

PUBLIKATIE VOOR H_2O

TOEPASSING VAN OMGEKEERDE OSMOSE
BIJ DE ZUIVERING VAN VARKENS-DRIJFMEST

door

Ing. W.G.J.M. van Tongeren

Ing. H.J. van Veen



postbus 342
7300 AH Apeldoorn

bezoekadres
laan van westenenk 501

teleex 36395 tnoap
telefoon 055 - 77 33 44

Ref. nr. : 85-010879

Dossiernr. : 8722-14129

Datum : september 1985

P

„Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
copie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.”

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten
en verplichtingen van opdracht-
gever en opdrachtnemer verwezen
naar de „Algemene Voorwaarden
voor Onderzoeks- en ontwikke-
lingsopdrachten aan TNO, 1979”
dan wel de desbetreffende overeen-
komst.

©1985, TNO, 's-Gravenhage

W.G.J.M. van Tongeren and H.J. van Veen

THE APPLICATION OF REVERSE OSMOSIS TO CENTRAL PIG MANURE PROCESSING

An investigation has been carried out into the applicability of reverse osmosis to the desalting of diluted pig manure.

For aerobic-biologically treated filtrate of the pig-manure-dewatering by using a belt press, it seems possible to reduce the concentration of minerals, phosphorous and nitrogen containing compounds to such an extent that discharge of the effluent (permeate) to surface water and/or the municipal sewerage system will be possible.

The costs for desalting 1 m³ pretreated filtrate by reverse osmosis amount to Dfl. 3.00 - 5.00. This is a factor 2 or 3 lower than evaporation.

Toepassing van omgekeerde osmose bij de zuivering van varkens-
drijfmest

Ing. W.G.J.M. van Tongeren Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie
(MT)-TNO, afdeling Milieutechnologie

Ing. H.J. van Veen Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie
(MT)-TNO, afdeling Milieutechnologie

Door MT-TNO is een onderzoek uitgevoerd naar de toepasbaarheid van het omgekeerde osmoseproces bij de ontzouting van voorgezuiverde varkensdrijfmest.

Gedacht wordt hierbij aan de ontzouting van mestvloeistof verkregen bij de centrale mestverwerking via bijvoorbeeld vergisting, ontwatering en biologische zuivering.

Het blijkt mogelijk aerob biologisch gezuiverd filtraat dat wordt verkregen bij de varkensdrijfmestontwatering met de zeefbandpers via omgekeerde osmose te zuiveren tot een op oppervlaktewater loosbaar effluent. Wel is het noodzakelijk de te ontzouten mestvloeistof eerst aan te zuren tot een pH van minimaal 7.

De kosten van ontzouting van 1 m³ biologisch gezuiverd filtraat van de zeefbandpers door middel van omgekeerde osmose bedragen f 3,-- tot f 5,--. De kosten van indampen tot dezelfde concentraties zijn een factor 2 à 3 maal zo hoog.

Om de toepasbaarheid van het proces in de praktijk te testen is het noodzakelijk langeduur experimenten op grotere schaal uit te voeren. Onlangs is van de Commissie Hinderwetpreventie Veeteeltbedrijven een subsidie ontvangen voor een dergelijk vervolgonderzoek.

1. INLEIDING

Door de sterke groei van de intensieve veehouderij is er de laatste jaren regionaal maar ook landelijk een overschot aan mest ontstaan. In de onlangs bij de Tweede Kamer ingediende Meststoffenwet, die begin 1986 in werking dient te treden, wordt de hoeveelheid mest die op landbouwgrond mag worden gebracht geregeld. In dit kader zal aan de mogelijkheden tot verwerking van mestoverschotten meer aandacht moeten worden besteed.

De werkgroep "Mestverwerking" houdt zich reeds sinds 1979 bezig met onderzoek op dit gebied. Deze werkgroep is samengesteld uit onderzoekers afkomstig van

- RAAD /Rijks Agrarische Afvalwater Dienst;
- IMAG (Instituut voor Mechanisatie Arbeid en Gebouwen);
- Landbouw Hogeschool Wageningen;
- Technische Hogeschool Eindhoven;
- TNO Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie.

Deze werkgroep heeft een vijftal mogelijk processchema's opgesteld voor de centrale mestverwerking. In het onlangs gepubliceerde artikel van Ten Have [1] over de stand van het mestverwerkingsonderzoek worden enige van deze processchema's weergegeven.

In alle vijf aangegeven processen is een scheidings- en ontwateringsstap opgenomen. Tenslotte wordt steeds een rest-

vloeistof verkregen die naast de resterende organische verontreinigingen nog grote hoeveelheden anorganische verbindingen (K, Ca, Mg, Na, Cl^- , PO_4 , SO_4) bevat (zie ook tabel 1). Lozing van dit effluent op het oppervlaktewater en/of het riool zal naar verwachting alleen worden toegestaan indien het zoutgehalte in dit effluent in voldoende mate wordt gereduceerd.

Naar aanleiding hiervan is door MT-TNO een onderzoek uitgevoerd naar de toepasbaarheid van het omgekeerde osmoseproces voor de ontzouting van dit effluent [2]. Financiële ondersteuning voor dit onderzoek is verkregen van de Commissie Hinderwetpreventie Veeteeltbedrijven.

Doel van het onderzoek was op de eerste plaats na te gaan of de toepassing van omgekeerde osmose technisch mogelijk is en welke de optimale condities zijn. Daarnaast is oriënterend een kostencalculatie gemaakt, waarbij ook een vergelijking is gemaakt met de kosten van ontzouting via het indampproces.

2. HET OMGEKEERDE OSMOSEPROCES

Bij het omgekeerde osmose- of hyperfiltratieproces wordt een waterige oplossing onder hoge druk door een membraan geperst. Vanwege de semi-permeabele eigenschappen van het membraan kunnen in het water opgeloste stoffen, zoals zouten het membraan niet of nauwelijks passeren. Dit betekent dat door omgekeerde osmose een scheiding optreedt in enerzijds een vloeistof met een lage zoutconcentratie, het permeaat en

anderzijds een vloeistof met een hoog zoutgehalte, het concentraat.

Voor een uitvoerige beschrijving van het omgekeerde osmoseproces wordt verwezen naar de literatuur [3, 4]. In het navolgende worden de voor dit onderzoek belangrijkste begrippen en procesparameters kort besproken.

De werking van een omgekeerde osmosesysteem wordt bepaald door de retentie en de membraanflux.

Met de retentie (R), wordt het zoutwerend vermogen van het membraan aangegeven:

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_c}\right) \times 100\%$$

C_p = zoutconcentratie permeaat
 C_c = zoutconcentratie concentraat

De retentie kan opgegeven worden voor één bepaald zout of ion, bijvoorbeeld de kaliumretentie, of voor het totale gehalte aan opgeloste zouten. In deze publikatie wordt met de retentie steeds de totale zoutretentie bedoeld tenzij anders is aangegeven. Het zoutgehalte is hierbij bepaald aan de hand van de specifieke geleidbaarheid.

De flux is het permeaatdebiet per m² membraanoppervlak.

Concentratiepolarisatie: door de zoutwerende eigenschappen van het membraan ontstaat aan het membraanoppervlak een zoutconcentratie die hoger is dan de gemiddelde concentratie in het concentraat. Dit verschijnsel wordt concentratiepolarisatie genoemd.

