631.879.3 : 664.22

L209

SEPARAAT
No. 3324

VERWERKING PROCESWATER AARDAPPELMEELINDUSTRIE IN DE LANDBOUW

J. Drent

BIBLIOTHEEK
ib
OOSTERWEG 92
CORRESP ADRES
POSTBUS 30003
9750 RA HAREN Gn
INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

praktijkproeven
kosten
organisatie

ICW regionale studies 10

VERWERKING VAN PROCESWATER VAN DE AARDAPPELMEELINDUSTRIE IN DE LANDBOUW

praktijkproeven, investeringen en exploitatiekosten, organisatie

J. Drent

WAGENINGEN
1976

E - 113142

In de reeks Regionale Studies, uitgegeven door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding te Wageningen, worden onderzoeksresultaten met regionale strekking op het gebied van landinrichting, cultuurtechniek en waterhuishouding gepubliceerd. De Studies betreffen onderzoek waarin het Instituut een meer of minder groot aandeel heeft gehad.

Layout, typewerk, kartografie en reprografie: ICW
Oplage: 750 exemplaren
Uitgave: ICW, postbus 35, Wageningen
Prijs: *f* 7,50 bij vooruitbetaling op giro 817672 t.n.v. ICW, Wageningen onder vermelding van 'Verwerking proceswater'

Samenstelling van de Werkgroep TNO voor Onderzoek Irrigatie met Afvalwater Aardappelmeelfabrieken:

Voorzitter:	dr. C. van den Berg	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Secretaris:	ir. H. Veenstra	Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek TNO
Leden :	dr. C. Baars	Afdeling Weg- en Waterbouwkunde en Irrigatie van de Landbouwhogeschool
	drs. W.C. Bus (na 1-1-1975)	Vereniging van de Nederlandse Aardappelmeelindustrie
	J.E. Callenfels (tot 1-1-1975)	Vereniging van de Nederlandse Aardappelmeelindustrie
	prof.dr. P.G. Fohr	Afdeling Waterzuivering van de Landbouwhogeschool
	dr. M.E. Kronenberg	Studie- en Informatiecentrum TNO voor het Onderzoek ten dienste van het Milieubeheer
	ir. G.A. Oosterbaan	Centrale Directie Cultuurtechnische Dienst
	ir. C.M.J. Sluijsmans	Instituut voor Bodemvruchtbaarheid
	R. Sulman (na 1-1-1975)	Vereniging van de Nederlandse Aardappelmeelindustrie
	ir. J.H. Voorburg	Rijks Agrarische Afvalwaterdienst
	dr.ir. L. Wartena	NV Heidemaatschappij Beheer
	ir. C. Wind (na 1-6-1975)	Provinciale Directie voor de Bedrijfsontwikkeling in Drenthe

I N H O U D

blz.

VOORWOORD

1. INLEIDING 1

2. PRAKTIJKPROEF 2

2.1. Algemeen 2
2.2. Transport en opslag van het proceswater 2
2.3. Beregeningstechniek 3
2.4. Samenstelling van het proceswater 5
2.5. Dosering en bemestingswaarde 6
2.6. Gewasreactie en gewasopbrengsten 8
2.7. Besparing op meststoffen 11
2.8. Zuivering van het proceswater door de bodem 12
2.9. Samenvatting 18

3. INVESTERINGEN EN EXPLOITATIEKOSTEN BIJ AANVOER EN VERSPREIDING OP GROTE SCHAAL PER DRUKLEIDING 19

3.1. Algemeen 19
3.2. Verwerkingscapaciteit van een standaard beregeningsploeg 19
3.3. Inrichting van een standaard beregeningsoppervlakte van 750 ha 20
3.4. Investeringen en exploitatiekosten bij verregening 21
3.4.1. Prijzen, rente en afschrijvingsperiode 21
3.4.2. Investeringen met een afschrijvingsperiode van 30 jaar 21
3.4.3. Investeringen met een afschrijvingsperiode van 10 jaar 23
3.4.4. Exploitatiekosten van beregening op twee standaard oppervlakten 23

blz.

3.5. Investeringen en exploitatiekosten bij aanvoer en verregening voor een aantal concrete situaties 23
3.5.1. Beregening op akkerbouwland voor de aardappelmeelfabriek Tonden in Foxhol 24
3.5.2. Beregening op akkerbouwland voor de aardappelmeelfabriek DWM in Veendam 26
3.5.3. Beregening op hoofdzakelijk grasland voor de aardappelmeelfabriek Tonden in Foxhol 27
3.5.4. Vergelijking van de exploitatiekosten voor de drie situaties 29
3.6. Toepassing van automatische beregeningsapparatuur bij de huidige veenkoloniale verkaveling 30

4. INVESTERINGEN EN EXPLOITATIEKOSTEN BIJ AANVOER PER DRUKLEIDING EN VERSPREIDING PER AS 31

4.1. Algemeen 31
4.2. Praktijkproef verspreiding per as 31
4.3. Investeringen en exploitatiekosten bij toepassing op grote schaal 32

5. EXPLOITATIEKOSTEN VAN AANVOER EN VERSPREIDING PER AS VAN INGEDIKT EIWITARM PROCESWATER OP GROTE SCHAAL 35

5.1. Algemeen 35
5.2. Exploitatiekosten 35

6. PLANTENZIEKTEKUNDIGE ASPECTEN 36

6.1. Algemeen 36
6.2. Mogelijk aanwezige ziekten of plagen in het proceswater 36
6.3. Barrières in het fabrieksprocédé 38

	blz.
7. ORGANISATORISCHE EN MAATSCHAPPELIJKE ASPECTEN	39
7.1. Algemeen	39
7.2. Fabriek - verregening	39
7.3. Landbouw - fabriek	39
7.4. Landbouw - verregening	39
7.5. Milieu - verregening	42
7.6. Personeel - verregening	43
7.7. Weersomstandigheden - verregening	43
7.8. De organisatie in West-Duitsland	44
8. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	46
LITERATUUR	49

V O O R W O O R D

Reeds eerder werden door de Werkgroep TNO voor Onderzoek Irrigatie met Afvalwater Aardappelmeelfabrieken proefresultaten gepubliceerd over het effect van beregening met proceswater van aardappelmeelfabrieken. Uit deze gegevens kon worden afgeleid dat voor beregening zeker mogelijkheden bestaan. Er waren evenwel twee redenen om te komen tot een nadere uitwerking van de verkregen inzichten in een grote praktijkproef. De eerste daarvan was, dat moderne fabrieksprocédés leiden tot sterke beperking van het waterverbruik bij de zetmeelwinning met de daarmee samengaande hogere concentratie van stoffen in het proceswater, wat direkte gevolgen heeft voor de hoeveelheid beregeningswater. De tweede was de wens om de gevonden resultaten te testen in praktijkomstandigheden met de daaraan verbonden technische, organisatorische en maatschappelijke aspekten.

Nauwe samenwerking met Koninklijke Scholten-Honig NV en de Dienst der Domeinen leidde tot een tweejarige proef met beregening van proceswater op 100 ha akkerbouwland. Deze publikatie geeft een volledig overzicht van de verkregen resultaten en een extrapolatie naar verschillende situaties, die zich bij beregening van de proceswaterstroom van een fabriek kunnen voordoen. De economische berekeningen maken vergelijking mogelijk met andere methoden van proceswaterverwerking.

Grote dank is verschuldigd aan de directie en medewerkers van Koninklijke Scholten-Honig NV en van de Dienst der Domeinen voor de verleende medewerking, waardoor de proefneming tot een succesrijk einde kon worden gebracht. In het bijzonder kan hierbij de belangstelling en daadwerkelijke medewerking van de bedrijfsleider van het beregende domeinbedrijf, de heer G. Klok, worden gememoreerd.

Velen hebben op een of andere wijze meegewerkt aan opzet en uitvoering van deze proef. In het bijzonder zij vermeld dat de heer ing. F. Riem Vis, medewerker van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, de aspekten van de bemesting voor zijn rekening heeft genomen. Koninklijke Scholten-Honig NV, de Sectie Landbouwkundig Onderzoek van de Centrale Organisatie TNO en de Cultuurtechnische Dienst verleenden financiële steun.

De wetenschappelijke leiding en coördinatie van de praktijkproef berustte bij ir. J. Drent van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, die tevens het eindverslag samenstelde.

dr. C. van den Berg
Voorzitter van de Werkgroep

1. INLEIDING

Een van de conclusies van de Werkgroep TNO voor Onderzoek Irrigatie met Afvalwater Aardappelmeelfabrieken in haar rapport 'Landbouwkundig gebruik van afvalwater uit de aardappelmeelindustrie' (WERKGROEP, 1972) luidde: 'De nog niet onderzochte vraagstukken rond de organisatorische en sociale aspecten van afvalwaterverregening op grote aaneengesloten complexen evenals de waardering van de verschillende technische alternatieven, maken de uitvoering van een proef op praktijkschaal noodzakelijk'.

In overeenstemming met deze aanbeveling werd onder auspiciën van bovengenoemde werkgroep in nauwe samenwerking met Koninklijke Scholten-Honig NV (KSH) en de Dienst der Domeinen een verregeningsproef uitgevoerd op 100 ha akkerbouwland van de Dienst der Domeinen in Veenhuizen. De proefduur werd vastgelegd voor twee jaar. Parallel aan deze praktijkproef werd op akkerbouwland in de omgeving van de aardappelmeelfabriek Smilde van KSH een praktijkproef uitgevoerd, waarin het proceswater met vacuümtanks werd verspreid.

Bij de produktie van zetmeel uit fabrieksaardappelen komen twee soorten afvalwater vrij, namelijk het was- en transportwater en het proceswater. Het was- en transportwater wordt gebruikt voor het wassen en transporteren van de aangevoerde aardappelen; het zal in zuiveringsinstallaties worden verwerkt. Het proceswater is de afvalwaterstroom, dat bij de raffinage van het zetmeel vrijkomt. Het bestaat uit het vruchtwater van de aardappel, verdund met een hoeveelheid schoon water, nodig voor het uitwassen van het zetmeel.

In bovengenoemd rapport van de werkgroep werd reeds geconstateerd dat er bij de aardappelmeelindustrie tendensen waren tot beperking van het waterverbruik bij de zetmeelwinning. Vooral onder de druk van de milieu-eisen werd de ontwikkeling van een nieuw zetmeelwinningsprocédé versneld. De nieuwe produktiemethode berust op het uitwassen van het zetmeel in tegenstroom met een waterverbruik, dat belangrijk kleiner is dan in de traditionele procesvoering. Nu het proceswater meer geconcentreerd is, wordt ook de winning van het eiwit weer aantrekkelijk, zodat in dat geval eiwitarm proceswater als afvalwater uit de fabriek vrijkomt. Deze nieuwe ontwikkelingen in de aardappelmeelindustrie zullen leiden tot de ombouw van alle bestaande aardappelmeelfabrieken op deze nieuwe produktiemethode. Bovendien zal de produktie worden uitgebreid met eiwitfabrieken.

Het was oorspronkelijk de bedoeling in de praktijkproeven eiwitarm proceswater te verspreiden. In de fabriek Smilde van KSH werd wel een produktiemethode van zetmeel toegepast met een laag waterverbruik, maar er vond geen eiwitwinning plaats, zodat genoegen genomen moest worden met eiwitrijk proceswater. Zoals uit de beschrijving van de resultaten van de praktijkproeven zal blijken, maakt het voor het beoordelen van de verspreidingstechniek, de verspreidingskosten en de organisatorische aspecten niet uit met welke produktiestroom wordt geëxperimenteerd. Alleen de bemestingsaspecten zijn met betrekking tot stikstof verschillend.

Het doel van de proeven was gegevens te verzamelen, die nodig zijn voor het beoordelen van de mogelijkheden van verspreiding van proceswater van de aardappelmeelindustrie in de praktijk. Dit heeft er toe geleid, dat in de proef de volgende aspecten in beschouwing zijn genomen:

- het beoordelen van de praktische toepassing van verregening van proceswater gedurende de hele campagne en onder verschillende weersomstandigheden;
- optimalisatie van de organisatie en minimalisering van de kosten;
- het meten van de arbeidsbehoefte en het beoordelen van de sociale aspecten bij beregenen;
- zo goed mogelijk nagaan in hoeverre de verregening de normale pro-

duktie en exploitatie van landbouwgewassen beïnvloedt;
- analyse van grond en grondwater om de toelaatbare belasting te controleren;
- behalve de genoemde analyses van grond en grondwater zal de Plantenziektekundige Dienst controle uitoefenen op een eventueel effect van het proceswater op plantenziekten.

In dit rapport zijn in hoofdstuk 2 de resultaten gegeven van de praktijkproef Veenhuizen. In de daarop volgende hoofdstukken zijn deze resultaten gebruikt als hulpmiddel voor het berekenen en beschrijven van de diverse aspecten van verregening van proceswater van de aardappelmeelindustrie in de praktijk. In hoofdstuk 4 is aandacht besteed aan het verspreiden van proceswater met vacuümtanks, terwijl in hoofdstuk 5 een aantal aspecten van verspreiding van ingedikt eiwitarm proceswater wordt behandeld.

2. P R A K T I J K P R O E F

2.1. ALGEMEEN

De Dienst der Domeinen exploiteert in Veenhuizen circa 425 ha landbouwgrond (fig. 1). Het areaal is opgesplitst in 4 bedrijven van ruim 100 ha. Op één van deze bedrijven (bedrijf 4) heeft de verregening plaatsgevonden. Het bouwplan van de vier bedrijven is gelijk en was in 1975: 45% fabrieksaardappelen, 15% suikerbieten en 40% graan. Het bodemprofiel van de grond ziet er als volgt uit: 0 tot 30 cm zwart humeus zand, 30 tot 50 cm bruingeel zand, 50 tot 90 cm geel zand en 90 tot 220 cm keileem. Op tal van plaatsen ligt het keileem dichter onder het maaiveld, terwijl hier en daar verlande vennen voorkomen. De percelen zijn intensief gedraineerd met drains op 60 à 70 cm diepte en een drainafstand van gemiddeld 8 m. De percelen zijn 350 m lang en hebben, afhankelijk van de oppervlakte, een verschillende breedte. De perceelsscheidingen bestaan uit afwateringssloten.

De verregening werd uitgevoerd van september tot en met december tijdens de aardappelmeelcampagnes 1973 en 1974.

2.2. TRANSPORT EN OPSLAG VAN HET PROCESWATER

Het proceswater voor de verregening werd betrokken van de aardappelmeelfabriek van KSH in Smilde. In verband met de betrekkelijk grote afstand tussen de fabriek en het proefgebied was het vanwege de kosten niet mogelijk het proceswater met een transportleiding te vervoeren, zodat het transport per tankauto moest plaatsvinden. Hiervoor werd zowel bij de fabriek als bij het verregeningsareaal een tussenopslag ingericht. De tussenopslag bij de fabriek lag bovengronds, was omringd met een aarden wal en bekleed met een poly-ethyleen kleed. In Veenhuizen diende een bestaande wijk, die niet meer

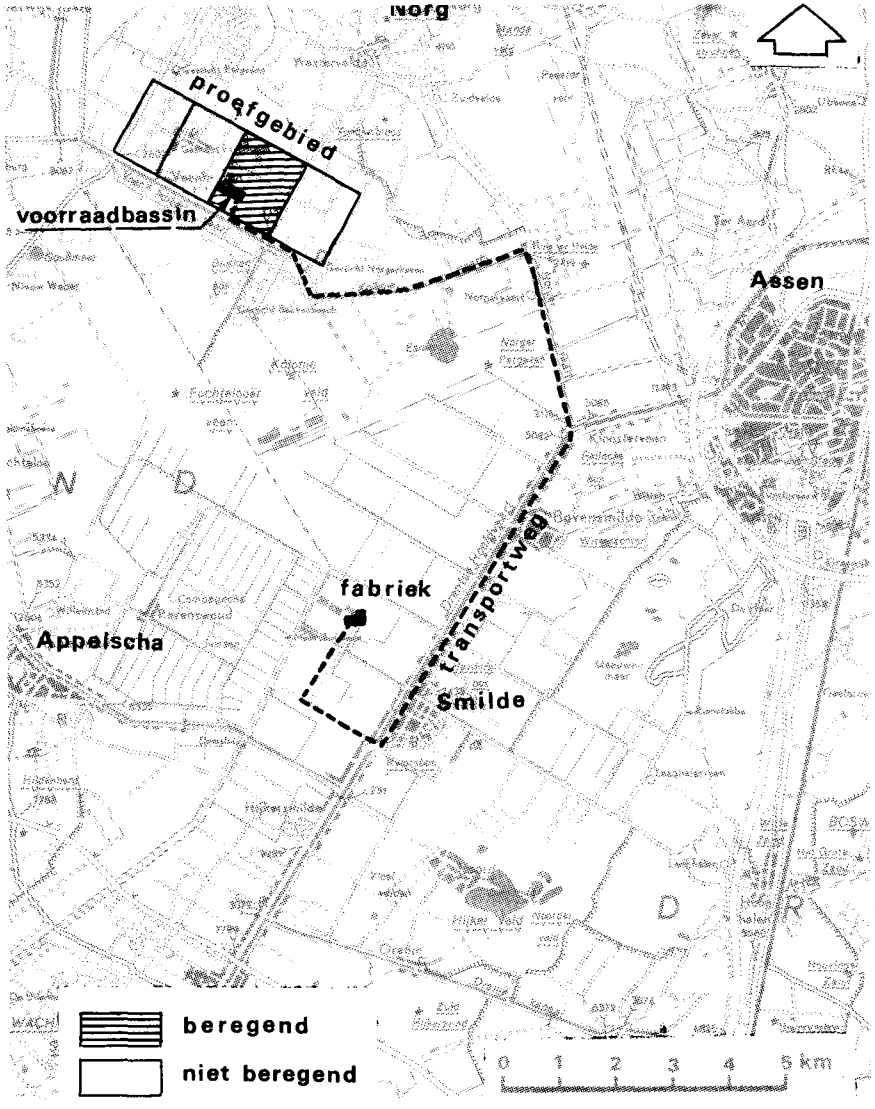


Fig. 1. Situatie proefgebied Veenhuizen

voor de afwatering werd gebruikt, als tussenopslag. Deze wijk lag centraal in het te beregenen areaal. Na het vlak maken van het talud werd de wijk geheel bekleed met een poly-ethyleen doek (afmetingen: 250 x 10 m). In het verkregen reservoir kon 1750 m^3 afvalwater worden opgeslagen. Het proceswater werd met twee lagedruk pompen over het hele areaal gedistribueerd door middel van een bovengrondse transportleiding.

2.3. BEREGENINGSTECHNIEK

De verregening werd in beide proefjaren in hoofdzaak uitgevoerd met conventionele beregeningsapparatuur, dat wil zeggen in handwerk met snelkoppelingsbuizen en sproeiers. In november 1974 werd een korte periode geëxperimenteerd met een automatische verregeningsmachine.

C o n v e n t i o n e l e b e r e g e n i n g . De beregening vond plaats over de volle lengte van de percelen: 350 m. Hiervoor zijn 18 sproeiers opgesteld op een onderlinge afstand van 18 m. Het eerste proefjaar werd een sproeier van Perrot, type LKA 30/2, toegepast; het tweede jaar werd overgegaan op een andere sproeier van Perrot, type ZB22. De sproeiers staan niet direct op de regenleiding, doch op sleestatieven, die met nylonslangen aan de leiding worden gekoppeld. De regenleiding bestaat uit snelkoppelingsbuizen met een diameter van 70 en 89 mm. Bij een beregeningscapaciteit per sproeier van 2 m^3 per uur kan met deze beregeningsopstelling 38 m^3 per uur worden verwerkt. Bij een slanglengte van 50 m kunnen de sproeiers bij een opstellingsverband 18 x 24 meter 5 keer worden opgesteld, zonder dat de beregeningsleiding behoeft te worden verplaatst en bij een opstellingsverband 18 x 18 meter op overeenkomstige wijze 7 keer. Deze werkmethode betekent een aanzienlijke arbeidsbesparing ten opzichte van het systeem,



Fig. 2. Verregening van proceswater van de aardappelmeelindustrie met snelkoppelingsbuizen, nylonslangen en sproeiers op sleestatieven



Fig. 3. Automatisch werkend beregeningsapparaat 'Minimat 50' in bedrijf tijdens de proeven in Veenhuizen

waarbij de sproeiers direct op de leiding staan. Door gebruik te maken van een tweede regenleiding kan de ene leiding worden uitgelegd, terwijl de andere leiding wordt beregend. Fig. 2 geeft een overzicht van de uitvoering met behulp van conventionele beregeningsapparatuur.

De regenleiding wordt vanuit de transportleiding gevoed met een hogedruk centrifugaalpomp, die bij 6,0 ato werkdruk 38 m^3 proceswater per uur levert. Deze hoge werkdruk is noodzakelijk vanwege de drukverliezen over de leidingen en de vereiste werkdruk op de sproeier van 4,5 ato. De nylonslangen worden met GK-snelkoppelingen aan de sleestatieven en de beregeningsbuizen gekoppeld. Op de beregeningsbuizen zijn zelfafsluitende GK-ventielen gemonteerd. Op deze manier is het mogelijk tijdens de verregening elke sproeier af te koppelen zonder de verregening hiervoor stop te moeten zetten.

Voor het uitleggen van de leidingen, het verplaatsen van de sproeiers en de overige werkzaamheden zijn drie arbeiders ingezet. Deze arbeiders beschikken over een trekker en een buizenwagen.

A u t o m a t i s c h e b e r e g e n i n g . De verregening werd uitgevoerd met een automatische beregeningsmachine: de Minimat 50 van Perrot. Fig. 3 geeft een beeld van de werking van deze machine tijdens de proeven in Veenhuizen. De sproeier staat op een slede, die door een wateraanvoerslang wordt voortgetrokken. De slang komt op een haspel, die door een hydromotor wordt aangedreven. De motor krijgt zijn energie door van de hoofdstroom in het systeem (hoge druk) een kleinere stroom af te tappen.

Bij een werkdruk van 8 ato en een sectorsproeier ZL 22 W van Perrot met sproeieropening 11 mm x 5,5 mm is de capaciteit 13,4 m^3

per uur. De effectieve werkbreedte bedraagt 35 m en de werklengte bij een slanglengte van 275 m is 300 m, zodat in één werkgang 1,05 ha wordt beregend. De snelheid, waarmee de sproeier over het veld wordt getrokken, kan zodanig worden ingesteld, dat 5, 10 of 15 mm in één werkgang kan worden verregend. Wanneer de slang geheel is opgewonden weegt het apparaat circa 1000 kg. Voor het verplaatsen over een afstand van 35 m is in verband met het gewicht tijdens de proeven een trekker gebruikt van 75 pk. Het apparaat wordt aan de 3-punts hefinrichting van de trekker gehangen en verplaatst. Het uitrijden van de slang met sproeier en statief wordt met dezelfde trekker gedaan.

Uit de waarnemingen tijdens de proeven met een dergelijk apparaat in Veenhuizen is gebleken, dat een volledige verplaatsing, afhankelijk van de terreinomstandigheden, 15 tot 25 minuten duurt. Voor een vlot verloop van de verplaatsing heeft de trekkerchauffeur een hulpkracht nodig.

