit technisch, rivierkundig, finantieel en scheepvaartkundig oogpunt geene bijzondere moeielijkheden oplevert, en dat zelfs de middelen voor de hand liggen om dien overtocht veel veiliger en gemakkelijker te maken dan die te Vreeswijk, die, sinds 50 jaar in gebruik, geene aanleiding gaf tot klachten.

#### B. DE OVERTOCHT VAN DEN RIJN MET EEN STUW BENEDEN DEN KANAALMOND.

De Commissie van hoofd-ingenieurs en ingenieurs, die in het begin van dit jaar het kanaalontwerp door de Geldersche Vallei nader onderzocht, stelt voor als tweede middel om den Neder-Rijn over te trekken een stuw beneden het punt van kruising stuwende tot 6.70 M. + AP.

Waarom dit hooge stuwpeil is aangenomen, is mij duister, daar toch in hetzelfde rapport wordt erkend dat bij een waterstand van 5.40 M. + AP aan het punt van overgang, de scheepvaart met 3 M. diepgang bij 37.35 M. + AP aan de peilschaal te Keulen is verzekerd en daartoe is een stuwhoogte van b. v. 5.60 M. + AP zeker meer dan voldoende. Ik wil nu hieronder achtervolgens onderzoeken den invloed die een opstuwing tot 6.70, tot 6.00 en tot 5.60 M. + AP op den Neder-Rijn zou hebben.

Invloed van een stuw nabij de Grebbe met een stuwpeil van 6.70 M. + AP. Nemen wij aan dat

de Neder-Rijn bij de Grebbe in rond cijfer een helling langs den waterspiegel heeft van  $\frac{1}{10.000}$  of een verhang van 1 Meter op elke 10.000 M. rivierlengte en dat de afvoer bedrage: bij laagste standen (4.70 M. + AP) 150 M<sup>3</sup>. per seconde. bij middelbare rivier (6.00 M. + AP) 400 M<sup>3</sup>. „ „ bij hoogsten zomerstand (8.00 M. + AP) 900 M<sup>3</sup>. „ „ bij hoogsten winterstand (10.70 M. + AP) 1700 M<sup>3</sup>. „ „ Het dwarsprofiel der rivier kan gesteld worden op 200 à 250 M<sup>2</sup>. bij laagsten stand, achtereenvolgens klimmende tot 400 à 500 M<sup>2</sup>. bij middelbaren stand, tot 800 à 850 M<sup>2</sup>. bij hoog zomerwater en tot 1500 à 1600 M<sup>2</sup>. bij hoog winterwater.

Stuwt men nu de rivier van den laagsten stand of 4.70 M. + AP op tot 6.70 M. + AP, dat is tot 2.00 M. hoogte, dan begint het afkomende water boven de afsluiting op te loopen, terwijl aanvankelijk een klein gedeelte door de naden der stuwplanken of kleppen naar beneden blijft vloeien. Gelijktijdig met het rijzen van het water boven de stuw, valt het water daar beneden en aangenomen dat de stuw bij den laagsten rivierstand van 4.70 M. + AP worde gesloten, dan zal men achtereenvolgens ongeveer tot de volgende standen komen:

boven de stuw	5.00 M. + AP	}	verval 0.50 M.
beneden de stuw	4.50 M. + AP		
boven de stuw	5.30 M. + AP	}	verval 1.00 M.
beneden de stuw	4.30 M. + AP		
boven de stuw	5.60 M. + AP	}	verval 1.45 M.
beneden de stuw	4.15 M. + AP		
boven de stuw	5.90 M. + AP	}	verval 1.90 M.
beneden de stuw	4.00 M. + AP		
boven de stuw	6.20 M. + AP	}	verval 2.20 M.
beneden de stuw	4.00 M. + AP		

enz.

enz.

Naarmate de rivier boven de stuw rijst en beneden de stuw valt, worden de lekkende naden der recht opstaande stuwplanken langer en de druk op die naden grooter, en er komt een tijd dat er zooveel water door de naden afstroomt, dat de benedenrivier weër iets begint te rijzen. In het aangehaalde voorbeeld is het o. a. denkbaar, dat bij een stand boven de stuw van 6.30 M. + AP het water beneden de stuw weër rijst tot bijv. 4.05 M. + AP, terwijl dan bij verdere rijzing boven de stuw natuurlijk een rijzing benedenwaarts moet volgen.

Is het stuwpeil van 6.70 M. + AP, dat men beoogt, bereikt en staat het water beneden de stuw bijv. op 4.20 à 4.30 M. + AP, dan moet verdere opstuwing voorkomen worden. Dit geschiedt door het maken van openingen in de stuw, door het wegnemen der stuwplanken tot zoodanige breedte, dat de geheele rivier (bij den veronderstelden lagen stand met 150 M<sup>3</sup>. afvoer per seconde) weër naar beneden afvloeit. Nu herstelt zich na zekeren tijd de oorspronkelijke stand op de rivier op eenigen afstand beneden de stuw; maar vlak beneden de stuw blijft een verlaging van waterspiegel bestaan, die allengs naar beneden verloopt.

Wanneer boven de stuw geen verhang op de rivier bleef bestaan, maar het stuwpeil horizontaal bleef tot waar het de oppervlakte der afkomende rivier snijdt, dat is bij 2 M. opstuwing bij laagsten waterstand en 0.10 M. verval per kilometer, tot een afstand van 20 kilometer, dan zal de opgestuwde massa water in het rivierbed lang zijn 20.000 M., hoog gemiddeld 1 M. (van 2 M. tot 0 verloopende) en breed 200 M.<sup>1</sup>).

---

1) Men zou veelvuldige dwarsprofillen op dit riviervak voor zich moeten hebben om de juiste breedte bij elken waterstand te kunnen bepalen. Voor het hier beoogde doel zal het ronde cijfer van 200 M. breedte voldoende zijn en niet veel van de waarheid afwijken.

