

HET VERBAND TUSSEN HYDRAULICA  
EN HYDROLOGIE  
IN DE CULTUURTECHNIEK

*Openbare Les*

GEHOUDEN BIJ DE AANVAARDING VAN  
HET AMBT VAN LECTOR AAN DE  
LANDBOUWHOGESCHOOL OP 4 DECEMBER 1958

DOOR

IR. D. A. KRAIJENHOFF VAN DE LEUR



H. VEENMAN & ZONEN • WAGENINGEN

1703324

*Mijnheer de Voorzitter en Mijne Heren  
Leden van het Bestuur van de Landbouww-  
hogeschool,  
Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren,  
Docenten en Wetenschappelijke Medewer-  
kers,  
Dames en Heren Studenten en voorts Gij  
allen die hier aanwezig zijt,*

*Dames en Heren,*

Wie zich verdiept in de Nederlandse literatuur over de Cultuur-techniek van de laatste jaren, bemerkt aldaar dat de watersuppletie voor het gewas in de z.g. droogtegevoelige gebieden vele geesten bezig houdt. Het intensieve onderzoek naar de vochtthuishouding in de grond leidde tot het inzicht, dat het mogelijk moest zijn om ook van die gronden, welke bekend staan als arme zandgronden, een rijke oogst te winnen mits men er toe zou overgaan om de vochtthuishouding in de wortelzone te verbeteren. De opbrengstverhogingen welke men daarmee denkt te bereiken worden met indrukwekkende percentages uitgedrukt en het behoeft dan ook geen verwondering te wekken dat de gedachte aan een grootscheepse aanpak van de watersuppletie bij de cultuurtechnicus zonnige perspectieven opent. Daarnaast nemen echter de zorgen van de beheerders van ons beperkte zoetwaterkapitaal in evenredigheid toe. De grote vraag of en in hoeverre de aanvoer van de grote rivieren door middel van reservoirvorming aan de steeds toenemende behoefte aan zoet water zal kunnen voldoen, staat in het middelpunt van de belangstelling. Men is thans druk doende om de aldus ontstane kwestie van vraag en aanbod in het vlak van de geleide economie op te lossen. Het zij mij veroorloofd dat ik voorbij ga aan het probleem van het meest economisch waterverbruik en hier volsta met te constateren dat er in de nabije toekomst wellicht sprake zal zijn van watertransporten naar gebieden, welke door hun hoge ligging en de geringe waterhoudendheid van de bodem thans in het groeiseizoen een ernstig tekort aan bodemvocht vertonen.

Waar kwestie is van watertransport zal uiteraard de hydraulica of waterloopkunde een belangrijke rol spelen bij de oplossing van de aan dit transport verbonden vraagstukken.

Alvorens hier verder op in te gaan wil ik U echter nog enige overwegingen van algemene aard voorleggen, met het doel om de plaats van de hydraulica in de kringloop van het water nader aan te geven. Het is een opmerkelijk verschijnsel, dat de belangstelling van de Nederlandse hydraulicus zich tot voor kort vrijwel uitsluitend heeft gericht op de beweging van water, begrensd door bodem en wanden van een stroombedding en door een eventueel aanwezige vrije waterspiegel. Gevallen waarin bovendien toevloed of onttrekking van

water door deze begrenzing plaats vond, door neerslag, verdamping of beweging van water door de ondergrond, werden volgens de gangbare opvattingen gerekend te behoren tot een ander vakgebied, de hydrologie. Misschien kan men de verklaring voor deze opvatting vinden in het feit dat de hydraulische problemen voorheen vrijwel zonder uitzondering verband hielden met het transport van water, dat werd binnengebracht door de grote rivieren of ontstond door de getijbeweging in zee. De herkomst van de waterhoeveelheden wekte in mindere mate de belangstelling, men kon immers volstaan met metingen van afvoeren en waterstanden. Ook wanneer het ging om de ontwatering van polders en de afvoeren van kleine rivieren en beken, behielp men zich in hoofdzaak met ervaringscijfers zonder zich daarbij diepgaand bezig te houden met de wijze waarop de wateraanvoer naar gemalen, sluizen en waterleidingen tot stand kwam.

Wanneer men vervolgens de ontwikkeling van de hydrologie nagaat, dan kan men constateren dat deze samenvalt met de opkomst van de drinkwatervoorziening, die de belangstelling richtte op het voorkomen en het bewegen van water in de grond. De kennis van de grondwaterbeweging verschafte allengs ook de rekenmethoden die het mogelijk maakten om de aandrang van kwelwater naar polders te doorgronden. Het is een merkwaardig feit, dat men tot voor kort met het woord hydrologie veelal nog uitsluitend de leer van de grondwaterbeweging aanduidde, niettegenstaande de ontwikkeling welke de hydrologie reeds sinds tientallen jaren in Duitsland, Frankrijk, Amerika en, niet te vergeten, in het voormalige Nederlands-Indië had doorgemaakt. Eerst nadat het intensieve onderzoek naar de waterhuishouding in de landbouwgebieden tot ontwikkeling was gekomen, kwam men algemeen tot het besef dat ook de neerslag en de verdamping, naast de grondwaterbeweging, als integrerende onderdelen van de hydrologie moesten worden erkend. Dat hiermede de ontwikkeling van de hydrologie naar de breedte nog niet is afgesloten, zou ik willen illustreren met het Duitse begrip „Gewässerkunde”, een begrip dat reeds meer dan een halve eeuw niet alleen de neerslag, de verdamping en de grondwaterbeweging omvat, doch ook de waterbeweging door open waterlopen. Ook in Nederland is thans het stadium bereikt, waarin de landbouwkundige niet meer kan volstaan met te constateren, dat het gewas eist dat bepaalde hoeveelheden water, per oppervlakte eenheid, worden afgevoerd of aangevoerd. De cultuurtechniek houdt zich reeds intensief bezig met de vraag hoe zulks, in elk voorkomend geval, het beste kan geschieden. Hiermede heeft de agro-hydrologie zich dus reeds uitgestrekt over de grenzen van de hydraulica.