Belangrijke externe procesparameter bij het omgekeerde osmoseproces zijn de toegepaste systeemdruk, de circulatiesnelheid en de recovery.

Systeemdruk: Dit is de absolute druk die in het omgekeerde osmosesysteem wordt gehandhaafd. De systeemdruk vermindert met de osmotische druk van het concentraat is de drijvende kracht voor het vloeistoftransport door het membraan. Indien de druk toeneemt, neemt ook de flux toe. Verhoging van de systeemdruk heeft echter ook nadelen zoals, verkorting van de levensduur van membranen en verhoging van de installatiekosten.

Circulatiesnelheid: Dit is de snelheid waarmee het concentraat langs het membraan stroomt. De circulatiesnelheid kan grote invloed hebben op de membraanvervuiling en de concentratiepolarisatie. Naarmate de snelheid toeneemt nemen de vervuiling en concentratiepolarisatie af.

Recovery: De recovery van een installatie is het percentage van de voeding dat in permeaat wordt omgezet. Bij het zuiveren van afvalwater zal in eerste instantie getracht worden een zo hoog mogelijke recovery te bereiken. Echter hoe hoger de recovery des te hoger wordt het zoutgehalte in het concentraat en derhalve ook de osmotische druk van het concentraat. Omdat de flux afhankelijk is van het effectieve drukverschil (systeemdruk vermindert met de osmotische druk van het

concentraat) zal bij toenemende recovery de flux afnemen.

Bij de toepassing van het omgekeerde proces bij de ontzouting van vloeistoffen speelt de membraanvervuiling een belangrijke rol. Membraanvervuiling heeft een afname van flux en retentie tot gevolg en moet derhalve zoveel mogelijk voorkomen worden. Veel voorkomende "membraanvervuilers" zijn gesuspendeerde en colloïdale deeltjes, opgeloste organische verbindingen en zouten met geringe oplosbaarheid, zoals fosfaten en carbonaten, waarvan de oplosbaarheidsgrens overschreden wordt bij concentrering in de omgekeerde osmose-installatie.

Membraanvervuiling kan worden voorkomen door voorfiltratie van de vloeistof en/of door chemicaliëndosering aan de mestvloeistof.

3. HET ONDERZOEK

De toegepaste mestvloeistof

Bij alle uitgevoerde experimenten is steeds dezelfde mestvloeistof gebruikt, afkomstig van de mestzuivering bij de proefboerderij van de NCB in Sterkel. Het is filtraat van de ontwatering van varkensdrijfmest met een zeefbandpers dat vervolgens aerob is gezuiverd. Bij de ontwatering zijn FeCl_3 en polyelektroliet als conditioneringsmiddel toegepast. Door de biologische zuivering is het gehalte aan organische stof

en stikstof in het filtraat in belangrijke mate gereduceerd. Na de aerobe reiniging zijn door middel van bezinking de aanwezige slibdeeltjes verwijderd. Op deze wijze ontstond een vrijwel heldere oplossing. Dit is de voor de omgekeerde osmose-experimenten toegepaste mestvloeistof.

In een later stadium van het experimentele onderzoek is met een vrij troebele mestvloeistof geëxperimenteerd als gevolg van problemen bij de bezinking van het slib te Sterksel. Om de invloed van slibdeeltjes op het omgekeerde osmoseproces te bepalen is een aantal experimenten uitgevoerd met aeroob gezuiverd filtraat zonder dat hieruit de slibdeeltjes zijn verwijderd door bezinking.

Voorbehandeling van de mestvloeistof

Bij het onderzoek zijn de volgende voorbehandelingsmethoden beproefd:

Voorfiltratie: Om de in de mestvloeistof aanwezige colloïde en gesuspenderde deeltjes te verwijderen is zandbedfiltratie en ultrafiltratie toegepast.

Chemicaliëndosering: Door middel van kalkdosering is getracht de fosfaten neer te slaan. Zuurdosering (citroenzuur, zoutzuur) is uitgevoerd om een neerslag van zouten op de membranen te voorkomen.

Het toegepaste membraansysteem

Voor het onderzoek met voorgezuiverde varkensdrijfmest is gekozen voor het buisvormige systeem, voornamelijk vanwege de geringe vervuilingsgevoeligheid ervan. Bij de keus van de membranen speelt de pH van de te ontzouten vloeistof een belangrijke rol. De pH van de voorgezuiverde mestvloeistof is ongeveer 8, zodat cellulose-acetaat (C-A) membranen, welke alleen toepasbaar zijn in het pH-gebied tussen 4 en 7, in eerste instantie niet in aanmerking kwamen. Uit het onderzoek bleek echter dat pH-verlaging tot pH 7 gewenst is vanwege de aanzienlijke verbetering van de resultaten zodat ook C-A-membranen toepasbaar waren.

Het onderzoek is derhalve uitgevoerd met twee verschillende typen buisvormige membranen; het composietmembraan van PCI en het cellulose-acetaatmembraan van Wafilin.

De omgekeerde osmose-installatie

Een principeschets van de experimentele omgekeerde osmose-installatie, zoals die voor het onderzoek is gebruikt, wordt gegeven in figuur 1.

De voeding wordt met een luchtgedreven plunjerpomp onder een constante druk in het circuit geperst. In het circuit zijn opgenomen, een circulatiepomp, een flowmeter en de omgekeerde osmose module. Verder zijn op het circuit aangesloten een manometer, een drukaccumulator (windketel) en een koelmantel.

Voor het onderzoek is het gewenst dat bij een constante recovery de membraaneigenschappen bepaald kunnen worden.

Om een constante recovery te behouden moet de verhouding van permeaatstroom en concentraatstroom steeds dezelfde zijn. Omdat de permeaatstroom door membraanvervuiling in de tijd zal afnemen, moet de concentraatstroom hierbij steeds aangepast worden.

In figuur 2 wordt het regelsysteem voor het verkrijgen van een constante recovery weergegeven dat als volgt functioneert. Het permeaat wordt opgevangen in een beker. Als het vloeistofniveau in deze beker gestegen is tot voeler A, worden de magneetkleppen B en C geopend. Door B gedurende een bepaalde tijd geopend te houden stroomt het permeaat uit de beker. Na die periode wordt B weer gesloten en een volgende cyclus kan beginnen. Via magneetklep C stroomt concentraat in een tweede beker tot voeler D. Op het moment dat het concentraatvloeistofniveau contact maakt met voeler D wordt de klep C weer gesloten en klep E gedurende enkele seconden geopend, waardoor de concentraatbeker leegstroomt.

Door nu de voelers A en D in hoogte af te stellen kan een gewenste verhouding van permeaat en concentraat behaald worden. Met deze regeling is het met behulp van een recorder ook mogelijk automatisch de flux te registreren door iedere keer dat voeler A wordt aangesproken een puls op een recorder te schrijven.

Procescondities en metingen

Alle experimenten zijn, tenzij anders vermeld, uitgevoerd onder de volgende condities:

Systeemdruk	: 50 bar
Temperatuur	: 30 °C
Circulatiesnelheid	: 2 m/s
Recovery	: 75%.

De prestaties van de membranen worden bepaald aan de hand van flux en retentiemetingen.