De inhoud der opgestuwde watermassa zal dus zijn 4.000.000 M<sup>3</sup>. De rivier is verondersteld aftevoeren 150 M<sup>3</sup>. per seconde en wanneer daarvan  $\frac{1}{3}$  door de naden der stuw wegvloeit, blijven 120 M<sup>3</sup>. per seconde of 432.000 M<sup>3</sup>. per uur boven de stuw over. In ruim 9 uur tijds zal dus bij deze verschillende onderstellingen het stuwpeil bereikt zijn en zal de geheele rivier weder (onder een anderen dan den gewonen vorm, namelijk onder die van een nauwen waterval) naar beneden stroomen, terwijl de benedenrivier, behalve vlak beneden de stuw, haar gewonen loop zal hernemen.

Het cijfer van 9 uur moet echter belangrijk vergroot worden om verschillende redenen, als:

*a.* omdat eene opstuwing van 4.70 M. + AP tot 6.70 M. + AP bij de Grebbe, stellig invloed zal uitoefenen op de waterverdeeling aan de Plei en dus water naar den Yssel zal worden gedrongen, dat anders op Neder-Rijn en Lek zou komen. Deze gewijzigde waterverdeeling zal een blijvende verlaging van waterstand op de geheele benedenliggende rivier geven van de stuw tot Krimpen. Stel er blijven slechts 120 van de 150 M<sup>3</sup>. naar de Grebbe afvloeien, waarvan na aftrek van 30 M<sup>3</sup>. lekwater 90 M<sup>3</sup>. boven de stuw worden opgehouden, dan geeft dit 324.000 M<sup>3</sup>. per uur en de 4.000.000 M<sup>3</sup>. op te stuwen water hebben ruim 12 uur noodig om verzameld te worden.

*b.* Maar ook dit cijfer is onvoldoende, want de vlak boven de stuw practisch als horizontaal aan te nemen opgestuwde watervlakte, neemt wat meer bovenwaarts eenig verhang aan en vereenigt zich in den vorm eener kromme lijn met het oppervlak van het afkomende water. Er is dus uit dien hoofde reeds meer dan de berekende hoeveelheid van 4 miljoen M<sup>3</sup>. water te bergen.

*c.* Maar gewoonlijk liggen op de uiterwaarden naast het rivierbed slooten, kolken, oude rivierarmen of hanken,

door afgraving verlaagde terreinen (hetzij afgegraven tot verkrijging van dijkspecie, hetzij voor de steenovens), die bij een hoog stuwpeil met water moeten gevuld worden.

Stelt men om de redenen in *b.* en *c.* aangegeven de boven de stuw, bij laagsten rivierstand, te verzamelen watermassa 400.000 M<sup>3</sup>. boven de eerst gevondene 4 miljoen M<sup>3</sup>., dan wordt die watermassa 4.400.000 M<sup>3</sup>., en de afkomende 324.000 M<sup>3</sup>. per uur (na aftrek van het lekkende water) kunnen slechts in 13½ uur den boezem of kom boven de stuw vullen. Dan is er weêr zekeren tijd noodig om de tijdelijk verarmde benedenrivier (bchalve vlak beneden de stuw) in den toestand te herstellen, waarin die bij slechts 120 in plaats van 150 M<sup>3</sup>. afvoer zijn kan.

Blijvend benadeeld worden dus:

1°. De belangen van alle plaatsen gelegen aan de rivier beneden de stuw en aan de kanalen daarop uitmondende.

2°. De overtocht van Vreeswijk naar Vianen wordt door kunstmatige aftapping naar den Yssel in de waagschaal gesteld, en daardoor loopt de vaart van Gorcum naar Utrecht, die altijd door duizenden schepen zal gebruikt worden, gevaar.

3°. De stuw blijft soms maanden achter elkander gesloten en wel bij het peil van 6.70 M. + AP zou dit hebben plaats gehad:

van 23 Mei	1868 tot 13 Dec.	1868 of ruim 6½ maand.
— 11 Maart	1869 tot 11 Nov.	1869 of 8 maanden.
— 31 Maart	1870 tot 29 Oct.	1870 of bijna 7 maanden.
— 8 Maart	1871 tot 24 April	1871 of ruim 1½ maand.
— 16 Mei	1871 tot 29 Juni	1871 of bijna 1½ maand.
— 6 Aug.	1871 tot 8 Oct.	1871 of ruim 2 maanden.
— 12 Oct.	1871 tot 3 Maart	1872 of bijna 5 maanden.
— 9 Maart	1872 tot 25 Mei	1872 of ruim 2½ maand.
— 19 Aug.	1872 tot 15 Nov.	1872 of bijna 3 maanden.
— 28 Juni	1873 tot 9 Jan.	1875 of ruim 18 maanden.

- van 10 Febr. 1875 tot 27 Juni 1875 of ruim  $4\frac{1}{2}$  maand.  
 — 1 Aug. 1875 tot 13 Nov. 1875 of bijna  $3\frac{1}{2}$  maand.  
 — 22 Juli 1876 tot 4 Oct. 1876 of bijna  $2\frac{1}{2}$  maand.  
 — 9 Oct. 1876 tot 5 Dec. 1876 of bijna 2 maanden.

Het is duidelijk dat bij zulk een langdurigen verminderden afvoer beneden de stuw het rivierbed aanmerkelijk slechter moet worden, hetgeen bij hoogwater en ijsgang alweder gevaar oplevert <sup>1)</sup>.

