

ENIGE GREPEN
UIT DE ONTWIKKELING VAN
DE WATERBOUWKUNDE

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING
VAN HET AMBT VAN HOOGLERAAR IN
DE WATERBOUWKUNDE AAN DE
TECHNISCHE HOOGESCHOOL TE DELFT
OP WOENSDAG 5 NOVEMBER 1947

DOOR

Ir N. NANNINGA

DELFTSCHE UITGEVERS MAATSCHAPPIJ DELFT

1947

TRES Red. 1947

ENIGE GREPEN UIT DE ONTWIKKELING VAN DE WATERBOUWKUNDE

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING
VAN HET AMBT VAN HOOGLEERAAR IN
DE WATERBOUWKUNDE AAN DE
TECHNISCHE HOOGESCHOOL TE DELFT
OP WOENSDAG 5 NOVEMBER 1947

DOOR

Ir N. NANNINGA



DELFTSCHE UITGEVERS MAATSCHAPPIJ DELFT

1947

*Mijne Heren Curatoren, Professoren en Lectoren,
Dames en Heren, Privaatdocenten, Assistenten en
Studenten en voorts Gij allen, die deze bijeenkomst met
Uwe tegenwoordigheid vereert.*

Zeer geachte toehoorderessen en toehoorders,

Het water is in onze samenleving een belangrijk element. Onmisbaar in matige hoeveelheden, kan zijn aanwezigheid in al te grote overvloed ernstige gevolgen hebben.

Op indrukwekkende wijze gewaagt hiervan het zesde hoofdstuk uit het eerste boek van het Oude Testament met de beschrijving der zondvloed, over de aarde gebracht „om alle vlees, waarin de geest des levens is, van onder de hemel te verderven”.

Veelvuldiger zijn de bijbelverhalen over watergebrek in tijden van droogte en de daaruit voortvloeiende noden door voedseltekort. In de beschrijving van de zeven jaren des overvloeds, gevolgd door de zeven jaren van honger, doen de zeven dorre en van de Oosten-wind verzengde aren in de tweede droom van den Pharao wel vermoeden, dat grote droogte de oorzaak is geweest van deze langdurige hongersnood.

Het ligt voor de hand, dat de mens met zijn vernuft van de aanvang af getracht heeft, zich tegen de ongunstige gevolgen van de wisselingen der natuur zoveel mogelijk te vrijwaren, haar met zijn technische scheppingen te beheersen en aan zijn doeleinden dienstbaar te maken. De geschiedenis der techniek is zo oud als die der mensheid. De bestudering der maatregelen en de uitvoering van werken, die beogen, het nuttig gebruik van het water te bevorderen en de schadelijke werking te beperken, is daarbij de taak, die de waterbouwkundige zich ziet toegewezen.

In het op het rationele gerichte streven van onze tijd zijn wij van jongsaf grootgebracht in de wetenschap, dat een juiste ontginning der natuur een diep en grondig inzicht vraagt in de ver-

schijnselen, waarin zij zich openbaart en in de wetten, waaraan zij gehoorzaamt. Een rationele en doelbewuste techniek moet steunen op een ontwikkelde natuurwetenschap, welke die wetten naspert en in grootheden vastlegt, zodat de resultaten van elk kunstmatig ingrijpen kunnen worden voorspeld en de vereiste maatregelen in overeenstemming met het beoogde doel van te voren kunnen worden vastgesteld.

Van de techniek der Ouden, der Egyptenaren en Mesopotamiërs, die zozeer uitmunten in het aanleggen van grootse waterbouwkundige scheppingen, kan dat zeker niet worden gezegd. Hun irrigatiewerken, met hun dijken en kanalen, hun wateropvoerwerktuigen wekken nog onze bewondering. Hun techniek bleef echter een nabootsing van de natuur, welke verschijnselen wel werden opgemerkt, maar niet tot in hun wezen doorgrond. Door de ervaring der eeuwen ontwikkeld, verkreeg zij een grote volmaaktheid, maar bleef uitsluitend het domein van de handwerksman; de geleerde, voortkomende uit de heersende klasse en niet gekweld door de zorgen voor het dagelijks brood, richtte zijn denken niet op het materiele, doch hield zich bij voorkeur bezig met godsdienstige en wijsgerige vraagstukken. Van een afzonderlijk, doelbewust beoefend, op de practijk gericht natuuronderzoek kan niet gesproken worden.

Vooruitgang brachten de Grieken, die, critisch van geest, de wetenschap in logische banen leidden en, in Alexandrië, tot grote hoogte voerden. Daar voltooide Archimedes, die techniek en wetenschap op geniale wijze in zich verenigde, zijn opleiding. In hem waren de Grieken de weg naar de toegepaste natuurwetenschap wel dicht genaderd.

Zijn werk werd echter niet voortgezet. Want ook de Grieken, die het handwerk door hun slaven lieten verrichten, achtten het onwaardig, zich bij de beoefening der wetenschap op technische toepassingen te richten. Weldra deden de Oosterse mystieke invloeden zich weer gelden. De wetenschap verstarde en verloor zich in abstracte bespiegelingen.