2.4. SAMENSTELLING VAN HET PROCESWATER

Na het wassen van de aardappelen en het verwijderen van de overige ongerechtigheden worden de aardappelen fijn gemalen tot een brei. Uit deze aardappelbrei wordt door uitwassen het zetmeel gewonnen. In het traditionele produktieproces is voor het uitwassen van het zetmeel circa 8 m^3 water per ton aardappelen nodig. Momenteel wordt deze produktiemethode van zetmeel nog in bijna alle fabrieken toegepast. In een proeffabriek van KSH te Smilde (verwerkingscapaciteit 20 ton aardappelen per uur) wordt met een nieuw procédé van zetmeelwinning geëxperimenteerd. Hierbij is het waterverbruik teruggebracht tot 500 liter per ton aardappelen. Daar de aardappel voor 75% uit water bestaat, komt met deze nieuwe produktiemethode een proces-

Tabel 1. Gemiddelde samenstelling en de standaardafwijking (s) ten opzichte van het gemiddelde van het verregende proceswater in de campagnes 1973 en 1974 van respectievelijk 34 en 43 monsters

	1973	s	1974	s
COD (O_2 mg/l)	23 168	4976	18 370	4150
BOD_5 (O_2 mg/l)	14 728	3862	11 623	2582
Totaal N (N mg/l)	1 712	290	1 774	272
NH_4 (N mg/l)	300	99	468	195
Organisch N (N mg/l)	1 042	360	1 912	260
Totaal P (P mg/l)	249	188	234	158
K (mg/l)	2 491	316	2 299	331
Cl (mg/l)	253	64	291	130

waterstroom vrij van 1,3 m^3 per ton aardappelen. Zoals in de inleiding reeds is vermeld, vindt in deze fabriek geen eiwitwinning plaats. In tabel 1 is de gemiddelde samenstelling gegeven van het proceswater, dat in de praktijkproef is verregend gedurende de campagnes 1973 en 1974.

In tabel 1 is ook de standaardafwijking berekend ten opzichte van het gemiddelde. Uit de berekening van deze standaardafwijking blijkt, dat de samenstelling tijdens de beide proefperioden aanzienlijk varieerde. De reden hiervan is dat enerzijds in de fabriek de nodige experimenten zijn uitgevoerd en anderzijds tussen de plaats van van de produktie in de fabriek en de plaats van de bemonstering bij de sproeiers op het veld door bezinking, flotatie en chemische reacties, veranderingen in samenstelling plaatsvinden. Vooral de beide tussenopslagplaatsen hebben in deze een belangrijke invloed. Op het bassin bij de fabriek was permanent een dikke drijflaag aanwezig, die regelmatig verwijderd moest worden, terwijl in het reservoir van het beregeningsgebied veel materiaal bezonk. De drijflaag bestond

hoofdzakelijk uit eiwitschuim met restanten zetmeel en fijne aardappelvezels. Aangezien het hier een proeffabriek betrof, waarin experimenten werden uitgevoerd, mag worden verwacht dat in een produktiebedrijf de samenstelling van het proceswater minder zal variëren.

De gemiddelde samenstelling van fabrieksaardappelen bedraagt, uitgedrukt in gewichtsprocenten: 0,34% N; 0,09% P_2O_5 en 0,5% K_2O. Per ton aardappelen zouden derhalve 3400 g N, 900 g P_2O_5 en 5000 g K_2O in het proceswater terecht komen. Met de aardappelvezels wordt circa 10% van de verontreinigingen afgevoerd en circa 5% blijft achter in bezinksel, schuim op bassins en in het zetmeel. Uitgaande van een te lozen hoeveelheid proceswater van 1,3 m^3 per ton aardappelen en rekening houdend met circa 15% verlies, mag de volgende samenstelling worden verwacht: 2200 mg N/l, 260 mg P/l en 2700 mg K/l. Een vergelijking tussen de analyseresultaten in tabel 1 en wat verwacht mag worden op basis van de gemiddelde samenstelling van fabrieksaardappelen leidt derhalve, met uitzondering van stikstof, tot een redelijke overeenstemming. Aangezien de drijflaag op het bassin bij de fabriek in hoofdzaak uit eiwitschuim bestaat, kan hiermee een belangrijk deel van het relatief lage stikstofgehalte in het verregende water worden verklaard.

2.5. DOSERING EN BEMESTINGSWAARDE

De beschikbaarheid van de voedingselementen uit het proceswater voor de gewassen wordt uitgedrukt in een werkingscoëfficiënt door een vergelijking te maken met de werking van de gebruikelijke kunstmeststoffen. In tabel 2 zijn de werkingscoëfficiënten gegeven voor een aantal landbouwgewassen bij gebruik van proceswater van het traditionele produktieproces. Verwacht mag worden dat deze coëfficiënten ook voor het meer geconcentreerde proceswater gelden.

Tabel 2. Werkingscoëfficiënten van stikstof, fosfaat en kali uit proceswater van de aardappelmeelindustrie voor enkele landbouwgewassen (Werkgroep, 1972)

Gewas	N	P_2O_5	K_2O
Aardappelen	0,5	0,5	0,8
Suikerbieten	0,5	0,5	0,8
Granen	0,2	0,5	0,4

Als basis voor de dosering is gehanteerd het optimaal benutten van de voedingsstoffen uit het proceswater. Omdat de verhouding van de verschillende meststoffen in het proceswater niet overeenkomt met de bemestingsbehoefte van de plant is in het algemeen op een van de voedingselementen gedoseerd en moeten de andere meststoffen, zo nodig, met kunstmest worden aangevuld. De reden hiervan is, dat een te hoge gift aan een of meer voedingselementen nadelig kan zijn voor de opbrengst en de kwaliteit van de oogstprodukten. Afhankelijk van het gewas zijn de volgende doseringsnormen aangehouden (WERKGROEP, 1972):

- De granen zijn op stikstof gedoseerd, daar bij te hoge stikstofgiften gevaar bestaat voor legering.
- De fabrieksaardappelen zijn op kali gedoseerd; te veel kali kan verlaging van het zetmeelgehalte van de aardappelen tot gevolg hebben.
- De suikerbieten zijn op stikstof gedoseerd met als voorwaarde dat de kaligift niet te extreem mag zijn. Te veel stikstof betekent verlaging van het suikergehalte van de biet en een zeer hoge kaligift heeft een teruggang van de sapzuiverheid tot gevolg.

Tabel 3. Effectieve bemestingswaarden van proceswater uit de aardappelmeelindustrie in 1974 en 1975 bij verschillende doseringen en afhankelijk van het gewas

Gewas	Dosering mm		Stikstof (N) kg/ha		Fosfor (P_2O_5) kg/ha		Kali (K_2O) kg/ha	
	1974	1975	1974	1975	1974	1975	1974	1975
Aardappelen	5	5	42	44	14	14	120	110
	7,5	6	64	53	22	16	180	132
	10	7,5	85	66	29	20	240	166
Graan	10	9	34	32	29	24	120	99
Suikerbieten	15	18	128	160	44	48	360	397
	25	27	210	240	72	72	600	596

In tabel 3 zijn de proceswatergiften gegeven, die voor de verschillende gewassen zijn gehanteerd met de daarbij behorende effectieve bemestingswaarden. Deze laatste zijn berekend met de gemiddelde samenstelling van het proceswater in tabel 1 en de werkingscoëfficiënten in tabel 2. In het eerste proefjaar is steeds 5 mm verregend uit een veelvoud daarvan. In de loop van de proeven van het tweede proefjaar is een ander type sproeier toegepast van iets andere afmetingen, zodat het praktischer werd andere doseringen aan te houden. Er werd toen 6, 9 en 18 mm verregend.

De grootte van de aanvullende bemesting is berekend met behulp van de volgende gegevens:

- de gemiddelde samenstelling van het verregende proceswater
- de proceswatergift op het gewas
- grondonderzoek

Tabel 4. Overzicht van de bemesting op percelen beregend met proceswater van de aardappelmeelindustrie in 1974

Perceel	Gewas	Bemestingsadvies kg/ha			Proces-water-gift mm	Aanvullende kunstmestgift kg/ha			Opp. ha
		N	P_2O_5	K_2O		N	P_2O_5	K_2O	
33	aardappelen	182	235	200	5	140	220	80	3,44
34	aardappelen	182	235	125	5	140	220	0	7,17
35	aardappelen	130	200	175	5	88	186	55	7,58
36	zomertarwe	78	30	120	0	78	30	120	1,70
37	aardappelen	182	154	217	5	140	140	93	4,60
38	haver	70	30	120	10	36	0	0	4,14
39-1	suikerbieten	210	80	250	15	82	36	0	3,99
39-2		210	50	300	25	0	0	0	1,04
40	zomertarwe*	78	30	130	10	44	0	10	7,13
41	aardappelen	156	130	167	5	114	116	47	5,04
42	zomertarwe	78	30	80	10	44	0	0	2,03
43	aardappelen	145	130	175	5	103	116	55	3,28
44	aardappelen	156	200	125	5	114	186	0	2,60
45	rogge	70	50	120	10	36	21	0	5,49
46	suikerbieten	210	106	217	15	82	62	0	6,51
47	zomergerst	65	90	120	10	31	61	0	1,74
48	zomergerst	65	90	80	10	31	61	0	4,20
49	zomergerst	65	60	100	10	31	31	0	3,13
50	zomertarwe	78	60	160	10	44	31	40	5,38
51	haver	78	40	120	10	44	11	0	5,46
52/53	wintertarwe	78	60	120	0	78	60	120	6,48
54/55-1	aardappelen	182	200	200	10	97	171	0	4,82
54/55-2	aardappelen	182	130	200	7,5	118	108	0	3,10
56	aardappelen	156	84	150	7,5	92	66	0	5,21

*beregend met mestinjecteur

Het grondonderzoek gaf alleen een bemestingsadvies voor fosfor en kalium, de in tabel 4 en 5 gegeven cijfers zijn de gemiddelde adviezen per perceel. De stikstofbemesting is de hoeveelheid, die op basis van het algemeen stikstofbemestingsadvies van het Instituut voor

Tabel 5. Overzicht van de bemesting op percelen beregend met proceswater van de aardappelmeelindustrie in 1975

Perceel	Gewas	Bemestingsadvies kg/ha			Proces-watergift mm	Aanvullende kunstmestgift kg/ha			Opp. ha
		N	P_2O_5	K_2O		N	P_2O_5	K_2O	
33-1	rogge	78	0	160	0	78	0	160	1,64
33-2	rogge	78	0	160	9	46	0	61	1,80
34	wintertarwe	78	0	160	9	46	0	61	7,17
35-1	suikerbieten	240	80	200	0	240	80	200	1,07
35-2	suikerbieten	240	80	250	27	0	0	0	1,68
35-3	suikerbieten	240	120	200	18	80	72	0	4,83
36	aardappelen	220	200	150	0	220	200	150	2,95
37	zomertarwe	65	0	175	9	33	0	76	4,60
38	aardappelen	220	130	150	6	167	114	18	4,14
39	zomertarwe	65	45	180	9	33	20	81	5,03
40	aardappelen	260	186	135	6	207	170	3	7,13
41	suikerbieten	220	107	267	18	60	59	0	5,04
42	aardappelen*	194	130	200	6	140	114	68	2,03
43-1	suikerbieten*	220	130	200	6	167	114	68	1,48
43-2	suikerbieten*	220	130	200	0	220	130	200	1,02
44	zomergerst*	65	0	160	9	33	0	61	2,60
45	aardappelen	220	200	150	7,5	154	180	0	5,49
46	haver	65	60	150	0	65	60	150	6,51
47	aardappelen	220	200	50	5	176	186	0	1,74
48	aardappelen	220	180	100	5	176	166	0	4,20
49-1	aardappelen	220	200	75	5	176	186	0	2,13
49-2	aardappelen	220	200	75	5	176	186	0	1,00
50	aardappelen	220	180	125	7,5	154	160	0	5,38
51	aardappelen	260	200	100	7,5	194	180	0	5,46
52	aardappelen	260	200	150	7,5	194	180	0	6,48
54-1	haver	78	60	160	0	78	60	160	3,14
54-2	haver	78	0	160	9	46	0	61	4,78
56	zomertarwe	78	0	160	9	46	0	61	5,21

*percelen beregend met Minimat 50

Bodemvruchtbaarheid en in overleg met de regionale landbouwvoorlichter, naar de mening van de bedrijfsleider onder normale omstandigheden als kunstmest zou zijn gegeven. In de tabellen 4 en 5 wordt een overzicht gegeven van de bemestingsadviezen, proceswatergift en de aanvullende kunstmestgift voor de verschillende percelen van bedrijf 4 voor respectievelijk 1974 en 1975.

Het bemestingsadvies voor stikstof van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid voor 1975 was hoger dan voor 1974 vanwege de relatieve hoge uitspoeling in herfst en winter van 1974/75. Op een aantal percelen is zowel in 1974 als in 1975 een overdosering met kali gegeven. Het betreft hier vooral de percelen waarop suikerbieten zijn geteeld. De gevolgen van deze hoge bemesting worden in het hoofdstuk 'Gewasopbrengsten' besproken.

2.6. GEWASREACTIE EN GEWASOPBRENGSTEN

De omstandigheden waaronder de verregening in de campagnes 1973 en 1974 plaats vond verschilden aanzienlijk. Het eerste jaar was het weer redelijk, betrekkelijk weinig wind en een normale hoeveelheid neerslag. Het tweede jaar was aanzienlijk slechter. De maanden november en december brachten veel regen, zodat de gronden zeer nat en daardoor moeilijk begaanbaar werden. Desondanks hebben de verregeningsproeven weinig stagnatie ondervonden van deze slechte omstandigheden.

Tengevolge van de verschillen in windrichting en windsnelheid werd het proceswater in 1973 niet altijd even regelmatig verdeeld; ook bleek dat de toegepaste sproeier vooral in de omgeving van de opstellingsplaats meer water verregende dan op grotere afstand. Het gevolg hiervan was, dat in 1974 vooral de granen hier en daar een

onregelmatige stand hadden. In het algemeen vertoonden de fabrieksaardappelen een goede gewasontwikkeling en waren de suikerbieten wat aan de schrale kant. De oogstwerkzaamheden verliepen goed.

Ook in 1974 werden verschillen in dosering gemeten bij wisselende windrichting en windsnelheid, maar de problemen met te hoge doseringen rondom een opstellingsplaats van een sproeier hebben zich nu niet voorgedaan. De reden is, dat een ander type sproeier is gebruikt, die een betere verdeling gaf. De stand van de granen in 1975 was nu veel regelmatiger dan het voorgaande jaar. De fabrieksaardappelen en suikerbieten groeiden aanvankelijk goed; tengevolge van vochttekort ontstond in de loop van de groeiperiode vertraging in de groei. De oogstwerkzaamheden verliepen vlot, mede dankzij het mooie weer.

Bij geringe windsnelheden treedt reeds vervorming op van de sproeicirkels. Deze vervorming is het grootst wanneer de windrichting parallel is aan de opstellingsplaatsen van de sproeiers of er loodrecht op staat. Bij hogere windsnelheden neemt deze vervorming aanzienlijk toe. De stand van de gewassen en de gemiddelde gewasopbrengsten worden slechts in geringe mate beïnvloed bij windsnelheden tot 5 m/sec (waarnemingshoogte 2 m). Bij grotere windsnelheden wordt de slechtere verdeling vooral in de stand van de granen en de suikerbieten zichtbaar. Dit is begrijpelijk, daar de stikstofbemesting op deze gewassen voor circa 50% met proceswater wordt gegeven, terwijl de fabrieksaardappelen met het proceswater slechts 25% van de stikstofbehoefte krijgen. Tijdens de beregeningsproeven is op een aantal percelen beregend bij windsnelheden tot 7 à 8 m/sec (waarnemingshoogte 2 m). Uit de gemiddelde opbrengsten van de gewassen is niet gebleken dat beregening onder deze omstandigheden niet meer verantwoord is.

Voor het beoordelen van de opbrengsten van de gewassen van de beregende percelen zijn deze vergeleken met de opbrengsten van de andere drie bedrijven (bedrijf 1, 6 en 13) van de Dienst der Domeinen in Veenhuizen. Zoals in hoofdstuk 2 reeds is vermeld zijn de bedrijven qua bouwplan en bodemtype vergelijkbaar. Ook zaken als bemestingsplan en bedrijfsvoering zijn in orde van grootte overeenkomstig. Zonder verdere detailstudie van deze drie bedrijven mag voor de praktische waardering van de verregening een vergelijking dan ook zeker worden gemaakt. In de tabellen 6 en 7 zijn respectievelijk de gemiddelde graanopbrengsten en de opbrengsten van fabrieksaardappelen en suikerbieten gegeven voor de jaren 1974 en 1975, na beregening met proceswater in respectievelijk najaar 1973 en najaar 1974.

Tabel 6. Vergelijking van de gemiddelde graanopbrengsten (kg/ha) van percelen beregend met proceswater (bedrijf 4) en normaal bemeste percelen (bedrijf 1, 6 en 13) in 1974 en 1975

Gewas	Bedrijf 4		Bedrijf 1		Bedrijf 6		Bedrijf 13	
	1974	1975	1974	1975	1974	1975	1974	1975
Rogge (Dominant)	4366	4330	4020	3060	4500	4190	4240	3170
Wintertarwe (Clement)	5145*	3890	3590**	3520	5322	3780	4290**	4220
Zomertarwe (Caspar)	5386	5220	4786	5500	4993	4070	5115	5240
Zomergerst (Mazurka)	3590	2953***	3860	4740	4000		4370	
Haver (Leanda)	5400	5315				5500		
Haver (Tarpan)			4616	4535	4735	4250	4970	4535

* niet beregend met proceswater
** niet bespoten tegen afrijpingsziekte
***ten gevolge van rotting zaaizaad gedeeltelijk opnieuw ingezaaid

Tabel 7. Vergelijking van de gemiddelde opbrengsten van fabrieksaardappelen en suikerbieten op beregende percelen (bedrijf 4) en op normaal bemeste percelen (bedrijf 1, 6 en 13) in 1974 en 1975

Gewas	Bedrijf 4		Bedrijf 1		Bedrijf 6		Bedrijf 13	
	1974	1975	1974	1975	1974	1975	1974	1975
FABRIEKSAARDAPPELEN								
Opbrengst op basis 300 g (ton/ha)	45,8	34,4	46,0	31,3	48,2	36,5	44,1	34,4
Onderwatergewicht (g/5 kg aard.)	418	425	420	442	418	434	414	434
SUIKERBIETEN								
Netto opbrengst (ton/ha)	44,6	35,0	49,4	36,1	46,5	37,3	43,3	37,8
Suikergehalte (%)	16,1	15,4	16,0	15,2	15,4	15,6	15,9	15,5
Suikeropbrengst (kg/ha)	7180	5390	7910	5487	7160	5819	6895	5859

De gemiddelde opbrengst van de granen van de beregende percelen ligt in beide oogstjaren op hetzelfde niveau als de andere bedrijven. Ondanks de hier en daar aanwezige onregelmatigheden in de gewasstand in 1974 is hiervan geen nadelige invloed op de gemiddelde opbrengst merkbaar. De lagere opbrengst van zomergerst van bedrijf 4 in 1974 is een gevolg van storingen tijdens het maaidorsen. Omdat op de opstellingsplaatsen van de sproeiers hier en daar legering van het gewas voorkwam, raakte de maaidorser verstopt en traden verliezen aan gerst op. De opbrengsten in 1975 werden beïnvloed door plaatselijke rotting van zaaizaad; dit geldt voor alle bedrijven. De zeer droge zomer van 1975 heeft op de graanopbrengsten weinig invloed gehad.

De opbrengst van fabrieksaardappelen en suikerbieten was in 1975 gemiddeld 10 ton/ha lager dan in 1974 zowel voor de beregende als voor de niet beregende percelen. De lagere opbrengst is in hoofdzaak een gevolg van de zeer droge zomer van 1975. Overigens blijkt uit vergelijking van de gemiddelde opbrengsten van de hakvruchten, dat er wel kleine verschillen tussen beregende en niet beregende percelen zijn, maar deze zijn van dien aard dat ze behoren tot de normale variaties, die in opbrengsten kunnen optreden.

Op twee percelen fabrieksaardappelen van bedrijf 4 is de kalibemesting in 1974 circa 20% hoger geweest dan volgens het grondonderzoek noodzakelijk was als gevolg van een proceswatergift van 7,5 en 10 mm. Het gemiddelde onderwatergewicht van de aardappelen van deze percelen was 408 en 406 g/5 kg. De percelen met aardappelen, die de vereiste kalibemesting hebben gekregen, leverden een onderwatergewicht van 406 en 417 g/5 kg. Uit deze gegevens kan niet worden geconcludeerd dat een overbemesting met kali van circa 20% nadelige gevolgen heeft op het onderwatergewicht van de fabrieksaardappelen.

Op één perceel suikerbieten is in 1974/75 een proef aangelegd met drie verschillende proceswatergiften: 0, 18 en 27 mm. Volgens de gegevens van tabel 5 is de N-bemesting op de drie stroken gelijk (240 kg N/ha). De P_2O_5-bemesting is aan de hand van het bemestingsadvies, zo nodig, op peil gebracht. De kalibemesting is op de strook met kunstmest volgens het bemestingsadvies gegeven. De twee stroken 18 en 27 mm hebben met het proceswater respectievelijk 197 kg en 346 kg K_2O/ha te veel gekregen. In de beginfase van de groei bleef de strook 0 mm achter in gewasontwikkeling bij de twee andere stroken. Dit verschil in stand is het gehele groeiseizoen gebleven. De stroken 18 mm en 27 mm gaven aanvankelijk weinig verschillen, maar in augustus bestond de indruk dat de strook 18 mm gemiddeld beter was dan 27 mm. De grondsamenstelling van het betreffende perceel is niet constant en de verschillen werden ten gevolge van de droogte

nog eens geaccentueerd, zodat ook de beoordeling van de gewasstand in verband met de verschillen in proceswatergiften moeilijker werd. Desalniettemin kon het gehele seizoen een vrij scherpe scheiding tussen 0 en 27 mm worden waargenomen.

De opbrengst van de proefstroken is op twee manieren bepaald (tabel 8):

- De werkelijke veldopbrengst na aftrek van kopakkers en overgangsstroken. Van de strook 18 mm is geen veldopbrengst apart bepaald; de bedrijfsleider heeft hieraan toegevoegd de opbrengst van kopakkers en overgangsstroken.
- Het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (RIEM VIS, 1976) heeft per strook een opbrengstbepaling gedaan door het nemen van monsters van 6 m lengte in de rij. Per strook werden, zo goed mogelijk verdeeld, 10 monsters genomen. De gewichten per monster werden omgerekend op ha-opbrengsten.

Bij de beoordeling van de opbrengstresultaten van de drie proefstroken moet in aanmerking worden genomen, dat de behandelingen met proceswater in enkelvoud waren aangelegd. Gezien de veldwaarnemingen en de verschillen in netto bietopbrengst tussen de drie stroken heeft het proceswater een positief effect gehad op de opbrengst (tabel 8). Zowel de stijging van het suikergehalte als de daling van het gehalte aan amino-stikstof (tabel 9) zijn resultaten, die niet overeenkomen met die van proeven van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in 1972 en 1973 (RIEM VIS, 1973 en 1974a). Verder is het niveau van amino-stikstof bij de strook met kunstmest relatief hoog ten opzichte van meer normale jaren. Een mogelijke verklaring is de droge zomer en de hergroei van de biet in het najaar van 1975.