Bij een hooger en natuurlijken waterstand worden al die bezwaren minder, en bij een stand der vrij afstroomende rivier van 6.00 M. + AP bij het kanaal, ongeveer overeenkomende met middelbare rivier, waarbij de afvoer reeds 400 M<sup>3</sup>. per seconde bedraagt, verkrijgt men den volgenden toestand:

Hoogte der opstuwing van 0.70 M. tot 0 verloopende of gemiddeld. . . . .	0.35 M.
Lengte der horizontaal gerekende opstuwing	7000 M.
Breedte der rivier als vroeger . . . . .	200 M.
Watermassa te bergen boven de stuw. . . . .	490.000 M <sup>3</sup> .

Daarbij voegende de 400.000 M<sup>3</sup>., die vroeger globaal zijn aangenomen als noodig tot het vullen van slooten, hanken, uitgravingen, enz., dan verkrijgt men boven de stuw te bergen 890.000 M<sup>3</sup>. De rivier afvoerende 400 M<sup>3</sup>. per seconde of 380 M<sup>3</sup>. na aftrek van het nu op slechts 20 M<sup>3</sup>. gestelde doorlekkend water, zoo wordt per uur boven de

---

1) Zeer vreemd is de opmerking van den heer Waldorp dat de stuw zelve gevaar zou geven, terwijl toch het tegendeel op vele rivieren is bewezen. (Zie ook wat hierboven is aangehaald omtrent vernauwingen op rivieren). Maar een stuw ergens beneden de Grebbe en volkomen nutteloos zoo hoog stuwende, dat de waterverdeling aan de Plei er door gewijzigd kan worden zal het rivierbed bij Wijk bij Duurstede, Kuilenburg, enz. kunnen bederven en daardoor daar ter plaatse (niet bij of boven de stuw) gevaarlijk kunnen worden. Een stuw met lager stuwpeil, die de waterverdeling onveranderd laat en dikwijls geopend wordt, zal dit nadeel niet hebben.



stuw verzameld 1.368.000 M<sup>3</sup>. water. Binnen  $\frac{3}{4}$  uur zal nu het stuwpeil bereikt zijn, terwijl de invloed op de beneden-rivier ook veel minder groot wordt.

Het is dus in de soms zeer lange tijden van zomerdroogte, dat de invloed van de stuw op de beneden-rivier verderfelijk zal zijn. Bij middelbaren rivierstand wordt die invloed zeer gering en zij verdwijnt natuurlijk geheel, wanneer de vrij afstromende rivier het stuwpeil heeft bereikt en de stuw geheel buiten werking is.

Invloed van een stuw met een stuwpeil van slechts 6.00 M. + AP.

Stel dat deze stuw bij een laagsten stand van 4.70 M. + AP en bij een afvoer van 150 M<sup>3</sup>. per seconde gesloten wordt, dan moet er 1.30 M. hoog gestuwd worden en die hoogte zal bij 0.10 M. verhang per kilometer, horizontaal gerekend, over 13000 M. verlopen. De hoogte van het opgestuwde water verloopt van 1.30 M. tot 0 en is dus gemiddeld . . . . . 0.65 M. de breedte stellende op . . . . . 180 M. zoo wordt de watermassa die boven de stuw in het rivierbed als boezem wordt geborgen 1.521.000 M<sup>3</sup>.

Hierbij moeten gevoegd worden de waterberging in slooten, hanken enz., nu iets minder dan bij het hooge stuwpeil, alsmede de vermeerdering wegens de kromme lijn der opstuwing, hetgeen wij samen op 279.000 M<sup>3</sup>. stellen, zoodat dan het totaal der te bergen watermassa wordt 1.800.000 M<sup>3</sup>.

Van den afvoer à 150 M<sup>3</sup>. per seconde, gaat nu niets af voor den IJssel en (bij het kleiner verval) nemen wij aan dat slechts 20 M<sup>3</sup>. door de lekkende naden verloren gaat, zoodat er 130 M<sup>3</sup>. water per seconde overblijft om boven de stuw te bergen of 468.000 M<sup>3</sup>. per uur. In minder dan 4 uur zal dus nu het stuwpeil bereikt zijn en die tijd zal afnemen tot middelbaren rivierstand, als wanneer het stuwpeil bereikt is en dus de stuw wordt geopend.

Invloed van een stuw met een nog lager stuwpeil van bijv. 5.60 M. + AP bij den kanaalmond. Deze stuw sluitende bij den laagsten stand van 4.70 M. + AP, zal de maximum stuwhoogte boven de vrij afstroomende rivier bedragen 0.90 M. en dus bij een verhang van 0.10 M. per kilometer, zal de horizontaal gerekende opstuwing een lengte hebben van 9000 M. bij een gemiddelde hoogte van 0.45 M. en een breedte die wij 170 M. stellen. De te bergen watermassa wordt dan 688.500 M<sup>3</sup>.

Daarbij voegende iets voor de afronding van de opstuwingslijn en iets (maar zeer weinig bij dit lage peil) voor het volzetten van slooten, hanken, enz., zoo zal men slechts komen tot 800.000 M<sup>3</sup>. water, boven de stuw in het rivierbed te bergen. De kleinste afvoer weder stellende op 150 M<sup>3</sup>., of na aftrek van 15 M<sup>3</sup>. lekwater, op 135 M<sup>3</sup>. per seconde of per uur op 486.000 M<sup>3</sup>., zoo zal in minder dan 1 $\frac{3}{4}$  uur het stuwpeil bereikt zijn, de beneden-rivier wellicht dalende tot 4.00 M. + AP; maar zich spoedig herstellende door het maken van openingen in de stuw, zoodra het stuwpeil bereikt is, totdat de geheele rivier weër naar beneden afstroomt, waarbij alleen vlak onder de stuw eene verlaging van het peil zal overblijven <sup>1)</sup>).

Maar ook die blijvende verlaging zal geringer en haar lengte beneden de stuw kleiner worden, naarmate de hoogte van opstuwing vermindert.