Na de verovering van het Egyptische Rijk door de Arabieren verplaatste het wetenschappelijke leven zich naar Byzantium. Maar ook de Arabieren namen de gevonden beschaving gemakkelijk over en stichtten twee scholen, die van Bagdad en van Cordova,

die weldra met Byzantium konden wedijveren. Van hun waterbouwkundige vaardigheid getuigen nog hun scheppingen in Spanje. Met hun onderwerping door de Turken ging hun beschaving ten onder.

Van Byzantium drong geleidelijk veel kennis naar het Westen, vooral naar Italië, door. De kruistochten brachten een nauwe aanraking met de resten der Arabische Cultuur. En zo heerste in de Middeleeuwen reeds een intensieve wetenschappelijke bedrijvigheid, die zich echter voornamelijk beperkte tot het kloosterleven en weinig op verhoging der materiele welvaart was gericht.

Als met de verovering van het Byzantijnse Rijk door de Turken de wetenschap geheel naar het Westen wordt gedreven, zijn juist de grote ontdekkingsreizen ingezet. De zich ontwikkelende handel met de nieuw ontdekte gebieden stelt nieuwe problemen. De menselijke geest, zich van zijn kunnen bewust, aanvaardt in de verschijnselen der natuur niet meer de werkzaamheid van ondoorgrondelijke machten, doch vermoedt haar onderworpen aan vaste regels en wetten, welker geheimen zij tracht te doorgronden. De uitvinding der boekdrukkunst brengt de wetenschap aan een ieder, die het geschreven woord heeft leren verstaan. De tocht van MAGELHAES bewijst de bolvorm der aarde, 10 jaar later openbaart COPERNICUS zijn theorie omtrent het heelal.

STEVIN en GALILEÏ formuleren hun wetten der statica, GALILEÏ, HUYGHENS en NEWTON die der dynamica, terwijl LEIBNIZ en NEWTON een nieuw hoofdstuk toevoegen aan de wiskunde. Zij leggen de grondslagen waarop, in een steeds versneld tempo, de wetenschap voortgaat, een proces, dat, in zijn wisselwerking met de techniek, culmineert in de uitvinding van het stoomwerktuig, hetwelk de grote maatschappelijke evolutie veroorzaakt, waarmee, in het midden der vorige eeuw, een geheel nieuw tijdperk wordt ingeluid.

Industrieën verenigen zich tot grote nijverheidscentra, met een intensieve onderlinge uitwisseling van producten, mogelijk door de snelle opkomst van het gemechaniseerde verkeer, dat in een snel, goedkoop en geregeld vervoer kan voorzien. De daaruit voortvloeiende groei der verkeersintensiteit en de toenemende scheepsafmetingen noodzaken tot de aanleg van waterwegen van steeds grotere afmetingen en verbetering der bestaande. Het zich

ontwikkeld spoor- en later het autoverkeer, dat in uren afstanden aflegt, waarmede voordien evenveel dagen waren gemoeid, brengt een algehele ommekeer in de constructie van weglichaam en wegverharding, waaraan steeds hogere eisen worden gesteld. De snelle bevolkingsaanwas doet de behoefte ontstaan aan meer en betere cultuurgrond, waartoe inpolderingen en een vollediger waterbeheersing der bestaande gebieden noodzakelijk worden. De electrotechniek, die de energie op eenvoudige wijze over grote afstanden leert vervoeren, geeft de stoot tot de ontwikkeling van het waterkrachtwerk, dat ver van de verbruikscentra kan worden aangelegd.

Zo stelt de geschetste maatschappelijke evolutie de mensheid plotseling voor waterbouwkundige vraagstukken van ongekende grootte.

* * *

In de geschiedenis van de waterbouwkunde in het Westen heeft ons land, met zijn strijd tegen het water, wel steeds een grote rol gespeeld. Van de wijze, waarop onze oudste bewoners die strijd hebben gevoerd, getuigen nog de terpen; zij waren de laatste wijkplaatsen, wanneer de zee het omringende land had herschapen in een woelige watermassa. Maar toen de bevolking groeide, sloeg men de handen ineen en zocht door de aanleg van dijken het land definitief tegen overstroming te beveiligen. Die dijken werden voorzien van afsluitbare openingen, waardoor het overtollige binnenwater kon afvloeien, maar die het binnendringen van het hoge buitenwater beletten. De eerste uitwateringssluizen zullen gebouwd zijn bij de aanleg der eerste dijken.

Indien de ligging van de bodem zeer laag en de natuurlijke lozing niet voldoende was, werd het water op kunstmatige wijze verwijderd met opvoerwerktuigen, die door windkracht werden gedreven. Veelal wordt aangenomen, dat de eerste windwatermolen in het begin der vijftiende eeuw zijn intrede deed en in ons land zijn oorsprong vond.

Het rijke bezit aan kanalen voor de waterafvoer bracht een druk binnenscheepvaartverkeer. Dit leidde tot de ontwikkeling van de schutsluis, de scheepvaartverbinding bij uitstek tussen gebieden met verschillend waterniveau. De bouw van de eerste

schutsluis, eveneens in Nederland, zou omstreeks 1300 hebben plaats gevonden.

In doelstelling verschillend met de techniek der Ouden — hier het water als vijand geweerd, daar als vriend binnengehaald —, was toch de ontwikkeling analoog. Een ontwikkeling door ervaring, van geslacht op geslacht en leidend tot traditionele vormen en constructies, aangepast aan de weinig toenemende behoeften en vastgelegd in regels en voorschriften, door de eeuwen op hun deugdelijkheid getoetst. Zij was een handwerk, een wetenschap kan zij niet genoemd worden.

