

mei 1983

NOTA 1415^I

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

VERSLAG VAN EEN STUDIEREIS NAAR DE VERENIGDE STATEN

5 DECEMBER-17 DECEMBER 1982

ir. L.C.P.M. Stuyt



Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

3 JUNI 1983

JSN 104120_01

I N H O U D

	B12.
1. INLEIDING	1
2. INTERNATIONAL DRAINAGE WORKSHOP, 5 TOT EN MET 12 DECEMBER, WASHINGTON, DC	3
3. FOURTH NATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 13 EN 14 DECEMBER, CHICAGO, I11	12
4. WINTER MEETING VAN DE ASAE, 14 TOT EN MET 17 DECEMBER, CHICAGO, I11	24

1. INLEIDING

In de wetenschappelijke drainagewereld worden geregeld internationale bijeenkomsten gehouden om de stand van zaken met betrekking tot het onderzoek te bespreken. In december 1982 werden in de Verenigde Staten opeenvolgend drie bijeenkomsten georganiseerd. De eerste was de 'International Drainage Workshop on Drainage Materials' te Washington, DC., van 5 tot 12 december. Deze workshop moet worden beschouwd als een vervolg op de 'Drainage Workshop' te Wageningen in 1978. In een dergelijke workshop is het aantal deelnemers in de regel beperkt.

De workshop werd gevolgd door twee bijeenkomsten in Chicago, Ill. Op 13 en 14 december het Fourth National Drainage Symposium; een

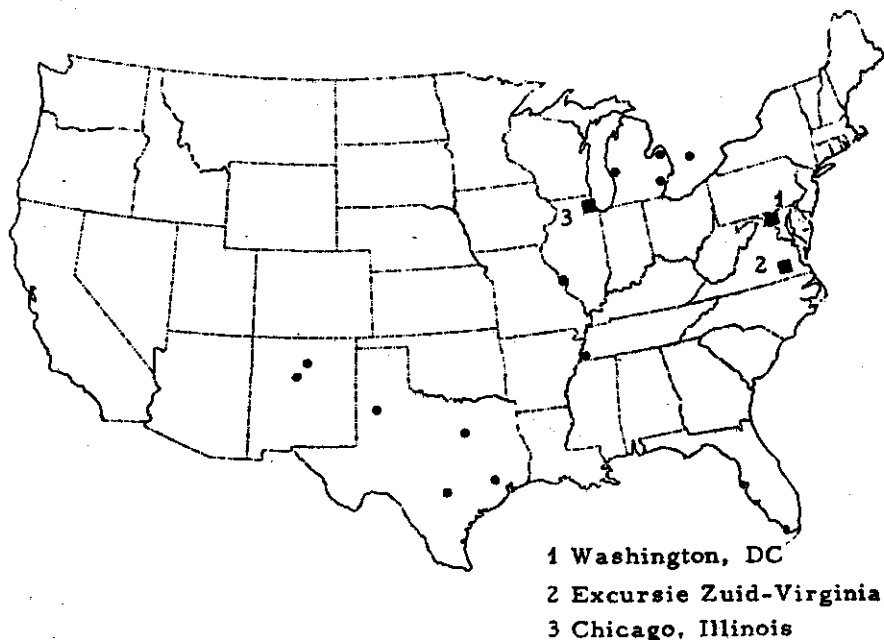


Fig. 1. Bezochte plaatsen studiereis

voornamelijk Noordamerikaanse aangelegenheid met ruim 225 deelnemers. Aansluitend de ASAE Winter Meeting, een driedaagse bijeenkomst, waarop nieuwe ontwikkelingen in landbouwwetenschappen tijdens twaalf simultane sessies in de vorm van paper-presentaties aan de orde kwamen. De Winter Meeting van de American Society of Agricultural Engineers wordt jaarlijks gehouden met ruim 1500 deelnemers.

Deelname aan de Drainage Workshop was op uitnodiging na een 'call for papers'. Voor de buitenlandse deelnemers werd de vliegticket betaald door de CPTA: de Corrugated Plastic Tubing Association of

America. Als voorwaarde werd gesteld dat de deelnemers beide bijeenkomsten in Chicago zouden bijwonen.



Na de bijeenkomsten in Chicago werd een groot aantal drainage-objekten bezocht in de staat Michigan (USA) en de provincie Ontario (Canada). Tevens werd een bijeenkomst bezocht te St. Louis (Missouri) waar het gebruik van

bodemstabilisatoren werd besproken. Deze week werd georganiseerd door een ondernemer met belangen in aanleg van drainagesystemen en drainage-materialen. Er werden 25 bodemonsters verzameld. Deze monsters worden geanalyseerd (textuur), waarna in een separate, in het Engels gestelde nota, verslag wordt gedaan.

Tijdens de studiereis werd vier maal een presentatie verzorgd met als titel 'Drainage Envelope Research in the Netherlands'. Tijdens de bijeenkomsten werd een aantal nuttige contacten gelegd.

De op de - tweede - Drainage Workshop besproken papers worden in het voorjaar van 1983 gepubliceerd als 'Proceedings of the Second Drainage Workshop' door Dr. Lyman S. Willardson, editor en voorzitter van de workshop. Tevens werd de wens uitgedrukt dat, na Nederland en de Verenigde Staten, een derde land het initiatief zou nemen om aan deze succesvolle workshop een vervolg te geven.

2. INTERNATIONAL DRAINAGE WORKSHOP, 5 TOT EN MET 12 DECEMBER,
WASHINGTON, DC

Het aantal deelnemers aan deze workshop bedroeg 38; 21 uit de Verenigde Staten en 6 uit Canada. Uit Europa kwamen 7 deelnemers, te weten uit België, Engeland, Frankrijk, de Bondsrepubliek, Nederland en Zweden. Daarnaast waren Egypte, Suriname, Trinidad, Tobago en de USSR vertegenwoordigd. Van dit gezelschap was 64% wetenschappelijk onderzoeker; de rest bestond uit fabrikanten en draineurs. In de gepresenteerde papers kwamen de volgende onderwerpen aan bod: proefveld- en laboratoriumexperimenten op het gebied van verstoppingen van buizen en omhullingsmaterialen (40%), experimenten met proefvelden (20%), gevoeligheid van buizen voor samendrukking (20%) en buismaterialen (20%).

Omhullingsmaterialen vormen nog steeds het belangrijkste knelpunt. In Noord-Amerika is er wat de materiaalkeuze betreft van een soort tweedeling sprake. In het oosten gebruikt men voornamelijk 'dunne' materialen, in het westen grind en grof zand. Resultaten van het meest recente proefveldonderzoek werden uitgebreid bediscussieerd. De resultaten, geboekt met dunne omhullingsmaterialen zijn in het algemeen gunstig, maar de experimenten toonden toch weer aan, dat grind en grof zand als materiaal rondom de buis het best voldoen. Daarnaast werden enige laboratoriumexperimenten gepresenteerd en besproken, onder andere die welke thans op het ICW worden uitgevoerd.

William R. Johnston kwam met resultaten van proefveldonderzoek uitgevoerd in de semi-ariëde San Joaquin Valley, Californië. Doel van het onderzoek was het onder veldomstandigheden vergelijken van grind (7,6 cm), polyester kous, spun-bonded nylon ('Drainguard') en een Russisch synthetisch omhullingsmateriaal. Het grind was goed gesorteerd met een gemiddelde korreldiameter (D50) van 4,9 mm.