Werking der stuw op de beneden-rivier. De Neder-Rijn is thans en reeds lang een scheepsvaarwater, waarop zich vele schepen, door zeilen of door stoomkracht gestuwd, bewegen, zoowel voor het locale vervoer der plaatsen aan de boorden zelve gelegen (waaronder een menigte steenfabrieken) als van plaatsen gelegen langs wateren, die op

1) De verlaging benedenwaarts voor voeding van het kanaal, dat enkele kub. M. per seconde kan bedragen, is hier evenmin als in de vorige voorbeelden in rekening gebracht.

den Neder-Rijn aansluiten. Bij middelbare en hogere standen volgt de boven-Rijnvaart ook deze rivier; bij een stand van 9.03 M. + AP te Arnhem, kunnen reeds schepen met 7 voet of 2.20 M. diepgang op den Neder-Rijn varen. Zoo hebben ook vele steden langs den Yssel directe verbinding met Rotterdam. Al die scheepvaart kan zoo maar niet verboden of belemmerd worden en onafhankelijk van verwickelingen met de Rijn-oeverstaten, zou dit onverantwoordelijk en hoogst onbillijk zijn voor de Nederlandsche belanghebbers. Bij den bouw van een stuw moet dus altijd het behoud van de vaart langs den Neder-Rijn op den voorgrond staan.

Zal dit mogelijk zijn? Ik wil dit even nagaan. Bouwt men eene stuw voor hoog stuwpeil = 6.70 M. + AP, dan zal voor deze een groot verval staan, afhankelijk van den afvoer van water uit Duitschland naar den Neder-Rijn. Bij een laagsten stand van bijv. 4.70 M. + AP aan de Grebbe de stuw sluitende, zal de beneden-rivier verarmd worden door veranderde waterverdeling bij den boven-Ysselmond, die zich tot Krimpen zal doen gevoelen en door de altijd beneden eene opstuwning voorkomende plaatselijke verlaging, die op eenigen afstand beneden de stuw verloopt. Het benedenwater zal bijv. kunnen dalen tot 4.20 M. + AP (vergelijk pag. 52) en een schutsluis naast de stuw (die dan 2.50 M. hoog schut) helpt de scheepvaart niet voldoende, omdat beneden de stuw de waterstand te laag en daardoor de vaardiepte te gering is. Alleen door het periodiek op vaste dagen en uren openen der stuw en het laten afloopen der boven de stuw verzamelde watermassa, zal in dit bezwaar te voorzien zijn. Maar tijdens dat openen zal er door de stuw en meer benedenwaarts op de rivier een woedende stroom gaan, die de Rijnvaart, dwars over de rivier onmogelijk zal maken.

Het oponthoud bij het doorschutten der sluis naast de

stuw, het wachten op het openen der stuw en het zooveel verminderen van de kunstmatig verhoogde stroomsnelheid, totdat schepen zonder gevaar kunnen afvaren en met sterke stoomkracht gesleept kunnen opvaren, zijn bezwaren die niet te vermijden zijn voor de riviervaart, maar die slechts minder worden:

*a.* naarmate men minder hoog stuwt,

*b.* naarmate de rivier tijdens het stuwten meer water afvoert.

Ook voor het doen van herstellingen aan een zoogecompliseerd mechanisme als een beweegbare stuw, zal het nu en dan aflaten van het stuwwater noodig zijn en vrij algemeen is dan ook op aldus gekanaliseerde rivieren de vaart gedurende een zestal weken des zomers bij laag water gestremd.

Invloed van de stuw op de vaart langs het Rijnvaartkanaal door de Geldersche vallei naar Dodewaard. Uit het voorgaande is, meen ik, de noodzakelijkheid gebleken van het nu en dan openen der stuw en het aflaten der opgestuwde watermassa, zoowel in het belang van de vaart op den Neder-Rijn zelve, die niet aan de kanaalvaart mag worden opgeofferd, als om noodzakelijke herstellingen aan de stuw. Hieruit volgt onmiddellijk: dat de inrichting van het kanaal zóó moet zijn, dat het, ook bij geopende stuw, aan de eischen voldoet en bruikbaar blijve. Nimmer mag dus, ten gevolge der opstuwing, het pand benoorden den Neder-Rijn minder diep worden ingegraven, of de dorpels der sluizen hooger worden gelegd. Evenmin mag het kanaal in de Betuwe minder diep worden, dan zonder opstuwing noodig zal blijken te zijn, noch ook daar de slagdorpelhoogte der sluizen om deze reden vergroot worden. De stuw geeft dus geen de minste bezuiniging, noch op sluizenbouw, noch op aardewerk, noch, wat er uit volgt, op de post onteigening, maar enkel een noodelooze verhooging van uitgaven voor de stuw zelve.

Op het normaliseeren van de rivier zal de stuw ongunstig werken, zoowel uit een rivierkundig als uit een financieel oogpunt. Daar de stuw nu en dan zal moeten openstaan, moet de rivierbedding op het punt van kruising toch de vereischte diepte bekomen door normaliseering even boven en beneden het kruisingspunt. Maar de bouw van de stuw zal den toestand van dat te normaliseeren riviervak veel slechter maken. Bij het openen der stuw zal de kunstmatig zeer versterkte stroom den bodem en de wanden van het opgestuwde riviervak ook meer aantasten, dan de natuurlijke stroom zou hebben gedaan. Stoffen zullen in beweging kunnen worden gebracht, die anders waren blijven liggen; bij het daaropvolgende sluiten der stuw zullen die kunnen bezinken en het genormaliseerde riviervak bederven.

Een stuw, hoewel minder schadelijk naarmate zij minder hoog stuwt, is in elk geval een nadeel voor de scheepvaart op den Neder-Rijn; zij is tevens een nadeel voor de kanaalvaart, die, afgezien van de vroeger opgesomde bezwaren, daarbij in de richting naar Dodewaard over een kunstmatig gevormde waterhoogte moet klimmen en dalen. Zij kan geen bezuiniging te weeg brengen op aardewerk, onteigening of sluizenbouw op het kanaal, daar de vaart ook bij geopende of in herstelling zijnde stuw mogelijk moet blijven; zij is uit een rivierkundig oogpunt evenmin aan te bevelen en moet dus onvoorwaardelijk verworpen worden.