* *
* *

Met de boven vermelde plotselinge verzwaring der waterbouwkundige eisen werden ook de mogelijkheden zeer vergroot. Ik denk aan de invoering van de mechanisch aangedreven graaf- en transportwerktuigen, die in weinige uren verrichtten, wat vroeger een dagenlange moeizame arbeid vorderde van vele handen. Ook denk ik aan de ontwikkeling van het stoom- en motorgemaal, zodat de onberekenbare wind als energiebron kon worden gemist. Bij de aanleg van funderingen tot diep onder het grondwater bracht de pneumatische werkwijze uitkomst of werd de grondwaterspiegel ter plaatse met een mechanisch gedreven bronbemaalingsinstallatie verlaagd, zodat de drooglegging van de put verzekerd was.

Ook verkreeg men de beschikking over betere materialen, men leerde de productie van staal in grote hoeveelheden en van steeds betere samenstelling. De wetenschappelijk geleide fabricage van het portlandcement deed weldra, in combinatie met het staal, het gewapende beton ontstaan, dat met zijn weerstand tegen buiging en zijn bestendigheid in de waterbouwkunde nuttige toepassing vond.

Bij deze verzwaring der eisen en verruiming der mogelijkheden in constructie en uitvoering bood de oude beproefde ervarings-techniek met haar empirische regels en traditionele vormen echter geen houvast meer en deed zich de behoefte gevoelen aan theoretische grondslagen, met behulp waarvan vorm en afmetingen der constructie's van te voren konden worden bepaald.

Men verkreeg deze in de toegepaste mechanica, die de krachts-

werkingen leert berekenen in aan bepaalde belastingen onderworpen constructies en de afmetingen dier constructies zodanig bepalen dat de toelaatbare materiaalspanningen niet worden overschreden en de doorbuigingen binnen redelijke grenzen blijven. Zoals bekend, worden die constructies daartoe veelal opgebouwd gedacht uit een samenstel van staven en balken, die op logische wijze samengevoegd, een hechte eenheid vormen. De toegepaste mechanica der vaste bouwstoffen houdt zich dan ook voornamelijk bezig met het gedrag van de op trek of druk belaste staaf en de op buiging belaste balk, waarvan de beschouwingen in de regel tot de lijnspanningstoestand kunnen worden beperkt. De gebruikelijke bouwmaterialen laten hun vastheden en elastische eigenschappen in proefstaafjes en -balkjes gemakkelijk bepalen welke laatste eigenschappen zich binnen het gebied der toegelaten spanningen, zo leert de wet van HOOKE, met voldoende nauwkeurigheid laten uitdrukken in een voor elk materiaal constante coëfficiënt, de elasticiteitsmodulus.

En zo kon de toegepaste mechanica der vaste bouwstoffen, steunende op de leer van het evenwicht, de voorwaarden der toegelaten spanningen en doorbuigingen en de wet van HOOKE, zoals de meetkunde uit haar axioma's, langs theoretische weg worden ontwikkeld tot die basiswetenschap, die in het leven van de civielingenieur zulk een belangrijke plaats inneemt.

Voor het bepalen der afmetingen van waterbouwkundige constructies is de kennis van de toegepaste mechanica der vaste bouwstoffen alleen echter niet voldoende. Want nodig is voorts de kennis van de grootte der belastingen, en deze worden in de regel gevormd door de optredende grond- en waterdrukken. Daarvoor wordt inzicht vereist in het mechanisch gedrag van water en grond.

Het mechanisch gedrag van het water in rust bood, sinds de onderzoekingen van STEVIN en PASCAL, geen moeilijkheden meer. Lastig zijn daarentegen de stromingsverschijnselen van het bewegende water, die zich niet in enige alomgeldende wetten laten samenvatten of door gemakkelijk hanteerbare formules weer geven. Reeds GALILEÏ verzuchtte, dat de ontdekking van de loop der hemellichamen, ondanks hun ontzagwekkende afstand, hem

minder moeilijkheden opleverde dan de bestudering der stromingsverschijnselen, die zich toch voor onze ogen afspeelen.

In de practijk is echter de statische waterdruk veelal maatgevend; in sommige gevallen werd de dynamische werking in statische druk omgerekend door de invoering van coëfficiënten, waarvan de grootte op grond van ervaring werd vastgesteld.

Gecompliceerder dan de toegepaste mechanica der vaste stoffen is ook de mechanica van de grond, waar inplaats van lijnspanningstoestanden steeds vlak- en ruimtespanningstoestanden moeten worden beschouwd. Daar is voorts de grote gevarieerdheid in korrel-dichtheid en -samenstelling met de daaruit voortvloeiende verschillen in mechanische en elastische eigenschappen, welke laatste niet voldoen aan de wet van HOOKE.

Toch had men ook op dit gebied reeds enig inzicht. Zo was omstreeks 1770 door COULOMB het verband gelegd tussen de door een korrelmassa op een wand uitgeoefende uitersten drukken en de wrijvingsweerstand in die massa, welk verband door RANKINE op een bredere basis werd gesteld. Van de wijze, waarop de spanningen van plaatselijke lasten zich in de ondergrond verspreiden had men reeds enig begrip door de desbetreffende studies van BOUSSINESQ.