Tabel 8. Overzicht van de opbrengst van suikerbieten op drie proefstroken, beregend met 0, 18 en 27 mm proceswater van de aardappelmeelindustrie

Gift mm	Perceel	Opp. ha	Netto opbrengst, ton/ha		Suikergehalte, %	
			veldop-brengst	Inst. voor Bodemvr.	veldop-brengst	Inst. voor Bodemvr.
0	35-3	1,07	33,8	32,2	15,4	15,4
18	35-1	3,02		48,4		16,0
27	35-2	1,68	42,3	44,5	15,6	16,3

Tabel 9. Kwaliteit van de suikerbieten in relatie tot de proceswatergift op perceel 35 van bedrijf 4 in 1975

Gift mm	Suiker-gehalte %	K en Na in suikerfiltraat meq per 100 g suiker			Schadelijke stikstof mg amino-N per 100 g suiker
		K	Na	K + Na	
0	15,4	24,5	6,6	31,1	399
18	16,0	31,0	4,2	35,2	346
27	16,3	31,7	1,8	33,5	268

2.7. BESPARING OP MESTSTOFFEN

Uit de gegevens van de tabellen 4 en 5 blijkt, dat er met de verregening van het proceswater van de aardappelmeelindustrie een aanzienlijke besparing op meststoffen mogelijk is. Voor zowel 1974 als 1975 is in tabel 10 de besparing aan meststoffen op het beregende bedrijf berekend. Voor fosfor en kali mag deze besparing niet algemeen worden gehanteerd, omdat deze is berekend op basis van de be-

Tabel 10. Besparing op kunstmestgebruik (gld/ha) op 96,3 en 91,2 ha akkerbouwland van bedrijf 4 na beregening met proceswater volgens respectievelijk tabel 4 en tabel 5. Meststofprijzen volgens LEI-opgaven, respectievelijk per december 1973 en januari 1975

1973/1974			1974/1975		
5200 kg N	à *f* 0,98 =	*f* 5 096	6800 kg N	à *f* 1,21 =	*f* 8 228
2400 kg P_2O_5	à *f* 0,84 =	2 016	2000 kg P_2O_5	à *f* 1,50 =	3 000
13 500 kg K_2O	à *f* 0,42 =	5 670	10 400 kg K_2O	à *f* 0,55 =	5 995
Totaal		*f* 12 782			*f* 17 223
Gem. per ha		*f* 133			*f* 189

mestingstoestand van de beregende percelen.

Uit een bedrijfseconomische studie van HOOGEVEEN (1973) is gebleken, dat gebruik van proceswater op het veenkoloniale akkerbouwbedrijf geen verschuiving tot gevolg heeft voor het bouwplan. De bedrijfseconomische voordelen blijken in de lagere bemestingskosten te zitten. Wanneer op grotere arealen een gemiddelde dosering van 10 mm wordt aangehouden, dan is de bemestingswaarde bij kunstmestprijzen van 1 januari 1975 voor hakvruchten *f* 266 per ha en voor granen *f* 144 per ha. Indien op een veenkoloniaal bedrijf gemiddeld 40% granen en 60% hakvruchten worden geteeld, is de gemiddelde bemestingswaarde *f* 217,50 per ha. De reden dat in de berekeningen van tabel 10 slechts *f* 189 per ha is bespaard is een gevolg van het reeds genoemde feit, dat soms meer kalium wordt gegeven met het proceswater dan op basis van grondonderzoek vereist is. Deze extra kali-gift kan dan ook niet als een besparing worden doorberekend.

2.8. ZUIVERING VAN HET PROCESWATER DOOR DE BODEM

In de twee proefjaren 1973/74 en 1974/75 is op circa 100 ha akkerbouwland ruim 8000 m^3 proceswater per jaar verregend. De samenstelling van het beregende proceswater is gegeven in tabel 1. Ter oriëntatie zijn de beregende percelen 33 tot en met 56 gegeven in fig. 4.

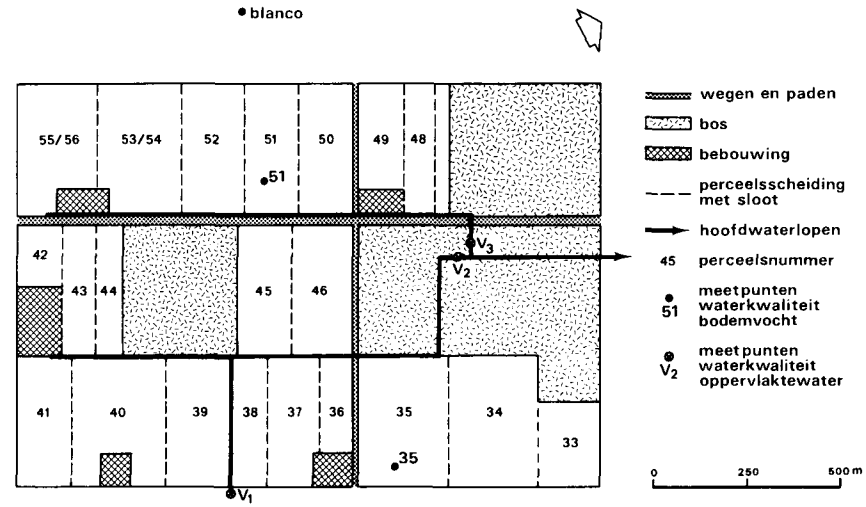


Fig. 4. Situatieschets van de ligging van de met proceswater van de aardappelmeelindustrie beregende percelen van bedrijf 4 van de Dienst der Domeinen in Veenhuizen

Voor de afvoer van regenwater zijn de percelen intensief gedraineerd. De drains liggen op 60 à 70 cm diepte met een drainafstand van 8 m. De profielopbouw van de grond is op de meetpunten 35, 51 en blanco vrijwel identiek en bestaat uit de lagen 0 tot 30 cm zwart

humeus zand, 30 tot 50 cm bruingeel zand, 50 tot 90 cm geel zand, 90 tot 220 cm keileem. De grondwaterstand schommelde tijdens de proefperiode van 100 cm -maaiveld tot 30 cm -maaiveld en in perioden van intensieve neerslag tot in het maaiveld; het laatste vooral aan het eind van de beregening in najaar 1974.

De resultaten van het waterkwaliteitsonderzoek tijdens het eerste beregeningsjaar zijn minder sprekend dan die van het tweede jaar. De belangrijkste oorzaak is, dat het in de periode 1974/75 veel meer heeft geregend dan in de voorafgaande periode, zodat ook veel meer water uit het gebied moest worden afgevoerd.

De gemiddelde proceswatergift bedroeg in het tweede jaar 9 mm met schommelingen tussen 5 en 18 mm. Op een kleine proefstrook van perceel 35 werd 27 mm gegeven.

Het bodemvocht is bemonsterd op 20 tot 28 cm, 50 tot 58 cm en 90 tot 98 cm diepte en wel op plaatsen in de percelen 35 en 51, waar respectievelijk 27 en 7,5 mm proceswater werd verregend. Ter vergelijking zijn blanco monsters genomen op een perceel, dat buiten het proefgebied ligt. Deze watermonsters werden verkregen met vacuümgetrokken tensiometers. Eén van de meetopstellingen is weergegeven in fig. 5.

Verder werden monsters van het drainwater genomen van perceel 51 en een gedeelte van perceel 35 met proceswatergiften van respectievelijk 7,5 en 18 mm. Als blanco diende het drainwater van het reeds genoemde perceel buiten het proefgebied. Voor het vaststellen van de invloed van eventueel uitgespoelde verbindingen op de kwaliteit van het oppervlaktewater is de afwateringssloot, die door het proefgebied loopt, bemonsterd op het punt waar de sloot het beregeningsareaal binnen komt (punt V_1) en daar waar de sloot het areaal weer verlaat (punt V_2); zie fig. 4.

Het effect van 7,5 mm en 27 mm op de kwaliteit van het bodem-

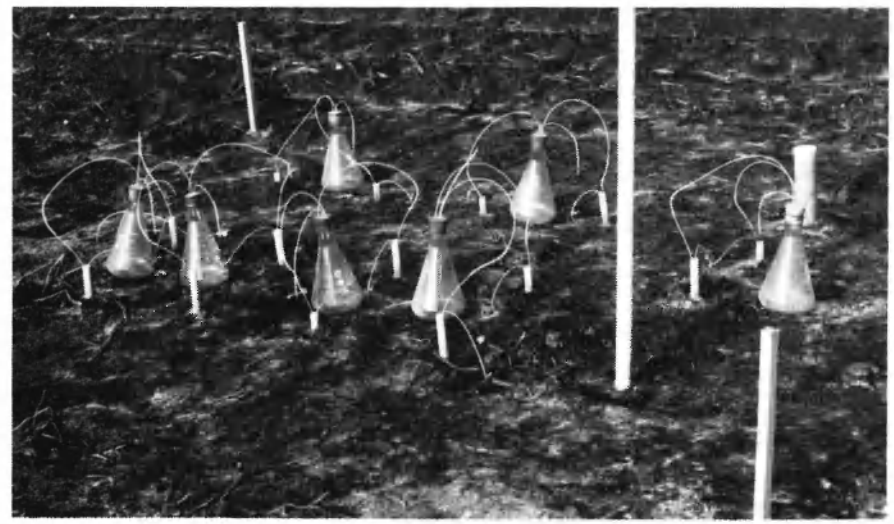


Fig. 5. Tensiometeropstelling voor de bemonstering van grondwater met vacuümgetrokken erlenmeyers

vocht op de diepten 20 tot 28 cm, 50 tot 58 cm en 90 tot 98 cm is gegeven in fig. 6. In deze figuur is ter vergelijking de samenstelling van het bodemvocht gegeven op een perceel, dat niet is beregend. Bovendien is in fig. 6 de neerslagverdeling gegeven over de periode van onderzoek: 1 september 1974 tot 20 februari 1975. Deze neerslaggegevens zijn afkomstig van het KNMI-station in Veenhuizen. Het verloop van COD, NO_3^-, Cl^- en PO_4^{3-} wordt achtereenvolgens per parameter besproken.

C h e m i s c h z u u r s t o f v e r b r u i k (COD) . Bij 7,5 mm gift is geen toename van de COD op de drie diepten gemeten, waaruit geconcludeerd mag worden, dat de bodem deze belasting kan verwerken. De hoge dosering van 27 mm proceswater in een periode met veel regenval resulteert in een toename van de COD op 20 tot 28 cm en 50

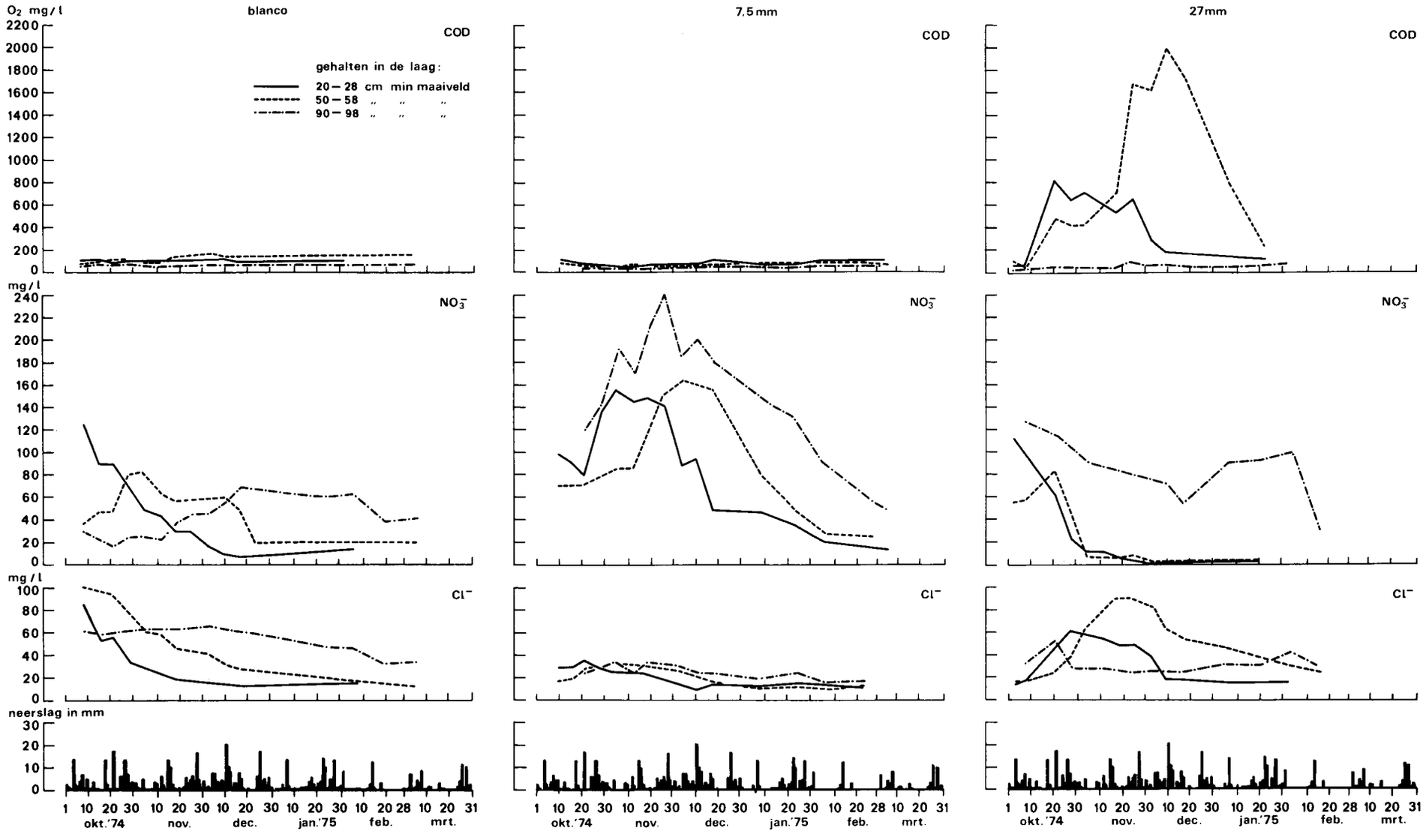


Fig. 6. Verloop van de neerslag, het chemisch zuurstofverbruik, het nitraatgehalte en het chloridegehalte in het bodemvocht in de lagen 20 tot 28 cm, 50 tot 58 cm en 90 tot 98 cm -maaiveld bij de verregening van respectievelijk 0, 7,5 en 27 mm proceswater van de aardappelmeelindustrie

tot 58 cm. De toename van de COD op 50 tot 58 cm begint in tijd ongeveer een maand later dan op 20 tot 28 cm. Tussen 20 oktober en 20 november viel er 108 mm neerslag. Bij een poriënvolume van circa 40% en een hoge grondwaterstand tot 30 cm -maaiveld is in genoemde periode het beregende afvalwater circa 30 cm verder in het profiel gedrongen. In de loop van de maanden december en januari herstelt zich de kwaliteit op deze diepten als gevolg van afbraak van organische verontreinigingen en verdringing door neerslag. Op diepte 90 tot 98 cm is over de periode van onderzoek geen verandering in COD gemeten (fig. 6). In hoeverre na februari nog een toename van de COD op deze laatstgenoemde diepte plaatsvindt kon niet worden vastgesteld, omdat het waarnemingspunt vanwege de veldwerkzaamheden moest worden ontruimd. De oorzaak van de veel hogere verontreiniging op 50 tot 58 cm in de loop van december is met de beperkte middelen van het onderzoek in het terrein niet aan te geven. Hiervoor is nader onderzoek onder meer gecontroleerde omstandigheden noodzakelijk.

C h l o r i d e (Cl^-) . Vergelijking van het verloop van het chloridegehalte (fig. 6) geeft, dat het blanco perceel en het perceel met 7,5 mm langzaam in de loop van de tijd uitlogen. Bij de gift 27 mm is een toename van het chloridegehalte gemeten op 20 tot 28 cm en 50 tot 58 cm diepte. Overeenkomstig de grotere toename van de COD op 50 tot 58 cm is een verhoging van het chloridegehalte op deze diepte geconstateerd ten opzichte van diepte 20 tot 28 cm, die niet met de beperkte gegevens kan worden verklaard.

N i t r a a t (NO_3^-) . De nitraatuitspoeling op het blanco perceel verloopt geleidelijk. Uit het verloop van de gehalten op de verschillende diepten blijkt dat de hoogste concentraties met ruime vertraging op grotere diepten voorkomen. Na beregening met 7,5 mm proceswater vindt na afbraak van de organische stof nitrificatie en vervol-

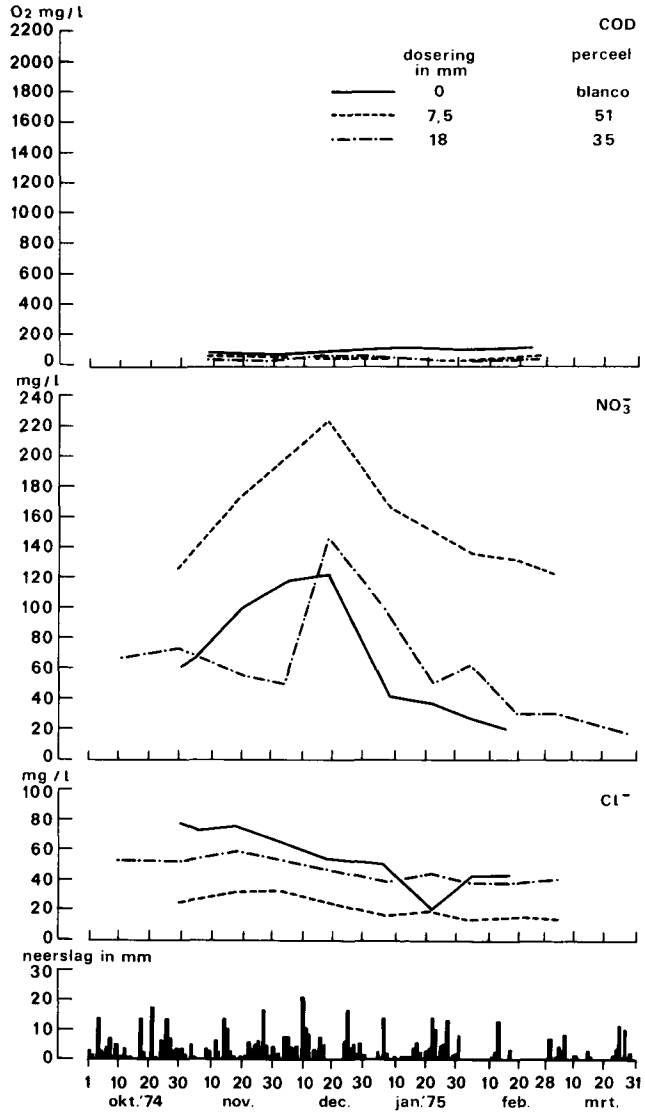


Fig. 7. Verloop van de neerslag, COD, NO_3^--gehalte en Cl^--gehalte in het drainwater van percelen met een proceswatergift van 0, 7,5 en 18 mm over de periode oktober 1974 tot maart 1975

gens uitspoeling van stikstof plaats. Na een toename van het gehalte tot 160 mg NO_3^-/l op 20 tot 28 cm neemt het nitraatgehalte af ten gevolge van uitspoeling. Eenzelfde verloop van de curve wordt op 50 tot 58 cm waargenomen, echter met een vertraging van circa 1 maand. Bij een gift van 27 mm is de verontreiniging met organische stof op 20 tot 28 cm zo hoog, dat waarschijnlijk geen nitrificatie plaatsvindt, maar mogelijk denitrificatie en/of verdringing van aanwezig nitraat. Het nitraatgehalte op 20 tot 28 cm en 50 tot 58 cm daalt ten gevolge hiervan vrij snel tot lage waarden.

F o s f a a t (PO_4^{3-}) . Het fosfaatgehalte in het bodemvocht van de bemonsterde punten is laag en kleiner dan 0,03 mg PO_4^{3-}/l. Deze lage waarde is zowel op de beregende als niet beregende percelen waargenomen en veranderde weinig gedurende de periode van onderzoek.

De resultaten van het onderzoek naar de kwaliteit van het drainwater op de percelen 35, 51 en het blanco perceel zijn gegeven in fig. 7. De proceswatergiften op de percelen 35 en 51 bedroegen respectievelijk 18 en 7,5 mm. Het verloop van de COD over de onderzoeksperiode geeft aan, dat de kwaliteit van het drainwater niet wordt beïnvloed door de verregening van het proceswater. De COD van het drainwater van het blanco perceel was zelfs over de hele periode een fractie hoger dan die van de met proceswater beregende percelen. De analyseresultaten voor nitraat geven aan dat in de maand december op alle percelen de nitraatconcentraties in het drainwater het hoogst zijn. Waarom het nitraatgehalte van het drainwater van perceel 51 steeds hoger is dan dat van de twee andere waarnemingspunten is niet duidelijk. Het is niet waarschijnlijk dat deze hogere nitraatgehalten alleen een gevolg zijn van het verregende proceswater, omdat in dat geval ook op perceel 35 het nitraatgehalte hoger geweest zou zijn.

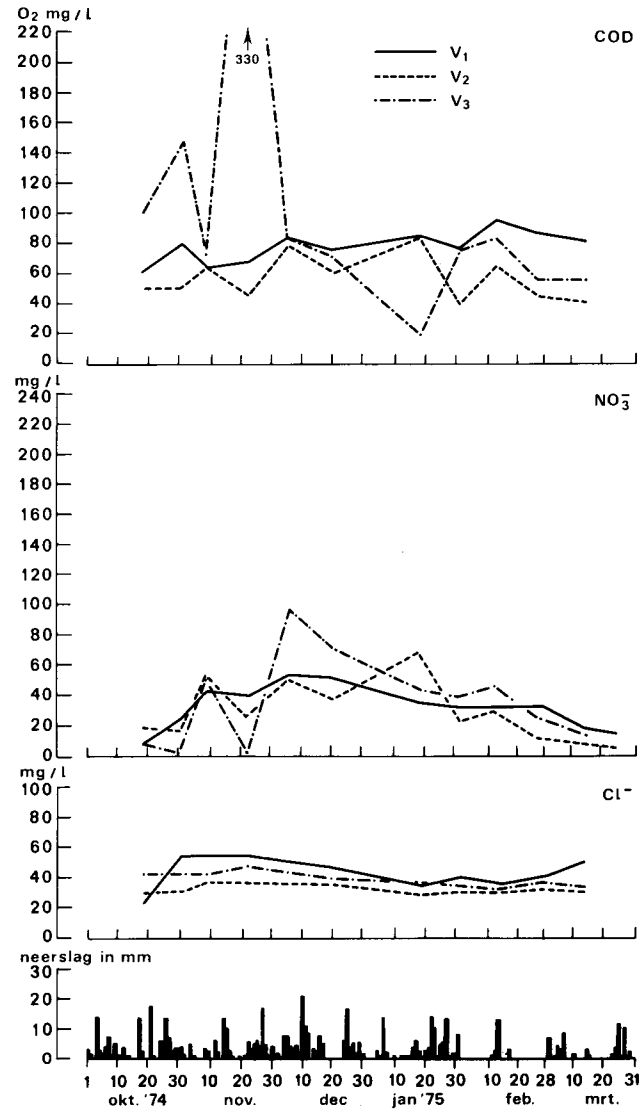


Fig. 8. Verloop van de neerslag, COD, NO_3^--gehalte en Cl^--gehalte op de meetpunten V_1, V_2, V_3 (zie fig. 4) in de aan- en afvoersloten van het proefgebied van oktober 1974 tot maart 1975

Uit het verloop van het chloridegehalte kan worden geconcludeerd dat deze gehalten door de verregening van proceswater niet worden beinvloed. De analyseresultaten wijzen op een langzame uitspoeling van de grond als gevolg van de neerslag.

