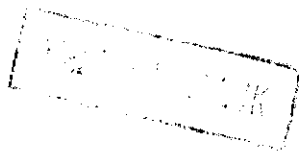


NN31545.1405

februari 1983

oor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**



**NIEUWE METHODEN VOOR HET INSTALLEREN VAN
GESLOTEN DRAINAGE SYSTEMEN
IN GRONDEN MET INSTABIELE LAGEN BINNEN DRAINDIEPTE**

BIBLIOTHEEK DE HAAFF

Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

ir. W. van Schaik

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemidde-
len, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een een-
voudige 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

1790543

16 FEB. 1998



WOORD VOORAF

In deze nota zijn de eerste resultaten verwerkt van een onderzoek, dat werd uitgevoerd in het kader van een Studieverlofregeling, zoals dat gesteld is in de Memorie van Toelichting op de begroting van 1979 van het Ministerie van Buitenlandse Zaken.

Het onderzoek werd begeleid vanuit de Drainage Contact Groep van de Landinrichtingsdienst te Utrecht, in samenwerking met de afdeling Bodemtechniek van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (I.C.W.) te Wageningen.

De Studieverlofregeling ging in op 26 september 1982 en zal eindigen op 11 maart 1983.

De kosten aan loon - inclusief premies aan sociale lasten - werden gedurende genoemde periode door het Ministerie van Buitenlandse Zaken betaald. De overige kosten t.b.v. dit onderzoek kwamen ten laste van de Landinrichtingsdienst.

De standplaats was het I.C.W. te Wageningen, dat het verslag in haar nota reeks heeft opgenomen.

Een woord van dank komt toe aan ir. D. Boels (I.C.W.) voor zijn bijdragen in de tot standkoming van deze nota.

In deze nota is aandacht geschonken aan de problematiek van het installeren van gesloten hoofdafvoerleidingen - ten behoeve van drainage - in instabiele gronden.

Deze 'loopzand' gronden worden vaak aangetroffen langs de zomen van rivier delta's, in de delta's zelf, op de overgangen van valleïën met aangrenzende gebieden en in laag gelegen kustvlakten, waar veelal dunne kleidekken van wisselende dikte op strandwallen zijn afgezet.

Berekeningen tonen aan dat in de nabije toekomst door de ontwikkelingslanden alleen al zo'n 500.000 tot 1.000.000 ha per jaar aan instabiele gronden voor drainage aangeboden zal worden.

Deze nu nog marginale gronden kunnen potentieel niet onaanzienlijk bijdragen aan de verruiming van de voedselproductie. Voorwaarde is dat de kosten van het draineren aanvaardbaar zijn. Op het moment is dit, wegens het ontbreken van een goede techniek, niet het geval.

Indien de Nederlandse industrie hierop een passend antwoord weet te formuleren, komt het gebruik van deze gronden binnen het gezichtsveld. Bovendien mag dan op een aanzienlijke verruiming van het marktaandeel gerekend worden. Bij een marktaandeel van zo'n 25 % kan dit neerkomen op een extra jaaromzet in deze tak van de drainage van ongeveer f 12,5 miljoen.

De ontwikkeling van machines en technieken om 'loopzanden' te draineren verdient daarom de volle aandacht.

SAMENVATTING

Drainagedeskundigen, met name degene die in de ontwikkelingslanden werkzaam zijn, worden regelmatig geconfronteerd met de problemen van het draineren van gronden met instabiele lagen binnen draindiepte; de zogenaamde 'loopzand gronden'.

Uit ervaringen blijkt, dat het praktisch niet haalbaar is om met de traditionele betonbuis - met lengtes van 0,75 - 1 m - hoofdleidingen voor drainage te construeren die hermetisch gesloten zijn tegen binnendringend zand.

Geleidelijk gaat men ertoe over de betonbuis te vervangen door 5 m lange asbest buizen of 5 m lange buitenrioleringsbuizen, die met pvc moffen - voorzien van rubberafdichtingen - aan elkaar gekoppeld worden.

De aanleg van de hoofdleidingen gebeurt veelal met behulp van hydraulische graafmachines. Voordat tot ontgraving van de leidingsleuf wordt overgegaan, wordt momenteel in de meest voorkomende gevallen de grondwaterstand met behulp van horizontale bronbemaling verlaagd.

Deze methode van het aanleggen van leidingen is technisch betrouwbaar, doch vraagt extra investeringen aan: een bronbemalingsmachine, pompen met aandrijfeenheden, filterbuizen, afzuigbuizen en vraagt extra toezicht. Onder Nederlandse omstandigheden liggen de kosten tussen f 10,- en f 15,- per meter aangelegde filterbuis.

De noodzaak om meer in het materiaal van hoofdleidingen te investeren geeft tevens ruimte om andere installatiemethoden toe te passen. De financiële ruimte kan vergroot worden door een methode te ontwikkelen, waarbij ontwatering van de leidingsleuf voorafgaand aan de installatie van hoofdleidingen achterwege kan blijven.

Het gebruik van de grotere diameters vooromhulde drainage ribbelbuis biedt zelfs de mogelijkheid om een continue sleufloze installatie bij hoge grondwaterstanden toe te passen. Deze hoofdleidingen kunnen daarna zelf de leidingsleuf ontwateren, waarna met het installeren van de vooromhulde zuigleidingen - vanuit de dan ontwaterde sleuf - kan worden begonnen.

Vermogensoverdracht via het rupsstel aan het maaiveld is in veel

landbouwgebieden in de tropen met een overwegend kleinschalig grondgebruik en een dicht net aan irrigatiekanalen een beperkende factor.

Een combinatie van het ontgraven van de stabiele bovengrond met behulp van een ketting, gevolgd door een sleufloze installatie van de vooromhulde geperforeerde pvc ribbelbuis in de instabiele ondergrond in één werkgang lijkt daarom op grond van deze verkenning de beste oplossing.

Als tweede oplossing is gedacht aan sleufloze installatie van de hoofdleidingen in de bodem van een zo breed en diep mogelijk voorgegraven leidingsleuf. Het voorgraven van deze sleuf met een ketting en installeren van de hoofdleiding met een woelpoot gebeuren eveneens in dezelfde werkgang.

Als derde oplossing is genoemd het aanpassen van de bronbemaalingsmachine voor het leggen van hoofdleidingen.

Nader onderzoek dient zich te richten op:

- Het vloeigedrag van instabiele grond om woelpoten
- Het effect van breedvoorgraven van een leidingsleuf op de trekkrachtbehoefte bij sleufloze installatie
- Het toe te passen type graafketting in relatie tot de te ontgraven soort grond.

Voor dit onderzoek is een samenwerking denkbaar tussen de volgende instanties:

Vanuit onderzoeksinstellingen:

T.H. Delft; T.H. Eindhoven; IWECO-TNO Delft; IMAG Wageningen, Landinrichtingsdienst Utrecht en het ICW Wageningen.

Vanuit het bedrijfsleven:

- Machinefabriek D. Barth en ZN. B.V. te 's-Gravendeel
- Machinefabriek A.H. Steenbergen B.V. te Klaaswaal.

