Een evaluatie van biologische, technische en economische aspecten van aalteelt in recirculatiesystemen

A. Kamstra en W.P. Davidse (LEI)

RAPPORT AQ 91-04
Mei 1991

RIJKSINSTITUUT VOOR VISSERIJONDERZOEK

Haringkade 1 - Postbus 68 - 1970 AB IJmuiden - Tel.: +31 2550 64646

LANDBOUW-ECONOMISCH INSTITUUT

Conradkade 175 - Postbus 29703 - 2502 LS Den Haag - Tel.: +31 70 3614161

Afdeling: Aquakultuur

Rapport: AQ 91 - 04

Een evaluatie van biologische, technische en economische aspecten van aalteelt in recirculatiesystemen

Auteur: A. Kamstra en W.P. Davidse (LEI)

Coördinator: Ir. A. Kamstra

Datum van verschijnen: mei 1991

Nederlandse vertaling van het rapport "Evaluation of biological, technical and economical aspects of eel farming in intensive recirculation systems", uitgebracht aan de EG in het kader van het EG onderzoeksprogramma voor de visserijsector ("FAR").

Met deelname van:
Danish Institute for Fisheries Technology and Aquaculture (DIFTA), T. Jespersen
Danish Institute for Fisheries Economic Research (DIFER), H. Frost

ONDERZOEKSPROJECT GEFINANCIERD DOOR DE COMMISSIE VAN DE EUROPESE GEMEENSCHAPPEN IN HET KADER VAN HET EG ONDERZOEKSPROGRAMMA VOOR DE VISSERIJSECTOR ("FAR")

DIT RAPPORT MAG NIET GECITEERD WORDEN ZONDER TOESTEMMING VAN DE DIRECTEUR VAN HET R.I.V.O.

INHOUD blz

1 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen 1

2 Doel van het onderzoek 4

3 Inleiding 4

4 Opzet en organisatie van het onderzoeksproject 4

5 Technische aspecten van palingteelt 5
5.1 Inleiding 5
5.2 Technische karakteristieken van de onderzochte palingkwekerijen 11
5.3 Metingen aan de waterkwaliteit 19
5.4 Discussie en conclusies 24

6 Biologische aspecten van palingteelt 27
6.1 Inleiding 27
6.2 Groei, voederconversie en dichtheid 28
6.3 Ziekte en mortaliteit 32
6.4 Discussie en conclusies 33

7 Economische resultaten van Deense en Nederlandse kwekerijen 35
7.1 Aalkwekerijen in Denemarken 35
7.1.1 Historische ontwikkeling en invloed van de EG-subsidies 35
7.1.2 Kenmerken van de deelnemende aalkwekerijen 35
7.1.3 Kosten en opbrengsten van Deense aalkwekerijen 36
7.2 Aalkwekerijen in Nederland 39
7.2.1 Historische ontwikkeling en invloed van de EG-subsidies 39
7.2.2 Kenmerken van de deelnemende bedrijven 42
7.2.3 Investeringen en financiering 43
7.2.4 Kosten en opbrengsten van Nederlandse palingkwekerijen 44
7.2.5 Bepalende faktoren voor de rentabiliteit van het geïnvesteerde vermogen 51
7.2.6 Economische resultaten van een 50-tons aalkwekerij gebaseerd op gerealiseerde groeicijfers 53

8 De markt voor paling 56
8.1 Marktvolume in de EG 56
8.2 Prijsontwikkelingen voor paling 58
8.3 Invloeden op palingprijzen in het verleden 60
8.4 Aanbod en prijs in de toekomst 61
8.5 Het aanbod van gekweekte paling in Nederland 61
8.6 Prijs en kostprijs van gekweekte paling 62

Bijlage 1: Symbolen en berekeningen
" 2: Literatuur
" 3: Schematisch overzicht van de recirculatiesystemen
" 4: Overzicht van de dagelijkse waterkwaliteit
" 5A: Groei (I) en voederconversie (II) in pootvissystemen
" 5B: Groei (I) en voederconversie (II) in afmestsystemen
" 6: Waarderingsmethode voor de palingvoorraad
" 7: Prijs en aanbod van paling; een regressie-analyse

1 SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Dit rapport is de Nederlandse vertaling van een studie die ten behoeve van de EG is verricht in Denemarken en Nederland. Het Nederlandse deel van het onderzoek is geheel vertaald; het Deense stuk gedeeltelijk. In het onderzoeksproject, een samenwerkings-verband tussen twee Deense en twee Nederlandse instituten, zijn technische, biologische en economische gegevens verzameld van palingkwekerijen over het jaar 1989. In totaal hebben er negen Deense en negen Nederlandse bedrijven aan het technisch/biologische deel van het onderzoek meegedaan. Zeven Deense bedrijven (twee alleen pootvisproduktie) en elf Nederlandse bedrijven (twee een combinatie van pootvisproduktie en afmesterij) hebben gegevens aangeleverd voor het economische deel van het onderzoek.

Het technische deel van het onderzoek heeft laten zien dat de fysieke capaciteit van de meeste bedrijven in termen van maximale standing stock en voedergift per dag voldoende is om de beoogde produktie te realiseren. Een aantal bedrijven had nog niet voldoende standing stock opgebouwd in de opstartfase om uitspraken over de produktiecapaciteit mogelijk te maken. Het ontwerp van de waterzuivering van de verschillende bedrijven laat grote verschillen zien, een uiting van de grote onzekerheden die er op dit terrein zijn. De voor- en nadelen van een aantal ontwerpen worden besproken. Op de Nederlandse bedrijven zijn in het kader van dit onderzoek debietmetingen uitgevoerd. Uit de metingen blijkt dat de debieten in de meeste gevallen aanzienlijk kleiner zijn dan gepland als gevolg van onzorgvuldig ontwerpen. Het maximaliseren van de opbrengst van bestaande pompen kan kwekers in staat stellen om een grotere standing stock aan te houden.
Waterkwaliteit vormt de schakel tussen technische infrastructuur en de eigenlijke produktie. Bruikbare gegevens zijn slechts van een gering aantal bedrijven beschikbaar. Definitieve conclusies over de efficiëntie van bepaalde waterzuiveringssystemen kunnen dan ook niet worden getrokken. De verzamelde gegevens geven een indicatie dat enkele bedrijven mogelijk met te lage watertemperaturen werken en dat enkele Deense bedrijven tijdelijk grenswaarden voor NH_3-N overschrijden. In z'n algemeenheid zou er meer aandacht geschonken moeten worden aan het stabiliseren van bepaalde belangrijke variabelen zoals temperatuur en pH. Hoewel is aangetoond dat aal een grote tolerantie voor bepaalde metabolieten heeft, is onderzoek naar gecombineerde effecten van een aantal stoffen op voeropname bij aal nodig om meer realistische criteria voor waterkwaliteit te ontwikkelen.

Biologische gegevens betreffende groei, voederconversie en dichtheden zijn verzameld en uitgewerkt op basis van sorteerlijsten van de bedrijven. De verzamelde groeigegevens laten zien dat de groei van aal in de planningsfase vaak wordt overschat. In het meest gunstige geval heeft een gemiddelde aal tenminste 9 maanden nodig voor het traject 0.3 - 15 gram en nog eens 9 maanden om 150 gram te bereiken. Voor een totale "ideale" standing stock wordt in dit geval een groeisnelheid van 0.75 %/dag bereikt. De behaalde groeisnelheden bij een bepaald lichaamsgewicht lopen maximaal een factor twee uiteen en voor de meeste bedrijven moeten aanzienlijke verbeteringen mogelijk zijn. Bij een aantal bedrijven is de slechte groei te wijten aan waterkwaliteitsproblemen of ziekten. "Overall" voederconversies variëren van minimaal 1.43 tot maximaal 2.65 wat aangeeft dat ook hier substantiële verbeteringen mogelijk zijn.
Goede informatie over ziekteproblemen, de bestrijding met de resultaten zijn op veel bedrijven niet beschikbaar. Duidelijk is dat de ziekteproblemen met name betrekking hebben op ecto-parasieten en momenteel goed beheersbaar zijn. Bacteriële of virale ziekten die massa-mortaliteit veroorzaken zijn momenteel onbekend. Perioden met verminderde eetlust zonder aanwijsbare oorzaak komen echter regelmatig voor.

In z'n algemeenheid is een verbetering van het management van kwekerijen een sleutelfactor bij het verbeteren van de technisch/biologische resultaten.

In het economische gedeelte van het onderzoek zijn de opbrengsten en kosten van de deelnemende kwekerijen uitvoerig geanalyseerd. Bovendien zijn de jaarcijfers van de bedrijven ingevoerd in een simulatiemodel om de economische haalbaarheid op langere termijn te beoordelen en om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren. Een apart hoofdstuk handelt over de markt voor paling in de EG.