De uitkomsten van dit onderzoek geven aan dat, met betrekking tot ontwaterings- en ontziltningsefficiëncy, grind superieure eigenschappen bezit ten opzichte van dunne materialen. Bij beide soorten omhullingsmateriaal was nauwelijks sprake van zandinspoeling in de buis.

Criteria op grond waarvan omhullingsmaterialen moeten worden gekozen zijn nog steeds niet goed opgesteld, vooral niet voor goed-

gestructureerde gronden. Robert Lagacé presenteerde in zijn paper 'Prediction of Drain Silting and Filter Requirement Criteria' een nieuwe benadering van dit probleem: de grootteverdeling van bodem-aggregaten.

Alle studies met betrekking tot verstoppingsverschijnselen zijn gebaseerd op analyse van de textuur en niet op die van de structuur, behalve dan enkele kwalitatieve aspecten hiervan. Wanneer we de aggregaat-grootteverdeling in onze studies zouden betrekken, zouden we misschien potentiële verstopping beter kunnen voorspellen, en betere criteria voor omhullingsmateriaal kunnen ontwikkelen. Op 13 bedrijven in Québec werden op 25 plaatsen bodemonsters genomen: in de drain, vlak buiten de drain en op 50 cm afstand. De hoogte van het sediment in de buis werd gemeten, naast nog een vijftal parameters, aan de hand waarvan de sedimentatiediepte in de buis kan worden voorspeld. Wordt in dit model naast de korrelgrootteverdeling tevens de aggregaat-grootteverdeling gebruikt, dan leidt dit tot significant betere voorspellingen van de te verwachten mate van inzanding.

Stuart Le Grice (Engeland) heeft de mate van het optreden van inzanden van drainbuizen in Engeland systematisch onderzocht: 'The Extent and Causes of Sediment Build-up in Field Drains in England and Wales'. De gegevens zijn afkomstig uit 1024 plaatsen en werden verzameld gedurende de periode 1971-1980. De resultaten geven aan dat sterke inzandingen in Engeland en Wales slechts bij uitzondering voorkomen. De meeste problemen werden veroorzaakt door tekortkomingen in de drainagesystemen, zoals te grote openingen tussen kleibuizen, te kleine gradiënt en 'verdrongen' eindbuizen. In de meeste gevallen betreft het hier installatiefouten. Zoals verwacht leidt een verhoogd lutumgehalte tot afname van verstopping van buizen, en vertonen alleen gronden met een hoog gehalte aan zeer fijn zand en/of silt in hoge mate verstoppingsverschijnselen. In Engeland en Wales spreken we dan van hoogstens 5% van alle gedraineerde percelen.

In zijn verhaal 'Straw Envelopes and Filters for Corrugated Plastic Subsurface Drains' pleit Frank Penkava (Canada) voor het gebruik van stro als omhullingsmateriaal, in combinatie met glasvlies. Het glasvlies moet tussen de stro en de bodem worden aangebracht; brengen we het direct om de buis aan dan heeft dit een averechtse uitwerking.

Frank's betoog vond weinig weerklank.

Het gebruik van dunne omhullingsmaterialen is in delen van de USA en Canada algemeen. Parallel hiermee loopt onderzoek aan deze materialen, dat in Europa nauwelijks werd uitgevoerd. In zijn bijdrage 'Synthetic Envelope Materials for Subsurface Drains' geeft consultant Ron Reeve een overzicht van dit soort laboratoriumonderzoek. Uitgangspunt bij dunne omhullingsmaterialen is het tegenhouden en stabiliseren van bodemmateriaal dat tegen de buis aanligt: '... an envelope is a permeable constraint ...'. Naast Reeve hebben Willardson en Walker veel werk gedaan op dit gebied: zij definieerden en maten de kritische hydraulische gradiënt ('failure gradient'). Dit is de hydraulische gradiënt waarbij de sleepkracht van het stromende water zo groot wordt dat bodemdeeltjes op drift raken. De kritische hydraulische gradiënt is voornamelijk afhankelijk van het bodemtype. Willardson toonde aan dat mechanische ondersteuning van de bodem belangrijk is omdat hierdoor de stabiliteit verbetert. De belangrijkste factor die de hydraulische gradiënt in de bodem op de grens met de buis bepaalt is de geperforeerde oppervlakte (van buis of, indien aanwezig, van het omhullingsmateriaal) die voor de waterstroming beschikbaar is. Verhoging van de perforatiegraad en installatie van omhullingsmateriaal leidt tot verlaging van de hydraulische gradiënt. Die gradiënt moet lager zijn dan de gradiënt waarbij de bodem instabiel wordt en gaat vloeien. Grind is zeer effectief wanneer het erom gaat de hydraulische gradiënt bij de buis te verlagen. Bij dunne synthetische materialen is dit niet zo, maar dankzij de mechanische ondersteuning van het bodemmateriaal zal, bij overschrijding van de kritische gradiënt behorende bij het bewuste bodemtype, de bodem niet gaan vloeien. Er zal dan hoogstens enige fijne fractie worden uitgespoeld, en de bodem stabiliseert snel. Bij volumineuze omhullingsmaterialen (cocos, polypropyleen, e.d.) stabiliseert het bodemmateriaal doorgaans eerst nadat een aanzienlijke hoeveelheid bodemmateriaal door het omhullingsmateriaal en de buis is gespoeld. Dit komt omdat de poriën van deze omhullingsmaterialen veel te groot zijn in verhouding tot de gemiddelde deeltjesgrootte van het te draineren bodemmateriaal. Willardson werkte, net als Reeve, met zeven sterk uiteenlopende maaswijdten. De invloed van de maaswijdte is veel geringer dan altijd werd verondersteld.

Indien de hydraulische gradiënt de kritische gradiënt van het bodemmateriaal overtreft kan de hydraulische gradiënt worden verlaagd door de buisdiameter te vergroten, grind als omhullingsmateriaal toe te passen, of draindiepte en/of -afstand te verkleinen. Overigens geeft het verhaal van Willardson aan dat doorspuiten bij volumineuze omhullingsmaterialen gevaarlijker is dan bij dunne materialen. De bodem rond de buis, en in het volumineuze omhullingsmateriaal komt door de hoge waterdruk vaak in vloeibare toestand, en zodra de druk afneemt (i.c. de spuitkop is gepasseerd) heeft de bodem te weinig mechanische steun omdat de poriën van het volumineuze omhullingsmateriaal relatief groot zijn, en het bodemmateriaal vloeit in de buis.

Een overzicht van het onderzoek op het ICW werd gepresenteerd in 'Drainage Envelope Research in the Netherlands'. Dit verhaal werd goed ontvangen. Er was veel belangstelling voor de nieuwe bepalingmethode van de poriëngrootteverdeling van volumineuze omhullingsmaterialen. In de presentatie werden de in Europa en Noord-Amerika gebruikte materialen kritisch vergeleken. In de meeste gevallen blijkt traditie een belangrijke rol te spelen bij de keuze van een omhullingsmateriaal.

Het onderzoek aan omhullingsmaterialen in Noord-Amerika is incidenteel, nogal versnipperd en sterk afhankelijk van sponsors. Daarom bestond er veel belangstelling voor het onderzoek op het ICW, omdat dit een meer permanent karakter heeft, en er veel facetten worden uitgediept.

