

TNO-rapport
TNO-MEP – R 96/384

TNO Milieu, Energie
en Procesinnovatie

Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

Telefoon 055 - 549 34 93
Fax 055 - 541 98 37

Verbeterd ontwateringsproces ter voorkoming/beperking van pekellozingen in de voedingsmiddelenindustrie

Datum
oktober 1996

Auteur
J.H. Hanemaaijer (TNO-MEP)
A. Schenkel (IMd Micon)

Met medewerking van
J. Hiddink (IMd Micon)
H.W. Bakkenes (TNO-MEP)
P.J. Koele (TNO-MEP)

Projectnummer
26723 (TNO-MEP); 351820/3410 (Novem)

Trefwoorden
- hoge druk omgekeerde
osmose (HP-RO)
- ontwateren
- hergebruik
- zoutlozing
- kaaspekkel
- vleespekkel

Keywords
- high pressure reverse
osmosis (HP-RO)
- water removal
- re-use
- brine disposal
- cheese brine
- meat pickle

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, 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 opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

© 1996 TNO

Bestemd voor
Novem Utrecht
Participanten/sponsors (appendix 1)

Aan dit project is een bijdrage verleend uit het programma Milieutechnologie dat gefinancierd wordt door de Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Verkeer en Waterstaat en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
Novem beheert dit programma.

Het kwaliteitssysteem van TNO Milieu, Energie en
Procesinnovatie voldoet aan ISO 9001.

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie is een
nationaal en internationaal erkend kennis- en contract-
research instituut voor bedrijfsleven en overheid op
het gebied van duurzame ontwikkeling en
milieugerichte procesinnovatie.

Nederlandse Organisatie voor toegepast
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de
Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan
TNO zoals gedeponeerd bij de
Arrondissementsrechtbank en de Kamer van
Koophandel te 's-Gravenhage

Samenvatting

In de voedingsmiddelenindustrie is een negental hoofd-pekelsectoren geïdentificeerd, met een totale zoutvracht van ruim 17.000 ton/jaar (volume ruim 160.000 m³/jaar). De belangrijkste pekellozingen vinden hier plaats bij de kaasproductie en de visverwerking.

Buiten de voedingsmiddelenindustrie wordt ca. 400.000 m³ pekelsectoren geloosd met een zoutvracht van ca. 40.000 ton/jaar; dit is globaal voor 75% afkomstig van het ontzouten van water.

Uit het onderzoek naar de technische haalbaarheid van hoge-druk omgekeerde osmose (HP-RO) voor hergebruik van pekelsectoren dan wel winning van zout hieruit komt naar voren dat het onderzochte spiraal-gewonden systeem nog niet geschikt is voor drukken boven 12 MPa; waardoor tot maximaal 12 wt% zoutbevattende sectoren kunnen worden behandeld. In dit concentratiegebied zijn de scheidingseigenschappen, bepaald voor verdunde kaas- en vleespekelsectoren, redelijk tot goed te noemen: gemiddelde permeaatdebieten boven 40 l/uur.module haalbaar; zoutretentie (NaCl) boven 98%; CZV retentie boven 96%; geen indicatie voor sterk vervuiligingsgedrag.

In het potentiële toepassingsgebied voor sterkere pekelsectoren, tot ca. 18% zout, blijken de geteste modules ontoereikend vooral door compactie van de RO-membranen en de drukbestendigheid van de permeaatvoerbuizen. Het laatste probleem kon binnen dit onderzoek eenvoudig worden verholpen; voor het eerste zijn membranen met een mechanisch stabielere steunlaag nodig.

Ze recent is gebleken dat in Duitsland op industriële schaal duurtests tot 20 MPa zijn uitgevoerd voor het concentreren (vóórdragen) van percolatiewater van vuilnisstorten, met een -relatief duur- vlak HP-RO systeem. Op basis hiervan mag worden verwacht dat binnen 1 tot 2 jaar eveneens systemen beschikbaar zullen kunnen zijn, gebaseerd op de in dit project geteste - goedkopere - spiraalgewonden configuratie.

Het energieverbruik voor HP-RO wordt voor toepassingen tot 12% zout geschat op maximaal 60 kWh, ofwel ca. 210 MJ, per m³ verwijderd water (NB: dit is zonder energierugwinning, hetgeen een optie is voor de hogere debieten). Dit is ca. 11* lager dan - voor lage debieten toegepaste - ééntrapsverdamping. Het concentreren van 8% naar 12% pekelsectoren neemt zelfs slechts ca. 20 kWh/m³ (75 MJ/m³). Bij hogere concentraties zoals in een kaasbedrijf zal het energieverbruik 80-100 kWh/m³ bedragen.

Naast het energieverbruik lijkt met HP-RO een besparing op totale proceskosten van een factor 1.5 tot 2 mogelijk ten opzichte van indampsystemen.

Tabel 1 Globale kosten van HP-RO vs. Indampen.

	Investering (* 1000 NLG)	Energie (MJ/m ³)	Energiekosten (NLG/m ³ water)	Totale kosten ¹⁾ (NLG/m ³ water)	Potentiële opbrengsten ⁴⁾ (NLG/m ³ water)
HP-RO en MF, pekel 18%, kaasfabriek	200 (107 + 93)	300	10,00	40 + 36 (RO +MF)	61
HP-RO van 1 ton/h pekel 8% naar 12%	200	75	2,50	30	10
HP-RO van 18 ton/h pekel 8% naar 12%	2400	60	2,00	17	10
1 traps indamper, kaasfa- briek ²⁾	ca. 100	2400	36,00	62 + 36	61
3 traps indamper, 18 ton/h pekkel 8% naar 12% ³⁾	2500	600	21,50	37	10

1) Exclusief eventuele opbrengsten.

2) Gebaseerd op 2400 kJ/kg, stookrendement 45%, NLG 0.215/m³ gas.
Precipitaatverwijdering door MF analoog als bij HP-RO.

3) Door interpolatie verkregen waarden, gebaseerd op gegevens van een indamper-fabriek voor het concentreren van 12 ton/h relatief zuivere zoutoplossing van 8% naar 16% NaCl.

4) Besparing op transportkosten gesteld op 50 km à NLG 20,-/ton; voor de kaasfabriek komen hier bij lozingskosten (800 VE à NLG 75,-; NLG 38/m³) en hergebruik van MF-precipitaat. De extra droge stof-opbrengst in de 2^e wei (NLG 13/m³) is verwaarloosd.

Toepassingsmogelijkheden voor HP-RO:

- **Direct** hergebruik in het bassin: potentieel vooral voor kaaspekkel (ca. 18% zout), dus ligt dit nog in de (nabije) toekomst.
- **Indirect** hergebruik in de voedingsmiddelenindustrie: er lijken mogelijkheden te bestaan om in de vis- en vleesverwerkende industrie pekkelbaden op te werken tot 12-(toekomst)18% zout, waarna deze stroom met droog zout tot de gewenste eindsterkte wordt gebracht en ingezet.
- **Indirect** hergebruik elders: het voorconcentreren van pekkelstromen tot 12% zout (toekomst 18% zout) ter besparing op transportkosten naar een centrale verwerkingsfabriek

Summary

Improved process for water removal from brine, aimed at diminishment of brine disposal in the food industry

Nine major brine flows are identified in the Netherlands food industry, accounting for a volume of 160,000 m³/year having a salt load of at least 17,000 tonnes/year. Major brine emittants are the cheese and fish industry. Outside the food industry, around 400,000 m³/year of brine (40,000 tonnes salt) is disposed of, especially from water softening.

The technical and economical feasibility of high-pressure reverse osmosis (HP-RO) using low-cost spiral wound modules is investigated. It is concluded that the modules used are capable of concentrating brines up to a salt content of around 12 wt% (pressure 12 MPa), exhibiting favourable separation characteristics: permeate flow around 40 l/hour.module; sodium chloride rejection above 98%; COD rejection above 96%.

For application in cheese factories 20 MPa pressure resistant modules are necessary. The (modified) spiral wound modules tested proved mechanically pressure-resistant, however the RO membranes showed considerable compaction, making this application not feasible yet.

Pre-concentration of brines to about 12 wt% salt however looks promising: estimated cost reduction of more than 50% compared to evaporation opens the way to re-use, after (cheaper) transport, instead of disposal.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Summary	4
Inhoudsopgave	5
1. Probleemstelling en doel	7
2. Werkwijze hoge druk omgekeerde osmose (HP-RO)	10
2.1 Beschrijving van de werkwijze	10
2.2 Plaats in de gehele procesvoering	11
2.3 Uit te voeren werkzaamheden	11
3. Inventarisatie van pekellozingen	12
3.1 Inventarisatie pekellozingen voedingsmiddelenindustrie	12
3.2 Globale inventarisatie pekellozingen buiten de voedingsmiddelenindustrie	14
4. Inventarisatie toepassingsmogelijkheden voor ontwatering met HP-RO	16
4.1 Kaasproductie	16
4.2 Baconproductie	16
4.3 Productie van ham	16
4.4 Visverwerking	17
4.5 Niet procesgeïntegreerde oplossingen	17
5. Resultaten HP-RO onderzoek	18
5.1 Samenvatting	18
5.2 Membraanselectie	19
5.3 Tests met modelpekels	21
5.4 Tests met praktijkpekels	23
5.5 Precipitaatvorming	25
6. Technisch/economische evaluatie van HP-RO	26
6.1 Technische aspecten	26
6.2 Economische aspecten	27
7. Conclusies	32
8. Referenties	34
9. Verantwoording	35

Bijlagen:

1. Lijst van participerende bedrijven/instellingen
2. Gegevens HP-RO testinstallatie
3. Inventarisatie 14 vrijkomende pekelsestromen
4. Resultaten HP-RO onderzoek
5. Stroomschema's/kostenschattingen

1. Probleemstelling en doel

Het moeten lozen van overtollige pekels met het afvalwater is een probleem, dat in meerdere sectoren van de V&G-industrie voorkomt. Lozing van pekels leidt bij diverse bedrijven vervolgens tot het overschrijden van de lozingsnorm voor chloride.

In de zuivelindustrie betreft dit het lozen van overtollige kaaspekels. Bij de productie van een aantal typen kaas, zoals Goudse en Edammer, is pekelen een essentieel onderdeel van het proces. Tijdens het pekelen dringt zout de kaas binnen, terwijl tegelijkertijd water met daarin opgeloste stoffen naar buiten treedt. De kaas neemt zo 2% van zijn gewicht op aan zout en verliest circa 5% van zijn gewicht aan vocht. Daardoor neemt de zoutconcentratie in de pekels af en het volume toe. Dit leidt tot een overschot dat geloosd moet worden.

In de vleesindustrie doet zich een soortgelijk probleem voor bij het pekelen van bacon en hammen. Ook daar ontstaat een pekeloverschot dat leidt tot overschrijding van de toegelaten normen voor chloridelozing.

Nog een voorbeeld van een andere situatie die leidt tot overschrijding van de lozingsnormen voor chloride is het zouten van huiden bij slachterijen. Bij slachterijen worden huiden tijdelijk geconserveerd door deze in te zouten. Door vochtuittrekking ontstaat daar pekels en, indien afgevoerd naar het afvalwater, leidt dit tot een hoge chlorideconcentratie.

Een gebruikelijke lozingsnorm voor chloride is 150-300 mg/l, afhankelijk van de natuurwaarde van het oppervlaktewater waarop uiteindelijk geloosd wordt. Bij lozen van de overtollige pekels met het afvalwater gaat men daar ver overheen. Bij lozing op het riool en aansluitende zuivering in een communale installatie wordt dit soms gedoogd, mits de waterkwaliteitsbeheerder niet in de problemen komt bij zijn lozing na zuivering. Bij eigen zuivering en lozing op oppervlaktewater is het chloridegehalte heel vaak een probleem.

Reeds ruim 15 jaar geleden is voor kaaspekels gezocht naar geschikte ontwateringsmethoden, vooral door NIZO te Ede. Met name zijn toen omgekeerde osmose (RO: reverse osmosis) en elektrodialyse (ED) onderzocht.

Een tegenstrooms RO-proces (met een zoutoplossing aan permeaatzijde om het osmotisch drukverschil te verlagen) bleek niet haalbaar vanwege stofoverdrachtslimitaties in het membraan. Bovendien zou een dergelijk systeem een zeer complexe procesvoering vragen.

Ook ED bleek niet haalbaar, vanwege de hoge energiekosten (al het zout passeert de ED-membranen via elektrokinetisch transport) en de hoge investeringskosten bij vergaande zuivering van de te lozen waterstroom.

Circa vijf jaar geleden is door het NIZO weer naar het kaaspekelprobleem gekeken, met name in het licht van mogelijke vermeerdering van de kaasopbrengst door behoud van kaas-droge-stof in de pekkel, wanneer slechts lozing van water zou plaatsvinden (intern rapport NIZO). Deze opbrengstverhoging is te verwachten als een gevolg van minder uittreding van opgeloste bestanddelen uit de kaas; dit door een afname van de drijvende kracht (concentratiegradiënt) vanwege het hogere gehalte aan opgeloste stoffen in de pekkel. De ontwatering vond plaats door vacuüm-filmverdamping, waarbij als voorgeschakelde techniek microfiltratie (MF) nodig bleek om het gehalte in het pekkelbassin aan tijdens de indampstap gevormde precipitaten (onder meer calciumfosfaat en -citraat) niet te sterk te doen toenemen. Wellicht als gevolg van deze spui van pekkelbestanddelen via het MF-retentaat bleek het in dit onderzoek niet mogelijk een significante verhoging van de kaasopbrengst aan te tonen [ref. 1]]. Het bewijzen van tienden procenten meeropbrengst in kaas is vanwege de productvariatie in kaas zelf een moeilijke zaak. Er zijn momenteel plannen om dit op grotere schaal nauwkeuriger te onderzoeken.

De voorgestelde MF/IND-optie lijkt op voorhand een relatief dure techniek voor deze toepassing, en alleen verantwoord bij extra baten, in de vorm van meeropbrengst:

Als gevolg van de hoge zoutconcentratie (kookpuntsverhoging circa 10 °C) en kleine schaal (circa 100 l water/h, zie hierna) ligt ééntropsindamping voor de hand, leidend tot relatief hoge energiekosten (de verdampingswarmte voor deze stroom is equivalent met circa 70 kW).

De pekkel zal moeten worden verwarmd (en gekoeld) tot circa 60-80 °C. Dit leidt tot een extra energieverbruik, maar vraagt bovendien om een dure (corrosiebestendige) warmtewisselaar.

Dit project richt zich op toepassing van RO, maar nu in de recentelijk ontwikkelde hoge-druk uitvoeringsvorm, teneinde pekkel bij de 'eigen' temperatuur in een ééntapsproces te ontwateren. Een HP-RO unit voor de verwijdering van 100 liter water per uur uit pekkel zou naar eerste schatting ruim tien maal minder energie (voornamelijk energie voor het op hoge druk brengen van de pekkel; maximaal 7 kW) gebruiken dan genoemde indamper, en uitgevoerd kunnen worden in goedkopere (gecoate) staalsoorten.

Het grootste potentiële voordeel is echter gelegen in het feit dat bij lage temperatuur kan worden ontwaterd: naast besparing van verwarmingskosten is vooral het potentieel verminderen van precipitaatvorming interessant in het kader van mogelijke opbrengstverhoging, en de minder intensieve benodigde microfiltratie.

Met HP-RO wordt dus op twee doelen gemikt: proceskosten lager dan met indampen, en meer kans op meeropbrengst.

Doelstelling

Het project richt zich op het ontwateren van twee te selecteren pekelse stromen in de V&G-industrie teneinde pekellozing om te kunnen zetten in hergebruik. Hiertoe worden op laboratoriumschaal de mogelijkheden van HP-RO onderzocht.

Aangetoond dient te worden:

- dat met HP-RO in principe voldoende vochtverwijdering mogelijk is, ook uit ‘sterke’ pekelse
- welk membraan/systeem het meest geschikt lijkt
- onder welke procescondities (vooral ten aanzien van temperatuur en druk) gewerkt kan worden
- of tijdens HP-RO minder precipitaatvorming optreedt in vergelijking met indampen, hetgeen uitzicht zou bieden op
 - a) minder intensieve microfiltratie, met minder residu en met name
 - b) potentieel hogere productopbrengst
- wat - globaal - de kosten en het energieverbruik van een dergelijk proces zijn;
- of HP-RO in apparaat-technisch opzicht een haalbare optie lijkt
- wat de toepassingsmogelijkheden (vooral binnen de V&G en aanverwante industrie) zijn van dit type processen.

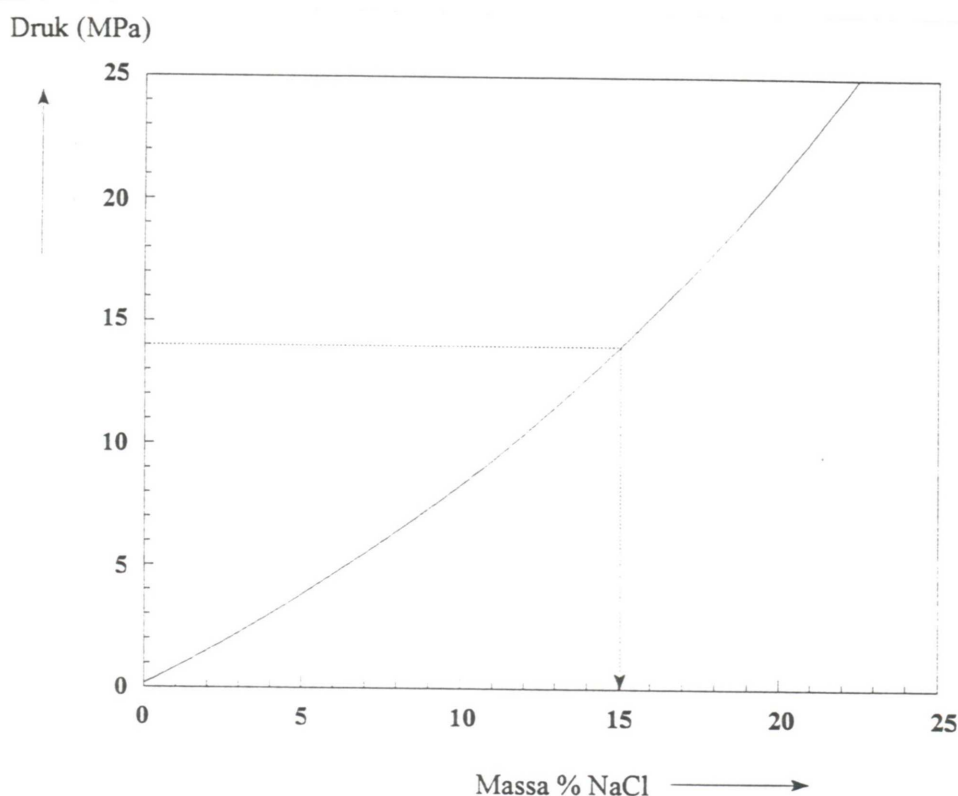
2. Werkwijze hoge druk omgekeerde osmose (HP-RO)

2.1 Beschrijving van de werkwijze

Het principe van omgekeerde osmose is gebaseerd op selectieve permeatie van water ten opzichte van zouten door een semi-permeabel membraan, gedreven door een drukverschil. De selectieve permeatie komt voort uit verschillen in oplosbaarheid en diffusiesnelheid van water en (gehydrateerde) ionen door een 'dichte', dunne ($< 1 \mu\text{m}$), hydrofiele polymeerfilm, die mechanisch ondersteund wordt door een gradueel in porositeit toenemende polymere steunlaag.

Normaliter is een effectief drukverschil van 1 tot 3 MPa voldoende om een goede ontwateringscapaciteit te bewerkstelligen. Het **absolute** drukverschil is hoger, aangezien de osmotische druk van de te ontwateren vloeistofstroom dient te worden overwonnen: deze bedraagt in zeewaterontzoutingstoepassingen bijvoorbeeld circa 2,5 MPa.

Aangezien de beoogde pekelstromen een aanzienlijk hogere osmotische druk dan zeewater bezitten (bijvoorbeeld kaaspekkel: circa 12-16 MPa) dienen ter ontwatering hiervan aanzienlijk hogere drukken te worden toegepast. Figuur 1 geeft de osmotische waarde van zuivere NaCl-oplossingen weer. Bij membranen met 100% retentie voor NaCl is deze gelijk aan de osmotische druk.



Figuur 1 Osmotische waarde van NaCl in water bij 287 K.

Daarnaast dienen lagere recoveries (% permeaatopbrengst ten opzichte van de voedingsstroom) te worden toegepast om de werkdruk op een aanvaardbaar niveau te houden. Dit leidt tot een circa tienmaal hogere energie dan ‘normale’ RO: voor een werkdruk van 15 MPa en een recovery van 10-20% circa 60 kWh per m³ permeaat.

Dit verandert het RO-proces op zich niet wezenlijk: het blijft een qua procesprincipe zeer eenvoudig ‘filterpers’ concept. Eisen dienen echter gesteld te worden aan de drukbestendigheid van apparatuur en RO-membranen (dit door een fijner poreuze steunlaag).

2.2 Plaats in de gehele procesvoering

De werkwijze is dus als volgt: pekkel wordt - bij voorkeur bij de ‘eigen’ temperatuur - met een HD-pomp op een druk ≥ 10 MPa gebracht, en in een membraanmodule gescheiden in een concentraat- en een permeaatstroom. De laatste is vrijwel drukloos en wordt afgevoerd; de eerste wordt gereduceerd tot atmosferische druk (N.B.: er zijn mogelijkheden de hydrostatische energie over te dragen aan de voedingsstroom) en teruggevoerd naar het pekkelbassin; of naar elders voor andere toepassingen.

Indien zich precipitaatvorming voordoet, dient - analoog aan de bevindingen door NIZO voor met behulp van indampen ontwaterde kaaspekkel - een microfiltratie-unit te worden voorgeschakeld en het zoutarme (eventueel via diafiltratie gewassen) precipitaat gespuid.

2.3 Uit te voeren werkzaamheden

De uit te voeren werkzaamheden voor dit project zijn laboratoriumtests met achtereenvolgens modelpekels en praktijkpekels, het op basis hiervan inventariseren van toepassingen, en evaluatie van de technische en economische haalbaarheid. Tijdens de start van het project is besloten om in plaats van kleinschalige tests in het laboratorium het project uit te voeren met een door TNO-MEP (met participatie van de bouwer Setec) aangeschafte proefinstallatie, die vervolgens is aangepast voor bedrijf bij een druk van 18 Mpa.

Onderdeel 1. Tests met modelpekels.

Onderdeel 2. Tests met praktijkpekels.

Onderdeel 3. Inventarisatie van toepassingen.

Onderdeel 4. Evaluatie van haalbaarheid en rapportage.

3. Inventarisatie van pekellozingen

3.1 Inventarisatie pekellozingen voedingsmiddelenindustrie

In een aantal sectoren in de voedingsmiddelenindustrie komt tijdens het proces overtollige pekkel vrij, die vanwege het ontbreken van alternatieven geloosd wordt met het afvalwater. In tabel 2 is een overzicht gegeven van de geïnventariseerde stromen in de voedingsmiddelenindustrie. Een meer gedetailleerde uitwerking is te vinden in Appendix 3.

Tabel 2 Overzicht van de geïnventariseerde pekellozingen in de voedingsmiddelenindustrie. De hoeveelheden berusten op ramingen van gebruikers en leveranciers van zout.

Omschrijving	Geloosde pekkel (m ³ /jaar)	Sterkte in (°Bé)	Zoutvracht (ton/jaar)	Opmerkingen
Kaasproductie	30.000	18	4.400	calciumfosfaat aanwezig
Zuurkoolproductie	17.000	0,75	130	pH = 3, 8 - 5,5
Baconproductie	10.000	22,5	2.250	bevat eiwit- en vleesdeeltjes
Productie ham	11.000	18	2.000	bevat vleesdeeltjes
Zouten van spek	150	20	40	komt op de vloer
Huiden conservering	10.000	20	2.000	komt op de vloer
Visverwerking	75.000	6	5.000	hoog eiwitgehalte
Darmenverwerking	6.000	22	1.300	
Ionenwisselingsprocessen	n.b.		n.b.	kat- +anionen + organisch materiaal

Kaasproductie

Bij de productie van kaassoorten zoals Goudse en Edammer is pekelen een essentieel onderdeel van het proces. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een pekkelbad met een sterkte van ca. 17,5 % zout. Tijdens het pekelen dringt zout de kaas binnen terwijl tegelijkertijd water (met daarin opgeloste stoffen) naar buiten treedt. Tengevolge van deze uitwisseling van zout en water neemt de zoutconcentratie in de pekkel af en het volume toe. De verlaagde zoutconcentratie wordt gecompenseerd door toevoeging van zout. Daarnaast moet vanwege de volumetoename van tijd tot tijd pekkel worden geloosd. Voor de hele Nederlandse kaasproductie bedraagt dit ca. 30.000 m³/jaar, overeenkomend met een verlies van ca. 4.400 ton zout.

Zuurkoolbereiding

Bij de bereiding van zuurkool wordt gesneden witte kool, met toevoeging van zout vergist. Bij dit proces komt ca. 50 % van de vergiste massa vrij als pekkel, met een gemiddeld zoutgehalte van 0,75 %. Deze overtollige pekkel, ca. 17.000 m³/jaar, wordt geloosd.

Baconproductie

Bij het bereiden van bacon is pekelen één der processtappen. Voor het pekelen van bacon zijn twee procesvarianten in gebruik, namelijk het traditionele bakpekelen, waarbij de bacon in een pekelpot wordt gelegd en het spuitpekelen, waarbij injectie van pekelpasta plaats vindt. Bij beide processen treedt echter een zekere mate van pekerverlies, naar het riool, op. In totaal gaat het om ca. 10.000 m³/jaar met een sterkte van ca. 22,5 %.

Bereiding van gekookte en droge ham

Zowel gekookte ham als droge ham ondergaan een pekelp proces. Dat kan zijn droog pekelen, spuitpekelen en bakpekelen. Bij spuitpekelen en bakpekelen treden soms aanzienlijke pekerverliezen op. Naar schatting gaat het om ca. 11.000 m³ per jaar met een sterkte van ca. 18 %.

Zouten van spek

Het maken van gezouten spek is in Nederland een beperkte activiteit. Bij het zouten vindt een combinatie van pekelinjectie en droogpekelen plaats. Naar schatting treedt hierbij een zoutverlies van ca. 40 ton per jaar op.

Visverwerking

Bij verwerking van vis tot diverse producten zoals gerookte vis, maatjesharing, gemarineerde producten en speciaalproducten is zouten of pekelen vaak een der processtappen. Zout is hierbij vaak het conserveermiddel voor het product. Bij deze processen treden soms aanzienlijk zout- en pekerverliezen op. Naar schatting bedraagt hierbij het zoutverlies ca. 5000 ton/jaar.

Verwerking van darmen

Darmen van varkens en runderen worden bij de slachterijen schoongemaakt (gewassen en ontslijmd) en vervolgens verpakt in vaten met toevoeging van zout. Vervolgens vindt meestal centraal verdere verwerking plaats, inhoudende spoelen, kalibreren, sorteren en verpakken in gebruiksverpakking (weer licht gezouten) voor aflevering aan klanten (worstfabrikanten en slagers). Bij deze processtappen vindt enig zoutverlies plaats, naar schatting gaat het om een hoeveelheid van ca. 1.300 ton per jaar.

Huidenconservering

Voordat huiden van kalveren en runderen verwerkt kunnen worden door leerlooierijen moeten deze eerst minimaal 30 dagen met zout geconserveerd worden. Dit vindt plaats door de huiden droog te zouten met steenzout en vervolgens gekoeld op te slaan. In Nederland gaat het om ca. 2,2 miljoen huiden per jaar, hiervoor wordt ca. 30.000 ton zout gebruikt. Het verlies hierbij in de vorm van pekelpasta naar het afvalwater bedraagt naar raming ca. 10.000 m³/jaar of wel ca. 2.000 ton zout per jaar.

Diverse ionenwisselingsprocessen

In een aantal sectoren in voedingsmiddelenindustrie vindt grootschalig ionenwisseling plaats. Te denken valt hierbij aan het ontzouten van wei in de zuivelindustrie en modificeren van aardappelzetmeel. Voor de regeneratie van deze ionenwisselaars wordt vaak HCl en NaOH toegepast, hetgeen leidt tot een afvalwaterstroom met een hoge zoutbelasting. De locaties waarop dit plaats vindt zijn vaak zodanig gelegen dat eindlozing op groot water mogelijk is waardoor de lozingsproblemen beperkt zijn.

3.2 Globale inventarisatie pekellozingen buiten de voedingsmiddelenindustrie

Ook bij diverse processen buiten de voedingsmiddelenindustrie wordt zout gebruikt leidend tot pekellozingen. Deze stromen zijn globaal geïdentificeerd en zo mogelijk gekwantificeerd. In tabel 3 is hiervan een overzicht gegeven.

Tabel 3 Overzicht van de overige geïnventariseerde pekellozingen.

Omschrijving	geloosde pek (m ³ /jaar)	Sterkte in (°Bé)	Zoutvracht (ton/jaar)	Opmerkingen
Waterontharding	300.000	10	30.000	bevat Ca, Mg
Biotechnologiebedrijf			3.500	lozing Noordzee
Productie katalysatoren	62.500	5	3.400	lozing Noordzeekanaal
Farmaceutisch bedrijf	4.000	10	400	regeneratievloeistof
Productie fijnchemicaliën			4.000	als chloride

Waterontharding

Voor een aantal toepassingen in de (voedingsmiddelen)industrie en ook instellingen is onthard water nodig. Hierbij moet men denken aan ontharden van ketelvoedingswater voor stoomketels en ontharding van water voor toepassing als heet water.

Voor waterontharding wordt veelvuldig kationwisseling toegepast. Hierbij vindt uitwisseling plaats van Na tegen Ca en Mg. Regeneratie van de gebruikte ionenwisselaar wordt uitgevoerd met een NaCl-oplossing. De regeneratievloeistof komt vrij met een concentratie van ca. 10 % zout. Voor ontharding wordt in Nederland ca. 30.000 ton zout gebruikt. Dit wordt uiteindelijk geloosd. Bij een concentratie van 10% betreft het dus een volume van ca. 300.000 m³/jaar.

In de regeneratievloeistof komt uit de aard van het ionenwisselingsproces ook Ca en Mg voor.