Tijdens het onderzoek is de retentie meestal bepaald aan de hand van geleidbaarheidsmetingen van permeaat en concentraat. De specifieke geleidbaarheid is ongeveer evenredig met de zoutconcentratie.

Daarnaast zijn regelmatig de verschillende vloeistofstromen geanalyseerd op diverse ionen zoals K, Na, P en Cl.

4. RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.1 Invloed van de voorbehandeling op het flux- en retentieverloop

Bij de eerste experimenten met de hierboven beschreven mestvloeistof bleek bij beide membraantypes een zeer snelle daling van de flux en de zoutretentie op te treden. Na 2 uur was de flux gedaald van 30 l/m²h tot minder dan 5 l/m²h, het-

geen gepaard ging met daling van de zoutretentie tot beneden de 90%. Deze snelle flux- en retentiedaling werd veroorzaakt door de neerslag van membraanvervuilende componenten op het membraan. De volgende voorbehandelingsmethoden ter voorkoming van deze neerslagvorming zijn beproefd:

- a Zandfiltratie: De mestvloeistof is met een snelheid van 10^{-2} m/s over een zandpad gefiltreerd. Het effect op het flux- en retentieverloop bleek nihil.
- b Defosfatering: Door middel van kalkdosering (40 g kalk/l mestvloeistof) zijn de fosfaten uit de mestvloeistof neergeslagen. Na verwijdering van het kalkslib werd de vloeistof met HCl weer aangezuiverd tot pH = 8,4. Het effect van deze behandeling op het fluxverloop bleek gering.
- c Dosering reinigingsmiddel: Door toevoeging van citroenzuur (0,5 g/l) aan de mestvloeistof is geprobeerd de membraanvervuilende componenten mobiel te houden. Het effect op het flux en retentieverloop bleek gering te zijn.
- d Ultrafiltratie (U.F.): Alvorens de mestvloeistof door middel van omgekeerde osmose te ontzouten is deze via ultrafiltratie voorgezuiverd. Ultrafiltratie bleek geen geschikte voorbehandelingsmethode. Het U.F.-membraan vertoonde dezelfde vervuilingsverschijnselen als het omgekeerde osmose membraan.
- e Zuurdosering: De mestvloeistof is met zoutzuur tot verschillende pH's aangezuurd alvorens deze werd ontzout.

Het effect van de pH op het flux en retentieverloop wordt in figuur 3 weergegeven voor het P.C.I.-membraan. Voor het Wafilinmembraan werden overeenkomstige resultaten verkregen. Verlaging van de pH tot $\text{pH} = 6$ bleek geen verbetering van de resultaten te geven ten opzichte van de resultaten bij $\text{pH} = 7$.

4.2 Invloed van de procescondities op de flux en de zoutretentie

Voor de optimalisatie van het proces en ter ondersteuning van de oriënterende kostenberekening is de invloed van de verschillende procesparameters bepaald (zie hiervoor ook paragraaf 2).

Invloed van de langsstroomsnelheid

In figuur 4 wordt de invloed van de langsstroomsnelheid op het flux- en retentieverloop voor het Wafilinmembraan weergegeven. Een verhoging van de snelheid naar 4 m/s gaf geen verbetering van de resultaten te zien. Vergelijkbare experimenten met het composietmembraan van PCI leverde overeenkomstige resultaten.

Invloed van de systeemdruk

De maximaal toegestane druk in de twee beproevingscircuits is 50 bar. Uit de uitgevoerde experimenten bleek dat de optimale systeemdruk minimaal deze 50 bar is. Hierbij zijn enige aannamen gedaan omtrent de levensduur van de membranen. Bij de

oriënterende kostenberekening zal nader op de invloed van de druk worden ingegaan.

Invloed van de recovery

Uit de experiment bij verschillende concentreringsgraden bleek dat bij een druk van 50 bar de optimale recovery 75 à 80% is.

4.3 Membraanreiniging

Het bleek voor beide membraantypes nodig te zijn de membranen minimaal éénmaal per 48 uur te reinigen. De reiniging bestaat uit het in propstroom met water leegdrukken van het systeem gevolgd door circuleren met een 0,5 à 1% zeepoplossing gedurende $\pm$ 30 minuten bij een druk van maximaal 5 bar. Hierna wordt enige malen met water gespoeld. Zowel de door de leveranciers van de membranen voorgeschreven middelen (ultrasil 11 respectievelijk 50) als eenvoudige middelen zoals citroenzuuroplossing of vloeibaar wasmiddel (VIZIR) bleken te voldoen. Na de reiniging werd met een standaardzoutoplossing het resultaat getest.

4.4 Kwaliteit van de gezuiverde effluent

Voor het bepalen van het effect van het omgekeerde osmoseproces op de kwaliteit van het effluent zijn een aantal analyses uitgevoerd van zowel de gezuiverde als de ongezuiverde mestvloeistof. In tabel 1 worden de resultaten hiervan verge-

leken met de IMP-eisen voor oppervlaktewater zoals vermeld in het IMP-water 1980-1984.

Tabel 1 Analysecijfers mestvloeistof voor en na zuivering
vergeleken met IMP-eisen

	Mestvloeistof (voeding)	Gereinigde mestvloeistof (Permeaat) P.C.I. Wafilin		IMP-eisen
Geleidbaarheid mS/cm	12,5	0,75	1,5	-
pH	7 (8,9*)	6,5	6,2	6,5 - 9
CZV mg/l	2285	15	60	-
BZV ₅ mg/l	31	1	3	5
N-Kjeldahl mg/l	293	11	28	-
NH ₄ -N	160	11	27	1
P mg/l	35	1,35	0,15	0,2
Cl mg/l	2760(1800*)	120	320	200
K mg/l	4600	230	360	-
Cu mg/l	0,10	0,01		0,05
SO ₄ mg/l	184	12,5		100

* Oorspronkelijke waarde vóór HCl-dosering.

Uit de tabel blijkt dat de gezuiverde mestvloeistof redelijk aan de IMP-eisen voldoet. Geringe overschrijdingen van deze eisen worden gemeten bij de P- en de Cl-concentratie. De eisen voor NH₄-N worden ruimschoots overschreden. De oorzaak hiervan is echter een storing van de biologische zuivering na de zeefbandpersontwatering, waardoor de oorspronkelijke NH₄-N-concentratie erg hoog is. Bij een goed werkende bio-

logische zuivering is een $\text{NH}_4\text{-N}$ -concentratie van minder dan 1 mg/l mogelijk, hetgeen reeds voldoende laag is met betrekking tot de IMP-eisen. Omdat de eisen voor lozing op oppervlaktewater in het algemeen minder streng zijn dan de IMP-eisen zal lozing van dit effluent op oppervlaktewater onder normale omstandigheden geen probleem zijn.

5. KOSTENSCHATTING

In samenwerking met de leveranciers van de beproefde membranen is een oriënterende kostenberekening gemaakt. Uitgegaan is van een centrale mestverwerkingsinstallatie waarbij 120.000 m³ mestvloeistof per jaar moet worden ontzouten onder de volgende condities:

Druk : 60 bar

Temperatuur: 30 °C

Recovery : 75%.

In tabel 2 zijn de kosten voor beide systemen, opgesplitst in een aantal hoofdcomponenten, weergegeven.