Jan van Schilfgaarde (Riverside, Californië) benadrukte dat het elektrochemische aspect van het mechanische verstoppingsfenomeen nog veel te weinig aandacht krijgt. Dit aspect wordt dan ook per 1983 in het onderzoek op het ICW geïncorporeerd.

Naast mechanische verstoppingsverschijnselen kwam ook het probleem van biologische verstopping van buizen en omhullingsmaterialen uitgebreid ter sprake. Sommige omhullingsmaterialen verstoppen eerder dan andere, maar er blijkt voor dit probleem nog altijd geen afdoende oplossing te bestaan. Dr. Harry Ford (Florida) presenteerde resultaten van een uitgebreid onderzoek op dit gebied aan de hand van twee papers: 'Some Fundamentals of Iron and Slime Deposition in Drains' en

'Biological Clogging of Synthetic Drain Envelopes'. De 'grondstof' voor ijzernerlagen in buis en omhullingsmateriaal is het gereduceerde tweewaardige (Fe^{2+}) ijzerion in oplossing. Hoe meer Fe^{2+} in het grondwater in oplossing is, desto groter is de kans dat ijzerverstopping optreedt. De reductie van driewaardige ijzer (Fe^{3+}) naar Fe^{2+} is afhankelijk van de activiteit van micro-organismen die onder anaërobe omstandigheden zuurstof verbruiken. Hoe hoger het gehalte aan organische stof in de bodem, desto sneller zal Fe^{2+} worden gevormd, immers, organische stof is een uitstekende voedingsbodem voor genoemde micro-organismen. Wil men in staat zijn om (toekomstige) ijzerverstopping accuraat te voorspellen, dan is het onvoldoende om alleen het ijzergehalte van de bodem te meten. Is er niet voldoende organische stof in het profiel aanwezig, dan zal de aanwezige Fe^{3+} niet gereduceerd kunnen worden, en vervolgens in het bodemvocht terecht kunnen komen, en dan is het verstoppingsgevaar dus gering. Harry Ford ontwikkelde een snelle methode om het Fe^{2+} -gehalte in het bodemvocht vast te stellen, naast de Fe^{2+} die in de bodem aanwezig is. Het gehalte in de bodem bleek bij lemige- en kleigronden gemiddeld 100 tot 300 keer hoger dan dat in het bodemvocht; bij siltige en fijnzandige gronden was dit gehalte maar 10 tot 20 keer zo hoog. In een uitgebreide studie in 26 staten in de VS (1980-1982) bleek dat fijne en siltige zanden, organische bodems, gemengde profielen met afbreekbare organische stof (wortelresten b.v.) en depressies met organische stof de grootste problemen gaven met betrekking tot ijzerverstopping. Bodems met een laag natuurlijk organisch stofgehalte, met uitzondering van fijne zanden, gaven onder anaërobe omstandigheden een laag reductieniveau te zien ($\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$). Fijne zanden zijn extreem gevoelig: een minimale hoeveelheid organische stof is voldoende om het gehalte aan Fe^{2+} sterk te doen stijgen. Siltige kleigronden vereisen daarentegen een zeer hoog organisch stofgehalte, voordat er enig Fe^{2+} in het bodemvocht in oplossing komt.

Ford heeft een onderzoeksset ontworpen die in de Verenigde Staten en Canada wordt gebruikt om de 'Ochre potential' te voorspellen. Het ICW heeft een dergelijke set aangeschaft en vanaf medio 1983 hoopt men er ervaring mee op te doen. Met deze set neemt men in het veld watermonsters die onmiddellijk het Fe^{2+} -gehalte in PPM aangeven.

Daarnaast neemt men enige bodemonsters die in het laboratorium moeten worden onderzocht. Het betreft hier een zeer eenvoudige procedure die 14 dagen beslaat.

Het zijn vaak de dunne omhullingsmaterialen die het eerste dicht-slaan tengevolge van ijzerverstopping; Harry heeft dan ook enige van dit soort materialen in zijn laboratorium onderzocht: cerex (spun bonded nylon), typar (spun bonded poly-propylene) en polyester kous (100, 150 en 200 denier).

In het laboratorium werd de ontwikkeling van ijzerneslagen onder stringente randvoorwaarden nagebootst. De omhullingsmaterialen werden hiertoe gemonteerd op schoon aquariumzand, een zandige eerdlaag en een silt. Daarnaast werden de materialen op een zeef met een maaswijdte van 6 mm onderzocht, en ook op een draadzeef met een maaswijdte van 2 cm; in combinatie met bodemmateriaal. In het laatste geval werd de situatie onder veldomstandigheden zo goed mogelijk nagebootst. De verschillen in de mate van verstopping waren opmerkelijk. De polyester kous was in alle gevallen superieur boven cerex en typar. Typar, dat iets dikker en steviger is dan cerex, verstopte steeds het snelst.

Volgens Harry zijn er tenminste twee redenen waarom de polyester kous minder snel verstopte dan de andere materialen. De kous is hydrofiel en bevochtigt dus gemakkelijk. Typar is hydrofoob: het water blijft op het materiaal liggen zodat slijm en andere verstoppende materialen zich snel over het oppervlak kunnen verspreiden. Cerex was noch hydrofiel, noch hydrofoob. Ook de structuur van de vezels heeft invloed op de wijze waarop de verstopping wordt gevormd. De vezels van de gebreide kous bestaan stuk voor stuk uit een groot aantal draadjes: het water trekt direct in de vezels, en daar vormt zich het slijmvormige materiaal; niet tussen de vezels. Bij cerex en typar zijn de vezels massief en zet de ijzerverstopping zich af tussen de vezels; er is geen andere mogelijkheid.

De meest acceptabele manier om ijzerverstopping te verwijderen is doorspuiten (milieuvriendelijk). In 1982 is in Californië een doorspuitonderzoek verricht, waarbij buizen, omhuld met cerex, typar en polyester kous zijn doorgespoten. Typar en polyester kous werden onder hoge druk soms licht beschadigd wanneer de spuitkop bleef steken (maximaal 30 sec.); cerex daarentegen werd veelal 'aan flarden'

gespoten. Conclusie: polyester kous kwam als beste uit de bus.

Op de workshop is ook de nodige tijd besteed aan de mechanische eigenschappen van drainbuizen. In de meeste gevallen ging het hierbij om plastic ribbelbuis met grote diameter; voor de Europeanen minder relevant, omdat 100 mm buis bij ons nauwelijks wordt toegepast. In zijn presentatie 'Installation Effects on Corrugated Plastic Drain Tubing' concludeert Caroll Drablos dat de kwaliteit van de buizen doorgaans voldoende is; de beperkende factor is de wijze waarop zij geïnstalleerd worden. Zelfs in geval van slechte installatiepraktijken bleken de buizen zonder uitzondering niet in elkaar geklapt te zijn. Tijdens de discussie bleek het belang van enige flexibiliteit van de buis: een buis die flexibel is, kan hoge gronddrukken opvangen, bufferen, is een buis te stijf, dan klapt hij in elkaar ('... Too stiff a pipe won't survive ...'). Een grindomstort rond de buis kan dezelfde bufferende werking hebben en is dus een goede bescherming van de buis.