Naast waterontharding vindt ook op grote schaal demineralisatie van water plaats via ionenwisseling, zoals bijvoorbeeld bij elektriciteitscentrales en chemische industrie. Hierbij wordt vaak HCl en NaOH gebruikt. De regeneratievloeistof bevat aanzienlijke hoeveelheden NaCl. Meestal is de procesvoering en de locatie zodanig dat dit geen problemen oplevert met lozing.

Biotechnologiebedrijf

In de diverse processen van het bedrijf wordt veelvuldig HCl, H₂SO₄ en NaOH gebruikt (aanzuren, neutraliseren etc.). Dit leidt tot een tamelijk hoge zoutbelasting van het afvalwater (7000 m³/dag). Het chloridegehalte bedraagt ca. 1200-2000 mg/l, het sulfaatgehalte ca. 500 - 1000 mg/l. Lozing vindt indirect plaats op de Noordzee. In totaal betreft het een hoeveelheid van ca. 3.500 ton per jaar.

Productie van katalysatoren

Bij een bedrijf dat katalysatoren produceert komt een pekelse stream vrij groot ca. 62.500 m³/jaar met een concentratie van ca. 5%. Per jaar is dat ca. 3.400 ton zout. Deze overtollige pekelse stream wordt per tankauto vervoerd naar groot water (Noordzeekanaal) om daar geloosd te worden.

Farmaceutisch bedrijf

In dit bedrijf wordt in één der processtappen ionenwisseling toegepast. Dit levert bij regeneratie een pekelse stream op met een sterkte van 10%; per jaar gaat het om ca. 400 ton zout.

Productie fijnchemicaliën

In fijnchemie is, vanwege de hoge eisen die worden gesteld aan het eindproduct geen mogelijkheid voor hergebruik van de vrijkomende chloridehoudende afvalwaterstromen. Het chloride komt vrij in de vorm van zoutzuur en natriumchloride. Eén bedrijf deelde mee op jaarbasis ca. 2000 ton aan chloride te lozen.

Wegenzout

Hoewel het bij de in dit hoofdstuk beschreven pekellozingen om vaak aanzienlijke zouthoeveelheden gaat, is er een aanzienlijk contrast met de 'lozing' van pekelse stream voor gladheidsbestrijding: in de winter van '95/'96 ca. 300.000 ton.

4. Inventarisatie toepassingsmogelijkheden voor ontwatering met HP-RO

Voor oplossing van het probleem van pekellozing zal men bij voorkeur denken aan procesgeïntegreerde oplossingen, waarbij het zout in het zelfde proces wordt hergebruikt. Van de in het voorgaande behandelde situaties van pekellozing lenen zich in principe hiervoor kaasproductie, baconproductie, productie van ham en mogelijk visverwerking.

4.1 Kaasproductie

Zie hiertoe het uitgewerkte processchema in 6.2.

4.2 Baconproductie

Een belangrijke beperking van het pekellozingsprobleem in deze sector lijkt mogelijk door voor zover mogelijk over te gaan op hergebruik van pekkel. Hergebruik van pekkel vergt wel een weer op sterkte brengen van de pekkel tot ca. 22 °Bé. Verder moet een zekere reiniging van de pekkel plaats vinden. Voor de grovere verontreiniging kan dat mogelijk bestaan uit klassieke filtratie, voor verdergaande reiniging moet men mogelijk denken aan microfiltratie. Het processchema gaat daarbij sterk lijken op dat zoals uitgewerkt voor kaaspekkel.

Er zijn echter enkele beperkingen die een dergelijk proces op korte termijn niet realistisch maken. De gebruikte bakpekkel heeft meestal een sterkte van ca. 22 °Bé. Ook met HP-RO lijkt vooralsnog niet bereikbaar. Verder is men gewoon met kleine pekkelbakken (ca. 1 - 2 m³) te werken. Voor toepassing van een systeem van concentreren en hergebruik zou men moeten denken aan een centrale bufferbak.

4.3 Productie van ham

Het pekkelproces van ham vertoont sterke overeenkomst met dat van bacon. Hiervoor gelden ook grotendeels dezelfde beperkingen als voor productie van bacon. Een extra complicatie hierbij is nog dat een bedrijf vaak diverse varianten produceert, met elk zijn eigen pekelsamenstelling. De variatie zit dan in de toevoegingen aan de pekkel.

4.4 Visverwerking

Van de problematiek bij visverwerking is op dit ogenblik onvoldoende bekend om dit verder te kunnen uitwerken.

4.5 Niet procesgeïntegreerde oplossingen

Een niet procesgeïntegreerde oplossing wil zeggen dat toepassing wordt gezocht buiten het proces waarbij de pekels vrijkomt. Het meest voor de hand liggend is te denken aan het opwerken van de pekels tot weer droog zout. Een probleem hierbij is dat de pekels meestal diverse verontreinigingen bevat. Daardoor wordt het maken van zuiver zout kostbaar, en moet worden gedacht aan toepassingen waar geen hoge eisen worden gesteld aan de zuiverheid.

AKZO NOBEL doet onderzoek aan een proces waarbij kleinschalig pekelsstromen, zoals die in dit onderzoek hiervoor zijn beschreven, worden ingedampt. Men werkt hierbij met een nieuw ontwikkelde indampstechniek voor pekels die veelbelovend is wat betreft niveau van energieverbruik en kosten. Vervolgens wordt een beperkte raffinagestap uitgevoerd, waarbij de meest storende verontreinigingen worden verwijderd. Men hoopt op deze wijze een kwaliteit zout te kunnen maken die voldoet aan de specificaties voor een aantal technische toepassingen.

De kosten van afvoer van overtollige pekels per tankwagen naar plaatsen waar deze alsnog geloosd kan worden (bijvoorbeeld grote RWZI's of open water) bedragen gemiddeld ca. NLG 300,- per ton zout. Een nieuw opwerkings- en terugwinningsproces zal dus minder moeten kosten om aantrekkelijk te zijn.

Een vraag bij deze aanpak is of dit decentraal uitgevoerd moet worden, per bedrijf waar de pekels vrijkomt, of centraal met het voordeel dat grootschaliger gewerkt kan worden, maar extra transportkosten gemaakt moeten worden.

Bij centraal verwerken zou bij pekels met een zoutgehalte van minder dan 12% HP-RO mogelijk toegepast kunnen worden om deze pekels bij het bedrijf te concentreren voor transport.

De tot nu toe ter beschikking staande gegevens over deze aanpak zijn te beperkt om goed te kunnen aangeven wat wel en wat niet haalbaar is.

Bij het strooien van wegzout, met name op autosnelwegen, gebruikt men enigszins aangevocht zout om stuiven te beperken, waardoor met hogere snelheden kan worden gestrooid. Voor dit aanvochten maakt men een pekeloplossing van ca. 22% zout. Dit wordt verdeeld over het droge zout. In principe zouden de hiervoor besproken pekelsstromen, mits voldoende ver geconcentreerd hiervoor kunnen worden toegepast. Met HP-RO zal men de gewenste concentratie van 22% op basis van de huidige stand der techniek niet kunnen halen. In plaats hiervan zou men dan kunnen denken aan toepassing van minder geconcentreerde pekels, dan wel aan indampen eventueel na eerst HP-RO toegepast te hebben.

5. Resultaten HP-RO onderzoek

5.1 Samenvatting

Na oriënterende tests met een vijftal RO-membranen met oplopende 'porositeit' is gekozen voor het dichtste type, code Desal 3 SC, als meest geschikt voor dit onderzoek (hoogste retentie; grootste mechanische stabiliteit verwacht; ten koste van een relatief lage permeaat-flux).

In tabellen 4 en 5 is een overzicht gegeven van de belangrijkste testresultaten, verkregen in een kleine pilot plant met in totaal drie met deze SC-membranen uitgeruste membraanmodulen.

Bij een druk t/m 18 MPa blijkt de permeaat-afvoerbuis van de module het te begeven (module #1). Dit kon eenvoudig worden voorkomen (module #2), waarbij echter bleek dat het SC-membraan een zeer sterke compactie (afname van de flux door het ingedrukt worden van de membraan-steunlaag) vertoont: de waterpermeabiliteit nam met een factor ca. 7.5 af na duurproeven met modelpekkel en verdunde kaaspekkel. De retentie bleef stabiel, op een hoog niveau (ca. 99%; deze neemt bij zeer lage productflux als gevolg van diffusie-effecten af).

Tabel 4 Verloop van permeabiliteit en retentie voor de geteste HP-RO modules.

Module #	Pekel	$P_{\text{water}}^{1)}$, voor (l/m ² .h.MPa)	$R_{\text{NaCl}}^{2)}$, voor (%)	$P_{\text{product}}^{1)}$ (l/m ² .h.MPa)	$R_{\text{NaCl}}^{2)}$ (%)	$P_{\text{water, na}}^{1)}$ (l/m ² .h.MPa)	$R_{\text{NaCl, na}}^{2)}$ (%)
1	modelpekkel, 5-13% NaCl	10-12	99+	4.4 → 0.3	99+ → <90	module	lek
2	modelpekkel, 19% NaCl	9-11	99+	1.0 → 0.35	80-89	1.2	98.9
	kaaspekkel, 8-18% NaCl	1.2	98.9	0.1 → 0.9	74-97	n.b.	n.b.
3	vleespekkel, 8-12% NaCl		99+	1.2 → 1.8	98.5-100	3.3	99+

1) P = permeabiliteit, in liters permeaat per m² membraanoppervlak per uur per Mpa drukverschil.

2) R = retentie, als percentage tegengehouden stof.

Bij een druk t/m 12 MPa zijn met een nieuwe module (#3) voor verdunde vleespekkel redelijke scheidingseigenschappen gemeten:

- de compactie van het membraan is nu 2.3 (factor fluxafname);
- de zoutretentie bedraagt meer dan 98.5%;
- de CZV-retentie is zowel voor kaaspekkel als vleespekkel zeer hoog (bij niet te lage flux 96 respectievelijk 99+ %);
- de permeabiliteit is 1.2-1.8 l/m².h.MPa, waardoor een gemiddelde permeaatafvoer van ruim 40 l/module.h mogelijk is;

De vervuiling van de membranen lijkt zowel voor kaaspekkel als vleespekkel gering. Tijdens kleinschalige indampproeven met calciumzout-verrijkte kaaspekkel kon geen significante invloed van de temperatuur worden vastgesteld.

Tabel 5 Samenvatting procesparameters HP-RO.

Module #	Pekel	NaCl gehalte (g/l)	(wt %)	Retentie (%)	ΔP^1 (MPa)	$\pi_{th}^{2)}$ (MPa)	Permeaat (l/module.h)	Permeabiliteit (l/m ² .h.MPa)	CZV permeaat (mg.l ⁻¹)
1	model pekel	48	4.7	98.4	9	3.7	191	4.4	
		49	4.8	98.4	12	3.8	246	3.7	
		49	4.8	98.6	8	3.8	131	3.8	
		71	6.9	98.9	15	5.5	137	1.8	
		93	8.8	96.7	16	7.3	94	1.3	
		145	13.2	92.5	18	11.5	44	0.8	
		133	12.3	88.4	20	10.7	25	0.3	
2	kaaspekel (verdund)	138	12.8	90.1	18.1	11.2	21	0.4	
		142	13.0	94.9	18.1	11.4	15	0.3	1950
		90	8.4	97.3	18.1	6.9	34	0.8	
		97	9.2	97.4	18.1	7.5	35	0.9	616
		208	18.3	74.5	18.1	13.7/18.0	3	0.1/3	
3	vleespekel (verdund)	83	7.9	100.0	12.1	6.4	62	1.3	
		95	8.9	99.5	12.1	7.3	59	1.5	
		100	9.5	99.4	12.1	7.8	49	1.4	
		109	10.1	99.2	12.1	8.4	37	1.2	25
		118	11.1	99.0	12.1	9.4	27	1.2	
		131	12.1	98.6	12.1	10.4	25	1.8	

1) ΔP = aangelegd drukverschil.2) π_m = theoretisch osmotisch drukverschil als gevolg van het zoutgehalte.

5.2 Membraanselectie

Alle resultaten met betrekking tot de membraanselectie zijn opgenomen in *Appendix 4.1*.

In een laboratoriumopstelling (DDS LAB 20) zijn 2 * 5 vlakke films gemonteerd van de volgende DESAL membraantypen:

Tabel 6 Overzicht geteste RO-membranen.

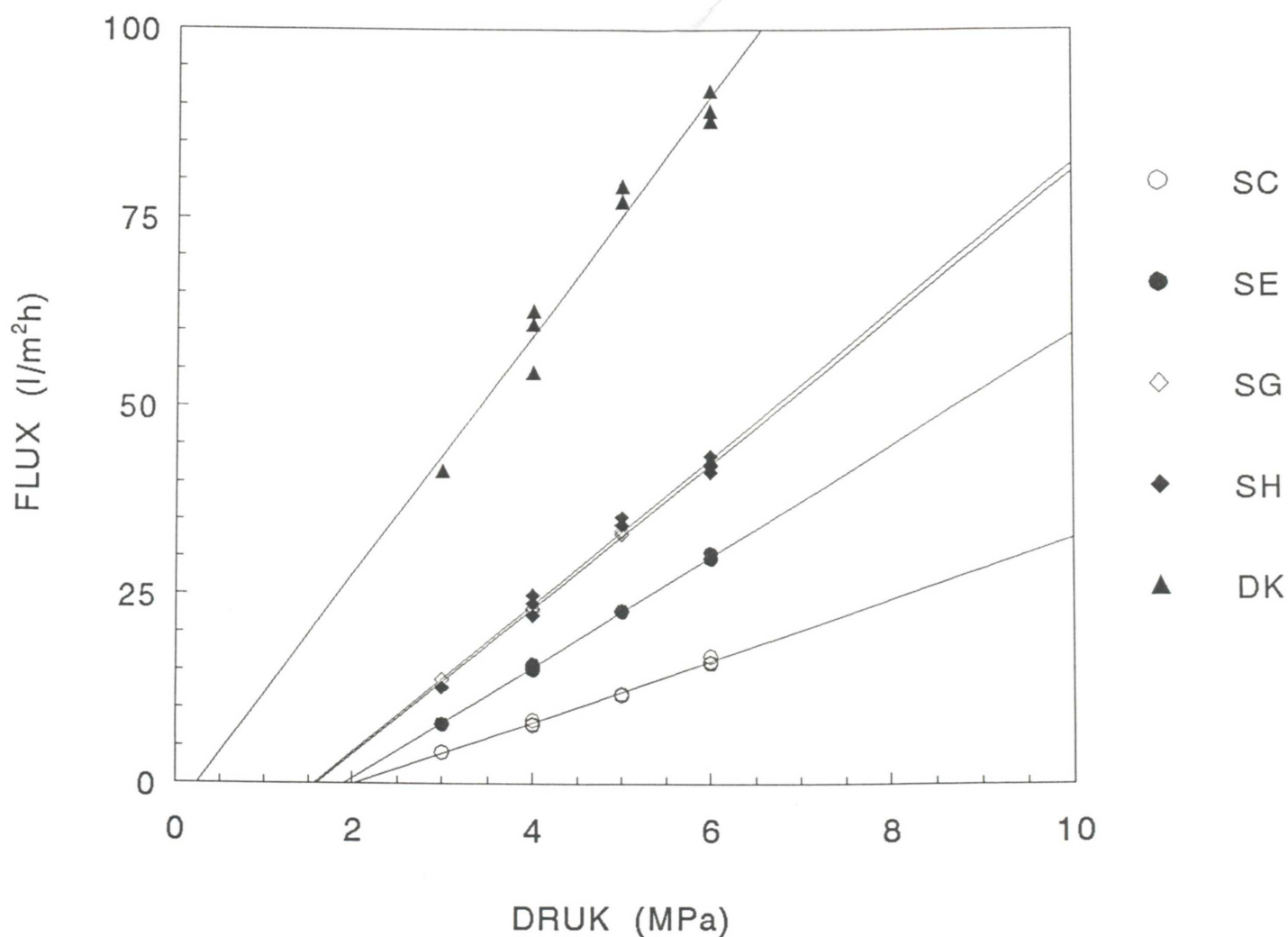
Membraancode	Standaard NaCl-retentie (%)	Standaard toepassing
3 SC	99+	zee/brak water ontzouting
3 SE	98.9	brak water ontzouting
3 SG	98.2	afvalwaterbehandeling
3 SH	97+	afvalwaterbehandeling
5 DK	ca. 50	waterontharding

Deze films zijn alle verkrijgbaar in spiraal-gewonden modules (naar later bleek wordt alleen het SC-type geleverd in een module die tot 12 MPa/50 °C wordt gegarandeerd).

Voor al deze films zijn de permeaatflux en NaCl-retentie gemeten bij verschillende druk (3 tot 6 MPa, het maximum voor de lab-unit), en concentratie (maximaal 3.4 w%).

Figuur 2 geeft een samenvatting van de resultaten voor 2.5% NaCl.

MEMBRAANFLUX vs DRUK voor 5 membranen testoplossing: 2.5 w% NaCl IN WATER



Figuur 2 Membraanflux vs. Druk voor 5 membranen
testoplossing: 2.5 w% NaCl in Water.

Uit het verloop van de flux vs. de druk kan de effectieve osmotische druk B_{eff} worden bepaald. Deze is - met de theoretische osmotische druk. B_{th} (bij een retentie van 100%) en de gemeten retentie - opgenomen in tabel 7.

Tabel 7 Osmotische druk en NaCl-retentie tijdens inleidende experimenten in de LAB-20 proefopstelling.

		[NaCl]	Membraan				
		(w%)	3SC	3SE	3SG	3SH	5DK
B th.	(Mpa)	2.5	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92
B eff.	(Mpa)		2	1.85	1.65	1.6	0.3
R	(%)		97.2	97.1	88.3	92.3	49.8
B th.	(Mpa)	2.9	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24
B eff.	(MPA)		2.45	2.3	1.7	1.8	0
R	(%)		97.5	96.8	83.5	89.6	42.7
B th.	(MPA)	3.4	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
B eff.	(MPA)		2.55	2.4	1.7	1.8	0
R	(%)		97.5	96.6	82.5	88.9	46

Uit tabel 7 kan worden afgelezen dat voor de SC- en SE-films geldt dat $B_{\text{eff}} \approx B_{\text{th}}$. De overige films vertonen een veel lagere retentie dan gemeld in tabel 6: dit is onder meer een gevolg van de hogere zoutconcentratie en de meetomstandigheden.

Om het zoutverlies tijdens de pilot-experimenten (met veel sterkere pekels) te beperken en vanwege de snellere beschikbaarheid is daarom gekozen voor toepassing van modules op basis van het Desal 3 SC membraan in het verdere onderzoek.

5.3 Tests met modelpekels

Alle volgende HP-RO test zijn uitgevoerd met de door SETEC gebouwde proefinstallatie; de layout is beschreven in *Appendix 2*.

De resultaten zijn opgenomen in *Appendix 4.2* voor module 1 en *Appendix 4.3* voor module 2. Hieronder volgt in chronologische volgorde een korte beschrijving.

– **Continue RO, ca. 4.8% NaCl, max. 12 MPa** (file 13/03)

De druk is hierbij gevarieerd tussen 5 en 12 MPa; aan het einde is de temperatuur en zoutconcentratie opgevoerd tot ca. 7%. De totale duur was ca. 14.5 uur. De permeabiliteit (en de flux) nam hierbij af van rond 4.4 tot minder dan 3.8 l/m².h.MPa; met name tijdens het toenemen van het zoutgehalte en de temperatuur. De verklaring moet gezocht worden in enige compactie (samendrukking van de toplaag of eventueel de ondersteuningslaag) van het membraan; vervuiling kan bij deze modelpekel geen grote rol hebben gespeeld.

- **Concentrerings van ca. 7% tot 9% zout; max. 20 MPa** (file 13/03)
Gezien de permeabiliteit (afnemend van 1.8 naar 1.3 l/m².h.MPa) en retentie (99-97%) was tijdens deze proef nog geen sprake van beschadiging in de module; wel van verdere compactie. Na ca. 4,5 uur was de doel-concentratie van ca. 91.5 g/l (8.7%) NaCl bereikt; tijdens het daarop volgend continue bedrijven van de installatie bij deze concentratie gedurende 41 uur nam de permeabiliteit af van 1.6 naar 1.3 l/m².h.MPa.
- **Concentrerings van ca. 9% tot 14% zout; max. 18 MPa** (file 26/3)
Gedurende 29.5 uur is geconcentreerd tot een zoutgehalte van ca. 145 g/l. De permeabiliteit nam hierbij af van 1.3 tot 0.8 l/m².h.MPa. Opvallend is de afname van de retentie tot 92.5%; achteraf moet dit - naast het effect dat een hogere zoutconcentratie en lagere flux altijd leidt tot een lagere retentie - wellicht aan interne breuken in de module worden toegeschreven.
- **Concentrerings van 14% zout tot hoger** (geen file)
Nadat de flux bij 18 MPa en zelfs kortdurig 20 MPa te laag werd bevonden, is besloten de temperatuur op te voeren tot 30 °C (lagere osmotische druk, onder meer door iets lagere retentie; lagere viscositeit; dus hogere te verwachten flux). De module bleek niet tegen de combinatie 18 MPa/T >25 °C bestand. Inspectie na demontage gaf het volgende te zien:
 1. de permeaatafvoerbuis bleek samengedrukt/gebarsten, leidend tot lek van retentaat naar permeaat;
 2. de membraanenvoloppes zelf, inclusief lijmverbindingen, lijken intact gebleven; hoewel het membraan duidelijk gedeeltelijk in de permeaatafvoerspacer was gedrukt (en zelf gecompacteerd, dikte afname ca. 10-30 µm) leek de laatste zelf niet samengedrukt, en voldoende open.
- **Karakterisering en compactie van module #2** (file 16/04 en 17/04)
Van twee met spoed bestelde nieuwe membraanmodulen (zelfde SC-membraan) is vervolgens geprobeerd de drukbestendigheid te verbeteren door het opvullen van de permeaatafvoerbuis met 316 S-bolletjes. Karakterisering van module 2 geeft globaal dezelfde retentie (99-99.4%) en schoonwaterflux ($P = \text{ca. } 11 \text{ l/m}^2\text{.h.MPa}$, afnemend tot $9 \text{ l/m}^2\text{.h.MPa}$ bij 40 MPa) te zien als - oorspronkelijk - module 1 (zie ook tabel 4).

Vervolgens is het systeem aangesloten op de buffertank met modelpekkel (ca. 12.5% NaCl), en is gedurende 49.5 uur de compactie bij 18 MPa (maximum 20MPa) bepaald. De permeabiliteit (flux gedeeld door drukverschil) neemt zeer snel af (zie appendix 4.3, file 17/04):
 - Tijdens het opvoeren van de druk van 12 naar 18 MPa neemt P in 3½ minuut af van 1.9 tot 1.0 l/m².h.MPa.
 - Na ca. 1 uur bij 18 MPa is $P \sim 0.5 \text{ l/m}^2\text{.h.MPa}$, en neemt de volgende ca. 48 uur nog maar langzaam verder af tot 0.35 l/m².h.MPa.
 - Kortstondige drukverhoging tot 20 MPa doet P niet scherp afnemen.

- Na aflaten van de druk, spoelen en kortstondig opnieuw meten (met in-middels iets verdunde pekkel) herstellen de flux en permeabiliteit zich enigszins: P bij 17 MPa is hier $0.5 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{MPa}$. Blijkbaar is de compactie van een - klein - deel reversibel.
- De retenties (85-89%) zijn gezien de lage fluxwaarden niet verontrustend laag.

5.4 Tests met praktijkpekels

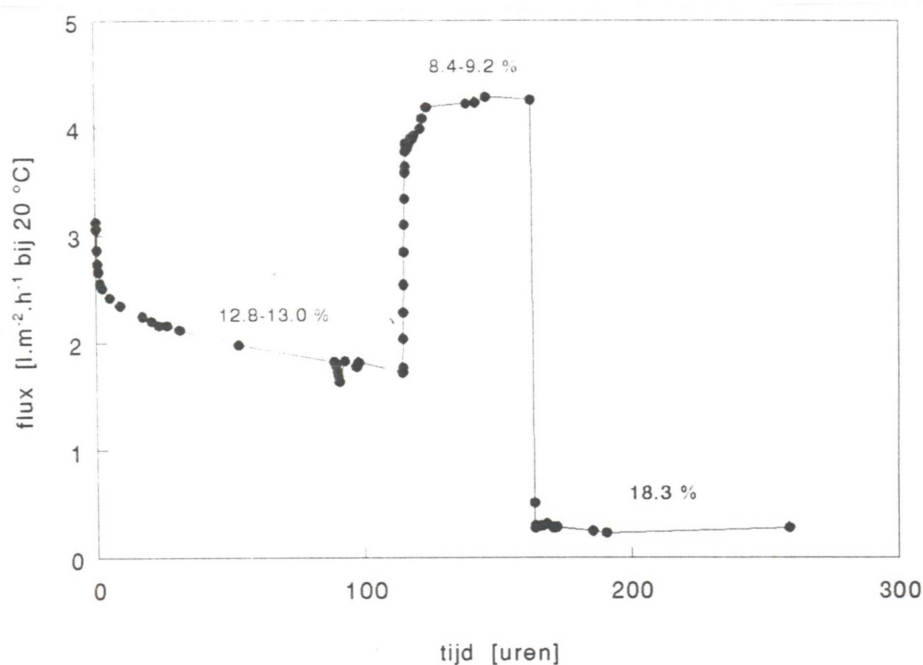
De resultaten met (verdunde) kaaspekkel en vleespekkel zijn opgenomen in de *Appendices 4.3 respectievelijk 4.4*.

- Karakterisering module 2 vóór kaaspekkel test (file 03/05)

Na spoelen van de module is deze opnieuw gekarakteriseerd: Bij 3-7 MPa blijkt de waterpermeabiliteit een constante waarde van $1.2 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{MPa}$ te hebben (NB: dit is een factor 7.5 lager dan de oorspronkelijke waarde!). De NaCl-retentie van 98.9% wijst erop dat de module mechanisch nog volledig intact is: met de staalbolletjes is dus het breukprobleem opgelost.

Duurtest met verdunde kaaspekkel (file 30/05)

Van ca. 1 m^3 van Coberco verkregen (Goudse) kaaspekkel is 500 l ca. 1.3 maal verdund met demiwater tot een zoutgehalte van 140 g/l (13%). Figuur 3 en tabel 4 (paragraaf 5.1) geven een overzicht van de resultaten van deze proef.



Figuur 3 Fluxverloop tijdens HP-RO van verdunde kaaspekkel bij 18 MPa (drie zoutgehalte-niveaus)
Module 2 (voorgecompacteerd bij 18 MPa).

Gedurende 114 uur is continu (met recirculatie van permeaat) gewerkt bij 13% NaCl. Hierbij nam de permeabiliteit (na in het eerste uur te zijn gezakt van 0.48 tot 0.40) slechts zeer geleidelijk af van 0.40 tot 0.30 l/m².h.MPa. Bij deze lage flux is het CZV-gehalte van het permeaat bepaald: 1950 mg/l, ofwel (bij aanname dat het CZV-gehalte van onverdunde kaaspekkel 30 g/l bedraagt) een reductie van 91%. Bedacht moet worden dat deze waarde sterk wordt beïnvloed door de lage waterpermeabiliteit, waardoor diffunderende organische stof een relatief hoge permeaatconcentratie veroorzaakt. In de daaropvolgende 49 uur is de pekkel verder verdund tot ca. 9% zout: hierbij verdrievoudigde de permeabiliteit, hoewel deze is gecorrigeerd voor de afnemende osmotische druk. Dit duidt erop dat de concentratie-polarisatie (het hoger zijn van de NaCl-concentratie in het membraan-vloeistof grensvlak ten opzichte van de bulk) bij hoger NaCl-gehalte relatief hoger is. Bij deze hogere flux (en iets hoger watergehalte) daalde het CZV-gehalte in het permeaat tot 616 mg/l; een reductie van ca. 96%.

Vervolgens is de test unit omgeschakeld naar onverdunde kaaspekkel (18.3% zout). Dat er bij dit zoutgehalte nog een flux is gemeten (ca. 0.3 l/m².h, gedurende 96 uur stabiel) moet volledig worden toegeschreven aan de relatief lage zoutretentie van 74.5%: de permeabiliteit, berekend met een osmotische druk bij 100% retentie komt op de onrealistische waarde van 3 l/m².h.MPa; op basis van de gemeten retentie bedraagt deze 0.1 l/m².h.MPa, wat in lijn is met de eerdere resultaten.

– **Test met verdunde vleespekkel** (appendix 4.4)

Met een nieuwe module (#3) is tot slot - na karakterisering met water en modelpekkel - een concentreringsproef uitgevoerd met ca. 63% verdunde pekkel, afkomstig uit de productie van rauwe ham (Meester, Wijhe).

Zoals tabel 4 (paragraaf 5.1) laat zien, kon de pekkel bij 12 MPa vrij probleemloos tot 12.1%, en daarmee wellicht ook tot de uitgangskoncentratie 13% worden her-geconcentreerd. De permeabiliteit bleef hierbij vrij constant, rond een waarde van 1.3 l/m².h.MPa. Dit is ca. 40% van de schoonwater-permeabiliteit, gemeten na afloop/schoonspoelen van de installatie: duidelijk is daarmee dat de invloed van membraanvervuiling gering tot afwezig is. Het membraan is tijdens de vleespekkelproeven bij 12 MPa totaal met een factor 2.3 gecompecteerd: ruim driemaal minder dan bij 18 MPa.

Voor vleespekkel is verder een zeer hoge zoutretentie gemeten (boven 99%, afnemend tot 98.5% bij een concentratie van 12%). Daarnaast is de permeatie van CZV zeer laag: met 25 mg/l is de CZV-retentie zeker hoger dan 99%.

5.5 Precipitaatvorming

Het onderzoek naar mogelijke vermindering van precipitaatvorming bij toepassing van HP-RO heeft slechts beperkte aandacht gekregen, zoals besproken tijdens de mid-term bijeenkomst van 31-05-'96:

- Precipitaatvorming in de praktijk is volgens NIZO eerder een 'maanden dan uren kwestie'.
- Als gevolg van de door membraan-compactie lage permeaatflux is uitvoering van de benodigde concentreringsproeven een tijdrovende zaak, die teveel ten koste zou gaan van zinvoller activiteiten.