Tabel 2 Kostenschatting omgekeerde osmose van voorgezuiverde varkensdrijfmest

	Wafilin- systeem	PCI- systeem
Investering	f 750.000,--	f 1.280.000,--
Rente + afschrijving	f 91.100,--	f 149.100,--
Energie	f 104.400,--	f 104.400,--
Membraanvervangings- kosten	f 98.900,--	f 107.500,--
Diversen	f 30.900,--	f 51.200,--
Totaalkosten	f 325.300,--	f 412.200,--
Kosten per m ³ effluent	f 2,71	f 3,44
(zoutzuur (± 2 l/m ³ à 0,30/l	f 0,60	f 0,60
	f 3,31	f 4,04

Onder "diversen" zijn de kosten voor onderhoud, bediening en reiniging opgenomen. Omdat de membranen gedurende het onderzoek maar korte tijd zijn beproefd, is bij de berekeningen van enige aannames uitgegaan met betrekking tot de levensduur van de membranen en gemiddelde flux over langere perioden.

Uit de tabel blijkt dat het kostenverschil tussen beiden systemen voor het grootste deel wordt veroorzaakt door de hogere kosten van rente + afschrijving bij het P.C.I.-systeem. De hoogte van deze kosten hangen sterk af van de exacte uitvoering van het systeem. Omdat de details hierover niet uitvoerig met de leveranciers zijn besproken kunnen hierdoor verschillen ontstaan.

Een alternatieve methode voor de concentrering van deze mestvloeistof is verdamping via een meertrapsverdampingssysteem. In samenwerking met Stork-Friesland is een kostenschatting gemaakt voor het concentreren van 1 m³ mestvloeistof met een factor 4 via een meertrapsverdamer. Deze bedragen f 6,-- à f 10,-- per m³, hetgeen aanzienlijk hoger is dan de ca. f 4,-- welke voor omgekeerde osmose zijn berekend.

Eindevaluatie

Uit het onderzoek blijkt dat door middel van omgekeerde osmose een m³ voorgezuiverde varkensdrijfmest kan worden gesplitst in 0,25 m³ concentraat met daarin de meeste opgeloste stoffen, en 0,75 m³ "schone" vloeistof van een zodanige kwaliteit dat lozing op oppervlaktewater in het algemeen geen probleem zal zijn. Alvorens de mestvloeistof door middel van omgekeerde osmose te ontzouten is aanzuren tot pH = 7 noodzakelijk.

Uit een oriënterende kostenevaluatie op basis van de verkregen resultaten blijkt dat de kosten van omgekeerde osmose van deze mestvloeistof f 3,-- à f 4,-- zullen bedragen, hetgeen aanzienlijk lager is dan de indampkosten onder dezelfde condities, welke f 6,-- à f 10,-- bedragen.

Om de toepasbaarheid van het omgekeerde osmoseproces bij de mestverwerking in de praktijk te bepalen is het noodzakelijk meer te weten over het membraangedrag over langere perioden.

Met financiële ondersteuning van de Commissie Hinderpreventie Veeteeltbedrijven worden in samenwerking met de NCB lange-duurproeven uitgevoerd.*

Dit onderzoek zal voornamelijk worden uitgevoerd bij het varkensproefbedrijf van de NCB te Sterksel. Gedacht wordt hierbij aan de verwerking van $\pm 2,5 \text{ m}^3$ mestvloeistof per dag. Aan de hand van de resultaten van dit onderzoek kan een beter onderbouwde kostenberekening worden uitgevoerd. Naast het onderzoek naar het membraangedrag over langere perioden zal ook aandacht worden besteed aan de verdere verwerking van het concentraat tot een in de landbouw goed afzetbaar produkt. Gedacht wordt hierbij om aan verdampen of vriesconcentreren, eventueel gevolgd door drogen. Dit laatste onderzoek zal een oriënterend karakter hebben.

* Met dit onderzoek is reeds een aanvang gemaakt.

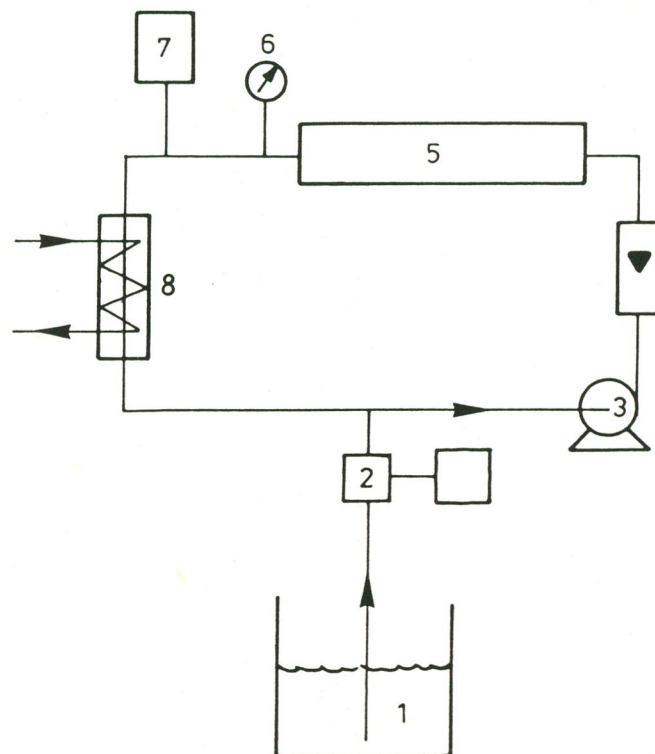
LITERATUUR

- [1] Ten Have, P.W.J.
De verwerking van mestoverschotten: stand van zaken
 H_2O 18 (1985), 102-105.

- [2] Van Tongeren, W.G.J.M. en H.J. van Veen
Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden
van omgekeerde osmose bij de zuivering van
varkensdrijfmest.
TNO-rapport nr. 03-015272, maart 1984.

- [3] Schippers, J.C.
Hyperfiltratie
 H_2O 15 (1977), 346-350.

- [4] Sourirajan, S.,
Reverse Osmosis, Logos Press; London, 1969.