In Zweden wordt altijd minstens 2 cm grind op de buis gestort, voordat de terugstort er op gaat. In het algemeen waren de problemen met buizen met spiraalvormige ribbels groter dan bij die met concentrische ribbels. In Europa echter, aldus Willy Dierickx, is de ervaring met tegenovergesteld: gespiraliseerde buizen kunnen bij rek gemakkelijker draaien, en zijn zwakker. Een buis met concentrische ribbels is beter bestand tegen uitrekken, een buis met spiraalvormige ribbels kan hogere bodemdrukken weerstaan. De stijfheid van buizen neemt na installatie in de grond toe, zo melden enige onderzoekers. Maar Glen Schwab had geconstateerd dat die van PE-buis na verloop van tijd was afgenomen. Door een slechte vorm van de bodem van de sleuf, en door het uitrekken van buizen tijdens het leggen, worden de problemen in belangrijke mate vergroot. Voldoende zorg besteden aan de uitvoering is - alweer - de beste remedie.

Overigens zijn genoemde problemen doorgaans groter bij kleinere buisdiameters (James Fouss). Op dit gebied kwamen nog meer bijdragen, onder andere van Bob Broughton: 'Deep Earth loading of corrugated Plastic Tubing') en Fredrick Galehouse: (een draineur uit Ohio): 'A Personal History of Corrugated Plastic Tubing Installation 1969-1982'.

Tenslotte kwam er nog een presentatie met resultaten van proefveldonderzoek uit Canada: 'Shallow Tile Drainage of Claciated Soils within the Irrigated Portion of Alberta, Canada, door Brook Harker.

Willy Dierickx heeft in een introductie voor de Amerikanen en de Canadezen een samenvatting uit zijn dissertatie gepresenteerd:

'Effect of corrugations on Entrance Resistance of Drain Tubes'.

Ross Irwin kwam met een literatuurstudie: 'Hydraulic Roughness of Corrugated Plastic Tubing', waarin hij tracht de vorm van de ribbels van buizen te incorporeren in de beschrijving van de waterstroming in buizen.

Het hanteren van buizen in het veld is ook aan veranderingen onderhevig, getuige het verhaal van James Fouss: 'Modernized Materials Handling and Installation Implements for Plow-type Drainage Equipment'. In zijn verhaal ging James in op een aantal verbeteringen die recentelijk op sommige van de + 1700 in de VS opererende draineermachines in het veld zijn geïntroduceerd, zoals enorme haspels waarop 900 m buis van 10 cm diameter wordt gewikkeld en een machine die de buis afwikkelt en naar de ploeg voert. Ook aan de ploeg zelf werd een verbetering aangebracht: gedurende installatie vormt de verbeterde, 23 cm brede ploeg een smalle open ruimte die van maaiveld tot aan de ploegzool loopt, en via welke bodemmateriaal gemakkelijk naar beneden zakt. Het opvullen van het snijvlak na passeren van de ploeg wordt verbeterd door een dubbele set schijven die het bodemmateriaal de goeie kant op duwen.

Aansluitend volgde een discussie over de problemen die kunnen ontstaan bij installatie van ontwateringssystemen. We kwamen tot de conclusie dat we ons meer moeten inspannen om de machines te verbeteren, en niet altijd de contractors de schuld moeten geven wanneer een systeem gebreken vertoont.

Wayne Skaggs (North Carolina) heeft samen met F. Mohammad onderzoek verricht naar het verband tussen perforatiegraad en omhullingsmateriaal enerzijds en effectieve draindiameter anderzijds. Het betreft een laboratoriumonderzoek, waarbij gewerkt is met twee zand-tanks: één voor het meten van radiale stroming en één voor het bepalen van grondwaterstanden direct boven de drain tot op 4,5 meter afstand.

De perforatiegraad van de 10 cm diameter buis varieerde van 1,8

tot $79 \text{ cm}^2/\text{m}$. De effectieve draindiameter, dat is de diameter van een denkbeeldige, ideale drain die geheel open is gedacht (de perforatiegraad is dan $2\pi rL$ met r = drainstraal en L = drainlengte) nam het sterkst toe (i.c. van 5 tot 21 mm) bij een toename van de perforatiegraad van 38 tot $79 \text{ cm}^2/\text{m}$. (Een normale waarde voor 60 mm buis in Nederland is $25 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, omgerekend naar 100 mm buis wordt dit $42 \text{ cm}^2/\text{m}$). In de grote tank bestemd voor het bepalen van grondwaterstanden in de omgeving van de buis werd ook het effect van grind als omhullingsmateriaal onderzocht. Gebleken is, dat het verhogen van de perforatiegraad van een 100 mm buis van de in de USA gebruikelijke waarde van $38,5$ tot $79 \text{ cm}^2/\text{m}$ (bij 60 mm buis: $48 \text{ cm}^2/\text{m}$) ongeveer hetzelfde effect heeft als het aanbrengen van een grindomhulling van 5 cm dik. Op de workshop heerste dan ook algemeen de opvatting dat we moeten nagaan of we de gebruikelijke perforatiegraad niet kunnen vergroten, zonder dat de sterkte van de buis hierdoor te sterk achteruitgaat.

Overigens zijn de bereikte resultaten niet relevant voor zwaardere gronden; komen we in het gebied van de kleigronden, dan is er geen sprake meer van 'Darcy-stroming', maar stroming tussen de bodemaggregaten. Het berekenen van drainafstanden in dit soort gronden is weinig realistisch en deze afstanden worden in de praktijk meestal door ervaring bepaald.

In de workshop was een dag (woensdag 8 december) uitgetrokken voor een excursie naar twee plaatsen in Zuid-Virginia waar drainagewerken in uitvoering waren. Gewend als wij waren aan de zeer goede organisatie van de workshop, was deze excursie, althans wat het drainage-aspect ervan betreft, een tegenvaller. Op het eerste bedrijf (Courtland, VA) waren alleen een paar rollen draineerbuizen te zien; op het tweede (Windsor, VA) hadden we 10 minuten de tijd om een halfgevulde open drainsleuf te bekijken, terwijl de draineermachine in de verte midden in een veld stil stond.

Een aantal punten die tijdens de workshop nog ter sprake kwamen en die nog het vermelden waard zijn, zijn:

1. Slechte installatiepraktijken geven op de lange termijn de meeste problemen bij de werking van de geïnstalleerde systemen. Er is dan ook behoefte aan meer, en betere opleidingen voor aspirant-draineurs (vgl. Machinistenschool Ede).

2. Noord-Amerika kan men ingedeeld denken in een oostelijk en een westelijk gedeelte; hierbij is de Mississippi de denkbeeldige grens. Ten westen van deze 'grens' gebruikt men voornamelijk grind als omhullingsmateriaal, ten oosten ervan dunne materialen. Deze verschillen worden voornamelijk bepaald door traditie en voorkomen van bepaalde grondstoffen.
3. Men luistert in Noord-Amerika met steeds grotere belangstelling naar wat de Europeanen over (volumineuze) omhullingsmaterialen te vertellen hebben. Daarnaast neemt in Europa de belangstelling voor 'dunne' omhullingsmaterialen langzaam maar zeker toe.
4. Aan draineermachines valt nog veel te verbeteren.
5. De 'drain-o-scope' (een instrument om in een drain in situ inwendig te inspecteren) wordt steeds meer gebruikt; in Engeland wordt de conditie van moldrains ermee onderzocht (Gordon Spoor).
6. In de Verenigde Staten hoopt men in de loop van 1983 een boekwerk uit te geven met normen en standaardisaties betreffende drainage-materialen.
7. Europeanen lezen twee keer zoveel buitenlandse literatuur dan Noord-Amerikanen. Ongeveer 15% van de referenties in papers uit de VS en Canada is niet van noordamerikaanse origine; ongeveer 25% van de door Europeanen aangehaalde literatuur is uit de VS en Canada afkomstig. Wij lezen dus bijna twee keer zoveel literatuur, die afkomstig is van het andere continent dan onze noordamerikaanse collega's. Voor een deel zal de taalbarrière debet zijn aan dit verschijnsel.