Besloten is toch enkele oriënterende experimenten uit te voeren om het effect van een lagere concentreringstemperatuur op de snelheid van precipitaatvorming vast te stellen.

Hiertoe is een hoeveelheid kaaspek 1:1 verdund met ultrafiltratie-permeaat van zure karnemelk (als - natuurlijk niet optimale - nabootsing van de inbreng van kaasvocht in de pek). Hoewel dit UF-permeaat vrijwel verzadigd is aan calcium-zout (fosfaat/citraat) bleef het pekelmengsel vrij helder.

Vervolgens zijn kortdurende indampproeven uitgevoerd, met een roterende film-verdamper (laboratorium-model), bij drie temperaturen: 30 °C (als nabootsing voor HP-RO, hoewel deze eerder bij ca. 10-15 °C zou worden uitgevoerd), 50 °C en 70 °C. Het resultaat was teleurstellend; in alle drie de gevallen trad dermate snel een begin van precipitatie op (vóór het bereiken van 5% volumereductie) dat geen significante invloed van de temperatuur kon worden vastgesteld.

6. Technisch/economische evaluatie van HP-RO

6.1 Technische aspecten

Rekening houdend met de osmotische druk, een (ruim haalbaar gebleken) retentie van $\geq 90\%$ en een gewenst minimale drijvende kracht (effectief drukverschil, berekend op de bulk van de vloeistof) van 2 MPa kan uit dit onderzoek worden afgeleid welke absolute druk globaal nodig is voor het behandelen van (op NaCl gebaseerde) pekels (tabel 8).

Tabel 8 Benodigd drukverschil voor HP-RO van NaCl-pekels bij 10-20 °C.

Gewenste eindconcentratie (% w/w NaCl)	Benodigde absolute druk (MPa)
12	12
17 (t.b.v. kaas)	18
22 (t.b.v. vlees en wegen)	27

De resultaten van dit onderzoek (zie 5.1) geven aan dat HP-RO met het geteste, relatief goedkope (zie 6.2) spiraal-gewonden membraansysteem verantwoord is tot een druk van **maximaal 12 MPa**. Bij deze druk kunnen de scheidingsprestaties (permeabiliteit/flux; NaCl-retentie; CZV-retentie; vervuiling) als redelijk tot goed worden gekwalificeerd.

Sterke verbetering is hier mogelijk door toepassing van minder compacterende membranen, eventueel van een iets meer 'open' type.

In het toepassingsgebied boven 12 MPa blijken de geteste modules ontoereikend, met name door sterke compactie van het membraan; de drukbestendigheid van de module zelf lijkt - op een eenvoudig op te lossen probleem met de permeaatafvoerbuiss na - goed tot drukken van ca. 20 MPa.

Inmiddels zijn membranen geïdentificeerd (ref. 2) waarvan geclaimd wordt dat ze mechanisch stabiel zijn tot een druk van ca. 30 MPa. Deze zijn echter (nog) niet in drukbestendige spiraal-gewonden modules verkrijgbaar.

Daarnaast wordt momenteel in met name Duitsland ervaring opgebouwd met - relatief duurdere, zie 6.2 - plaatvormige HP-RO systemen bij drukken tot 20 MPa (ref. 3). Ook is inmiddels - op basis van meegedeelde resultaten uit dit onderzoek (zoals besproken op de voortgangvergadering van 17-09-'96) grote interesse gewekt bij de producent van de geteste modules voor het inzetten van mechanisch stabielere membranen (ref. 4).

Het bovenstaande voert tot de conclusie dat voor HP-RO tot ca. 20 MPa (18-19% NaCl) geschikte spiraal-gewonden modules beschikbaar kunnen zijn binnen één jaar (4 inch modules, voor kleinschalige toepassingen tot ca. 1 m³ waterverwijdering per uur) respectievelijk twee-drie jaren (voor grootschalige toepassingen).

6.2 Economische aspecten

Spiral-wound HP-RO vs. andere systemen

Een nauwkeurige vergelijking wordt bemoeilijkt door het slechts beperkt willen verstrekken van informatie door leveranciers.

Tabel 9 is samengesteld op basis van indicatieve gegevens, maar toont desondanks duidelijk de potentiële voordelen van rond spiraal-gewonden modules opgebouwde systemen aan.

Tabel 9 Kostenindicatie voor twee typen HP-RO module configuraties.

Module type	Membraan oppervlak (m ²)	Toepassing	Prijsindicatie		Prijs totaal (NLG/m ²)
			Membraan-element (NLG)	Drukvat (NLG)	
vlakke plaat ¹⁾	ca. 7.5	max. 12 MPa	17.500	incl.	2350
vlakke plaat	ca. 7.5	max. 20 MPa	25.000 ²⁾	incl.	3350 ²⁾
spiraal-gewonden ¹⁾	ca. 6	max. 12 MPa	850	3000/6	225
spiraal-gewonden	ca. 6	max. 20 MPa	1700 ²⁾	5000/6	400 ²⁾

1) reeds commercieel verkrijgbaar.

2) schatting.

Economische cases: beschrijving

Voor het verkrijgen van een beeld van de (voor drukken boven 12 MPa potentiële) kosten van HP-RO zijn drie cases beschouwd:

1. Kaasbedrijf. Ontwatering van 17-18% sterke pekkel met HP-RO/18-20 MPa; verwijdering precipitaat met microfiltratie (MF).
2. Vlees/vis verwerking, of vóórconcentrerende voor transport. Concentrerende van 1 ton/h 8% pekkel tot 12% met HP-RO/12 MPa.
3. Als 2, grootschalig: verwerking van 18 ton/h pekkel.

Het betreft hier oriënterende schattingen waarbij de volgende algemene uitgangspunten zijn gehanteerd.

- Rente en afschrijving: 20% van de procesinvesting
- Elektriciteit: NLG 0.11/kWh
- Aardgas: NLG 0.215/m³; stookrendement 45%
- Onderhoud: 5% van de procesinvestering
- Menskracht: NLG 60/uur

Stroomschema's en kostenschattingen voor deze cases zijn opgenomen in appendix 5.

Tabel 10 geeft een overzicht van de kostenschattingen, samen met een kostenindicatie voor vergelijkbare, momenteel leverbare, indamp-systemen.

Tabel 10 Globale kosten van HP-RO vs. Indampen.

	Investering (* 1000 NLG)	Energie (MJ/m ³)	Energiekosten (NLG/m ³ water)	Totale kosten ¹⁾ (NLG/m ³ water)	Potentiële opbrengsten ⁴⁾ (NLG/m ³ water)
HP-RO en MF, pekel 18%, kaasfabriek	200 (107 + 93)	300	10,00	40 + 36 (RO +MF)	61
HP-RO van 1 ton/h pekel 8% naar 12%	200	75	2,50	30	10
HP-RO van 18 ton/h pekel 8% naar 12%	2400	60	2,00	17	10
1 traps indamper, kaasfa- briek ²⁾	ca. 100	2400	36,00	62 + 36	61
3 traps indamper, 18 ton/h pekkel 8% naar 12% ³⁾	2500	600	21,50	37	10

1) Exclusief eventuele opbrengsten.

2) Gebaseerd op 2400 kJ/kg, stookrendement 45%, NLG 0.215/m³ gas.
Precipitaatverwijdering door MF analoog als bij HP-RO.

3) Door intrapolatie verkregen waarden, gebaseerd op gegevens van een indamper-fabriek voor het concentreren van 12 ton/h relatief zuivere zoutoplossing van 8% naar 16% NaCl.

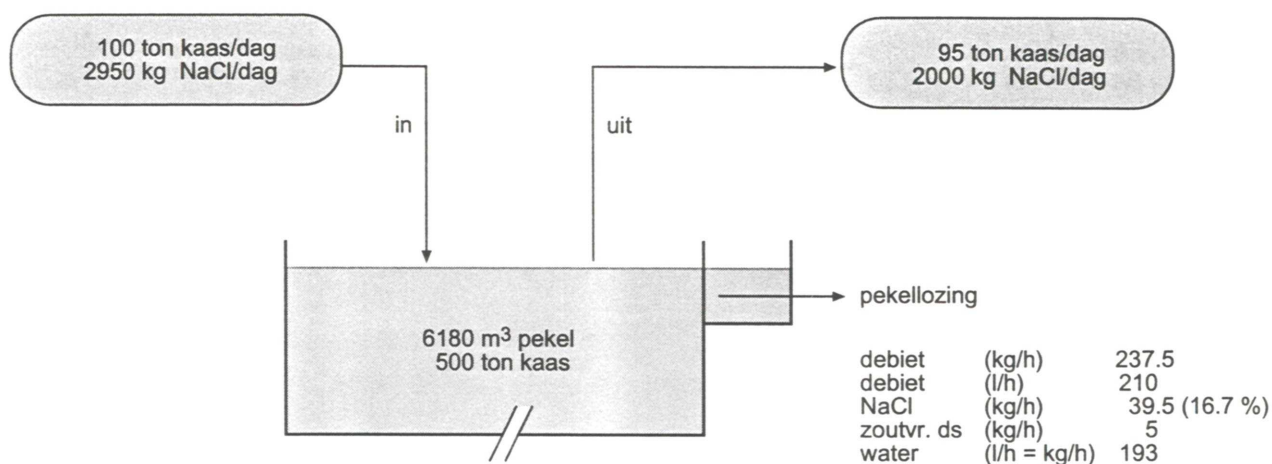
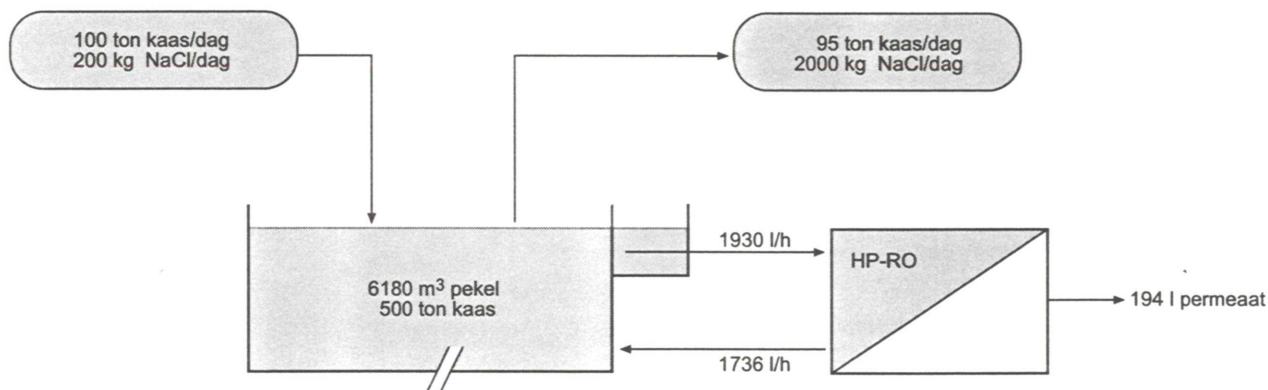
4) Besparing op transportkosten gesteld op 50 km à NLG 20,-/ton; voor de kaasfabriek komen hier bij lozingskosten (800 VE à NLG 75,-; NLG 38/m³) en hergebruik van MF-precipitaat. De extra droge stof-opbrengst in de 2^e wei (NLG 13/m³) is verwaarloosd.

Kaaspekkel/18% zout

Fig. 4 geeft de situatie voor een 'model' kaasbedrijf weer (zie ook appendices 3 en 5). Niet vermeld op dit schema is microfiltratie. Dit is hier geprojecteerd als zelfstandig, parallel aan HP-RO werkend systeem volgens het schema 'optie 2' (appendix 5).

HP-RO

- Een permeabiliteit van 1.25 l/m².h.MPa is verondersteld (voor een nog te ontwikkelen, minder compactie vertonende membraanmodule).
- De hiertoe benodigde installatie is qua pompcapaciteit vergelijkbaar met de TNO-unit: alleen nu uitgerust met twee serie-geschakelde drukvaten à 6 membraanmodulen.

Stroomschema model-kaasbedrijf: huidige situatie**Stroomschema model-kaasbedrijf: (toekomstige) HP-RO**

Massabalans HP-RO vs. pekellozing				
		voeding	retentaat	permeaat
debiet	(kg/h)	2171	1977	194
debiet	(l/h)	1930	1736	194
NaCl	(kg/h)	362.5	361.6	0.9
zoutv.ds	(kg/h)	45.5	45.4	0.1
water	(l/h = kg/h)	1763	1570	193

Figuur 4 Toepassing van HP-RO in een kaasbedrijf: stroomschema en effect op massabalans.

MF

- Uitgevoerd als recirculatie-systeem, waarbij volgens een ‘feed & bleed’-principe het precipitaatgehalte in een 5 m³ buffertank gedurende ca. 3 weken langzaam oploopt, waarna de toevoer enige tijd wordt stopgezet, de tank-inhoud verder wordt geconcentreerd tot ca. 2 m³, en na eventueel uitwassen van het NaCl met water het precipitaat (NB: dan afzetbaar?) wordt afgevoerd.
- De capaciteit van het MF-systeem is afgestemd op de hoeveelheid te verwijderen precipitaat: deze is geraamd op al het Ca, P, citraat en Mg dat nu via de pekellozing wordt afgevoerd: totaal 0.33%. Hiertoe dient gemiddeld minimaal 238 kg/h pekkel ‘geklaard’ te worden; een benodigde capaciteit van 500 l/h is daarop vastgesteld. Met een permeaatflux van (aangenomen) 100 l/m².h is het benodigde membraanoppervlak 5 m²: het gaat dan in wezen om een vrij kleine pilot plant.

Totaal-kaaspekkel

- De totale kosten worden begroot op rond 40 NLG/m³ waterverwijdering voor HP-RO, en ca. NLG 16/m³ water(!)verwijdering voor de MF-unit. De laatste kosten zijn overigens sterk afhankelijk van de afvoerkosten voor ca. 32 m³ precipitaat-slib per jaar.
- Als baten zijn begroot de reductie van CZV/N-lozing (NB: op basis van de kaaspekelsamenstelling, zoals gegeven in ref.1 en appendix 3, bedraagt het aantal VE’s eerder 1200 dan de hier gehanteerde 800), het feit dat de verkleining van het kaas-droge stofverlies zal moeten leiden tot iets meer wrongelwassing en daarmee gepaard gaande wei-droge stof (hier staan echter extra waterverwijderingskosten tegenover), en eventuele afzet van MF-precipitaat. Daarnaast kunnen transportkosten worden bespaard door voor-concentrerings van pekkel voor verwerking/lozing elders (verwerkt in tabel 10).
- De netto-operationele kosten lijken hiermee gering: ca. NLG 15 per m³ waterverwijdering ofwel ca. NLG 23.000/jaar voor een model kaasfabriek.
- Vergelijking van het HP-RO deel met de kosten van een eenvoudige eentraps omloopverdampers (ruw begroot op een investering van NLG 100.000, vergelijkbaar met HP-RO), duidt op een factor 1.5 kostenverschil: vooral veroorzaakt door de energiekosten.

NaCl pekkelconcentrerings van 8 tot 12%

- Zowel voor de kleinschalige (1 ton/h) als de opgeschaalde installatie (18 ton/h) is een permeabiliteit van 1.25 l/m².h.MPa verondersteld. Door de hogere gemiddelde drijvende kracht (de osmotische druk neemt hier toe tot eindwaarde) is het benodigd membraanoppervlak relatief lager dan in de kaaspekkel-case.
- Buffertanks hebben een relatief groot aandeel in de investerings- en proceskosten.

- De totale kosten voor kleinschalige HP-RO zijn met rond NLG 30 per m³ waterverwijdering ca. 2 * lager dan (ééntraps-)indamper.
- De totale kosten voor grootschalige HP-RO worden op ca. NLG 17.50/m³ geschat; dit is eveneens globaal 2 * lager dan voor een drietraps filmverdamper (tabel 10).

7. Conclusies

In de voedingsmiddelenindustrie is een negental hoofd-pekelsectoren geïdentificeerd, met een totale zoutvracht van ruim 17.000 ton/jaar (volume ruim 160.000 m³/jaar). De belangrijkste pekellozingen vinden hier plaats bij de kaasproductie en de visverwerking.

Buiten de voedingsmiddelenindustrie wordt ca. 400.000 m³ pekelsectoren geloosd met een zoutvracht van ca. 40.000 ton/jaar; dit is globaal voor 75% afkomstig van het ontharden van water.

Uit het onderzoek naar de technische haalbaarheid van hoge-druk omgekeerde osmose (HP-RO) voor hergebruik van pekelsectoren dan wel winning van zout hieruit komt naar voren dat het onderzochte spiraal-gewonden systeem nog niet geschikt is voor drukken boven 12 MPa; waardoor tot maximaal 12 wt% zoutbevattende sectoren kunnen worden behandeld. In dit concentratiegebied zijn de scheidingseigenschappen, bepaald voor verdunde kaas- en vleespekelsectoren, redelijk tot goed te noemen: gemiddelde permeaatdebieten boven 40 l/uur.module haalbaar; zoutretentie (NaCl) boven 98%; CZV retentie boven 96%; geen indicatie voor sterk vervuiligingsgedrag.

In het potentiële toepassingsgebied voor sterkere pekelsectoren, tot ca. 18% zout, blijken de geteste modules ontoereikend vooral door compactie van de RO-membranen en de drukbestendigheid van de permeaatvoerbuizen. Het laatste probleem kon binnen dit onderzoek eenvoudig worden verholpen; voor het eerste zijn membranen met een mechanisch stabielere steunlaag nodig.

Ze recent is gebleken dat in Duitsland op industriële schaal duurtests tot 20 MPa zijn uitgevoerd voor het concentreren (vóór)drogen van percolatiewater van vuilnisstorten, met een -relatief duur- vlak HP-RO systeem. Op basis hiervan mag worden verwacht dat binnen 1 tot 2 jaar eveneens systemen beschikbaar zullen kunnen zijn, gebaseerd op de in dit project geteste - goedkopere - spiraalgewonden configuratie.

Het energieverbruik voor HP-RO wordt voor toepassingen tot 12% zout geschat op maximaal 60 kWh, ofwel ca. 210 MJ, per m³ verwijderd water (NB: dit is zonder energierugwinning, hetgeen een optie is voor de hogere debieten). Dit is ca. 11* lager dan - voor lage debieten toegepaste - ééntrapsverdamper. Het concentreren van 8% naar 12% pekelsectoren neemt zelfs slechts ca. 20 kWh/m³ (75 MJ/m³). Bij hogere concentraties zoals in een kaasbedrijf zal het energieverbruik 80-100 kWh/m³ bedragen.

Naast het energieverbruik lijkt met HP-RO een besparing van een factor 1.5 tot 2 mogelijk ten opzichte van indampsystemen.

Toepassingsmogelijkheden voor HP-RO:

- **Direct** hergebruik in het bassin: potentieel vooral voor kaaspekkel (ca. 18% zout), dus ligt dit nog in de (nabije) toekomst.
- **Indirect** hergebruik in de voedingsmiddelenindustrie: er lijken mogelijkheden te bestaan om in de vis- en vleesverwerkende industrie pekkelbaden op te werken tot 12-(toekomst)18% zout, waarna deze stroom met droog zout tot de gewenste eindsterkte wordt gebracht en ingezet.
- **Indirect** hergebruik elders: het voorconcentreren van pekkelstromen tot 12% zout (toekomst 18% zout) ter besparing op transportkosten naar een centrale verwerkingsfabriek.

8. Referenties

- [1] P. Zoon, J. Straatsma, D. Allersma,
Indampen van kaaspekkel en de gevolgen voor de kaaskwaliteit,
Voedingsmiddelentechnologie (VTM) 24 (1991)(11) 13-16.
- [2] Hydranautics, persoonlijke mededeling 24-09-'96.
- [3] R. Rautenbach, Th. Linn, Desalination 105 (1996) 63.
- [4] Desalination Systems Inc., persoonlijke mededeling 24-09-'96.

9. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Novem Utrecht

Participanten/sponsors (appendix 1)

Namen en functies van de projectmedewerkers:

H.W. Bakkenes (TNO-MEP)

J.H. Hanemaaijer (TNO-MEP)

J. Hiddink (IMd Micon)

P.J. Koele (TNO-MEP)

A. Schenkel (IMd Micon)

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

IMd Micon, Barneveld

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

december 1995 - oktober 1996

Ondertekening:



Ir. J.H. Hanemaaijer
projectleider

Goedgekeurd door:



Drs. A.E. Jansen
hoofd afdeling Procestechnologie



APPENDIX 1

LIJST VAN PARTICIPERENDE BEDRIJVEN/INSTELLINGEN

Leden begeleidingscie. pekelpject
d.d. 9 oktober 1996

AKZO Nobel Chemicals BV
De heer K.J. Leeuw
Postbus 247
3800 AE AMERSFOORT

Campina Melkunie BV
De heer J.C. Akkerman
Postbus 18
5100 AA ASTEN

Centrale Aankoop FNZ
De heer H.B.C. Kwakman
Postbus 93
6920 AB DUIVEN

Coberco Kaas
De heer ing. P.J.G.M. van Enckevort
Postbus 69
7940 AB MEPPPEL

Cono Vof
De heren ing D.J. Vos en D.J. Vroegop
Postbus 1
1462 ZG MIDDEN BEEMSTER

Coöp. Zuivelfabriek Rouveen B.A.
De heer B.H. Wevers
Postbus 9
7954 ZG ROUVEEN

Frico Kaas Research
De heren G. Hup en W. van Arem
Postbus 2
9035 ZV DRONRIJP

IMd Micon BV
De heren dr.ir. J. Hiddink en A. Schenkel
Postbus 176
3770 AD BARNEVELD

Meester BV
De heer G. Broekhuizen
Postbus 1
8130 AA WIJHE

NIDO Universal Machines BV
De heer W.J. van der Kamp
Postbus 30
7450 AA HOLTEN

NIZO
Mevrouw ir. H.C. van der Horst
Postbus 20
6710 BA EDE

NOVEM
De heer ir. J.J.D. van der Steen
Postbus 8242
3503 RE UTRECHT

Setec BV
De heren ir. G. Schröder en R. van der Bent
Postbus 90
2250 AB VOORSCHOTEN

TNO-MEP
De heer H.W. Bakkenes en
Ir. J.H. Hanemaaijer
Postbus 342
7300 AH APELDOORN

Zandbergen & Zn. Vleeswaren BV
De heer R. Kuster
J. van Krimpenweg 2
2031 CE HAARLEM

Zuivelfabriek "Twee Provinciën"
De heer ing. R. Siderius
Postbus 2
8710 AA WORKUM

Zuivelonderneming 'De Vijfheerenlanden
BV'
De heer ing. W.J. Scholtens
Steenovenweg 2
4145 KK SCHOONREWOERD

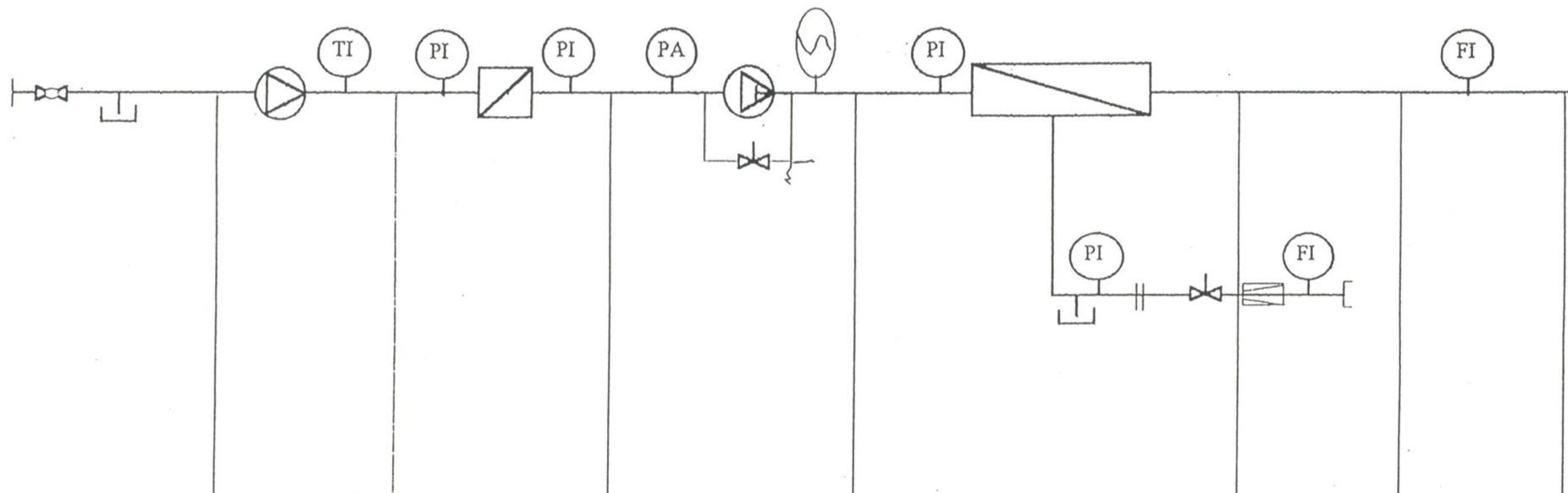




APPENDIX 2

GEGEVENS HP-RO INSTALLATIE

PVC DN15



Discription	Pump	Cartridge Filter	HP Pump	RO4101	Concentrate	Permeate
Model	DPLS4-30	SM20 3/4" W/PR	CAT 3521	SETEC met DESAL SC4040FYM		
Capacity	2.5 m3/h	2.5 m3/h	2.5 m3/h	2.5 m3/h	2.3 m3/h	200 l/h
Diameter						
Design/Work press.	2/2 Bar	2/2 Bar	140/140 Bar	140/140 Bar	Atm	Atm.
Design/Work temp.	Room Temp	Room Temp	Room Temp	Room Temp	Room Temp	Room Temp
Max pressure	3 Bar	3 Bar	140 Bar	140 Bar		
Energie consumption	0.55 kW		14.7 kW			
Content						
Material	RVS316	PP	RVS316	RVS316/Coated steel	PVC	PVC
Opm.			Incl. Overstort Pulsatiedemper Drukregelventiel			



APPENDIX 3

INVENTARISATIE VAN VRIJKOMENDE PEKELSTROMEN

APPENDIX 3: Inventarisatie vrijkomende pekelsestromen

Kaaspekkel vrijkomend bij kaasbereiding

Proces

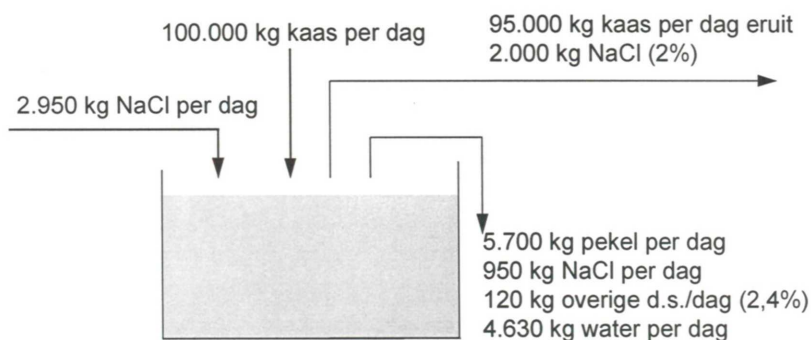
Voor de productie van kaassoorten zoals Goudse en Edammer vormt pekelen een essentieel onderdeel van het proces. Het zout dient ter conservering van de kaas, maar het is ook belangrijk voor de smaak en de consistentie hiervan. Tijdens het pekelen dringt het zout de kaas binnen terwijl tegelijkertijd water met daarin opgeloste stoffen naar buiten treedt. Hierbij neemt de kaas ca. 2% van zijn gewicht aan zout op, terwijl tegelijkertijd 5 à 6 % van het gewicht aan vocht verloren gaat.

Tengevolge van deze uitwisseling van zout en water neemt de zoutconcentratie in de pekkel af en neemt tegelijkertijd het pekkelvolume toe. Het verlagen van de zoutconcentratie wordt gecompenseerd door zout aan het pekkelbad toe te voegen. De volumetoename van de pekkel wordt gecorrigeerd door van tijd tot tijd een hoeveelheid pekkel te lozen.

Kwantificering

Per jaar wordt in Nederland ca. 500.000 ton kaas geproduceerd. Voor het pekelen hiervan wordt ca. 14.000 ton zout per jaar gebruikt. Indien het vochtverlies gesteld wordt op 5 - 6 % dan wordt 25.000 - 30.000 m³ pekkel per jaar geloosd. Het zoutgehalte van de pekkel bedraagt gemiddeld 18 % , waardoor met de pekkel ca. 4.400 ton aan zout verloren gaat. Daarnaast gaat nog zoutvrije drogestof verloren; het gehalte hiervan bedraagt ca. 2,4%, overeenkomend met 600 ton.

Modelbedrijf:



Pekelbassin: $92 \times 16 \times 4,5$ (l*h*b) = 6.624 m³

Pekelsterkte: 17,5 - 18 °Bé

Pekelduur: 4 - 6 dagen

Hoeveelheid kaas in bassin: 500.000 kg

Samenstelling kaaspekkel	% (w/v)
NaCl-vrije dr.stof	2,39
waarvan:	
lactaat	1,08
lactose	0,36
calcium	0,180
kalium	0,123
fosfaat(anorg)	0,096
citraat	0,034
stikstof	0,038
magnesium	0,017

Pekel vrijkomend bij zuurkoolbereiding

Proces

Witte kool wordt gesneden en hierna vermengd met zout. Tijdens de luchtdichte opslag ontstaat een spontane melkzuurgisting. Het vrijkomende vocht en de vrijkomende pekelse wordt via een stijgbuis afgevoerd. Deze 1^e-pekelse (vroeg) pekelse komt gedurende de eerste vier weken vrij. Deze pekelse bevat 0,5% zout en heeft een pH-waarde van 5,5. De 1^e-pekelse omvat 75% van het totale volume vrijkomende pekelse

In de tweede gistingsfase ontstaat 2^e-pekelse (late pekelse): Dit bevat 1,5% zout en heeft een pH van 3,8 (overeenkomstig die van zuurkool). Van de 100% aangevoerde verse gesneden kool wordt 50% zuurkool. Dit houdt in dat eveneens 50% van de aangevoerde massa wordt afgevoerd als zuurkoolpekelse. De hoeveelheid vrijkomende pekelse is derhalve even groot als de geproduceerde hoeveelheid zuurkool. De vrijkomende pekelse kan derhalve omschreven worden als slappe pekelse. In de huidige situatie wordt de pekelse met het afvalwater afgevoerd, naar een eigen afvalwaterzuiveringsinstallatie, waarna lozing op de riolering of oppervlaktewater plaatsvindt, of rechtstreeks op het riool.