Wij kunnen hierop de mogelijkheid om een stuw in een rivierbed als van den Neder-Rijn te maken, onbesproken laten, daar wij meenen betoogd te hebben dat dergelijke stuw in alle gevallen onraadzaam is. Hoezeer overigens de moeielijkheden beseffende, die de uitvoering van een dergelijk kunstwerk zoude medebrengen, willen wij niet geacht worden de verwezenlijking onmogelijk te achten.

### C. DE DOORSNIJDING VAN DE BETUWE.

Het rapport van 23 Januari 1878 zegt daaromtrent het volgende:

„De kanaaldijken door de Betuwe worden gemaakt van de beste kleispecie, die in overvloed voorkomt uit de afgraving der bovenste laag in het kanaalprofiel. In de deugdzame samenstelling dezer dijken is een waarborg te vinden tegen de doorkwelling van het soms hoog opgezette kanaalwater.

„Met het oog op den hoogsten, op het kanaal door de Betuwe toetelaten waterstand van 7.50 M. + AP, zouden de kanaaldijken eene hoogte moeten hebben van 8.25 M. + AP; wegens de groote hoeveelheid der te bergen grondspecie, wordt daarvoor eene hoogte van 9 M. + AP bepaald.

„Om den afwisselenden waterstand, worden op dit pand geen waterbermen gevonden, maar wordt aan de beloopen eene flauwere helling van  $2\frac{1}{2}$  op 1 gegeven. Ter hoogte van 8 M. + AP, dat is die der na te melden overlaatkaden, worden echter bermen breed 3 M. aangelegd.

„De kruinsbreedte en het binnenbeloop zullen verder moeten geregeld worden naar de grondberging.

„Bij doorbraak van de dijken der Betuwe, beoosten het kanaal, moet het instroomende water westwaarts naar de Waal boven Gorinchem worden afgevoerd. Om dien afvoer door de hoge kanaaldijken niet te belemmeren, zijn in elken kanaaldijk twee vakken, zamen lang 700 M., als overlaat aangelegd, met eene hoogte van 7 M. + AP, welke overlaten gesloten zijn met eene kade, hoog 8 M. + AP, breed 3 M.

„Ingeval van doorbraak, zijn deze grootendeels met zand

opgewerkte kaden zooveel mogelijk af te graven, terwijl zij verder door het overstortende water zullen worden geslecht.”

Verder blijkt uit bedoeld rapport dat men zich voorstelt het peil op het kanaal door de Betuwe bij hoogere rivierstanden zooveel mogelijk op 7.00 M. + AP te houden en door een stoomtuig van 25 paardenkracht aan den Neder-Rijn het peil niet hooger te doen oploopen dan 7.50 M. + AP.

Terecht is de Dijkstoel van Overbetuwe hiertegen opgekomen. Den 29 April richtte zij zich tot den Minister van Waterstaat, Handel en Nijverheid onder overlegging van de adviezen van den hoofd-ingenieur L. A. Reuvens en deelde die stukken bij schrijven van 6 Mei j.l. aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal mede. De hoogte der ontworpen kanaaldijken op 9.00 M. + AP en 8.00 M. + AP, waarvan een vak lang 700 M. van af 7.00 M. + AP uit een zanddijk bestaat, levert bij doorbraak van den Rijn- of Waaldijk bovenwaarts een groot bezwaar op, daar die zanddijk niet zoo spoedig zal zijn opgeruimd, als men zich voorstelt. Hij zou het afvloeien van het water naar Gorcum zeer belemmeren en dus de ramp der overstroming buitenmate vergrooten. De verschillende doorbraken die in den iets hooger gelegen Nieuwen Dijk zijn gevallen, kunnen hiervan getuigen en men is dan ook er toe gekomen dien dijk in zooverre te slechten, dat hij niet meer kan beschouwd worden eenigen invloed uit te oefenen op den afvoer van water bij inundatie.

Intusschen meent de Dijkstoel dat het kanaal door de Betuwe zonder bezwaar voor hare belangen kan worden tot stand gebracht, ingeval in het ontwerp de wijzigingen worden opgenomen door den heer Reuvens voorgesteld. Deze zijn in hoofdzaak:

1<sup>o</sup>. dat het kanaalpeil bepaald worde op 5.20 M. + AP of om een meer practischen vorm aantenemen dat men het begrenze tusschen 5.10 M. en 5.30 M. + AP;

2°. dat de jaagwegen ter lengte van 850 M. niet hooger dan 6.90 M. + AP worden opgewerkt, terwijl de kruin over 1200 M. lengte slechts tot 6.20 M. + AP reikt. De overige lengte der jaagwegen van ongeveer 1200 M. zou zoo hoog gemaakt kunnen worden als men verlangt.

Nu zijn blijkbaar deze cijfers opgesteld alleen met het oog op de terreinhoogten in de ontworpen kanaalrichting, waar tusschen de Linge en de Bonegraaf een gat wordt aangetroffen dat op 6.05 M. + AP ligt; maar vergeten is, dat ongeveer 1000 M. beneden de ontworpen kanaalrichting de Ochten-Speeslinie ligt, die in behoorlijken staat van onderhoud is en waarover tot nog toe geen klachten werden vernomen. Het profiel over de kruin dier linie wordt op Blad III afgebeeld en men vindt daar over een afstand van 100 M. bij den Waaldijk, het diepste vak van 6.48 en 6.50 M. + AP. Het overstromingswater dat bij doorbraak hierover vloeit, staat dan in de ontworpen kanaallijn zeker 0.10 M. hooger en dus zal daar een verhooging tot 6.60 M. + AP geen invloed uitoefenen op den afvoer van het inundatiewater. Uit het profiel van Blad III volgt verder dat, als men het lage gedeelte bij de Waalzijde eens buiten rekening houdt, het laagste punt in het profiel op 6.79 M. + AP ligt, overeenkomende met 6.90 M. + AP in de ontworpen kanaallijn. En verder dat de Ochten-Speeslinie over eene lengte van 1700 M. (aan de Rijnzijde) een hoogte van gemiddeld 9.00 M. + AP heeft.