3. FOURTH NATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 13 EN 14 DECEMBER, CHICAGO, I11

Tijdens dit symposium kwamen drie onderwerpen ter sprake:

- ontwerp van ontwateringssystemen;
- drainagematerialen en installatiemethodieken;
- ontwatering van zware gronden.

Het symposium werd geopend met een toespraak door Jan van Schilfgaarde, directeur van het US Salinity Laboratory, USDA, Riverside, California, USA. Jan gaf een overzicht van de ontwikkelingen in ontwatering van



1965 (First National Drainage Symposium) tot 1982. Er is sprake van belangrijke doorbraken in het onderzoek, grote veranderingen in de industrie, maar in sommige kringen wordt ontwatering nog steeds als slecht betiteld, en overbodig. We hopen dan ook dat ontwatering een integraal deel van succesvolle waterhuishouding, in de toekomst meer de waardering krijgt die het verdient.

Tot voor kort waren ontwerp criteria doorgaans gebaseerd op ervaring opgedaan in de praktijk; 'try something and modify as needed on the basis of performance' (Ron Reeve). De ontwikkelde theorieën waren moeilijk in praktijk te brengen, ook al omdat we niet wisten hoe de ontwerpnormen in verband te brengen met de gewasopbrengsten. De ontwikkelde criteria werden ook te weinig aan de praktijk getoetst. Halverwege de zeventiger jaren worden de ontwerpnormen gekoppeld met gewasopbrengsten, en komen er ook voldoende gegevens beschikbaar om deze criteria te ijken. Thans, in 1982, zien we een verband ontstaan tussen hydrologische modellen en gegevens betreffende de gewasopbrengst: een goede coördinatie tussen wetenschappelijke onderzoekers en ontwerpers die praktijk-gericht onderzoek doen.

Inmiddels zijn we vrijwel volledig van gebakken buizen op plastic materialen overgeschakeld. In het aanverwante gebied van de omhullingsmaterialen is er ook sprake geweest van de nodige activiteiten, met, volgens Jan van Schilfgaarde, niet zoveel vooruitgang. We hebben talloze materialen geprobeerd; sommige waren redelijk bruikbaar, andere niet. We hebben ontdekt dat chemische verstopping van buis en omhullingsmateriaal veel meer voorkomt van de meesten van ons dachten, en we hebben nu ook meer inzicht in het probleem, maar we weten nog nauwelijks hoe we het moeten voorspellen, en nog minder hoe het te bestrijden. Bij elke ontwerpactiviteit heb je te maken met de 'zwakste schakel'; bij ontwatering geldt dit momenteel de keuze van het meest geschikte omhullingsmateriaal.

Er is sprake van grote vooruitgang bij de installatiemethoden. De snelheid van installatie is de afgelopen twintig jaar vertienvoudigd.

Hoogteliggingscontrole door middel van lasers is gemeengoed geworden. Sleufloze drainage en sleufdrainage gaan hand in hand. Maar er zijn ook nog problemen. De hoge snelheden leiden soms tot minder nauwkeurige diepteligging. Tijdens het draineren kunnen we nog niet de installatiediepte meten. Meer aandacht verdienen ook problemen als compactie wanneer beneden de kritische diepte wordt gedraineerd, of wanneer we draineren in natte, fijn-getextureerde gronden.

Voor wat de toekomst betreft hoopt en verwacht Jan dat men zich meer en meer het voordeel van goed waterbeheer gaat realiseren. Dat kan weer leiden tot het introduceren van meer geavanceerde, en beter geïntegreerde technologieën dan die welke we altijd gebruikt hebben. Overigens bestaat er sterke behoefte aan meer, en betere gegevens, vooral quantificering van bodemparameters moet veel meer aandacht krijgen. Ontwatering van geïrrigeerde gebieden leidt tot problemen die nog niet genoeg worden onderkend. De gewenste ontwateringsintensiteit is sterk afhankelijk van het irrigatiebeheer, en wordt niet alleen beheerst door diepe wegzijging. Daarnaast spelen waterkwaliteitsproblemen hier een veel grotere rol dan in humiede gebieden.

Naar verwachting zullen sleufloze drainagetechnieken zodanig verbeterd worden, dat we zonder gevaar van compactie dieper sleufloos zullen kunnen draineren.

Iets waar we nog steeds niet in geslaagd zijn, is het ontwikkelen van een bodemstabilisator; een chemische substantie, die rondom de buis de bodemdeeltjes doet conglomereren ('an artificial gravel made in place'). Er zijn op dit gebied al de nodige pogingen gewaagd (België, Israël, USA) maar die waren weinig succesvol. Jan van Schilfgaarde besloot zijn 'address' als volgt: 'we take pride in the accomplishments of the past and look forward to continuing contributions in the future, contributions to resource conservation, to food production and thus to human well-being. At this conference, many of the leaders in drainage are gathered together. I salute you and praise you for your past endeavours; I wish you success in the future'.

WELCOME!

The Fourth National Drainage Symposium continues the highly successful Drainage Symposium series started by ASAE in 1965. Every effort is being made to make this a thorough discussion of the latest information on drainage. Engineers, scientists, technicians, contractors, and others will be attending this meeting to hear what the experts have to say.



Maandagochtend 13 december: Ontwerp van ontwaterings-systemen

De presentaties deze morgen waren qua inhoud gelijkelijk verdeeld tussen ontwikkelingen op het gebied van grondwaterstromingstheorieën, en het snel toenemende gebruik van computers hierbij, en resultaten van veldproeven.

Een belangrijke vraag voor onderzoekers en ontwerpers is hoever de invloedssfeer van een hoofddrain reikt. Dit is vooral interessant wanneer een ondergronds deel van een ontwateringssysteem niet één-dimensionaal beschreven kan worden, zoals bijvoorbeeld bij het loodrecht kruisen van zuigdrains en hoofddrains. Robert Lagacé (Canada) toont aan dat in dit tweedimensionale geval de Boussinesq-vergelijking gelineariseerd kan worden en de oplossing kan worden verkregen als het produkt van de twee eendimensionale oplossingen; na linearisatie zijn de variabelen te scheiden. Tweedimensionale oplossingen zijn slechts voor zeer speciale gevallen bekend, de 'produkt-oplossing' is algemeen, en de fouten liggen voor ontwerpdoeleinden binnen aanvaardbare grenzen. De produkt-oplossingen zijn veel eenvoudiger te berekenen en toe te passen dan numerieke oplossingen voor de tweedimensionale differentiaalvergelijkingen.