In Denemarken zijn goede resultaten behaald met de produktie van pootaal en deze bedrijven zijn momenteel economisch zeer levensvatbaar. Dit hangt samen met de lage investeringen in relatie tot de opbrengst, een korte omlooptijd voor de voorraad en gunstige prijzen voor de verkochte pootvis. De gemiddelde rentabiliteit over het geïnvesteerde vermogen (ROI) kwam uit op 19.5%.
De Deense mesterijen vertonen in tegenstelling hiermee tot dusverre een zwakke economische positie. De gemiddelde totale investering voor vier bedrijven die consumptieaal produceren was Dkr. 8.2 mln. (f 2.4 mln.) en de gemiddelde produktiewaarde (verkopen+ voorraadmutatie) was Dkr. 1.2 mln. (f 0.35 mln.). Het netto-tekort, na aftrek van afschrijving en berekende rente, bedroeg in 1989 Dkr. 1.5 mln. (f 0.44 mln.). Voor deze vier bedrijven kwam de ROI gemiddeld uit op -13.3%. Bij een gemiddelde verkoop in 1989 van zestien ton werd door deze bedrijven slechts ongeveer eenderde van de kapaciteit benut.
Voor de zeven bedrijven in de steekproef (produktie van pootvis en consumptiepaling) bedroeg de gemiddelde investering exclusief de palingvoorraad f 1.3 mln. hetgeen neerkomt op f 35.000 per ton kapaciteit. Hetzelfde bedrag voor de vier bedrijven die voor menselijke consumptie produceren was f 1.95 mln. en per ton kapaciteit f 30.450.

De Nederlandse bedrijven die zijn geanalyseerd funktioneren ongeveer overeenkomstig de gemaakte plannen of blijven daar niet te ver bij achter. Doordat deze bedrijven nog maar korte tijd, gemiddeld negentien maanden, in bedrijf waren werd de kapaciteit nog niet volledig benut. Gemiddeld werd ongeveer 45% van de kapaciteit benut hetgeen resulteerde in een gemiddelde produktie van ongeveer achttien ton per mesterij. Bij dit produktieniveau overtroffen de totale kosten de opbrengsten met gemiddeld 26% (in 1989). In dit opzicht waren er weinig verschillen tussen kleine mesterijen met een kapaciteit van 25 ton of minder en de grotere.
De gemiddelde ROI kwam uit op -2.2% voor de kleinere en -1.3% voor de grotere mesterijen. De kosten van afschrijving en rente waren hoog (45%) in verhouding tot de totale opbrengsten, terwijl de kosten van voer en pootaal per mesterij gemiddeld 42% van dit totaal bedroegen. Het hoge bedrag aan vaste kosten weerspiegelt de hoge investeringen in aalmesterijen.
Netto-verliezen zijn de eerste twee of drie jaar onvermijdelijk voor een aalmesterij. De vraag is tot welk niveau deze verliezen acceptabel zijn en terugverdiend kunnen worden. Om dit te analyseren is een minimum "verlies- en winstpad" voor een periode van tien jaar geschat. Dit tijdpad is weergegeven in de vorm van de ROI voor een 50-tons aalmesterij. De werkelijke ROI van elf individuele mesterijen kon worden vergeleken met dit minimum niveau en het bleek dat de ROI van negen mesterijen uitkwam boven de minimum ROI.
Het gemiddelde investeringsbedrag voor negen Nederlandse mesterijen bedroeg f 1.6 mln., hetgeen neerkwam op een investeringsbedrag van f 32.900 per ton kapaciteit. De gemiddelde financiering per bedrijf bedroeg f 2 mln., waarvan 62% door banken was verschaft.
In een bio-economisch simulatiemodel zijn de effecten van verschillende, in de praktijk gerealiseerde, groeicijfers onderzocht. Het bleek dat de produktie en daarmee de ROI bijzonder gevoelig is voor verschillen in groeicijfers van de paling. De belangrijkste reden voor achterblijvende economische uitkomsten wordt gevormd door overschatting van de groeicijfers in de planningsperiode. Nodig is daarom een betere planning van de produktie met nadruk op biologische en technische faktoren die de groei bevorderen. Een aantal veranderingen zijn noodzakelijk om de kwekerijen meer levensvatbaar te maken in economisch opzicht. De volgende veranderingen zijn niet onrealistisch en de volgorde ervan geeft het vermogen van de kweker weer om ze te beïnvloeden:

- hogere dichtheid van de aal
- betere groeicijfers
- lagere voederconversie
- lagere prijs van de pootaal

De eerste drie faktoren samen kunnen worden verbeterd door de kwekers al of niet in samenwerking met en geadviseerd door consultants. Het laatste gegeven kan niet altijd direkt worden beïnvloed, doch is wel erg belangrijk voor de verbetering van de rentabiliteit.

De markt voor paling in de EG heeft, uitgaande van de officiële statistieken, een volume van 23.000 ton; deze consumptie is hoofdzakelijk geconcentreerd in Italië, Duitsland en Nederland. Als gevolg van onvolledige (aanvoer)statistieken is de werkelijke palingconsumptie vermoedelijk hoger. Gedurende de afgelopen tien jaar was de consumptie van paling tamelijk stabiel. De prijsontwikkeling voor wilde aal was niet erg gunstig en bleef achter bij de inflatiepercentages. Uit de sterke prijsstijging van de gekweekte aal, vooral afkomstig uit Italië, bleek dat de vraag was verschoven van wilde aal naar kwalitatief goede kweekpaling. Een snel groeiende palingconsumptie is echter niet te verwachten in de naaste toekomst. Een voortdurend toenemende produktie van kweekpaling zou tot gevolg kunnen hebben dat de huidige verkopersmarkt verandert in een kopersmarkt. In dat geval zijn de kwekerijen in een nogal zwakke positie als gevolg van de hoge vaste produktiekosten. Daarom is een voorzichtige expansie van de Europese produktie van kweekpaling nodig om gelijke tred te houden met de ontwikkeling in de vraag.

Aanbevelingen

1. Uit dit onderzoek blijkt dat netto-verliezen in 1989 voor de meerderheid van de deelnemende bedrijven binnen de perken bleven voor bedrijven die in de aanloopfase verkeren. Een voortzetting van deze studie voor 1990 of 1991 wordt aanbevolen om te kunnen beoordelen of de toegenomen produktie-niveaus in 1990 hebben geleid tot een winstgevende aalkweek en ook om definitieve konklusies te trekken omtrent de effektiviteit van het subsidiebeleid voor aalkweek van de EG.
2. De Europese Commisie dient voorlopig voorzichtigheid te betrachten met het subsidiëren van nieuwe projecten voor aalkweek. Een voortgaande belangrijke toename van de kweekkapaciteit zou kunnen leiden tot overkapaciteit en prijsdalingen voor paling. Dit zou ook de levensvatbaarheid van bestaande, gesubsidieerde bedrijven kunnen schaden.
3. Onder de huidige omstandigheden moet de nadruk liggen op de verbetering van technische en biologische faktoren bij bestaande bedrijven, vooral door verbetering van het management en het vakmanschap van de kweker.
4. Voor paling wordt momenteel niet op grote schaal aan promotie gedaan. Daarom dient marktondersteuning voor paling in het kader van Regeling 4042/86 door de Commissie te worden overwogen. Prioriteit bij deze marktondersteuning zouden moeten hebben gemeenschappelijke promotiekampagnes, marktstudies en produkt-ontwikkeling voor paling.

2 DOEL VAN HET ONDERZOEK

De doelstellingen van het uitgevoerde onderzoek waren de volgende:

- het analyseren van de economische haalbaarheid van palingteelt in recirculatiesystemen in z'n algemeenheid en het kwantificeren van de effecten van technische en biologische factoren op deze haalbaarheid.

- het analyseren van knelpunten in het biologische en technische ontwerp van aalkwekerijen.

3 INLEIDING

Palingteelt in recirculatiesystemen is een relatief nieuwe aktiviteit waarvoor veel belangstelling bestaat. Ontwikkelingen zijn gestart in het begin van de jaren tachtig en hebben geresulteerd in een veertigtal, meest kleine bedrijven, in Denemarken en ongeveer veertien bedrijven in Nederland aan het eind van 1989. Deze ontwikkeling is in sterke mate gestimuleerd door de EG en de lidstaten. Van de veertig bedrijven in Denemarken zijn er veertien die steun via de EG ontvangen hebben via Council Regulation 2908/83 en 4028/86; in Nederland geldt dit voor elf van de genoemde veertien bedrijven. Het totale subsidie-bedrag dat is toegekend via de EG en de lidstaat bedraagt respectievelijk 17 miljoen DKK en 5 miljoen DKK in Denemarken en 14 miljoen NLG en 3.5 miljoen NLG in Nederland.
Tot nu toe is er geen systematisch onderzoek verricht naar het functioneren en de resultaten van commerciële palingkwekerijen; de effectiviteit van de subsidies richting palingteelt is daarom vrijwel onbekend. Het doel van deze studie is het verkrijgen van antwoorden op bovengenoemde vragen.