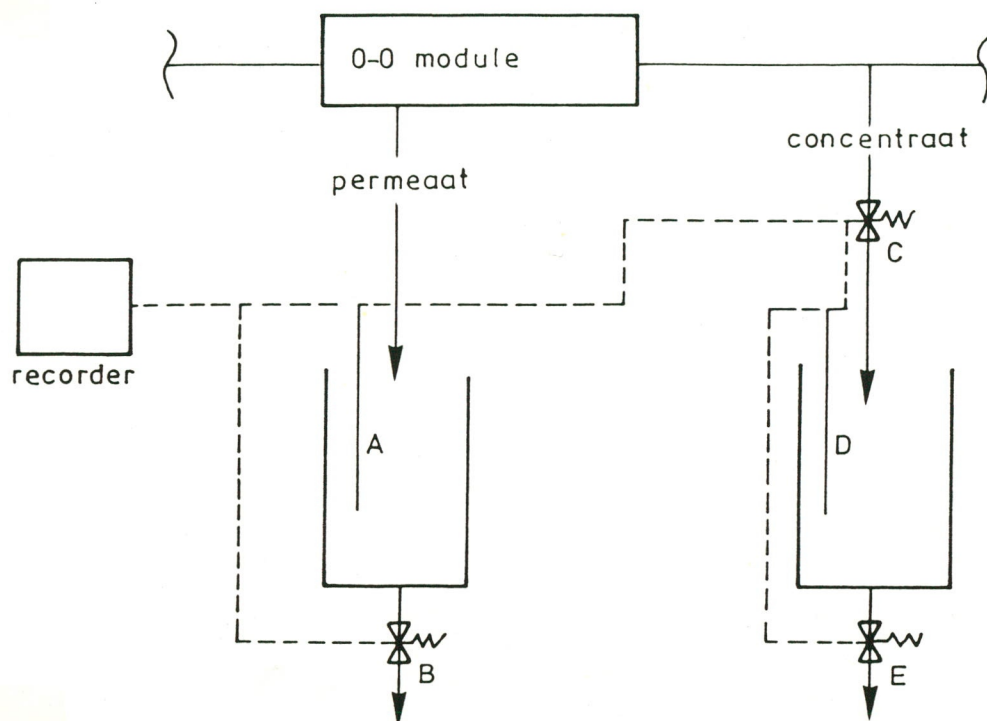


- 1. voorraadvat
- 2. plunjerpomp
- 3. circulatiepomp
- 4. flowmeter
- 5. module
- 6. manometer
- 7. windketel
- 8. koeling



Principe omgekeerde osmose-installatie

MT-TNO
14129
Fig. 1



Schema van het systeem voor het verkrijgen van een
constante recovery

MT_TNO
14129
Fig. 2

constante recovery

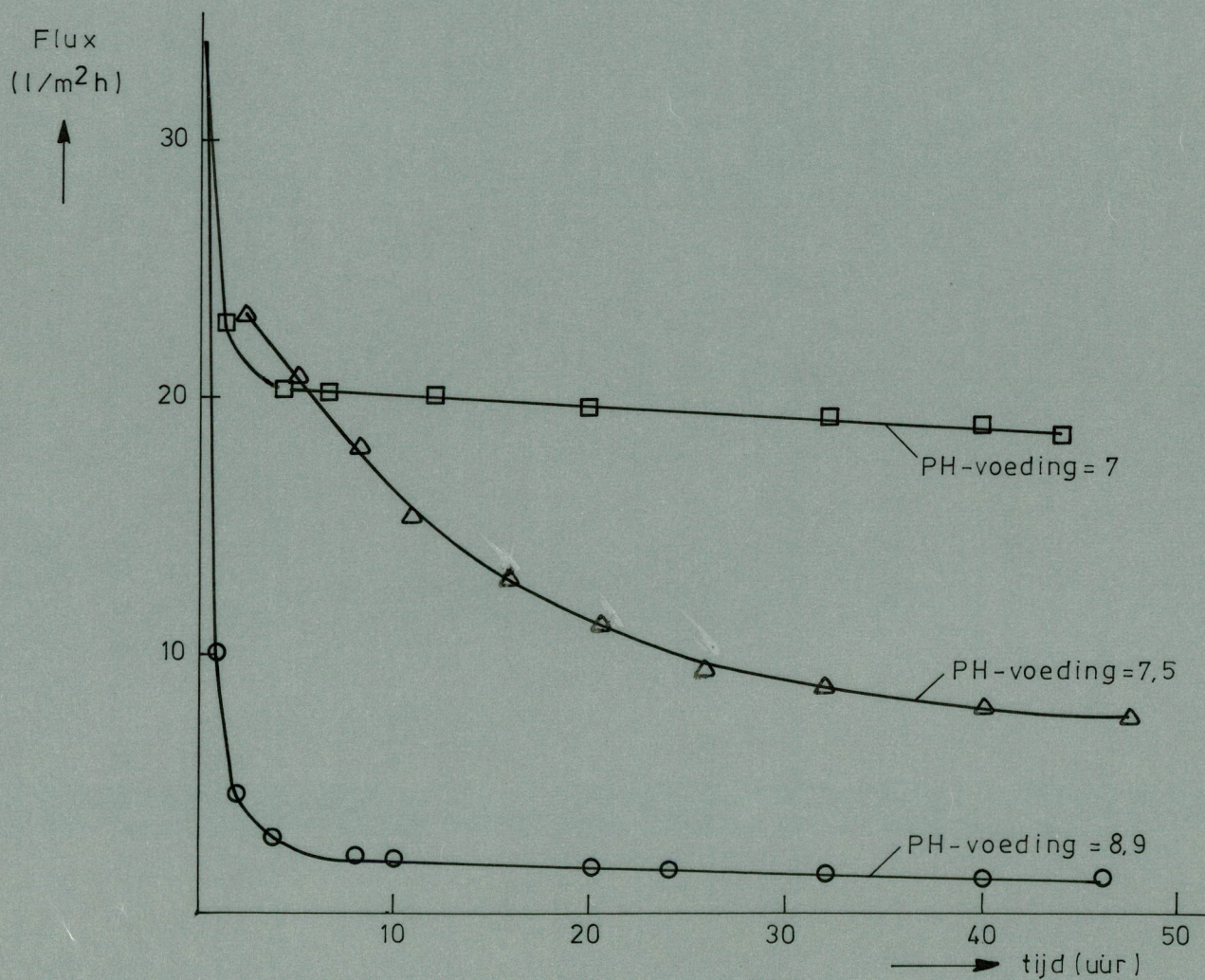
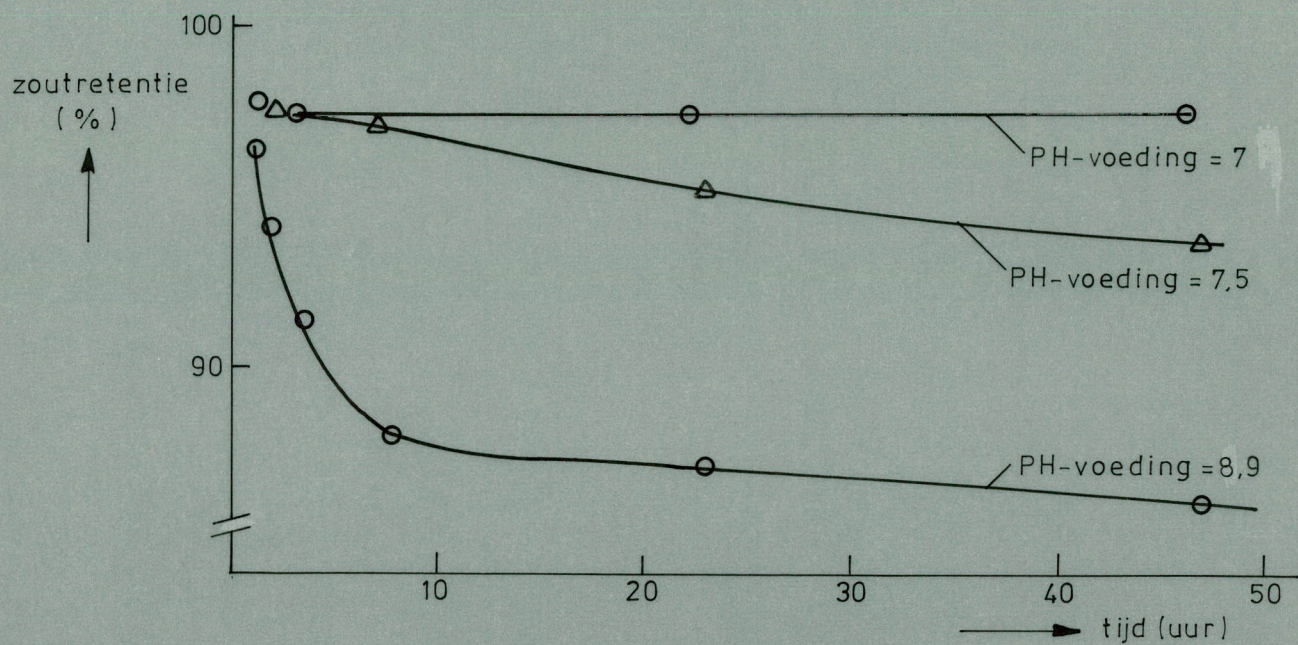
Schema van het systeem voor het verkrijgen van een