Een optimaal - een vaak misbruikte term! - ontwerp van een ontwateringssysteem impliceert twee zeer verschillende overwegingen. De eerste is het voorspellen van de invloed op de wisselwerking tussen bodem, gewas en bodemvocht door een aan te leggen ontwateringssysteem. De tweede overweging is van economische aard. Het economische aspect heeft in de literatuur minder aandacht gekregen dan het eerstgenoemde. Gezien de enorme investeringen die bij ontwateringssystemen aan de orde zijn is dit een vreemde zaak. Deze systemen moeten niet alleen economisch haalbaar zijn, sterker: zij moeten ook wat de kostenfactoren betreft, optimaal worden ontworpen. In haar paper 'Drainage: an Incremental Net Benefit Approach for Optimal Design' presenteerde Diana Durnford een rekenprocedure waarmee economisch gezien optimale ondergrondse ontwateringssytemen kunnen worden berekend. Hierbij wordt een optimaal systeem gedefinieerd als een bij welke het verschil tussen de waarde van de vermeerderde gewasopbrengst, toe te schrijven

aan het systeem zelf, en de kosten van het systeem wordt gemaximaliseerd. In het simulatiemodel is een optimalisatie-algoritme ingebouwd dat de kostenfunctie minimaliseert. Wat men vooral verkrijgt is een beter inzicht in kosten/baten ratio's en hoe sterk dit verandert met verschillende alternatieven. Optimalisatietechnieken worden intensief gebruikt bij talloze disciplines waar systemen moeten worden ontworpen. Bij het ontwerpen van ontwateringssystemen is dit nog nauwelijks het geval. In zijn paper 'Optimizing Drainage System Design for Corn' komt Wayne Skaggs met resultaten van simulaties uitgevoerd met computermodel DRAINMOD. De effecten van oppervlakte- dan wel ondergrondse ontwateringssystemen op maisopbrengsten in North Carolina werden berekend. Samen met economische factoren werden de randvoorwaarden vastgesteld waaronder een optimaal renderende bedrijfsvoering verwacht mocht worden. Verkooprijzen van de oogst en de rentevoet hebben een voorspelbaar groot effect op de winst. Het optimale ontwerp in termen van bedrijfsvoering werd echter niet noemenswaardig beïnvloed door de waarde van genoemde variabelen.

In Noord-Amerika bestaan geschriften - 'drainage guides' - die al tientallen jaren door velen worden gebruikt om ontwateringssystemen te ontwerpen, in het bijzonder in de humiede gedeelten van Canada en de VS. Hierbij komen zaken aan de orde als oppervlaktebehandeling van bodems, drainagecoëfficiënten, taludhellingen, slootdiepten, drainafstanden, etc. Wally Ochs geeft in zijn paper 'Drainage guide improvements for better drainage design' een aantal recente ontwikkelingen aan.

Het DRainage RECommendation ('DRREC') computerprogramma is een systeem voor het opslaan en ontlenen van bestaande ontwateringsontwerpnormen en tevens voor het ontlenen van geassocieerde, gedetailleerde bodemparameters en -gegevens uit gegevensbestanden. In de gematigde klimaatzone van Noord-Amerika doen al 20 staten aan dit systeem mee en men heeft hoge verwachtingen voor de toekomst.

Met behulp van computerprogramma 'SOILSORT' kan men elk bodemtype indelen in een speciaal type drainagebehoefte bodem, waarvoor aanbevelingen bestaan. Ook kan informatie worden verkregen betreffende algemene ontwateringsmaatregelen speciaal voor die categorie bodem, en indien van toepassing, de theoretische draaindiepte en -afstand.

De afgelopen jaren is veel veldwerk verricht - 'Drainability studies' - vooral op 'moeilijke' gronden, zoals bodems met ondiepe ondoorlatende lagen, en zware kleigronden. Ontwerpnormen voor dit soort gronden zijn in het verleden niet erg accuraat geweest. Nu er veel meer informatie beschikbaar is, is hier veel verbetering in gekomen.

Vervolgens werden enige papers besproken waar het bepalen van bodemkarakteristieken centraal stond. Bob Broughton, een van de bekendste onderzoekers op het gebied van de ontwatering uit Canada, kwam met een uiteenzetting naar aanleiding van een proefveldonderzoek waar de ruimtelijke variabiliteit van enige bodemparameters werd gemeten met behulp van twaalf lysimeters met een grondoppervlak van 80 m² elk. Gemeten werden grondwaterstanden, drainafvoeren, doorlatendheden, etc. Doorlatendheden verschilden onderling significant.

Cade E. Carter presenteerde resultaten van een proefveldonderzoek in de Mississippi-delta. In zijn bijdrage stelt E. Doering dat in de gematigde zones, en ook in semi-ariëde gebieden, ondiepe ontwatering (1,00-1,50 m) de voorkeur heeft boven diepe (3,00 m). Hoe dieper de grondwaterstand, des te meer neemt de irrigatiebehoefte toe.

Maandagmiddag 13 december: Drainagematerialen en installatiemethodieken

Deze middag werden papers gepresenteerd door mensen uit de wetenschappelijke hoek en door aannemers. Sommige van deze aannemers zijn in de Verenigde Staten vrij bekend in het drainagewereldje en houden zich actief bezig met verbetering van technieken, materialen, etc., in voortdurend overleg met onderzoekers. Dankzij hun professionele manier van presenteren kan iedereen goed kennis nemen van hun problemen, en dankzij hun suggesties hierin verbetering proberen te brengen. Het contact tussen de 'wetenschap' en de 'praktijk' wordt hierdoor geoptimaliseerd, en lijkt beter dan in Europa.

Bob Broughton, rapporteerde in zijn bijdrage 'Field Tests of some Drain Tube Envelope Materials' over resultaten van een proefveldonderzoek op een structuurloos zeer fijnzandig/siltig perceel in Québec. Het doel van dit onderzoek was na te gaan welke omhullingsmaterialen de beste eigenschappen hebben betreffende zanddoorlatendheid,

intreeweestrand en chemische verontreinigingen. De gebruikte buizen waren 100 mm polyethyleen ribbelbuis met 120 respectievelijk 590 perforaties per meter buislengte. Afmetingen van de perforaties $1,5 \times 30$ mm respectievelijk $0,7 \times 8$ mm, en perforatiegraad 54, respectievelijk 33 cm^2 per meter buislengte. Omhullingsmaterialen waren cerex (spun bonded nylon; 20 g/m^2), reemay (spun bonded polyester; 27 g/m^2), nylon kous, typar (spun bonded polypropylene; 119 g/m^2) en grof zand. Deze materialen hadden het eerder in laboratoriumtests het best gedaan. In het veld voldeden typar, nylon kous en grof zand het best, zowel wat intreeweestrand betreft, als het tegenhouden van bodemdeeltjes. Reemay en cerex waren erg gevoelig voor scheuren tijdens vervoer en installatie. De waarde van de geboekte resultaten is gering omdat later bleek dat in alle drains zeer veel ijzer(hydr)oxydeneerslagen waren afgezet. Broughton geeft dit zelf ook toe: '... a separate experimental installation is needed in a sandy soil with a very low iron content'. Dit onderzoek heeft weinig aan onze geringe kennis op het gebied van omhullingsmaterialen toegevoegd.

Dr. Willy Dierickx toont in zijn paper 'Structural Stability of Soil and the Need for Drainage Envelopes' aan dat de structuur van een te draineren bodem een zeer belangrijke parameter is in verband met het verstopping van omhullingsmateriaal en zandinspoeling in de drainbuis. Er wordt bij het onderzoek aan materialen nog veel te weinig aandacht aan de structuur geschonken, en dr. Dierickx geeft wat dit betreft, samen met Robert Lagacé (Québec; werkend aan een Ph.D-thesis onder dr. Wayne Skaggs) momenteel de toon aan.