Het is evenzeer van belang om nu de ontwikkeling te beschouwen van de zijde van de hydraulicus, de man dus die zich van oudsher bezig houdt met het watertransport. Men komt dan tot de conclusie, dat hij zijn taak niet langer volledig kan vervullen door zijn basis-

gegevens uitsluitend te ontleen aan metingen van afvoeren en waterstanden. Het is zeker niet mijn bedoeling om de noodzaak van dergelijke metingen te bestrijden, integendeel, ik ben van mening dat een moderne analyse van de afvoer-verlooplijn, het handschrift van elke rivier of beek, in samenhang met neerslag, verdamping en grondwaterstanden, kan leiden tot een beter inzicht in de afvoeren en waterstanden welke men moet verwachten. Ik ben er daarom van overtuigd dat de hydraulicus zich ook moet gaan afvragen waar het door hem te transporteren water vandaan komt, of anders gezegd, hoe in detail de afvoer tot stand komt. Deze kwestie is in het bijzonder van belang waar de uitvoering van cultuurtechnische werken op grote schaal sinds enige tijd oorzaak is van wijzigingen in de afvoercharacteristieken van enkele kleine rivieren en beken. Het is niet uitgesloten dat ditzelfde straks ook voor de grote rivieren zal gelden. Langjarige reeksen van afvoergegevens en waterstandswaarnemingen, eertijds beschouwd als een veilige basis voor waterloopkundige studies, krijgen, in dit licht gezien, een minder absolute betekenis. Men zal er uit af kunnen lezen hoe de toestand was en wellicht ook hoe de toestand is veranderd, doch niet meer welke toestand men moet verwachten. Voor een juiste beoordeling van de toekomstige situatie zal een inzicht noodzakelijk zijn in de wijze waarop de uitvoering van cultuurtechnische werken veranderingen aanbrengt in de kringloop van het water.

Ik moge deze algemene overwegingen besluiten met de conclusie dat de agro-hydroloog-cultuurtechnicus zich met recht afvraagt wat de hydraulische consequenties zijn van zijn plannen voor de waterbeheersing, maar dat het daarnaast evenzeer noodzakelijk is dat de hydraulicus bereid is om als het ware uit zijn rivier- of beekbedding of uit zijn poldergemaal te stappen om het terrein van de cultuurtechniek binnen te treden en daar kennis te nemen van de factoren welke het watertransport in ruimere zin beheersen.

Wanneer ik mij nu afvraag welke plaats de hydraulica in de kringloop van het water dient in te nemen, dan meen ik op grond van de voorgaande overwegingen te mogen stellen, dat binnen de hydraulica een algemeen inzicht in de gehele kringloop van het water een noodzakelijk complement vormt van de meer speciale kennis van het watertransport.

Aansluitend op deze plaatsbepaling van de hydraulica in de kringloop van het water, stel ik mij thans ten doel om U, aan de hand van een beschouwing over de verbetering van de waterhuishouding in een droogtegevoelig gebied, toe te lichten hoe sterk de hydrologische aspecten van dit vraagstuk verweven zijn met de hydraulische oplossingen, welke voor het meer beperkte probleem van het watertransport in aanmerking komen.

Hiertoe is het nodig dat ik eerst in het kort uiteenzet hoe droogte-

gevoeligheid ontstaat en welke methoden men in Nederland denkt toe te passen om deze droogtegevoeligheid op te heffen.

Het is U allen bekend dat het gewas in de loop van het groeiseizoen door transpiratie een hoeveelheid water aan de bovenste lagen van het terrein onttrekt. Deze waterhoeveelheid is deels afkomstig uit de neerslag welke in deze periode optreedt en deels uit de vochtvoorraad, welke aan het begin van het groeiseizoen, in de vorm van hangwater, in de wortelzone aanwezig is. Nu is de neerslag in het groeiseizoen onvoldoende om de gehele waterbehoefte van het gewas te dekken en het zal dus afhangen van de hoeveelheid bodemvocht, die in de wortelzone beschikbaar is, of het gewas gedurende het gehele groeiseizoen op een optimale vochtvoorziening zal kunnen rekenen. In het algemeen geldt dat het gehalte aan fijne deeltjes en humusbestanddelen de waterhoudendheid van de wortelzone bepaalt. Indien dit gehalte laag is, zoals bij zandgronden, dan zal het veelvuldig voorkomen, dat de beschikbare hoeveelheid hangwater onvoldoende is om het neerslagtekort in het groeiseizoen te dekken. Wanneer bovendien de stand van het grondwater zo laag is, dat de plant geen vocht aan de capillaire zone kan onttrekken, zal de optimale vochtvoorziening worden onderbroken, en treedt droogteschade aan het gewas op.