4 OPZET EN ORGANISATIE VAN HET ONDERZOEKSPROJECT

Dit onderzoeksproject is een samenwerking tussen twee Deense instituten (DIFER, DIFTA) en een tweetal Nederlandse instituten (LEI, RIVO). Daar het onderzoek een economisch en een biologisch/technisch deel omvat dat parallel in beide landen is uitgevoerd, heeft in beide landen een instituut gespecialiseerd op bovengenoemde terreinen deelgenomen.
Het Danish Institute for Fisheries Economic Research (DIFER) is opgericht in 1980 en is verbonden aan de Universiteit van Zuid-Jutland. Omdat aquacultuur een steeds belangrijker rol speelt als leverancier van visprodukten, is op dit terrein onderzoek door het instituut verricht. In het verleden zijn door DIFER haalbaarheidsstudies verricht voor commerciële bedrijven voor paling- en zalmteelt. Dit instituut heeft het economische deel van het onderzoek in Denemarken verricht.
De afdeling aquacultuur (vroeger DAI) van het Danish Institute for Fisheries Technology and Aquaculture (DIFTA) is werkzaam op het terrein van onderzoek en ontwikkeling van intensieve zoet- en zeewater teelt van vis en schelpdieren. Het instituut heeft langdurige ervaring met intensieve palingteelt op het vlak van consultancy en onderzoek. Het instituut verricht sinds 1981 onderzoek in een eigen semi-commercieel recirculatiesysteem. DIFTA heeft het technisch/biologische deel van het onderzoek in Denemarken verricht.
De afdeling Visserij van het Landbouw Economisch Instituut (LEI) heeft in het verleden verschillende studies verricht naar haalbaarheid van intensieve visteelt. Deze afdeling geeft tevens adviezen aan de overheid over financieel/economische aspecten van subsidie-aanvragen in het kader van het EOGFL-fonds. Deze afdeling heeft het economische deel van het onderzoek in Nederland verricht.
De afdeling aquacultuur van het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO) verricht onderzoek op het terrein van schelpdierteelt en intensieve visteelt. Sinds vier jaar wordt onderzoek gedaan naar intensieve palingteelt in een eigen recirculatiesysteem. Deze

afdeling heeft evenals het LEI een adviserende taak richting overheid bij subsidie-aanvragen maar dan op technisch/biologisch gebied. Binnen dit project heeft het RIVO het technisch/biologische deel van het onderzoek in Nederland verricht en is tevens als coördinator van het project opgetreden.

5 TECHNISCHE ASPECTEN VAN PALINGTEELT

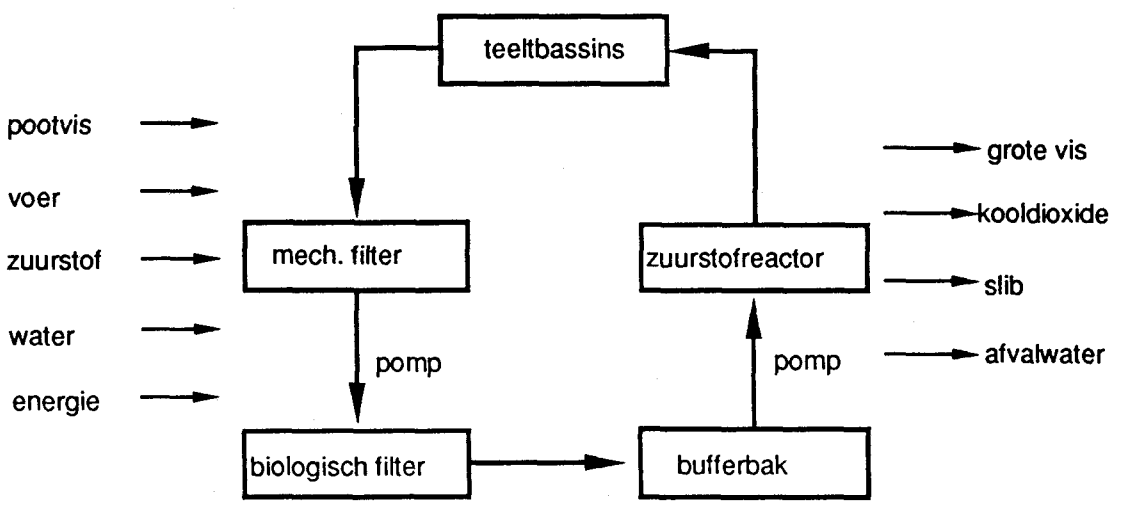
5.1 Inleiding

Palingteelt wordt reeds meer dan 100 jaar beoefend in Japan in extensieve vijverteelt (1). In Zuid-Europa, speciaal in Italië, wordt palingteelt reeds vele jaren bedreven als extensieve teelt in estuaria, vijvers en meer intensieve doorstroomsystemen. In Noordwest Europa, met name in Engeland, zijn pogingen ondernomen om paling te kweken in het warme effluent van fabrieken en energie-centrales.
Pas in het begin van de jaren tachtig is men begonnen met het op commerciële schaal kweken van paling in recirculatiesystemen. Het idee achter de constructie van een recirculatiesysteem in plaats van een traditioneel doorstroomsysteem is dat:

- het waterverbruik per kg geproduceerde vis is laag, waardoor het economisch haalbaar is om water te verwarmen tot temperaturen die optimaal zijn voor warmwater-vissoorten
- waterkwaliteit en visziekten zijn beheersbaar
- de produktie van afvalstoffen is laag vergeleken met die van de traditionele doorstroomsystemen
- een recirculatiesysteem kan overal geplaatst worden; de keuze van een locatie is vrijwel onafhankelijk van de beschikbaarheid van water
- in systemen waarin de produktieprocessen in hoge mate beheersbaar zijn, is het mogelijk om hoge dichheden en een grote produktiviteit te bewerkstelligen.

Het principe van een recirculatiesysteeem wordt geïllustreerd in de volgende figuur.

Figuur 5.1 Schematische voorstelling van een recirculatiesysteem.



In het navolgende zal een korte beschrijving worden gegeven van de verschillende componenten en de eisen waaraan ze moeten voldoen.
Het ontwerp van de **teeltbassins** is belangrijk. De bassins dienen zelfreinigend te zijn wat inhoudt dat de verblijftijd van faeces en voerresten niet meer dan 5 à 10 minuten

mag bedragen. Dit om het uiteenvallen van deeltjes, resulterend in verslechterende waterkwaliteit en verhoogde zuurstofconsumptie, tegen te gaan. Om de zelfreinigende werking van bassins te bevorderen is het belangrijk dat dode hoeken worden vermeden. In dat opzicht zijn ronde bakken ideaal hoewel ronde bakken relatief veel (dure) ruimte innemen.
Het vuil dat in een ronde bak in het midden wordt verzameld dient bij voorkeur via een buis naar een afvoer aan het oppervlak bij de rand van de bak getransporteerd te worden. Op die manier wordt dode of zieke vis direct waargenomen en kan de afvoer eenvoudig vrij gehouden worden.

De afvalprodukten uit de visbassins bestaan uit ammonium/ammoniak (NH_4/NH_3), zwevende deeltjes, opgelost organisch materiaal en kooldioxide (CO_2). In de waterzuivering wordt deze verontreiniging verwijderd tot niveaus die niet meer schadelijk zijn voor de vis of omgezet in onschadelijke componenten voordat het water terug wordt gevoerd naar de bassins. Om zwevende delen te verwijderen kan een **mechanisch filter** een eerste stap in de waterzuivering zijn. Er bestaat een aantal typen mechanische filters die in de palingteelt worden gebruikt:

- triangel filter (zeefplaatfilter)
- trommelfilter
- zandfilter
- hydrocycloon
- bezinker

Voor verwijdering van deeltjes kan ook gebruik worden gemaakt van een up-flow filter waarin, naast verwijdering van opgeloste bestanddelen, deeltjes bezinken en/of worden ingevangen. De verzamelde deeltjes dienen regelmatig door terugspoelen van de filters te worden verwijderd. Omdat een deel van de ingevangen deeltjes in oplossing zal gaan, dient het totale oppervlak voor biologische filtratie in dergelijke systemen in principe groter te zijn.