De stabiliteit van bodemaggregaten hangt niet alleen af van de samenstelling van de bodem, maar ook van het vochtgehalte, en de stromingsdruk van het grondwater. Hoge hydraulische gradiënten kunnen aggregaten doen uiteenvallen, waarna door interne erosie poriën verstopping en de hydraulische doorlatendheid afneemt. In een laboratoriumopstelling werden enige omhullingsmaterialen onderzocht, waarbij het initiële vochtgehalte van het bodemmateriaal en de hydraulische gradiënt werden gevarieerd. Bij opwaartse stroming deden zich meer problemen voor dan bij neerwaartse stroming. De dikte van het bodemonmonster had geen enkel effect op de resultaten. De constitutie van het bodemmateriaal is des te meer van belang.

G.O. Schwab kwam met een bijdrage in pogingen om in de Verenigde Staten te komen tot een UV-standaard voor drainbuizen: 'Ultraviolet Standard for Corrugated Plastic Tubing'. Er is een valtest ontwikkeld om de breekbaarheid van 100 mm buis te bepalen nadat de buis enige tijd aan UV-licht blootgesteld is geweest. Met behulp van een xenon booglamp werden de buizen gedurende 200 uur belicht in een speciale opstelling. De hoeveelheid licht is equivalent met opslag buiten gedurende 2 jaar. Er werden buizen van 10 fabrikanten getest. Drie buizen kwamen niet door de valproef; zij braken op de extrudernaad. De resultaten moeten nog 'geijkt' worden aan resultaten van buizen die buiten zijn opgesteld. Deze resultaten zijn thans nog niet bekend.

Overigens heeft het onderzoek aangetoond dat het vergelijken van de 'versnelde' test met de UV-lamp met het buiten opstellen van de materialen voor elk materiaal weer anders uitvalt; een algemeen geldend verband is niet te geven. Uiteindelijk hoopt men aan de hand van een 200 uur test een algemene kwaliteitsstandaard te ontwikkelen.

Cy Schwieterman, een drainage-aannemer uit Ohio hield een verhaal dat voor de Europese deelnemers minder interessant was; 'Causes of Premature Failure and Proper Installation of Large (25 cm to 75 cm) Subsurface Drainage Mains'. In Europa, en met name in Nederland, kennen we nauwelijks samengestelde drainagesystemen, maar een aantal van Cy's conclusies zijn ook voor ons interessant. In zijn verhaal gaat hij in op de vele problemen die optreden bij het leggen van grote collectordrains, klei, beton of plastic. De meeste problemen worden veroorzaakt door slechte installatiepraktijken, of door inferieure materialen. Hij voorspelt, dat in de komende 25 jaar de landbouwmachines nog 15 à 25% in gewicht zullen toenemen. Dit betekent dat ook de drainagematerialen anders gedimensioneerd moeten worden. Er moet meer geïnspecteerd worden tijdens de aanleg van een drainage-systeem, ook moeten systemen beter en regelmatigiger worden onderhouden. Het installeren van plastic collectordrains brengt nog allerlei extra problemen met zich mee, zoals te veel uitrekken, het indeuken van de buis op de onderkant van de sleuf, etc.

J.L. Fouss komt in zijn bijdrage met een verbeterde ploeg voor het installeren van sleufloze drainage: 'Drainage-ploeg "Boot" Design to Improve Installation of Corrugated Plastic Tubing'. De invoer van

de buis in de ploeg is verbeterd, en er is een hydraulisch systeem met schijven aangebracht waarmee een beter aansluiten van de opgelichte grond op de geïnstalleerde buis wordt bewerkstelligd (blinding and backfilling).

Gordon Spoor (Engeland) leverde een bijdrage over de gevaren bij het sleufloos draineren: 'Trenchless Drainage Pipe Installation and its Implications for Subsequent Drain Performance'. Hoewel sleufloos draineren een aantal voordelen biedt, zijn er toch ook tekenen die er op wijzen dat aldus gelegde systemen niet altijd bevredigend werken. Alle problemen hebben te maken met hoge intree weerstanden, vooral bij bodems met fijne textuur. Gordon voerde experimenten uit in het laboratorium en in het veld om achter de mechanismen te komen die de problemen veroorzaken, hij deed studies aan elektrische analogons om gevolgen van compactie rond de buis nader te analyseren, en hij stelde in het veld vast hoe de vernietiging van de bodemstructuur in verband staat met de constitutie van de bodem en de wijze van installeren. Het grootste risico van sleufloos draineren is de vorming van versmeerde lagen rondom de buis, vooral wanneer je beneden de kritische diepte werkt. De meest gevoelige gronden zijn onverzadigde, goed samendrukbare gronden, gronden die gevoelig zijn voor versmering bij de ploegzool, en slecht-gestructureerde gronden met fijne textuur die een hoog vochtgehalte hebben en veel macroporiën bevatten.

Er zijn mogelijkheden om genoemde gevaren te bestrijden, zoals woelen vóór installatie, modificatie van de ploegzool, etc. Hoe dieper je installeert, desto groter wordt het gevaar van slechtwerkende ontwatering, maar in de meeste gevallen levert sleufloze drainage tegenwoordig geen grote problemen meer op.

Vanuit West-Duitsland kwam een bijdrage van Rudolf Eggelsmann, gepresenteerd door Herbert Kuntze: 'Two Decades of Experience with Drainage Filters in the Federal Republic of Germany'. Dit betrof een historisch overzicht met niet veel nieuws.

Tot besluit van deze eerste dag kwam ook Ross Irwin met een historisch overzicht: 'Current Construction Techniques and Effects on Drainage Systems in Ontario'. Enkele van zijn conclusies: 82% van de gebruikte buizen is plastic ribbelrain (Engeland 60%). Aannemers zijn tegenwoordig beter opgeleid en leveren een beter produkt af. De boeren zijn tegenwoordig minder bij de installatie van een ontwaterings-

systeem betrokken, omdat het werk zo snel klaar is en alles gemechaniseerd is. Er wordt te vaak onder slechte omstandigheden - te nat - gedraineerd. Er wordt meer nylon kous omhullingsmateriaal gebruikt dan vroeger. Vaak worden de drains in een richting gelegd die de voorkeur heeft van de aannemer, niet die van de boer. Sleufloze drainage houdt de kosten van drainage-aanleg op acceptabel niveau. De drains worden tegenwoordig beter onder een bepaalde helling gelegd.

Dinsdagmorgen 14 december: Drainage van zware gronden

De derde en laatste sessie van het symposium werd gewijd aan drainage van zware gronden. Dit onderwerp krijgt de laatste jaren steeds meer aandacht. De bijdragen die hier gepresenteerd werden waren van hoog niveau.

Cade Carter presenteerde resultaten van bodemfysisch onderzoek in hun bijdrage 'Movement and Retention of Water in a Heavy Clay Soil'. Deze studie had tot doel het gedrag van bodemvocht in een Sharkey klei in Zuid Louisiana te analyseren. Dit bodemmateriaal wordt gekenmerkt door een hoog lutumgehalte, sterke wel en krimp, en een voortdurend ondiepe grondwaterstand. In drie profielen werden tensiometers geplaatst tot 1,50 m diep. De zuigspanning werd op verschillende diepten geregistreerd terwijl het profiel ontwaterd werd, mét, en zonder evaporatie. De onverzadigde doorlatendheid varieerde van $2,4 \cdot 10^{-5}$ tot $2,4 \cdot 10^{-3}$ m/dag bij watergehalte van 0,45-0,55%. De bulkdichtheid verschilde plaatselijk sterk, waarschijnlijk door de sterke zwel en krimp (22 à 39% van het initiële bodemvolume).