In de hoger gelegen zandgronden van Oost-Brabant en Noord-Limburg doet dit geval zich voor, er treden belangrijke oogstdepressies op en de bijna jaarlijks voorkomende vochttekorten maken een intensief bodemgebruik onmogelijk. Een verbetering van de toestand kan daar alleen worden bereikt, wanneer men de vochtvoorziening van het gewas op kunstmatige wijze aanvult. Naar het oordeel van de cultuurtechnici die het vraagstuk van de watersuppletie bestuderen, komen hiervoor twee methoden in aanmerking: Men kan de natuurlijke neerslag aanvullen door kunstmatige beregening en men kan door infiltratie van aangevoerd water de grondwaterstand zo ver verhogen dat een capillaire opstijging van water naar de wortelzone mogelijk wordt. Wat betreft de aanleg en de exploitatie hebben beide methoden hun specifieke voor- en nadelen. Hieraan zal ik thans voorbijgaan, doch wel wil ik Uw aandacht vragen voor de geheel verschillende eisen welke deze methoden stellen aan de aanvoer van suppletiewater enerzijds en de afvoer van overtollig water anderzijds.

Ik beschouw daartoe eerst de kunstmatige beregening. Men zal kunstmatige beregening toepassen op die tijdstippen, waarop zich in de wortelzone een vochttekort dreigt voor te doen. Deze methode is dus uitsluitend gericht op een aanvulling van het hangwater in de bovenste terreinlagen en een goede bedrijfsvoering zal het doorzakken van belangrijke hoeveelheden naar het voor de plant onbereikbare grondwater kunnen voorkomen. De aanvoer behoeft dus slechts het neerslagtekort in het betrokken gebied te dekken, afgezien van

de verhoudingsgewijs geringe verliezen aan extra verdamping en zakwater. Wat de waterafvoer uit het betrokken gebied betreft, kan men vaststellen dat het diepe grondwater het water levert dat door riviertjes en beken wordt afgevoerd en aangezien de berekening geen verhoging van de grondwaterstand veroorzaakt, behoeft men ook geen vergroting van de afvoer uit het betrokken gebied te verwachten.

Geheel anders is de toestand echter, wanneer de grondwaterstand door infiltratie op een kunstmatig hoger peil wordt gehouden. De aanvoer van suppletiewater moet in dit geval niet alleen het neerslagtekort in de wortelzone dekken, doch het moet bovendien het verhoogde peil van het grondwater in stand houden. Dit betekent, dat een aanzienlijk deel van het aangevoerde water direct naar beken en riviertjes zal afvloeien, zonder dat het aan het gewas ten goede komt. De totale benodigde wateraanvoer kan daarom een veelvoud bedragen van het neerslagtekort in het groeiseizoen en wat de afvoer uit het betrokken gebied betreft, moet men bij toepassing van infiltratie wel degelijk rekening houden met een verhoging van de debieten van beken en riviertjes.

Op het eerste gezicht lijkt een verhoging van de beekafvoeren in de zomermaanden niet ongunstig. Een versterkte aandrang van grondwater zal alleen de basisafvoer vergroten en dat kan men voor vele van onze, aan vervuiling blootstaande, beken alleen maar een voordeel noemen. Het wordt echter anders wanneer men ook de zomerregenval in de beschouwing betreft.

Er moge dan in de zomer droogteschade aan gewassen optreden, in termen van regenhoeveelheden is de gemiddelde Nederlandse zomer allerminst een droog seizoen. Iedere vakantieganger is er mee vertrouwd dat er in een gemiddelde zomer meer regen valt dan in één van de andere seizoenen. Daar komt nog bij, dat de zomerregenval sterk in korte perioden is geconcentreerd; de grootste dagregenvallen vindt men uitsluitend in de zomermaanden. Warme lucht neemt veel meer waterdamp op dan koude lucht, zodat, bij snelle afkoeling door snelle opstijging van de lucht, in de zomermaanden in korte tijd kolossale regenhoeveelheden kunnen vrijkomen. Wanneer het bergend vermogen van het terrein niet in staat is om deze waterhoeveelheden vast te houden, ontstaan de zo gevreesde hoge zomerafvoeren. De schade welke deze veroorzaken kan zeer aanzienlijk zijn, getuige de ervaringen welke men in de laatste jaren in het oosten des lands heeft opgedaan.