In de **biologische filters** vinden de volgende processen plaats:

- afbraak van opgelost organisch materiaal:

organisch materiaal + zuurstof ---> kooldioxide + water + bacterie biomassa

of zoals bijvoorbeeld bij komplete oxidatie van suiker:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \text{ ---> } 6H_2O + 6CO_2 + 674 \text{ Kcal}$$

De zuurstofconsumptie (BZV= Biologisch Zuurstof Verbruik) door mineralisatie wordt veelal gebruikt als een maat voor de concentratie organische stof in het water. De verwijderingssnelheid van BZV is afhankelijk van temperatuur, de zuurstofconcentratie en de verhouding bacterie-biomassa/BZV. Voor een filter dat goed wordt "gemanaged" ligt de BZV-verwijderingssnelheid in de orde van 5-15 g BZV m^{-2} dag^{-1} (2).

- nitrificatie:

Nitrificatie is een proces waarbij ammonium in een tweetal stappen wordt omgezet in nitraat. De omzetting wordt uitgevoerd door twee soorten autotrofe bacterien.

Nitrosomonas: ammonium + zuurstof ---> nitriet

Nitrobacter: nitriet + zurstof ---> nitraat

De komplete reactievergelijking voor nitrificatie kan als volgt geschreven worden (3):

$$NH_4 + 1.83\ O_2 + 1.98\ HCO_3 \text{--->}$$
$$0.021\ C_5H_7NO_2 + 1.041\ H_2O + 0.98\ NO_3 + 1.88\ H_2CO_3$$

De hoeveelheid zuurstof benodigd om 1 gram NH_4-N om te zetten in NO_3-N bedraagt ongeveer 4.5 gram; 3.4 gram per gram genitrificeerd NH_4-N en 1.1 g per gram genitrificeerd NO_2-N. Uit laboratorium experimenten blijkt dat voor een optimale nitrificatie de verhouding tussen de zuurstof- en ammoniumconcentratie groter dan 2.7 dient te zijn (3).
De nitrificatie-snelheid is afhankelijk van temperatuur, pH en de concentratie BZV. Nitrificatie-snelheden liggen voor goed ontworpen biofilters in de orde van 0.5 - 1.0 g NH_4-N m^{-2} dag^{-1}.

- denitrificatie:

Op plekken waar de zuurstofconcentratie laag is, bijvoorbeeld de binnenste laag van een biofilm, kunnen bacteriën organische stof mineraliseren met behulp van de zuurstof uit nitraat:

nitraat + organisch materiaal ---> stikstof gas (N_2)

$$NO_3^- + 0.833\ CH_3OH \text{--->} 0.5\ N_2 + 0.833\ CO_2 + 1.167\ H_2O + OH^-$$

Bij nitrificatie wordt zuurstof geconsumeerd en vindt een netto produktie van zuur plaats. Bij denitrificatie gebruiken de bacteriën zuurstof uit nitraat en vindt netto consumptie van zuur plaats. Bij denitrificatie kunnen overigens ook andere eindprodukten gevormd worden zoals NO_2.
Deze processen zijn identiek voor alle biologische filters. Identiek voor alle biologische filters in de visteelt is ook het feit dat de bacteriën sessiel zijn, d.w.z. ze zitten vastgehecht aan een oppervlak. Dit type filters noemt men daarom "fixed film reactors". Een aantal factoren zijn van belang bij het ontwerpen van biologische filters:

- het totaal te installeren oppervlak
- het filtermedium
- de dimensies en hydraulische eigenschappen

Om een groot aanhechtingsoppervlak voor bacteriën te creëren worden filters gevuld met plastic filter medium met een groot specifiek oppervlak (150-200 m^2 m^{-3}). De keuze van het filtermateriaal is belangrijk om verstoppingen te voorkomen. Het debiet over het filter dient berekend te worden op basis van de dimensies van het filter en verwachte en gewenste concentraties in aanvoer en afvoer van het filter.

Biologische filters kunnen in een tweetal groepen onderscheiden worden: tricklingfilters, waarin het water langs het filtermedium druppelt en ondergedompelde filters (submerged filters), waarin het filtermedium altijd onder water staat. De ondergedompelde filters kunnen up-flow of down-flow filters zijn.

Er zijn geen studies bekend waarin de prestaties van verschillende typen filters zijn vergeleken op basis van efficiëntie, stabiliteit, investeringen en "running costs". Sommige kwekerijen gebruiken alleen tricklingfilters, andere alleen ondergedompelde filters en sommige een combinatie van de twee.

Door middel van een pomp wordt een recirculatiedebiet opgewekt waarmee zuurstof naar de bassins wordt gebracht en afvalprodukten worden verwijderd. Zowel droog geplaatste pompen als dompelpompen worden hiervoor gebruikt.

Het zuurstofgehalte is de eerst beperkende faktor in een teeltsysteem door de grote zuurstofconsumptie van vissen en biofilter. Zuurstof kan aan het water worden toegevoegd middels beluchting of toediening van zuivere zuurstof of een combinatie van de twee. Door beluchting kan het water maximaal tot verzadiging worden gebracht (± 8 g O_2 m^{-3} bij 25 °C). Door zuivere zuurstof onder druk toe te dienen kan het gehalte tot 200 à 300% verzadiging worden opgevoerd. De benodigde zuurstofconcentratie in de aanvoer van de bassins wordt bepaald door het recirculatiedebiet en de visbiomassa.

In figuur 5.1 is een bufferbak getekend. De ervaring leert dat de buffering via een reservoir van belang voor de stabiliteit van het systeem is tijdens sorteren en terugspoelen van de filters.

Het functioneren van een recirculatiesysteem kan in grote lijnen vergeleken worden met het functioneren van een levend organisme: de visbassins vormen het maagdarmkanaal, de mechanische en biologische filters de lever en de nieren, de zuurstofreactor de longen en de pompen het hart. Net als in een levend organisme, kan het systeem alleen goed werken wanneer alle componenten optimaal functioneren. Het is daarom van het grootste belang dat de afzonderlijke componenten zorgvuldig worden ontworpen en dat de kweker in staat is om alle signalen van de levende en niet-levende componenten te begrijpen.

In het begin van de jaren tachtig werden systemen met name ontworpen door adviesbureaus of de eigenaars zelf. Tegenwoordig zijn er daarnaast een aantal bedrijven die turn-key systemen aanbieden. In Denemarken zijn er een tiental van dergelijke bedrijven; in Nederland ongeveer zeven. Hoewel de meeste systemen volgens de eerder genoemde principes worden opgezet, verschilt het ontwerp en de dimensionering in veel gevallen aanzienlijk. De oudere bedrijven worden veelal continu aangepast aan nieuwe inzichten.

Een groot deel van de investeringen en het management in een palingkwekerij is gericht op het handhaven van een zekere waterkwaliteit. Waterkwaliteit in de brede zin van het woord vormt in essentie de schakel tussen de technische infrastructuur en de feitelijke biologische produktie in een systeem. In het navolgende worden vuilproduktie en waterkwaliteit besproken.
De oorsprong van de vuilproduktie in een visteeltsysteem ligt bij de voedering van de vissen. In recirculatiesystemen wordt paling met kunstmatig droogvoer in de vorm van pellets gevoerd. De globale samenstelling van voeders verschilt niet veel en ligt in de volgende range:

eiwit	: 45 - 55 %
vet	: 15 - 20 %
koolhydraten	: 10 - 15 %
as	: 5 - 15 %
water	: 8 - 15 %
totaal stikstof	: 70 - 100 g/kg
totaal fosfor	: 10 - 20 g/kg
BZV	: 1000 - 1500 g O_2/kg

De vuilproduktie door de vis is de resultante van de voedering en de hoeveelheid nutriënten die door de vis voor groei wordt benut. De voederconversie (hoeveelheid voer nodig om 1 kg vis te produceren) bepaald de efficiëntie waarmee deze omzetting plaats vindt. Uit aquarium experimenten en gegevens uit proefopstellingen blijkt een conversie van 1.7 mogelijk te zijn. Dit resulteert in de volgende belasting van het teeltwater:

stikstof	: 40 - 60 g/kg voer
fosfor	: 8 - 15 g/kg voer
BZV	: 400 - 500 g O_2/kg

Dit is in principe de vuilproduktie in een doorstroomsysteem met een korte hydraulische verblijftijd.