En aldus, uitgerust met uitgebreide mechanische hulpmiddelen, voorzien van nieuwe betere materialen en steunende op de nieuwe wetenschap der mechanica, achtte men zich in staat, constructies te bouwen steeds gedurfdere dan te voren. Het waren, zo scheen het, nog slechts economische, geen technische factoren, die de grenzen bepaalden van hetgeen mogelijk en verantwoord was.

* * *

Reeds spoedig bleek echter, dat men de grenzen van het technisch mogelijke toch wel eens te ver had uitgezet. Zo gaf het mogelijk geworden snelle mechanische grondverzet dikwijls ongedachte moeilijkheden, omdat het gedrag van de grond sterk afweek van hetgeen proeven en vroegere ervaringen en de daarop steunende berekeningen deden vermoeden, zodat soms kostbare voorzieningen moesten worden getroffen om het werk met succes te beëindigen. Soms bleek het bouwwerk geruime tijd stabiel om dan plotseling op onbegrijpelijke wijze te bezwijken.

Bekend zijn de taludafschuivingen van het Panamakanaal, die, na de ingebruikstelling in 1914, meer dan eens tot sluiting voor de scheepvaart noopten. Menigvuldig waren de doorbraken van stuwdammen, die tegen de druk van het opgestuwde en het geweld van het afstromende water niet bestand bleken. Bekend zijn voorts voorbeelden van havenhoofden en golfbrekers, die de kracht van de golven niet konden weerstaan en bezweken.

In Zweden werd men opgeschrikt door een serie taludafschuivingen in insnijdingen van de banen der Zweedse Spoorwegen, die grote schade veroorzaakten. De afschuiving van een kademuur te Gothenburg — in 1916 — verkreeg in ingenieurskringen grote bekendheid vanwege de onnaspeurlijkheid van haar oorzaken.

Ons land kreeg zijn spoorwegramp te Weesp — in 1918 — als gevolg van een verzakking van de Oostelijke oprit tot de spoorbrug over het Merwedekanaal. Gememoreerd zij voorts de bekende watersnood in 1916, veroorzaakt door de doorbraak der Zuiderzeedijken tijdens een hoge stormvloed.

Deze ongevallen wekten overal een sterk gevoel van onbehagen, omdat die ongelukken niet konden worden verklaard. Dit gevoel werd nog versterkt, doordat in vele landen de uitvoering van zeer grote waterbouwkundige werken op het programma stond; in ons land o.m. de Zuiderzeewerken, de Noordersluis te IJmuiden, de Maaskanalise en het Rijkswegenplan. Men begon te begrijpen, dat er nog vele vragen verborgen waren, die niet als zodanig waren herkend en waarvan de oplossing dringend was geboden. In verschillende landen werden commissie ingesteld, die tot taak hadden, meer licht te verschaffen en zo mogelijk richtlijnen te geven, die tot een vergroting van de zekerheid zouden leiden. In ons land dateert de instelling van de commissie van bouwgrondonderzoek van 1920. En tijdens de werkzaamheden dier commissies rijpte al gauw het inzicht, dat een vruchtbare oplossing van vele problemen langs theoretische weg niet mogelijk was, zolang men niet, door experimenteel onderzoek in goed geoutilleerde laboratoria, de gedragingen van de grond en van het water beter had leren kennen. Talrijke laboratoria, voor hydraulica en grondmechanica, verzezen, waaronder die in ons land, onder directie van Prof. THIJSSSE en ir. HUIZINGA, sindsdien aan de oplossing van

talrijke problemen in binnen- en buitenland hun medewerking verlenen.

Het is niet mijn bedoeling, de grote vooruitgang, sindsdien bereikt, op de voet te volgen. Liever wil ik hieruit een greep doen om die aan de hand van een enkel voorbeeld nader toe te lichten.

Ik stel U daarom voor Uw opmerkzaamheid met mij te willen richten op een wel bij uitstek waterbouwkundig werk, namelijk een stuw.

* * *

Een stuw is een kunstwerk dat, gebouwd in een rivier, het dwarsprofiel afsluit, zodat de afstroming van het water wordt belemmerd. Zij kan ten doel hebben een vergroting van de waterdiepte met het oog op scheepvaartbelangen of een plaatselijke verhoging van het peil, om het water zijdelings af te kunnen leiden. Soms ook heeft de stuwbouw in eerste instantie het vormen van een accumulatie ruimte tot doel. Tot regeling van het stuwpeil worden gemeenlijk openingen aangebracht, voorzien van beweegbare afsluitorganen. Soms ook wordt de gehele afsluiting bewerkstelligd door beweegbare eenheden, die naar behoefte kunnen worden geopend of gesloten. In geheel geopende stand stroomt het water dus vrijwel ongehinderd door. Men spreekt dan van beweegbare stuwen.

De drukken van het water zijn bij enig stuwverval al spoedig van betekenis en, bij een uitvoering in hout, zoals aanvankelijk gebruikelijk was, dienden de afmetingen der schuiven te worden beperkt. Dit was te meer het geval indien het heffen door handkracht moest geschieden. De berekening der schuiven en van de trekkracht geschiedde voor de grootste, dus statische waterdruk bij gesloten stand der schuiven.