Met deze cijfers voor oogen meen ik dat aan de bezwaren van de Betuwe ten volle kan worden te gemoet gekomen door:

a. Het kanaalpeil tusschen de Rijn- en Waaldijken te bepalen op hoogstens 6.50 M. + AP; doch het gemeenlijk te houden op 6.20 M. + AP;

b. De hoogte der kanaaldijken aansluitende aan den Rijn-



dijk over 1700 M. lengte te brengen tot 9.00 M. + AP of zooveel hooger als om andere redenen wenschelijk zal blijken ;

c. De overblijvende lengte tot aan den Waaldijk te voorzien van jaagwegen liggende op 6.90 M. + AP ;

d. In deze jaagwegen, tusschen den Waaldijk en de Linge te maken doorlaten wijd 200 M., aan de bovenzijde gesloten door stuwnaalden en aan de benedenzijde met tuimelkleppen, zoodat overstromingswater, zoodra het bij het kanaal de hoogte van meer dan 6.50 M. + AP heeft bereikt, dwars door het kanaal zich zelf een weg baant, terwijl bij een waterstand van 6.90 M. + AP., wanneer ook de Ochten-Speeslinie begint over te loopen, het geheele lage gedeelte van ruim 2000 M. als overlaat begint te werken.

Ik geloof dat op deze wijze aan alle bezwaren van de Betuwe is te gemoet gekomen, terwijl het hoogere kanaalpeil dan hetgeen door den Heer Reuvens wordt voorgesteld (n.l. 6.20 M. in plaats van 5.20 M. + AP) zeer in het belang is der scheepvaart, daar de sluis aan de Rijnzijde dan slechts bij hooger en rivierstand in gebruik komt.

De kracht van het stoomgemaal aan den Rijndijk om het schut- en kwelwater optemalen, zou in verhouding tot de grootere opvoerhoogte natuurlijk moeten vermeerderen, maar om haar vaststellen dienen meer waarnemingen omtrent het kwelwater bekend te zijn, dan ons heden ten dienst staan.

In het meergenoemd rapport wordt voorgesteld de Linge, de Bovenste Tochtsloot en de Bonegraaf met grondduikers onder het kanaal doortebrengen en daartegen kan dan ook geen bezwaar bestaan. De waterafvoer van de Linge wordt in dat rapport op 20 M<sup>3</sup>. per seconde geschat. Op den 31<sup>sten</sup> Mei j.l. vond ik aan de Ochtensche brug een afvoer van 9 M<sup>3</sup>. bij een waterstand van 5.204 M. + AP. Intusschen zij opgemerkt dat dien dag op de Linge tusschen de Ochten-Speeslinie en de Ochtensche brug, over 680 M. afstand een verval werd

waargenomen van 0.28 M. overeenkomende met een verhang van 0.41 M. per kilometer, welk groot verhang grootendeels moet worden toegeschreven aan den begroeiden toestand der weteringen, die toen juist werden schoongemaakt. Het cijfer van 20 M<sup>3</sup>. kan dus voorzichtigheidshalve worden aangehouden, doch heeft geen bezwaar, daar de breedte van den duiker naar willekeur kan vermeerderd worden.

Nu wij meenen het gekozen peil gerechtvaardigd te hebben, gaan wij over tot de beoordeeling van de bezwaren die op de kwel zijn gegrond.

Daarvoor diene in de eerste plaats de graphische voorstelling van eenige waterstanden op pag. 67, ter beoordeeling van de werking der kwel. De waarnemingen loopen daar van den 3 Juni tot den 13 Juli 1878, doch worden voortgezet en zullen bij de laatste aflevering dezer aantekeningen worden aangevuld.

De aanwijzing der datums en der waargenomen hoogten zullen daarbij zeker voldoende zijn om den loop der verschillende waterstanden duidelijk te maken, terwijl de letters in de figuur de volgende beteekenis hebben:

A. De hoogte van den Neder-Rijn bij Maneswaard, d. i. ter hoogte van den Nieuwen Dijk, aangenomen op 0.34 M. boven de waargenomen hoogte aan de Grebbe.