Hoe is nu de situatie in de zandgebieden? In de huidige toestand ligt des zomers de grondwaterspiegel in onze Brabantse en Limburgse zandgronden zo laag, dat het terrein in staat is om grote, in korte tijd vallende, regenhoeveelheden op te nemen, zonder dat hierdoor een afvoertop in de beken zal worden veroorzaakt. Verhoogt men de grondwaterspiegel echter tot enige decimeters onder het maaiveld

dan zal tijdens een krachtige regenval het grondwater stijgen tot boven het gewenste peil. Wanneer het teveel aan water niet spoedig wordt afgevoerd, heeft men kans op luchtverdringing uit de wortelzone en dus schade aan het gewas. Dit gevaar is in een infiltratiegebied niet groot, want het dichte stelsel van leidingen garandeerd niet alleen een snelle aanvoer van suppletiewater, doch ook een snelle afvoer van overtollig water. De spoed waarmee het tijdelijk waterbezwaar wordt opgeheven is slechts afhankelijk van de voortvarendheid waarmee de schuiven naar de afvoerleidingen worden geopend. In de betrokken gebieden, waar overal een voldoende verhang voor krachtige waterlozing aanwezig is, bestaat niet de remmende invloed van een poldergemaal met een zekere maximum capaciteit. Deze omstandigheden zijn ongetwijfeld gunstig uit een oogpunt van waterbeheersing in het infiltratiegebied. Maar het zal U duidelijk zijn, dat een dergelijke snelle afvoer van overtollig water zich ook benedenstrooms, d.w.z. in de beek, onverminderd zal doen gelden. Dat het hier inderdaad om grote waterhoeveelheden gaat, bewijzen de afvoermetingen welke in één van de infiltratiegebieden van de Noordoostpolder werden verricht. Na een zomerregen van ongeveer 45 mm mat men daar een afvoerintensiteit van ca. 3 liter per seconde per hectare. Dit is een veelvoud van de maatgevende winterafvoer waarop beekverbeteringen worden berekend. Uit een studie over de spreiding van zomerregens kon worden afgeleid dat een gemiddelde dagregenval van tenminste 45 mm op een gebied van bijvoorbeeld 10.000 ha voorkomt met een frequentie van éénmaal in gemiddeld 14 jaren.

Ik meen U hiermede te hebben aangetoond dat de infiltratiemethode niet alleen een aanvoerprobleem met zich mede brengt, doch bovendien een niet te onderschatten afvoervraagstuk. De cultuurtechnicus zal, in zijn ijver om dorstend land van water te voorzien, met de nodige voorzichtigheid te werk moeten gaan, opdat hij benedenstrooms niet door overstromingen verliest wat hij bovenstrooms door infiltratie denkt te winnen.

Het feit, dat ik ook bij de kunstmatige berekening van wateraanvoer heb gesproken, wekt wellicht de indruk dat ik de mogelijkheid van het gebruik van grondwater heb verworpen. Dit is echter geenszins het geval en ik wil hierover dan ook gaarne enige opmerkingen maken.

Ik moge dan voorop stellen, dat in ons veranderlijk klimaat een snelle reactie op een dreigend watertekort in de wortelzone van groot belang is voor het nuttig effect van de watersuppletie. Het is daarom gewenst dat de waterwinplaats zich zo dicht mogelijk bij de plaats van waterverbruik bevindt. In dit opzicht is het oppompen van beregeningswater uit de ondergrond ideaal. Het bufferreservoir is hier vlak bij de hand, zodat een onmiddellijke toediening van

water aan de wortelzone op elk gewenst moment mogelijk is. De vraag doet zich echter voor, of een jaarlijks terugkerende onttrekking van grondwater niet zal leiden tot een voortgaande daling van de grondwaterstand. Verschillende afschrikwekkende voorbeelden uit het buitenland hebben ons, ook in Nederland, met een zekere angst vervuld. Men moet hierbij echter wel bedenken, dat zich in Nederland de gelukkige omstandigheid voordoet, dat de jaarlijkse regenval nog aanzienlijk groter is dan de optimale verdamping, welke men door kunstmatige beregening tracht te bereiken. Men behoeft daarom in Nederland niet te vrezen voor een voortschrijdende verlaging van de grondwaterstand alleen tengevolge van het oppompen van water voor de landbouw. Het is daarentegen wel een feit, dat de gemiddelde grondwaterstand zich op een lager niveau zal instellen. Dit kan moeilijkheden veroorzaken in de z.g. randgebieden, welke thans niet droogtegevoelig zijn bij de gratie van een hoge grondwaterstand. Daarbij komt nog, dat ons grondwaterreservoir ook andere belangen, buiten de landbouw, moet dienen. Ik denk hierbij aan de drinkwatervoorziening en aan de industrie. Beide hebben in de hoger gelegen zandgronden reeds aanzienlijke gevestigde belangen bij ons grondwaterkapitaal. Gezien de hoge kwaliteit van het daar aanwezige grondwater en voorts de lage funderingskosten voor machines, gebouwen en wegen op zandgronden, kan men verwachten dat de aanspraken van deze beide concurrenten van de landbouw nog sterk zullen toenemen. Het vraagstuk van het gebruik van grondwater zal daarom niet uitsluitend binnen de sfeer van de landbouw kunnen worden opgelost. Ik meen dan ook dat men de juiste weg heeft gekozen door de kunstmatige beregening niet uitsluitend afhankelijk te stellen van zijn invloed op het huidige grondwaterregime en dat men moet zoeken naar mogelijkheden om de onttrekking van grondwater, waar dit nodig is, te compenseren door infiltratie van aangevoerd water op de daarvoor geschikte plaatsen. Deze zienswijze houdt dus in, dat men geen afstand behoeft te doen van de geschetste voordelen van beregening met water uit het grondwaterreservoir, doch er volgt tevens uit, dat ook de kunstmatige beregening een aanvoerprobleem met zich mede kan brengen.