Zoals reeds is vermeld zijn in fig. 4 de hoofdwaterlopen aangegeven, waarlangs de overtollige neerslag van het proefgebied wordt afgevoerd. De bij punt V_1 binnenkomende hoeveelheid water is de afvoer van 40 ha akkerbouwland van bedrijf 1 van de Dienst der Domeinen. De kwaliteit van dit water is bepaald en wordt in fig. 8 voor COD, NO_3^- en Cl^- gegeven. De afvoer van de met proceswater beregende percelen 33 tot en met 46 (67 ha) vindt plaats via drains en sloten en verzamelt zich bij punt V_2. Door vergelijking van de waterkwaliteit op de punten V_1 en V_2 kan de invloed van de beregening op deze kwaliteit worden aangegeven. Bij punt V_3 wordt het water afgevoerd van de beregende percelen 47 tot en met 56 (40 ha). Ook op dit punt is de waterkwaliteit bepaald (fig. 8). Uit het verloop van de curven van de verschillende parameters in fig. 8 volgt dat de COD van inkomend en uitgaand water van het proefgebied praktisch gelijk is met uitzondering van de metingen op 21 oktober en 12 november. Deze twee hoge COD-waarden zijn een gevolg van het pompen van een hoeveelheid proceswater vanuit het bassin direct in de afvoersloot vanwege storingen in de bovengrondse leiding. Wanneer deze twee extreme waarden buiten beschouwing worden gelaten kan worden vastgesteld, dat na verregening van gemiddeld 9 mm proceswater op respectievelijk 67 ha en 40 ha akkerbouwland geen effecten van deze verregening op de kwaliteit van het oppervlaktewater zijn gemeten. Het nitraatgehalte van V_1 neemt langzaam toe, bereikt een maximum en neemt vervolgens langzaam af. Dit is het beeld van een langzaam verlopende uitspoeling van nitraat gedurende de herfst- en winterperiode van agrarische gebieden. Dit verloop wordt bevestigd door de nitraatgehalten in het drainwater van fig. 7. Het is begrijpelijk dat het nitraatgehalte in V_1 minder sterk varieert dan in de drains vanwege verdunning door directe ontvangst van neerslag in de sloten en spreiding in verblijfsduur in grond, drains en toevoersloten. Het nitraatgehalte van V_3 vertoont een grilliger verloop. Gelijk met de hoge COD-waarden op 21 oktober en 12 november zijn de nitraatgehalten laag, respectievelijk 0 en 1 mg NO_3^-/l. Deze lage nitraatgehalten zijn weer een gevolg van het bovengenoemde verpompen van proceswater in de sloot. Eind november loopt het nitraatgehalte sterk op tot 95 mg NO_3^-/l en neemt vervolgens af parallel aan het verloop volgens V_1.

Het nitraatgehalte in V_2 vertoont enige schommelingen en een toename ten opzichte van V_1 in januari 1975. In V_3 is op een vroeger tijdstip een hoger NO_3^--gehalte aangetroffen vergeleken met V_2. Dit kan een gevolg zijn van het feit dat de percelen 47 tot en met 52 voor 2 oktober zijn beregend, terwijl de percelen 33 tot en met 45 tussen 8 oktober en 29 november zijn beregend. Ook zullen restanten proceswater in de sloot naar V_3 het nitraatgehalte kunnen beïnvloeden als gevolg van nitrificatie van ammonium. Een afdoende bewijsvoering voor een en ander is niet te geven, daarvoor zijn de metingen te extensief geweest.

Het fosfaatgehalte in het water op de bemonsterde punten is in het algemeen kleiner dan 0,03 mg PO_4^{3-}/l. Het drainwater heeft ook een dergelijk laag gehalte aan fosfaat. Zelfs op de plaats waar 27 mm proceswater is verregend komen in het bodemvocht op alle bemonsterde diepten geen hogere gehalten voor dan 0,03 mg PO_4^{3-}/l. Dit betekent dat fosfaat door het adsorptiecomplex van de bodem volledig wordt gebonden.

Aan deze bespreking van de waterkwaliteitsanalyses moet worden toegevoegd, dat tijdens de uitvoering van de verregening in de mees-

te gevallen de sloten tussen de percelen (aargegeven in fig. 4) zijn meeberegend. Het is in de praktijk, in verband met de gewenste verplaatsingsafstanden van de sproeiers, niet altijd mogelijk voldoende afstand ten opzichte van de sloten te bewaren. Uit het verloop van de curven voor de verschillende parameters in fig. 8 is van deze verregening van proceswater in de sloten geen invloed gemeten op de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Algemeen kan worden geconcludeerd, dat het bodemsysteem 10 mm proceswater van de aardappelmeelindustrie met een samenstelling volgens tabel 1 volledig zuivert. Na nitrificatie van stikstof tot nitraat wordt een hoeveelheid nitraat uitgespoeld. Worden ten gevolge van de omstandigheden in de praktijk perceelssloten meeberegend, dan is de vuilbelasting op het oppervlaktewater zo gering, dat hiervan in de afvoer van het beregende areaal, ten gevolge van verdunning, niets te merken is.

2.9. SAMENVATTING

Op 100 ha akkerbouwland van de Dienst der Domeinen in Veenhuizen is gedurende de aardappelmeelcampagnes van 1973 en 1974 proceswater van de aardappelmeelindustrie verregend. Vanwege de relatief hoge concentraties aan plantenvoedingsstoffen in het proceswater (tabel 1) bedroeg de gemiddelde proceswatergift in 1973 en 1974 respectievelijk 10 en 9 mm. Vanwege deze hoge bemestingswaarde is het van belang het proceswater zo goed mogelijk te verdelen. Uit de gewasstanden tijdens het groeiseizoen en de opbrengsten van de gewassen kan worden geconcludeerd, dat - na een goede verdeling van het proceswater en een aanvullende bemesting met kunstmest (tabellen 4 en 5) - een goede opbrengst van landbouwgewassen mogelijk is (tabellen 6 en 7). Er waren geen verschillen in de gewasopbrengsten van percelen, beregend met proceswater en een aanvullende bemesting, en percelen, die een normale kunstmestbemesting kregen. Verregening van proceswater van de aardappelmeelindustrie betekent een besparing op het gebruik van kunstmest. Deze besparing bedroeg op het proefbedrijf *f* 189 per ha bij kunstmestprijzen van 1 januari 1975 (tabel 10).

De proeven met verregening van proceswater zijn enerzijds uitgevoerd met een conventionele beregeningstechniek (in handwerk met snelkoppelingsbuizen en sproeiers) en anderzijds met automatische beregeningsapparatuur. De resultaten van de metingen geven aan, dat met de automatische methode tenminste dezelfde verdeling van het proceswater op het land kan worden verkregen als met de conventionele techniek. De toepassing van conventionele beregening op grote schaal is zeer arbeidsintensief en, uit hoofde van de omstandigheden waaronder moet worden gewerkt, minder aantrekkelijk. Voor de verregening van proceswater in de praktijk is het dan ook aan te bevelen automatische beregeningsapparatuur toe te passen.

Uit de metingen van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater binnen het proefgebied, tijdens de verregening van proceswater en daarna, is gebleken dat het bodemsysteem 10 mm proceswater volledig zuivert (fig. 8).

In de volgende hoofdstukken wordt een aantal aspecten van verregening van proceswater van de aardappelmeelindustrie in de praktijk nader uitgewerkt. Voor de berekeningen in hoofdstuk 3 en de behandeling van andere aspecten in latere hoofdstukken zijn, voorzover noodzakelijk, gegevens gebruikt, die tijdens de proeven op het proefterrein in Veenhuizen zijn verzameld.

3. INVESTERINGEN EN EXPLOITATIEKOSTEN BIJ AANVOER EN VERSPREIDING OP GROTE SCHAAL PER DRUKLEIDING

3.1. ALGEMEEN

Voor het verregenen van proceswater op grote complexen akkerbouwland kan de uitvoering van de beregening worden onderscheiden in drie hoofdonderdelen:

- transport van het proceswater van de fabriek naar het beregeningsareaal (lagedruk leidingnet);
- distributie van het proceswater binnen het beregeningsareaal (hogedruk leidingnet);
- verdeling van het proceswater over het land (beregeningsapparatuur).

In de aardappelmeelfabriek wordt gedurende de campagne in drieploegendienst gewerkt, zodat dag en nacht continu het proceswater naar het beregeningsareaal moet worden getransporteerd. De transportafstand is sterk afhankelijk van enerzijds de produktiecapaciteit van de fabriek en anderzijds van de ligging van de beregeningsgebieden. Het meest ideaal is uiteraard de situatie, waarbij de gebieden aansluitend rondom de fabriek liggen.

De kostprijs van verregening van proceswater van de aardappelmeelindustrie op fabrieksschaal is in dit hoofdstuk berekend op basis van de resultaten van de praktijkproef in Veenhuizen. Er is in de volgende hoofdstukken uitgegaan van een uitvoering van de verregening met automatische verregeningsapparatuur.

Het uitgangspunt voor de volgende berekeningen is een minimale inzet aan mankracht en apparatuur. Dit heeft ertoe geleid dat eerst de capaciteit van een beregeningsploeg is berekend en vervolgens het areaal akkerbouwland is vastgesteld dat een beregeningsploeg gedurende de aardappelmeelcampagne kan bewerken.

Het is niet mogelijk gebleken een systeem op te zetten voor het transport van het proceswater van de fabriek naar het beregeningsareaal, dat voor alle fabrieken bruikbaar is. Daarvoor is de ligging van de verschillende aardappelmeelfabrieken te verschillend. In hoofdstuk 3.5 is daarom een berekening gemaakt van de beregeningskosten voor een aantal concrete situaties van fabrieken.

3.2. VERWERKINGSCAPACITEIT VAN EEN STANDAARD BEREGENINGSPLOEG

Op pag. 4 is de werking van de automatische beregeningsmachine 'Minimat 50' uitvoerig beschreven. Bij een werkdruk van 8 ato en een sectorsproeier ZL 22 W van Perrot met sproeieropening 11 mm x 5,5 mm is de capaciteit 13,4 m^3 per uur. De effectieve werkbreedte bedraagt 35 m en de werklengte bij een slanglengte van 275 m is 300 m, zodat in een werkgang 1,05 ha wordt beregend. De snelheid waarmee de sproeier over het veld wordt getrokken kan zodanig worden ingesteld, dat 5, 10 en 15 mm in een werkgang kan worden verregend. Voor het verplaatsen is, in verband met het gewicht, een trekker nodig van tenminste 60 pk. Het apparaat wordt aan de 3-puntshefinrichting van de trekker gehangen en verplaatst. Het uitrijden van slang en sproeier met statief wordt met dezelfde trekker gedaan.

Uit de waarnemingen tijdens de proeven met een dergelijk apparaat is gebleken, dat een volledige verplaatsing over een afstand van 35 m, afhankelijk van de terreinomstandigheden, 15 tot 25 minuten duurt. Voor een vlot verloop van de verplaatsing heeft de trekkerchauffeur een hulpkracht nodig. Gedurende een 8-urige werkdag moet een ploeg van 2 arbeiders met 1 trekker circa 16 machines kunnen verplaatsen; hierbij is rekening gehouden met de tijd, die nodig is

voor het verplaatsen van de ene naar de andere machine. De beregeningsduur voor een werkgang is afhankelijk van de regengift en bedraagt bij een gift van 5, 10 en 15 mm respectievelijk 4, 8 en 12 uur.

Een goede controle op de werking van de apparatuur is noodzakelijk en kan alleen worden gerealiseerd wanneer bij daglicht wordt gewerkt. De arbeiders zullen dan van 07.00 tot 16.00 uur aanwezig zijn (inclusief rusttijden). Bij een gift van 5 mm moet de machine dagelijks 2 werkgangen kunnen maken, er is dan 2 x een half uur beschikbaar voor het verplaatsen. De verwerkingscapaciteit per machine per dag bedraagt bij een gift van 5 mm 107,2 m^3. Bij een gift van 10 mm wordt dagelijks een werkgang van 8 uur afgewerkt. Wordt globaal een half uur voor het verplaatsen uitgetrokken, dan kan de machine op de nieuwe werkgang nog een half uur draaien. De verwerkingscapaciteit wordt dan 113,9 m^3 per dag bij een gift van 10 mm. Wordt 15 mm gedoseerd, dan draait de machine op de eerste werkgang de ene dag 9 uur en de volgende dag 3 uur. Na verplaatsing kan de volgende dag op de tweede werkgang nog ongeveer 5½ uur worden beregend. Dan bedraagt bij een gift van 15 mm de gemiddelde verwerkingscapaciteit 117,3 m^3 per dag. Wordt over een groot gebied gemiddeld 10 mm gedoseerd, dan bedraagt de gemiddelde verwerkingscapaciteit per machine 114 m^3 per dag. Op basis van deze berekening moet een beregeningsploeg, bestaande uit 2 arbeiders, 1 trekker en 16 beregeningsapparaten, in staat zijn tijdens een aardappelmeelcampagne van 17 weken 150 000 m^3 te verregenen. Dit betekent bij een gemiddelde gift van 100 m^3 per ha een oppervlakte van 1500 ha, dus 2 standaard oppervlakten. Bij een gift van 150 m^3 per ha grasland kan een beregeningsploeg 1000 ha bewerken. In dit geval kan geen standaard oppervlakte worden toegepast, maar moet een aparte berekening worden gemaakt voor de inrichtingskosten van een dergelijk areaal (zie par. 3.5.3).

3.3. INRICHTING VAN EEN STANDAARD BEREGENINGSOPPERVLAKTE VAN 750 HA

In verband met de werklengte van de sproei-apparatuur en de topografie van de Drentse en Groninger Veenkoloniën zijn de beste afmetingen voor de oppervlakte van 750 ha: 1800 x 4200 m. Deze oppervlakte wordt in het volgende standaard oppervlakte genoemd. De ondergrondse hogedruk leiding bestaat dan uit een hoofdleiding (van 1550 m) en drie zijleidingen (van elk 4120 m). De zijleidingen liggen op een onderlinge afstand van 600 m (fig. 9). Zoals in par. 3.2 reeds is aangegeven worden voor de beregeningsarealen op grasland van de standaard oppervlakte afwijkende oppervlakten toegepast.

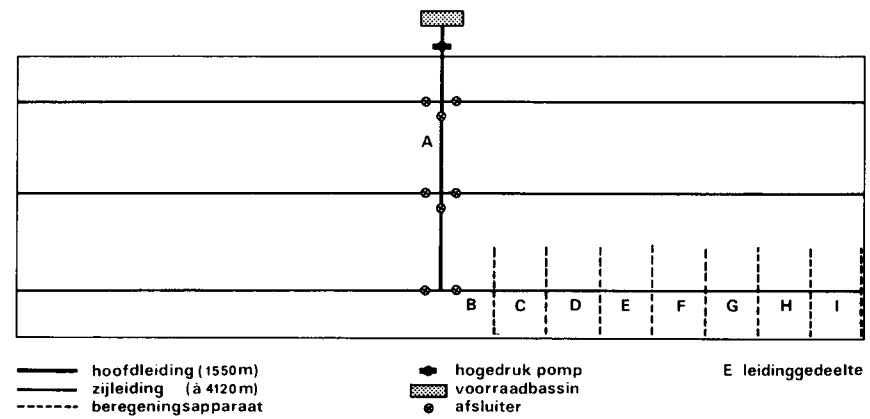


Fig. 9. Schema van de inrichting van 750 ha met ondergrondse hogedruk leidingen. Opstellingsplaats beregeningsapparatuur. Lengte x breedte areaal: 4200 x 1800 m

De beregeningsapparaten moeten telkens 35 m worden verplaatst. Vanwege de hoge kosten van de aansluitpunten (hydranten) zijn deze op een onderlinge afstand van 70 m geplaatst. Wanneer de machine op een afstand van 17,5 m van de hydrant wordt aangesloten, is een aanvoerslang van 20 m nodig tussen hydrant en machine. Hiervoor kan een brandweerslang worden gebruikt, die gemakkelijk opgerold kan worden. De beregeningsapparaten kunnen uiteraard op verschillende manieren bij de hogedruk leiding worden opgesteld. Een belangrijke voorwaarde is echter dat, in verband met de tijd, de rij-afstanden tussen de opgestelde apparaten niet te groot worden; de arbeiders moeten immers in verband met eventuele storingen een goed overzicht over de apparaten blijven houden. Wanneer de apparaten worden opgesteld als aangegeven in fig. 9 kan op deze ene vleugel elk apparaat 8 x worden opgesteld (de onderlinge afstand is dan 8 x 35 m). Bij de berekening van de verwerkingscapaciteit van een beregeningsploeg (par. 3.2) is er van uitgegaan dat gemiddeld 30 minuten beschikbaar zijn voor een verplaatsing. De verplaatsing kan in 15 tot 25 minuten geschieden, zodat ook voor het verplaatsen naar de andere vleugels van het distributienet voldoende tijd beschikbaar blijft zonder afbreuk te doen aan de verwerkingscapaciteit.

3.4. INVESTERINGEN EN EXPLOITATIEKOSTEN BIJ VERREGENING

3.4.1. Prijzen, rente en afschrijvingsperiode

De prijzen van de materialen zijn door diverse firma's opgegeven per 1 januari 1975. Als rentepercentage is 8% aangehouden. Voor de afschrijving van pompen, motoren, schakelapparatuur, bassinbekleding en beregeningsmachines is 10 jaar gesteld en voor de overige materialen 30 jaar. Er is afgeschreven op basis van annuïteit. De kosten van elektriciteit zijn berekend volgens de tarieven van de Electriciteitsmaatschappij van de provincies Groningen en Drenthe per 1 januari 1975. Voor arbeidsloon, inclusief sociale lasten, is *f* 12 per manuur in rekening gebracht, overeenkomstig het CAO-loon per 1 januari 1975.

3.4.2. Investeringen met een afschrijvingsperiode van 30 jaar

Voor de hogedruk leiding zijn pvc-buizen gekozen, die een druk van 10 ato kunnen verdragen. De diameter van de hogedruk leiding is afhankelijk van het debiet, van de lengte waarover het debiet moet worden verpompt en van de toelaatbare drukverliezen over het desbetreffende leidinggedeelte. In het geval van fig. 9, waarbij de sproeiapparaten op onderlinge afstanden van 280 m paarsgewijs worden opgesteld, kan een zijvleugel van het leidingnet als volgt worden gedimensioneerd (tabel 11).

Het drukverlies over het leidinggedeelte A is 1 ato en over het gedeelte B tot en met I, waarop 16 sproei-apparaten worden aangesloten, ook 1 ato, hetgeen over een dergelijke lengte ruimschoots toelaatbaar is.

In tabel 12 wordt een overzicht gegeven van de investeringen voor het hogedruk systeem voor een oppervlakte van 750 ha. Naast de leidingen is in deze tabel tevens een pompgebouw, transformatorhuis en hoogspanningskabel opgevoerd. Als lengte voor de hoogspanningskabel is 1000 m aangehouden.

Tabel 11. Lengte, diameter en drukverliezen van een zijvleugel, inclusief hoofdleiding volgens het schema van fig. 9 (mwk = drukverlies in m waterkolom)

Leiding-gedeelte	Lengte m	Debiet m^3/uur	Diameter mm	Drukverlies mwk/100 m	Drukverlies mwk
A	1550	214,4	236,8	0,68	10,54
B	100	214,4	236,8	0,68	0,68
C	280	187,6	236,8	0,55	1,54
D	280	160,8	236,8	0,40	1,12
E	280	134,0	236,8	0,29	0,81
F	280	107,2	184,6	0,65	1,82
G	280	80,4	184,6	0,36	1,00
H	280	53,6	147,6	0,53	1,48
I	280	26,8	147,6	0,16	0,45
Drukverlies hoofdleiding + zijvleugel					19,44
Vereiste druk sproei-apparaat					80,--
Vereiste opvoerhoogte pomp					99,44

Tabel 12. Overzicht van de investering in het hogedruk systeem op een beregeningsoppervlakte van 750 ha met een afschrijvingsperiode van 30 jaar (buis 10 ato - pvc)

Buisdiameter mm	Lengte buis m	Prijs buis gld/m	Leggen buis gld/m	Totaal prijs gld/m	Totaal kosten
250 x 236,8	7190	32,45	18	50,45	*f* 362 735,50
200 x 184,6	3360	21,06	18	39,06	131 241,60
160 x 147,6	3360	13,66	15	28,66	96 297,60

Steekmoffen aantal	Diameter steekmoffen mm	Prijs gld/stuk	
318	236,8	41,04	13 050,72
144	184,6	27,--	3 888,--

Hydranten aantal	Diameter hydranten mm	Prijs gld/stuk	
90	236,8	726	65 340,--
48	184,6	457	21 936,--
48	147,6	354	16 992,--

5 T-stukken Ø 236,8 mm à *f* 512	2 560,--
8 afsluiters Ø 236,8 mm à *f* 777	6 216,--
Pompgebouw en transformatorhuis	30 000,--
Hoogspanningskabel 1000 m à *f* 50	50 000,--
Subtotaal	*f* 800 257,42
BTW (16%) en onvoorzien (4%)	160 051,48
Totale investering	*f* 960 308,90

3.4.3. Investeringen met een afschrijvingsperiode van 10 jaar

Volgens tabel 11 bedraagt het totale drukverlies over een in bedrijf zijnde regenvleugel circa 2 ato. De noodzakelijke werkdruk van de sproei-apparaten is 8 ato. Dit leidt tot een pomp van 214,4 m^3 per uur met een opvoerhoogte van minimaal 10 ato. Dergelijke grote hogedruk pompen worden door machinefabrieken in het algemeen niet in serie gebouwd, maar moeten apart worden gemaakt. Het is dan ook veel goedkoper 2 pompen in serie op te stellen van 6 ato opvoerhoogte en een capaciteit van 214,4 m^3 per uur. Tabel 13 geeft een overzicht van de investering met een afschrijvingsperiode van 10 jaar voor de beregeningsoppervlakte van 750 ha.

Tabel 13. Investering voor pompen, schakelapparatuur, appendages, etc. met een afschrijvingsperiode van 10 jaar voor een beregeningsoppervlakte van 750 ha

2 pompen (Q = 225 m^3/uur, H = 60 mwk)	*f* 17 000
1 pomp (reserve)	8 500
Schakelapparatuur (stroom ontvangst en -voeding pomp)	35 000
Aansluiting pompen	15 000
Subtotaal	*f* 75 000
BTW (16%) en onvoorzien (4%)	15 100
Totale investering	*f* 90 600

3.4.4. Exploitatiekosten van beregening op twee standaard oppervlakten

Op basis van de gegevens van de tabellen 12 en 13 is in tabel 14 een berekening gemaakt van de exploitatiekosten van beregening op

Tabel 14. Overzicht van investeringen, rente plus afschrijving en totale jaarlijkse exploitatiekosten in guldens voor verregening van 150 000 m^3 proceswater op 2 standaard oppervlakten

	Leidingen en apparatuur met een afschrijvingsperiode van 30 en 10 jaar				Arbeid en energie
	30 jaar		10 jaar		
	investering	rente + afschrijving	investering	rente + afschrijving	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hogedruk leiding	1 920 617,80	170 550,86	181 200,--	26 998,80	
16 sproei-apparaten			240 000,--	35 760,--	33 315,70
1 trekker			25 000,--	3 725,--	

	Totale investering (1 + 3)	Totale jaarlijkse kosten (2 + 4 + 5)
2 standaard oppervlakten	2 366 817,80	270 350,36
Per ha	1 577,88	180,23
Per m^3 proceswater	15,78	1,80
Per ton aardappelen	20,51	2,34

2 x 750 ha = 1500 ha. De reden dat voor deze kostprijsberekening 2 arealen van 750 ha zijn genomen komt voort uit de verwerkingscapaciteit van een beregeningsploeg. De berekende kostprijs heeft dus betrekking op de verregening van 150 000 m^3 proceswater.