WOORD VOORAF

SAMENVATTING

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Aanbod van instabiele gronden voor drainage	1
1.2. Vraag naar drainagematerieel	2
2. INSTALLATIE VAN HOOFDLEIDINGEN IN INSTABIELE GRONDEN	3
2.1. Traditionele methoden	3
2.1.1. Ontwatering van de leidingsleuf	3
2.1.2. Installatie van hoofdleidingen	5
2.2. Recente ontwikkelingen	6
2.3. Conclusies	7
3. NIEUWE INSTALLATIEMETHODEN	9
3.1. Doel	9
3.2. Resultaten van literatuurstudie	10
3.2.1. Sleuf- en sleufloze installatie	10
3.2.2. Verlaging van de trekkrachtbehoefte bij sleufloze installatie van drains in stabiele gronden	11
3.2.3. Enkele eigenschappen van instabiele gronden	14
3.3. Concepten voor nieuwe installatiemethoden en nieuwe machines	15
3.3.1. Aangepaste bronbemaalingsmachine	15
3.3.2. Hoofdleidingenlegger met een (verbrede en verkorte) graafketting en woelpoot	17
3.3.3. De 'Universele Draineermachine'	17
4. AANBEVELINGEN VOOR NADER ONDERZOEK	19
4.1. Onderwerpen	19
4.2. Mogelijke Participanten	20
5. LITERATUUR	21

1. INLEIDING

1.1. Aanbod van instabiele gronden voor drainage

NOSENKO en ZONN (1976) berekenden, dat er in 1975 zo'n 155 miljoen ha aan landbouwgronden in de wereld voorzien was van buizendrainage.

De FAO (1977) schat dat, ter bestrijding van wateroverlast en verzilting, in de periode van 1975-1990, 52 miljoen ha geïrrigeerde landbouwgronden in de ontwikkelingslanden gedraineerd moet worden.

In diezelfde periode - aldus FAO - moet tevens zo'n 26 miljoen ha niet geïrrigeerde landbouwgronden gedraineerd worden, of de bestaande drainagesystemen in deze gebieden worden verbeterd.

Het totale aanbod van land dat in de ontwikkelingslanden in die 15 jaar gedraineerd zou moeten worden is dus een kleine 80 miljoen ha, wat neerkomt op een gemiddeld aanbod van 6 miljoen ha per jaar.

Hierbij dient wel te worden opgemerkt, dat het realiseren van deze 6 miljoen ha per jaar voor een zeer groot gedeelte afhankelijk is van het beschikbaar stellen van credieten aan de ontwikkelingslanden.

Volgens KNOPS en DIERICKX (1979) zal een groot gedeelte van deze gronden vallen in de groep 'moeilijk te draineren'; wat inhoudt dat deze gronden vaak fijnzandig en/of siltig zijn, danwel een dispersieve structuur hebben. Tot nu toe werd dit type gronden om redenen van uitvoeringstechnische aard ontweken.

Door de zich accentuerende voedselproblematiek, zal - gezien de ligging van deze instabiele gronden - een toenemend percentage van uit te voeren drainagewerken in deze gebieden moeten worden gerealiseerd.

Het is daarom zeer aannemelijk, dat 10-15 % van de grond - die nu door de ontwikkelingslanden jaarlijks voor drainage aangeboden zal worden - instabiele lagen binnen draaindiepte zal hebben. Dit komt neer op een aanbod van een 500.000 tot 1.000.000 ha per jaar.

De totale oppervlakte aan 'loopzand' gronden in Egypte wordt geschat op zo'n 100.000 ha. In Pakistan is men van plan om grote gebieden waar 'loopzand' voorkomt - buiten het Khaipur Project - in de nabije toekomst te gaan draineren. In Libië, Brazilië, Peru en waar-

schijnlijk in vele hier niet vermelde landen komt men met het probleem van het installeren van drainage-leidingen in 'loopzand'.

1.2. V r a a g n a a r d r a i n a g e m a t e r i e e l

Teneinde de toekomstige vraag naar drainagematerieel - en het Nederlandse marktaandeel - voor dit type gronden te benaderen, zijn de volgende aannamen gedaan:

- een aanbod van instabiele gronden van 750.000 ha/jaar
- een meervoudig samengesteld drainagesysteem (fig. 1), bestaande uit:

A Zuigleidingen, op een onderlinge afstand van 67,5 m, met een gemiddelde lengte van 162,5 m; dit komt neer op 150 m/ha

B Hoofdleidingen, waaronder begrepen:

- Verzamelleidingen met diameters van 150-200 mm (6 en 8") op een te installeren diepte van 1,75-2,50 m-mv.

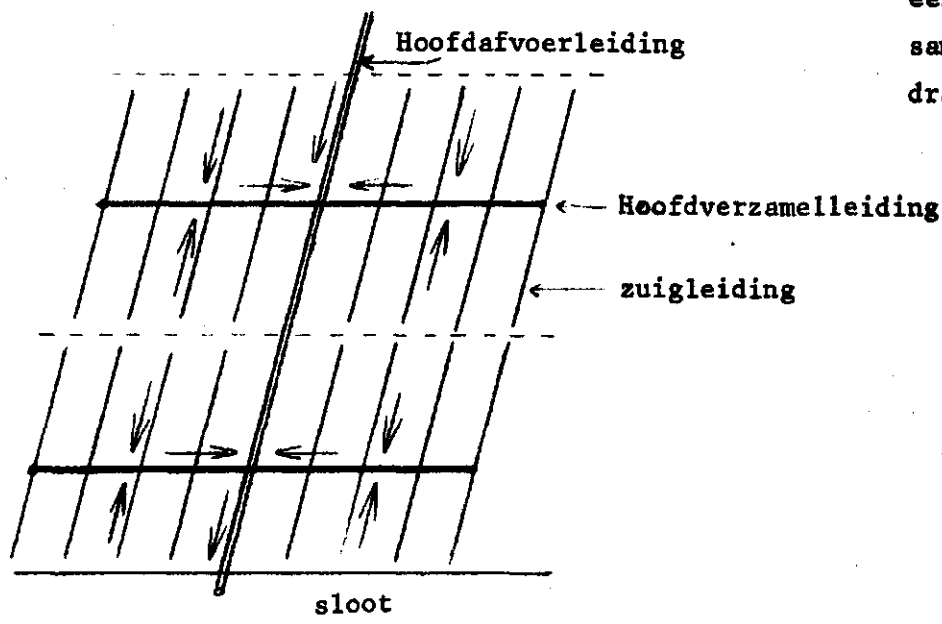
Uit het bovenstaande is af te leiden dat dit neer komt

op 30 m/ha

- Hoofdafvoerleidingen met diameters van 250-450 mm (10 - 18") op een te installeren diepte van 2,25-3,5 m-mv. De aangehouden lengte is (SCHAIK, W. van, april 1981) 15 m/ha

- De capaciteit, alsmede de prijs van de in te zetten machines - inclusief een onderdelen pakket voor 6 jaar - is in onderstaand staatje vermeld.

Figuur 1 Schema van een meervoudig samengesteld drainagesysteem



Type	Diameter van de buis in mm	Capaciteit in km/jaar	Prijs in guldens
Zuigleidingenlegger	tot 100	250	400.000
Verzamell. legger	150-200	175	500.000
Hoofdafvoerl. legger	250-450	125	600.000

De vraag naar drainagematerieel, alsmede de marktwaarde van het materieel dat jaarlijks vervangen dient te worden is in het volgende staatje vermeld.