Een mechanisch filter verwijdert ongeveer 90% van de hoeveelheid suspended solids en 50% van de BZV. Slechts kleine hoeveelheden stikstof worden verwijderd omdat stikstof vooral in opgeloste toestand aanwezig is als ammonium.
Er vanuit gaande dat er effectieve mechanische filtratie is geïnstalleerd, wordt de belasting van het biologisch filter de volgende:

stikstof	: 30 - 40 g/kg voer
fosfor	: 4 - 8 g/kg voer
BZV	: 200 - 400 g O_2/kg

De mate waarin de vuillast door het biologisch filter wordt verwijderd hangt sterk af van de dimensionering en het management van het filter. Globaal genomen zal het water dat het filter verlaat de volgende samenstelling hebben:

stikstof	: 10 - 20 g/kg voer
fosfor	: 3 - 5 g/kg voer
BZV	: 100 - 200 g O_2/kg

Normaal gesproken vormt dit de fractie die met spuiwater wordt verwijderd. Bij de totale vuiluitstoot komt dan nog het slib van de mechanische filtratie en, wanneer het systeem met ondergedompelde filters is uitgerust, slib van de terugspoel-procedure. De hoeveelheid vervuiling in het slib ligt in de orde van:

stikstof	: 10 - 25 g/kg voer
fosfor	: 5 - 7 g/kg voer
BZV	: 150 - 250 g O_2/kg

De uiteindelijke concentraties in het water zijn afhankelijk van de mate van denitrificatie en de waterverversing.

Om de paling goed te laten groeien, is het van het grootste belang dat de kweker weet hoe bepaalde waterkwaliteitsparameters binnen grenzen gehouden worden. Er is echter veel onzekerheid over realistische grenswaarden voor diverse waterkwaliteits-parameters onder praktijkomstandigheden. Met name interacties tussen stoffen kunnen een rol spelen. Daarbij komt dat in de praktijk vooral de snelheid waarmee bepaalde parameters veranderen van belang is voor het gedrag van de aal.
In het navolgende worden de belangrijkste parameters met grenswaarden kort besproken.

pH: De grenswaarden voor de pH (zuurgraad) zijn ruim (6.5-9) en directe effecten op het gedrag van de aal worden binnen deze grenzen zelden waargenomen mits grote en snelle veranderingen worden vermeden. De pH is indirect van groot belang door het effect op het evenwicht tussen het giftige ammoniak (NH_3) en ammonium (NH_4). Zo bestaat bij een pH van 7 ca. 0.6 % van het aanwezige totaal-ammonium/ammoniak uit ammoniak terwijl dit bij een pH van 8 oploopt tot 5.4 %. Daarnaast functioneren de bacteriën in het biologisch filter optimaal bij een pH van 6.8-7.2. Afhankelijk van de mate van nitrificatie, denitrificatie en de alkaliniteit van het verversingswater dient de pH gecorrigeert te worden door toediening van een base.

Zuurstof: Vergeleken met andere vissoorten is paling bestand tegen relatief lage zuurstofconcentraties. Het gehalte waarbij de vis sterft is laag (1-2 mg/l) maar omdat de

dichtheden over het algemeen erg hoog zijn wordt dit gehalte snel bereikt indien de doorstroming wegvalt. De voedselopname neemt af wanneer het zuurstofgehalte onder ca. 4 mg/l daalt. Kwekerijen dienen te zijn uitgerust met een noodstroomagregaat en/of een voorziening om zuivere zuurstof in de bakken te blazen in noodgevallen.

Ammoniak: Vissen scheiden het eindprodukt van de eiwitstofwisseling direkt via de kieuwen in het water uit als ammoniak. Ammoniak dissocieert in het water als volgt:

$$NH_3 + H_2O \text{ ---> } NH_4^+ + OH^-$$

Het evenwicht is met name afhankelijk van de pH en in mindere mate van de temperatuur. Verhoogde concentraties van ammomium in het water bemoeilijken de diffusie van ammoniak vanuit de vis waardoor de concentraties in het bloed en de weefsels gaan stijgen. Dit heeft een verhoging van de pH van het bloed tot gevolg resulterend in negatieve effecten op enzymatische reacties en stabiliteit van membranen. Kieuwweefsel kan worden beschadigd en de transportcapaciteit van zuurstof via het bloed kan afnemen.
Onderzoek heeft aangetoond dat remming van de groei bij aal op kan treden bij niveaus van 0.04 mg/l (5) en 0.12 mg/l (6,7) ammoniak. Onder praktijkomstandigheden zijn waarden van 0.4 mg/l voorgekomen zonder merkbare effecten op de aal, gesteld dat de concentratie niet fluctueert.

Nitriet: Onvolledige nitrificatie of denitrificatie kan leiden tot opeenhoping van nitriet. Nitriet is giftig omdat het heamoglobine, verantwoordelijk voor het zuurstoftransport in het bloed, omzet in metheamoglobine, een vorm die zuurstof niet efficiënt transporteert. Hoewel in de literatuur wordt aangeraden om het niveau van nitriet beneden 0.1-0.5 mg/l te houden (8), blijken in de praktijk waarden van 15 à 20 mg/l zonder merkbare problemen mogelijk te zijn. Chloride en calcium-ionen hebben een beschermend effect tegen nitriet.

Nitraat: Er zijn uit de literatuur geen grenswaarden voor nitraat bekend. Uit ervaring blijkt dat concentraties boven 800-1000 mg/l een negatief effect uitoefenen op de voeropname van de vis. Veiligheidshalve zou een concentratie van ca. 500 mg/l aangehouden dienen te worden. Meting van de nitraat concentratie en de hoeveelheid suppletiewater kan de kweker een goed idee geven van de mate van denitrificatie in het systeem. Een sterke mate van denitrificatie betekend dat er relatief veel plekken in het systeem aanwezig zijn met zuurstofloze condities waar mogelijk andere giftige produkten worden gevormd.

Kooldioxide: Is niet bijzonder giftig voor vissen gesteld dat de zuurstofconcentratie voldoende hoog is (10). Paling kan concentraties van 60 à 100 mg/l zonder problemen overleven. Paling die problemen heeft met te hoge gehalten aan kooldioxide zwemt aan het wateroppervlak en hapt naar lucht zoals dat eveneens gebeurt bij zuurstoftekort. Kooldioxide is niet eenvoudig direkt in het water te meten en wordt daarom meestal niet bepaald. Er zijn wel kwekers die continu het gehalte aan kooldioxide in de lucht meten. Kooldioxide wordt verwijderd uit de waterfase door beluchting, met name in het tricklingfilter, en verlaat de kwekerij door ventilatie.

5.2 Technische karakteristieken van de onderzochte palingkwekerijen

In bijlage 3 wordt een schematisch overzicht gegeven van de technische opzet van de verschillende kwekerijen. Deense kwekerijen worden aangegeven met ..D, de Nederlandse als ..N.
In tabel 5.1 wordt een overzicht gegeven van een aantal relevante technische gegevens van Deense en Nederlandse kwekerijen gebaseerd op informatie verkregen via enquetes. De in tabel 5.1 vermelde gegevens hebben betrekking op het systeem als geheel.

Tabel 5.1 Technische karakteristieken van afmestsystemen in Denemarken (a) en Nederland (b).

a)