Per m^3 en per ton aardappelen bedragen de verregeningskosten respectievelijk *f* 1,80 en *f* 2,34. In deze kostenberekening is geen rekening gehouden met een gebouw voor het opslaan van de gebruikte materialen. Bovendien zijn de kosten van transport van fabriek naar het beregeningsgebied niet opgenomen. In de voorbeelden van de volgende hoofdstukken wordt met beiden wel rekening gehouden.

3.5. INVESTERINGEN EN EXPLOITATIEKOSTEN BIJ AANVOER EN VERREGENING VOOR EEN AANTAL CONCRETE SITUATIES

In het volgende wordt een aantal beregeningsplannen uitgewerkt voor verschillende situaties van aardappelmeelfabrieken en wel:

- verregening van 450 000 m^3 proceswater op 4500 ha akkerbouwland voor de fabriek Tonden in Foxhol;
- verregening van 300 000 m^3 proceswater op 3000 ha akkerbouwland voor de fabriek DWM te Veendam;
- verregening van 450 000 m^3 proceswater op 2320 ha grasland en 950 ha akkerbouwland voor de fabriek Tonden te Foxhol.

3.5.1. Beregening op akkerbouwland voor de aardappelmeelfabriek Tonden in Foxhol

De aardappelmeelfabriek Tonden heeft een verwerkingscapaciteit van 165 ton aardappelen per uur. Een stroom proceswater van 1,3 m^3 per ton aardappelen en een produktiecampagne van 2040 uur geeft een hoeveelheid proceswater van 437 580 m^3. Op akkerbouwland mag gemiddeld 100 m^3 per ha worden gegeven, zodat voor de verregening van het proceswater van deze fabriek een areaal van 4500 ha nodig is. De topografie rondom de fabriek is zodanig, dat het benodigde areaal ten zuiden van het Winschoterdiep gezocht moet worden. In dit gebied is het mogelijk op redelijke afstand 6 arealen van 750 ha te vinden. In fig. 10 is schematisch de ligging van deze standaard oppervlakten aangegeven. Het betreft hier de gebieden:

polder Windeweer	A_1	polder Borgercompagnie	B_2
polder Annerveensche Kanaal	A_2	polder Tripscompagnie-oost	C_1
polder Kropswolde	B_1	polder Borgercompagnie-oost	C_2

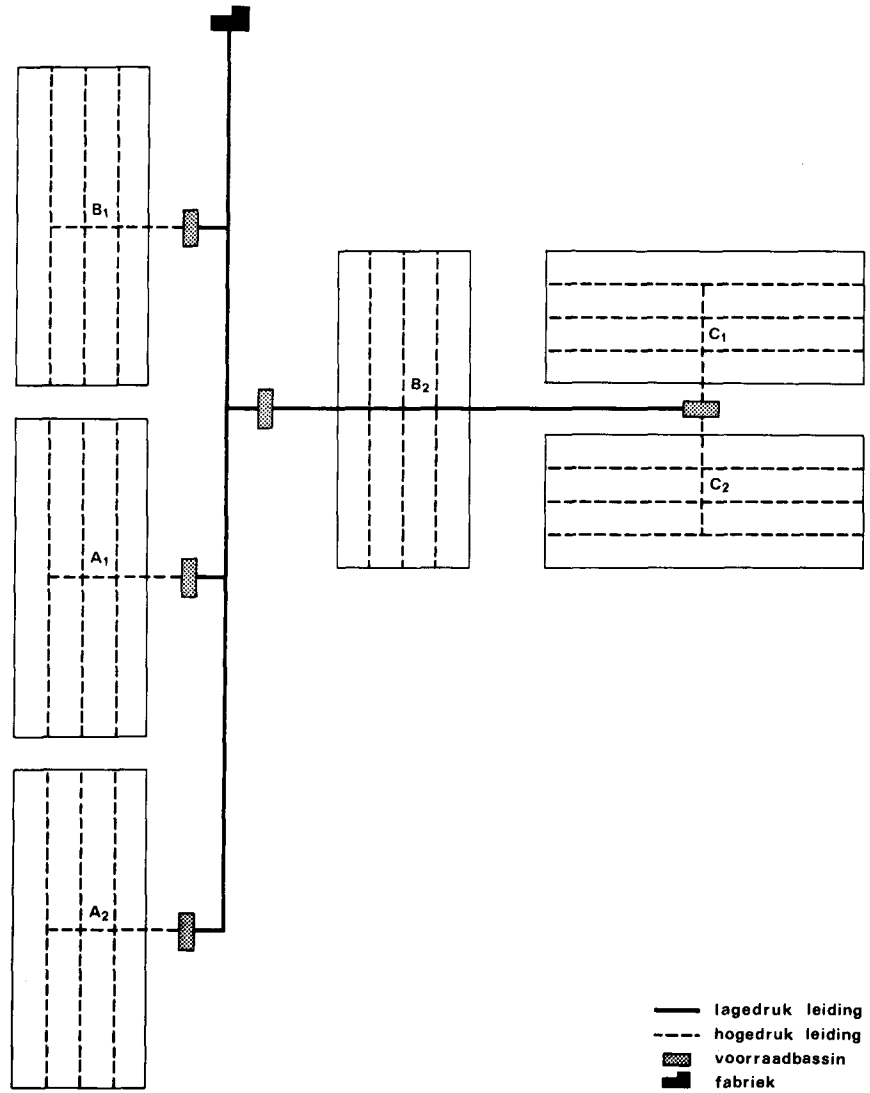


Fig. 10. Schema van het lagedruk- en hogedruk systeem en de ligging van de standaard oppervlakten A_1 tot en met C_2 voor de aardappelmeelfabriek Tonden

Investering voor het lagedruk systeem

Het lagedruk systeem dient voor het transport van het proceswater van de fabriek naar de verschillende voorraadbassins bij de beregeningsgebieden. Het bestaat uit een bufferbassin bij de fabriek, een ondergrondse lagedruk leiding en de voorraadbassins. Het bufferbassin bij de fabriek kan klein zijn; het dient voor het opvangen van schommelingen in de produktiestroom. De voorraadbassins moeten een zekere hoeveelheid proceswater kunnen bergen in verband met technische storingen en slechte weersomstandigheden voor de verregening (vorst en storm). De totale inhoud van de bassins is berekend op een proceswaterproduktie van 7 dagen. In verband met de ligging van de 6 complexen krijgen 4 gebieden afzonderlijk een voorraadbassin en 2 gebieden gezamenlijk 1 bassin.

Bij een verwerkingscapaciteit van de fabriek van 165 ton aardappelen per uur komt 225 m^3 proceswater per uur beschikbaar, dat over de verschillende gebieden moet worden verdeeld. Bij de fabriek is hiervoor een pomp nodig met een capaciteit van 225 m^3/uur en een werkdruk, die voldoende hoog is om het water zonder tussenstations naar de bassins te pompen. In fig. 10 is dit leidingstelsel schematisch weergegeven. De leiding, bestaande uit 6 ato pvc buizen moet op 1 m diepte onder de grond worden gelegd. De langste afstand waarover het water moet worden verpompt bedraagt 15 km.

In tabel 15 wordt een overzicht gegeven van de investeringen voor het lagedruk systeem, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen investeringen met een afschrijvingsperiode van respectievelijk 10 en 30 jaar.

Tabel 15. Investering in lagedruk systeem voor transport van het proceswater van de fabriek naar de verschillende beregeningsgebieden bij een transportafstand van totaal 20 250 m

	Afschrijvingsperiode 30 jaar		Afschrijvingsperiode 30 jaar
Ondergrondse leiding (20 250 m, incl. leggen)	f 866 476,88	Pomp (incl. reserve)	f 14 000,--
Pompgebouw	30 000,--	Schakelapparatuur	30 000,--
Hoogspanningskabel	25 000,--	Aansluitingen	15 000,--
Bufferbassin	5 000,--	Bassinbekleding	67 200,--
5 voorraadbassins	100 000,--		
Subtotaal	f 1 026 476,88		f 126 200,--
BTW (16%), onvoorzien (4%)	205 295,38		25 240,--
Totaal	f 1 231 772,26		f 151 440,--

Exploitatiekosten

Tabel 16 geeft een overzicht van de totale investeringen en exploitatiekosten van de verregening van 450 000 m^3 proceswater op 4500 ha voor de fabriek Tonden.

Tabel 16. Overzicht van investeringen, rente plus afschrijving en totale jaarlijkse exploitatiekosten in guldens voor verregening van 450 000 m^3 proceswater op 4500 ha akkerbouwland

	Leidingen en apparatuur met een afschrijvingsperiode van 30 en 10 jaar				Arbeid en energie
	30 jaar		10 jaar		
	investering	rente + afschrijving	investering	rente + afschrijving	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Lagedruk leiding (20 250 m)	1 231 772,26	109 381,38	151 440,--	22 564,56	99 947,10
6 standaard oppervlakten	5 761 853,40	511 652,58	1 248 000,--	185 952,--	
Gebouw (opslag materieel)	50 000,--	4 440,--			

	Totale investering (1 + 3)	Totale jaarlijkse kosten (2 + 4 + 5)
6 standaard oppervlakten	8 443 065,66	933 937,62
Per ha	1 876,24	207,54
Per m^3 proceswater	18,76	2,08
Per ton aardappelen	24,39	2,70

De kostprijs van beregenen, inclusief transport, bedraagt voor Tonden dus *f* 2,70 per ton aardappelen.

3.5.2. Beregening op akkerbouwland voor de aardappelmeelfabriek DWM in Veendam

De aardappelmeelfabriek DWM produceert bij een verwerkingscapaciteit van 110 ton aardappelen per uur en een hoeveelheid proceswater van 1,3 m^3 per ton een hoeveelheid proceswater van circa 300 000 m^3. Bij een gemiddelde dosering van 10 mm is voor de verregening van het proceswater een areaal van 3000 ha akkerbouwland nodig. De oppervlakte van 3000 ha wordt verkregen door 4 standaard oppervlakten te nemen. In fig. 11 is schematisch de ligging van deze oppervlakten aangegeven. De gebieden A_1, A_2, B_1 en B_2 betreffen:

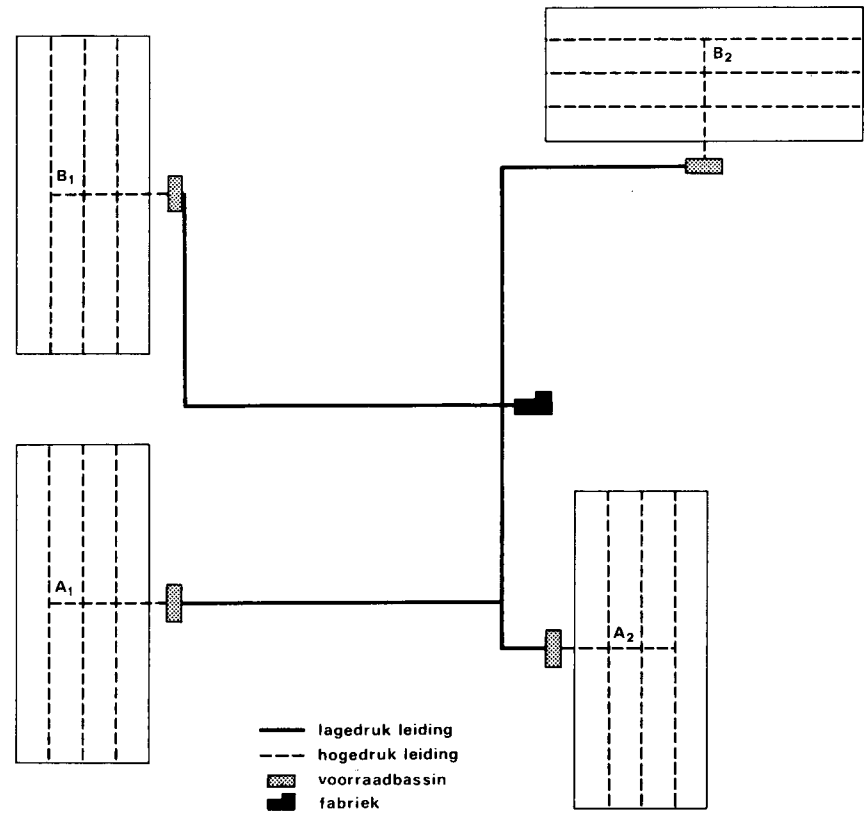


Fig. 11. Schema van het lagedruk- en hogedruk systeem en de ligging van de standaard oppervlakten A_1 tot en met B_2 voor de aardappelmeelfabriek DWM

polder Boven Westerdiep	A_1	polder Het Westerdiep	B_1
polder Oosterdiep	A_2	polder Hoop op Beter	B_2

Investering voor het lagedruk systeem

Een verwerkingscapaciteit van 110 ton aardappelen levert een stroom proceswater van 150 m^3 per uur. Deze stroom moet worden verdeeld over de verschillende beregeningsgebieden. Bij de fabriek is hiervoor een pomp nodig met een capaciteit van 150 m^3 per uur en een werkdruk, die voldoende hoog is om het water zonder tussenstations naar de bassins te verpompen. Het leidingstelsel voor het transport is in fig. 11 schematisch aangegeven. De leidingen bestaan uit 6 ato pvc buizen en moeten op 1 m diepte worden gelegd. De langste afstand waarover het water moet worden verpompt bedraagt 4500 m.

Tabel 17 geeft een overzicht van de investeringen voor het lagedruk systeem, waarbij onderscheid gemaakt is tussen investeringen met een afschrijvingsperiode van 10 en 30 jaar.

Tabel 17. Investering in lagedruk systeem voor het transport van het proceswater van de fabriek naar de verschillende beregeningsgebieden bij een transportafstand van totaal 12 375 m

	Afschrijvingsperiode 30 jaar		Afschrijvingsperiode 10 jaar
Ondergrondse leiding (12 375 m, incl. leggen)	f 335 176,91	Pomp (incl. reserve)	f 10 000,--
Pompgebouw	30 000,--	Schakelapparatuur	30 000,--
Hoogspanningskabel	25 000,--	Aansluitingen	15 000,--
Bufferbassin	5 000,--	Bassinbekleding	46 200,--
4 voorraadbassins	80 000,--		
Subtotaal	f 475 176,91		f 99 200,--
BTW (16%), onvoorzien (4%)	95 035,38		19 840,--
Totaal	f 570 212,29		f 119 040,--

Totale exploitatiekosten

In tabel 18 is een overzicht gegeven van de totale investeringen en exploitatiekosten voor verregening van 300 000 m^3 proceswater op 3000 ha akkerbouwland voor de fabriek DWM.

Tabel 18. Overzicht van investeringen, rente plus afschrijving en totale jaarlijkse exploitatiekosten in guldens voor verregening van 300 000 m^3 proceswater op 3000 ha akkerbouwland

	Leidingen en apparatuur met een afschrijvingsperiode van 30 en 10 jaar				Arbeid en energie
	30 jaar		10 jaar		
	investering	rente + afschrijving	investering	rente + afschrijving	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Lagedruk leiding (12 375 m)	570 212,29	50 634,85	119 040,--	17 736,96	66 631,--
4 standaard oppervlakten	3 841 235,60	341 101,72	892 400,--	132 968,--	
Gebouw (opslag materieel)	50 000,--	4 440,--			

	Totale investering (1 + 3)	Totale jaarlijkse kosten (2 + 4 + 5)
4 standaard oppervlakten	5 472 887,89	613 512,53
Per ha	1 824,30	204,50
Per m^3 proceswater	18,24	2,04
Per ton aardappelen	23,71	2,66

De verregeningskosten van 300 000 m^3 proceswater op 3000 ha akkerbouwland bedragen dus f 2,66 per ton aardappelen.

3.5.3. Beregening op hoofdzakelijk grasland voor de aardappelmeelfabriek Tonden in Foxhol

Wanneer op grasland 150 m^3 per ha wordt gegeven is 3000 ha grasland nodig bij een totale produktie aan proceswater van 450 000 m^3. In verband met de ligging van een aantal weidegebieden rondom Foxhol

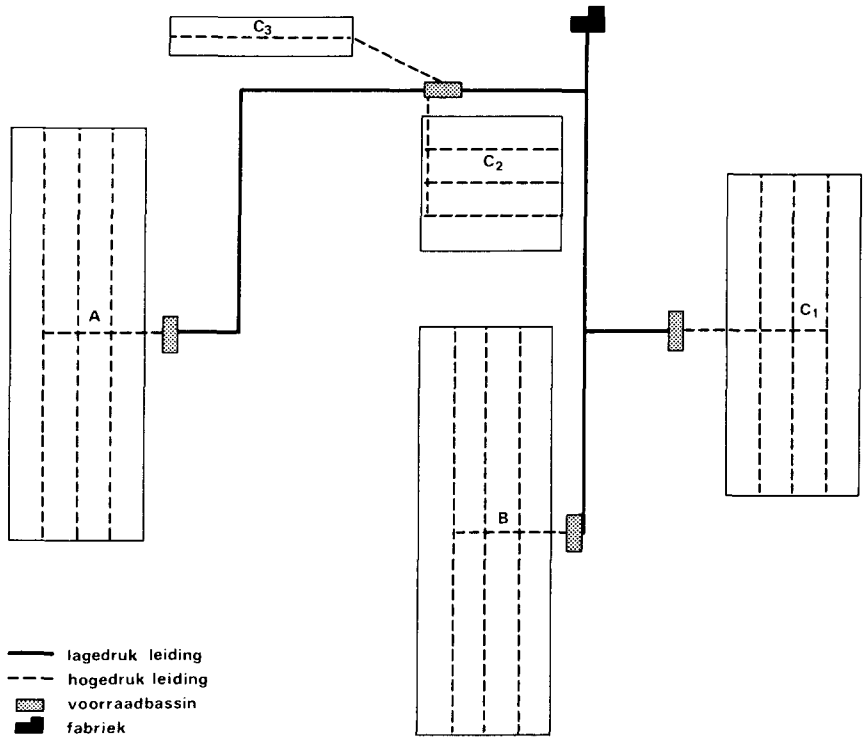


Fig. 12. Schema van het lagedruk- en hogedruk systeem en de ligging van de beregeningsoppervlakten A t/m C_3 voor de aardappelmeelfabriek Tonden

is het niet mogelijk de totale stroom proceswater op grasland te verwerken. Het is noodzakelijk een gedeelte op akkerbouwland te verregenen. Wanneer op grasland 150 m^3 per ha wordt gegeven is een beregeningsploeg (par. 3.2) in staat 1000 ha te bewerken. Er zijn 2 gebieden van 1000 ha grasland in het plan opgenomen en 1 gebied van 750 ha akkerbouwland. Het geheel wordt aangevuld met twee kleinere gebieden van respectievelijk 400 ha (50% grasland, 50% akkerbouwland) en 120 ha grasland.

In fig. 12 is het plan voor de beregening van 2320 ha grasland en van 950 ha akkerbouwland schematisch weergegeven. Voor het areaal zijn de volgende gebieden gekozen:

polder Onnen	A	- 1000 ha - grasland
polder Zuidlaren	B	- 1000 ha - grasland
polder Kropswolde I	C_1	- 750 ha - akkerbouwland
polder Kropswolde II	C_2	- 200 ha - grasland
		200 ha - akkerbouwland
polder Westerbroek	C_3	- 120 ha - grasland

Het leidingsysteem voor het transport van het proceswater is gegeven in fig. 12. De lagedruk leiding bestaat weer uit 6 ato pvc buizen en de hogedruk leiding uit 10 ato pvc buizen. De langste afstand waarover het water moet worden getransporteerd bedraagt 13 425 m. Tabel 19 geeft een totaaloverzicht van de investeringen en exploitatiekosten voor de verregening van 450 000 m^3 op 2320 ha grasland en 950 ha akkerbouwland voor de fabriek Tonden.

Tengevolge van een kleiner areaal bij beregening op grasland wordt de transportafstand kleiner en is in totaal minder materieel nodig. De kosten per ton aardappelen bedragen nu *f* 2,15 en zijn belangrijk lager dan bij beregening op akkerbouwland (vergelijk par. 3.5.1).

Tabel 19. Overzicht van investeringen, rente + afschrijving en totale jaarlijkse exploitatiekosten in guldens voor verregening van 450 000 m^3 proceswater op 2320 ha grasland en 950 ha akkerbouwland

	Leidingen en apparatuur met een afschrijvingsperiode van 30 en 10 jaar				Arbeid en energie
	30 jaar		10 jaar		
	investering	rente + afschrijving	investering	rente + afschrijving	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Lagedruk leiding (13 425 m)	760 975,96	67 574,66	126 240,--	18 809,76	
Beregeningsoppervlakten					
2 x 1000 ha	2 452 044,04	217 741,52	181 200,--	26 998,80	
750 ha	960 308,90	85 275,43	90 600,--	13 449,40	
400 ha	601 074,58	53 375,42	90 600,--	13 449,40	99 947,10
120 ha	137 209,92	12 184,24			
48 sproei-apparaten			720 000,--	107 280,--	
3 trekkers			75 000,--	11 175,--	
Gebouw (opslag materieel)	50 000,--	4 440,--			

	Totale investering (1 + 3)	Totale jaarlijkse kosten (2 + 4 + 5)
3270 ha beregeningsoppervlakte	6 245 253,40	731 800,73
Per ha	1 909,86	223,79
Per m^3 proceswater	14,10	1,65
Per ton aardappelen	18,33	2,15

Bij het beregenen van grasland met proceswater moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat de door het vee geproduceerde mest naar het grasland wordt gebracht. De in deze mest aanwezige hoeveelheid kali is, volgens de huidige normen voor de kalibehoefte van grasland, min of meer voldoende om de maximale produktie te halen. Dat geldt in het bijzonder bij hoge veebezetting. In dat geval is er uit een oogpunt van grasproduktie dus weinig of geen ruimte voor additionele kali via bijvoorbeeld verregend proceswater.

Resultaten van proeven met proceswater op veengrasland hebben echter laten zien dat waterhoeveelheden, die de genoemde normen overschrijden (15 mm proceswater van de gegeven samenstelling), geen gevaar voor de gezondheid van het vee behoeven op te leveren, indien maatregelen worden genomen om de risico's te beperken (RIEM VIS, 1974b). Als zodanig kunnen worden genoemd: het maaien van de eerste en eventueel de tweede snede voor de winning van kuilgras of hooi en het verstrekken van extra magnesium aan weidend melkvee in het voorjaar. In de nazomer dient men voorzichtig te zijn met aanvullende bemesting met stikstof met het oog op mogelijke nitraatophoping in het gras. In de genoemde proeven werd geen stalmest toegediend.

3.5.4. Vergelijking van de exploitatiekosten voor de drie situaties

De in par. 3.5 behandelde beregeningsplannen voor drie situaties van aardappelmeelfabrieken leveren een aantal verschillende kostprijzen op, die in tabel 20 met elkaar zijn vergeleken. Uit deze tabel blijkt, dat bij een gift van 100 m^3 per ha de kostprijs voor verregenen slechts enkele centen per m^3 varieert, indien er duidelijk verschil is in de ligging van de beregeningsgebieden ten opzichte van de fabrieken. Hieruit volgt in het algemeen, dat bij een redelijke situering van de te beregenen landbouwgronden rondom een aardappelmeelfabriek de kostprijs van verregenen van het proceswater *f* 2,70 per ton aardappelen bedraagt wanneer 100 m^3 per ha wordt toegediend. Deze kostprijs zal dalen wanneer de gift per ha groter wordt, bijvoorbeeld in de situatie van Tonden *f* 2,15 per ton aardappelen bij een gift van 150 m^3 per ha.