De ontwikkeling in de staalbouw en het beschikbaar komen van elektrische energie, die mechanische aandrijving van de hef-inrichtingen gemakkelijk mogelijk maakte, hebben in de stuwbouw geleid tot het afsluiten met steeds grotere eenheden. Daardoor toch wordt de bediening vereenvoudigd en wordt opstuwing in de rivier bij hoge afvoeren beperkt, terwijl het scheepvaartverkeer de stuw in geopende stand kan passeren. Pijlerafstanden zijn daarbij bereikt van 40 m en meer.

Uiteraard worden de schuiven, die de waterdrukken zijdelings op de pijlers overbrengen dan zeer zwaar en zij krijgen een grote dikte. De verticale schuifbelasting en de hefkracht worden dan niet alleen bepaald door het eigen gewicht maar ook door de verticale drukken van het water boven en onder de schuif. Wordt deze nu een weinig geheven dan blijft de bovenbelasting vrijwel constant. Onder de schuif stroomt het water met grote snelheid af en zet daarbij zijn druk in snelheid om. Het schijnbare gewicht van de schuif kan dan plotseling sterk toenemen.

Merkwaardig is, dat dit probleem lange tijd volkomen werd verwaarloosd. Ik moge wijzen op het klassieke voorbeeld van de stuw te Laufenburg, gebouwd in 1914, alwaar de verwaarlozing van dit verschijnsel tot moeilijkheden leidde. En nog vijftien jaar later had eenzelfde veronachtzaming in ons land tot gevolg, dat de uitgebalanceerde hefdeuren van uitwateringssluizen niet konden worden geheven, omdat het gewicht der deuren en van het daarop afstromende water, tezamen met de zuigende werking van het onder afstromende water, het gewicht der tegenwichten zodanig overtrof, dat de schalmen der ophangkettingen over de kettingschijven slipten.

Toen eenmaal de aandacht op dit verschijnsel was gevallen, was de oplossing snel gevonden. Uit proeven bleek, dat over korte stroomtrajecten met grote versnellingen, zoals bij stuwopeningen, de waterdrukken met voldoende benadering met behulp van de wet van Bernoulli kunnen worden bepaald. Het stroombeeld moet daartoe bekend zijn. De potentiaaltheorie, gecombineerd met de leer der conforme afbeelding, bleek een gemakkelijk hanteerbaar hulpmiddel om dit beeld grafisch vast te leggen. Namen als VON MYSES, PRASIL e.a. zijn daaraan verbonden. Aan KULKA komt de verdienste toe, door zijn werk „Der Eisenwasserbau“ het belang van een wetenschappelijke behandeling der stromingsverschijnselen bij het ontwerpen van waterkerende constructies onder de aandacht van de constructeur te hebben gebracht.

Belangrijker nog, omdat het de stabiliteit van het gehele kunstwerk bepaalt, is het probleem van de uitputting van de bewegingsenergie van het water, dat de stuw met grote snelheid passeert. In het onverdedigde rivierbed beneden de stuw kan dit diepe uit-

kolkingen veroorzaken, welke tot ontgronding en vernieling van het kunstwerk kunnen leiden. Lange tijd heeft men zich gebaseerd op de ervaringen met reeds uitgevoerde stuwen. Ook daar onder- vond men echter met het toenemen der afmetingen grote teleur- stellingen, omdat niet alle factoren, die dit verschijnsel beheersen, waren onderkend en op de juiste wijze in het project waren verwerkt.

Ook dit vraagstuk is zijn oplossing aanzienlijk nader gebracht. Men heeft die vooral gevonden in een juiste vorm en diepteligging van de stortvloer, zodat de vrijkomende bewegingsenergie zoveel mogelijk door het water zelf wordt uitgeput. Het phenomeen van de watersprong, door sommigen zo lang beschouwd als een weten- schappelijke aardigheid, heeft daarmede zijn praktische betekenis bewezen. Ook in de afdeling der Weg- en Waterbouwkunde zijn, onder leiding of op initiatief van VAN MOURIK BROEKMAN en met steun van het Delftse Hogeschoolfonds, proefnemingen en studies omtrent bovengenoemde onderwerpen verricht. Binnenkort is een publicatie te verwachten van de hand van Ir OOSTERHOLT, betref- fende de omzettingen van energie, welke in het inwendige van een watersprong plaats vinden. Hij steunde hierbij op hydrodyna- mische berekeningen van prof. dr J. M. BURGERS en heeft meer klaarheid gebracht in dit vraagstuk, dat zo velen reeds heeft bezig gehouden.

Ten slotte moet voldoende zekerheid bestaan, dat het eigen gewicht van het kunstwerk met de daarop uitgeoefende drukken, die door het fundament worden overgebracht naar de grond, waarop het steunt, niet zo groot zijn, dat die ondergrond bezwijkt.

De door de stuw overgebrachte drukken zijn echter niet de enige belastingen waaraan de ondergrond is blootgesteld. Want onder de stuwvloer is het grondwater, voortgedreven door het opgezette bovenstroomse water in een toestand van voortdurende beweging. Bij een goede aansluiting van de stuwvloer op de grond is de bewegingssnelheid van dat water door de grote weerstand in de grond zeer gering en haar invloed kan worden verwaarloosd. Deze weerstanden geven omgekeerd in het grondmassief echter grote stroomofwaarts gerichte krachten, die de juist genoemde krachten van het oppervlaktewater op het kunstwerk versterken.