Fig. 5

17130

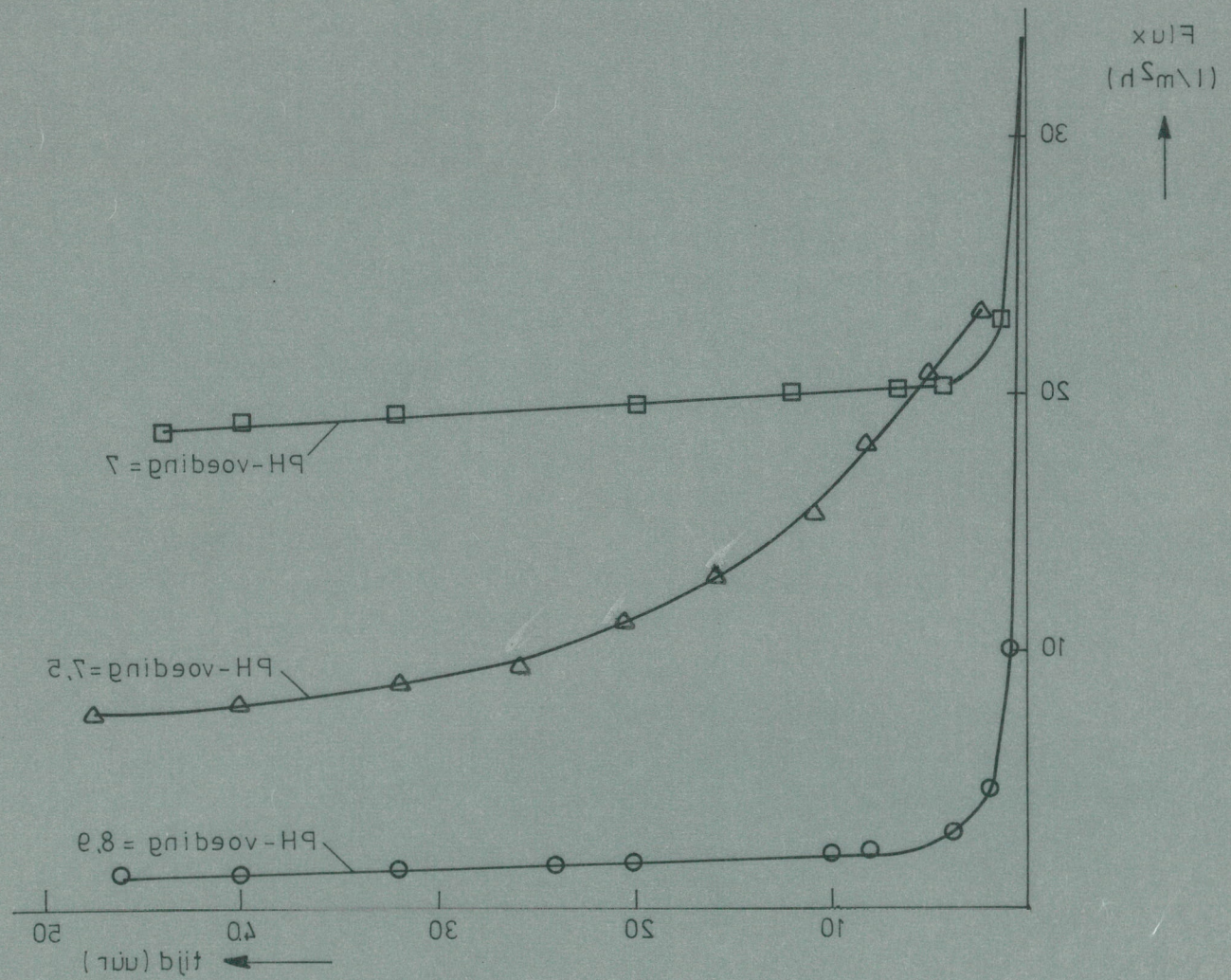
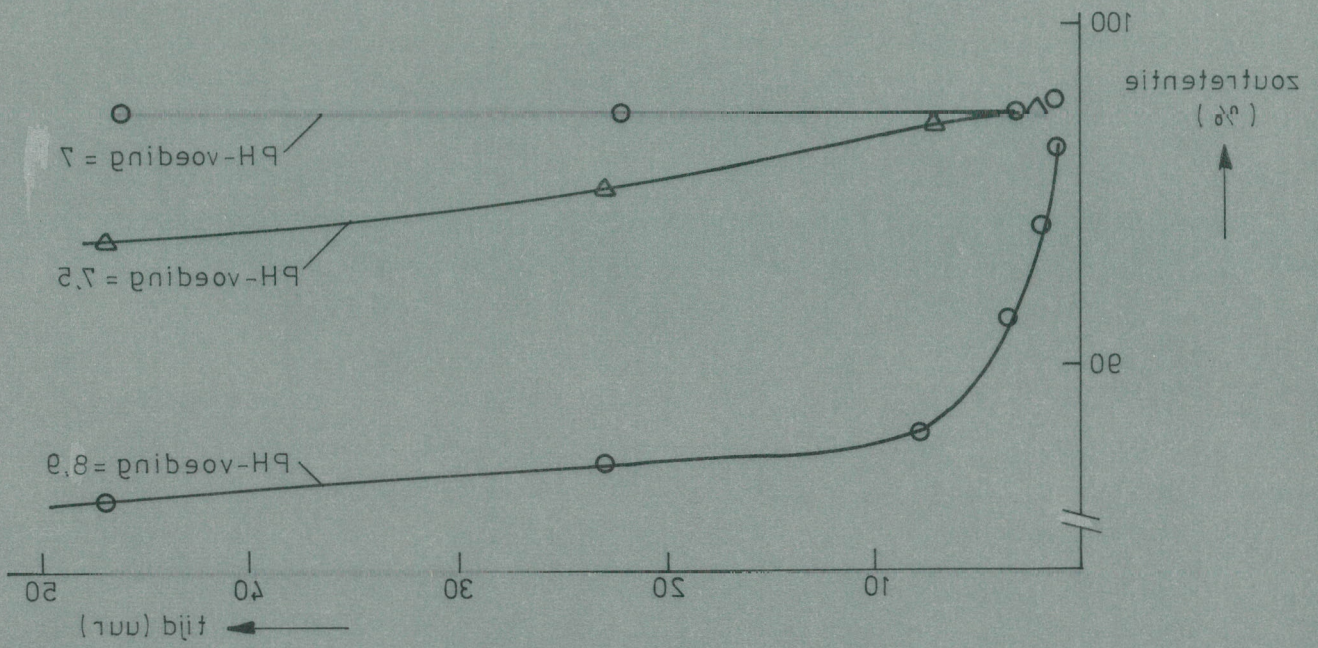
W1-110