Kwantificering:

In Nederland wordt jaarlijks 17.000 ton zuurkool per jaar geproduceerd. Er komt derhalve ook 17.000 ton pekelse vrij:

- 75% = 12.750 ton pekelse waarin 0,5% NaCl overeenkomend met ca. 65 ton NaCl;
- 25% = 4.250 ton pekelse waarin 1,5% NaCl overeenkomend met ca. 65 ton NaCl.

In totaal komt dit neer op 17.000 ton per jaar met een gemiddelde sterkte van 0,75 %.

Omdat het zout als droge stof bij de bereiding wordt toegevoegd, is intern hergebruik niet mogelijk. Tevens zal hierbij de lage pH-waarde een beperking zijn.

Bacon

Bij de baconbereiding worden de volgende twee processen toegepast:

- spuitpekelen (CB-proces)
- bakpekelen (traditioneel)

De processen verschillen dusdanig dat we gekozen hebben voor een afzonderlijke beschrijving.

Spuitpekelen bacon

Proces

De bacon wordt via naalden geïnjecteerd met pekelse met een sterkte van ca. 25 °Bé. Hierbij neemt de bacon 17-18% in gewicht toe. De pekelse die ter plaatse van de injectie van de bacon afvloeit, wordt teruggevoerd naar de pekelsevoorraadbak en dus hergebruikt. De bacon wordt na de behandeling direct vacuumverpakt. Ter voorkoming van de pekelseafscheiding in de verpakking wordt, voor het verpakken, door middel van aftrillen het overschot aan pekelse verwijderd. Deze pekelse kan enigszins vervuild zijn en wordt daarom niet hergebruikt. Dit pekelseverlies is ca. 3% van de verwerkte hoeveelheid bacon en derhalve 2,6% van de geproduceerde hoeveelheid bacon via spuitpekelen. Het pekelseverlies leent zich om de volgende redenen niet voor direct hergebruik in het pekelseproces:

- verstoppingskans van de naalden;
- veiligstelling microbiologische kwaliteit;
- het pekelseverlies is relatief laag, waardoor grote investeringen ten behoeve van het hergebruik niet renderen.

Bakpekelen bacon

Proces

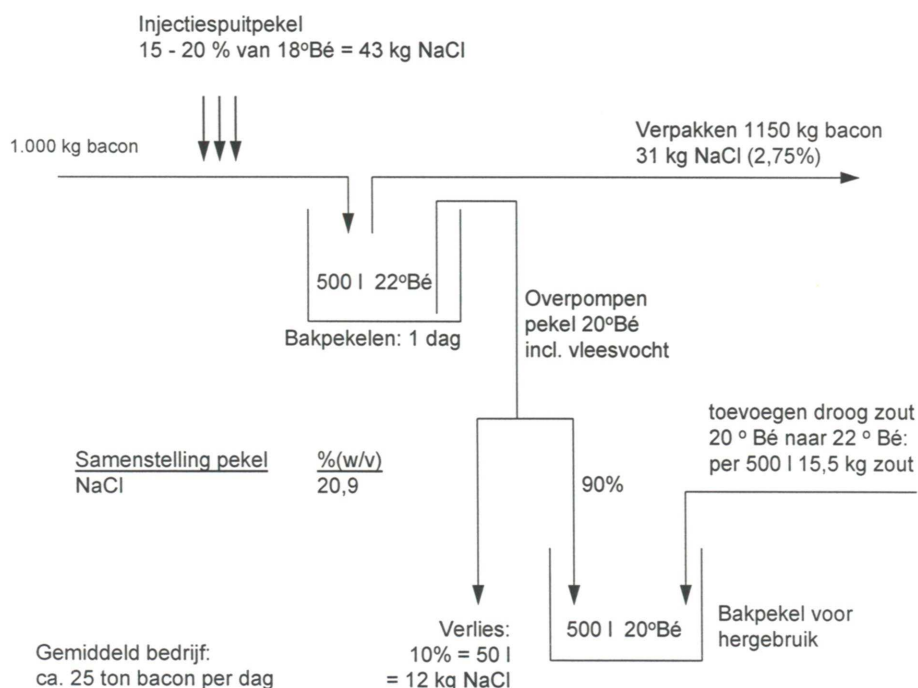
Het eerste deel van het bakpekelproces is overeenkomstig met het spuitpekelen met dien verstande dat 15-20% wordt geïnjecteerd met een sterkte van 18 °Bé. Hierna wordt de bacon gedurende 1 dag ingelegd in een bak met pekel met een sterkte van 22 °Bé. Hierna wordt de bacon verpakt. De opbrengst bedraagt bij deze bewerking ook ca. 115% van het ingaande gewicht aan bacongrondstof. Door sommige bedrijven vindt gedeeltelijke hergebruik van de bakpekel plaats, hierdoor blijft het pekerverlies tamelijk beperkt.

In een goed beheerste situatie wordt van de resterende pekel in de bakken, na pekelen van de bacon, ca. 90% overgepompt naar een bufferbak ten behoeve van hergebruik. Dit betekent dat per ton bacon 50 l pekel naar het riool wordt afgevoerd. Deze pekel heeft een sterkte van 20 °Bé. Ten gevolge van vleesvochtuittrekking tijdens het bakpekelen (ca. 5%) wordt de bakpekel qua volume nagenoeg weer aangevuld tot 500 l. In de praktijk betekent dit dat de bakpekel voor een volgende charge weer op sterkte wordt gebracht van 20 naar 22 °Bé. Hiervoor is per ton eindprodukt 15,5 kg zout nodig.

Kwantificering

De totale baconproductie bedroeg in 1994 ca. 100.000 ton. Aangenomen wordt dat ca. 2/3-deel (65.000 ton per jaar) geproduceerd wordt via spuitpekelen en ca. 1/3-deel via bakpekelen. Per jaar wordt naar schatting ca. 7.000 ton zout gebruikt voor baconbereiding. Naar schatting gaat hiervan ca. 1/3-deel verloren via het afvalwater. Uitgaande van een zoutconcentratie van gemiddeld ca. 22 % komt dit neer op een lozingsvolume van ca. 10.000 m³.

Modelbedrijf:



Ham

Bij de bereiding van ham wordt onderscheid gemaakt tussen gekookte ham en droge ham. Ook hier geldt dat de processen dusdanig verschillen dat deze apart worden behandeld.

Gekookte ham:

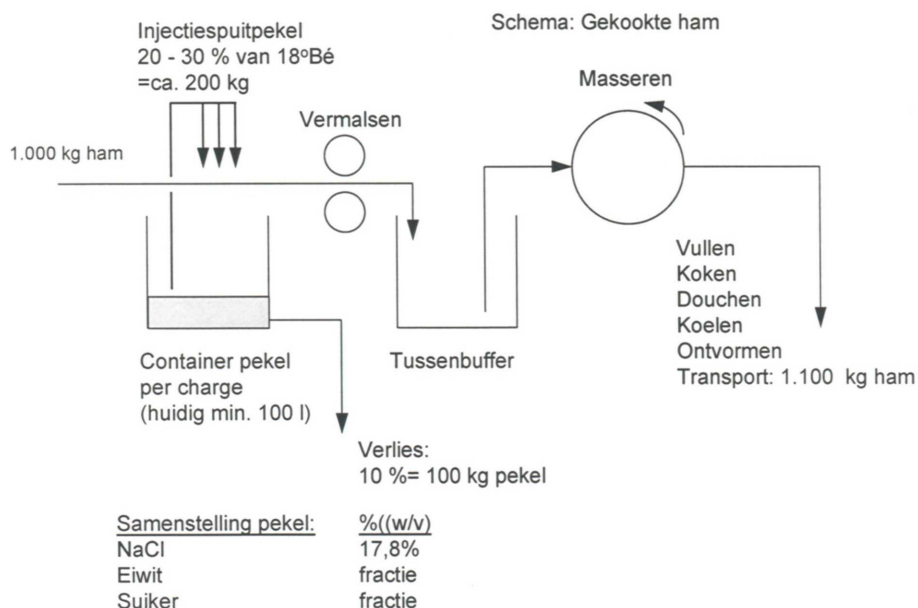
Proces

Aan de ham (schouder- en achterham) wordt via injectie 20 - 30% pekkel van 16-17 °Bé toegevoegd, waarna aansluitend een vermalsing en/of transport plaatsvindt. De hierbij weer uittredende pekkel wordt teruggevoerd naar de bufferbak voor hergebruik voor injectie. De ham wordt hierna onder vacuüm gemasseerd, waardoor zoveel mogelijk eiwitbinding aan de pekkel in de ham wordt gerealiseerd. Bij dit proces als zodanig vindt geen pekkelverlies plaats. Ook in het verdere verloop van het proces (vullen, koken, douchen en nabehandelen) treedt geen pekkelverlies op. Het pekkelverlies treedt vooral op aan het einde van een charge van een bepaalde produktsoort. Elke produktsoort kent zijn eigen pekkelreceptuur (gekenmerkt door verschillende toevoegingen aan de pekkel). Hergebruik van produktsoort naar produktsoort is vanwege deze opzet niet mogelijk. Het optredende pekkelverlies bij wisseling van produktsoort kan wel tot 50 % bedragen van de aangemaakte hoeveelheid pekkel. Opslaan en hergebruik van de spuitpekkel bij een volgende charge van dezelfde produktsoort is niet mogelijk vanwege kans op achteruitgang van de microbiologische kwaliteit, waardoor hergebruik -na opslag- niet acceptabel is. Een goede afstemming (good housekeeping) beperkt het pekkelverlies evenals het vergroten van de charges en het verkleinen van het aantal produktwisselingen. De overvloedige pekkel wordt afgevoerd met de afvalwaterstroom.

Ervaring in de praktijk leert dat door het nemen van maatregelen in de sfeer van good housekeeping aanzienlijke besparingen (>50%) gerealiseerd kunnen worden. Concrete maatregelen betreffen:

- afstemmen van de aangemaakte (receptuur) hoeveelheid pekkel op de behoefte;
- verkleinen van de minimaal benodigde hoeveelheid pekkel in de container voor injectie van pekkel van 100 naar 25 liter.

Modelbedrijf:



Gemiddeld bedrijf: ca. 8 ton gekookte ham per dag

Droge ham

Proces

De droge hamproduktie betreft alleen de verwerking van achterham, waarbij in principe onderscheid wordt gemaakt tussen “rauwe boerenham” (lange behandeling) en “rauwe ham” (korte behandeling). Ten behoeve van de kwantificering werd dit onderscheid niet doorgevoerd.

De droge ham wordt in eerste instantie gedurende een week drooggepekeld. Hierna wordt de ham gedurende twee weken in een bak gepekeld (gedurende deze periode worden de hammen overgepakt, waarbij de onderste hammen boven komen en vice versa.) Hierna worden de hammen gedraind gedurende een geconditioneerde opslag. De hammen worden hierna verpakt afgeleverd. Tijdens het proces als zodanig vindt nauwelijks pekerverlies plaats, omdat door middel van afpompings de pekelse wordt hergebruikt en op sterkte wordt gebracht. Periodiek wordt de pekelse ververs; globaal vindt de verversing van de pekelse één keer per 4 weken plaats.

Uit opgave van het modelbedrijf is gebleken dat bij de produktie van rauwe ham en rauwe boerenham gemiddeld 170 kg pekelse met een sterkte van gemiddeld 25 °Bé vrijkomt per ton eindprodukt

Kwantificering

De produktie van ham bedraagt ca. 35.000 ton per jaar, hiervan is ca. 90 % gekookte ham en ca. 10 % rauwe ham.

Naar schatting wordt voor de produktie van ham ca. 6.000 ton zout per jaar gebruikt. Hiervan komt volgens schatting ca. 1/3-deel door verliezen in het afvalwater terecht, overeenkomend met ca. 11.000 m³ met een sterkte van ca. 18 °Bé

Spekverwerking

Proces

Het maken van gezouten spek in Nederland wordt bij een zeer beperkt aantal bedrijven uitgevoerd. Het uitgevoerde proces omvat de volgende bewerkingen:

- buiken worden ontbeend;
- spuitpekelen van de ontbeende buiken met 10% pekeldosering met een sterkte van 20-25 °Bé;
- opslag gedurende 10 dagen in bakken, tijdens opslag wordt droog zout toegevoegd;
- de gepekeld buiken worden opgehangen, afgespoten en gedurende 4-6 uur gerookt;
- na afkoeling wordt naar believen het produkt verkleind en vacuüm of begast verpakt.

De lozing van pekelse betreft de achterblijvende pekelse in de bakken na een opslag van 10 dagen en de aanhangende pekelse die van de buiken lekt indien deze ten behoeve van het roken worden opgehangen en afgespoeld. Het pekelseverlies is gekwantificeerd op ca. 7 % van de produktie hetgeen bij een jaarproduktie van 3.000 ton per jaar overeenkomt met een pekellozing van ca. 150 m³/j met een sterkte van ca. 20 °Bé. Deze hoeveelheid komt overeen met een NaCl-lozing van 30 ton per jaar. De morsverliezen komen overeen met ruim 10 ton, zodat het totale zoutverlies ca. 40 ton per jaar bedraagt. Het probleem is dat dit wordt geloosd in een beperkte hoeveelheid afvalwater, waardoor de NaCl-concentratie ca. 10 g/l bedraagt.

Visconserven

Bij de visverwerking zijn de volgende produktieprocessen te onderscheiden waarbij een relevant pekelseverlies optreedt:

- roken van vis;
- produktie van maatjesharing;
- maken van “Japans produkt”;
- marinieren;
- ontdooien met pekelse.

De visverwerkende sector wordt gekenmerkt door vele bedrijven waarbij kleinschaligheid veel voorkomt. Deze omstandigheid lijkt te onderschrijven dat bij een aantal specifieke bedrijven inderdaad lozingsproblemen van pekelsectoren aanwezig zijn. Binnen de sector doen zich problemen voor door de lozing van het afvalwater doordat het zoutgehalte dusdanig hoog is dat problemen ontstaan in het zuiveringsproces van een biologische zuiveringsinstallatie. Volgens literatuur treedt verstoring van het biologische zuiveringsproces op in het geval dat het chloridegehalte 10.000 mg/l of meer bedraagt.

Binnen de sector zijn reeds initiatieven genomen waardoor eveneens een beperking van de zoutlozing kan optreden. (insteek is vooral kwaliteitsverbetering van het eindproduct). Voor een aantal toepassingen is een proefopzet gemaakt waarbij in een continu proces behandeling van pekelsectoren met keramisch membranen (ultrafiltratie) uitgevoerd wordt. Technieken waarbij wordt geconformeerd aan het batchgewijze proces hebben geleid tot microbiologische problemen (aanwezigheid eiwitten en verhoogde zoutconcentratie).

Proces

De problemen doen zich vooral voor bij het "Japanse produkt". Dit produkt bevat 25% zout. Bij het bereiden van het produkt verdwijnt 10 kg zout naar het afvalwater per kg zout die het produkt bevat. Per kg eindproduct treedt derhalve 2,5 kg zoutverlies op. Het productieproces kent verscheidene fasen van pekeling, waarbij de eerste pekeling met een slappe pekelsectoren van ca. 6 °Bé wordt uitgevoerd. Bij de volgende pekelsectoren wordt een soort tegenstroom principe gehanteerd, waarbij de steeds sterker wordende pekelsectoren (tot verzadigd) na gebruik wordt hergebruikt voor een vroegere fase van pekeling. Dit leidt ertoe dat met name de eerstgenoemde pekelsectoren van 6 °Bé wordt geloosd. Deze pekelsectoren kenmerkt zich door een sterke organische verontreiniging. Ten behoeve van eventueel hergebruik zal deze verontreiniging met eiwitten verwijderd moeten worden door ultra- of microfiltratie. Een groot voordeel van het hergebruik van pekelsectoren voor deze sector is dat een betere kwaliteit eindproduct wordt bereikt doordat een betere zoutverdeling wordt gerealiseerd.

Kwantificering

Het zoutverlies voor dit "Japans produkt" wordt geschat op 3.000 ton zout per jaar. Uitgaande van een pekelsectoren van 6 °Bé betekent dit een jaarlijkse lozing van 48.500 m³/j.

Over het pekelsectorenverlies bij de andere produkten en processen bestaat op dit moment weinig concrete informatie. Naar schatting gaat het om ca. 2000 ton zout per jaar. Van de hoedanigheid en de sterkte van de pekelsectoren zijn geen gegevens beschikbaar.

Verwerking van darmen

Darmen van varkens en runderen worden bij de slachterijen schoongemaakt (gewassen en ontslijmd) en vervolgens verpakt in vaten met toevoeging van zout. Men kan onderscheiden darmen die min of meer vers worden gebruikt en darmen die worden geconserveerd en op langere termijn worden gebruikt.

- **Verse darmen**

Darmen voor vers gebruik worden in de slachterijen licht gezouten en vervolgens vervoerd naar de centrale darmverwerkingsbedrijven. Hier worden de darmen dan verder gespoeld, gekalibreerd, gesorteerd en verpakt in gebruiksverpakking (weer licht gezouten) voor de aflevering naar klanten (worstfabrikanten en slagers).

Afhankelijk van de toegepaste techniek vindt hierbij een meer of minder groot verlies van zout plaats.

- Geconserveerde darmen

Darmen die voor langere tijd worden geconserveerd worden in de slachterijen sterker gezouten. Vervolgens worden deze getransporteerd naar darmverwerkingsbedrijven in het buitenland. (lage lonen landen) om daar geweekt te worden, uitgespoeld en gekalibreerd en gesorteerd. Vervolgens worden deze darmen weer geconserveerd met zout. Nederland is een belangrijke importeur van deze geconserveerde darmen. Bij darmverwerkingsbedrijven vindt vervolgens omverpakking plaats naar bestellingen van afnemers (worstfabrieken en slagers). Bij deze darmverwerkingsbedrijven in Nederland vindt hierbij weer enige pekellozing plaats. Ook vindt weer enige lozing plaats bij de gebruikers, dit is echter zeer beperkt van omvang. De belangrijkste lozing van pekelse vindt plaats bij de darmverwerkingsbedrijven (grotendeels in het buitenland) die de ruwe darmen verwerken.

Kwantificering

Voor darmverwerking in Nederland wordt per jaar ca. 6.500 ton zout gebruikt. Naar schatting gaat hiervan ca. 20 %, is 1.300 ton verloren. Uitgaande van verzadigde pekelse komt dit overeen met ca. 6.000 m³.

Huidenconservering

Proces

De huidenconservering is een tamelijk handmatig proces dat begint met het strooien van 6-9 kg steenzout op iedere huid. De huiden worden op grote pallets (2x2x2,25) gestapeld, waarna de pallets gekoeld worden opgeslagen. Met name in het begin van de 30 dagen opslag treedt vochtuittrekking op van pekelse. Sommige bedrijven realiseren een hoge stapeling waardoor meer vocht uittrekt dan bij het bezochte bedrijf. Na een bepaalde duur van opslag worden de huiden geselecteerd en gevouwen (wikken en wegen). Dit vindt plaats op een roostertafel, waarbij het losse zout op de vloer valt. Dit afvalzout wordt in big bags verzameld en wordt afgenomen door andere huidconserveringsbedrijven die lagere kwaliteitseisen hanteren. Eventueel wordt het zout aangeboden aan de vuilstort. Dit laatste gebeurt ook met het zgn. "schraapsel" dat vrijkomt aan het einde van de week wanneer de vloer van de bedrijfshal wordt gereinigd en schoon geschraapt. Hierna wordt de vloer nat gereinigd.

Kwantificering:

Ter kwantificering van het pekelse verlies werden bij het modelbedrijf van verschillende pallets met huiden van het moment van zouten tot 7 dagen hierna een weging uitgevoerd. Dit gewichtsverlies zal voor een groot gedeelte veroorzaakt zijn door de afvoer van pekelse en voor een klein deel van verdamping. Het gewichtsverlies na opslag van 7 dagen bedraagt gemiddeld ca. 12,5%, hetgeen als uitgangspunt is genomen. Indien we verder als uitgangspunt nemen dat de sterkte van de vrijkomende pekelse oplossing 20% is, dan kan berekend worden dat voor de kalverhuiden (1,1 miljoen per jaar) jaarlijks 3.700 m³ pekelse geloosd wordt overeenkomend met 740 ton zout.

Van de runderhuiden is geen meting uitgevoerd. Het proces is echter overeenkomstig. Het verschil is de grootte van de huid. Van de runderhuiden worden eveneens 1,1 miljoen verwerkt. Indien als uitgangspunt wordt gehanteerd dat het oppervlak van een runderhuid 50% groter is, dat het pekelse verlies ook evenredig zal zijn. Op basis hiervan zal de emissie van zout voor runderhuiden overeenkomen met ca. 1.200 ton per jaar. (6.000 m³/j) Indien het zoutverbruik voor de overige huiden verwaarloosd wordt, dan komt in het totaal 2.000 ton zout vrij in 10.000 m³ pekelse. Voor huidenconservering wordt per jaar ca. 30.000 ton zout gebruikt. Een klein deel gaat mee met de huiden, en klein deel gaat naar het afvalwater en het grootste deel wordt zo mogelijk hergebruikt voor andere doeleinden of uiteindelijk gestort.

Opmerking: De gemeten emissie van het bedrijf is volgens opgave een factor 4 lager, terwijl hierbij ook nog de chloride belasting van de inhoud van de blaas betrokken moet worden.



Diverse ionenwisselingsprocessen

In een aantal sectoren in voedingsmiddelenindustrie vindt grootschalig ionenwisseling plaats. Te denken valt hierbij aan het ontzouten van wei in de zuivelindustrie en modificeren van aardappelzetmeel. Voor de regeneratie van deze ionenwisselaars wordt vaak HCl en NaOH toegepast, hetgeen leidt tot een afvalwaterstroom met een hoge zoutbelasting. De lokaties waarop dit plaats vindt zijn vaak zodanig gelegen dat eindlozing op groot water mogelijk is waardoor de lozingsproblemen beperkt zijn.

Ter identificatie van de vrijkomende pekelse stromen buiten de voedings- en genotmiddelenindustrie werden een aantal processen en industrieën, waarvan een lozingsprobleem bekend was benaderd. De hierbij vrijgekomen informatie is in de hierna volgende paragrafen weergegeven.

Waterontharding

In de (voedingsmiddelen)industrie en instellingen wordt voor waterontharding veelvuldig kationwisseling toegepast. Regeneratie van de gebruikte ionenwisselaar wordt uitgevoerd met een NaCl-oplossing.

Te onderscheiden zijn ontharden van ketelvoedingswater voor stoomketels en ontharding van water voor toepassing als heet water. Een aanzienlijk deel (tot ca. 30%) van het totale waterverbruik bij slachterijen en vleesverwerkende bedrijven bestaat uit warm water. In het geval de hardheid te hoog is, vindt ontharding van het water plaats. Voor dergelijke bedrijven komt het grootste gedeelte van de zoutvracht via de regeneratie van de ontharders vrij.

Proces

Regeneratie van de ontharders vindt plaats door gedurende 20-30 minuten een 10%-ige zoutoplossing aan de ontharder toe te voeren, die bereid wordt uit een verzadigde zoutoplossing. De regeneratie vindt gebruikelijk in gelijkstroom plaats. Gedurende 20 minuten wordt gemiddeld 4 - 10 m³/h per m³ harsvulling toegevoegd. Na de regeneratie wordt de zoutoplossing weer uitgespoeld. De vrijkomende zoutoplossing zal naar verwachting door de propstroming overeenkomstig de toegevoerde stroom vrijkomen, met dien verstande dat een deel van de Na-ionen zijn vervangen door het halve aantal calciumionen.

Kwantificering

De kwantificering van de vrijkomende pekelse stroom is lastig. Het probleem hierbij is dat de hoeveelheid zout vrijkomend bij regeneratie afhankelijk is van de hardheid van het water en de behandelde hoeveelheid water. De frequentie van regeneratie is afhankelijk van de hardheid van het water en de grootte van de ontharder. De uitersten die zich hierbij voordoen is dat totaal geen ontharding nodig is tot de ontharding van het warme water met een hardheid rond de 20 °dH. Teneinde een indruk te hebben van het zoutverlies per bedrijf hebben we het zoutverbruik van twee bedrijven (slachterij, vleesverwerking) nader geanalyseerd. Hierbij resulteerde voor de ontharding een zoutverbruik van 67 ton zout per bedrijf per jaar. Dit is per dag 2,6 m³ van 10%, waardoor derhalve 260 kg NaCl per dag vrijkomt. De conclusie hieruit is dat waterontharding in deze gevallen een behoorlijke bijdrage levert aan de zoutlozing.

De totale hoeveelheid zout in Nederland gebruikt voor waterontharding bedraagt ca. 30.000 ton per jaar. Deze hoeveelheid wordt uiteindelijk ook geloosd. Bij lozing is de concentratie ca. 10 %, zodat het gaat om ca. 300.000 m³/jaar.

Ontharding van water vindt op een groot aantal lokaties plaats, echter meestal per lokatie relatief kleine stromen. Daardoor ontstaat een diffuus lozingspatroon.

Biotechnologie bedrijf

Het bedrijf pompt per dag 2.500 m³ grondwater op voor koeling. Dit water brengt een behoorlijke chloridebelasting met zich mee. Dit afgewerkte koelwater wordt met een persleiding rechtstreeks in de Noordzee geloosd.

In de diverse processen van het bedrijf wordt veelvuldig HCl, H₂SO₄ en NaOH gebruikt (aanzuren, neutraliseren etc.). Dit leidt tot een tamelijk hoge zoutbelasting van het afvalwater. Het chloridegehalte bedraagt ca. 1200-2000 mg/l, het sulfaatgehalte ca. 500 - 1000 mg/l.

Het bedrijf heeft een anaërobe zuivering, waarin sulfaat weer wordt omgezet in S en H₂S, dus veel ellende met stank en corrosie. Op hun eigen zuivering heeft het bedrijf nog geen last van het hoge chloridegehalte. Het effluent wordt op de Noordzee geloosd. De waterkwaliteitsbeheerder heeft geen moeite met hun chloridegehalte, stelt dus ook geen eisen.

Hoeveelheid afvalwater 7000 m³/d. Chloridevracht 7000 m³/d x 1,5 kg/m³ = 10.000 kg/dag. Dat is per jaar dus ca. 3.500 ton.

Productie van katalysatoren

Over de productie van katalysatoren is door één bedrijf de volgende informatie gegeven: Er komt een pekelsestream vrij met de volgende kenmerken:

Hoeveelheid pekelse	62.500 m ³ /j	200 m ³ /dag
pH	8	
Chloridegehalte [g/l]	32,5	Zoutgehalte 54,5 g/l
Natriumgehalte [g/l]	22	=ca.5% = ca. 5 °Bé
NaCl-vracht	3400 ton/jaar	11 ton/dag
Sulfaat [g/l]	0,5-9	
Ni, Cu, Al, Mg	sporen	

Binnen de WVO is de oplossing gevonden in de lozing per as van de pekelse op het Noordzeekanaal. De kosten van het vervoer bedragen f 250,= per vracht en op jaarbasis derhalve f 625.000,=. Aan een oplossing van dit probleem is in het verleden reeds aandacht besteed en ook nu wordt hiernaar gekeken door een universiteit. Gezien de kosten lijkt een andersoortige oplossing nauwelijks haalbaar. Hierbij wordt opgemerkt dat hergebruik van de pekelse in het proces niet mogelijk is

Farmaceutisch bedrijf

In dit bedrijf worden de werkzame bestanddelen uit de aangevoerde grondstoffen gesynthetiseerd en geëxtraheert. Een proces is verantwoordelijk voor het vrijkomen van pekelse. Dit proces betreft een ionenwisselingsproces om bepaalde eiwitcomponenten te winnen uit de grondstof. De vrijkomende pekelsestream betreft een regeneratievloei van de betreffende ionenwisselaar. De lozing van de pekelsestream levert ten aanzien van de lozingsvoorwaarden geen probleem op. In de lozingsvergunning is een clausule opgenomen dat bij een lage afvoer van de ontvangende rivier de pekellozing gereduceerd moet worden.

De vrijkomende pekelsestream heeft een concentratie van ca. 10% en per jaar wordt een hoeveelheid NaCl geloosd van 200 - 400 ton (2000 - 4000 m³/j).

Productie fijnchemicaliën

In fijnchemie is, vanwege de hoge eisen die worden gesteld aan het eindproduct geen mogelijkheid voor hergebruik van de vrijkomende chloridehoudende afvalwaterstromen. Het chloride komt vrij in de vorm van natriumchloride, hetgeen ontstaat als product van neutralisatie van afvalwaterstromen met zoutzuur en natronloog. Een bedrijf deelde mee op jaarbasis ca. 4.000 ton aan chloride te lozen. Het afvalwater wordt op de eigen waterzuivering behandeld en levert geen problemen op bij behandeling en lozing. Er wordt voldaan aan de lozingeisen voor chloride.