De berekening van de stabiliteit zou tot te gunstige en dus gevaarlijk misleidende conclusies leiden, indien deze krachten zouden worden verwaarloosd.

Van de invloed van dit stromende grondwater had men vóór 1916 echter nauwelijks enig begrip. Wel was gebleken, dat taluds van diep bemalen bouwputten beneden het grondwater minder steil konden worden opgezet dan in de droge. Men was op grond daarvan geneigd het water eigenschappen toe te kennen als smeermiddel en rekende, naar gelang de grond al dan niet met water was verzadigd, met verschillende schuifweerstand. Het vlak, dat de droge van de natte grond scheidt, noemt men daarom thans nog wel verwekingsvlak.

In 1916 ontwikkelde VERSLUYS zijn theorie omtrent het z.g. capillaire grondwater en wees daarin op de afhankelijkheid van water- en korrelspanningen. En allengs groeide het inzicht dat een grondmassief in het algemeen is opgebouwd uit korrels en in de poriën tussen die korrels het water en de lucht, die elk voor zich een eigen spanning hebben. Vermeld zij het juist en helder inzicht, waarvan van ITERSON blijk gaf toen in 1918 in „de Ingenieur” lange debatten werden gevoerd over de oorzaken van het bezwijken der Zuiderzeedijken. Scherp toonde hij aan, dat de grootste taludhelling van waterkerende dammen door de grootte en richting der stromingsdrukken van het grondwater ten zeerste wordt beïnvloed. Nadat dit inzicht eenmaal duidelijk was gevormd, was de eerste schrede gezet op de weg naar een snelle vooruitgang. Ook hier bleek de potentiaaltheorie met de leer der conforme afbeelding een nuttig hulpmiddel, om het stromingsbeeld in het grondmassief te bepalen. De grondslag voor de berekening was daarmee gelegd.

In 1935 publiceerden VAN MOURIK BROEKMAN en KEVERLING BUISMAN hun theorie omtrent de stromingsverschijnselen van het capillaire grondwater, dat, zoals ook uit proeven bleek, aan dezelfde wetten gehoorzaamt als het z.g. phreatische water. Daarin werden, in een evenwichtsberekening volgens de z.g. Zweedse methode der aangenomen gebogen glijdvlakken, de waterspanningen, positieve zowel als negatieve, in dat glijdvlak afzonderlijk in rekening gebracht. Ir BOSSEN en Ir GEUZE zullen zich met mij de goede dagen herinneren, dat wij daaraan hebben medegewerkt.

Ook het bovenbedoelde vraagstuk van de stabiliteit van de stuw was hiermede tot klaarheid gebracht.

* * *

Deze willekeurige greep uit de ontwikkeling van de stuwbouw moge U het inzicht hebben gegeven, hoe de waterbouwkunde, steunende op haar basisvakken, de toegepaste mechanica, de hydraulica en de grondmechanica, van ervaringsvak is geworden tot een wetenschap.

Vele problemen zijn sindsdien tot oplossing gebracht, doch ook nieuwe aan de orde gesteld. Want elke wetenschappelijke vooruitgang opent nieuwe perspectieven en brengt daarmede tevens binnen de gezichtskring een nieuw complex van eisen en behoeften, waarvan de vervulling dan weer moet worden gezocht.

Het zij mij in dit verband vergund van de waterbouwkundige techniek in engere zin over te gaan op de waterbouwkunde in het algemeen. Deze beoogt toch het scheppen van werken, die bepaalde belangen moeten dienen. De technische uitwerking van een project vormt dus slechts een deel van het algemene onderzoek, dat voorts omvat de bestudering en vaststelling der eisen in verband met de doeleinden, die worden nagestreefd. Ook hier heeft de ervaring met haar normen en regels plaats moeten maken voor diepgaande studies en hebben zich binnen het raam der waterbouwkunde talrijke, min of meer zelfstandige, vakgebieden ontwikkeld met hun bijzondere problemen op economisch, agrarisch, sociaal, hygienisch en ander terrein.

Naarmate die differentiatie voortschrijdt en de vakgebieden hun eisen stellen wordt ook het Delftse onderwijs steeds uitgebreid. Dit kan leiden tot het gevaar, dat dit onderwijs uiteenvalt in een conglomeraat van vakken, waarvan de stof zich ophoopt, terwijl een eenheid in de veelheid nog nauwelijks valt te ontdekken. Men zal dan gedwongen zijn tot beperking en meer ruimte moeten laten voor eigen ontwikkeling na de Delftse studie.

Uiteraard interesseert het ons, in welke richting die beperking moet worden geleid. Ik meen, dat de praktijk de weg reeds wijst. Want daar heeft de allesbeheersende enkeling allengs plaats moeten maken voor een organisatie van velen, waarvan een ieder voornamelijk deskundig is op zijn beperkt gebied. De ingenieur

speelt daarin een zeer belangrijke rol. Een helder inzicht in en open oog voor de factoren, waardoor de gezamenlijk geformuleerde eisen worden bepaald, is noodzakelijk. Maar de technische problemen eisen in de eerste plaats zijn aandacht. Ook daarvan zal hij vele niet zelf meer kunnen overzien en de samenwerking behoeven van specialisten en laboratoria. Hun studies moet hij echter kunnen volgen en de waarde der resultaten beseffen, wil hij deze op een juiste wijze tot uitdrukking brengen in het ontwerp, voor de technische kwaliteiten waarvan hij de verantwoordelijkheid draagt.