Wanneer men nu deze wateraanvoer vergelijkt met die, welke nodig is voor het instand houden van een verhoogde grondwaterstand, dan kan men ten aanzien van de wateraanvoer enige interessante conclusies trekken:

In de eerste plaats is de totale hoeveelheid aan te voeren water bij kunstmatige beregening veel kleiner dan de totale hoeveelheid welke nodig is voor het in stand houden van een verhoogde grondwaterstand door infiltratie.

In de tweede plaats kan men bij beregening met water uit de ondergrond het grondwaterreservoir als buffer inschakelen. De aanvoer behoeft dus niet samen te vallen met het plotseling optredend



waterverbruik. De toevoer van water naar het grondwaterreservoir kan over een betrekkelijk lange periode worden uitgestrekt en hij kan zelfs in tijden van waterschaarste tijdelijk worden gestaakt.

Bij een kunstmatige verhoging van de grondwaterstand zal de wateraanvoer, juist in tijden van aanhoudende droogte, op de grootste capaciteit moeten worden gebracht. Niet alleen moet dan de verhoogde transpiratie van het gewas worden gecompenseerd, doch ook de onverminderde wegwijzing van grondwater naar de beken moet worden aangevuld.

Aan het einde gekomen van deze hydrologische beschouwing kan ik vaststellen, dat de methode van watersuppletie in een hoger gelegen droogtegevoelig zandgebied, van doorslaggevende betekenis is voor de aan- en af te voeren waterhoeveelheden. Dit betreft niet alleen de totale te transporteren hoeveelheden, doch ook, en dit is van nog grotere hydraulische betekenis, de maximale transportcapaciteit waarop de aan- en afvoerleidingen moeten worden berekend.

U zult mij nu wellicht willen tegenwerpen dat ik hier wel een zeer extreem geval heb ingeleid. (Immers vormt een combinatie van de minimale waterhoudendheid van zand met een lage grondwaterstand wel een zeer ongunstig uitgangspunt voor een verbetering van de vochtvoorziening.) Ik heb dit met opzet gedaan omdat de meer gecompliceerde gevallen zich nu eenmaal niet lenen voor een behandeling in één voordracht. Doch ook in die gevallen geldt onverminderd, dat de hydraulicus zijn taak in verband met het watertransport alleen kan overzien wanneer hij een inzicht heeft in de hydrologische implicaties van cultuurtechnische maatregelen. En evenzeer is het noodzakelijk dat de agro-hydroloog voldoende hydraulisch inzicht heeft om de merites van zijn plannen ten aanzien van het watertransport te kunnen begrijpen.

Voortgaande langs de weg der extreme gevallen neem ik nu aan, dat er om enigerlei reden geen bufferreservoir in de onmiddellijke nabijheid van het verbruiksgebied kan worden gevonden of gevormd. Dit houdt dus in, dat het suppletiewater voor de landbouw over een betekenende afstand moet worden aangevoerd. Ook nu zal het nuttig effect van de watersuppletie alleen zijn verzekerd wanneer de wateraanvoer de wisselende waterbehoefte op de voet kan volgen. Men moet het stelsel van transportleidingen dus zo ontwerpen, dat na het optreden van de waterbehoefte het suppletiewater binnen de kortst mogelijke tijd in het verbruiksgebied beschikbaar is.

Tot dusverre heeft zich de aanvoer van water naar landbouwgebieden langs tamelijk rustige banen bewogen. In het vlakke land zijn de verhangen gering, zodat het aanwezige stelsel van kanalen en sloten in vele gevallen zowel voor de aanvoer als voor de afvoer kon dienst doen. Grote stroomsnelheden, met kans op aantasting van bodem en taluds, kwamen vrijwel niet voor en lekverliezen vormden

geen probleem. De verdampingsverliezen uit het ruime leidingennet werden als onvermijdelijk aanvaard, immers, wanneer men met het oog hierop de profielen zou verkleinen, zou men aldra in moeilijkheden geraken door de snelheid waarmee de aarden leidingen volgroeien en het watertransport wordt belemmerd.

Nu echter de watersuppletie van hoger gelegen gebieden aan de orde is gekomen, doet zich de noodzaak voor, om de eisen waaraan een stelsel van aanvoerleidingen moet voldoen, aan een meer nauwkeurige beschouwing te onderwerpen. Ook hierbij zal ik mij moeten beperken tot het aanstippen van enige hoofdpunten.

Om te beginnen wil ik nogmaals onderstrepen dat ons klimaat, in tegenstelling tot de bekende irrigatielanden, geen vaste droge tijd kent. De onregelmatige afwisseling van regenovervloed en regentekort laat zich in Nederland ten hoogste op een termijn van een dag met redelijke waarschijnlijkheid voorspellen. Daarom luidt de alles overheersende eis waaraan een goede watersuppletie moet voldoen, dat de wateraanvoer te allen tijde snel op de waterbehoefte moet kunnen reageren. Voor een aanvoerleiding betekent dit, dat er slechts weinig water nodig mag zijn om een hoge transportcapaciteit te bereiken. Hieraan is alleen te voldoen door een leidingtype te kiezen dat geschikt is voor hoge snelheden en dat daarbij een geringe eigen waterberging heeft. De technische vertaling van deze voorwaarden luidt: Een gunstig hydraulisch profiel met gladde wanden, die niet vatbaar zijn voor begroeiing en erosie.