Samenvattend overzicht:

Omschrijving	volume pekelsemen in m ³ per jaar	Sterkte in °Bé	Zoutvracht in ton per jaar	Opmerkingen
Kaasproduktie	30.000	18	4.000	calciumfosfaat aanwezig
Zuurkoolproduktie	17.000	0,75	130	pH = 3,8 -5,5
Baconproduktie	10.000	22,5	2.250	bevat vleesdeeltjes
Hamproduktie	11.000	18	2.000	bevat vleesdeeltjes
Zouten van spek	150	20	40	komt op de vloer
Huiden conservering	10.000	20	2.000	komt op de vloer
Visverwerking	75.000	6	5.000	hoog eiwitgehalte
Darmenverwerking	6.000	22	1.300	
Ionenwisselingsprocessen	n.b.		n.b.	kationen+ anionen + org. materiaal
Waterontharding	300.000	10	30.000	pekelsemen bevat Ca en Mg
Biotechnologiebedrijf			3.500	lozing Noordzee
Katalysatorproduktie	62.500	5	3400	lozing Noordzeekanaal
Diosynth	4.000	10	400	regeneratievloeistof
Produktie fijnchemicaliën	23.000		4.000	als chloride



APPENDIX 4

RESULTATEN HP-RO ONDERZOEK

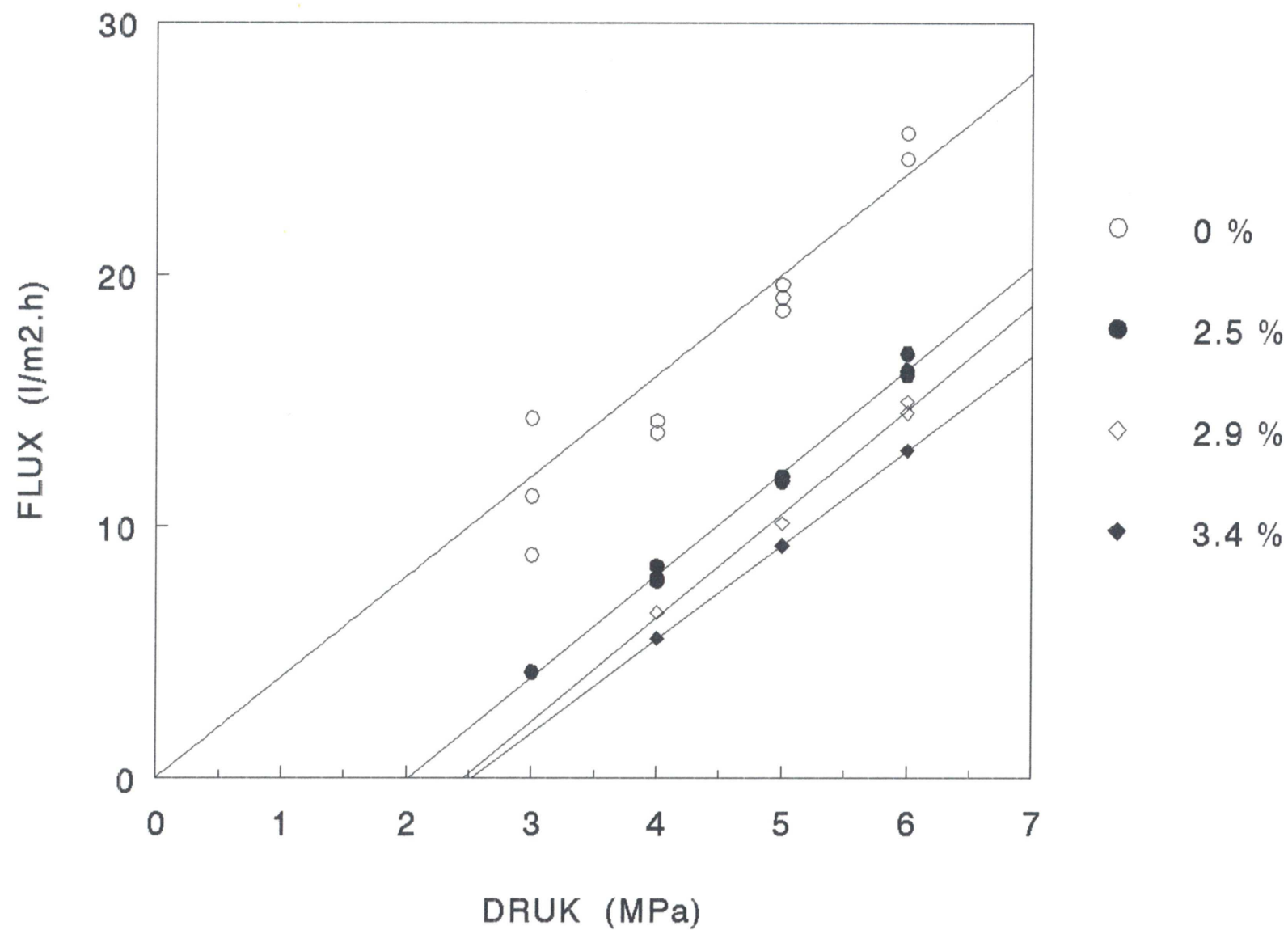


APPENDIX 4.1

MEMBRAAN-SCREENING IN DSS-LAB 20-TESTOPSTELLING

Fig. 8.2

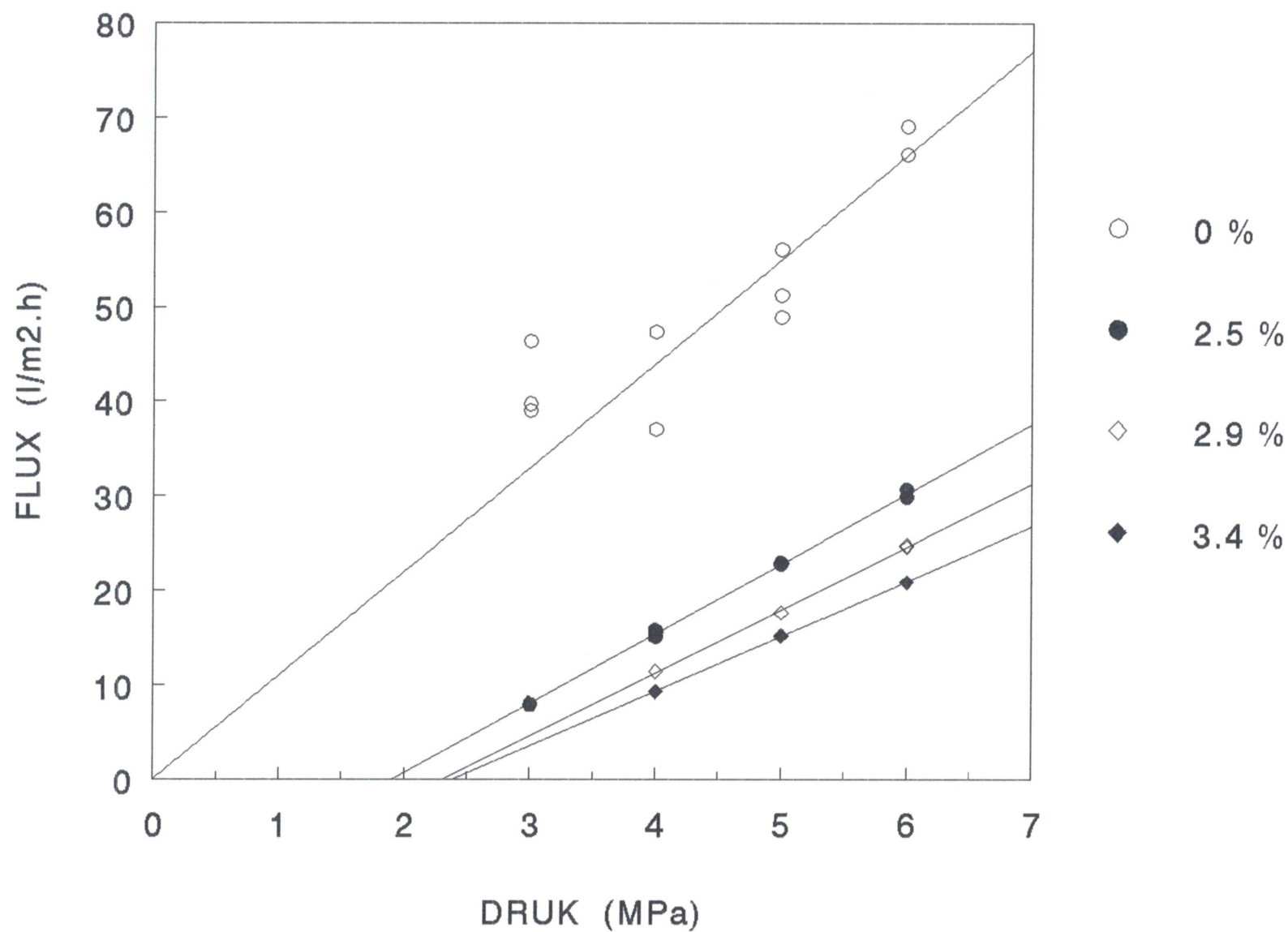
MEMBRAANFLUX DESAL 3SC vs DRUK VERSCHILLENDE ZOUTCONCENTRATIES



Figuur 4.1

Fig. 5.3

MEMBRAANFLUX DESAL 3SE vs DRUK VERSCHILLENDE ZOUTCONCENTRATIES



Figuur 4.2

Fig. 5.4

MEMBRAANFLUX DESAL 3SG vs DRUK VERSCHILLENDE ZOUTCONCENTRATIES

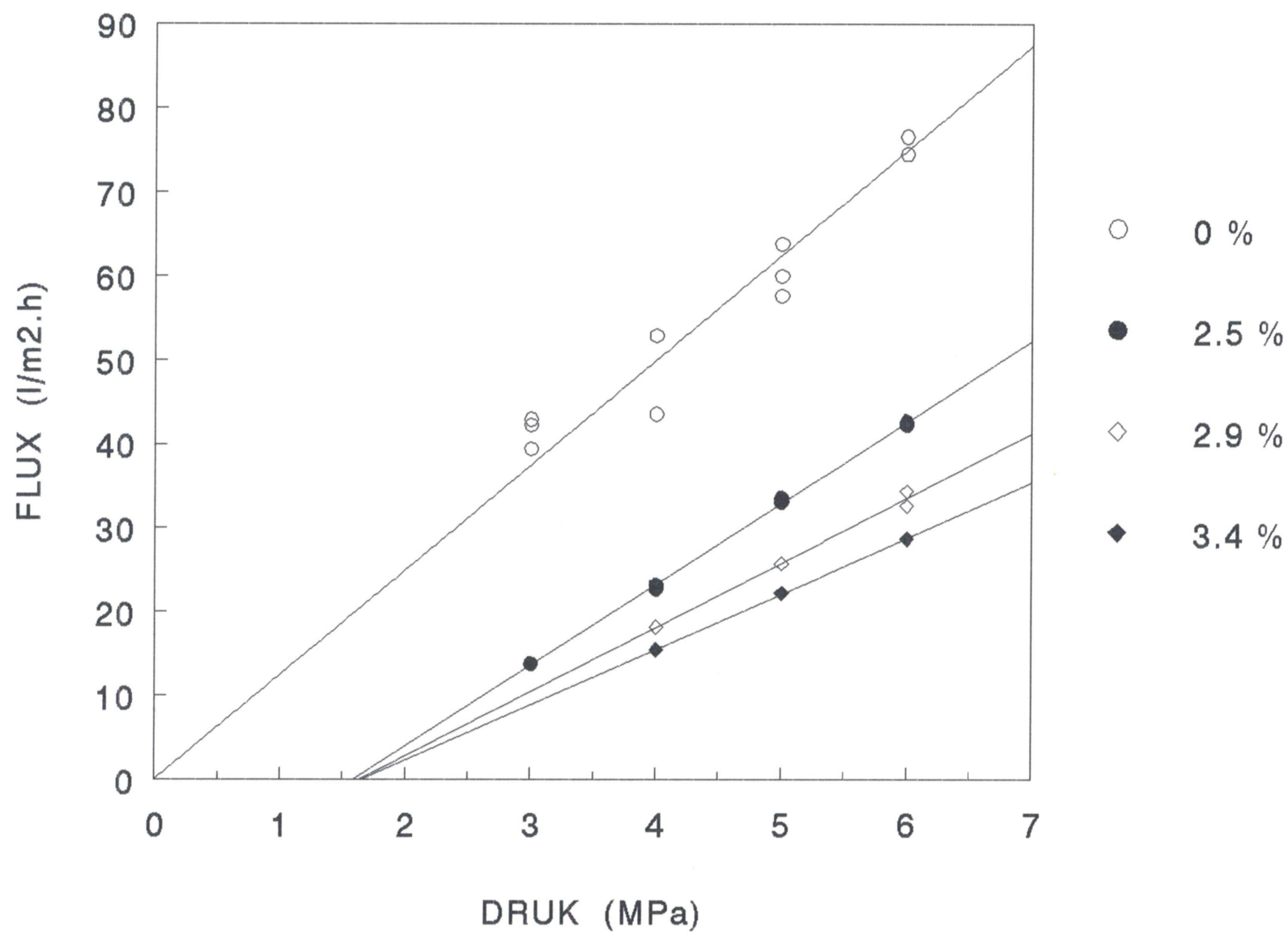


Fig. 5.5

MEMBRAANFLUX DESAL 3SH vs DRUK VERSCHILLENDE ZOUTCONCENTRATIES

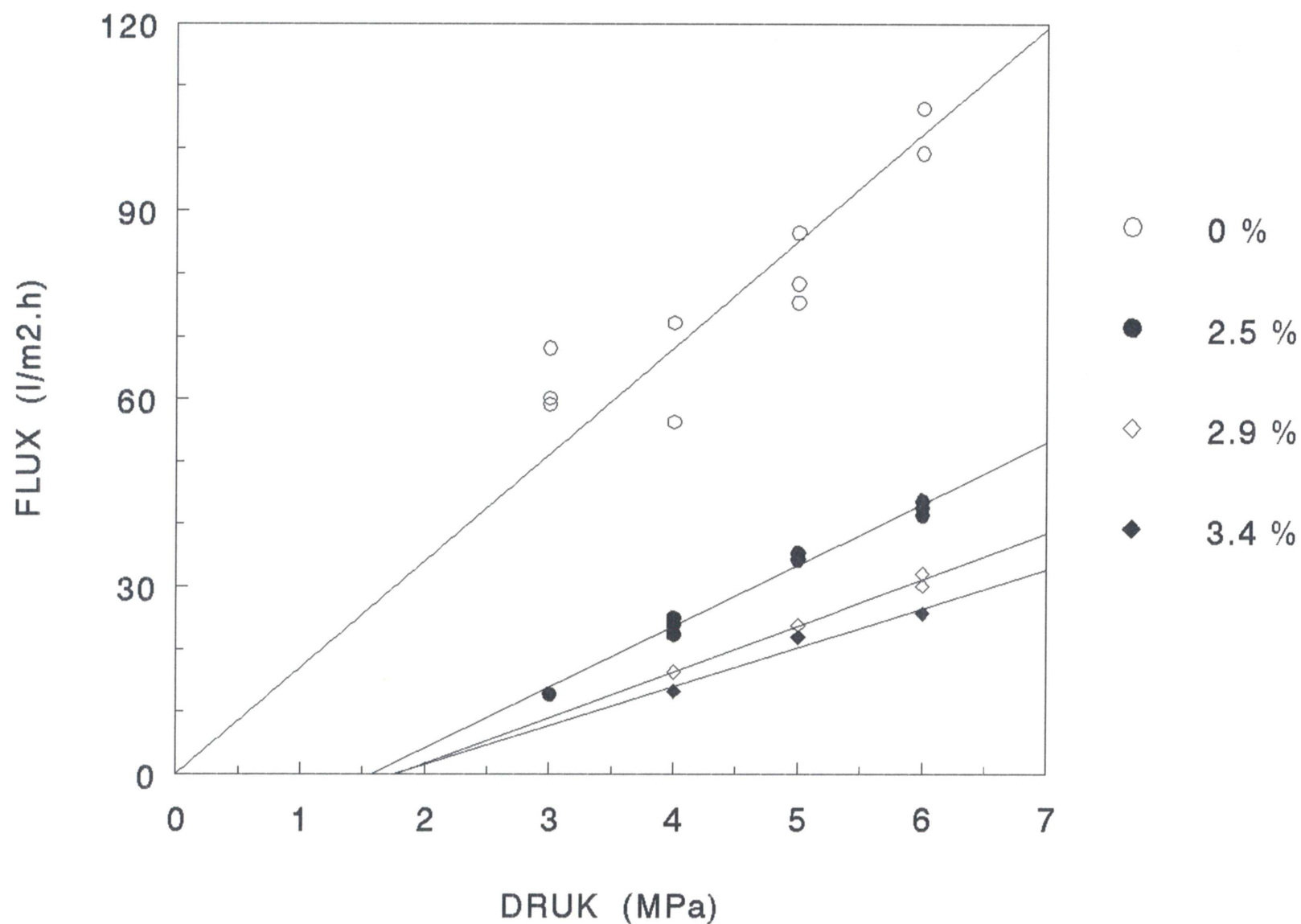
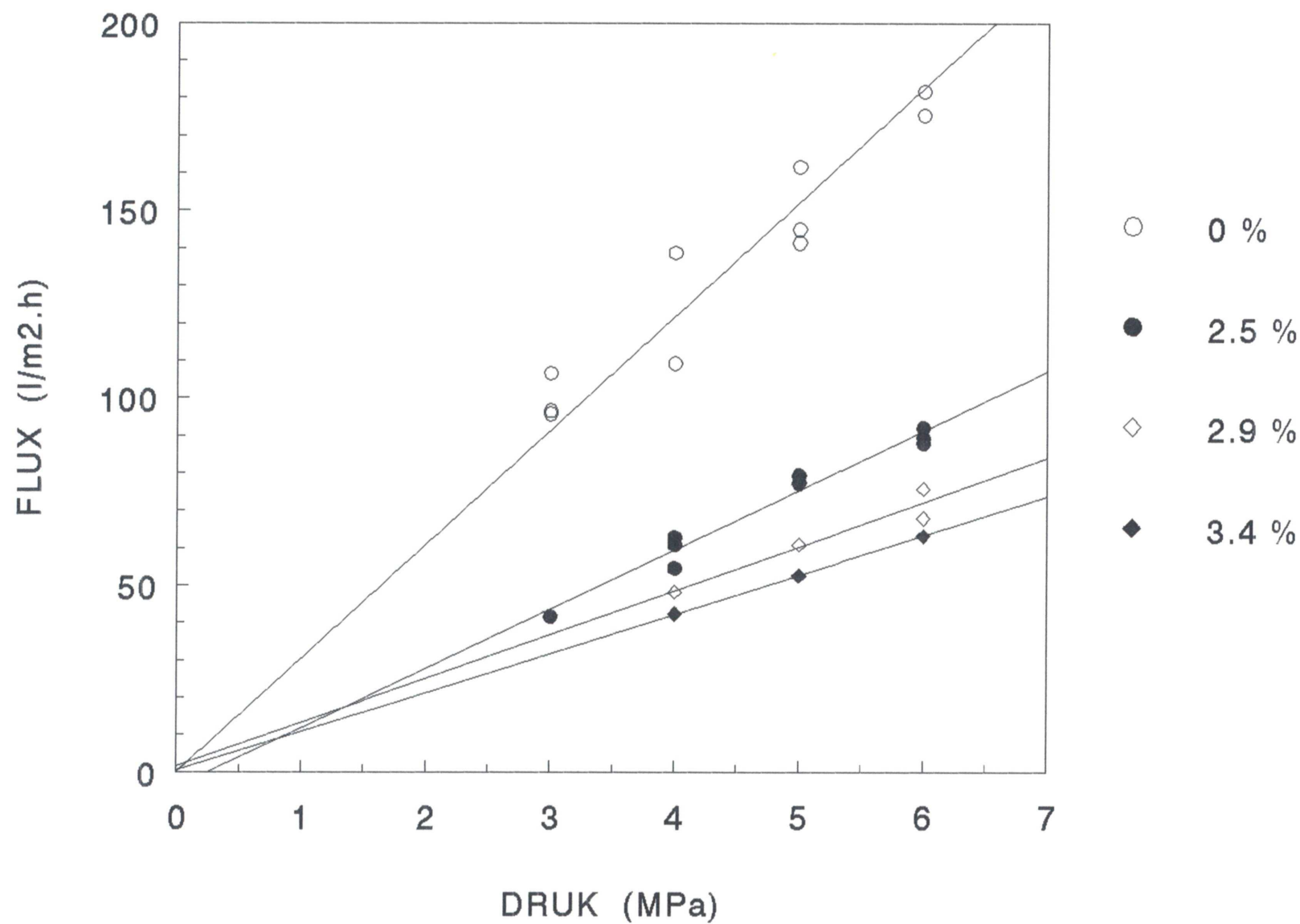


Fig. 5.6

MEMBRAANFLUX DESAL 5DK vs DRUK VERSCHILLENDE ZOUTCONCENTRATIES



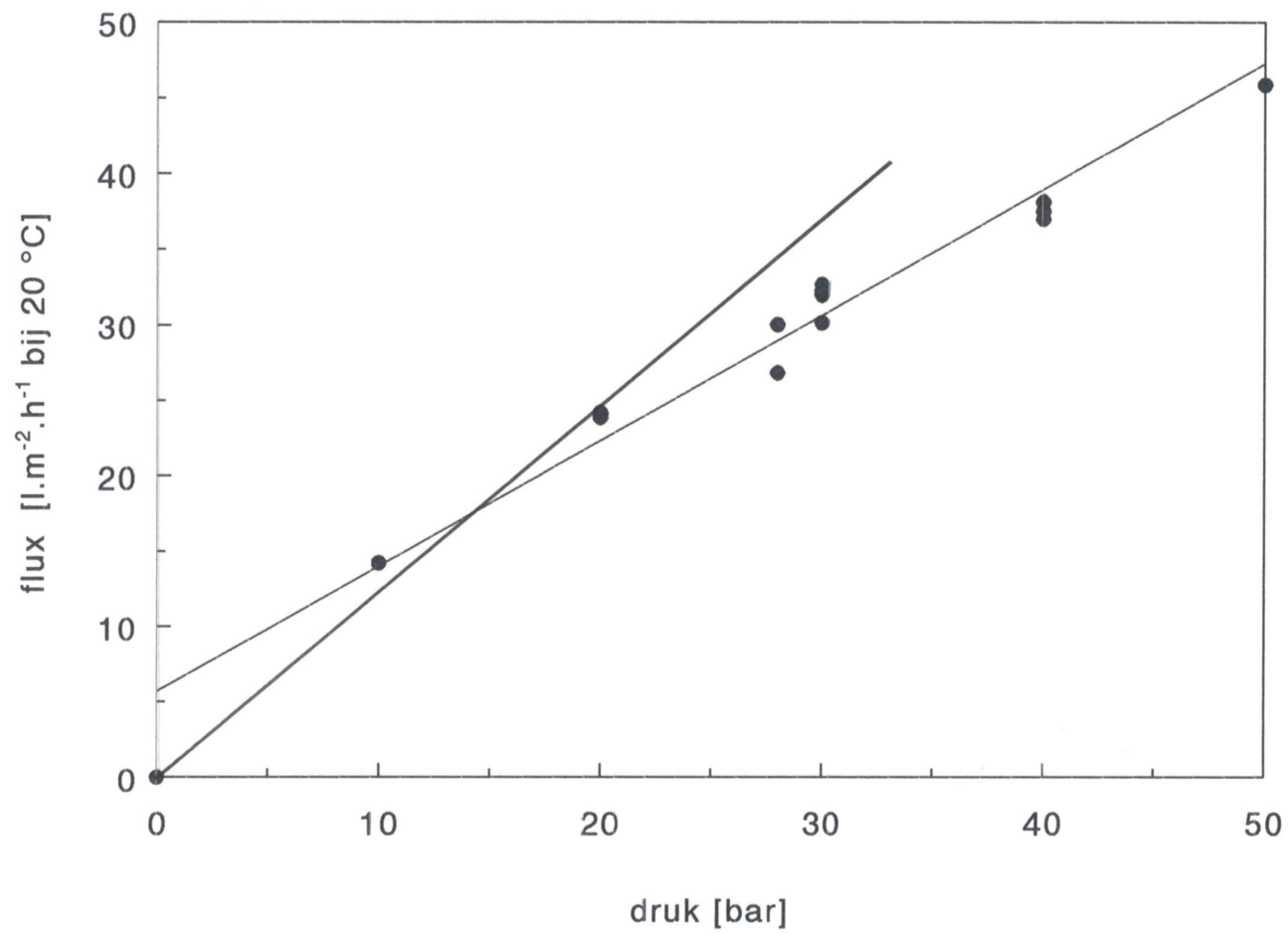


APPENDIX 4.2

TESTS MET EERSTE SPRIAALGEWONDEN HP-RO MODULE: - MODEL PEKEL

Fig. 5.7

schoonwaterflux Desal SC4040FYM



MEMBRAANFLUX BIJ VERSCHILLENDE ZOUTCONCENTRATIES

DESAL SC4040F1048 (FYM)

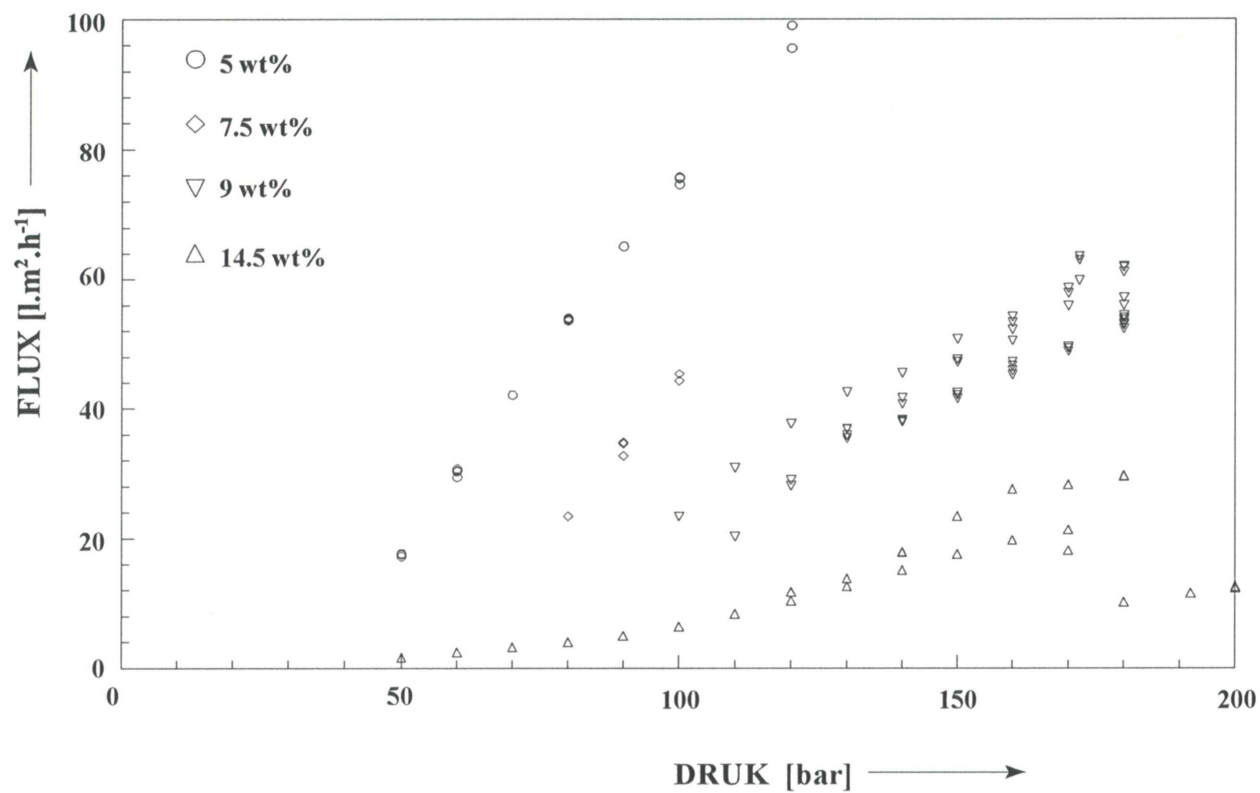
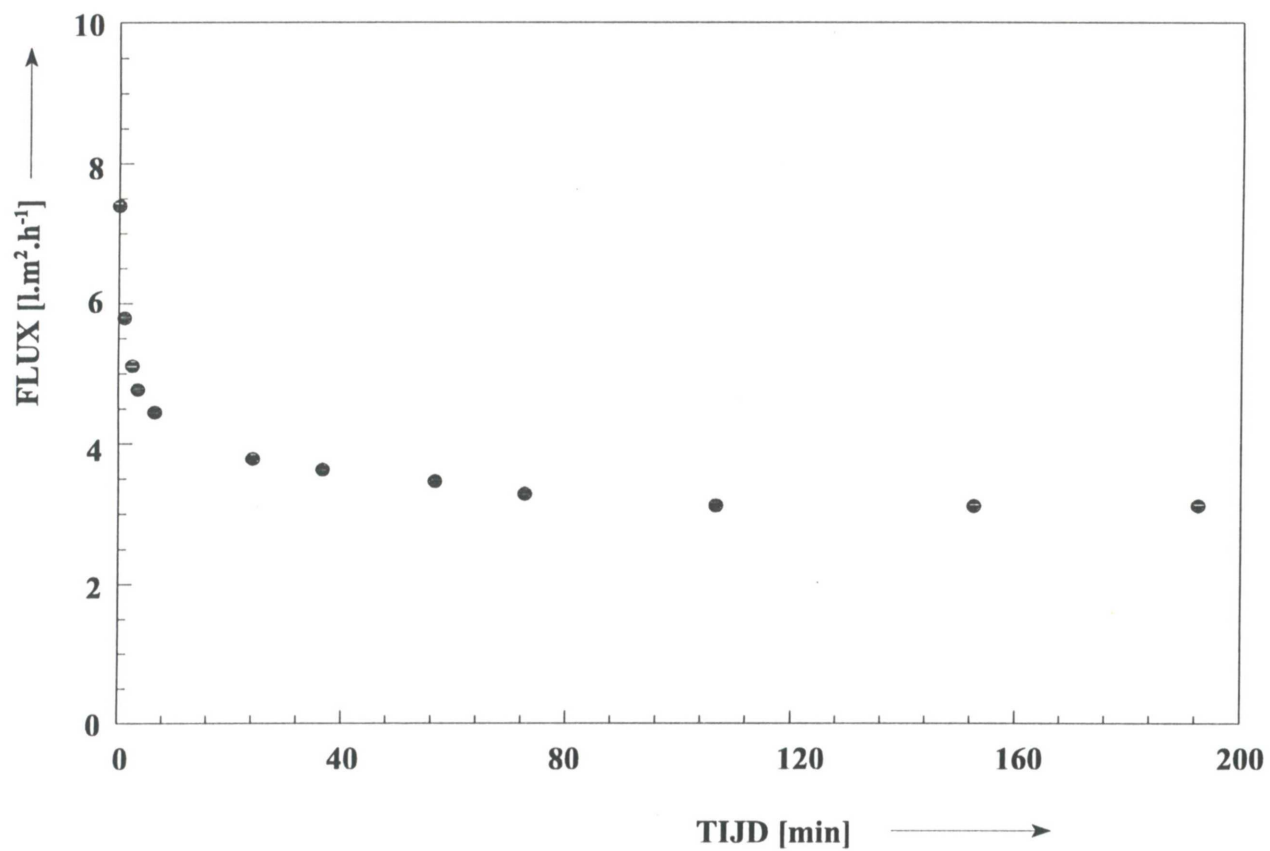