Bedrijf nr.		1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D
datum start		12-88	85-89	4-88	1987	6-09	5-87	6-09	12-84	7-89
produktiekapaciteit (1)	*ton/yr*	60	30	100	250	15-25	5	35	50	25
produktie in 1989	*ton*	25	6.5	28	38	10	4.5	30	39	5
produktie in 1990	*ton*	32	14.3	32	80	14	5.5	37	42	33
max. voer/dag (1)	*kg*	400	150	500	1500	125	30	250	250	200
max. voer/dag in 1989	*kg*	300	80	300	500	85	32	225	280	200
max. voer/dag in 1990	*kg*	400	121	300	900	95	36	225	240	200
max. standing stock (1)	*ton*	28	15	40	120	12	2-2.5	15	22	10
max. st. stock in 1989	*ton*	18	-	24	56	5	2.2	14	20	-
max. st. stock in 1990	*ton*	21	11	28	80	7	2.3	15	20	20
totaal oppervlak	*m2*	940	360	1400	2200	-	180	700	900	379
aantal units		2	6	2	10	1	1	1	1	1
aantal tanks		16	20	48	40	18	7	12	34	7
teeltoppervlak	*m2*	382	150	768	1650	144	40	252	350	137
systeem volume	*m3*	560	290	750	1800	212	50	300	300	450
recirculatiedebiet	*m3/hr*	520	800	960	2750	60	40	300	340	500
aantal pompen		2	12 raderen	8	10	1	1	2	2	
kapaciteit	*kW*	37.4	5	44	155	2	2.2	15.4	15	
verw. zwevende delen	*type*	2	24	upf	20 trom.z	1 trom.z	1 trom.z	1	1	upf
		swirlsep.	bezinker			1		swirlsep.	swirlsep.	
		2 zandf.				swirlsep.		1 trom.z	2 trom.z	
biologische behandeling	*type*	4 upf	6 dfl	4 upfl	20 upf	1 trf	1 dfl	2 dfl	7 ufl	1 upf
		2 trf		2 trf	10 trf		1 trf	1 trf	1 trf	
totaal volume upf/df	*m3*	88	50	66	304	38	17	76	88	150
totaal volume trf	*m3*	52		150	342		3	27	8	
hoogte	*m*	4.6	-	6-4.2	5.5	5.5	2	4.2	4	3
type filtervulling		IMP. CR50	MB 12	MB 12	BION+MB 12	MB 12	BION.	BION.	MB 12+IMP	BION.
spec. opp. filtermat.	*m2/m3*	230	230	230	200-230	230	150-200	150-200	150-230	150
debiet over filter	*m3/hr*	520	900	480	1500	60	40	300	150	500
aantal pompen		2	12 raderen	4	10	1	1	1	3	1
kapaciteit	*kW*	37.4	5	22	55	3	1.5	5.9	9	5.5
UV filtratie		ja	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja
zuurstof injectie		ja	ja	ja	ja	nee	ja	ja	ja	ja
beluchtingskapaciteit	*kW*	11	geen	geen	geen	15	2	4	3	5.5
ventilatie	*m3/hr(kW)*	ja	nee	ja	ja	ja	nee	nee	ja	nee
water suppletie	*type*	leiwa	leiwa	leiwa	leiwa	leiwa	leiwa	bron	leiwa	leiwa
water lozing	*type*	land	land	riool	bezin.>	land	land	land	riool	land
					riool/land					
verwarming	*type*	geen	stro	gas	gas	gas	olie	stro	olie	electr.

b)

Bedrijf nr.		1N	2N	3N	4N	5N	6N	7N	8N	9N
datum start		10-87	10-88	9-88	1-88	6-86	5-87	11-87	9-88	8-88
produktiekapaciteit (1)	*ton/yr*	60	50	55	10	45	25	10	50	80
produktie in 1989	*ton*	46	12	35	8	30	5	2.5	6	32
produktie in 1990	*ton*	60	42	47	8	50 (2)	16	3	30 (3)	80
max. voer/dag (1)	*kg*	300	300	300	50	320	125	56	200	300
max. voer/dag in 1989	*kg*	350	165	290	45	250	75	30	140	275
max. voer/dag in 1990	*kg*	330	300	290	60	300	130	35	160	400
max. standing stock (1)	*ton*	18	20	21	4	20	8	4	17	21
max. st. stock in 1989	*ton*	19	14.5	22.5	3	20	4	2.5	9	19
max. st. stock in 1990	*ton*	20	24	22	4	28	11	3	14	30
totaal oppervlak	*m2*	1218	1150	2150	250	880	455	160	840	1000
aantal units		2	3	3	2	1	1	1	2	1
aantal tanks		35	19	20	18	14	13	7	40	19
teeltoppervlak	*m2*	523	370	438	72	364	187	50	302	528
systeem volume	*m3*	360	420	311	65	300	130	100	260	750
recirculatiedebiet	*m3/hr*	450	360	450	100	360	180	120	900	420
gemeten debiet	*m3/hr*	314	282	386	68	263	85	-	851	260
aantal pompen		2	3	9	2	1	2	1	10	1
kapaciteit	*kW*	23.5	21	17.3	6	18.5	8	1.1	30	18
verw. zwevende delen	*type*	2 TF 48	3 TF48	3 TF 48	2 TF 24	2 TF 24	1 TF 48	1 upf	4 upf	6
		1 TF 24				2 Zandf.				swirl-sep
		2 upf								
biologische behandeling	*type*	2 trf	3 trf	3 trf	2 trf	1 trf	1 trf	1 upf	upf/trf	1 trf
totaal volume	*m3*	152	170	360	40	160	80	50	120	130
hoogte	*m*	5	3.5	5.4	4	3.6	4.2	4.5	2.4	3.5
type filtervulling		CR-50	CR-50	CR-50	CR-50	CR-50	CR-50	Bion.	M B12	CR-50
spec. opp. filtermat.	*m2/m3*	200	200	200	200	200	200	150	200	200
debiet over filter	*m3/hr*	360	300	450	60	360	120	rec. debiet	rec. debiet	320
gemeten debiet	*m3/hr*	325	241	308	61	252	80	-	-	-
aantal pompen		2	3	9	2	1	1	-	-	1
kapaciteit	*kW*	23.5	12	15.6	3	18.5	4	-	-	11.5
UV filtratie		nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
zuurstof injectie		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nee	ja
beluchtingskapaciteit	*kW*	nee	1.1	5.5	1	nee	nee	1.1	11	10
ventilatie	*m3/hr(kW)*	-	4500	6600,1.65	0.14		nee	-	5000	0.29
water suppletie	*type*	bron	leiwa	bron	bron	bron	leiwa	leiwa	bron	bron
water lozing	*type*	vijver>riet	bez.tank	bez.tank	riool	vijver>	riool	bez.tank	bez.tank	bez.tank
		opp.water	opp.water	opp.water		riool		> riool	> riool	opp.water
verwarming	*type*	gas	gas	gas	gas	gas	gas	gas	gas	gas

1) zoals oorspronkelijk gepland
2) biomassa toename in systeem omdat pootvis groot is (±60 gram)
3) in 1989 is 50 ton afmestcapaciteit bijgebouwd

Aan het eind van 1989 waren van de 18 bedrijven waarvan technische gegeven konden worden verzameld, 4 van de Deense en 5 van de Nederlandse bedrijven langer dan 2 jaar in bedrijf. Van de in totaal 18 bedrijven waren er 11 met een speciaal systeem voor produktie van pootvis. Bedrijf 6D produceert alleen pootvis, terwijl de bedrijven 1N en 3N zowel vis afmesten als pootvis produceren.

De grootte van een kwekerij wordt over het algemeen uitgedrukt in de totale produktie per jaar. Tabel 5.1 laat zien dat in 1990 ongeveer 11 bedrijven in staat waren om de geplande produktie te bereiken. Eén bedrijf (9D) produceert zelfs 30% meer dan oorspronkelijk gepland.

De maximale hoeveelheid voer die per dag aan een bepaalde standing stock kan worden gevoerd is een belangrijke parameter voor de capaciteit van het systeem, er vanuit gaande dat het voer efficiënt tot visbiomassa wordt omgezet. De capaciteit van de waterzuivering van het recirculatiesysteem wordt over het algemeen ook uitgedrukt in kg voer per dag. Uit tabel 5.1 blijkt dat de meeste bedrijven in staat zijn om, in ieder geval gedurende enige tijd, de beoogde hoeveelheid voer per dag in te voeren. Op de bedrijven 3D, 4D, 6N, 7N en 8N zijn de hoeveelheden lager omdat de beoogde standing stock niet was bereikt.

De totale standing stock die aangehouden en gevoerd kan worden is een belangrijk kengetal voor de produktiviteit van het systeem omdat het produkt van standing stock en groeisnelheid de uiteindelijke produktie bepaald. Tabel 5.1 laat zien dat over 1990 14 van de 18 bedrijven in staat waren om de beoogde standing stock te bereiken of te overschrijden. In tabel 5.2 zijn een aantal kengetallen betreffende dichtheid en produktiviteit uitgewerkt.

Tabel 5.2 Geplande en gerealiseerde dichtheden (kg/m^2) voor Deense (D) en Nederlandse (N) bedrijven.

Bedrijf nr.	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D
Geplande dichtheid[1]	78	100	52	75	50	55	60	63	73
Max. dichtheid 1989	47	81	29	34	40	55	56	60	-
Max. dichtheid 1990	55	95	38	49	43	58	69	60	146

Bedrijf nr.	1N	2N	3N	4N	5N	6N	7N	8N	9N
Geplande dichtheid[1]	34	54	48	56	55	43	80	56	40
Max. dichtheid 1989	36	-	51	42	55	21	50	30	36
Max. dichtheid 1990	57	59	50	56	82	64	60	40	59

1: totale standing stock/totaal teeltoppervlak volgens de originele plannen.