Een tweede belangrijke overweging is, dat in het beschouwde geval het water van een laag gelegen winplaats naar een hoog gelegen verbruiksgebied moet worden vervoerd. Men heeft dus niet alleen de topografie van het terrein tegen, maar ook de grondwaterstanden in het terrein vertonen een helling tegengesteld aan het verhang in de transportleidingen. Dit houdt in, dat men bereid moet zijn om zich los te maken van de topografie en tevens van de traditionele denkwijze, volgens welke in de Nederlandse landbouw water uitsluitend door gegraven of natuurlijke leidingen kan worden vervoerd. Zich losmaken van de topografie van het terrein en de daarin voorkomende grondwaterstanden betekent in technische termen uitgedrukt: Waterdichte leidingen, en waar zulks nodig is, gesloten drukleidingen, dus buisleidingen langs een zo kort mogelijk tracé.

Er zijn nog tal van andere eisen, waaraan een transportleiding moet voldoen, zoals duurzaamheid van de constructie, lage onderhoudskosten, weinig terreinverlies voor leidingaanleg, geringe waterverliezen door lekkage en verdamping en een lage leidingweerstand.

Ik moet hier volstaan met het noemen van deze eisen, doch er is ten slotte nog één aspect van dit technische vraagstuk, dat hier moet worden vermeld. En dit betreft een overweging van juridische aard.

De Belemmeringenwet-Privaatrecht van 1927 maakt het onder meer mogelijk, dat een buisleiding, ten dienste van het algemeen

nut, door terreinen van anderen wordt gelegd, zonder dat daartoe onteigening nodig is. De hiertoe te volgen procedure is veel eenvoudiger, en de kosten aan schadevergoedingen zijn doorgaans veel lager, dan die welke gepaard gaan met de onteigening voor de aanleg van open leidingen en met de daarbij voorkomende schadesnijdingen en compenserende werken. Hieraan is inherent, dat in het geval van een ingegraven buisleiding praktisch geen terrein voor het oorspronkelijk gebruik verloren gaat, terwijl er voorts verhoudingsgewijze weinig complicaties optreden bij kruisingen van wegen, waterleidingen, e.d.

Hoewel deze laatste overweging weinig meer te maken heeft met de hydraulica, meende ik haar toch niet onvermeld te kunnen laten, omdat zij illustreert hoe een oplossing van een technisch probleem mede afhankelijk is van factoren welke buiten de eigenlijke techniek liggen.

De hier aan U voorgelegde analyse van het aanvoerprobleem heeft mij tot de conclusie geleid dat men bij het opstellen van een project voor de aanvoer van suppletiewater naar hoger gelegen gebieden, meer dan voorheen gebruikelijk was, zal moeten denken in termen van een waterleidingbedrijf voor de landbouw. Voor elk afzonderlijk geval zal men moeten nagaan met welke combinatie van bestaande, gegraven en beklede leidingen, open goten en buisleidingen, op de meest economische wijze, een snelle reactie van de wateraanvoer op de waterbehoefte kan worden verkregen. Wat betreft de technische mogelijkheden zal men voor ogen moeten houden, dat in Nederland niet alleen de techniek van het grondverzet, maar ook de betontechniek een hoge trap van ontwikkeling heeft bereikt. De kennis en ervaring van specialisten uit het waterleidings- en rioleringsvak zullen een belangrijke steun blijken te zijn bij de technische verwezenlijking van de wateraanvoer naar de hoger gelegen gebieden.

Dat ook in andere landen de ontwikkeling van de wateraanvoer in de hier geschetste richting gaat, blijkt ook uit het verslag van professor EIJSVOOGEL over zijn bevindingen in de Verenigde Staten („De Waterbeheersing in de Verenigde Staten”, Contactgroep Opvoering Produktiviteit). Met beton beklede leidingen en geprefabriceerde goten worden daar reeds algemeen toegepast.

Na deze uiteenzetting over de wateraanvoer, wil ik in het kort nog iets zeggen over de waterafvoer uit hoger gelegen zandgebieden.

Deze afvoer vindt plaats door de beken en riviertjes die men in deze gebieden vindt. Ik schetste reeds hoe deze afvoer kan worden beïnvloed door bepaalde methoden van watersuppletie, doch in het algemeen kan men stellen dat de uitvoering van cultuurtechnische werken, in een stroomgebied van een beek, invloed op het afvoerbeeld kan hebben.

Wanneer men zich nu een inzicht heeft verschaft in het te verwachten afvoerbeeld, zal men kunnen besluiten of de beek in zijn bestaande toestand over een voldoende afvoerend vermogen beschikt, of dat men dit vermogen door een beekverbetering zal moeten vergroten.