Fig. 5.0

BEPALING COMPACTIE DESAL SC4040F1048 (FYM)
BIJ 180 BAR EN 14.5 wt% NaCl



MEETRESULTATEN HOGEDRUK R0-OPSTELLING

Datum 07-03-96
Medewerker Bakkenes
Membraan Desal SC4040FYM
Medium 5 wt% NaCl
Proj. nr. 26723

viscositeit
20 °C (cp)
1.002

Tijd [h]	PI-001 [bar]	PI-002 [bar]	PI-003 [bar]	PI-004 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [l/h]	FI002 [l/h]	G-ret [μS/cm]	G-perm [μS/cm]	Flux [l/m2.h]	visc. (cp)	gecorrigeerde flux [l/m2.h] [20°C]	Ret. [NaCl] [g/l]	Perm. [NaCl] [g/l]	Retentie [%]
7.55	2.65	2.50	29	29	14	0	2750			0.0	1.169	0.0			
8.03	2.60	2.45	50	50	14	0	2700			0.0	1.169	0.0			
8.05	2.60	2.45	60	60	14	0	2700			0.0	1.169	0.0			
8.06	2.60	2.45	70	70	14	0	2650			0.0	1.169	0.0			
8.07	2.60	2.45	80	80	14	61	2650			10.5	1.169	12.3			
8.17	2.55	2.40	80	80	15	68	2650			11.7	1.139	13.3			
8.35	2.55	2.40	80	80	16	78	2650			13.4	1.109	14.9			
8.50	2.55	2.40	80	80	18	82	2650	19.7	1910	14.1	1.053	14.9	10.43	1.00	90.39
9.15	2.55	2.40	80	80	20	92	2600			15.9	1.002	15.9			
9.50	2.50	2.35	80	80	22	100	2600			17.2	0.955	16.4			
10.10	2.50	2.35	80	80	23	105	2600			18.1	0.933	16.8			
10.25	2.50	2.35	80	80	24	108	2600			18.6	0.911	16.9			
10.26	2.50	2.35	90	90	24	135	2550			23.3	0.911	21.2			
10.48	2.50	2.35	90	90	25	135	2550	90.6	1.48	23.3	0.890	20.7	48.00	0.77	98.39
11.00	2.50	2.35	90	90	26	135	2550			23.3	0.870	20.2			
11.02	2.50	2.35	100	100	26	155	2500			26.7	0.870	23.2			
11.26	2.40	2.25	100	100	27	151	2500			26.0	0.851	22.1			
11.52	2.40	2.25	100	100	28.7	151	2500	91.3	1.60	26.0	0.820	21.3	48.35	0.84	98.27
11.54	2.40	2.25	110	110	28.7	170	2490			29.3	0.820	24.0			
12.06	2.40	2.25	110	110	28.9	168	2490			29.0	0.817	23.6			
12.45	2.40	2.25	110	110	29.4	162	2500	91.8	1.50	27.9	0.808	22.5	48.63	0.78	98.39
12.48	2.35	2.20	120	120	29.4	178	2475			30.7	0.808	24.7			
13.18	2.35	2.20	120	120	30.0	174	2475	91.8	1.45	30.0	0.798	23.9	48.63	0.76	98.44
13.20	2.35	2.20	100	100	30.0	138	2525			23.8	0.798	18.9			
13.30	2.35	2.20	100	100	30.0	138	2525			23.8	0.798	18.9			
13.45	2.35	2.20	100	100	30.0	136	2525			23.4	0.798	18.7			
13.47	2.35	2.20	80	80	30.0	98	2600			16.9	0.798	13.4			
14.00	2.35	2.20	80	80	29.6	97	2600			16.7	0.804	13.4			
14.15	2.35	2.20	80	80	29.3	97	2600			16.7	0.810	13.5			
14.17	2.35	2.20	60	60	29.3	55	2650			9.5	0.810	7.7			
14.30	2.35	2.20	60	60	29.0	54	2650			9.3	0.815	7.6			
14.45	2.35	2.20	60	60	28.6	52	2650			9.0	0.822	7.4			
14.47	2.35	2.20	50	50	28.3	31	2650			5.3	0.827	4.4			
15.00	2.35	2.20	50	50	27.9	30	2650			5.2	0.835	4.3			
15.15	2.35	2.20	50	50	27.1	30	2650			5.2	0.849	4.4			
15.20	2.35	2.20	80	80	27.1	92	2600			15.9	0.849	13.4			
16.00	2.35	2.20	80	80	27.1	92	2600			15.9	0.849	13.4			
16.30	2.35	2.20	80	80	27.2	92	2600			15.9	0.848	13.4			
17.00	2.35	2.20	80	80	27.3	92	2600	92.8	1.82	15.9	0.846	13.4	49.17	0.95	98.06
7.35	2.35	2.20	80	80	27.1	92	2600	92.8	1.275	15.9	0.849	13.4	49.17	0.67	98.65
7.36	2.35	2.20	70	70	27.1	72	2625			12.4	0.849	10.5			
7.38	2.35	2.20	60	60	27.1	52	2650			9.0	0.849	7.6			
7.42	2.35	2.20	50	50	27.1	30	2675			5.2	0.849	4.4			
7.45	2.35	2.20	80	80	27.0	92	2600			15.9	0.851	13.5			
7.45	2.35	2.20	90	90	27.0	111	2575			19.1	0.851	16.3			
7.48	2.35	2.20	100	100	27.0	129	2525			22.2	0.851	18.9			
8.00	2.35	2.20	100	100	27.3	130	2525			22.4	0.846	18.9			
8.10	2.35	2.20	100	100	27.6	128	2525			22.1	0.840	18.5			

MEETRESULTATEN HOGEDRUK R0-OPSTELLING

Datum 07-03-96
Medewerker Bakkenes
Membraan Desal SC4040FYM
Medium 5 wt% NaCl
Proj. nr. 26723

viscositeit
20 °C (cp)
1.002

Tijd [h]	PI-001 [bar]	PI-002 [bar]	PI-003 [bar]	PI-004 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [l/h]	FI002 [l/h]	G-ret [μS/cm]	G-perm [μS/cm]	Flux [l/m2.h]	visc. (cp)	gecorrigeerde flux [l/m2.h] [20°C]	Ret. [NaCl] [g/l]	Perm. [NaCl] [g/l]	Retentie [%]
8.20	2.35	2.20	100	100	27.7	126	2525			21.7	0.838	18.2			
8.30	2.35	2.20	100	100	27.9	125	2525			21.6	0.835	18.0			
8.40	2.35	2.20	100	100	28.0	122	2525			21.0	0.833	17.5			
8.50	2.35	2.20	100	100	28.1	122	2525			21.0	0.831	17.4			
9.00	2.35	2.20	100	100	28.3	120	2525			20.7	0.827	17.1			
9.10	2.35	2.20	100	100	28.5	119	2525			20.5	0.824	16.9			
9.20	2.35	2.20	100	100	28.8	116	2525			20.0	0.818	16.3			
9.30	2.35	2.20	100	100	28.9	113	2525			19.5	0.817	15.9			
9.40	2.35	2.20	100	100	29.1	112	2550			19.3	0.813	15.7			
9.54	2.35	2.20	100	100	29.3	110	2550			19.0	0.810	15.3			
10.00	2.35	2.20	100	100	29.4	108	2550			18.6	0.808	15.0			
10.10	2.35	2.20	100	100	29.5	105	2550			18.1	0.806	14.6			
10.20	2.35	2.20	100	100	30.7	105	2550			18.1	0.786	14.2			
10.30	2.35	2.20	100	100	32.5	102	2550			17.6	0.757	13.3			
10.40	2.35	2.20	100	100	33.4	101	2550			17.4	0.743	12.9			
10.55	2.35	2.20	100	100	34.8	100	2550			17.2	0.722	12.4			
11.00	2.35	2.20	100	100	35.8	99	2550			17.1	0.708	12.1			
11.10	2.35	2.20	100	100	36.8	96	2550			16.6	0.694	11.5			
11.18	2.35	2.20	100	100	37.4	96	2550			16.6	0.686	11.3			
11.48	2.35	2.20	100	100	37.5	94	2550			16.2	0.685	11.1			
11.52	2.35	2.20	90	90	37.2	73	2625			12.6	0.689	8.7			
12.05	2.35	2.20	90	90	36.2	72	2600			12.4	0.702	8.7			
12.50	2.35	2.20	90	90	35.7	67	2600			11.6	0.709	8.2			
12.51	2.35	2.20	80	80	35.7	48	2650	136.1		8.3	0.709	5.9	72.08		
											1.85	Totaal permeaat	0.97		
												Massabalans	1.026		

MEETRESULTATEN HOGEDRUK R0-OPSTELLING

Datum 13-3-96
Medewerker Bakkenes
Membraan Desal SC4040FYM
Medium 7.5 wt% tot 10 wt% NaCl
Proj. nr. 26723

viscositeit
20 °C (cp)
1.002

Tijd [h]	PI-001 [bar]	PI-002 [bar]	PI-003 [bar]	PI-004 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [l/h]	FI002 [l/h]	G-ret [μS/cm]	G-perm [μS/cm]	Flux [l/m2.h]	visc. (cp)	gecorrigeerde flux [l/m2.h] [20°C]	Ret. [NaCl] [g/l]	Perm [NaCl] [g/l]	Retentie [%]
10.15	2.35	2.20	50	50	12.2	<30	2750			0.0	1.228	0.0			
10.16	2.35	2.20	60	60	12.2	<30	2725			0.0	1.228	0.0			
10.17	2.35	2.20	70	70	12.2	<30	2725			0.0	1.228	0.0			
10.19	2.35	2.20	80	80	12.2	35	2650			6.0	1.228	7.4			
10.20	2.35	2.20	90	90	12.2	52	2625			9.0	1.228	11.0			
10.22	2.35	2.20	100	100	12.2	65	2600			11.2	1.228	13.7			
10.24	2.35	2.20	110	110	12.3	77	2600			13.3	1.225	16.2			
10.25	2.35	2.20	120	120	12.3	88	2550			15.2	1.225	18.6			
10.26	2.35	2.20	130	130	12.3	97	2550			16.7	1.225	20.4			
10.28	2.35	2.20	140	140	12.5	106	2525			18.3	1.218	22.2			
10.30	2.35	2.20	150	150	12.6	115	2500			19.8	1.215	24.0			
10.45	2.35	2.20	150	150	13.3	105	2500			18.1	1.192	21.5			
11.03	2.35	2.20	150	150	14.0	103	2500	134	1.32	17.8	1.169	20.7	71.23	0.69	99.03
11.23	2.35	2.20	150	150	14.5	102	2500			17.6	1.154	20.3			
12.10	2.35	2.20	150	150	15.1	99	2500			17.1	1.136	19.3			
13.02	2.35	2.20	150	150	15.2	97	2525			16.7	1.133	18.9			
13.10	2.35	2.20	150	150	15.2	97	2525	134	1.52	16.7	1.133	18.9	71.23	0.80	98.88
13.15	2.35	2.20	160	160	15.3	104	2525			17.9	1.130	20.2			
13.30	2.35	2.20	160	160	15.5	102	2525			17.6	1.124	19.7			
13.45	2.35	2.20	160	160	15.5	99	2525			17.1	1.124	19.1			
14.03	2.35	2.20	160	160	15.6	93	2525			16.0	1.121	17.9			
14.04	2.35	2.20	170	170	15.6	100	2500			17.2	1.121	19.3			
14.35	2.35	2.20	170	170	15.8	90	2500			15.5	1.115	17.3			
14.50	2.35	2.20	172	172	15.9	85	2500			14.7	1.112	16.3			
14.56	2.35	2.20	172	172	15.9	83	2525	172.7	2.57	14.3	1.112	15.9	91.49	1.35	98.52
15.24	2.35	2.20	172	172	15.8	82	2525			14.1	1.115	15.7			
16.00	2.35	2.20	172	172	15.8	78	2525			13.4	1.115	15.0			
16.02	2.35	2.20	160	160	15.8	68	2575			11.7	1.115	13.0			
16.05	2.35	2.20	150	150	15.8	62	2575			10.7	1.115	11.9			
16.07	2.35	2.20	140	140	15.8	53	2600			9.1	1.115	10.2			
16.10	2.35	2.20	130	130	15.7	46	2600			7.9	1.118	8.8			
16.30	2.35	2.20	130	130	15.2	46	2600			7.9	1.133	9.0			
16.37	2.35	2.20	120	120	15.2	36	2600	171.7	4.20	6.2	1.133	7.0	90.96	2.22	97.56
16.38	2.35	2.20	110	110	15.2	26	2600			4.5	1.133	5.1			
16.39	2.35	2.20	120	120	15.1	37	2600			6.4	1.136	7.2			
16.40	2.35	2.20	130	130	15.0	47	2600			8.1	1.139	9.2			
16.52	2.35	2.20	130	130	14.9	47	2600			8.1	1.142	9.2			
20.13	2.35	2.20	130	130	14.9	47	2600			8.1	1.142	9.2			
20.15	2.35	2.20	140	140	14.9	53	2600			9.1	1.142	10.4			
20.20	2.35	2.20	150	150	14.9	60	2600			10.3	1.142	11.8			
20.25	2.35	2.20	160	160	15.0	68	2600			11.7	1.139	13.3			
20.30	2.35	2.20	170	170	15.1	74	2600			12.8	1.136	14.5			
20.40	2.35	2.20	180	180	15.4	80	2525			13.8	1.127	15.5			
21.05	2.35	2.20	180	180	16.0	80	2525			13.8	1.109	15.3			
21.18	2.35	2.20	170	170	15.9	73	2550			12.6	1.112	14.0			
21.25	2.35	2.20	160	160	15.9	66	2575			11.4	1.112	12.6			
21.35	2.35	2.20	160	160	15.9	66	2575	170.7	3.35	11.4	1.112	12.6	90.42	1.76	98.05
7.30	2.35	2.20	160	160	16.1	63	2575	170.7	3.82	10.9	1.106	12.0	90.42	2.02	97.77

MEETRESULTATEN HOGEDRUK R0-OPSTELLING

Datum	13-3-96
Medewerker	Bakkenes
Membraan	Desal SC4040FYM
Medium	7.5 wt% tot 10 wt% NaCl
Proj. nr.	26723

viscositeit 20 °C (cp) 1.002

Tijd [h]	PI-001 [bar]	PI-002 [bar]	PI-003 [bar]	PI-004 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [l/h]	FI002 [l/h]	G-ret [μS/cm]	G-perm [μS/cm]	Flux [l/m2.h]	visc. (cp)	gecorrigeerde flux [l/m2.h] [20°C]	Ret. [NaCl] [g/l]	Perm [NaCl] [g/l]	Retentie [%]
7.35	2.35	2.20	150	150	16.1	56	2600			9.7	1.106	10.7			
8.00	2.35	2.20	150	150	16.1	57	2600			9.8	1.106	10.8			
8.30	2.35	2.20	150	150	16.2	57	2600			9.8	1.103	10.8			
8.32	2.35	2.20	140	140	16.2	50	2600			8.6	1.103	9.5			
9.02	2.35	2.20	140	140	16.0	50	2600			8.6	1.109	9.5			
9.32	2.35	2.20	140	140	16.0	50	2600			8.6	1.109	9.5			
9.33	2.35	2.20	130	130	16.0	42	2600			7.2	1.109	8.0			
9.55	2.35	2.20	130	130	15.6	42	2600			7.2	1.121	8.1			
10.47	2.35	2.20	130	130	15.0	41	2600			7.1	1.139	8.0			
10.48	2.35	2.20	120	120	15.0	32	2600			5.5	1.139	6.3			
11.18	2.35	2.20	120	120	14.7	32	2600			5.5	1.148	6.3			
11.50	2.35	2.20	120	120	14.7	32	2600			5.5	1.148	6.3			
11.52	2.35	2.20	140	140	14.7	50	2600			8.6	1.148	9.9			
12.48	2.35	2.20	140	140	15.2	49	2600			8.4	1.133	9.5			
12.49	2.35	2.20	160	160	15.2	62	2600			10.7	1.133	12.1			
13.54	2.35	2.20	160	160	16.1	62	2580			10.7	1.106	11.8			
14.15	2.35	2.20	160	160	16.2	62	2580			10.7	1.103	11.8			
14.16	2.35	2.20	180	180	16.2	74	2525			12.8	1.103	14.0			
15.10	2.35	2.20	180	180	16.8	74	2525			12.8	1.086	13.8			
16.03	2.35	2.20	180	180	16.9	74	2525			12.8	1.083	13.8			
16.05	2.35	2.20	190	190	16.9	81	2500			14.0	1.083	15.1			
16.06	2.35	2.20	200	200	16.9	85	2500			14.7	1.083	15.8			
16.31	2.35	2.20	150	150	16.3	55	2600			9.5	1.100	10.4			
7.33	2.35	2.20	150	150	16.2	54	2600	171.7	4.44	9.3	1.103	10.3	90.96	2.34	97.42
7.38	2.35	2.20	180	180	16.2	73	2525			12.6	1.103	13.9			
8.15	2.35	2.20	180	180	17.1	73	2525			12.6	1.078	13.5			

MEETRESULTATEN HOGEDRUK RO-OPSTELLING

Datum 26-3-96
Medewerker Bakkenes
Membraan Desal SC4040FYM
Medium 9 wt% NaCl
Proj. nr. 26723

viscositeit
20 °C (cp)
1.002

Tijd [h]	PI-003 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [l/h]	G-ret [μS/cm]	G-perm [μS/cm]	Flux [l/m2.h]	viscositeit (cp)	gecorrigeerde flux [l/m2.h] [20°C]	[NaCl]-ret [g/l]	[NaCl]-perm [g/l]	Retentie [%]
8.30				172		0.0	1.787	0.0	91.11		
8.45	100	16.5	31			5.3	1.095	5.8			
8.48	110	16.5	41			7.1	1.095	7.7			
8.49	120	16.5	50			8.6	1.095	9.4			
8.50	130	16.9	57			9.8	1.083	10.6			
8.52	140	16.9	61			10.5	1.083	11.4			
8.53	150	16.9	68			11.7	1.083	12.7			
8.54	160	17.1	73			12.6	1.078	13.5			
8.54	170	17.1	79			13.6	1.078	14.7			
8.55	180	17.4	84			14.5	1.069	15.5			
9.15	180	18.6	80			13.8	1.037	14.3			
9.36	180	18.4	78			13.4	1.043	14.0			
10.54	180	18.0	75			12.9	1.053	13.6			
11.24	180	18.0	74			12.8	1.053	13.4			
12.00	180	18.0	73			12.6	1.053	13.2			
12.45	180	18.0	73			12.6	1.053	13.2			
12.46	170	18.0	68			11.7	1.053	12.3			
13.26	170	17.8	67			11.6	1.059	12.2			
14.00	170	17.8	68			11.7	1.059	12.4			
14.01	160	17.8	63			10.9	1.059	11.5			
14.44	160	17.8	63	174.7	5.82	10.9	1.059	11.5	92.56	3.07	96.68
15.37	160	17.8	62			10.7	1.059	11.3			
15.38	150	17.8	57			9.8	1.059	10.4			
16.13	150	17.3	57			9.8	1.072	10.5			
20.14	150	17.0	57			9.8	1.081	10.6			
20.15	140	17.0	51			8.8	1.081	9.5			
20.35	140	16.8	51			8.8	1.086	9.5			
21.00	140	16.7	51			8.8	1.089	9.6			
21.15	140	16.7	51			8.8	1.089	9.6			
21.24	140	16.7	51			8.8	1.089	9.6			
21.25	160	16.7	63			10.9	1.089	11.8			
7.30	160	17.2	63			10.9	1.075	11.7			
8.12	160	17.2	63			10.9	1.075	11.7			
8.13	180	17.2	73			12.6	1.075	13.5			
8.55	180	17.9	72			12.4	1.056	13.1			
9.25	180	17.8	73			12.6	1.059	13.3			
9.26	180	17.8	73			12.6	1.059	13.3			
9.46	180	17.9	70			12.1	1.056	12.7			
10.01	180	17.9	68			11.7	1.056	12.4			
10.16	180	17.9	66			11.4	1.056	12.0			
10.43	180	17.8	62			10.7	1.059	11.3			
11.06	180	17.8	58			10.0	1.059	10.6			
11.54	180	17.9	49			8.4	1.056	8.9			
12.08	180	17.9	46			7.9	1.056	8.4			
12.38	180	17.9	40			6.9	1.056	7.3			
13.00	180	17.9	35			6.0	1.056	6.4			
13.13	180	18.0	32			5.5	1.053	5.8			
13.30	180	18.0	30	273.4	20.64	5.2	1.053	5.4	144.81	10.93	92.46
13.38	180	17.7	27			4.7	1.061	4.9			
14.00	180	18.3	27			4.7	1.045	4.9			
14.19	180	18.5	27			4.7	1.040	4.8			

na deze proefneming element kapot



APPENDIX 4.3

TESTS MET TWEEDE SPIRAALGEWONDEN HP-RO MODULE: MODEL PEKEL - KAASPEKEL

MEETRESULTATEN HOGEDRUK RO-OPSTELLING

Datum 16-04-1996
Medewerker Bakkenes
Membraan Desal SC4040FYM
Medium RO-water
Proj. nr. 26723

viscositeit
20 °C (cp)
1.002

Tijd [h]	PI-001 [bar]	PI-002 [bar]	PI-003 [bar]	PI-004 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [l/h]	FI002 [m3/h]	G-ret [μS/cm]	G-perm [μS/cm]	Flux [l/m2.h]	visc. (cp)	gecorrigeerde flux [l/m2.h] [15°C]	Ret [NaCl] [g/l]	Perm [NaCl] [g/l]	Retentie [%]
			0	0		0						0			
9.06	2.35	2.20	28	30	14.2	134	2.5			23.1	1.163	26.8			
9.29	2.35	2.20	28	30	15.2	154	2.5			26.6	1.133	30.0			
9.37	2.35	2.20	30	32	14.8	153	2.5			26.4	1.145	30.1			
9.57	2.35	2.20	30	32	17.3	175	2.5			30.2	1.072	32.3			
10.27	2.35	2.20	30	32	21.4	196	2.5			33.8	0.969	32.7			
10.39	2.35	2.20	30	32	20.4	188	2.5			32.4	0.992	32.1			
10.45	2.35	2.20	30	32	19.9	185	2.5			31.9	1.004	32.0			
10.46	2.35	2.20	20	22	19.9	140	2.1			24.1	1.004	24.2			
10.49	2.35	2.20	20	22	19.9	140	2.1			24.1	1.004	24.2			
10.58	2.35	2.20	20	22	19.8	139	2.1			24.0	1.007	24.1			
10.59	2.35	2.20	10	12	19.8	82	1.6			14.1	1.007	14.2			
11.13	2.35	2.20	10	12	19.3	81	1.6			14.0	1.019	14.2			
11.14	2.35	2.20	20	22	19.3	136	2.1			23.4	1.019	23.9			
11.15	2.35	2.20	30	32	19.3	184	2.5			31.7	1.019	32.3			
11.16	2.35	2.20	40	42	19.3	217	2.4			37.4	1.019	38.1			
11.17	2.35	2.20	50	52	19.4	262	2.4			45.2	1.017	45.8			
11.18	2.35	2.20	40	42	19.4	218	2.4			37.6	1.017	38.1			
11.45	2.35	2.20	40	42	21.0	223	2.4			38.4	0.978	37.5			
12.11	2.35	2.20	40	42	20.5	220	2.4			37.9	0.990	37.5			
13.00	2.35	2.20	40	42	20.1	215	2.4			37.1	0.999	37.0			
Druk aflaten en 300 gram zout toevoegen (= 1 g/l)															
13.06	2.35	2.20	40	42	19.7	205	2.4	1770	17.7	35.3	1.009	35.6	0.93	-0.00	99.0
13.27	2.35	2.20	40	42	19.8	205	2.4			35.3	1.007	35.5			
13.35	2.35	2.20	40	42	19.8	203	2.4			35.0	1.007	35.2			
14.50	2.20	2.00	40	42	20.0	201	2.4	1780	13.9	34.7	1.002	34.7	0.93	-0.00	99.2
16.20	2.35	2.20	40	42	19.6	196	2.4			33.8	1.012	34.1			
16.50	2.35	2.20	40	42	19.4	194	2.4			33.4	1.017	33.9			
20.25	2.35	2.20	40	42	19.9	193	2.4			33.3	1.004	33.4			
20.55	2.35	2.20	40	42	19.9	193	2.4			33.3	1.004	33.4			
7.20	2.35	2.20	40	42	20.0	189	2.4	1780	10.4	32.6	1.002	32.6	0.93	-0.00	99.4

MEETRESULTATEN HOGEDRUK RO-OPSTELLING

Datum 17-04-1996
Medewerker Bakkenes
Membraan Desal SC4040FYM
Medium 14 wt% NaCl
Proj. nr. 26723

viscositeit
20 °C (cp)
1.002

Tijd [min]	PI-003 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [l/h]	FI-002 [m3/h]	G-ret [mS/cm]	G-perm [mS/cm]	Flux [l/m2.h]	viscositeit (cp)	gecorrigeerde flux [l/m2.h] [15°C]	[NaCl]-ret [g/l]	[NaCl]-perm [g/l]	Retentie [%]
0.0	120	20.1	17	2.5			2.93	0.999	2.9			
1.5	130	20.1	20	2.5			3.45	0.999	3.4			
2.0	140	20.1	26	2.5			4.48	0.999	4.5			
2.0	150	20.1	34	2.5			5.86	0.999	5.8			
2.5	160	20.1	40	2.5			6.90	0.999	6.9			
3.0	170	20.1	41	2.5			7.07	0.999	7.1			
3.5	180	20.1	43	2.5			7.41	0.999	7.4			
4.5	180	20.5	34	2.5			5.86	0.990	5.8			
6.0	180	20.5	30	2.5	1.58	2.65	5.17	0.990	5.1	133.92	14.03	89.5
7.0	180	20.5	28	2.5			4.83	0.990	4.8			
10.0	180	20.3	26	2.5			4.48	0.995	4.5			
27.5	180	20.1	22	2.5			3.79	0.999	3.8			
40.0	180	19.9	21	2.5			3.62	1.004	3.6			
60.0	180	19.8	20	2.5	1.65	1.99	3.45	1.007	3.5	139.86	15.10	89.2
76.0	180	19.9	19	2.6			3.28	1.004	3.3			
110.0	180	19.8	18	2.6			3.10	1.007	3.1			
156.0	180	19.9	18	2.6			3.10	1.004	3.1			
196.0	180	19.9	18	2.6			3.10	1.004	3.1			
297.0	180	19.3	21	2.6			3.62	1.019	3.7			
390.0	180	19.9	17	2.6			2.93	1.004	2.9			
471.0	180	20.6	17	2.6	1.63	2.69	2.93	0.987	2.9	138.16	20.42	85.2
519.0	180	20.7	16	2.6			2.76	0.985	2.7			
1380.0	180	20.9	16	2.6	1.43	1.65	2.76	0.980	2.7	121.21	13.98	88.5
1775.0	180	20.0	15	2.6			2.59	1.002	2.6			
1943.0	180	20.0	14	2.6	1.65	2.22	2.41	1.002	2.4	139.86	18.81	86.6
2830.0	180	18.0	14	2.6	1.62	2.12	2.41	1.053	2.5	137.31	17.96	86.9
2950.0	200	18.0	17	2.5			2.93	1.053	3.1			
2951.5	192	18.0		2.5			0.00	1.053	0.0			
2954.0	192	18.2	16	2.35			2.76	1.048	2.9			
2961.0	200	18.5	17.5	2.5	1.57	1.39	3.02	1.040	3.1	133.07	15.45	88.4
2971.0	200	19.1	17.5	2.5			3.02	1.025	3.1			

MEETRESULTATEN HOGEDRUK RO-OPSTELLING

Datum 17-04-1996
Medewerker Bakkenes
Membraan Desal SC4040FYM
Medium 14 wt% NaCl
Proj. nr. 26723

viscositeit
20 °C (cp)
1.002

Tijd [min]	PI-003 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 mm float	FI-001 [l/h]	FI-002 [m3/h]	G-ret [mS/cm]	G-perm [mS/cm]	Flux [l/m2.h]	viscositeit (cp)	gecorrigeerde flux [l/m2.h] [15°C]	[NaCl]-ret [g/l]	[NaCl]-perm [g/l]	Retentie [%]
0.0	50	16.5	20	2.14	2.6			0.37	1.095	0.4			
1.0	60	16.5	25	3.21	2.6			0.55	1.095	0.6			
2.0	70	16.6	30	4.29	2.6			0.74	1.092	0.8			
3.0	80	16.7	35	5.36	2.6			0.92	1.089	1.0			
3.5	90	16.8	41	6.64	2.6			1.15	1.086	1.2			
4.0	100	16.9	50	8.57	2.6			1.48	1.083	1.6			
4.5	110	17.0	63	11.25	2.6			1.94	1.081	2.1			
5.0	120	17.0	75	13.93	2.6			2.40	1.081	2.6			
5.5	130	17.1	89	16.93	2.6			2.92	1.078	3.1			
6.0	140	17.1	105	20.36	2.6			3.51	1.078	3.8			
6.5	150	17.3	121	23.79	2.6			4.10	1.072	4.4			
7.0	160	17.4	135	26.79	2.6			4.62	1.069	4.9			
8.0	170	17.6	146	29.14	2.6	1.34	1.56	5.02	1.064	5.3	113.58	17.35	84.7
22.0	170	20.8	135	26.79	2.6			4.62	0.983	4.5			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0	-0.01	-0.01	0.0
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0	-0.01	-0.01	0.0
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0	-0.01	-0.01	0.0
								0.00	1.787	0.0	-0.01	-0.01	0.0
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0			
								0.00	1.787	0.0	-0.01	-0.01	0.0
								0.00	1.787	0.0			