Rekening is gehouden met een technische levensduur van de machines van 6 jaar.

Type Draineer- machines	te install. leiding in km/jaar	Capaciteit v/d mach. in km/j.	Machine-park		
			aantal in bedrijf	vervanging per jaar	
				aantal	marktwaarde in f 10 ⁶ -
Zuigl. legger	112.500	250	450	75	30
Verzamell. legger	22.500	175	130	22	11
Hoofdafvoerl. legger	11.250	125	90	15	9
				totaal f 50	

De totale marktwaarde aan materieel is dus f50,- miljoen per jaar, - stel een Nederlandse marktaandeel op 25 % dan komt dit neer op een bedrag van f 12,5 miljoen per jaar alleen aan extra omzet van drainage-materieel dat in loopzand gebruikt kan worden.

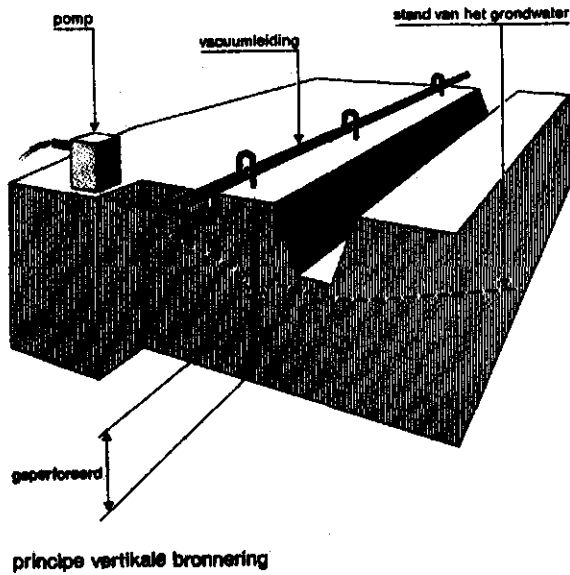
2. INSTALLATIE VAN HOOFDLEIDINGEN IN INSTABIELE GRONDEN

2.1. Traditionele methoden

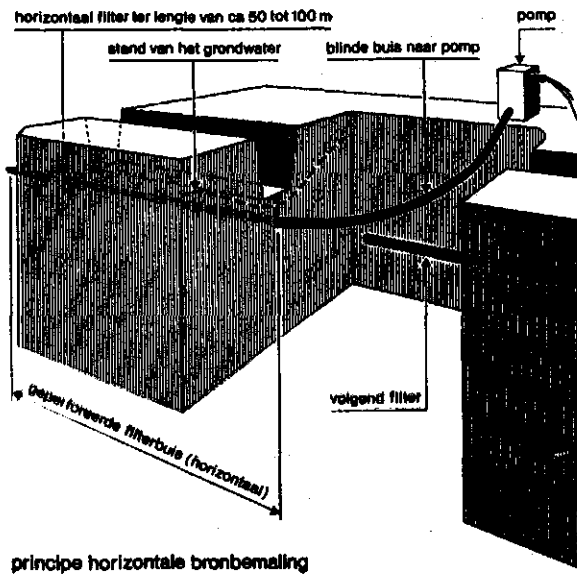
2.1.1. Ontwatering van de leidingsleuf

Het installeren van stelsels van hoofdleidingen in instabiele gronden vraagt speciale technieken. Eer tot installatie kan worden overgegaan wordt de leidingsleuf ontwaterd, waarbij - afhankelijk van het toepassingsgebied - drie methoden kunnen worden toegepast:

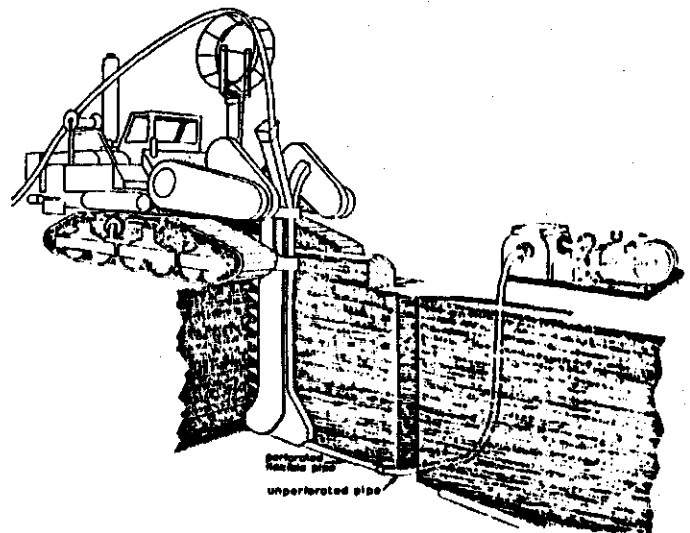
Figuur 2 Principe van verticale bronbemaling
 (Ter beschikking gesteld door Lareco Nederland b.v.)



Figuur 3 Principe van horizontale bronbemaling



Figuur 4 Bronbemalingsmachine



(Ter beschikking gesteld door Lareco Nederland b.v.)

(Uit ILRI publication 27)

a. Diep voorgraven

De leidingsleuf wordt tot ongeveer 1 m beneden de grondwater-spiegel voorgegraven en krijgt enige dagen de tijd om uit te lekken. Het daarbij vrijkomende drainagewater wordt, via de sleuf, naar lager gelegen gedeelten in het terrein afgevoerd.

Zodra tot installatie wordt overgegaan, wordt dat gedeelte van de sleuf afgedamd, dat op die dag geïnstalleerd kan worden.

Vrijkomend grondwater wordt afgepompt en via de niet aangevulde sleuf - of de reeds geïnstalleerde hoofdleiding - afgevoerd. Deze methode wordt momenteel in een - relatief laag gelegen - oase in Libië toegepast. De grond is grofzandig en er is een redelijke helling in het terrein aanwezig.

b. Verticale bronbemaling (fig. 2)

Bij deze methode worden om de 2-6 meter afzuigbuizen, voorzien van een filter, verticaal, naast de leidingsleuf in de grond gespoten. Deze bronnen worden via een centrale bovengrondse leiding aan een pomp gekoppeld. Na enige dagen van continue pompen is de grondwaterstand zover gedaald, dat tot installatie van de hoofdleiding kan worden overgegaan. Deze methode wordt veel toegepast bij het aanleggen van rioleringen in bebouwde kommen.

c. Horizontale bronbemaling (fig. 3)

Bij deze methode wordt - door een speciale bronbemalingsmachine (fig. 4) - een vooromwikkeld pvc ribbel drainagebuis met een lengte van ongeveer 50 m naast en op een diepte van 0,5 tot 1 m beneden het niveau van de te installeren hoofdleiding in de grond gebracht. Een niet geperforeerde ribbelbuis wordt hierop aangesloten en gekoppeld aan een pomp, waarmee het grondwater tot beneden het niveau van de hoofdleiding wordt afgepompt. Deze methode is de meest toegepaste in de drainage van vlakke landbouwgebieden met instabiele gronden binnen draandiepte.