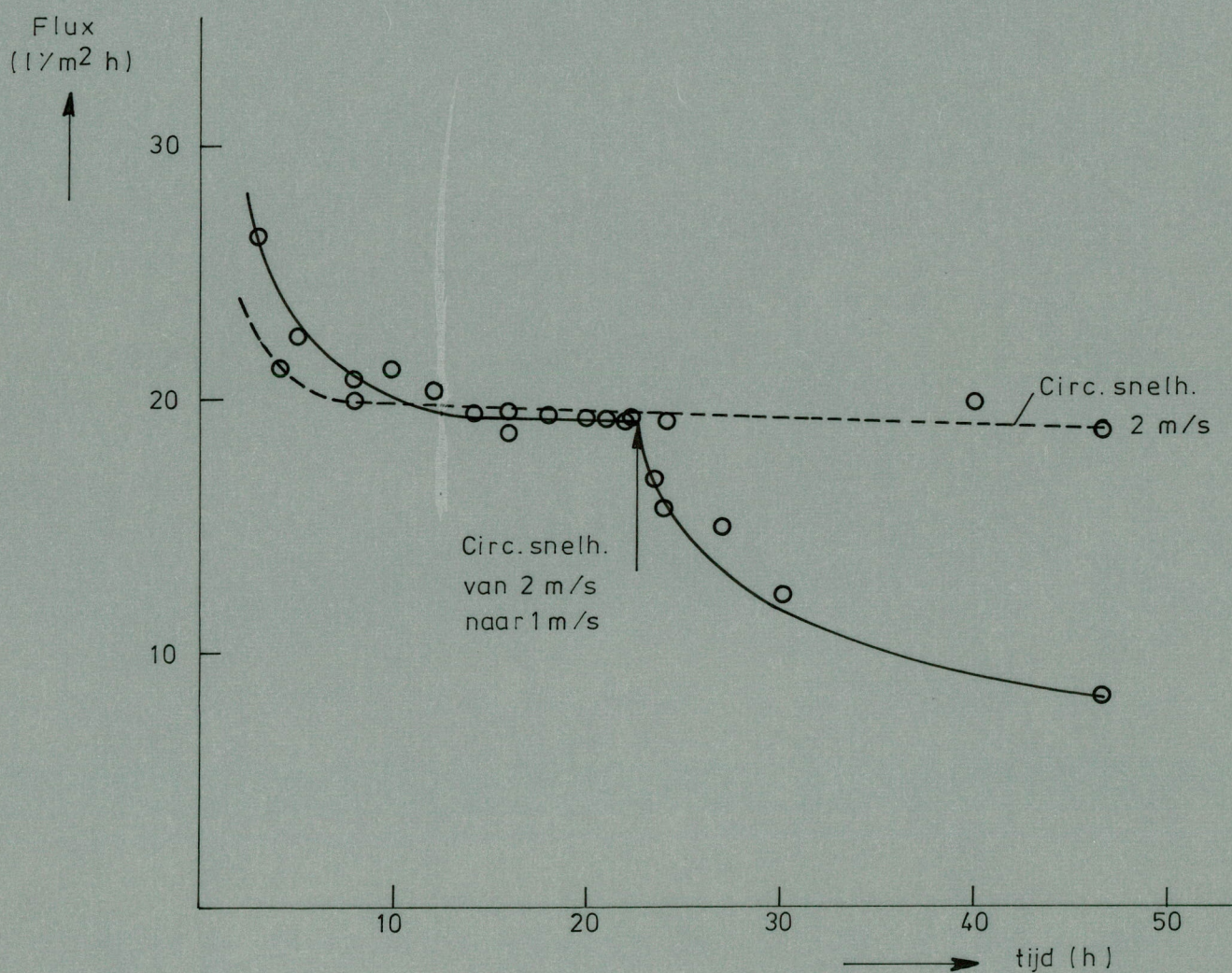
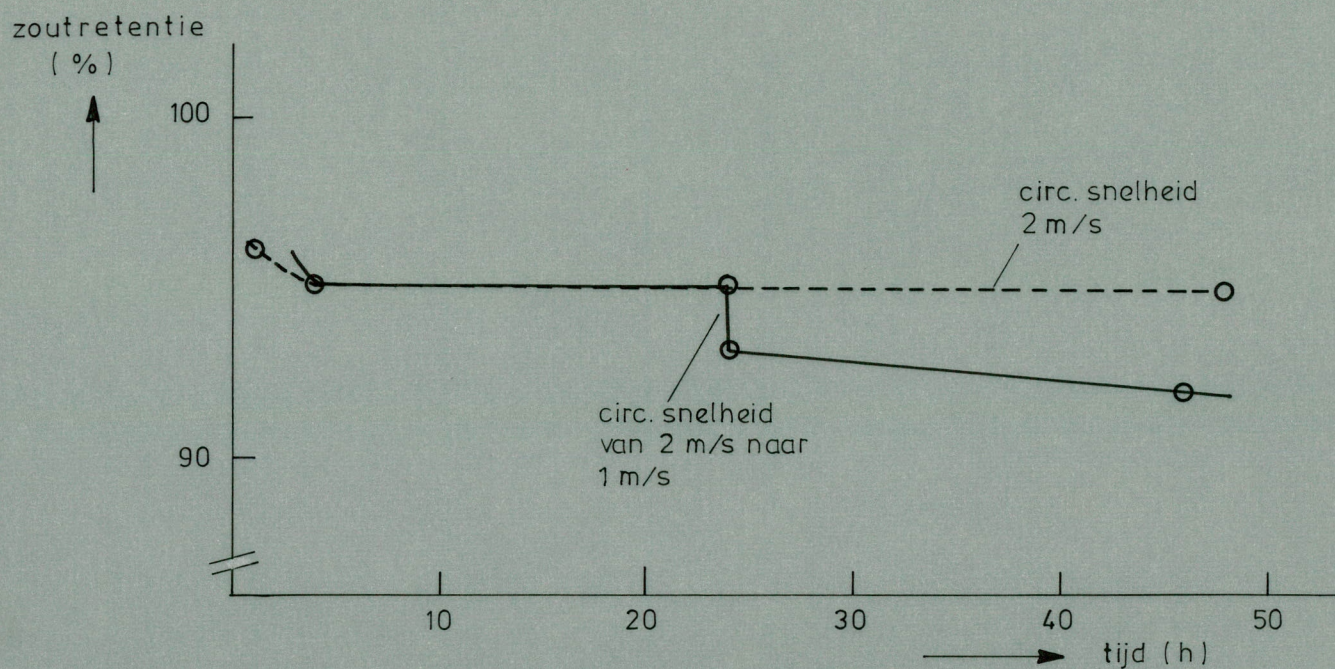
Flux en retentieverloop in de tijd bij verschillende
PH van de voeding
PCI-membraan (standaardcondities)