Nu is een beekverbetering in een zandgebied in wezen een buitengewoon moeilijke zaak. Immers, men heeft niet alleen te maken met het transport van water, maar ook met het transport van zand door het stromende water. Doordat de beek gedurende vele eeuwen aan zijn lot is overgelaten heeft zich een subtiel evenwicht gevormd tussen de meest voorkomende variaties van afvoeren en de vorm van het stroombed. Het verhang en het beekprofiel hebben zich zodanig ingesteld, dat alleen bij afvoeren boven een zekere grens zich belangrijke zandverplaatsingen en aantasting van bodem en oevers zullen voordoen, men spreekt dan wel van de vormgevende afvoer.

Het vraagstuk is daarom al zo ingewikkeld, omdat de bodemruwheid, dus ook de weerstandscoefficiënt, sterk kan veranderen zodra betekenende zandverplaatsingen gaan optreden. Op de ene plaats zullen zich golfjes en richels op de bodem vormen en neemt de weerstandscoefficiënt toe, terwijl op een andere plaats de krachtige stroom de bodem als het ware glad veegt en de weerstandscoefficiënt afneemt. Bij hoge afvoeren behoeft er dientengevolge geen vast verband te bestaan tussen de hoogte van de waterspiegel en de afvoer.

Recent modelonderzoek in de Verenigde Staten heeft aangetoond, dat de weerstandscoefficiënt in een zandbedding inderdaad zeer aanzienlijk kan stijgen en dalen in afhankelijkheid van het transport van bodemmateriaal. Metingen aan verschillende Nederlandse beken tonen eveneens een dergelijk verschijnsel, waarbij men soms de verklaring vond in de veranderende weerstand van de waterplanten waarmee in sommige beken en riviertjes de bodem is begroeid.

Door verruiming en kanalisatie van beken verstoort men niet alleen het natuurlijk evenwicht, doch men ontkomt bovendien niet aan de hier genoemde moeilijkheid van de wisselende stromingsweerstand. Indien niet wordt beschikt over inzicht in de optredende verschijnselen, gekoppeld aan een grote plaatselijke ervaring, dan kunnen de gevolgen van een beekverbetering op den duur zeer onaangenaam zijn. Er zullen zich plaatselijk hinderlijke zandhoeveelheden afzetten, waarvan de steeds terugkerende opruiming belangrijke uitgaven vergt, en op andere plaatsen doen zich onverwachte uitschuringen voor, die niet door een voldoende aanvoer van bodemmateriaal worden aangevuld. Bovendien zullen trajecten met een onoordeelkundig gekozen dwarsprofiel neiging vertonen om te verwilderen.

Het komt mij voor, dat in bepaalde gevallen ontlastkanalen een uitkomst uit deze moeilijkheden kunnen bieden. Door aldus de af-

voertoppen uit de beek weg te nemen, bevordert men de stabiliteit van de beek. Men moet er echter wel op bedacht zijn, dat ook een ontlastkanaal aan dezelfde gevaren zal blootstaan als een natuurlijke waterloop. In verband hiermede kan men overwegen om de bodem en de taluds van het ontlastkanaal te bekleden. Niet alleen voorkomt men dan aantasting van het kanaalbed, maar men kan bovendien ten volle profijt trekken van het grote verhang en de lage weerstandscoefficiënt van het rechte en gladde kanaal, hetgeen betekent dat men hoge stroomsnelheden kan toelaten. Zandafzettingen kunnen op de daartoe gekozen plaatsen worden gelocaliseerd en de kanaaldoorsnede kan aanzienlijk worden beperkt. In dit verband wil ik nogmaals Uw aandacht vestigen op het reeds genoemde rapport van professor EIJSVOOGEL, waarin grafieken zijn opgenomen die de besparing aan grondverzet en terreinbreedte bij beklede leidingen duidelijk in het licht stellen.

Ik besluit deze korte verhandeling over de afvoeren uit onze zandgebieden met het uitspreken van de hoop, dat men het hydraulisch onderzoek aan beken en kleine rivieren met kracht zal voortzetten en daarbij ook aandacht zal besteden aan de voorwaarden, welke de stabiliteit van de waterlopen bepalen. Het is mijn overtuiging, dat men hiertoe een belangrijke plaats zal moeten inruimen voor de studie van het materiaaltransport.

Hiermede ben ik aan het einde gekomen van mijn beschouwing, waarmede ik U heb willen tonen hoe de cultuurtechniek de scheidslijn tussen de hydraulica en de hydrologie heeft doen vervagen. Het forse ingrijpen van de cultuurtechnicus in de bestaande kringloop van het water, dwingt de hydraulicus om zich steeds opnieuw af te vragen, welke invloed deze ingreep zal hebben op het deel van de kringloop dat aan zijn speciale zorg is toevertrouwd.

*Zeer geachte toehoorders,*

Bij het aanvaarden van mijn ambt zij het mij vergund om mijn eerbiedige dank uit te spreken jegens Hare Majesteit de Koningin voor mijn benoeming tot lector aan de Landbouwhogeschool.

*Mijne Heren Voorzitter en Leden van het Bestuur van de Landbouwhogeschool,*

Ik ben U zeer erkentelijk voor het vertrouwen dat U in mij hebt gesteld toen U mij voor deze functie hebt willen voordragen. Het feit, dat U opnieuw een civiel ingenieur aan Uw docentencorps hebt willen toevoegen, moge ik zien als een uiting van Uw verlangen naar een verdere versterking van het reeds bestaande contact tussen de cultuurtechniek en de civiele techniek. Overtuigd als ik ben van de grote waarde van dit contact, verheugt het mij zeer dat Uw keuze

daarbij op mij is gevallen. Ik geef U gaarne de verzekering dat ik mij naar mijn beste vermogens van de mij opgedragen taak zal kwijten.

*Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren, Docenten en Wetenschappelijke Medewerkers,*

Nu ik in Uw werkgemeenschap ben opgenomen, voel ik mij in vele opzichten bevoorrecht. Niet alleen omdat ik een aandeel mag hebben in Uw verantwoordelijke taak bij de opleiding van de Wageningse ingenieur, maar tevens omdat de vriendschappelijke en hulpvaardige wijze, waarop velen Uwer mij reeds zijn tegemoet getreden, mij de overtuiging heeft gegeven dat ik mijn werk in een aangename en stimulerende omgeving zal mogen verrichten. Ik zal nog veel van U moeten leren teneinde mijn lessen en mijn onderzoek op het grote geheel van de Wageningse opleiding te kunnen richten. Ik doe hiertoe met vertrouwen een beroep op Uw verdere hulp.

*Hooggeleerde Eijsvoogel,*

Ik beschouw het als een onderscheiding dat U een deel van Uw onderwijstaak aan mij heeft willen overdragen en ik prijs mij gelukkig dat ik daarbij toegang heb tot Uw veelzijdige kennis en ervaring op het gebied van de toepassing van de civiele techniek in de landbouw. Gaarne geef ik uitdrukking aan mijn erkentelijkheid voor de moeite, welke U zich hebt getroost, naast de vervulling van Uw vele en belangrijke taken, om mij voor te bereiden op het werk dat ik thans ter hand heb genomen. Het vertrouwen, dat ik ook in de toekomst op Uw raad en hulp zal kunnen rekenen, is mij een grote steun.

*Hooggeleerde Hellinga,*

Mijn ervaringen van de laatste twee jaren doen mij de mening van velen delen dat het goed is om onder Uw leiding en dat wil zeggen met U te mogen werken.

Het nauwe verband tussen onze vakgebieden en onze grote gemeenschappelijke belangstelling geven mij alle aanleiding om te veronderstellen dat ik ook in de toekomst met evenveel voldoening met U zal mogen samenwerken.

*Hoogedelgestrenge Visser,*

De mij toegemeten tijd laat niet toe dat ik mij tot allen richt, aan wie ik voor mijn opleiding dank verschuldigd ben. Ik wil mij deze gelegenheid echter niet laten ontgaan, om thans in brede kring, uitdrukking te geven aan mijn grote waardering en dankbaarheid voor de mogelijkheid, welke U mij hebt geboden, om in de door U geleide Colloquia kennis te nemen van de belangwekkende vorderin-

gen van het agro-hydrologisch onderzoek. De grote zorg waarmede U deze colloquia hebt voorbereid en de wijze waarop U aan het besprokene een ruim perspectief wist te geven, hebben er belangrijk toe bijgedragen, dat ik thans niet geheel vreemd meer sta tegenover een aantal vraagstukken verbonden aan de waterbeheersing voor de landbouw.

*Dames en Heren Studenten,*

De hydraulica en de grondmechanica zijn beide basisvakken van de weg- en waterbouwkunde. De wijze waarop deze basisvakken aan de Landbouwhogeschool worden gedoceerd wordt dus bepaald door de plaats, die het onderwijs in de weg en waterbouwkunde inneemt bij de opleiding van de cultuurtechnicus. In een uitvoerige beschouwing, welke de toenmalige Rector Magnificus, professor EIJSVOOGEL, in zijn rede op 9 maart 1955, aan dit onderwerp heeft gewijd, vindt men de conclusie, dat de landbouwkundige vorming van de cultuurtechnicus zo veel tijd in beslag neemt, dat er geen sprake kan zijn van een min of meer volledige technische scholing. De technische opleiding van de toekomstige ontwerper van cultuurtechnische werken is er op gericht, dat hij de aard van de technische vraagstukken, waartoe de landbouwkundige eisen aanleiding geven, zal leren onderkennen, zodat hij in staat zal zijn tot een vruchtbare samenwerking met zijn, in de natte waterbouwkunde gespecialiseerde, civiel technische collega. Daarnaast zal hij zich echter ook een voldoende inzicht moeten verwerven om in de gevallen, waarin hij van gespecialiseerde technische steun is verstoken, zelf eenvoudige constructies te onderwerpen, welke aan de landbouwkundige eisen voldoen, ook al zal het technisch niveau van zijn ontwerpen dan noodgedwongen lager moeten liggen.

Hiermede is dus tevens aangegeven welk tweeledig doel ik voor ogen moet houden wanneer ik U voorga bij Uw studie in de hydraulica en de grondmechanica. Ik heb met vreugde ervaren dat ons contact niet beperkt hoeft te blijven tot een monoloog in het leslokaal. Ik wens U op om gebruik te maken van de mogelijkheid om ook buiten de lessen met mij over de stof te praten, wij zullen er beiden voordeel van kunnen hebben.

Ten slotte wil ik opmerken dat de techniek, hoe interessant en belangrijk ook, slechts één van de gebieden vormt, waarop ik U hoop te ontmoeten.

Ik heb gezegd.