Deze gedachtengang volgend zou het onderwijs in de eerste plaats gericht moeten blijven op een zo volledig mogelijke technisch wetenschappelijke vorming. Op een grondig onderricht in de mathematische en fysische vakken in het algemeen en in de constructie- en de civiele basiswetenschappen, de toegepaste mechanica, de hydraulica en de grondmechanica in het bijzonder. Vakken welke toepassingen universeel zijn en waarvoor bij uitstek geldt de uitspraak van Prof. INGLIS dat zij, indien niet tijdig geleerd, nimmer worden geleerd. Zij vormen het noodzakelijke stevige fundament waarop een ieder zich in de richting van zijn aanleg en zijn keuze verder kan ontwikkelen en bekwamen.

Beperking ware eerder te overwegen in de beschouwende, de beschrijvende vakken. Dit lijkt mogelijk indien zij minder op het bijbrengen van feitenkennis, meer op het wekken van de belangstelling worden gericht. Zij zijn de vakken waarvoor uiteindelijk de praktijk zelf de enige goede leerschool is.

Ik zei zo juist dat in de plaats van de enkeling de organisatie is getreden. Het coördineren van de werkzaamheden der vele deskundigen op elk gebied, het afwegen der vaak tegenstrijdige belangen, kortom, het leiden der organisatie, teneinde het project op doelmatige wijze aan zijn bestemming te doen beantwoorden, is wel de hoogst denkbare vorm der civiele wetenschap. Men kan zich afvragen of juist daaraan, bij de zojuist voorgestelde beperking van het Delftse onderwijs, niet te weinig aandacht wordt besteed. Ik meen van niet. Die opleiding kan in Delft niet worden verzorgd. Slechts zeer weinigen bezitten de kwaliteiten om zulk een grootse taak met succes te volvoeren. Zij moeten in een langdurige praktijk worden gevormd en tijdens hun werk door

voortdurende studie en wijde belangstelling de breedheid van visie verkrijgen, die hen tenslotte boven hun vakgebied doet verheffen en als enkelen uit de velen van zelf naar voren doet komen.

* * *

Zeer geachte toehoorders,

Bij het aanvaarden van mijn ambt zij het mij vergund, mijn eerbiedige dank uit te spreken jegens Hare Majesteit de Koningin voor mijne benoeming tot hoogleraar aan de Technische Hoogeschool.

*Mijne Heren Leden van het College van Herstel,
Mijne Heren Curatoren der Technische Hoogeschool.*

Voor Uwe medewerking tot mijn benoeming ben ik U zeer erkentelijk. Dankbaar ben ik mij bewust van het grote vertrouwen dat daaruit spreekt. Dit zal voor mij een aansporing zijn tot het inzetten van al mijn krachten ten dienste van deze Hoogeschool.

Mijne Heren Hoogleraren,

Ik acht het een groot voorrecht van nu aan deel te mogen uitmaken van Uw uitgelezen gezelschap. Het is mijn stellig voor-nemen, al mijn krachten in te spannen, opdat mijn plaats in Uw midden een waardige moge zijn.

Mijne Heren Hoogleraren van de Afdeling Weg-, en Water-bouwkunde,

Velen Uwer waren mijn leermeesters tijdens mijn studie aan deze Hoogeschool. U allen heb ik, tijdens mijn werkzaamheden als docent, reeds leren kennen en waarden in Uw bereidwilligheid tot alle medewerking en steun, wanneer ik zulks behoefde. Ik weet dat mijn moeilijkheden nog vele zullen zijn; ik zie ze met vertrouwen tegemoet in de wetenschap niet alleen te staan en steeds op U te kunnen blijven rekenen.

Herdenken wil ik Prof. KEVERLING BUISMAN die, in 1938 naar Indië gegaan, de terugweg naar het vaderland, door de oorlog zag afgesneden en in Japanse internering een ontijdige dood vond.

Bij zijn terugkeer in Nederland had hij zich voornamelijk zullen wijden aan de grondmechanica en de waterbouwkundige constructie. Een deel daarvan komt thans op mijn schouders te rusten. Zijn heengaan is een groot verlies. Zijn inzicht en kunde en zijn onvermoeide ijver heeft ons land op het gebied der grondmechanica een internationale naam bezorgd. Mede onder zijn leiding heeft het door hem opgerichte laboratorium voor Grondmechanica zich tot grote hoogte ontwikkeld. Dat in 1948 het tweede internationale grondmechanisch congres — het eerste werd in 1936 aan de Harvard University gehouden — in ons land zal plaats vinden, is in hoge mate te danken aan zijn werken.

Twee maal, bij het Laboratorium voor Grondmechanica en bij de Aannemingsmaatschappij „De Kondor” had ik het voorrecht onder zijn — dikwijls directe — leiding te werken. Zijn nagedachtenis zal bij mij in grote ere blijven.