B. Waterstand in den grooten kolk in het midden van den Nieuwen Dijk nabij de Boelham.

C. Waargenomen waterhoogte in de Wetering bij de Dodewaardsche Brug.

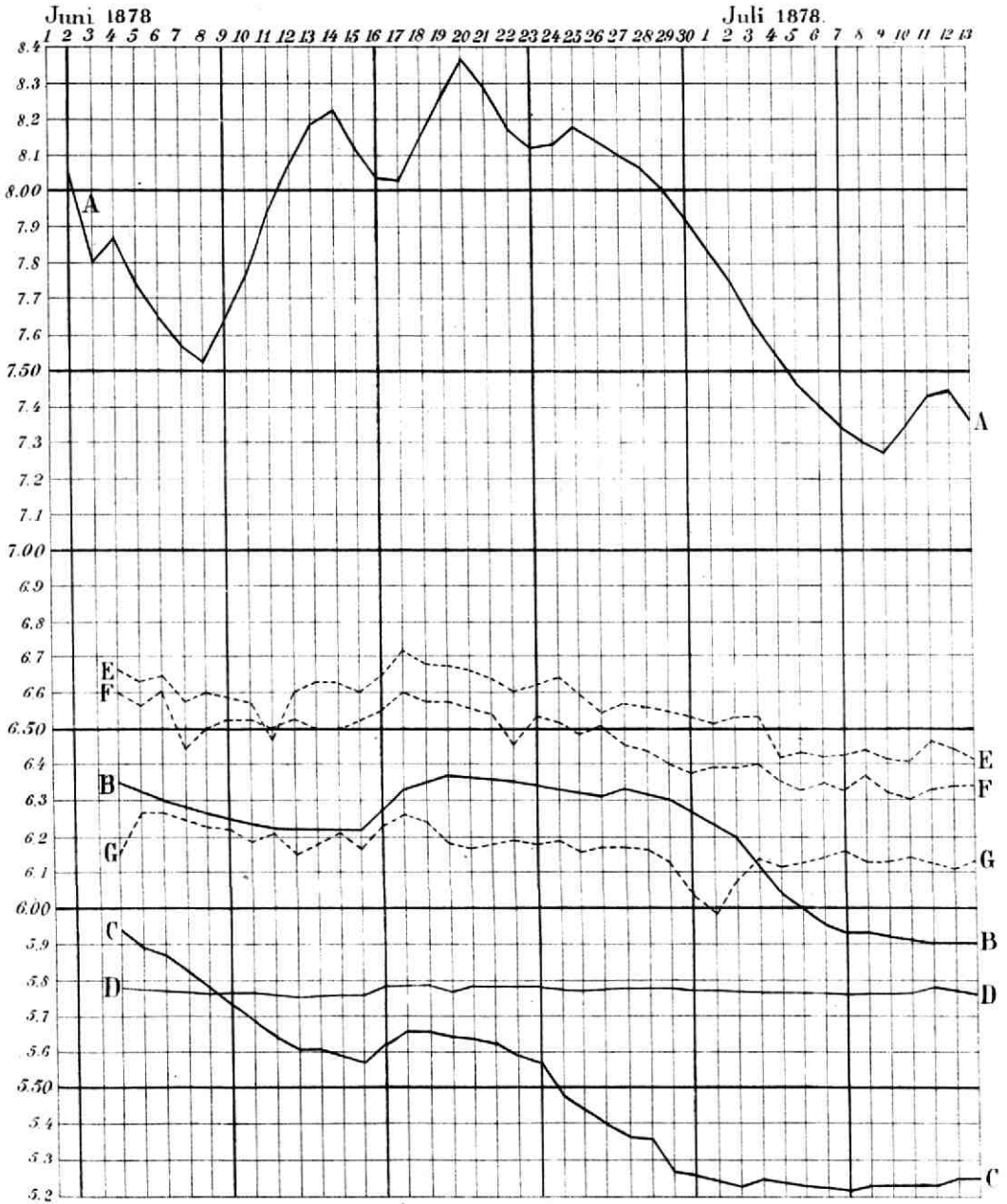
(Deze wetering krijgt meer benedenwaarts de naam van Linge).

D. Waterstand in een sloot achter de school en de kerk te Opheusden.

E. Waterstand in een put op 20 M. afstand van D.

F. „ in een put op 20 M. afstand van D en E.

G. „ in een put nabij de Dodewaardsche brug.



De kolk in het midden van den Nieuwen Dijk nabij de Boelham is bij een doorbraak ontstaan en zeer diep. Ik peilde op een punt 15 Meter water en men verzekerde mij dat er zelfs plaatsen zijn, waar meer dan 25 Meter water gevonden wordt. Het is dus boven twijfel dat de waterstand in deze kolk in gemeenschap staat met de kwel.

Het hoogteverschil der waterstanden aan den Neder-Rijn bij Maneswaard en in de kolk bedroeg:

4 Juni 1878	1.515	M.
5       "       "	1.415	"
7       "       "	1.285	"
10       "       "	1.541	"
11       "       "	1.710	"
12       "       "	1.850	"
15       "       "	1.895	"
17       "       "	1.690	"
19       "       "	1.895	"
22       "       "	1.815	"
24       "       "	1.795	"
26       "       "	1.825	"
27       "       "	1.767	"
29       "       "	1.705	"
2 Juli 1878	1.550	"
4       "       "	1.520	"
6       "       "	1.460	"
8       "       "	1.385	"
11       "       "	1.540	"
13       "       "	1.465	"

Hieruit blijkt dat het kleinste verschil van 1.285 M. werd waargenomen bij de betrekkelijk lage Rijnstanden op 7 en 8 Juni. Toen de Rijn weér opliep groeide het verschil weér aan om gaandeweg met het vallen der rivier te verminderen.

Dat er verband is tusschen deze waterstanden valt niet te ontkennen en het blijft alleen de vraag den aard van dat verband te onderzoeken.

Vóór dat de Betuwe aan menschen tot woonplaats diende, hebben Rijn en Waal ontwijfelbaar zeer vaak een andere bedding gehad. Zich soms op lagere punten, vèr beneden de Plei op nieuw vereenigende en daardoor eilanden vormende, dan weder door meerdere evenwijdig loopende armen afstroomende, moet de Betuwe een soort Biesbosch gevormd hebben.

Met de komst van bewoners kwam allengs in dezen toestand verandering; door het opwerpen van kaden, werd het verleggen der rivierbedding zoo niet bedwongen, dan toch lange tijden tegengehouden en toen eindelijk hooge rivierdijken de Betuwe omringden en de stijgende waarde der gronden het mogelijk maakte de veranderde toestanden, veroorzaakt door de nu slechts zelden voorkomende doorbraken, te bestrijden en te overwinnen, kreeg de Betuwe den vorm, waarin wij haar thans op de kaart aantreffen.