De visdichtheden in de bassins kunnen veel hoger zijn dan die genoemd in tabel 5.2 omdat in tabel 5.2 gerekend is met teeltoppervlak inclusief bassins die niet worden gebruikt (zie ook 6.2). Uit tabel 5.2 blijkt dat de geplande dichtheden in de meeste gevallen rond de 50 kg/m^2 liggen met minimum en maximum waarden van 34 en 100 kg/m^2. In het najaar van 1990 waren de standing stocks in de meeste bedrijven aanzienlijk hoger dan die in 1989 en in een aantal gevallen zelfs hoger dan oorspronkelijk gepland. Voor de bedrijven 1N, 5N en 9N was dit niet een normale situatie omdat op dat moment vis werd achtergehouden voor verkoop.

Een belangrijke parameter voor de efficiëntie van de produktie op een bedrijf is de produktiviteit uitgedrukt als kgm^{-2}jaar^{-1}. De produktiviteit bepaald grotendeels de opbrengst per eenheid geïnvesteerd vermogen (grond, gebouw, energie). In tabel 5.3 wordt voor de verschillende bedrijven een overzicht van deze parameter gegeven.

Tabel 5.3 Een aantal parameters betreffende produktiviteit en gebruik van ruimte in Deense (D) en Nederlandse (N) kwekerijen.

Bedrijf nr.	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D
Produktiviteit[1] ($kgm^{-2}jr^{-1}$)	157	200	130	150	103	125	138	143	182
Produktiviteit 1989	65	43	37	23	69	113	120	110	36
Produktiviteit 1990	84	95	42	49	90	138	147	120	240
% teeltoppervlak[2]	41	42	55	75	-	22	36	39	36

Bedrijf nr.	1N	2N	3N	4N	5N	6N	7N	8N	9N
Produktiviteit[1]	115	135	126	139	124	134	200	166	152
Produktiviteit 1989	88	32	80	111	82	27	50	20	61
Produktiviteit 1990	115	114	107	111	137	86	60	100	152
% teeltoppervlak[2]	43	32	20	29	41	41	31	36	53

1: geplande produktie/totale teeltoppervlak 2: teeltoppervlak/totale oppervlak van gebouw

Uit tabel 5.3 blijkt dat de geplande produktiviteit voor de meeste bedrijven in de orde van 110 - 160 $kgm^{-2}jaar^{-1}$ ligt. De bedrijven 2D, 9D en 7N zijn een uitzondering met ca. 200 $kgm^{-2}jaar^{-1}$. Voor de behaalde produktiviteit geldt het zelfde als voor de produktie in 1989 en 1990. De tabel laat een aantal interessante verschillen zien in de verhouding teeltoppervlak en totaal oppervlak. De verklaring voor de verschillen is gelegen in het feit dat sommige systemen in bestaande bedrijven zijn gebouwd en al dan niet ruimte voor een kantoor, opslagruimte en sorteerruimte aanwezig is.

Zoals in de inleiding is gezegd heeft het recirculerende water een tweetal funkties: aanvoer van zuurstof naar de bassins en afvoer van vervuiling vanuit de bassins. Het recirculatiedebiet, samen met het vermogen om extra zuurstof toe te dienen, bepaald grotendeels de standing stock die aangehouden kan worden en is daardoor van veel belang. In het najaar van 1990 zijn daarom in een aantal Nederlandse bedrijven recirculatiedebieten gemeten met behulp van een flowmeter (ultrasoon, model uni P3). In tabel 5.1 zijn de basisgegevens betreffende debieten en geïnstalleerde pompcapaciteit gegeven. In tabel 5.4 zijn de debieten omgerekend en uitgedrukt per ton standing stock en per eenheid pompcapaciteit. Vor een aantal Nederlandse bedrijven zijn de werkelijk gemeten waarden uitgedrukt ten opzichte van de beoogde debieten. De gemeten stroomsnelheid, die grotendeels de wrijving in het leidingstelsel bepaalt, is eveneens gegeven.

Tabel 5.4 Metingen en berekeningen aan recirculatiedebieten in Deense en Nederlandse kwekerijen.

Bedrijf nr.	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D
debiet[1]/ton st.stock (m^3/uur.ton)	19	53	24	23	5	20	20	16	50
verblijftijd in bassins[1] (min)	30	7	30	20	110	27	40	30	15
debiet[1]/pomp cap(m^3/uur.kW)	14	160	22	18	30	18	19	27	90
type pomp	o	w	d	d	o	d	o	d	d

Bedrijf nr.	1N	2N	3N	4N	5N	6N	7N	8N	9N
debiet[1]/ton st.stock (m^3/uur.ton)	15	16	22	25	12	15	30	74	14
verblijftijd in bassins[1] (min)	42	40	40	26	30	31	20	14	38
debiet[1]/pomp cap (m^3/uur.kW)	19	17	26	17	19	23	109	30	23
type pomp[2]	d	d	d	d	d	d	d	d	d
gemeten/gepland debiet	0.70	0.78	0.86	0.68	0.73	0.47	-	0.96	0.62
stroomsnelheid (m/s)	2.65	3.21	3.44	2.40	3.64	2.12	-	1.74	2.30

1: gepland; 2: o=ondergedompeld, d=droog geplaatst, w=watermolen

De berekende debieten per ton standing stock laten grote verschillen tussen bedrijven zien. Het geschatte debiet per ton standing stock ligt voor systemen waarin zuivere zuurstof wordt gebruikt in de orde van 12-25 m^3 uur^{-1} ton^{-1}. Voor de bedrijven 2D, 9D, 7N en 8N liggen de waarden veel hoger. Bedrijf 2D gebruikt een watermolen in plaats van pompen en was oorspronkelijk zonder zuivere zuurstof ontworpen. De bedrijven 9D en 7N voegen zuivere zuurstof toe in een afzonderlijk circuit los van het recirculerend debiet. Bij bedrijf 8N wordt geen zuivere zuurstof toegediend. De waarde van bedrijf 5D is uitzonderlijk laag; hier wordt alleen belucht in de tanks.
De gemiddelde verblijftijd van het water in de bassins is gerelateerd aan de dichtheid en het debiet per ton standing stock. De verblijftijden liggen globaal in de range van 20 - 40 minuten met extremen van 7 en 110 minuten voor respectievelijk de bedrijven 2D en 5D.
Het debiet per eenheid geïnstalleerd pompvermogen (m^3 uur^{-1} kW^{-1}) ligt in de orde van 14 - 26 m^3 uur^{-1} kW^{-1} voor de meeste bedrijven. Het grote debiet per kW geïnstalleerd vermogen voor bedrijf 2D wordt verklaard door het gebruik van de watermolens die een zeer gering energieberbruik hebben. De bedrijven 9D, 7N en 8N werken met lage druk in de aanvoerleiding.
Tabel 5.4b laat zien dat de werkelijk gemeten recirculatiedebieten in veel gevallen aanzienlijk van de geschatte waarden afwijken. Dit fenomeen wordt gedeeltelijk verklaard door een te klein gedimensioneerd aanvoerleidingen-systeem waardoor te veel wrijving optreedt, resulterend in drukverlies. Om drukverlies in de aanvoerleiding te beperken zou de stroomsnelheid niet hoger dan 2 à 2.5 m/s moeten zijn. Uit tabel 5.4 blijkt dat zelfs in gevallen waarin het debiet kleiner is dan gepland, deze grens vaak wordt overschreden. Geplande debieten zouden in veel gevallen onrealistisch hoge stroomsnelheden opleveren.
De hoge stroomsnelheid gemeten op bedrijf 3N is niet representatief voor het gehele leidingsysteem. Een andere oorzaak voor gereduceerde debieten is het veelal ontbreken van enige bescherming aan de zuigkant van de pompen. Op twee bedrijven werden dode alen in een pomp aangetroffen in een situatie met verminderde debieten.
Een ruwe berekening van het zuurstofverbruik per kg voer (gebruik makend van een geschat verschil in zuurstofgehalte in aan- en afvoer van 16 g m^{-3}) laat zien dat dit cijfer voor de kwekerijen 6N en 9N bijzonder laag is met 261 en 250 g kg^{-1}. Dit duidt mogelijk op enige voerverspilling.