MEETRESULTATEN HOGEDRUK RO-OPSTELLING

Datum 03-05-1996
 Medewerker Bakkenes
 Membraan Desal SC4040FYM
 Medium Demiwater
 Proj. nr. 26723

viscositeit
 20 °C (cp)
 1.002

Tijd [min]	PI-003 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [l/h]	FI-002 [m3/h]	G-ret [mS/cm]	G-perm [μS/cm]	Flux [l/m2.h]	viscositeit (cp)	gecorrigeerde flux [l/m2.h] [15°C]	[NaCl]-ret [g/l]	[NaCl]-perm [g/l]	Retentie [%]
13.07	30	15.0	19	2.6			3.28	1.139	3.72			
13.08	40	15.2	24.5	2.6			4.22	1.133	4.77			
13.11	50	15.8	30.5	2.6			5.26	1.115	5.85			
13.15	60	16.6	39	2.6			6.72	1.092	7.33			
13.35	60	20.8	44	2.6			7.59	0.983	7.44			
13.36	50	20.8	37.5	2.6			6.47	0.983	6.34			
13.37	40	20.6	28	2.6			4.83	0.987	4.76			
13.38	30	20.5	21.5	2.6			3.71	0.990	3.66			
13.40	40	20.3	28	2.6			4.83	0.995	4.79			
13.41	50	20.2	37	2.6			6.38	0.997	6.35			
13.42	60	20.1	44	2.6			7.59	0.999	7.57			
13.43	70	20.1	50	2.6			8.62	0.999	8.60			
13.45	70	19.8	49	2.6			8.45	1.007	8.49			
13.55	70	19.4	48.5	2.6			8.36	1.017	8.49			
14.00	70	19.6	48.5	2.6	2.25	45.0	8.36	1.012	8.45	1.18	0.01	98.8
14.30	70	20.4	49	2.6	2.29	44.5	8.45	0.992	8.37	1.20	0.01	98.9
15.45	70	19.8	48	2.6			8.28	1.007	8.32			
16.00	70	19.6	47.5	2.6	2.28	43.8	8.19	1.012	8.27	1.20	0.01	98.9

na reparatie pomp

MEETRESULTATEN HOGEDRUK RO-OPSTELLING

Datum 30-05-1996
 Medewerker Bakkenes
 Membraan Desal SC4040FYM
 Medium Verdunde kaaspekkel (+500 liter kaaspekkel + 160 liter demi)
 Proj. nr. 26723

viscositeit
 20 °C (cp)
 1.002

Datum [dd-mm-yy]	Tijd [h]	PI-001 [bar]	PI-002 [bar]	PI-003 [bar]	PI-004 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [mm]	FI-001 [l/h]	FI002 [m3/h]	G-ret [μS/cm]	G-perm [μS/cm]	Flux [l/m2.h]	visc. (cp)	corrigeerde m2.h] [20°	Ret.	Perm.	Retentie [%]	Tijd [min]
															[NaCl] [g/l]	[NaCl] [g/l]		
30-05-1996	14.28	2.95	2.90	0	0	16	0		1.6			0.0	1.109	0.0				0
	14.30	2.75	2.60	180	182	15.8	86	16.29	2.6			2.8	1.115	3.1				2
	14.37	2.75	2.60	180	182	16.6	86	16.29	2.6			2.8	1.092	3.1				9
	14.47	2.75	2.60	180	182	17.6	83	15.64	2.6			2.7	1.064	2.9				19
	15.00	2.75	2.60	180	182	18.3	81	15.21	2.6			2.6	1.045	2.7				32
	15.18	2.75	2.60	180	182	18.8	80	15.00	2.6	1297	991	2.6	1.032	2.7	138.1	13.6	90.1	50
	15.57	2.75	2.60	180	182	19.3	78	14.57	2.6			2.5	1.019	2.6				89
	16.50	2.65	2.40	180	182	19.4	77	14.36	2.6			2.5	1.017	2.5				142
	19.35	2.50	2.30	180	182	19.3	75	13.82	2.6			2.4	1.019	2.4				307
	23.23	2.50	2.30	180	182	19.6	73	13.50	2.6			2.3	1.012	2.4				535
31-05-1996	7.40	2.45	2.30	180	182	20.1	71	13.07	2.6			2.3	0.999	2.2				1032
	11.00	2.45	2.30	180	182	19.9	70	12.75	2.6			2.2	1.004	2.2				1232
	13.40	2.45	2.30	180	182	19.6	68	12.43	2.6			2.1	1.012	2.2				1392
	16.45	2.45	2.30	180	182	19.6	68	12.43	2.6			2.1	1.012	2.2				1577
	21.30	2.45	2.30	180	182	20.1	68	12.32	2.6			2.1	0.999	2.1				1862
01-06-1996	19.40	2.45	2.30	180	182	20.3	64	11.57	2.6			2.0	0.995	2.0				3192
03-06-1996	7.18	2.45	2.30	180	182	20.1	60	10.61	2.6			1.8	0.999	1.8				5330
	7.36	2.45	2.30	180	182	20.2	60	10.61	2.6	1330	526	1.8	0.997	1.8	141.6	7.2	94.9	5348
	7.51	2.45	2.30	180	182	20.4	59	10.50	2.6			1.8	0.992	1.8				5363
	8.28	2.45	2.30	180	182	20.5	58	10.18	2.6			1.8	0.990	1.7				5400
	8.45	2.45	2.30	180	182	20.7	57	9.96	2.6			1.7	0.985	1.7				5417
	9.15	2.45	2.30	180	182	20.6	55	9.64	2.6			1.7	0.987	1.6				5447
	11.21	2.45	2.30	180	182	19.9	60	10.61	2.6			1.8	1.004	1.8				5573
	14.12	2.45	2.30	180	182	19.9	58	10.29	2.6			1.8	1.004	1.8				5834
04-06-1996	15.04	2.45	2.30	180	182	19.8	59	10.50	2.6			1.8	1.007	1.8				5886
	7.15	2.45	2.30	180	182	19.9	57	9.96	2.6			1.7	1.004	1.7				6857
	7.22	2.45	2.30	180	182	20.1	58	10.29	2.6			1.8	0.999	1.8				6864
	7.29	2.45	2.30	180	182	19.9	65	11.79	2.6			2.0	1.004	2.0				6871
	7.35	2.45	2.30	180	182	19.8	72	13.18	2.6			2.3	1.007	2.3				6877
	7.45	2.45	2.30	180	182	19.8	79	14.68	2.6			2.5	1.007	2.5				6887
	7.56	2.45	2.30	180	182	19.5	86	16.29	2.6			2.8	1.014	2.8				6898
	8.05	2.45	2.30	180	182	19.6	93	17.79	2.6			3.1	1.012	3.1				6907
	8.17	2.45	2.30	180	182	19.4	99	19.07	2.6			3.3	1.017	3.3				6919
	8.28	2.45	2.30	180	182	19.6	106	20.57	2.6			3.5	1.012	3.6				6930
	8.33	2.45	2.30	180	182	19.8	108	21.00	2.6			3.6	1.007	3.6				6935

MEETRESULTATEN HOGEDRUK RO-OPSTELLING

Datum 30-05-1996
 Medewerker Bakkenes
 Membraan Desal SC4040FYM
 Medium Verdunde kaaspekkel (±500 liter kaaspekkel + 160 liter demi)
 Proj. nr. 26723

viscositeit
 20 °C (cp)
 1.002

Datum [dd-mm-yy]	Tijd [h]	PI-001 [bar]	PI-002 [bar]	PI-003 [bar]	PI-004 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [mm]	FI-001 [l/h]	FI002 [m3/h]	G-ret [μS/cm]	G-perm [μS/cm]	Flux [l/m2.h]	visc. (cp)	corrigeerde m2.h [20°	Ret.	Perm.	Retentie [%]	Tijd [min]
															[NaCl] [g/l]	[NaCl] [g/l]		
05-06-1996	8.41	2.45	2.30	180	182	19.9	112	21.86	2.6			3.8	1.004	3.8				6943
	8.45	2.45	2.30	180	182	19.9	114	22.29	2.6			3.8	1.004	3.9				6947
	9.00	2.45	2.30	180	182	20.4	115	22.50	2.6			3.9	0.992	3.8				6962
	9.18	2.45	2.30	180	182	20.8	115	22.50	2.6			3.9	0.983	3.8				6980
	10.10	2.45	2.30	180	182	21.4	118	23.14	2.6			4.0	0.969	3.9				7032
	10.43	2.45	2.30	180	182	21.3	119	23.36	2.6			4.0	0.971	3.9				7065
	11.16	2.45	2.30	180	182	21.4	119	23.36	2.6			4.0	0.969	3.9				7098
	11.56	2.45	2.30	180	182	21.4	120	23.57	2.6			4.1	0.969	3.9				7138
	14.12	2.45	2.30	180	182	21.1	121	23.79	2.6			4.1	0.976	4.0				7274
	14.55	2.45	2.30	180	182	20.5	122	24.00	2.6	1680	91.5	4.1	0.990	4.1	89.9	2.5	97.3	7317
	16.33	2.45	2.30	180	182	19.3	122	23.89	2.6			4.1	1.019	4.2				7415
	7.32	2.45	2.30	180	182	21.1	128	25.18	2.6	1680	91.8	4.3	0.976	4.2	89.9	2.5	97.3	8314
06-06-1996	11.02	2.45	2.30	180	182	20.3	126	24.75	2.6			4.3	0.995	4.2				8524
	15.02	2.45	2.30	180	182	19.8	126	24.75	2.6			4.3	1.007	4.3				8764
	7.41	2.45	2.30	180	182	20.6	127	25.07	2.6	1820	94.0	4.3	0.987	4.3	97.4	2.5	97.4	9763
07-06-1996	8.35	2.80	2.65	180	182	9.8	0	-2.14	2.7			-0.4	1.315	-0.5				9817
	8.38	2.80	2.65	200	202	10.8	0	-2.14	2.7			-0.4	1.278	-0.5				9820
	8.42	2.80	2.65	200	202	13.0	22	2.46	2.7			0.4	1.202	0.5				9824
	8.46	2.80	2.65	180	182	14.6	17	1.39	2.7			0.2	1.151	0.3				9828
	9.00	2.80	2.65	180	182	17.7	18	1.61	2.7			0.3	1.061	0.3				9842
	9.20	2.80	2.65	180	182	19.9	18	1.71	2.7	1950	991	0.3	1.004	0.3	207.6	53.0	74.5	9862
	10.09	2.80	2.65	180	182	20.8	18	1.71	2.7			0.3	0.983	0.3				9911
	11.18	2.80	2.65	180	182	19.9	18	1.71	2.7			0.3	1.004	0.3				9980
	13.10	2.80	2.65	180	182	19.8	19	1.82	2.7			0.3	1.007	0.3				10092
	15.40	2.80	2.65	180	182	20.2	18	1.61	2.7			0.3	0.997	0.3				10242
	16.52	2.80	2.65	180	182	19.1	18	1.61	2.7			0.3	1.025	0.3				10314
	6.35	2.80	2.65	180	182	21.9	17	1.50	2.7			0.3	0.957	0.2				11137
10-06-1996	11.38	2.80	2.65	180	182	21.9	17	1.39	2.7			0.2	0.957	0.2				11440
	7.40	2.80	2.65	180	182	20.1	18	1.61	2.7			0.3	0.999	0.3				15522



APPENDIX 4.4

TESTS MET DERDE SPIRAALGEWONDEN HP-RO MODULE: - VLEESPEKEL

Resultaten Pekelontwatering

project no 26723

uitvoerder: P.J. Koele

uitvoerdata: 08-07-1996 tot 12-07-1996

Ten behoeve van de concentratie van vleespekkel werden de volgende experimenten uitgevoerd:

- Van het nieuwe element (Desal SC4040FYM) werd de schoonwaterflux gemeten
- Bij drukken van 80—120 bar werd de tijdsafhankelijke flux gemeten voor een modelpekkel met 8 w% NaCl
- Wederom werd een schoonwaterflux gemeten
- De geleverde vleespekkel werd verdund tot 8 w% NaCl waarna concentratie tot 13 w% plaatsvond

Schoonwaterfluxen

De schoonwaterflux bedraagt voor de meting met de modelpekkel $\pm 0.7 \text{ l}/(\text{m}^2 \text{ h bar})$ bij 20 °C. Na de meting met de modelpekkel is dit afgenomen tot $\pm 0.33 \text{ l}/(\text{m}^2 \text{ h bar})$.

Zie grafiek 1: Modelpekkel Schoonwaterfluxen

Meting met modelpekkel

Om een indruk te krijgen van de compactie van de membranen worden tijdsafhankelijke fluxen gemeten bij 80, 90, 100 en 120 bar en 20 °C met een modelpekkel van ongeveer 8% zout. De compactie bij 80 bar bedraagt $\pm 50 \%$. Uit de interpolatie van de stationaire fluxen (bij 80 bar $3 \text{ l}/(\text{m}^2 \text{ h bar})$, bij 120 bar $8.5 \text{ l}/(\text{m}^2 \text{ h bar})$) is de osmotische druk van de oplossing bepaald op 60 bar hetgeen overeenkomt met 7.5 % NaCl.

De NaCl retentie bedraagt $\pm 98 \%$ gedurende de gehele proef

Zie grafiek 2: Modelpekkel Flux en druk versus tijd

Het gevolgde drukverloop is 80 - 90 - 100 - 80 - 120 - 80 - 100 - 120 - 80 bar

Zie grafiek 3: Modelpekkel stationaire fluxen

Meting met vleespekkel

Van de vleespekkel zijn de volgende gegevens bekend:

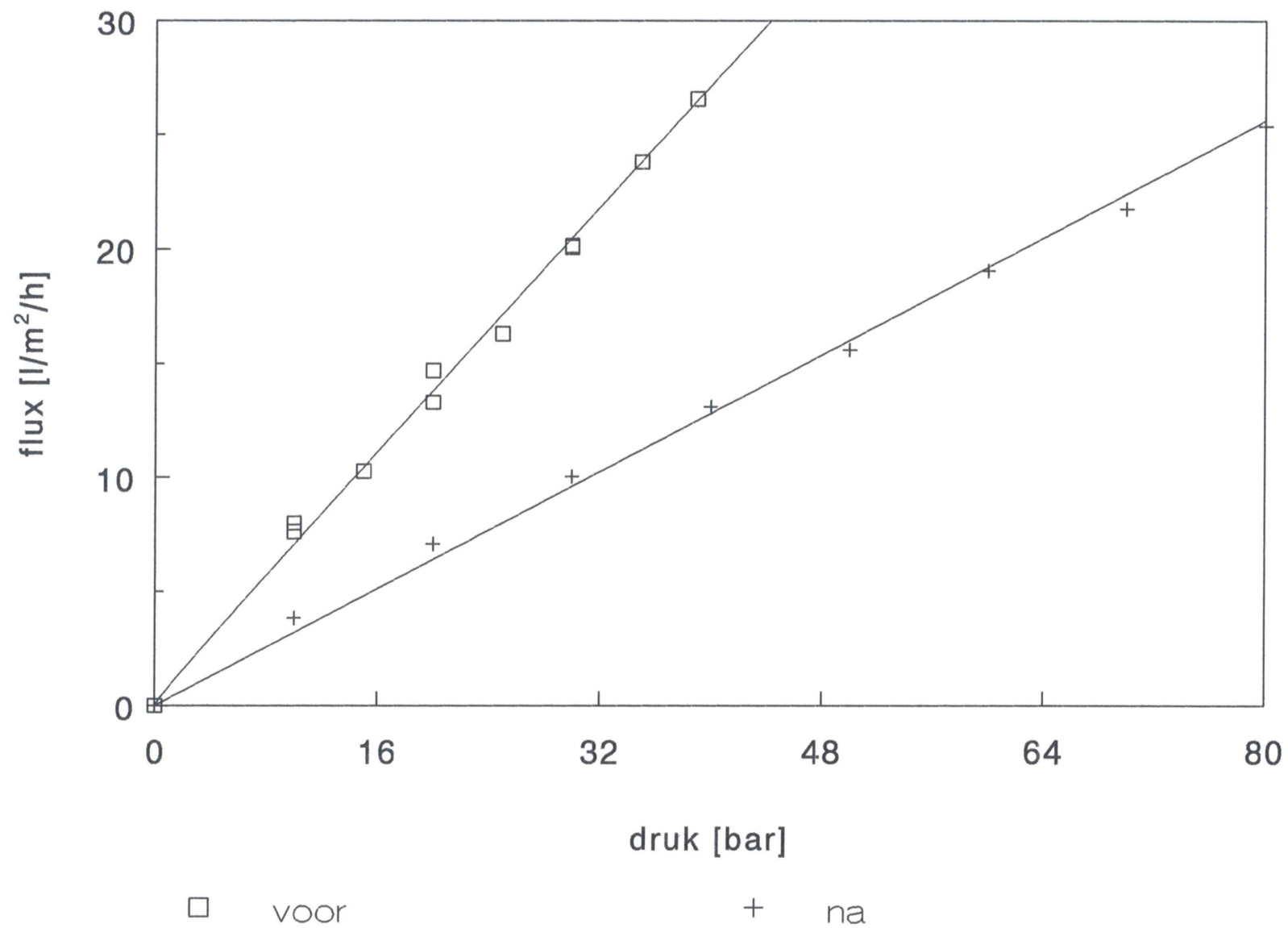
13 w% zout (eigen meting 10 w%), 18 ° Beaumé, 1 w% suiker, restzouten als fosfaat, ascorbinaat en nitriet: concentratie onbekend. Deze pekkel is gebruikt bij de conservering van rauwe ham.

De pekkel werd verdund tot 8 w% waarna bij een druk van 120 bar 18 °C gedurende 2 h werd gecirculeerd, 1 h geconcentreerd, 1 h gecirculeerd. Tot slot volgde concentratie tot 13 w%. Retentaat monsters werden 200 * verdund, permeaatmonsters werden onverdund gemeten tot $t = 5.50 \text{ h}$. Daarna werd 50 * verdund.

Zie grafiek 4: Hogedruk RO concentratie vleespekkel & Meetresultaten.

Fig. 5.11

Modelpekel schoonwaterfluxen



Figuur 4.9

Fig. 5.12.

Modelpekel flux & druk versus tijd

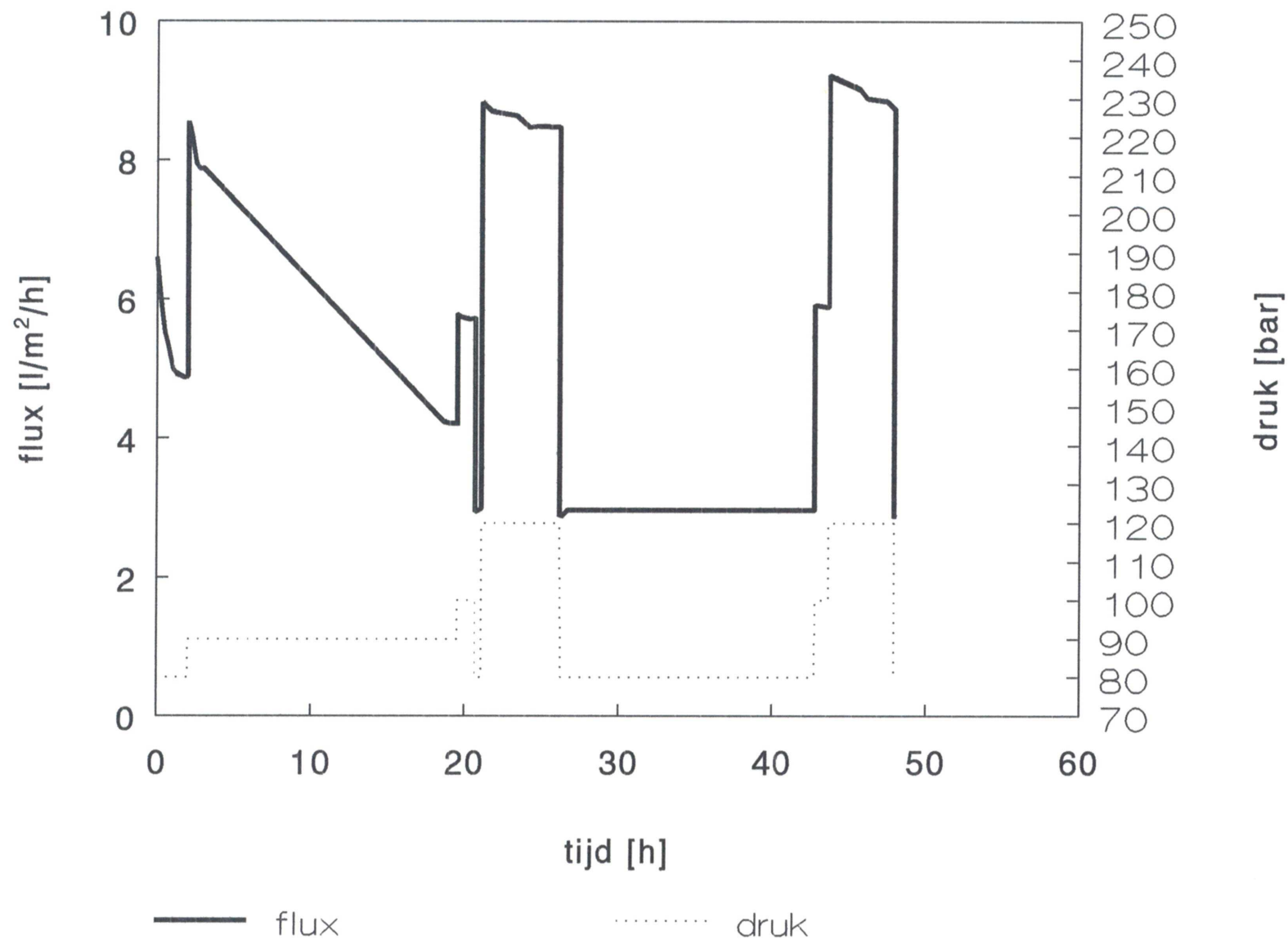


Fig. 5.13.

Modelpekel stationaire fluxen

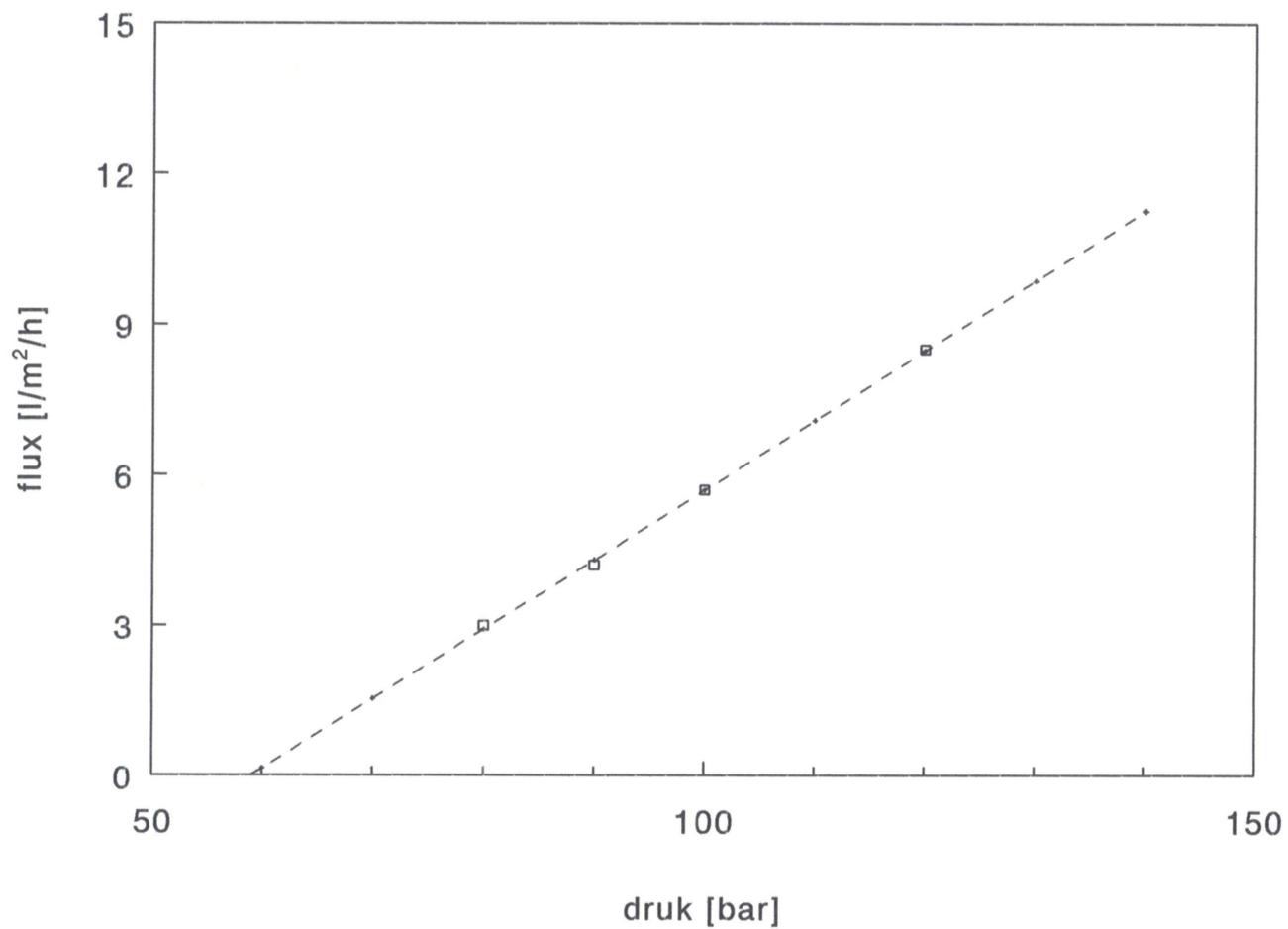
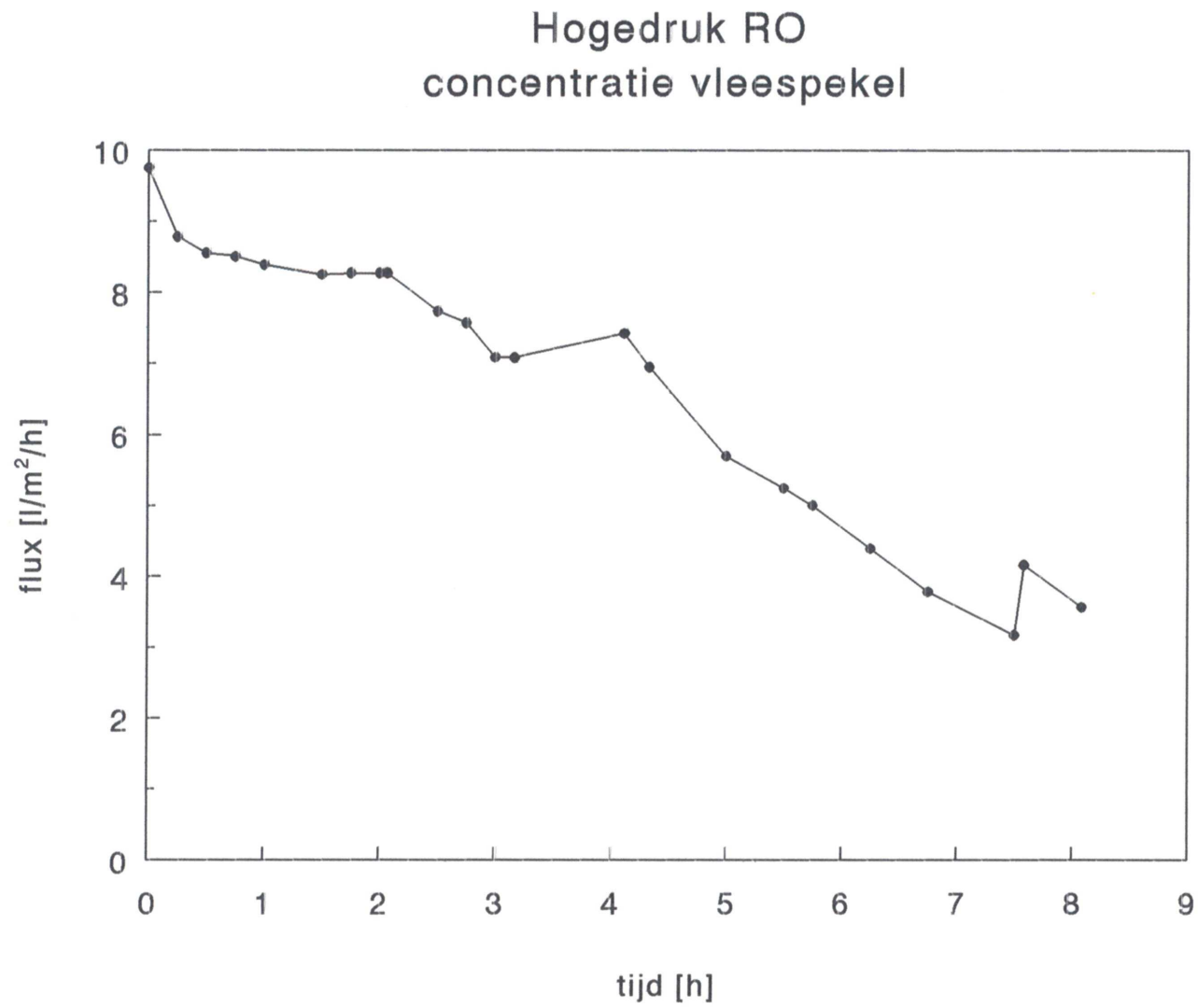


Fig. 5.19.