2.1.2. Installatie van hoofdleidingen

Nadat de leidingsleuf voldoende ontwaterd is kan met het ontgraven begonnen worden; in de regel gebeurt dit met behulp van hydraulische

graafmachines.

De hoofleidingen, die tot nu toe in dit type gronden werden geïnstalleerd, bestaan uit reeksen betonbuizen met diameters tot 50 cm of soms meer.

Ter voorkoming van het verzanden van deze leidingen is het van essentieel belang, dat in dit type gronden de voegen tussen de opeenvolgende betonbuizen direct na het leggen rondom zeer zorgvuldig aangesmeerd en opgezet worden. Iedere nalatigheid in deze handeling staat een blijvend functioneren van het drainagesysteem in de weg.

2.2. R e c e n t e o n t w i k k e l i n g e n

In de praktijk van de drainage - voornamelijk in de ontwikkelingslanden - bleek, dat de technisch goed doordachte methode van horizontale-bronbemaling veel haken en ogen heeft. Het niet goed functioneren van pompen, bijvoorbeeld door gebrek aan dieselolie, of het uitvallen van stroom, indien elektrisch aangedreven pompen gebruikt worden, heeft direct gevolgen voor de grondwaterstand. Als gevolg daarvan kan het werk stil komen te liggen, wat grote vertragingen tot gevolg kan hebben. Bovendien heeft dit nadelige gevolgen voor de kwaliteit van het geleverde werk.

Ook komt het nogal eens voor, dat ondanks de zorg die aan het leggen van betonbuizen besteed is, de leidingen na korte tijd verzanden. Het herstellen van de dan geconstateerde gebreken is een schier hope-loze taak.

Het Drainage Research Institute in Pakistan is er toe overgegaan om in het hoofdstelsel in haar Drainage Pilot Area 5 meter lange asbest buizen (plus moffen met rubber ringen) in plaats van betonnen buizen te installeren.

In het eerder genoemde Libië project, wordt, ter voorkoming van het verzanden, het hoofdtransportleidingsysteem uitgevoerd in hard p.v.c.* die met behulp van pvc-moffen (met rubber afdichtringen) aan elkaar gekoppeld worden. De leidingsleuf wordt met een kraan uitgegraven, gevolgd door de installatie van de 5 meter lange hard pvc-buizen. In hetzelfde project worden de kleinere verzamelleidingen, van pvc ribbelbuis met diameters van \emptyset 100 - \emptyset 200 mm, met succes, sleufloos geïnstalleerd tot op een diepte van 1,70 m beneden maaiveld.

6 * In de handel bekend als "buitenrioleringsbuis"

2.3. C o n c l u s i e s

Samenvattend kan gesteld worden dat:

- Ter voorkoming van het verzanden van hoofdleidingen in instabiele gronden er in de ontwikkelingslanden een tendens is de traditionele betonbuis met een lengte van 0,75 - 1 m te vervangen door een asbestbuis, een hard pvc (buitenriolerings)-buis of door een niet geperforeerde pvc ribbelbuis. Deze vervangende buizen kunnen namelijk met behulp van moffen zand-dicht gekoppeld worden.
- Er min of meer gelijktijdig van afgezien wordt het systeem van horizontale bronbemaling toe te passen, wat neerkomt op een besparing aan aanlegkosten voor hoofdleidingen van f 10,- tot f 15,- per m¹. (zie het volgende staatje)

Kosten per bronbemalingsmachine per jaar

(Bij een gemiddelde snelheid van installeren van 75 m per uur)

	Eenheden		Kosten in gulden*	
	aantal	lengte en tijd	per eenheid	totaal
Bronbemalingsmachine	1	1000 uur	400	400.000
Pompeenheden	5	30 weken	500	75.000
Trekker + wagen	1	1000 uur	35	35.000
Vooromhulde pvc Ribbel drainagebuis		75.000 m	2,75	206.250
Niet geperforeerde ribbelbuis		5.000 m	1,75	8.750
Arbeid	4		35.000	140.000
Overheid, B.T.W. enz.				135.000
Totale kosten per bronbemalingsmachine per jaar			f	<u>1.000.000</u>

* Prijzen die in Nederland berekend worden

Dit resulteert in een bedrag van ca. f 13,50 per meter aangelegde bronbemaling.

Toelichting

De vooromhulde pvc drainagebuis en de blinde ribbelbuis zijn slechts enkele dagen tot een week functioneel. Als ze later niet meer gebruikt worden om het grondwater af te pompen, b.v. ten behoeve van reparatiewerkzaamheden aan de hoofdleidingen, zijn zij dan ook direct afgeschreven.

De speciale bronbemaalingsmachine, de pompeenheden met toebehoren en de trekker + aanhangwagen behoren tot de extra uitrusting van de aannemer.

Besparing op het management is mogelijk door minder stafpersoneel in te zetten indien het systeem van sleufontwatering en de aanleg van de hoofdleidingen synchroon verloopt.

De noodzaak voor de inzet van extra stafpersoneel in de ontwikkelingslanden, is aan het begin van dit hoofdstuk voldoende toegelicht.

3. NIEUWE INSTALLATIEMETHODEN

Indien besloten wordt om in instabiele gronden (ook) voor de hoofdleidingen pvc ribbelbuizen te gebruiken, in plaats van betonbuizen of starre 5 m lange asbest of hard pvc buizen, biedt dit tevens de mogelijkheid om andere installatiemethoden te ontwikkelen en toe te passen.

3.1. D o e l

Het beoogde onderzoek richt zich in het bijzonder op het ontwikkelen van een uitvoeringszekere methode voor het installeren van plastic (pvc) ribbelbuizen voor hoofdleidingen in instabiele grond, waarbij het verlagen van de grondwaterstand, voorafgaand aan het leggen van deze leidingen is niet nodig. Door ze te perforeren en te voorzien van een niet verterend filter kunnen deze - bij een vrije uitloop - de sleuf zonder te pompen^x draineren. Daarna kunnen de zuigleidingen (vooromhulde pvc ribbel drainage buis) gelegd worden, te beginnen in de dan ontwaterde sleuf van de hoofdleiding.

De verbinding tussen de zuig- en de hoofd- c.q. transportleiding kan tot stand gebracht worden door middel van open of gesloten manholes, dan wel met plastic (spuit/gietstukken) T- of kruisstukken, een draaitopverbinding of een Twist-Coupler.

Een bijkomend voordeel bij het gebruik van geperforeerde vooromhulde pvc ribbelbuis voor hoofdleiding is, dat aanzienlijk op het aantal meters aan te leggen zuigleidingen per ha bespaard kan worden. De afstanden van de zuigleidingen zouden bovendien definitief vastgesteld kunnen worden, nadat het effect van de - ook als zuigleiding werkende diep aangelegde - hoofdleidingen bekend is. Dit leidt tot een hogere graad van optimalisering van het ontwerp.

x Pompen kan noodzakelijk zijn indien:

- het water in de open drain te hoog staat om de hoofdleidingen te laten leeglopen,
- in het systeem pompkelders ingebouwd zijn, van waaruit het drainewater via hooggelegen open leidingen naar open drains wordt afgevoerd.