MT.TNO
14129
Fig. 3



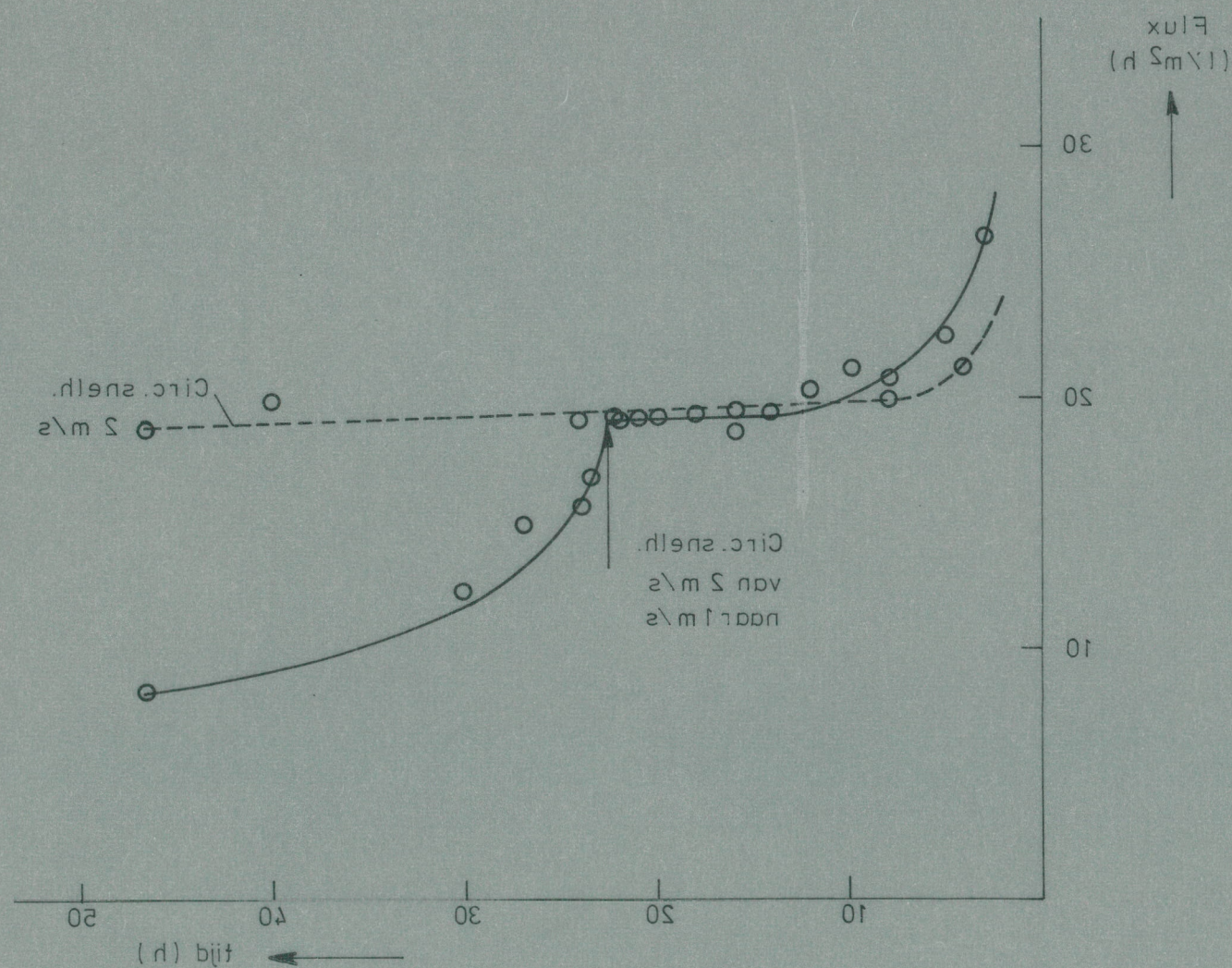
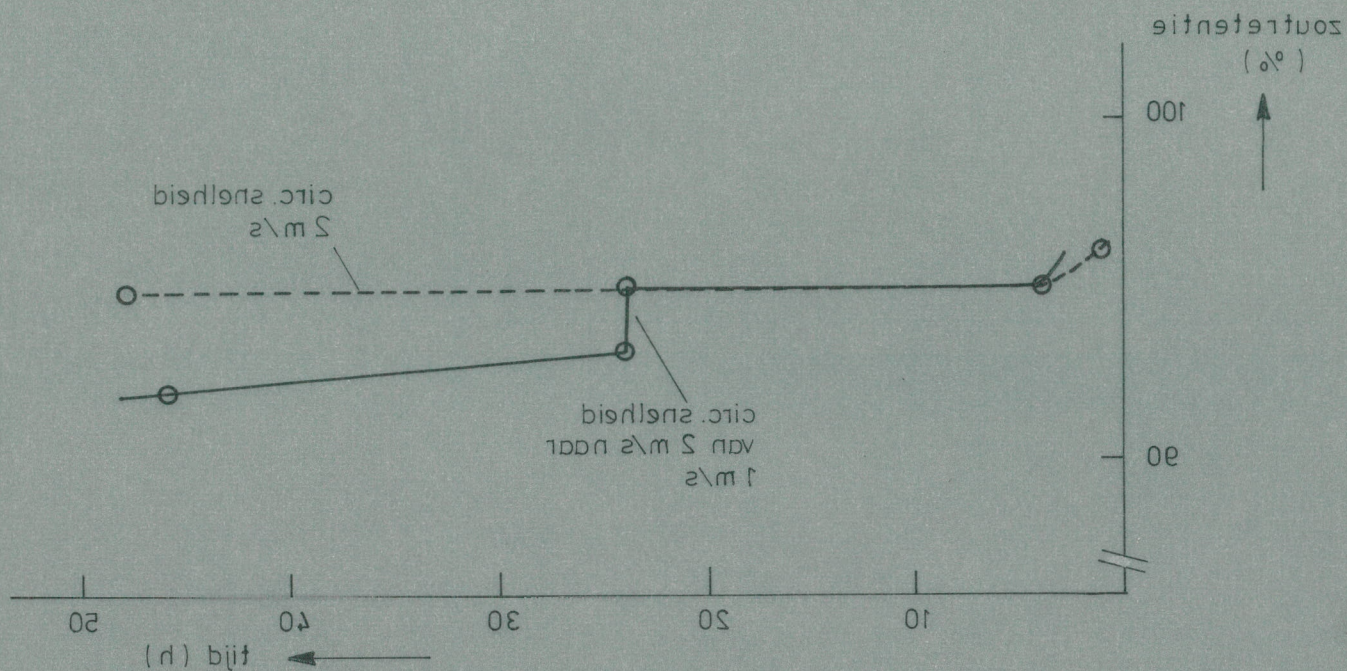
MT-TNO
40009
Fig. 17

Flux en retentieverloop in de tijd bij verschillende
pH van de voeding
PCI-membraan (standaardcondities)



Invloed van de circ. snelheid op het flux en retentie-verloop
 Wafilin WFR_0970 membraan (standaardcondities)

MT.TNO
 14129
 Fig. 4



ONT-TM
40009
Fig. 10

Invloed van de circ. snelheid op het flux en retentie-
verloop
Watlin WFR-0970 membraan (standaardcondities)