Hooggeleerde van Mourik Broekman.

die reeds op 25 jarigen leeftijd hoogleraar waart aan de Universiteit te Santiago, ontwerper en uitvoerder tevens van even talrijke als grootse waterbouwkundige scheppingen op schier elk gebied, wiens betrekkingen met Chili tot op de huidige dag getuigen van de grote achting, die gij U daar hebt verworven, het Koninklijk Besluit waarbij Gij als Hoogleraar aan deze Hoogeschool werd verbonden, heeft voor het Delftse onderwijs in de waterbouwkunde wel zeer gelukkige gevolgen gehad.

Gesteund door Uw rijke ervaring en Uw liefde voor het vak wist gij, op meesterlijke wijze, het enthousiasme te wekken van Uw leerlingen, die Uw colleges met de grootste belangstelling volgden.

Tot het laatst weest gij de weg, waar het er om ging het onderwijs aan te passen aan de steeds voortgaande eisen der praktijk.

Gij zaagt de grote betekenis van het wetenschappelijk research en legde mede de grondslag voor de totstandkoming der waterbouwkundige laboratoria.

Ik was Uw leerling toen ik student was, ik bleef Uw leerling toen ik — daarna — nog 3 jaar als Uw assistent werkzaam mocht zijn.

Dat Gij mij in 1942 vroeg of ik genegen en in staat zou zijn gedurende enige dagen per week mij opnieuw aan deze Hoogeschool te wijden, teneinde Uw taak te verlichten, kon ik slechts opvatten als een hoge onderscheiding. Met graagte heb ik de daarin geboden kans gegrepen om nog eenmaal van Uw lessen te profiteren.

Moge ik, bij het ingaan van mijn levensavond kunnen terugzien op een even arbeidzaam en bij uitstek vruchtbaar leven als Gij thans.

Hooggeleerde Zweers,

Geruime tijd heb ik onder U gewerkt aan de voorbereiding der plannen voor de Amsterdamse IJ-tunnel die — wilde aan de eis van elke rechtgeaarde Amsterdammer worden voldaan — de Rotterdamse Maastunnel in doelmatigheid en schoonheid zou moeten evenaren, ja zo mogelijk nog overtreffen.

Gij waart U bewust, dat Uw taak zwaar was en de uiterste krachtsinspanning vergde.

Ik heb U leren kennen als een veeleisende chef, wien het goede nauwelijks goed genoeg was, maar die ook door zijn voorbeeld zijn ondergeschikten tot de uiterste krachtsinspanning wist aan te sporen. De volle overgave, waarmede Gij U achter hen schaarde, was hun daarbij een grote steun en getuigde van een hoge opvatting van Uw leiderschap.

Onze verhouding is in de loop der jaren uitgegroeid tot grote vriendschap. Met dankbaarheid herinner ik mij de vele met U gevoerde gesprekken, die op mijn geestelijke vorming van onschatbare invloed zijn geweest.

Het verheugt mij, dat ons beider wegen zich hier in Delft weer verenigen.

Het stemt tot grote dankbaarheid dat het U, Vader en Moeder, vergund is, deze, ook voor U zo gewichtige, gebeurtenis in volle gezondheid bij te wonen. Dat Uw goede voorbeeld van eenvoud, arbeidzaamheid en plichtsbetrachting mij steeds moge leiden op de weg, die voor mij ligt.

Mijne Dames en Heren Studenten,

Een ontwikkelde techniek is voor een natie noodzakelijke voorwaarde voor rijkdom, waardigheid, onafhankelijkheid en macht. Aldus VIERENDEEL in zijn „Histoire du Technique”.

Voor ons land, dat, beroofd van een deel zijner rijkdommen en bestaansmiddelen, voor zijn dichte bevolking nieuwe bronnen moet zoeken, is zij een levenskwestie.

Of wij een bevredigende levensstandaard zullen kunnen handhaven hangt in hoge mate af van de wijze, waarop Gij in de toekomst Uw taak zult vervullen. Voor die taak bereidt Gij U onder moeilijke omstandigheden voor. Moeilijk door de nasleep der voorbije oorlogsjaren, moeilijk door de voortdurende uitbreiding der stof, moeilijk bovenal door Uw grote aantallen, die een geregeld persoonlijk contact tussen docent en student belemmeren.

Dat is te betreuren. Want hoezeer kunnen soms kleine moeilijkheden de voortgang van de studie vertragen, moeilijkheden, die, voorgelegd aan de betrokken docent, soms op verrassend eenvoudige wijze uit de weg kunnen worden geruimd.

Maar hier is een keerzijde. Want ook na Uw studie zult Gij dikwijls pas na lang dolen langs verkeerde paden de weg betreden, die recht naar het uiteindelijke doel voert. Ik heb echter ervaren, dat juist die zijpaden somtijds vergezichten opleveren, die de bestede meerdere moeite ruimschoots waard zijn.

Ik heb er op gewezen, dat de omvangrijkheid en ingewikkeldheid der huidige waterbouwkundige problemen dikwijls nopen tot een differentiatie der werkzaamheden en het instellen van een organisatie van deskundigen, waar vroeger de allesbeheersende enkeling regel was. Wellicht kan ook een onderlinge samenwerking Uwerzijds en een intensieve uitwisseling Uwer meningen onder elkaar er mede toe bijdragen, Uwe studie te verlichten en meer vruchtdragend te doen zijn.

Ik heb gezegd.

ERRATA.

Pagina 12. regel 17 van boven staat afstromende moet zijn rustende.

Pagina 12. regel 9 van onder staat MYSES moet zijn MISES.