De beddingen van de oude rivierarmen en hanken bestaan uit zeer grove grint, waarover door overstroming op overstroming zich het vruchtbare rivierslib heeft gezet, zoodat men bij grondboringen die grintlaag dan ook overal in de Betuwe, maar op afwisselende diepten, aantreft. De wording van die grintlaag in het oog houdende, is het duidelijk, dat die van af het verdeelpunt aan de Plei tot aan den mond van de rivier met het tegenwoordig rivierbed in gemeenschap staat, dewijl de rivierdijken die op den aangeslibden grond zijn opgewerkt, de grintlaag niet doordringen en er dus een gemeenschap bestaat tusschen de rivieren de Waal en de Neder-Rijn en de ingedijkte Betuwe.

Men kan zich de zaak voorstellen alsof het water van den Boven-Rijn, behalve langs de Waal en Neder-Rijn, door

een onderaardschen stroom, loopende onder de Betuwe, werd afgevoerd.

Hoezeer het profiel van dien stroom zeer groot is, kan het afvoerend vermogen slechts gering zijn, want de laag van grove grint is aangevuld met fijne kiezel en fijn zand en de weêrstand, die daardoor aan de beweging van het water wordt geboden, is zoo groot, dat wanneer men een buis in de grond doet dringen tot zij de bedoelde grintlaag bereikt, een waterstraal daaruit opspuit tot boven het maaiveld. Dit houdt evenwel slechts korten tijd aan, omdat de toevoer zoozeer belemmerd wordt. Na eenigen tijd zal de waterstand in de buis dan ook vrij constant worden en als het ware een veiligheidsklep vormen op den onderaardschen stroom.

Een dergelijke veiligheidsklep in het groot vinden wij in de kolk in den Nieuwen Dijk, waarvan wij hierboven de waterstanden beschouwden en in de verschillen van deze met de waterstanden op de rivier, die tusschen 1.50 M. en 2 M. varieeren, vindt men de maat van wederstand die de onderaardsche stroom heeft te overwinnen.

Uit het bovenstaande volgt, dat putten die dicht bij de rivierdijken zijn gelegen den invloed van de rivierstanden meer moeten gevoelen dan meer binnenwaarts gelegen putten en opmerkelijk is het dan ook dat het water in de putten E en F (in het dorp 'Opheusden en op een afstand van ongeveer 400 M. van den Rijndijk) steeds hooger stond dan in de put G nabij de Dodewaardsche brug of in de kolk nabij de Boelham.

Is deze schildering van de gemeenschap van het water binnendijks met het rivierwater niet zeer bemoedigend, zoo moet toch niet worden vergeten dat steeds een groot verschil in hoogte tusschen het binnen- en buitenwater blijft bestaan en dat, terwijl de Rijn van 9—20 Juni 0.82 M. opliep en van dien datum tot 9 Juli 1.09 M. daalde, het

grootste verschil in waterstand dat in den kolk werd waargenomen slechts 0.475 M. bedroeg.

Maar wij zien tevens uit de gedane waarnemingen dat het doordringen van de grintlaag geen gevaar hoegenaamd oplevert. Die grintlaag ligt toch zeker lager dan 2.00 M. + AP en de bodem der putten E, F en G ligt op 4.00 M. à 5.00 M. + AP en men ziet dat dit putwater niet minder onder den invloed staat van den rivierstand als het water in de kolk. Een uitzondering maakt de sloot achter de school nabij de putten E en F, die slechts eenige decimeters diep is en door lagen klei en humus van alle gemeenschap met de grintlaag is afgesneden.

De waterstand van de Wetering aan de Dodewaardsche brug (C) schijnt vrij onafhankelijk te zijn van de overige waargenomen waterhoogten. Althans de put G, die in de onmiddellijke nabijheid ligt, volgt meer de putten te Opheusden dan de Wetering. Voor kleine afwijkingen moet in het oog worden gehouden, dat de hoogte van het putwater veel afhangt van het gebruik, dat de laatste uren van dergelijke put is gemaakt.

Zeer tot mijn leedwezen is het mij niet mogen gelukken inzage te verkrijgen van het resultaat der grondboringen, die door den Waterstaat in de Betuwe zijn gedaan, en die in de helft der voorgaande maand tot een eind kwamen. Daaruit zullen met meer grond de bezwaren kunnen beoordeeld worden, die zich kunnen opdoen bij het maken der noodige kunstwerken, en waaraan wij hieronder nog een woord willen wijden.

Resumeeren wij echter voorloopig wat de onderzoekingen omtrent de kwel ons leeren:

1<sup>o</sup>. Dat het graven van het kanaal, geen bezwaar geeft voor kwelwater, ook al werd de grintlaag over de geheele lengte doorsneden;

2°. Dat in het tijdperk waarover onze waarnemingen loopen en waarbij de rivierstand zelfs tot 8.36 + AP klom, de hoogst waargenomen stand in de kolk slechts 6.375 M. + AP bedroeg, overeenkomende met ongeveer 6.17 M. + AP in de kanaalrichting (of nog 3 c. M. onder het door ons voorgestelde peil), zoodat gedurende dit tijdperk, bij zeer hoogen waterstand, geen toevloeiing van kwelwater zou hebben plaats gevonden en het te voorzien is, dat de stoommachine uit dien hoofde weinig zal behoeven te werken.

Blijft thans te bespreken de moeielijkheid om de noodige kunstwerken in de Betuwe tot stand te brengen.

Die moeielijkheid acht ik niet groot. Nadat door ontgraving en later, zoodra dit voordeeliger is, door baggeren de vereischte diepte is verkregen, kan een betonlaag van voldoende dikte onder de ontworpen hoofden en muren onder water gestort worden, waarop de metselwerken worden opgetrokken, nadat de put is drooggelegd. Wellicht is het zaak de betonlaag over de geheele schutkolk door te trekken, doch dit is alleen uit te maken na een nauwkeurig onderzoek naar de hoeveelheid water, die de kwel kan opleveren. In geen geval behoeft echter de sluisbouw kostbaarder te worden dan die met houten fundeering.

---