G. Taylor kwam met een verslag over vier jaar veldonderzoek in 'Backfill Alterations and Drainage of Clay Soils'. Na subsoiling werden sleuven gegraven en weer opgevuld met grind of terugstort. De vergrote doorlatendheid leidde tot hogere drainafvoeren tijdens zeer ondiepe grondwaterstanden (plassen!) maar bij 'normale' grondwaterstanden was er geen sprake van verbetering. Grind bleef veel langer goed doorlatend dan terugstort.

Paul Lucas presenteerde in zijn paper 'Subsurface Drainage Performance of Fourteen "Heavy" Soils' uitkomsten van veldproeven met ondergrondse ontwateringssystemen. In het midden-westen van de Verenigde Staten werd in het verleden altijd geadviseerd op dit soort gronden opper-

vlakke-ontwateringssystemen aan te leggen. Gedurende de zeventiger jaren ging men steeds meer over op ondergrondse systemen, onder andere door het toenemende gebruik van ribbelbuis, de zwaardere landbouwmachines die een diepere ontwatering noodzakelijk maakte en introductie van nieuwe gewassen die andere grondwaterstanden noodzakelijk maakten. Deze studie was erop gericht om veldgegevens van 14 gronden met zware textuur te vergelijken met uitkomsten van drainageformules, waarbij de voornaamste bodemeigenschappen werden geschat. De vergelijking van Hooghoudt geeft in de meeste gevallen een redelijke drainafstand. In acht gevallen werd de drainafstand te nauw berekend en in twee gevallen te wijd.

Uit de BRD kwam Herbert Kuntze met zijn bijdrage 'Subsurface Drainage of a Heavy Alluvial Soil', waarin wordt nagegaan of in zware bodems (meer dan 30% lutumfractie) moldrainage een goed alternatief is voor subsoiling of het verkleinen van de drainafstand. De studie werd opgezet om vast te stellen hoe lang moldrains zouden moeten zijn, wat het beste materiaal is om de drainsleuven mee op te vullen, en hoe vaak je een moldrain opnieuw moet 'trekken'. De uitkomsten van dit proefveldonderzoek kunnen als volgt worden samengevat. Hoe kleiner de drainafstand, des te langer blijft de grondwaterstand laag genoeg voor bewerking met zware machines zonder structuurvernietiging. Bij kleinere drainafstand neemt het debiet toe. Een zware alluviale bodem werd goed gedraineerd met een drainafstand van 16 tot 32 meter met een afstand tussen de moldrains van twee meter. Er werd geen verschil in afvoer geconstateerd tussen sleuven die waren opgevuld met droog bodemmateriaal, grind of PVC afval. Zelfs wanneer een moldrain binnen een aantal jaren verdwijnt is de losse structuur er rondom heen een garantie voor een zone met een verhoogde doorlatendheid, hetgeen de ontwatering ten goede komt.

Vervolgens werd ruimte ingelast om ondergetekende iets te laten vertellen over het onderzoek aan drainageomhullingsmaterialen op het ICW in 'Research on Drainage Envelope Materials in the Netherlands'. Op deze bijdrage wordt hier niet ingegaan; zij is beschikbaar in de vorm van een ICW-'report', en ook in de proceedings van de Drainage Workshop te Washington, DC, in december 1982. Veel belangstelling was er voor computersimulatiemodel 'AIRPOR', waarmee het bepalen van

een pF-curve van een omhullingsmateriaal wordt nagebootst.

De laatste bijdrage van deze morgen, en van het symposium werd verzorgd door William Johnston: 'Benefits from the Drainage of Heavy Irrigated Soils'. Het betreft hier een kosten-baten-analyse van een ontwateringssysteem dat werd aangelegd in het westen van de San Joaquin vallei in Callifornië, USA. Gelaagde kleifformaties zijn er ten dele de oorzaak van dat hier aquifers ontstaan zijn met brak spanningswater. Stijgt de waterspiegel tot aan de wortelzone dan neemt de gewasopbrengst af of je moet overschakelen op gewassen die meer tolerant zijn ten opzichte van brak grondwater. Meestal neemt het inkomen van de boer aanzienlijk af.

Een ondergronds ontwateringssysteem kan ervoor zorgen dat de grondwaterspiegel beneden de wortelzone blijft. Er zijn de nodige berekeningen uitgevoerd om na te gaan of aanleg van een ondergronds ontwateringssysteem financieel verantwoord is. Dit blijkt het geval te zijn; installatie en gebruik kost US \$ 100.-- per maand, het inkomen is dan \$ 370.--, beide bedragen per hectare. Het is duidelijk, dat een investering in drainage - in het bijzonder onder omstandigheden waar het drainagewater te zout is om in een irrigatiesysteem opnieuw gebruikt te worden - lonend kan zijn voor een boer die zich geconfronteerd weet met een ondiepe grondwaterstand en afnemende gewasopbrengsten tengevolge van verzilting. Ook in groter verband heeft installatie van ontwateringssystemen in de San Joaquin vallei gunstige effecten. In 1981 wordt de schade in dit gebied tengevolge van verzilting geschat op \$ 17 000 000.--. Indien overal goede ontwatering gewaarborgd zou zijn geweest zou het inkomen in de vallei met \$ 37 000 000.-- zijn toegenomen, en daarnaast nog met \$ 13 000 000.-- in de staat Californië. Uiteindelijk zouden alle burgers, direct of indirect, meeprofitieren van een ontwateringssysteem op grote schaal.



Bozeman, Montana — June 26-29, 1983



4. WINTER MEETING VAN DE ASAE, 14 TOT EN MET 17 DECEMBER, CHICAGO, I11



WELCOME! IT'S A BEE-YOOFITFUL DAY IN CHICAGO!

You'll be glad you came. This '82 wind-up of ASAE's 75th year celebration looks like another record-breaking Winter Meeting attendance - perhaps signaling an end to the slow times we've all experienced. Chicago is a fine meeting place replete with a variety of restaurants, shops and entertainment. If you need information about where and how to go, ask your Chicago Section hosts. They're the ones wearing blue "HOST" ribbons. Enjoy your stay here. We're glad you came too!

De American Society of Agricultural Engineers (ASAE) organiseert jaarlijks een 'Winter Meeting': een drie dagen gedurende happening met ruim 1500 deelnemers. Er worden voornamelijk papers gepresenteerd in 12 simultane sessies op verschillende gebieden. Daarnaast zijn er veel mogelijkheden tot 'Socializing activities': met elkaar in de wandelgangen etc. kennismaken en bespreken wat je voor onderzoek doet, etc. De sessies met betrekking tot ontwatering genoten ruime belangstelling. Deze sessies hadden betrekking op:

1. ontwatering en waterkwaliteit;
2. het rendement van ontwateringssystemen en
3. algemene onderwerpen.

De gepresenteerde papers bleven qua niveau en actualiteit achter vergeleken met het op de workshop en het symposium gepresenteerde werk. De papers gaven wel een beeld van het huidige onderzoek in de Verenigde Staten en Canada.