3.2. Resultaten van Literatuurstudie

3.2.1. Sleuf- en sleufloze installatie

Vanuit de praktijk van de drainage is bekend dat droge grond goed met een kettinggraver of met een open graafwiel met emmers te verwerken is. Indien echter kettinggravers met een open ketting of machines met open graafwielen ingezet worden in sterk granulaire gronden met een hoge grondwaterstand, wordt de verwerking van de losgesneden grond - door toestroming van het grondwater en het inzakken van de sleufwand - in grote mate bemoeilijkt. In zandgronden zijn graafkettingen, kettingwielen en graafwielen een kort leven beschoren. Van sleuvengravers is ook bekend, dat deze relatief een geringe trekkrachtbehoefte hebben, zodat ze ook op natte (slappe) gronden goed inzetbaar zijn.

Het sleufloos aanleggen van de hier voorgestelde hoofdleidingen zou zeer grote trekkrachten vragen. Extrapolerend op de gegevens van tabel 5.1 (LD-mededelingen no. 128) zou - uitgaande van een aanlegdiepte van 3 m-nv en een breedte van de te gebruiken woelpoot van 50 cm - dit resulteren in trekkrachten van 80 ton of meer.

Onder zeer gunstige omstandigheden is het misschien mogelijk dergelijke trekkrachten op het maaiveld over te brengen.

In ontwikkelingslanden moet het uitgesloten worden geacht dat dit te realiseren is, en wel om de volgende redenen:

a. In de in cultuur zijnde gebieden door:

- het kleinschalige grondgebruik, wat grote lengtes aan wegen, irrigatieleidingen, sloten en andere open waterlopen inhoudt, die allemaal gekruist moeten worden
- irrigatiepraktijken van de boeren.

Het moet praktisch uitgesloten worden geacht, dat - ter voorkoming van het onverwachts onderwater zetten van percelen - aannemers en de overheid zover kunnen gaan dat zij een gebied dat in uitvoering is van toevoer van irrigatiewater kunnen uitsluiten.

b. In te ontginnen gebieden kan de begaanbaarheid in ernstige mate beperkt worden door hoge grondwaterstanden.

3.2.2. Verlaging van de trekkrachtbehoefte bij sleufloze installatie van drains in stabiele gronden

In het verleden zijn - met wisselend succes - diverse pogingen ondernomen om de trekkrachtbehoefte van de voornamelijk zwaardere grondbewerkingswerktuigen te reduceren.

Later zijn dezelfde technieken ook op de sleufloze draineermachines toegepast. Het meest bekend zijn het trillen en het voorwoelen. De principes en de resultaten zullen in het kort besproken worden.

T r i l l e n d e w o e l e l e m e n t e n

Bij deze methode worden de woelelementen van het grondbewerkingswerktuig in zijn geheel, of alleen die delen die de eigenlijke grondbewerking uitvoeren, in trilling gebracht, of men liet ze oscilleren.

TOTTEN en KAUFMAN (1971) kwamen, op zware kleigronden, -bij het in de rijrichting laten oscilleren van de woelelementen- o.a. tot de conclusie dat:

- het horizontaal laten oscilleren van woelelementen nagenoeg geen verlaging van de trekkrachtbehoefte opleverde
- het verticaal laten oscilleren leverde daarentegen een grote reductie in trekkracht op, tot ongeveer 70 % van die van een niet oscillerend woelelement.

DAN WOLF en ITZHAK SHMUELEVICH (1977) kwamen bij hun proefnemingen op een zware klei met twee totaal verschillende machines tot de volgende resultaten.

- A. Het verticaal en dwars op de rijrichting laten vibreren van het gehele werktuig, inclusief de daaraan star gemonteerde woelelementen met een werkdiepte van 0,4 m -mv, gaf - bij frequenties van 7 en 9 Hz - de volgende reducties in de trekkracht-behoefte:
- bij rijsnelheden, kleiner dan 0,8 m/s, (\approx 2,9 km/u) reducties variërend van 10 - 26 %
 - bij rijsnelheden van 0,8 - 1,5 m/s (2,9 - 5,4 km/u) een verhoging van de trekkrachtbehoefte met 10 %
 - bij alle rijsnelheden was een toename van het door de trekker afgegeven vermogen waargenomen dat varieerde van 11 tot 30 %.
- B. Een in de rijrichting laten oscilleren van de woelpoten van de

ondergronden. De werkdiepte was eveneens 0,4 m -mv.; de opgelegde frequenties waren 4 en 5 Hz. De resultaten waren als volgt:

- bij rijsnelheden kleiner dan 0,7 m/s (2,5 km/u) een trekkrachtreductie variërend van 51 tot 58 %
- bij rijsnelheden van 0,7 tot 1 m/s (2,5 - 3,6 km/u) varieerde de trekkrachtreductie van 22 tot 25 %
- een toename van het door de trekker afgegeven vermogen, variërend van -16 tot +35 %.

Proef B leverde dus beduidend gunstiger resultaten op dan de proef van TOTTEN en KAUFMAN, waarbij ook het woelelement horizontaal in de rijrichting geoscilleerd werd.

In de techniek van het sleufloos installeren van drainagebuizen zijn ook pogingen ondernomen om reducties in trekkracht te bewerkstelligen middels het opleggen van trillingen op de woelpoot.

- VOSS en ZIMMERMAN (1974) vonden reducties van 11 - 27 %,
- CORNELIUS in Duitsland experimenteerde in 1974 met een trillende woelpoot,
- VAN DER ENDE (Borsele) bouwde omstreeks 1970 een woelpoot, waarvan het schuin oplopende rister een oscillerende beweging kan maken,
- ook Franssen hebben op dit gebied pogingen ondernomen,
- CABELCO (Luxemburg) heeft zeer recentelijk een diepwoeler op de markt gebracht, waarvan het woelmes, dat een verticaal snijdende beweging maakt, verbonden is met een onder plm. 30° met de horizontaal geplaatst rister, dat een in de rijrichting stekende en verticaal lichtende beweging maakt. Deze machine kan ook worden gebruikt voor het leggen van kabels en drains.

De resultaten schijnen echter van dien aard te zijn geweest, dat men toch van deze technieken afgezien heeft om die in de diepe drainage toe te passen. Als mogelijke oorzaken kunnen genoemd worden:

- geen besparing op energie per meter geïnstalleerde drainbuis (eerder een toename)
- een duurdere en meer gecompliceerde constructie van de woelpoot met toebehoren
- operationeel gezien een constructie die meer onderhoud vraagt
- technisch is het tot nu toe nog mogelijk geweest om de sleufloze

draineermachines zodanig te verzwaren en de vorm van het woelelement zo aan te passen, dat de benodigde trekkracht - bij een werkdiepte kleiner dan 2. m en een breedte van de woelpoot kleiner dan 200 mm - nog via de rupsen op het maaiveld overgebracht kon worden.

V o o r w o e l e n

Onder voorwoelen wordt in deze context verstaan het opbreken van een strook grond boven de plaats van de naderhand in te brengen zuigleiding. De voor-woeldiepte is ongeveer gelijk aan de halve draandiepte. De te woelen strook heeft een breedte aan het maaiveld van ongeveer tweemaal de draandiepte.