Tabel 20. Vergelijking van de kostprijs van verregening van proceswater op akkerbouwland (100 m^3 per ha) en op hoofdzakelijk grasland (150 m^3 per ha) volgens respectievelijk de tabellen 16, 18 en 19

	Kostprijs	
	per m^3	per ton aardappelen
- 450 000 m^3 op akkerbouwland (fig. 10)	*f* 2,08	*f* 2,70
- 450 000 m^3 op 2320 ha grasland en 950 ha akkerbouwland (fig. 12)	1,65	2,15
- 300 000 m^3 op akkerbouwland (fig. 11)	2,04	2,66

3.6. TOEPASSING VAN AUTOMATISCHE BEREGENINGSAPPARATUUR BIJ DE HUIDIGE VEENKOLONIALE VERKAVELING

De akkerbouwgronden in de Drentse en Groninger Veenkoloniën worden in het algemeen gekenmerkt door lange, smalle kavels, doorsneden met wijken en sloten in de lengterichting. De kavelbreedte kan varieren van 75 tot 135 m. In de meeste gebieden zijn de wijken of gedempt of worden niet meer onderhouden. De sloten in de lengterichting van de kavels zijn meest nog in tact, terwijl deze in de dwarsrichting in verband met perceelsvergroting veelal zijn gedempt.

Wanneer in een dergelijk verkaveld gebied met automatische apparatuur moet worden verregend zullen aan de kavelinrichting zekere eisen worden gesteld. Voor de inrichting van de beregeningsoppervlakte van 750 ha is het gewenst, dat de ondergrondse leidingen loodrecht op de lengterichting van de kavels worden aangelegd. Voor het vlot kunnen bereiken van alle opstellingsplaatsen van de apparaten langs deze ondergrondse leidingen moeten in de lengtesloten en wijken dammen worden aangelegd. Het is verder van groot belang dat de percelen een minimum lengte van 300 m ten opzichte van de leiding hebben; over deze lengte wordt immers dezelfde gift gegeven. In vele gevallen zal de gewassenverdeling in het bouwplan van de boeren moeten worden aangepast (zie par. 6.4). Verder is het wenselijk over de afstand van 300 m geen dwarssloten te hebben. In nog aanwezige sloten, die niet gemist kunnen worden, zal een dam met duiker moeten worden gelegd, zodat slang en statief met de trekker kunnen worden uitgereden. De kosten voor de detailinrichting van een dergelijk beregeningsgebied zijn moeilijk te berekenen. Wanneer dammen in sloten en wijken niet voldoende zijn ter ontsluiting van het beregeningsareaal kan de aanleg van een eenvoudige zandweg langs de ondergrondse leidingen noodzakelijk worden. De kosten van een dergelijke zandweg kunnen als volgt worden benaderd.

Voor een zandweg van 3 m breedte met 0,5 m zanddek moet 2 m^3 grond (inclusief kantverliezen) per strekkende meter worden ontgraven. Wanneer het aantal sloot- en wijkkruisingen op 2 per 100 m zandweg wordt aangenomen en wanneer per kruising 10 m^3 zand nodig is, dan is totaal 2,2 m^3 zand vereist per meter weglengte. De investeringen voor dergelijke zandwegen bedragen *f* 2,20/m, indien ter plaatse zand kan worden gewonnen en verwerkt (*f* 1/m^3) en *f* 22/m, wanneer de aanvoer van zand over een afstand van 10 km moet plaatsvinden (*f* 10/m^3). Stellen we de investering gemiddeld op *f* 12,10/m dan zijn de exploitatiekosten *f* 1,80/m zandweg (afschrijvingsperiode 10 jaar). Voor een gebied van 1500 ha is 25 200 m zandweg nodig. Dit betekent een kostenpost van *f* 45 360 bij verwerking van 150 000 m^3 proceswater of *f* 0,30 per m^3 en *f* 0,39 per ton aardappelen.

4. INVESTERINGEN EN EXPLOITATIEKOSTEN BIJ AANVOER PER DRUKLEIDING EN VERSPREIDING PER AS

4.1. ALGEMEEN

Nu in de aardappelmeelindustrie de proceswaterproduktie per ton aardappelen aanzienlijk wordt beperkt, ontstaat er hernieuwde belangstelling voor de verwerking van het proceswater op landbouwgronden met vacuümtanks, overeenkomstig de werkwijze bij het uitrijden van dunne mest. Toediening met behulp van tankwagens biedt de mogelijkheid kleine giften nauwkeurig te doseren. Het tanktransport is minder plaatsgebonden dan verregening met daarvoor vereiste machines en een ondergronds leidingnet; bovendien zijn minder gunstig gelegen percelen gemakkelijker bereikbaar.

Een belangrijke voorwaarde voor het uitrijden met wielvoertuigen is het voorkomen van insporing bij zware lasten. De schade aan de bodemstructuur moet zoveel mogelijk worden vermeden. Dit betekent dat er veel aandacht moet worden besteed aan de wieluitrusting en de bandenspanning van de voertuigen.

De in dit hoofdstuk gegeven informatie is ontleend aan een publikatie van medewerkers van het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (DE KONING en LEEUWERKE, 1975 en OVING, 1975).

4.2. PRAKTIJKPROEF VERSPREIDING PER AS

Voor de evaluatie van deze methode van verspreiding in de praktijk is door medewerkers van het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen een proef uitgevoerd op ruim 10 ha akkerbouwland in de omgeving van de aardappelmeelfabriek Smilde (DE KONING en LEEUWERKE, 1975). In deze proef is gebruik gemaakt van een uit de USA geïmporteerd zelfrijdend voertuig, de Tryco. Dit voertuig is uitgerust met grote brede banden (100 cm breed en 166 cm diameter), die bij een lage bandenspanning van 1 kg/cm^2 nog 3000 kg draagvermogen per band hebben. Op het voertuig is een vacuümtank gemonteerd met een inhoud van 8 m^3 (zie fig. 13).



Fig. 13. Verspreiding van proceswater van de aardappelmeelindustrie door middel van een zelfrijdend voertuig, de Tryco

De hoeveelheid proceswater per ha kan worden gevarieerd door de versnelling en het toerental van de motor aan de gewenste dosering aan te passen. De proef werd uitgevoerd in de maanden oktober en november 1974, waarbij er vrijwel constant neerslag viel, zodat onder de meest ongunstige terreinomstandigheden werd gewerkt. Uit de veldwaarnemingen blijkt, dat het geen probleem is het proceswater goed over het land te verdelen. De insporing van de brede banden is, zo-

wel op grasland als op bewerkt stoppelland gemeten, vrijwel nihil en beperkt zich tot de nokken van de banden. Op niet begroeid bouwland werd slechts insporing geconstateerd in die gevallen, waar de grond tengevolge van hoge grondwaterstanden stromingseigenschappen vertoonde. Ook op plaatsen waar de grond los is, kan onder zeer natte omstandigheden insporing gemeten worden.

De berijdbaarheid van de onverharde toegangswegen gaf meer problemen. Na een aantal keren berijden bij regenachtig weer ontstonden diepe sporen.

4.3. INVESTERINGEN EN EXPLOITATIEKOSTEN BIJ TOEPASSING OP GROTE SCHAAL

Voor de berekening van de kosten van verspreiden van het proceswater met vacuümtanks is uitgegaan van een rekenmodel voor het systeem van tussenopslag en verspreiden van mengmest (OVING, 1975). In dit rekenmodel wordt een methode beschreven voor het berekenen van optimale situaties van een systeem van tussenopslag en verspreiden van mengmest. Het bestaan van een optimum in dit systeem berust op de volgende redenering. Bij schaalvergroting van de opslag ontstaat een kostendaling per ton verwerkte mest. Bij een grotere opslag hoort echter een groter verspreidingsgebied, waardoor de gemiddelde afstand naar de percelen vanaf de opslag groter wordt. Dit laatste veroorzaakt een toename van de kosten van het verspreiden, meer in het bijzonder van de transportkosten tussen het perceel en de opslag. In het model worden een gebiedsgrootte en een putinhoud berekend, waarbij de som van beide kostensoorten zo laag mogelijk is.

Voor de kostenberekeningen maakt het geen verschil welk produkt met de vacuümtanks wordt verspreid, zodat het rekenprogramma van het bovenstaande model ook toegepast mag worden voor het berekenen van de kosten van opslag en verspreiden van proceswater. De kosten voor het transport van het proceswater van de fabriek naar de opslagplaatsen moeten apart worden berekend, omdat dit transport, vanwege de hoge kosten, niet met tanktransport kan worden uitgevoerd, maar per drukleiding moet plaatsvinden.

Teneinde een vergelijking mogelijk te maken tussen de kosten van verspreiden met vacuümtanks en met beregeningsapparatuur is de standaardoppervlakte van par. 3.3 gekozen als vorm voor het verspreidingsgebied. Voor de berekeningen moeten gegevens worden ingevoerd, die zo goed mogelijk overeenkomen met de praktijk. Puntsgewijs kunnen de belangrijkste invoergegevens voor de berekeningen in tabel 21 als volgt worden omschreven:

- perceelsafmetingen 300 x 80 m
- proceswatergift 100 m^3 per ha
- werkbreedte werktuig 8 m
- werksnelheid werktuig 6 km per uur
- transportsnelheid werktuig op het perceel, gemiddelde van belast en onbelast, 6 km per uur
- transportsnelheid werktuig op de weg, gemiddelde van belast en onbelast, 15 km per uur
- gebiedsvorm een rechthoek met een constante zijde van 900 m en de opslag in het midden
- bewerkingsdichtheid 1, dat wil zeggen alle percelen worden bewerkt
- omzetsnelheid 18, dat wil zeggen de opslagplaatsen worden per seizoen 18 keer gevuld en geledigd
- personeelskosten per manuur *f* 15
- brandstofkosten per pk uur *f* 0,04
- tankinhoud van de vacuümtank 8 m^3

- nieuwwaarde werktuig *f* 95 000
- werkuren per jaar 720 uur

Het effect van vergroting van de tankinhoud van de vacuümtank is berekend door hiervoor in te voeren 8 en 12 m^3 en alle overige invoergegevens gelijk te houden met uitzondering van de nieuwprijs van het werktuig; hiervoor is respectievelijk *f* 95 000 en *f* 98 000 ingevoerd.

Tabel 21. Overzicht van de kosten (excl. 16% BTW) van opslag en verspreiden van proceswater van de aardappelmeelindustrie met vacuümtanks met tankinhoud 8 respectievelijk 12 m^3 op een standaard oppervlakte (1800 x 4200 m), berekend met het rekenprogramma 1320 van IMAG-data service (Oving, 1975)

Gemiddelde afstand opslag - perceel	Gemiddeld bewerkte opp. vanuit een opslag	Inhoud opslag	Kosten		
			verwerken	opslag	totaal
m	ha	m^3	gld/m^3	gld/m^3	gld/m^3
TANKINHOUD 8 m^3					
241	6	32	1,71	0,33	2,04
341	42	232	1,80	0,14	1,94
441	78	432	1,89	0,11	2,00
541	114	632	1,98	0,10	2,08
TANKINHOUD 12 m^3					
241	6	32	1,25	0,33	1,57
341	42	232	1,31	0,14	1,45
441	78	432	1,37	0,11	1,48
541	114	632	1,44	0,10	1,53

Uit tabel 21 volgt dat het optimum ligt bij een inhoud van de opslag van 232 m^3 van waaruit 42 ha kan worden bewerkt. Bij vergroting van de tankinhoud van het werktuig van 8 naar 12 m^3 daalt de kostprijs voor opslag en verspreiden van *f* 1,94 naar *f* 1,45 per m^3 (excl. 16% BTW).

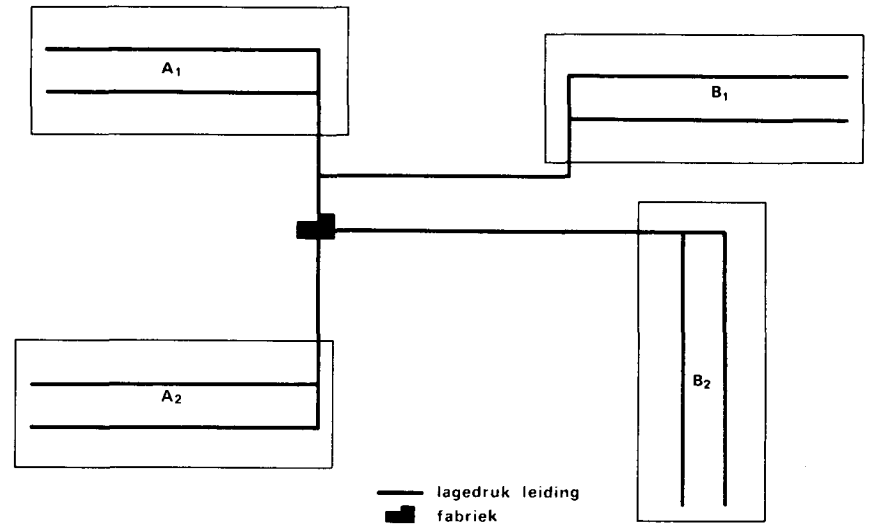


Fig. 14. Schema van het lagedruk systeem en de ligging van de standaard oppervlakten A_1 tot en met B_2 voor de aardappelmeelfabriek DWM

De kosten van het transport van het proceswater van de fabriek naar het verspreidingsgebied kunnen worden berekend volgens een methode, die overeenkomt met die welke in par. 3.5 is toegepast. Als voorbeeld is hiervoor de situatie van de fabriek DWM uitgewerkt. Het transport vindt plaats met lagedruk leidingen zowel van de fabriek naar de standaard oppervlakten als binnen de standaard oppervlakten. In het bovenvermelde rekenmodel is gerekend met een constante zijde van 900 m van de bewerkte oppervlakten vanuit een tussenopslag; dit betekent dat binnen een standaard oppervlakte twee transportleidingen

nodig zijn. In fig. 14 is schematisch de ligging van de lagedruk leidingen aangegeven.

Investering voor het lagedruk systeem

Een verwerkingscapaciteit van 110 ton aardappelen levert een stroom proceswater van 150 m^3 per uur. Deze stroom moet worden verdeeld over de verschillende standaard oppervlakten. Bij de fabriek is hiervoor een pomp nodig met een capaciteit van 150 m^3 per uur en een werkdruk, die voldoende hoog is om het water zonder tussenstations naar de bassins te verpompen. Het leidingstelsel voor het transport is in fig. 14 schematisch aangegeven. De leidingen bestaan uit 6 ato pvc buizen en moeten op 1 m diepte worden gelegd.

Tabel 22 geeft een overzicht van de investeringen voor het lagedruk systeem, waarbij onderscheid gemaakt is tussen investeringen met een afschrijvingsperiode van 10 en 30 jaar.

Tabel 22. Investering in lagedruk systeem voor het transport van het proceswater van de fabriek naar de verschillende verspreidingsgebieden en distributie van het proceswater binnen het verspreidingsareaal

	Afschrijvingsperiode 30 jaar		Afschrijvingsperiode 10 jaar
Lagedruk leiding	*f* 964 000	pompen (incl. reserve	*f* 10 000
Pompgebouw	30 000	schakelapparatuur	30 000
Hoogspanningskabel	25 000	aansluitingen	15 000
Bufferbassin	20 000	bassinbekleding	10 000
Subtotaal	*f* 1 039 000		*f* 65 000
BTW (16%), onvoorzien (4%)	207 800		13 000
Totaal	*f* 1 246 800		*f* 78 000

Totale exploitatiekosten

In tabel 23 is een overzicht gegeven van de totale exploitatiekosten voor transport per leiding en verspreiding per as van 300 000 m^3 proceswater op 3000 ha akkerbouwland voor de fabriek DWM.

Tabel 23. Overzicht van de totale jaarlijkse exploitatiekosten voor transport per leiding en verspreiding per as van 300 000 m^3 proceswater op 3000 ha akkerbouwland

	Jaarlijkse transportkosten per leiding
Rente en afschrijving van materialen met afschrijvingsperiode 30 jaar	*f* 110 716
Rente en afschrijving van materialen met afschrijvingsperiode 10 jaar	11 622
Energie	5 000
Totale jaarlijkse transportkosten	*f* 127 338

	Tank 8 m^3	Tank 12 m^3
Transportkosten per m^3	*f* 0,42	*f* 0,42
Verspreidingskosten per m^3 (incl. 16% BTW en 4% onvoorzien)	2,33	1,74
Totale kosten voor transport en verspreiding per m^3	*f* 2,75	*f* 2,16

Uit de gegevens van tabel 23 volgt dat de kosten van het transport per leiding en het verspreiden met vacuümtanks van 300 000 m^3 proceswater op 3000 ha akkerbouwland *f* 2,75 per m^3 bedragen bij een tankinhoud van 8 m^3 en *f* 2,16 per m^3 bij een tankinhoud van 12 m^3. Deze kosten bedragen respectievelijk *f* 3,56 en *f* 2,81 per ton aardappelen.

5. EXPLOITATIEKOSTEN VAN AANVOER EN VERSPREIDING PER AS VAN INGEDIKT EIWITARM PROCESWATER OP GROTE SCHAAL

5.1. ALGEMEEN

Tot nu toe is steeds gesproken over het verspreiden van eiwitarm proceswater met een drogestof gehalte van circa 3%. Deze proceswaterstroom betreft de resterende stroom na produktie van zetmeel, vezels en eiwit uit de fijngemalen aardappelen. Voor de verwerking van het proceswater kunnen in de aardappelmeelindustrie verschillende technieken worden toegepast. Eén daarvan is de verspreiding in de landbouw, zoals in de voorgaande hoofdstukken is beschreven. Een andere methode is indikken van het proceswater tot een vloeistof met een drogestof gehalte van circa 60%, waarna het materiaal of verder kan worden ingedampt tot een droog veevoederprodukt of in de landbouw kan worden verspreid. Het op deze wijze verkregen concentraat (ingedikt eiwitarm proceswater) heeft een gehalte aan plantenvoedingszouten, dat, in vergelijking met het oorspronkelijke produkt, met een factor 20 is toegenomen. Verspreiding in de landbouw houdt dan ook in, dat de dosering in vergelijking tot het niet ingedikte proceswater een factor 20 lager moet zijn. Het verspreidingsareaal blijft dan even groot als bij de verregening van het niet-ingedikte proceswater.

5.2. EXPLOITATIEKOSTEN

De verspreiding moet door middel van transport per as plaatsvinden, omdat een gift van 3 tot 5 m^3 per ha niet met beregeningsapparatuur mogelijk is. De kosten van verspreiding per as zijn op overeenkomstige wijze als in par. 4.3 met het rekenprogramma van het IMAG (OVING, 1975) berekend. Voor het berekenen van de kosten van opslag en verspreiden zijn dezelfde invoergegevens gebruikt als in par. 4.3 met uitzondering van dosering, gebiedsvorm, bewerkingsdichtheid en omzetsnelheid. Hiervoor zijn de volgende waarden ingevoerd:

- dosering 5 m^3 per ha
- gebiedsvorm een rechthoek met een constante zijde van 1800 m en de opslag in een hoekpunt
- omzetsnelheid 2 en 10; 2 betekent helft van de hoeveelheid buiten de aardappelmeelcampagne verspreiden, 10 betekent alles in de campagne verspreiden
- bewerkingsdichtheid 0,5 en 1,0; 0,5 wil zeggen helft van de percelen bewerken, waardoor het areaal groter wordt; 1,0 betekent alle percelen bewerken

De resultaten van de berekeningen zijn gegeven in tabel 24. Uit de tabel volgt, dat de kosten (excl. BTW) van opslag en verspreiden met een vacuümtank van 8 m^3 inhoud varieert van *f* 5,98 tot *f* 6,56 per m^3 en bij een tankinhoud van 12 m^3 van *f* 4,54 tot *f* 5,08 per m^3, afhankelijk van de invoergegevens. De berekende kostprijs blijkt dus veel gevoeliger te zijn voor vergroting van de tankinhoud dan voor variaties in het tijdstip van verspreiden en de bewerkingsdichtheid van het areaal.

Het transport van het ingedikte proceswater van de fabriek naar de opslagplaatsen in het verspreidingsgebied moet met tanktransport plaatsvinden. Deze transportkosten bedragen naar ruwe schatting *f* 5 tot *f* 10 per m^3 (excl. BTW), afhankelijk van de transportafstand.

Een belangrijk voordeel van concentreren is de geringere hoeveelheid vloeistof, die moet worden verwerkt. Een gift van 5 m^3 per ha kan zeer nauwkeurig worden uitgevoerd wanneer het voertuig wordt

Tabel 24. Overzicht van de kosten van opslag en verspreiden van concentraat (ingedikt eiwitarm proceswater) van de aardappelmeelindustrie met vacuümtanks met een tankinhoud van 8 en 12 m^3 op een standaard oppervlakte met een dosering van 5 m^3 per ha. Deze kosten (excl. 16% BTW) zijn berekend met het rekenprogramma 1320 van IMAG-data service (Oving, 1975). a = bewerkingsdichtheid; b = tankinhoud werktuig; c = omzetsnelheid

a	b	c	Gemiddelde afstand opslag - perceel	Gemiddelde bewerkte opp. vanuit een opslag	Inhoud opslag	Kosten		
						verwerken	opslag	totaal
			m	ha	m^3	gld/m^3	gld/m^3	gld/m^3
1,0	8	2	1287	139	348	5,14	1,10	6,23
0,5	8	2	1384	174	218	5,24	1,32	6,56
1,0	8	10	1102	73	36	5,42	0,56	5,98
0,5	8	10	991	33	8	5,29	1,06	6,35
1,0	12	2	1494	214	535	3,88	0,93	4,81
0,5	12	2	1644	268	335	3,96	1,12	5,08
1,0	12	10	1214	113	57	4,08	0,46	4,54
0,5	12	10	991	33	8	3,93	1,06	4,99

uitgerust met sproeibomen. Bovendien is het concentraat bij 60% drogestof houdbaar, zodat ook buiten de aardappelmeelcampagne verspreiding op landbouwgronden mogelijk is. Hierbij moet worden opgemerkt, dat de kosten van het indampen een veelvoud zijn van die van het verspreiden.

6. PLANTENZIEKTEKUNDIGE ASPECTEN

6.1. ALGEMEEN

De in dit hoofdstuk vermelde plantenziektekundige aspecten zijn ontleend aan een discussienota (HIJINK, 1976) en aan gesprekken met medewerkers van de Plantenziektekundige Dienst.

Ziekten en plagen, welke mogelijk met het proceswater van de aardappelmeelindustrie kunnen worden verspreid, zullen over het algemeen vrij persistent moeten zijn of resistente stadia moeten bezitten, omdat tussen het tijdstip van verspreiden (aardappelmeelcampagne van september tot en met december) en het tijdstip van gewasgroei een periode van enige maanden zit.

De risicofactor dient vooral beoordeeld te worden naar de kans dat de veroorzakers van ziekten en plagen in het proceswater terecht kunnen komen en daarmede in vitale vorm over een grotere oppervlakte kunnen worden verspreid. De kans op deze verspreiding moet zo goed mogelijk worden uitgesloten. De risico's die er bestaan kunnen alleen worden afgewogen tegen de achtergrond van het fabrieksprocédé. Het is van belang in het fabrieksprocédé barrières aan te wijzen, die door de organismen niet kunnen worden genomen. De kwantiteit van de besmetting, die per perceel wordt aangebracht, is daarbij gezien de zeer intensieve teelt van aardappelen in noordoost Nederland van ondergeschikte betekenis.