MEETRESULTATEN HOGEDRUK RO-OPSTELLING

Datum 12-07-1996

Medewerk Bakkenes/Koele

Membraan Desal SC4040FYM

Medium vleespekel verdund tot 8% zout

Proj. nr. 26723

738 uS/cm (200 *verd)
82.83990 g/lviscositeit
20 °C (cp)
1.002

PJK

tijd	looptijd [h]	PI-001 [bar]	PI-002 [bar]	PI-003 [bar]	PI-004 [bar]	TI-001 [°C]	FI-001 [l/h]	FI002 [l/h]	G-ret [μS/cm]	G-perm [μS/cm]	Flux [l/m2.h]	visc. (cp)	corrigeerde l m2.h] [20°	Ret. [NaCl] [g/l]	Perm. [NaCl] [g/l]	Retentie [%]
08:45	0.00	2.60	2.40	120	122	8.9	42	2550			7.2	1.350	9.8			
09:00	0.25	2.60	2.40	120	122	14.3	44	2650	738	6.63	7.6	1.160	8.8	82.83990	-0.44816	100.5409
	0.50	2.60	2.40	120	122	17.0	46	2650			7.9	1.081	8.6			
	0.75	2.60	2.40	120	122	18.9	48	2650			8.3	1.030	8.5			
	1.00	2.60	2.40	120	122	18.6	47	2650			8.1	1.037	8.4			
	1.50	2.60	2.40	120	122	18.4	46	2650			7.9	1.043	8.3			
	1.75	2.60	2.40	120	122	18.3	46	2650			7.9	1.045	8.3			
	2.00	2.60	2.40	120	122	18.3	46	2650			7.9	1.045	8.3			
10:50 conc.	2.07	2.60	2.40	120	122	18.3	46	2650	738	714.00	7.9	1.045	8.3	82.83990	0.400533	99.51649
	2.50	2.50	2.40	120	122	18.3	43	2650			7.4	1.045	7.7			
	2.75	2.50	2.40	120	122	18.2	42	2650	841	893.00	7.2	1.048	7.6	94.56949	0.502456	99.46869
	3.00	2.50	2.40	120	122	17.9	39	2650			6.7	1.056	7.1			
11:58 stop conc	3.17	2.50	2.40	120	122	16.9	38	2650			6.6	1.083	7.1			
12:55 conc.	4.12	2.50	2.40	120	122	15.1	38	2650			6.6	1.136	7.4			
13:05 ret.opvang	4.33	2.50	2.40	120	122	14.5	35	2650	886	1057	6.0	1.154	6.9	99.69407	0.595837	99.40233
	5.00	2.50	2.40	120	122	13.6	28	2650			4.8	1.182	5.7			
	5.50	2.50	2.40	120	122	13.9	26	2650	963	1520	4.5	1.173	5.2	108.4627	0.859468	99.20759
	5.75	2.50	2.40	120	122	14.2	25	2650			4.3	1.163	5.0			
15:00	6.25	2.50	2.40	120	122	14.3	22	2700			3.8	1.160	4.4			
	6.75	2.50	2.40	120	122	14.4	19	2700	1050	51	3.3	1.157	3.8	118.3703	1.136933	99.03951
16:15	7.50	2.50	2.40	120	122	14.6	16	2700			2.8	1.151	3.2			
16:20 R6-15A rvs	7.58	2.50	2.40	120	122	14.6	21	2750			3.6	1.151	4.2			
16:50	8.08	2.50	2.40	120	122	14.6	18	2750	1159	75	3.1	1.151	3.6	130.7831	1.837292	98.59516

ANALYSERESULTATEN

Blad 1 van 1

Projectnummer : 1836160
Analyselijstnummer : 819474

Project/lokatie :

Betreffende : afvalwater
Bemonsterd door : TNO-MEP
Datum monsterneming:
Datum ontvangst : 18/07/96

Omschrijving monsters:

- 1 : MEE/96/761 kaaspekelpermeaat ca. 14% NaCl 30-5 15.00h
2 : MEE/96/762 kaaspekelpermeaat ca. 7% NaCl 03-06 07.30h
3 : MEE/96/763 vleespekelpermeaat

A N A L Y S E		Eenheid	1	2	3
KLASSIEK CHEMISCHE ANALYSES					
Q	Chemisch zuurstofverbruik (CZV)	mg O ₂ /l	1950	616	25



Tauw Milieu bv

Adviesbureau
Laboratorium
Internationaal

De met "Q" gemerkte analyses op dit blad zijn door STERLAB gecertificeerd.

De tussen haakjes vermelde lettercodes geven aan dat betreffende bepaling of monster van commentaar is voorzien. Zie hiervoor het blad 'Toelichting' bij dit rapport.

Al onze aanbiedingen, opdrachten en (raam)overeenkomsten, een en ander ter zake van het verrichten van laboratoriumonderzoek worden uitgevoerd overeenkomstig de bepalingen opgenomen in de Algemene Laboratoriumvoorwaarden, gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel en Fabrieken te Deventer onder nummer 414

Tauw Milieu bv
KvK Deventer nr 14985
Hoofdkantoor Deventer;
vestigingen in Amsterdam, Best,
Groningen, Rotterdam, Sittard,
Soest, Weert, Berlin, Moers,
Zaventem en Dijon.

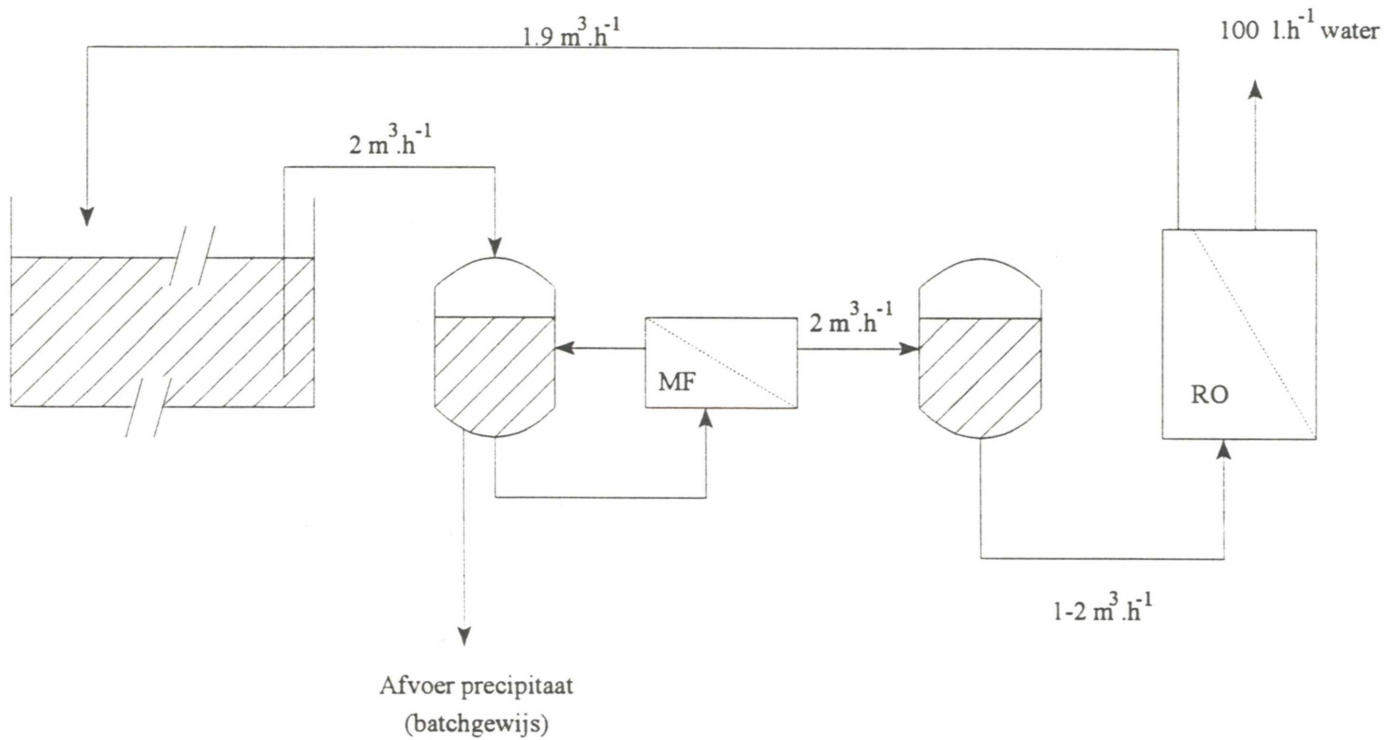
Het milieulaboratorium is
ingeschreven in het STERLAB-register
voor laboratoria onder
nr. L005 voor gebieden zoals nader
omschreven in de erkenning.



APPENDIX 5

STROOMSCHEMA'S KOSTENSCHATTINGEN

KAASPEKEL - PROCESOPTIE 1



Aspecten :

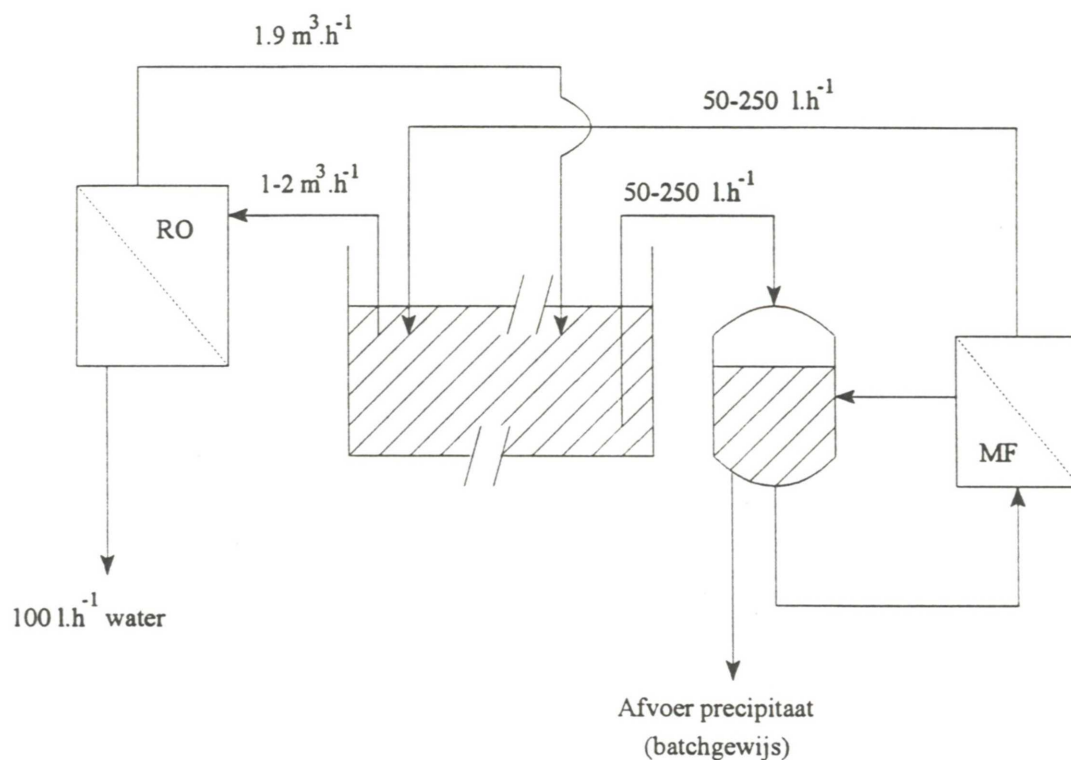
☐ MF als voorbehandeling RO

→ Compactere RO-apparatuur

→ Hoge MF capaciteit nodig

☐ Sporadisch leegtrekken van precipitaat-tank, afvoer na eventueel wassen

KAASPEKEL - PROCESOPTIE 2

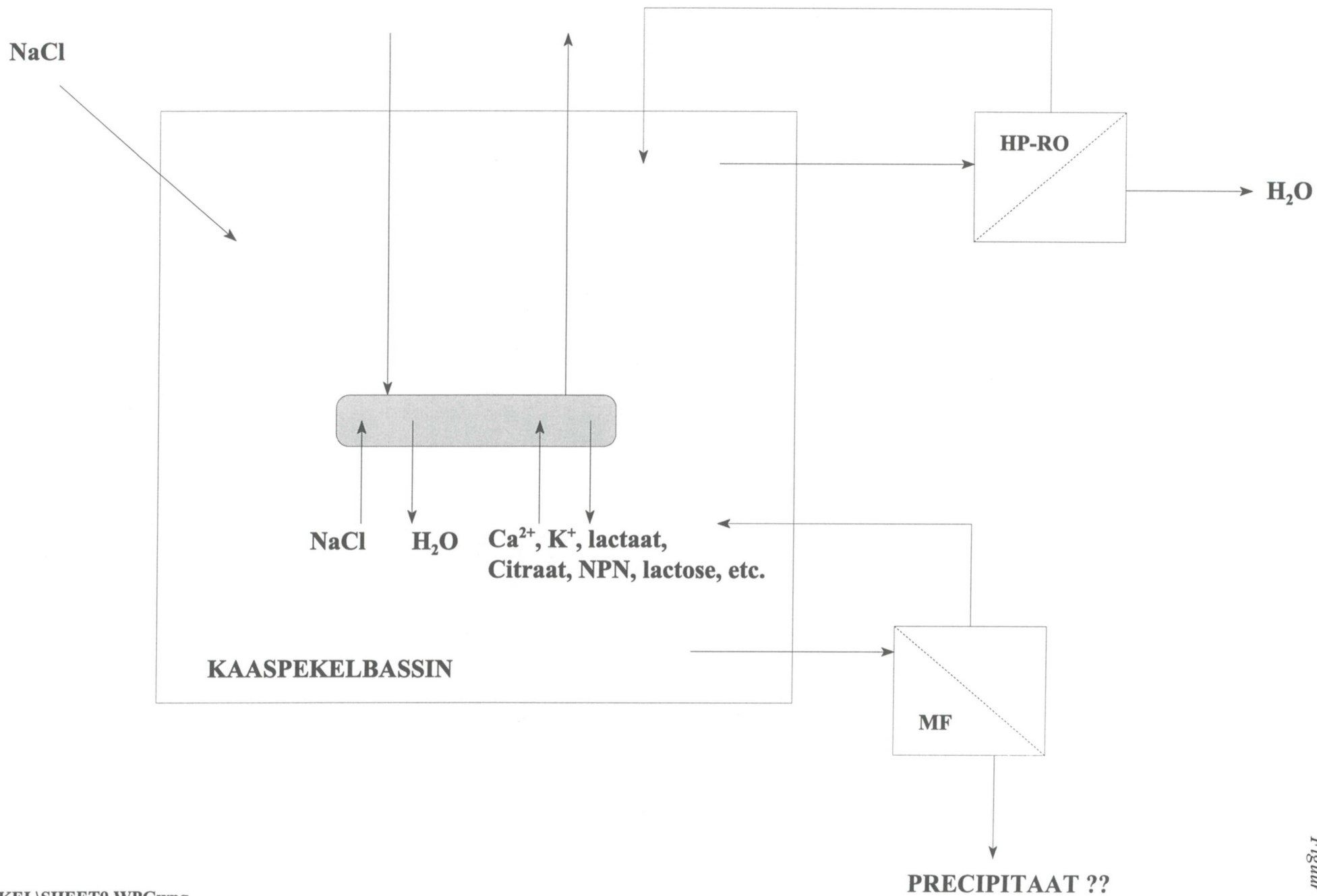


Aspecten :

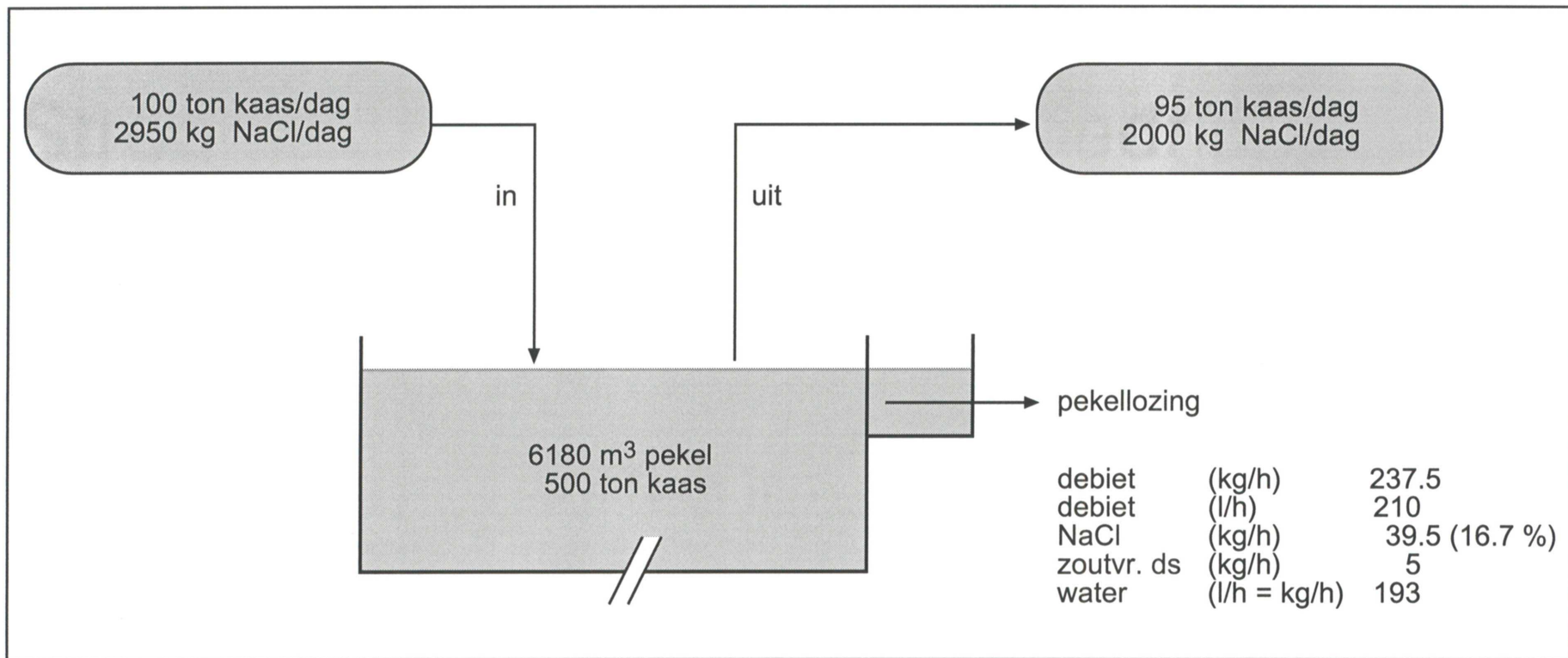
☐ MF en RO als stand-alone operaties

- kleinere MF-apparatuur
- minder tanks/regelingen
- eventueel open-spacer RO, of voorfiltratie

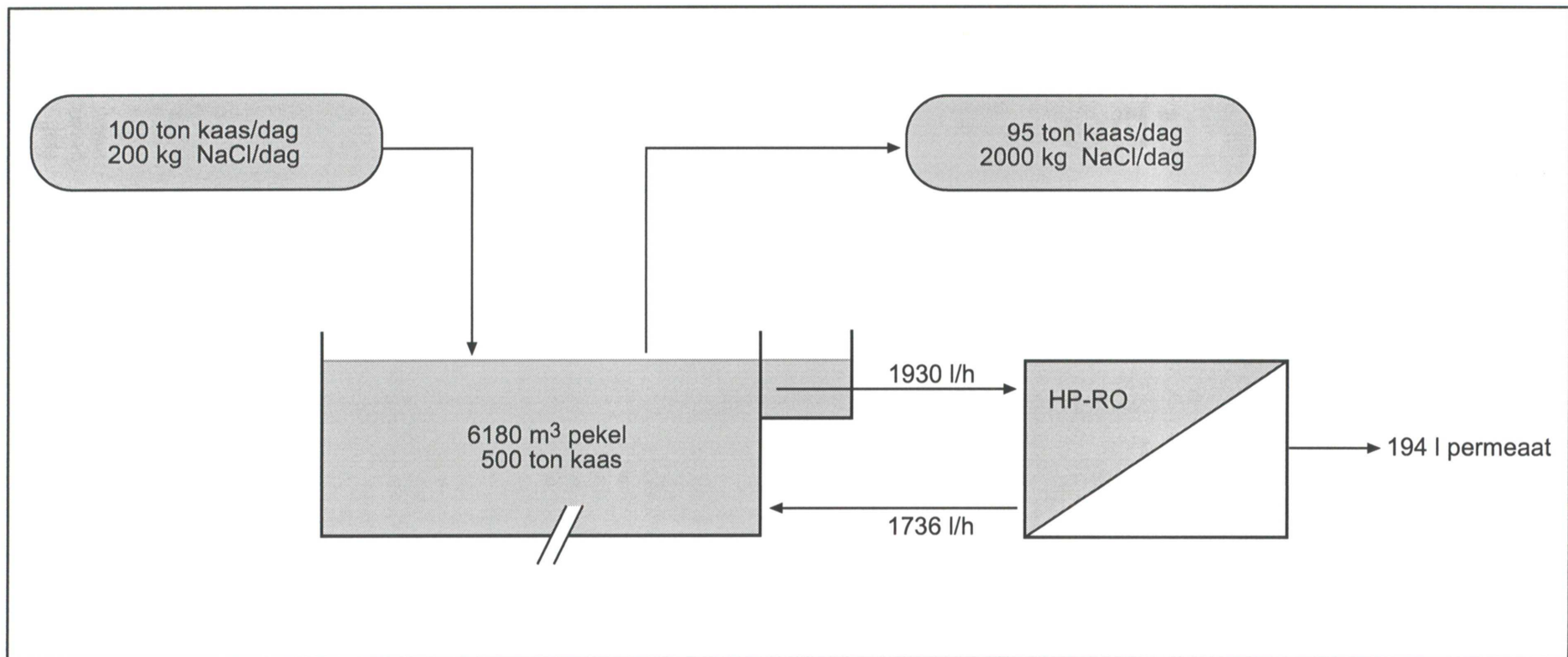
☐ Sporadisch afvoer MF-retentaat



Stroomschema model-kaasbedrijf: huidige situatie



Stroomschema model-kaasbedrijf: (toekomstige) HP-RO



Massabalans HP-RO vs. pekellozing

	voeding	retentaat	permeaat	pekellozing
debiet (kg/h)	2171	1977	194	237.5
debiet (l/h)	1930	1736	194	210
NaCl (kg/h)	362.5	361.6	0.9	39.5
zoutv. ds (kg/h)	45.5	45.4	0.1	5
water (l/h = kg/h)	1763	1570	193	193

PROCES INVESTERING HP-RO & MF

18% pekel, model kaasfabriek

Apparaat	FOB prijs in kfl	Aantal benodigd	FOB kosten in kfl	Hand factor	Module kosten in kfl	Unit kosten in kfl
HP-RO						
Centrif.pomp (2 m3/h 0.3 Mpa)	2	1	2	1.5	3	106
HP pomp (2 m3/h 19 Mpa)	20	1	20	1.5	30	
Drukvat (4" * 6 elementen)	5	2	10	1.5	15	
Cartridge filter	2	1	2	1.5	3	
Membraan element (4", 8.2 m2)	1	12	12	1	12	
MF						
Centrif.pomp (0.5 m3/h 0.1 Mpa)	2	1	2	1.5	3	93
Centrif.pomp (5 m3/h 0.3 Mpa)	4	1	4	1.5	6	
Membraanelement (5 m2)	5	1	5	1	5	
Cartridge filter	2	1	2	1.5	3	
Buffertank voeding (5 m3)	20	1	20	1.5	30	
Pallet Buffertank slib (1 m3)	4	2	8	1	8	
Totale Module Investering					118	
Onvoorzien (25%)					30	
Totale investering					148	
Instrumentatie (20%)					30	
Utilities (15%)					22	
PROCES INVESTERING					199	199

OPERATIONELE KOSTEN HP-RO & MF

18% pekkel, model kaasfabriek

	Kosten (NLG/jaar)	
	HP-RO	MF
A – Rente en afschrijving	21200	18600
B – Variabele kosten		
B1 – Utilities		
Electriciteit (15.5 kW/ 0.5 kW)	14880	480
Water (0.1 m3/h)	800	800
B2 – Chemicalien/vervangingen		
Reinigingsmiddel (100 kg)	500	500
Membraanvervanging (iedere 2 jaar)	6000	2500
Filterkaarsen	2000	500
Afvoer van precipitaat/slib		16000
C – Vaste kosten		
C1 – Mankracht (2 * 0.5h/d)	10950	10950
C2 – Onderhoud (5 %)	5300	4650
Totaal operationele kosten	61630	54980

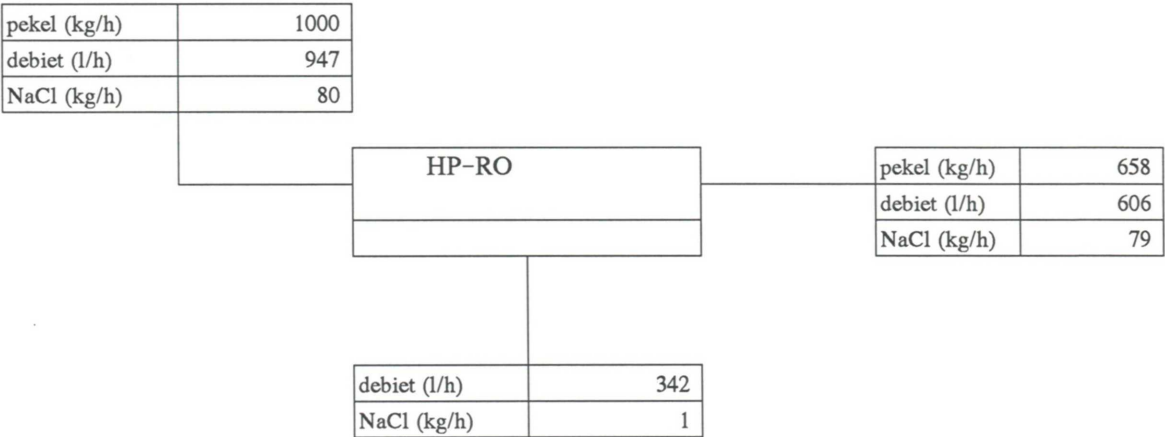
Kosten per m3 behandelde voeding (NLG/m3)	3.85	16.28
Kosten per m3 permeaat (NLG/m3)	40.09	16.28
D – Opbrengsten		
97 % van huidige VE's (800 a f 75,-)	58200	
extra droge stof in 2e wei (39 ton a f 500)	19500	
inzet precipitaat als veevoeder (afvoerkosten)		16000
Totaal opbrengsten	93700	

Netto operationele kosten	22910
---------------------------	-------

PROCES INVESTERING HP-RO

1 ton pekел/h, van 8 tot 12 % NaCl

Apparaat	FOB prijs in kfl	Aantal benodigd	FOB kosten in kfl	Hand factor	Module kosten in kfl	Unit kosten in kfl
Buffertank (24 h 15 m3)	30	1	30	1.5	45.0	
Reinigingstank (1 m3)	10	1	10	1.5	15.0	
Cartridge filter	2	1	2	1.5	3.0	
HP pomp (1 m3/h 12 Mpa)	15	1	15	1.5	22.5	
Centrif.pomp (1 m3/h 0.5 Mpa)	3	1	3	1.5	4.5	
drukvat (4" * 5 elementen)	5	2	10	1.5	15.0	
Membraanelement (4", 8.2 m2)	1	10	10	1	10.0	
						194.1
Totale Module Investering					115.0	
Onvoorzien (25%)					28.8	
Totale investering					143.8	
Instrumentatie (20%)					28.8	
Opslag en transport (15%)					21.6	
PROCES INVESTERING					194.1	194.1



OPERATIONELE KOSTEN HP-RO

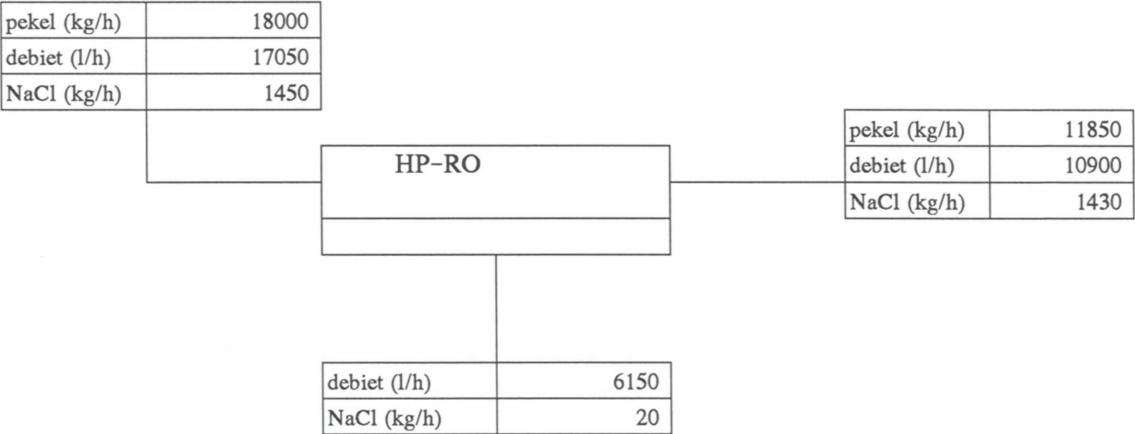
1 ton pekels/h van 8 tot 12 % NaCl

	Kosten (NLG/jaar)
A – Rente en afschrijving	38800
B – Variabele kosten	
B1 – Utilities	
Electriciteit (7 kW)	6720
Reinigingsmiddel, filters e.d.	2000
Membraanvervanging (iedere 2 jaar)	5000
C – Vaste kosten	
C1 – Mankracht	21900
C2 – Onderhoud (5 %)	9700
Totaal operationele kosten	84120
Kosten per ton behandelde pekels 8%	10.52
Kosten per m3 permeaat	30.85

PROCES INVESTERING HP-RO

18 ton pekел/h van 8 tot 12 % NaCl

Apparaat	FOB prijs in kfl	Aantal benodigd	FOB kosten in kfl	Hand factor	Module kosten in kfl	Unit kosten in kfl
Buffertank (150 m3)	140	2	280	1.5	420.0	
Reinigingstank (15 m3)	40	1	40	1.5	60.0	
filterunit	10	1	10	1.5	15.0	
HP pomp (20 m3/h 12 Mpa)	140	1	140	1.5	210.0	
Centrif.pomp (20 m3/h 0.5 Mpa)	20	1	20	1.5	30.0	
drukvat (8" * 6 elementen)	12	8	96	1.5	144.0	
Membraanelement (8", 32 m2)	4	48	192	1	192.0	
						2409.8
Totale Module Investering					1071.0	
Onvoorzien (25%)					267.8	
Totale investering					1338.8	
Instrumentatie (20%)					267.8	
Opslag en transport (15%)					200.8	
Utilities (15%)					200.8	
Gebouwen (10%)					133.9	
Milieu (5%)					66.9	
Opstart (5%)					66.9	
Engineering (10%)					133.9	
PROCES INVESTERING					2409.8	2409.8



OPERATIONELE KOSTEN HP-RO

18 ton pekels/h van 8 tot 12 % NaCl

	Kosten (NLG/jaar)
A – Rente en afschrijving	481960
B – Variabele kosten	
B1 – Utilities	
Electriciteit (90 kW)	86400
Reinigingsmiddel, filters e.d.	20000
Membraanvervanging (iedere 2 jaar)	96000
C – Vaste kosten	
C1 – Mankracht	50000
C2 – Onderhoud (5 %)	120490
Totaal operationele kosten	854850
Kosten per ton behandelde pekels 8%	5.95
Kosten per m3 permeaat	17.40