Het grootste effect van het voorwoelen wordt verkregen indien niet over de zojuist gewoelde strook wordt gereden.

Voorwoelen en het inbrengen van de zuigleiding dienen dan ook in één werkgang te worden uitgevoerd. Dit vraagt een zeer ruim gebouwd werktuig, daar de uitbreeklijnen van de grondkegel vóór de hoofdwoelpoot - die de zuigleiding in de grond voert - moeten vallen achter de hielen van de voorwoelers.

In mededelingen 128 wordt tevens vermeld dat: 'de totaal benodigde trekkracht bij toepassing van voorwoelers - in één werkgang met een diepwerkende woelpoot - vrijwel gelijk is aan de benodigde trekkracht zonder toepassing van vóórwoelers'. Verder: 'toepassing van vóórwoelers doet de benodigde trekkracht voor de diep werkende woelpoot aanzienlijk afnemen' (zie verder LD-mededelingen 128 pag. 13 en 14).

V o r m g e v i n g a a n d e W o e l p o o t

TAWFIG FAHMI DEMIAN (1974) onderzocht aan 10 schaalmodellen de invloed van de vormgeving en van de aanspanningshoek van de woelpoot (gemeten in de rijrichting t.o.v. het maaiveld) op de trekkrachtbehoefte. Daarbij kwam de enkelvoudig verticaal geplaatste woelpoot met een vlak en recht rister dat onder een aanspanningshoek van 45° geplaatst was als beste uit de bus.

De V-vormig-samengestelde woelpoot vroeg iets meer trekkracht.

De door de woelpoot uitgeoefende verticale kracht op het werktuigframe was bij het V-vormige woellichaam meer dan het dubbele dan dat van de eerder genoemde verticale woelpoot. Deze extra verticaal op de machine uitgeoefende kracht geeft aan de rupsen een grote reserve aan op te brengen afzetkrachten.

HARMUT PIETSCH (1977) geeft in zijn proefschrift een uiteenzetting over het berekenen van een trekkrachtbehoefte van een woellichaam, waarbij de vorm van het woellichaam, hoek van aanspanning, rijnsnelheid en grondsoort als hoofd-parameters beschouwd worden. Speciale aandacht genoot het V-vormige woellichaam.

3.2.3. Enkele eigenschappen van instabiele gronden

Gedrag onder invloed van stromend water

Indien in een Darcy-opstelling - met als medium een kolom cohesielose grond - zoveel overdruk aan het onder in de grondkolom instromende water wordt gegeven, dat de gronddeeltjes boven in beginnen te zweven is de 'Quick-Condition' bereikt.

Tijdens het opvoeren van de waterdruk onder in de grondkolom, neemt - bij een vrije afstroming van het water boven die kolom - het volume van het grondmonster geleidelijk toe, en de weerstand tegen afschuiven nadert daarbij tot nul.

Gedrag onder invloed van herhaalde belasting

Van volledig met water verzadigde niet maximaal verdichte gronden is bekend dat, indien deze aan snelle herhaalde belastingen onderworpen worden, dat ze daardoor de weerstand tegen afschuiven bijna geheel kunnen verliezen.

De verklaring voor dit verschijnsel is, dat o.i.v. een schuifspanning (trilling) de dichtheid van de grond toeneemt.

Daar het opgesloten grondwater onvoldoende snel kan afstromen wordt de toename in de belasting van de grond meer dan evenredig omgezet in een toename van de waterspanning.

Deze overspanning van het grondwater veroorzaakt het vloeien van de grond. In de Engelstalige literatuur wordt dit begrepen onder de term 'Liquefaction'.

Of de toestand van vloeï in een met water verzadigde zandgrond bereikt wordt, wordt dus bepaald door het feit of (de dichtheid) het volume van die grond toeneemt, gelijkblijft of afneemt indien deze grond aan een schuifspanning wordt onderworpen.

Indien tijdens zo'n proefbelasting het volume van het monster gelijk blijft, heeft dat monster een poriëngetal dat in de literatuur bekend is onder de naam "critical void ratio".

In de bouwwereld maakt men van deze vloeï-eigenschap gebruik door stalen damwanden niet de grond in te heien - wat met grote krachten zou moeten gebeuren en veel vervorming van de damwand tot gevolg zou hebben - maar door ze er in te trillen.

3.3. C o n c e p t e n v o o r n i e u w e i n s t a l l a t i e - m e t h o d e n e n n i e u w e m a c h i n e s

Het is bekend, dat - vanwege infrastructurale beperkingen - het gewicht van de te construeren machine niet veel hoger kan zijn dan 25 à 30 ton. Dit gegeven houdt in, dat de afzetkracht die een machine via het rupsstel op het maaiveld kan overbrengen in het gunstigste geval beperkt is tot 45 ton.

Daar er ook onder minder gunstige terreinomstandigheden gewerkt moet kunnen worden, is het weinig zinvol om te proberen om meer motorvermogen in de rupsen te stoppen. Diverse andere vormen van energieoverdracht aan het draineermecanisme, die de trekkrachtbehoefte van de machine doen verlagen, dienen in overweging genomen te worden.

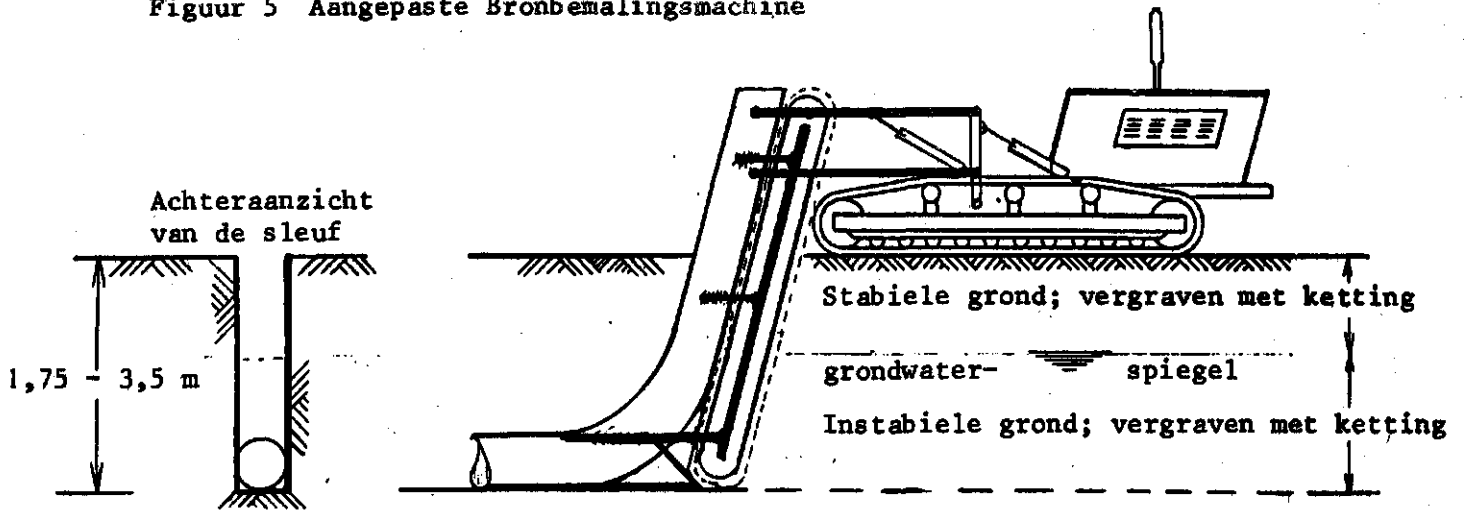
Drie typen draineermachines, die volgens eigen concepten de hoofdleidingen in de grond brengen worden behandeld.