6.2. MOGELIJK AANWEZIGE ZIEKTEN OF PLAGEN IN HET PROCESWATER

De gevaarlijke en nu in het gebied aanwezige bodemgebonden ziekten en plagen (aardappelmoeheid, wratziekte en andere ziekten) komen in hoofdzaak in de grond en op de knol voor, zodat zij voornamelijk in het was- en transportwater terecht zullen komen. Dit

was- en transportwater zal niet op landbouwgronden worden verregend, maar in zuiveringsinstallaties worden behandeld, waarna het effluent òf zal worden gerecirculeerd òf op oppervlaktewater zal worden geloosd.

De belangrijkste ziekten, die mogelijk in het proceswater kunnen voorkomen, worden in het volgende besproken.

A a r d a p p e l m o e h e i d . Hoewel de meeste besmetting op de buitenkant van de schil voorkomt, zijn in de nazomer en herfst in de eerste cellagen onder de schil larven en cysten van het aardappelcystenaaltje te vinden, meestal in betrekkelijk geringe aantallen. De cysten kunnen ook gedeeltelijk in de schil verzonken zitten. Het is aannemelijk dat deze besmetting in het proceswater terecht komt. Als dit water beneden lethale temperaturen (bijvoorbeeld beneden 40°C) blijft en snel wordt verregend, is het mogelijk dat het aardappelcystenaaltje dit proces overleeft en met de beregening over de percelen wordt verspreid. De larven zullen in de nazomer en herfst geen waardplanten meer vinden en vrijwel zeker de winter niet overleven. Cysten in de schil of in de ogen van aardappelknollen (alleen gevaarlijk voorzover eieren en larven erin voorkomen) zijn daarentegen nauwelijks gebonden aan de aanwezigheid van een waardplant direct na het beregenen. Zij kunnen zich vermeerderen op het eerstvolgend aardappelgewas of op opslagplanten. Aardappelcystenaaltjes, die op deze wijze meekomen, zullen - gezien de zeer uitgebreide teelt van rassen met resistentie tegen biotype A waarop dit biotype zich niet vermeerdert - in hoofdzaak tot biotypen B, C en D (en biotypen die daarop zullen volgen) behoren. Het is daarbij dus niet uitgesloten, dat aardappelcystenaaltjes behorend tot andere biotypen dan A in een enigszins versneld tempo over grote gebieden worden verspreid. Om dit op te vangen staan nog slechts een beperkt aantal c.q. nog geen resistente rassen ter beschikking.

W r a t z i e k t e . Hiervoor geldt in grote lijnen hetzelfde als voor het aardappelcystenaaltje. Ook hier zullen nieuwe typen of fysio's verspreid kunnen worden met het proceswater. Uitgaande van het verschijnen van nieuwe fysio's van de ziekte, hetgeen gezien de ontwikkelingen in West-Duitsland aannemelijk is, en de gangbare aardappelrassen die worden geteeld dan voornamelijk vatbare aardappelrassen zijn, wordt de besmetting aangebracht op percelen waarop eens per twee jaar (en bij aardappelopslag elk jaar) een voor dit wratziekte-fysio vatbaar aardappelgewas groeit, zodat opbouw van de ziekte mogelijk wordt. Dit zou zich vooral in natte jaren of op laaggelegen percelen met zichtbare verschijnselen in en schade aan het gewas kunnen manifesteren.

A n d e r e z i e k t e n . In de eerste plaats kan gewezen worden op diverse 'uitheemse' gevaarlijke bacterie- en schimmelziekten van de aardappel als bijvoorbeeld ringrot, gangreen en brand. Zij kunnen in principe gemakkelijk met proceswater verspreid worden. Hoewel quarantainemaatregelen van de Plantenziektekundige Dienst er op gericht zijn om deze ziekten uit ons land te weren, is het vrijwel onmogelijk om incidentele introductie absoluut te voorkomen. Het uitbreken van een nieuwe gevaarlijke ziekte zal door saneringsmaatregelen moeten worden opgevangen. Dit laatste is alleen uitvoerbaar als de mogelijkheid van snelle, massale verspreiding is uitgesloten.

Daarnaast moet vermeld worden dat ook allerlei momenteel in het gebied incidenteel voorkomende bacterie- en schimmelziekten van de aardappel, zoals bijvoorbeeld zwartbenigheid, poederschurft en droogrot, theoretisch epidemisch kunnen gaan optreden in geval van beregening met besmet proceswater. Hierbij spelen allerlei moeilijk te vatten nevenfactoren een rol, zodat dit bij wijze van spreken negen

maal goed gaat, maar de tiende maal gevolgen heeft.

6.3. BARRIÈRES IN HET FABRIEKSPROCEDE

Na afscheiding van het aardappelzetmeel en de aardappelvezels uit de na malen van de aardappelen verkregen aardappelbrei wordt het vruchtwater met 4 à 5% drogestof ontschuimd en via warmtewisselaars op een temperatuur van 70°C gebracht. De pH wordt met SO_2 ingesteld op 5,5, waarna stoominjectie plaatsvindt bij een temperatuur van 110° à 120°C voor het coaguleren van het eiwit. Na schatting wordt het vruchtwater ongeveer 30 seconden aan 110°C blootgesteld. Na afflashen van de stoom blijft de vloeistof ongeveer 1 uur op 70°C, waarna het eiwit wordt afgescheiden.

Volgens deskundigen van de Plantenziektekundige Dienst en de afdeling Fytopathologie van de Landbouwhogeschool zullen aardappelparasieten zonder ruststadia de aangegeven behandeling met bijbehorende temperaturen en behandelingsduur niet overleven. Het enige parasitaire organisme waarover twijfel bestaat is wratziekte. De rustsporangia van deze schimmel zijn zeer resistent en kunnen volgens minder recente literatuuropgaven een periode van circa 10 minuten in kokend water overleven. Voor bestudering van dit laatste facet is door de Plantenziektekundige Dienst in samenwerking met de vakgroep Fytopathologie van de Landbouwhogeschool een proef uitgevoerd. In deze proef zijn wintersporangiën van wratziekte in het onteiwit vruchtwater blootgesteld aan temperatuurbehandelingsduurcombinaties met als hoogste 20 minuten op 120°C (sterilisatie-omstandigheden). Het effect van de behandeling werd vervolgens in een vitaliteitsonderzoek nagegaan. Het resultaat van deze biologische toets was verrassend. De schimmel werd bij de genoemde temperatuurbehandelingsduurcombinaties niet geheel gedood, zelfs niet bij 20 minuten op 120°C. Het ook voor de deskundigen verrassende resultaat van de proef is aanleiding in het najaar van 1976 het onderzoek voort te zetten, daar er weinig organismen bekend zijn die 120°C kunnen weerstaan.

7. ORGANISATORISCHE EN MAATSCHAPPELIJKE ASPECTEN

7.1. ALGEMEEN

Bij beregening met afvalwater van de aardappelmeelindustrie op landbouwgrond kan onderscheid worden gemaakt tussen produktie, transport en ontvangst. Producent en ontvanger van het proceswater benaderen de verregening van het proceswater vanuit verschillende gezichtshoeken. De fabriek, die het proceswater produceert, is gebaat bij een bedrijfszekere en liefst zo economisch mogelijke verwerking van het proceswater. De ontvanger, de boer, wenst een zodanige dosering en verdeling van het proceswater over het land, dat zijn bedrijfsresultaat tenminste gelijk blijft aan dat na bemesting met alleen kunstmest. Een besparing op bemestingskosten (par. 2.7) zou voor de boer een motief kunnen zijn om mee te werken aan de verregening van het proceswater. Voor een goede opzet en uitvoering van de verregening lijkt het gewenst tussen beide partijen een organisatie te vormen. Deze organisatie zou enerzijds de verantwoordelijkheid kunnen krijgen voor transport en verdeling van het proceswater over het land en anderzijds voor communicatie, advisering en planning kunnen zorgen.

In het volgende worden eerst achtereenvolgens de verschillende relaties behandeld, die er bestaan tussen enerzijds fabriek, landbouw, milieu, weersomstandigheden en personeel en anderzijds de verregening van het proceswater. Tevens wordt de relatie landbouw - fabriek beschouwd. Tenslotte worden de organisatorische aspecten behandeld.

7.2. FABRIEK — VERREGENING

De produktie in de fabriek moet zoveel mogelijk ongestoord kunnen verlopen. Alleen ten gevolge van breuk in de transportleiding zal de fabriek stil moeten worden gelegd. De kans op breuk moet zo klein mogelijk worden gemaakt door de leiding voldoende diep in de grond te leggen. Alle overige storingen in de verregening, bijvoorbeeld vorst, storm en reparaties aan apparatuur, moeten met een voldoende grote buffercapaciteit kunnen worden opgevangen. In de kostprijsberekening (hoofdstuk 3) is gerekend met een inhoud van de voorraadbassins voldoende voor 7 dagen opslag.

7.3. LANDBOUW — FABRIEK

Voor de beide aardappelzetmeelconcerns in Nederland, Avebe en KSH, is een leveringsplicht van de boer en een afnameplicht van de fabriek voor de fabrieksaardappelen van kracht. De Avebe is een cooperatie, waarvan de boeren aandeelhouders zijn. Ze zijn volledig aansprakelijk voor de lasten. Bij KSH bestaat deze aansprakelijkheid van de aardappelleveranciers niet. De boeren die aan de fabriek Tonden leveren hebben een 5-jarig contract, terwijl bij de fabriek De Krim tussen aardappelleverancier en fabriek langjarige contracten (30 jaar) zijn afgesloten. In de bestaande statuten en contracten tussen aardappelleverancier en fabriek zijn geen bepalingen aanwezig, die de verregening van het proceswater zouden kunnen ondersteunen.

7.4. LANDBOUW — VERREGENING

Verregening van proceswater op landbouwgronden betekent voor de bedrijfsvoering van de boer een belangrijke ingreep. Zowel het bemestingsplan als de gewassenverdeling zal aanpassing vragen.

G e w a s s e n v e r d e l i n g . Wanneer de hoofdleidingen in het beregeningsgebied loodrecht op de lengterichting van de bedrijfskavels worden gesitueerd (vergelijk par. 3.6) vindt in dezelfde richting als de hoofdleiding de verplaatsing van de verregeningsapparatuur plaats. Dit betekent dat er vooral aan het begin van de beregeningsperiode (3e week van augustus) aaneengesloten, geoogste percelen beschikbaar moeten zijn. In het volgende wordt een voorbeeld gegeven hoe het samenspel tussen gewassenverdeling, oogstwerkzaamheden en voortgang van de verregening onder gunstige omstandigheden plaats kan vinden (fig. 15). In deze figuur is uitgegaan van het bouwplan van de veenkoloniale akkerbouwbedrijven: 40% graan, 50% aardappelen en 10% suikerbieten.

U i t v o e r i n g v e r r e g e n i n g . Volgens de uitgangspunten voor de kostprijsberekening van de verregening in hoofdstuk 3 worden de beregeningsapparaten, regelmatig verdeeld, over een zijtak van de beregeningsleiding opgesteld. Voor de praktische uitvoerbaarheid betekent dit, dat een gebied A (fig. 15) in zijn geheel vrij moet zijn van gewassen bij de aanvang van de aardappelmeelcampagne. Wanneer de gewassenverdeling zodanig is gekozen dat in het gebied A alleen granen of vergelijkbare vroeg geoogste gewassen worden geteeld, dan moet het mogelijk zijn dat bij de aanvang van de campagne deze gewassen zijn geoogst. Gegeven de capaciteit van 1 beregeningsploeg (16 apparaten, 2 man, 1 trekker) wordt een gebied A in 7 werkdagen beregend. Wanneer achtereenvolgens in de loop van de campagne de arealen A tot en met D" worden beregend moeten gewassenkeus en oogstwerkzaamheden zodanig op de beregening zijn afgestemd dat:

- op A en B het gewas voor 19 augustus moet zijn geoogst en op C en D voor 9 september;
- op A' en B' voor 1 oktober en op C' en D' voor 21 oktober;

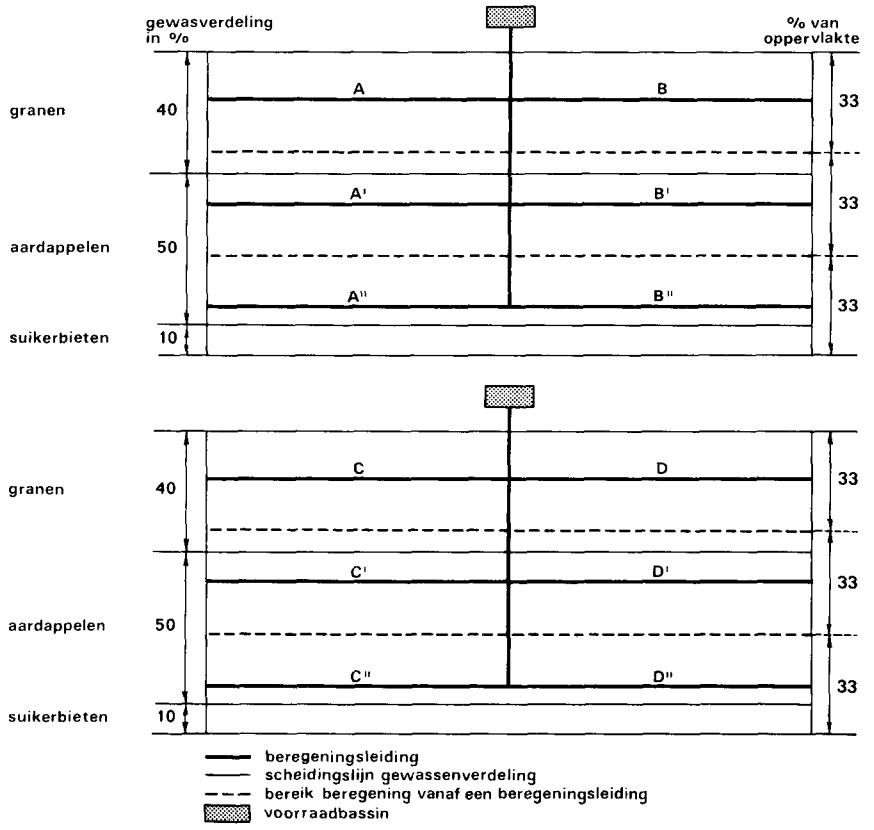


Fig. 15. Voortgang verregening proceswater op twee standaard oppervlakten in relatie tot de gewassenverdeling en de oogstwerkzaamheden op akkerbouwgronden met een veenkoloniaal bouwplan. Volgorde van beregening A, B, C, D, A', B', C', D' enz.

- op A" en volgende de gewassen voor 11 november het veld moeten hebben geruimd.

Een en ander betekent dat bij de verbouw van granen op de gebieden A tot en met D (33% van het beregeningsareaal) de aanvang van de

beregening in de derde week van augustus alleen in het geval van een natte zomer kan worden verstoord. Aangenomen mag worden dat voor 1 oktober zo veel fabrieksaardappelen zijn gerooid, dat de voortgang van de verregening op A' niet wordt gehinderd. Uiteraard zullen alle gewassen voor 11 november zeker zijn geoogst, zodat verder geen problemen ontstaan. Geconcludeerd kan worden dat de verdeling van de gewassen over het beregeningsareaal doelgericht moet zijn, dat wil zeggen dat de boeren parallel op een deel van het beregeningsareaal hetzelfde type gewas zullen moeten telen. Alleen onder deze voorwaarden is het mogelijk tegen minimale kosten de verregening uit te voeren. Indien hieraan niet kan worden voldaan, stijgen de verregeningskosten. Wanneer bijvoorbeeld in de gebieden A tot en met D (fig. 15) regelmatig percelen moeten worden overgeslagen, dan is voor het verplaatsen van de apparatuur meer tijd nodig, die ten koste gaat van het beregenen. Teneinde toch voldoende beregeningscapaciteit te behouden, moet extra mankracht worden ingezet en is, afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden, extra beregeningsapparatuur nodig. Een verdubbeling van arbeid en trekker betekent voor de kosten een toename van *f* 0,20 per m^3. Indien extra beregeningsmachines moeten worden ingezet ter handhaving van voldoende capaciteit, dan stijgen de kosten bij inzet van 25% meer apparatuur met *f* 0,10 per m^3.

Het voorgaande heeft betrekking op de situatie dat de totale beregeningsoppervlakte ongewijzigd blijft, met andere woorden alle percelen moeten worden beregend. Zodra binnen een bepaald beregeningsareaal een aantal landbouwers niet mee doet en/of grote oppervlakten ten gevolge van welke omstandigheden dan ook niet beregend kunnen worden, dan moet het areaal worden uitgebreid. De consequenties hiervan voor de kostprijs zijn moeilijker aan te geven; het betekent dat de berekening van de beregeningskosten (hoofdstuk 3) opnieuw moet worden gemaakt, omdat het totale beregeningsplan dan aanzienlijk gaat veranderen.

B e m e s t i n g s p l a n . Ten aanzien van het bemestingsplan zijn de volgende opmerkingen te maken:

- Momenteel heeft de boer een vrije keus in het tijdstip van bemesten, in de hoeveelheid mest en in de vorm waarin de meststoffen worden gegeven. Met de beregening komt een gedeelte van de bemesting met het proceswater in het najaar, waarop de boer weinig invloed heeft.
- Het bemestingsplan in het voorjaar gaat ten opzichte van de vroegere situatie sterk afwijken, het wordt een aanvullende bemesting met geheel andere giften (vergelijk par. 2.5). Aangezien dit een vreemd aspect is, zal het tijd en voorlichting vragen voordat de boer hiermee vertrouwd raakt. (De bedrijfsleider in Veenhuizen had ook in het tweede proefjaar nog relatief weinig vertrouwen in de bemestende waarde van het proceswater, vooral ten aanzien van de N-bemesting.)

K e u z e g e w a s . In de praktijk komt het voor dat in het voorjaar wijzigingen worden aangebracht in het bouwplan. Een perceel, dat aanvankelijk met graan zou worden ingezaaid, wordt bijvoorbeeld met suikerbieten ingezaaid of omgekeerd. Ten gevolge van het verregenen in het najaar is de regengift afgestemd op een bepaald gewas, zodat het moeilijker wordt nog van gewas te veranderen.

Gedurende het tweede proefjaar in Veenhuizen was er geen onregelmatigheid in de stand van de gewassen te bespeuren dankzij een goede uitvoering van de beregening met goed materieel. Zorgvuldige uitvoering door deskundig personeel is dan ook vereist. Een eventuele minder regelmatige verdeling, zoals trouwens ook bij bemesting met kunstmest wel voorkomt, behoeft direct nog geen schade te geven

voor de gemiddelde opbrengsten van de gewassen. Het eerste verregeningsjaar vertoonden de granen enige onregelmatigheid in de stand; dit had echter geen verlaging van de gemiddelde opbrengst tot gevolg.

7.5. MILIEU — VERREGENING

Verregening van proceswater met als doel bemesting is met betrekking tot de milieuwetgeving vergelijkbaar met het verspreiden van mest in de landbouw. Het uitrijden van dunne en vaste mest met trekker en vacuümtank met als doel bemesting is niet hinderwetplichtig. Zelfs voor het verspreiden van grote hoeveelheden op een perceel, maar met steeds als doel het telen van een gewas (bijvoorbeeld mais, na 'mestdumping') is geen hinderwetvergunning nodig (uitzondering gebieden, die een extra bescherming genieten, bijvoorbeeld waterwingebieden).

In het Hinderbesluit van 30 januari 1953 is als artikel 1-Ia opgenomen: 'Als inrichtingen welke daarbuiten gevaar, schade of hinder kunnen veroorzaken, worden aangewezen: inrichtingen waar een of meer electromotoren worden gebezigd met een vermogen of een gezamenlijk vermogen groter dan 2 pk'. Dit artikel heeft tot gevolg dat bij verregening met een inrichting met inschakeling van een electromotorisch vermogen van meer dan 2 pk een hinderwetvergunning noodzakelijk is, onafhankelijk van het materiaal dat wordt verspreid, met andere woorden ook voor de verregening van schoon water. Met de inschakeling van 2 pk vermogen wordt gelijk de hele inrichting bedoeld, dat wil zeggen inclusief vaste leidingen en sproei-apparatuur. Met bovengenoemd artikel vallen alle mogelijke facetten inzake hinderbezwaar onder de Hinderwet, bijvoorbeeld ook stank.

Bij de behandeling van een aanvraag voor een hinderwetvergunning worden de Inspectie Volksgezondheid en de Arbeidsinspectie voor adviezen ingeschakeld en kan elke burger bezwaren inbrengen. De hoofdproblemen in de discussies zullen waarschijnlijk in hoofdzaak betrekking hebben op luchtverontreiniging, bodem- en waterverontreiniging. De mogelijke verontreiniging van bodem- en oppervlaktewater kan met het onderzoek in de praktijkproef worden ontzenuwd (par. 2.8). Bij een beperking van de gift tot gemiddeld 10 mm is er geen sprake van verontreiniging van grond, grondwater, drainwater en oppervlaktewater. De bodem is dan ruimschoots in staat het proceswater op te nemen en te zuiveren. De infiltratie van proceswater uit de voorraadbassins in de grond kan worden vermeden door zijwanden en bodem te bedekken met plastic folie (in de kostprijsberekening is hiermee rekening gehouden).

Ten aanzien van mogelijk stankbezwaar zal het minder eenvoudig zijn de verschillende instanties ervan te overtuigen, dat de stankhinder miniem kan zijn. De Wet op de Luchtverontreiniging is vooral van toepassing voor bedrijven met continue stankemissies (puntbronnen). Verregening van proceswater is een diffuse bron en, vergeleken met fabrieken, van geringe intensiteit. De Wet op de Luchtverontreiniging zal dan ook niet van kracht zijn voor de verregening van het proceswater, eventueel stankbezwaar blijft onder de Hinderwet vallen. Vers proceswater verspreidt geen stank. Zodra het proceswater te lang in de bassins verblijft (een paar dagen) gaat het over in rotting. Zolang zich op het water een drijflaag bevindt, zullen de rottingsgassen minder goed ontwijken; echter bij verregening kan de reuk wel eens een bezwaar worden. Zolang er weinig stagnaties zijn en het verregenen plaatsvindt na korte verblijftijden (een paar uur) in leiding en bassins zal het reukbezwaar te verwaarlozen zijn.

Volledige wering van luchtverontreiniging door het bassin kan worden bereikt door het bassin volledig af te sluiten. Dit is prak-

tisch onuitvoerbaar, wanneer de middelen hiervoor beperkt zijn. Het is ook niet nodig, indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- plaats van het bassin in het vrije veld;
- oppervlak zo klein mogelijk;
- alleen tijdens de campagne proceswater in het bassin, gedurende de rest van het jaar regenwater.

Algemeen mag hinder (stank, geluid, enz.) niet onduldbaar worden, met andere woorden er mag zeker enige hinder zijn. Verder is de expositieduur aan hinder van belang. Het stankbezwaar bij de verregening zal dan ook niet groot zijn en per plaats van korte duur, daar overal slechts korte tijd wordt beregend.

7.6. PERSONEEL — VERREGENING

De verplaatsing van de verregeningsapparatuur wordt mechanisch uitgevoerd, waarbij uiteraard een aantal handelingen met handkracht moet worden gedaan, bijvoorbeeld het koppelen en ontkoppelen van sproei-apparatuur, herstelwerkzaamheden (verstopte sproeiers en dergelijke). Deze werkzaamheden moeten ook onder slechte weersomstandigheden worden uitgevoerd, regenkleding is daarbij onontbeerlijk. De arbeiders zullen dus de nodige bereidheid tot inzet moeten hebben onder niet altijd even plezierige omstandigheden. (De arbeiders in de praktijkproef hadden onder alle omstandigheden plezier in het werk; het was echter wel een select ploegje). Het komt de kwaliteit van het werk ten goede, indien de arbeiders zich bewust zijn van hun verantwoordelijkheid (tijdens de proeven waren de arbeiders bevreesd voor te hoge giften bij storingen). Goede instructie en goede kennis van de apparatuur zijn een eerste vereiste.

7.7. WEERSOMSTANDIGHEDEN — VERREGENING

De boer zal erg sceptisch staan tegenover de beregening wanneer de gronden erg nat zijn. Ten gevolge van het rijden over de natte gronden zal enige spoorvorming niet te vermijden zijn. Van enige gewasschade ten gevolge van dergelijke rijsporen is in de praktijkproef niets gebleken ofschoon herfst 1974 erg nat was.

Bij stormweer (windsnelheden boven 12 m/sec) komt van een goede verdeling op het land weinig terecht, de beregening moet dan worden gestopt. De fabriek behoeft hiervoor niet stilgelegd te worden, omdat een stormperiode relatief kort duurt, zodat met voldoende buffercapaciteit in de voorraadbassins deze periode kan worden overbrugd. Tot welke windsnelheden doorgewerkt kan worden is niet eenvoudig aan te geven. Windsnelheden tot 5 m/sec (op 2 m hoogte) zijn zonder meer toelaatbaar, boven 5 m/sec kan de situatie kritiek worden (par. 2.6).

Zolang de grond het regenwater opneemt zonder plasvorming vormt hemelwater geen probleem voor de beregening. Wanneer percelen grond blank komen te staan is beregenen niet meer verantwoord, omdat dan de verdeling onregelmatig wordt.

Een vorstperiode kan langdurig zijn, vooral aan het eind van de campagne, zodat eventueel de opslagcapaciteit van 7 dagen te kort kan schieten. In hoeverre het mogelijk is bij vorst door te gaan met beregenen is nog niet geheel duidelijk (in Schrobenhausen, West-Duitsland, en Gmünd, Oostenrijk, werd bij vorst doorberegend. Er vormde zich een roodachtige, poreuze ijslaag, die naar gemeld geen schade veroorzaakte). De beregeningsapparatuur dient wel ijsvrij te blijven. De aansluitingen op de ondergrondse leidingen kunnen in ieder geval vorstvrij worden gemaakt. In hoeverre de machines bij stilstand ijsvrij gehouden kunnen worden is een praktisch probleem. 's Nachts binnen zetten lijkt onuitvoerbaar; met dekkleden bedekken zou mogelijkheden kunnen bieden.

7.8. DE ORGANISATIE IN WEST-DUITSLAND

De beste mogelijkheden voor het bereiken van een goed functionerende verregening biedt een organisatievorm, waarbij de verregening door een centrale instantie met deskundig personeel wordt uitgevoerd. De gedachten gaan uit naar een organisatie, waarin producent en afnemer van het proceswater zijn vertegenwoordigd. Voorzover bekend is er in Nederland geen organisatievorm van deze aard, wel in West-Duitsland waar de structuur van de 'Abwasserverwertungsverbände' tot voorbeeld kan dienen.

De verregening van proceswater van de aardappelmeelindustrie is in West-Duitsland van start gegaan op basis van v r i j w i l l i g e overeenstemming tussen fabriek en afnemer van het proceswater, nadat op kleine oppervlakten was aangetoond, dat de verregening een goede zaak kan zijn. In het kader van de toen geldende wetgeving is de verregening vervolgens geregeld door middel van statuten in de opgerichte Abwasserverwertungsverbände (Schrobenhausen, 1950 en Emlichheim, 1969). De ontwikkeling van de verregening op grote arealen landbouwgrond in Emlichheim en Schrobenhausen wordt in het volgende nader uiteengezet.

S c h r o b e n h a u s e n . De verregening van het proceswater in Schrobenhausen is in 1950 van start gegaan met de stichting van een Abwasserverwertungsverband, waaraan 22 boeren deelnamen die 144 ha inbrachten. Steeds meer boeren gingen het gebruik van het proceswater als bemesting waarderen, zodat het beregeningsareaal groeide tot 360 ha in 1957. Na een capaciteitsuitbreiding van de fabriek en klachten van de boeren over te hoge giften werd in 1957 het areaal uitgebreid tot 810 ha met als thema: 'Het aanbod van afvalwater moet kleiner zijn dan de vraag'. Na deze uitbreiding werden geen klachten meer gehoord, in tegendeel, het proceswater werd in hoge mate gewaardeerd.

E m l i c h h e i m . In Emlichheim werden aanvankelijk enige demonstratievelden aangelegd zowel in akkerbouw met een bepaalde vruchtwisseling als in grasland. Nadat gedurende een aantal jaren hier en daar bij belangstellende boeren was beregend werd in 1969 het Abwasserverwertungsverband gesticht. Voor de organisatie en statuten werd Schrobenhausen als voorbeeld genomen. In de loop der jaren is het beregeningsareaal uitgebreid tot 2000 ha.

De Abwasserverwertungsverbände zijn verenigingen met rechtspersoonlijkheid. De statuten moeten aan wettelijke bepalingen voldoen en door officiële instanties worden goedgekeurd. De basis voor de statuten is een 'Verordnung über Wasser- und Bodenverbände' van september 1937. Wanneer in een gebied een Verband wordt gesticht, dan zijn hiervoor een aantal belangrijke wetsartikelen uit de Verordnung van kracht, met name de volgende:

- leden van het Verband zijn alle eigenaren van de in de ledenlijst opgevoerde percelen grond en inrichtingen (zakelijke leden);
- het Verband mag op alle opgevoerde percelen ontgravingen verrichten; dit kunnen zijn landbouw- en bosbouwgronden, water en braak liggende terreinen, mits er geen politieverordeningen tegen zijn. Verder is het tijdelijk opslaan van bouwmaterialen, beregeningsapparatuur en grond geoorloofd;
- geschillen mogen de uitvoering van de beregening niet belemmeren. De beregening moet doorgaan.

In de oorspronkelijke opzet van de statuten van het Verband Emlichheim was in navolging van het Verband Schrobenhausen nog een artikel opgenomen, waarin de boeren verplicht waren fabricagewater uit

de zetmeelindustrie af te nemen tot een hoeveelheid, die zonder schade aan de gewassen kan worden verwerkt. Volgens een informatie van Dr. Troischt van de Landwirtschaftskammer Weser Ems (Landbauaussenstelle Meppen) gingen de boeren met dit artikel akkoord. Van hogerhand is later het bewuste artikel in Emlichheim geschrapt (doch in Schrobenhausen gehandhaafd).

B e s t u u r A b w a s s e r v e r w e r t u n g s v e r b a n d . Door de ledenvergadering wordt het algemeen bestuur gekozen en dit kiest vervolgens het dagelijks bestuur, dat bestaat uit een voorzitter, twee leden en twee plaatsvervangende leden. Eén lid en een plaatsvervangend lid worden door de fabriek aangewezen. Het algemeen bestuur bestaat uit negen leden, waarvan één de fabriek vertegenwoordigt.

B e s l u i t v o r m i n g . Besluiten worden genomen door stemmen. Het aantal stemmen per lid wordt bepaald door de ingebrachte oppervlakte beregeningsareaal. Een lid kan maximaal 2/5 van de stemmen bezitten.

I n v e s t e r i n g . De fabriek zorgt voor de investeringen, eventueel met subsidies en geldleningen met lage rente. In Schrobenhausen heeft de overheid 37% subsidie op de investeringen verleend.

E x p l o i t a t i e . De fabriek betaalt de kosten van de verregening, verminderd met de bijdragen van de leden. Bijdragen leden: 1e jaar DM 20 per ha, 2e jaar DM 20 per ha en het 3e jaar en volgende DM 45 per ha. Deze bedragen zijn onafhankelijk van de hoeveelheid proceswater per ha.

U i t v o e r i n g . Voor de uitvoering van de beregening moet onderscheid worden gemaakt tussen de situatie in Emlichheim en die in Schrobenhausen. In Emlichheim kunnen de boeren naar eigen goeddunken percelen aanmelden voor de beregening en terugtrekken, als gevolg van het schrappen van het bewuste artikel in de statuten, waarin een afnameplicht van proceswater door de boer was opgenomen. Het is in Emlichheim dan ook elk jaar weer een probleem voldoende oppervlakte ter beschikking te hebben voor het verregenen. In Schrobenhausen geldt volgens de statuten een afnameplicht; overigens is de gang van zaken voor de uitvoering overeenkomstig met Emlichheim. De boeren melden dus de percelen aan, de Landbauaussenstelle maakt vervolgens een beregeningsplan op, dat na goedkeuring door de Landwirtschaftskammer wordt uitgevoerd. Het dagelijks bestuur benoemt een regenmeester, die met hulpkrachten en apparatuur het beregeningsplan uitvoert.

T o e z i c h t . Het toezicht wordt uitgeoefend door de Landkreis, waartoe het beregeningsgebied behoort.

8. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In het rapport 'Landbouwkundig gebruik van afvalwater uit de aardappelmeelindustrie' van de Werkgroep TNO voor Onderzoek Irrigatie met Afvalwater Aardappelmeelfabrieken werd voor de evaluatie van verregening van proceswater op grote aaneengesloten complexen een uitvoering van een proef op praktijkschaal aanbevolen. Deze praktijkproef is tot stand gekomen op 100 ha akkerbouwland van de Dienst der Domeinen in Veenhuizen in samenwerking met Koninklijke Scholten Honig NV en de Dienst der Domeinen. Het doel van deze proefneming was gegevens te verzamelen, die nodig zijn voor het beoordelen van de technische, organisatorische en maatschappelijke aspecten van verregening van het proceswater van de aardappelmeelindustrie in de praktijk.

Onder de druk van de milieu-eisen is door de aardappelmeelindustrie een methode van zetmeelwinning ontwikkeld met een laag waterverbruik. Minder waterverbruik betekent een hogere concentratie aan afvalstoffen. Deze hogere concentratie biedt de industrie economische mogelijkheden tot winning van eiwit als bijprodukt. De resterende stroom proceswater zou eventueel kunnen worden verregend. Deze nieuwe ontwikkelingen in de aardappelmeelindustrie zullen leiden tot de ombouw van alle bestaande aardappelmeelfabrieken op deze nieuwe produktiemethode.

Het was oorspronkelijk de bedoeling in de praktijkproef onteiwit proceswater te verregenen. In de fabriek Smilde van KSH werd wel een produktiemethode van zetmeel toegepast met een laag waterverbruik, maar er vond geen eiwitwinning plaats, zodat genoegen genomen moest worden met eiwitrijk proceswater.

In hoofdstuk 2 worden de resultaten van de praktijkproef op 100 ha akkerbouwland besproken. Op deze gronden werden alleen akkerbouwgewassen geteeld. Het bouwplan was 50% fabrieksaardappelen, 40% graan en 10% suikerbieten. Als gevolg van de hoge concentratie aan plantenvoedingsstoffen in het proceswater (tabel 1) bedroeg de gemiddelde proceswatergift in de proefjaren 1973/74 en 1974/75 respectievelijk 10 en 9 mm. Vanwege deze hoge bemestingswaarde is het van belang het proceswater zo goed mogelijk te verdelen. Uit de gewasstanden tijdens het groeiseizoen en de opbrengsten van de gewassen kan worden geconcludeerd, dat na een goede verdeling van het proceswater en een aanvullende bemesting met kunstmest (tabellen 4 en 5) een goede opbrengst van landbouwgewassen mogelijk is (tabellen 6 en 7). Er waren geen verschillen in de gewasopbrengsten van percelen, beregend met proceswater en een aanvullende bemesting, en percelen, die een normale kunstmestbemesting kregen. Verregening van proceswater van de aardappelmeelindustrie betekent een besparing op het gebruik van kunstmest. Deze besparing bedroeg op het proefbedrijf *f* 189 per ha bij kunstmestprijzen van 1 januari 1975 (tabel 10).

De proeven met verregening van proceswater zijn enerzijds uitgevoerd met een conventionele beregeningstechniek (in handwerk met snelkoppelingsbuizen en sproeiers) en anderzijds met automatische beregeningsapparatuur. De resultaten van de metingen geven aan, dat met de automatische methode tenminste dezelfde verdeling van het proceswater op het land kan worden verkregen als met de conventionele techniek. De toepassing van conventionele beregening op grote schaal is zeer arbeidsintensief en, uit hoofde van de omstandigheden waaronder moet worden gewerkt, minder aantrekkelijk. Voor de verregening van proceswater in de praktijk is het dan ook aan te bevelen automatische beregeningsapparatuur toe te passen.

Uit de metingen van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater binnen het proefgebied tijdens de verregening van proceswater en daarna is gebleken, dat het bodemsysteem 10 mm proceswater volledig zuivert (fig. 8).

In hoofdstuk 3 en volgende zijn voor zover noodzakelijk gegevens verwerkt, die tijdens de proeven in Veenhuizen zijn verzameld.

Hoofdstuk 3 handelt over de technische aspecten van de verregening van proceswater van de aardappelmeelindustrie in de praktijk. Er is een berekening gemaakt van investeringen en exploitatiekosten van verregening met automatische verregeningsapparatuur. Op basis van de verregeningscapaciteit van de gekozen machine (13,4 m^3 per uur) en de tijd nodig voor het verplaatsen kan een beregeningsploeg (2 arbeiders, 1 trekker en 16 apparaten) gedurende een aardappelmeelcampagne van 17 weken circa 150 000 m^3 verregenen en hiermee 1500 ha akkerbouwland bewerken.

In verband met de werklengte van de machine en de topografie van de Drentse en Groninger Veenkoloniën blijkt een aaneengesloten oppervlakte van 750 ha met als lengte en breedte respectievelijk 4200 m en 1800 m een aantrekkelijke oppervlakte te zijn (fig. 9). De voorzieningen aan ondergrondse hogedruk leidingen, hogedruk pompen, etc. zijn dan minimaal. Voor de berekening van investeringen en exploitatiekosten is deze oppervlakte steeds als een standaard oppervlakte aangehouden (tabel 14). Een beregeningsploeg moet in staat zijn tijdens de campagne twee standaard oppervlakten te bewerken.

Het transport van het proceswater van de fabriek naar de beregeningsarealen vindt plaats met een ondergrondse lagedruk leiding. Aangezien de transportafstand sterk afhankelijk is van de capaciteit van de fabriek en van de ligging van het areaal zijn de transportkosten steeds voor concrete situaties van fabrieken berekend. Gebleken is, dat de kostprijs voor verregenen slechts enkele centen per ton aardappelen varieert, indien er duidelijk verschil is in de ligging van de te beregenen gebieden ten opzichte van de fabriek (tabel 20). Wordt 100 m^3 per ha gegeven, dan bedragen de beregeningskosten *f* 2,05 per m^3.

In hoofdstuk 4 is het resultaat van een proef met verspreiden van proceswater door middel van astransport gegeven. In deze proef is door het Instituut voor Mechanisatie Arbeid en Gebouwen in de campagne 1974 proceswater verspreid met een zelfrijdend voertuig, de Tryco. Dit voertuig was voorzien van grote brede banden en uitgerust met een vacuümtank met 8 m^3 inhoud (fig. 13). De kosten van verspreiden volgens deze methode bedragen *f* 2,33 per m^3 op de beregeningsarealen van 750 ha bij een gemiddelde rij-afstand van 340 m tussen opslag en te beregenen percelen (tabel 23). Hier moeten de kosten voor transport van fabriek naar reservoir worden bijgeteld; deze bedragen *f* 0,42 per m^3 (tabel 23). In tijden van veel neerslag moeten percelen, die een zachte ondergrond hebben, en percelen, die alleen via een verharde weg bereikbaar zijn, in verband met inspooring zo veel mogelijk worden vermeden.

In hoofdstuk 6 wordt aandacht besteed aan de plantenziektekundige aspecten. De in het veenkoloniale gebied aanwezige ziekten en plagen komen in hoofdzaak voor op de knol, zodat zij met het was- en transportwater worden afgevoerd. Dit water wordt niet verregend. Soms kunnen ziektekiemen in de eerste cellagen onder de schil voorkomen. Deze besmetting kan in het proceswater terecht komen en via de verregening op de percelen worden verspreid. Afhankelijk van de persistentie van deze kiemen kunnen ze de tijd tussen verspreiden en gewasgroei overleven. Aangezien de risico's van verspreiden moeten worden uitgesloten is het noodzakelijk in het fabrieksproces barrières aan te wijzen dan wel op te nemen, die de organismen niet kunnen passeren. Eiwitwinning volgens het hitte coagulatieprocédé is een belangrijke temperatuur-barrière. De organismen, die deze barrière zouden kunnen overleven, zijn wratziektesporen. In een eerste vitaliteitsonderzoek van de Plantenziektekundige Dienst na verschillende temperatuurbehandelingsduurcombinaties werden niet alle wratziektesporen gedood. De proef zal worden herhaald, aangezien er weinig organismen bekend zijn, die 120°C kunnen weerstaan. Het is denkbaar, dat door

toepassing van bepaalde filtratiesystemen (bijvoorbeeld ultrafiltratie) ziektekiemen uit het proceswater worden verwijderd.

In hoofdstuk 7 wordt aandacht besteed aan de organisatorische en maatschappelijke aspecten van de verregening. In een aantal paragrafen worden verschillende relaties tussen enerzijds fabriek, landbouwmilieu, weersomstandigheden en personeel en anderzijds de verregening besproken. Storingen in de verregening moeten worden opgevangen door aanleg van voorraadbassins. Voor een soepel en continu verloop van de verregening, vooral aan het begin van de beregeningsperiode, is het gewenst dat aaneengesloten geoogste percelen beschikbaar zijn. Het bestaande bouwplan in de Veenkoloniën kan hiervoor gehandhaafd blijven, de gewassenverdeling zal echter enige aanpassing vragen. Zodra binnen een beregeningsareaal bepaalde percelen niet beregend kunnen worden (bijvoorbeeld niet geoogste percelen, bedrijven die niet meedoen, etc.) dan heeft dit als consequentie, dat de kostprijs van de verregening stijgt. Het bemestingsplan voor de gronden in het voorjaar gaat ten opzichte van de vroegere situatie sterk afwijken; het wordt een aanvullende bemesting met kunstmest met geheel andere giften (tabellen 4 en 5). Aangezien dit een vreemd aspect is, zal het tijd en voorlichting vragen voordat de boer hiermee vertrouwd raakt.

Voor de verregening is volgens het Hinderbesluit een hinderwetvergunning noodzakelijk. Tijdens de behandeling van de aanvraag voor deze vergunning zullen aspecten als lucht-, bodem- en waterverontreiniging aan de orde komen. Uit het resultaat van de proefneming in Veenhuizen is gebleken, dat geen bodem- en oppervlaktewaterverontreiniging plaatsvindt bij een gemiddelde gift van 10 mm (par. 2.8). Zolang er weinig stagnaties zijn zal de verblijftijd van het proceswater tussen fabriek en plaats van de beregening kort zijn en is het reukbezwaar te verwaarlozen.

De weersomstandigheden in de periode van de verregening kunnen sterk wisselen. Zolang de grond het regenwater kan opnemen vormt dat geen probleem, daar de proceswatergift (10 mm) te verwaarlozen is ten opzichte van de neerslag (300 tot 400 mm). Veel wind betekent een slechte verdeling van het proceswater over het land. Windsnelheden tot 5 m/sec (op 2 m hoogte) zijn zonder meer toelaatbaar. Een langdurige vorstperiode kan stagnerend werken op de uitvoering van de verregening. De kans dat in de campagne een aaneengesloten vorstperiode van 14 dagen voorkomt is echter vrij klein.

Voor het goed functioneren van de verregening is een organisatie nodig, waarin producent en afnemer van het proceswater zijn vertegenwoordigd. Deze organisatie moet voor controle en begeleiding zorgdragen. In Nederland is, voor zover bekend, geen organisatievorm van deze aard bekend, wel in West-Duitsland. De verregening van het proceswater van de aardappelmeelindustrie in West-Duitsland is van start gegaan op basis van vrijwillige overeenstemming tussen fabriek en afnemer, nadat op kleine schaal was aangetoond dat de verregening een goede zaak kan zijn. In het kader van de toen geldende wetgeving (Schrobenhausen, 1950 en Emlichheim, 1969) is de verregening vervolgens geregeld middels statuten in de opgerichte 'Abwasserverwertungsverbände'. In het bestuur van het Verband zijn de afnemers en de fabriek vertegenwoordigd. Besluiten worden genomen door stemmen van de leden. Het aantal stemmen per lid wordt bepaald door de ingebrachte oppervlakte beregeningsareaal. De fabriek draagt de lasten van investeringen en exploitatie. De leden van het Verband betalen een vast bedrag per ha, dat onafhankelijk is van de proceswatergift.

L I T E R A T U U R

HOOGEVEEN, G.J. 1973. Bedrijfseconomische gevolgen bij gebruik van afvalwater van de aardappelmeelindustrie op het veenkoloniale akkerbouwbedrijf. Meded. 108, Cultuurtechnische Dienst, Utrecht.

HIJINK, F.M.J. 1976. Mondelinge mededelingen en discussienota. Plantenziektekundige Dienst, Wageningen.

KONING, K. DE en H.B. LEEUWERKE. 1975. Het verspreiden van proceswater van de aardappelmeelindustrie met behulp van een voertuig op grote brede luchtbanden. Rapport IMAG S5/0220, Wageningen.

OVING, R.K. 1975. Een rekenmodel voor het systeem van tussenopslag en verspreiden van mengmest. Publ. 28 IMAG, Wageningen.

RIEM VIS, F. 1973. Onderzoek naar de invloed van afvalwater van aardappelmeelfabrieken op de opbrengst van suikerbieten en op eigenschappen van de biet, die van belang zijn voor het rendement van de suikerfabricage. Rapport O 186 Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren.

RIEM VIS, F. 1974a. De stikstofwerking van onteiwit geconcentreerd vruchtwater bij zomertarwe en suikerbieten. Rapport O 321 Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren.

RIEM VIS, F. 1974b. De invloed van onteiwit geconcentreerd vruchtwater op de minerale samenstelling van gras. Rapport O 322 Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren.

RIEM VIS, F. 1976. Verslag van de bemonstering van een perceel suikerbieten, dat in de voorgaande herfst werd beregend met verschillende hoeveelheden aardappelvruchtwater. Discussienota Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren.

WERKGROEP. 1972. Landbouwkundig gebruik van afvalwater uit de aardappelmeelindustrie. Rapport Werkgroep TNO voor Onderzoek Irrigatie met Afvalwater Aardappelmeelfabrieken. Postbus 35, Wageningen.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
WAGENINGEN

STARINGGEBOUW
MARIJKEWEG 11

TELEFOON 08370-19100
POSTBUS 35

Aan geadresseerde

uw brief: ons kenmerk: 22/898 bijlagen: datum: 27 april 1977

onderwerp:

Hierbij zend ik U exemplaren van het rapport 'Verwerking proceswater aardappelmeelindustrie in de landbouw'. In dit rapport zijn de resultaten gegeven van een praktijkproef met verregening van afvalwater van de aardappelmeelindustrie op 100 ha landbouwgrond. Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van de werkzaamheden van de Werkgroep TNO voor Onderzoek Irrigatie met Afvalwater Aardappelmeelfabrieken. Deze Werkgroep is inmiddels opgeheven, na te hebben voldaan aan haar taakopdracht.

De voorzitter van de Werkgroep
TNO voor Onderzoek Irrigatie
met Afvalwater Aardappelmeelfabrieken

Dr. C. van den Berg