3.3.1. Aangepaste bronbemalingsmachine ((fig. 5) z.o.z.)

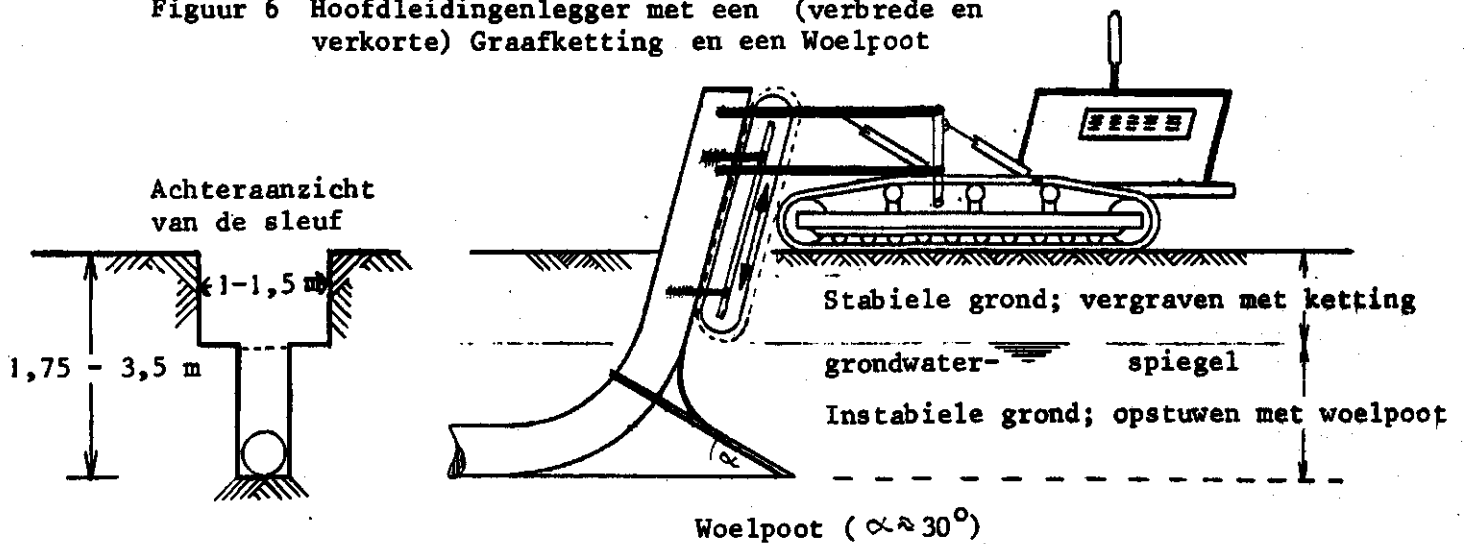
Deze machine, die gebruikt wordt om vooromhulde geperforeerde pvc ribbelbuizen tot 5,50 m -mv te installeren, zou met een verbrede en verkorte graafboom en een dito aangepaste buizenkast en - graafketting uitgerust kunnen worden.

De graafketting is geschikt voor het verwerken van instabiele grond. De capaciteit van een standaard bronbemalingsmachine is echter klein (40 - 120 m/u bij een installatiediepte van 4 - 5 m -mv).

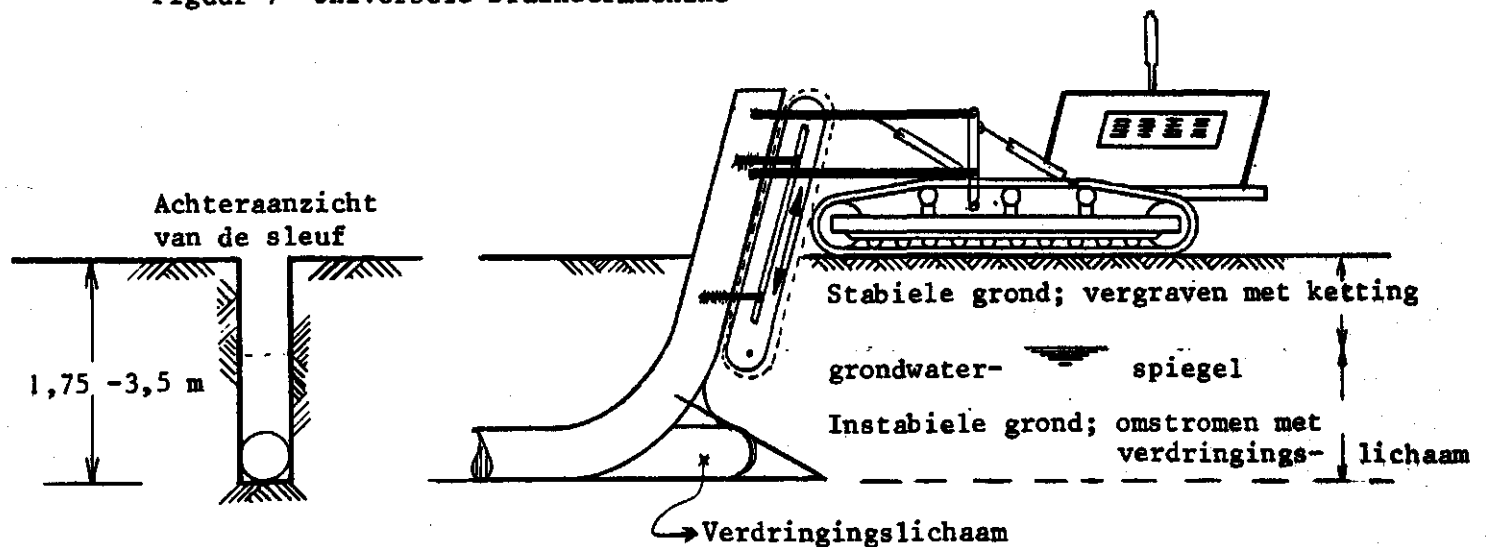
Figuur 5 Aangepaste Bronbemalingsmachine



Figuur 6 Hoofdleidingenlegger met een (verbrede en verkorte) Graafketting en een Woelpoot



Figuur 7 Universele Draineermachine



3.3.2. Hoofdleidingenlegger met een (verbrede en verkorte) graafketting en een woelpoot (fig. 6)

Bij deze methode wordt de stabiele bovengrond van de leidingsleuf zo breed en zo diep mogelijk afgegraven. (Er dient een dunne laag stabiele grond in de sleuf te blijven ter verkrijging van een stuwvlak om een goede diepteregeling te waarborgen). In dezelfde werkgang van de machine wordt de hoofdleiding sleufloos in de instabiele ondergrond gelegd. De instabiele ondergrond wordt door de achter de graafboom geplaatste woelpoot tijdelijk in de ontgraven ruimte van de stabiele bovengrond gedreven. Hoe breder de sleuf, des te gemakkelijker zal de instabiele ondergrond, ook boven het niveau van de ontgraving, om de woelpoot tot stroming kunnen komen. Om dit te stimuleren kan, als variant op deze methode, de woelpoot of alleen het rister in trilling worden gebracht.

Noot: Omstreeks eind februari 1983 hoopt men bij Drainemachiefabriek A.H. Steenbergen B.V. te Klaaswaal dit te beproeven. De machine graaft een sleuf met een breedte van 1,20 m en een diepte van 1,00 m -mv. Daarna zal met een woeltand, die door het midden van de bodem van de sleuf getrokken wordt, een buis op de goede diepte geïnstalleerd worden.

3.3.3. De 'Universele Drainemachine' (fig. 7)

Het concept van de toe te passen methode berust op:

- het ontgraven van de stabiele bovengrond op de normale breedte van de sleuf
- het om de woelpoot laten vloeien van de instabiele ondergrond.

In principe wordt uitgegaan van een kettinggraafmachine, voor het installeren van hoofdleidingen, met de volgende technische vormgeving:

- ter beperking van de wandwrijving zijn de graafboom en de woelpoot/buizenschacht evenwijdig aan elkaar verbonden en kunnen - binnen zekere grenzen - onafhankelijk van elkaar op diepte gebracht worden;
- in stabiele gronden kunnen de tracé's van de hoofdleidingen geheel met de ketting ontgraven worden, door de ketting langs de woelpoot/buizenschacht te laten zakken;

- in instabiele gronden wordt de woelpoot/buizenschacht uitgerust met een speciaal te ontwerpen verdringingslichaam. Om beter van de instabiele eigenschappen van de grond gebruik te kunnen maken, kan dit verdringingslichaam in trilling gebracht worden, of worden uitgerust met spuitkoppen om lucht of water onder hogedruk te injecteren;
- teneinde het uitvoeren van de ribbel-drainbuis met een diameter tot 0,45 m uit de buizenschacht te vergemakkelijken en ter beperking van het wandoppervlak van de graafboom met woelpoot, zou aan een aanspan- c.q. werkhoeck van de installeereenheid van 105° met het maai- veld gedacht kunnen worden.

Ter vergelijking: bij een bronbemalingsmachine is deze hoek 90° ;
bij een kettinggraver met een steile ketting is
deze ongeveer 120° .

4. AANBEVELINGEN VOOR NADER ONDERZOEK

4.1. O n d e r w e r p e n

Aanbevelingen voor nader onderzoek worden in volgorde van afnemende prioriteit genoemd.

a. Omstromingstechniek

Ten einde de trekkrachtbehoefte van de draineermachine te minimaliseren en te kunnen voorspellen dient het vloeigedrag van de instabiele grond rond de woelpoten te worden onderzocht.

Daarbij wordt aan de volgende factoren gedacht:

- type instabiele grond
- vorm en diameter van de woelkop/verdringingslichaam
- voortbewegingssnelheid van de woelpoot
- installatiediepte
- toe te passen vorm van trilling en met welke frequenties
- het onder hogedruk injecteren van water of lucht.

De resultaten van dit onderzoek zullen voornamelijk verwerkt worden in de "Universele Draineermachine".

b. Het effect van breed voor graven van een leidingsleuf op de trekkrachtbehoefte bij sleufloze installatie in instabiele gronden

De resultaten van dit onderzoek moeten aantonen of het aanpassen van een hoofdleidinglegger (met een verbrede ketting en een woelpoot waarmee buizen tot \varnothing 450 mm sleufloos in de instabiele grond gelegd kunnen worden) voordelen biedt t.o.v. de Universele Draineermachine.

c. Ontgravingstechniek

Bij dit onderzoek moet het accent komen te liggen op de toe te passen typen graafkettingen in relatie tot de grondsoort en de hoogte van de grondwaterstand.

Het resultaat van dit onderzoek heeft betrekking op alle in deze nota genoemde draineermachines.

4.2. M o g e l i j k e P a r t i c i p a n t e n

Onderzoeksinstellingen

T.H. Delft, afd. Werktuigbouw; Techniek van het Grondverzet

T.H. Eindhoven, afd. Werktuigbouw

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) te

Wageningen, afd. Bodemtechniek

Landinrichtingsdienst te Utrecht

Het Instituut voor Mechanisatie Arbeid en Gebouwen (IMAG) te

Wageningen

Instituut voor Werktuigkundige Constructies (IWECO-TNO) te Delft

Bedrijfsleven

Machinefabriek D. Barth en Zn. B.V. te 's-Gravendeel

Machinefabriek A.H. Steenbergen B.V. te Klaaswaal

5. LITERATUUR

- DIELEMAN, P.J., 1979. Drainage knowledge and Research Needs in Developing Countries. ILRI Publication 25; paper 402
pg 620-632
- DEMIAN, TAWFIG FAHMI, (1974). Untersuchungen an einfachen Bodenschneidwerkzeugen insbesondere Grabenlos arbeitende Dränmaschinen ausgeführt an einfachen Modellen.
Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Landwirtschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen
- DRAINAGE CONTACT GROEP, 1979. Toepassingsmogelijkheden voor sleufloze drainage in Nederland. Mededelingen 128. Landinrichtingsdienst Utrecht
- FAO, 1977. Water for Agriculture. Paper prepared for the U.N. Water Conference Mar del Plata. FAO, Rome
- KNOPS, J.A.C. and W. DIERICKX, 1979. Drainage materials. ILRI Publication 25; pages 14-38
- LAMBE, WILLIAM, T. and ROBERT V. WHITMAN, 1969. Soil Mechanics Massachusetts Institute of Technology John Wiley and Sons. Inc. New York, London, Sydney and Toronto
- NOSENKO, P.P. and J.S. ZONN, 1976. Land drainage in the World. ICID Bulletin 4, 5 and 6; pages 65-70
- PIETSCH, HAMMUT, (1977). Zur Berechnung von Kräften an Bodenbearbeitungswerkzeugen mit besonderer Berücksichtigung von Drängeräten
Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG)
Dissertation München 1977
- SCHAIK, W. van (april 1977). Design Principles and Practices for subsurface Drainage Systems for Crop Consolidated Area's with Rice in the Crop Rotation (Annexes VI and VII 4, 5)
Drainage Research Institute Cairo/Egypt
- SCHEELE, J.R. en J. DE WEERD (nov. 1967) Horizontale bronbemaling
Tijdschrift der Koninklijke Nederlandsche Heidemaatschappij
78^o jaargang no. 11 (pg 430-450)
- TOTTEN, D.S. and L.C. KAUFMAN, 1971. Dynamic Response of a Clay Soil to an Oscillating Subsoiler. A.S.A.E. pages 793-796

VOSS, B. und FR. ZIMMERMANN, 1974. Zugkraftbedarf und Verlege-
geschwindigkeit grabenlos arbeitender Dränmaschinen. Wasser
und Boden 4, s. 98-102

WOLF, D. and ITZHAK SHMUELEVICH, 1977. Vibrating Subsoilers in
Clod-Forming Soils. Paper no. 77-1010 of the annual meeting.
ASAE, June 26-29, 1977