Tabel 5.1 illustreert de grote verscheidenheid aan apparatuur voor verwijdering van zwevende delen. Drie bedrijven maken alleen gebruik van een upflowfilter voor verwijdering van zwevende delen. Met name in Denemarken is bij veel van dit soort systemen in een later stadium een mechanisch filter bijgeplaatst omdat alleen upflowfilters moeilijker zijn te "managen" en een mechanisch filter de belasting van de biologische filters sterk kan verminderen. In Nederland zijn met name zeefplaatfilters populair terwijl in Denemarken vooral trommelfilters worden gebruikt voor verwijdering van zwevende delen. In het begin van de jaren tachtig werden veelal swirl-separators geïnstalleerd om dit karwei te klaren. Swirl-separators zijn effectief wanneer de te verwijderen deeltjes groot zijn. Bij hoge dichtheden kan met name de faeces worden stukgemaakt wat resulteert in kleinere deeltjes die moeilijk kunnen worden verwijderd.
Mechanische zeven zijn in staat om efficiënt deeltjes te verwijderen groter dan de diameter van de gaten in het filterdoek of -plaat (meestal 60 - 200 micron). Kleinere deeltjes worden niet verwijderd en daarom is door een aantal bedrijven in een bypass een extra systeem geïnstalleerd (zandfilters, gravelfilters) om deze deeltjes te verwijderen. De afmetingen van een zeefplaatfilter of een trommelfilter (in vierkante meters filteroppervlak) dient gerelateerd te worden aan het recirculatiedebiet en de diameter van het filtermateriaal. In tabel 5.5 zijn deze gegevens voor de verschillende bedrijven met mechanische filters weergegeven.

Tabel 5.5 Debiet per eenheid filteroppervlak voor Deense bedrijven met trommelzeven (a) en Nederlandse kwekerijen die zeefplaatfilters gebruiken (b). De zeefdiameter van het filter is eveneens vermeld.

a)

Bedrijf nr.	4D	5D	6D	7D	8D
debiet/m^2 filter (m^3/uur.m^2)	24	-	25	10	19/38
zeefdiameter (micron)	79	125	80	60	50/50

b)

Bedrijf nr.	1N	2N	3N	4N	5N	6N
debiet/m^2 filter (m^3/uur.m^2)	65	49	67	35	137	44
zeefdiameter (micron)	140	50-110	110	80	>140	120

Uit tabel 5.5 blijkt dat de diameter van het filtermateriaal in de trommelzeven over het algemeen kleiner zijn dan die voor de zeefplaatfilters. Hoge belastingen zijn slechts mogelijk met grote diameters. Bij diameters groter dan 140 micron wordt over het algemeen een tweede zuiveringsstap ingelast (1N en 5N).
In tabel 5.5 wordt geen onderscheid gemaakt tussen oudere typen zeefplaatfilters met een licht hellende filterplaat voor een goede vuilafvoer en de nieuwere types met een horizontale plaat. Hoewel de doorlaatbaarheid van de latere versies beter is, kan de vuilafvoer problematisch zijn.
Bedrijf 2D maakt gebruik van een bezinker om zwevende delen te verwijderen. In een aantal oudere Nederlandse bedrijven zijn in eerste instantie ook veelal bezinkers geïnstalleerd. Het gebrekkige ontwerp van deze installaties verhinderde een goede verwijdering van het slib waardoor ze in een later stadium over het algemeen zijn vervangen.
Over het algemeen heeft de toepassing van alle bovengenoemde apparatuur sterk het karakter van "trial and error" waarbij technische problemen nog veelvuldig voorkomen.

Voor de biologische behandeling van het water (verwijdering van NH_4-N en BZV) wordt in alle bedrijven gebruik gemaakt van zogenaamde "fixed film reactors". Van de Nederlandse bedrijven zijn er 7 die alleen een tricklingfilter gebruiken; in Denemarken is er slechts één systeem met deze opzet. Van het totale aantal bedrijven in dit onderzoek zijn er 7 die een combinatie van een upflowfilter en een tricklingfilter gebruiken en 3 die alleen een upflowfilter toepassen.

De belasting van een biologisch filter wordt over het algemeen uitgedrukt als de hoeveelheid voer (bepalend voor de hoeveelheid NH_4-N en BZV) per eenheid biofilteroppervlak (bepalend voor de omvang van de bacterie-populatie). In tabel 5.6 worden een aantal karakteristieken van de biologische filters in de diverse bedrijven gegeven.

Tabel 5.6 De geplande en gerealiseerde belasting van de biologische filters met debiet en hydraulische belasting[1] op de Deense en Nederlandse bedrijven.

Bedrijf nr.	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D
gepland: m^2 filter/kg voer	80	89	100	93	70	106	84	80	108
max 1989: m^2 filter/kg voer	107	-	166	278	103	99	75	71	108
max 1990: m^2 filter/kg voer	80	101	166	154	92	88	75	83	108
verhouding subm./trickl. filter	1.7		0.44	0.8		4.3	2	15	
debiet filters/debiet bassins	1	1	0.5	0.56	1	1	1	0.53	1
hydraulische belasting[1]									
submerged filter	30	35	76	18		7	17	48	10
trickling filter	30		19	16	17	23	28	38	

Bedrijf nr.	1N	2N	3N	4N	5N	6N	7N	8N	9N
gepland: m^2 filter/kg voer	101	132	240	160	100	128	134	120	87
max 1989: m^2 filter/kg voer	87	276	248	178	128	213	250	172	95
max 1990: m^2 filter/kg voer	101	152	267	229	128	128	214	151	65
verhouding subm./trickl. filter								1	
debiet filters/debiet bassins	1.04	0.85	0.80	0.90	0.96	0.94	1	1	-
hydraulische belasting[1]									
submerged filter									
trickling filter	12	6	7	6	8	6	11		9

1 hydraulische belasting: debiet per vierkante meter meter bovenoppervlak van het filter (m^3/m^2.uur)

Uit tabel 5.6 blijkt dat het totale geïnstalleerde filteroppervlak in Deense bedrijven over het algemeen lager ligt dan dat van Nederlandse bedrijven. Het geplande aantal vierkante meters filteroppervlak per kg voer ligt in de range van 80 tot 120 m^2 kg^{-1}. Uit tabel 5.6 blijkt dat de filters van bedrijf 3N relatief groot zijn. Ongeveer de helft van de onderzochte bedrijven is tot nu toe in staat geweest om de beoogde belasting daadwerkelijk te halen. Tevens blijkt het mogelijk te zijn om het filteroppervlak te reduceren tot 75 m^2 kg^{-1} indien zwevende delen efficiënt worden verwijderd.
De verhouding in filteroppervlak tussen gedompelde filters en tricklingfilters binnen bedrijven laat een grote variatie zien. De reden hiervoor is dat niemand enig idee heeft van de optimale verhouding tussen de filters en dat tricklingfilters vaak in een later stadium zijn toegevoegd.
Tabel 5.6 laat zien dat de debieten naar de filters over het algemeen gelijk zijn aan de recirculatiedebieten. Voor de bedrijven 9D, 7N en 8N zijn deze debieten identiek omdat ze door één serie pompen wordt gegenereerd.
De hydraulische belasting van de biologische filters in de Deense kwekerijen is vreemd genoeg een faktor 3 tot 4 hoger dan die in de Nederlandse bedrijven. In Nederland mikken de meeste bedrijven op een hydraulische belasting van ca. 8 m^3 m^{-2} uur^{-1} (200 m^3 m^{-2} dag^{-1}) met name om verstoppingen te voorkomen. In de praktijk zijn de hydraulische balastingen echter lager omdat debieten ook hier worden overschat. In theorie dient voor eenzelfde verwijderingsefficiëntie van het filter de hydraulische belasting rechtevenredig te zijn met de hoogte van het filter.

Uit tabel 5.1 blijkt dat er 5 Deense bedrijven UV filtratie toepassen; in Nederland is er slechts één bedrijf waar dit in een quarantaine systeem wordt toegepast. Er is tot nu toe nog geen goed onderzoek verricht naar de effecten van UV-behandeling in recirculatiesystemen. Bedrijven die met dit systeem werken hebben de ervaring dat het systeem stabieler wordt bij gebruik van UV.

De capaciteit voor beluchting (vooral voor verwijdering van kooldioxide) verschilt sterk tussen bedrijven. Zeven bedrijven gebruiken totaal geen beluchting met blowers. In z'n algemeenheid is op deze bedrijven het debiet over het tricklingfilter gelijk aan het recirculatiedebiet, wat betekent dat alle kooldioxide in het filter wordt gestript. De noodzaak van beluchting in de bassins op de bedrijven 2N, 3N en 4N (allen met tricklingfilters) is twijfelachtig maar kan mogelijk worden verklaard door de verhouding tussen debiet over het filter en recirculatiedebiet. Op de bedrijven 9D en 7N is beluchting noodzakelijk omdat alleen met gedompelde filters wordt gewerkt. Op kwekerij 8N is een blower noodzakelijk voor de ventilatie van het tricklingfilter omdat dit aan de onderkant gesloten is en voor beluchting van de bassins omdat niet met zuivere zuurstof wordt gewerkt.
Ventilatie van de bedrijfsruimte en de filters is noodzakelijk om het geproduceerde kooldioxide af te voeren en is theoretisch gerelateerd aan de voedergift. Slechts 10 bedrijven op een totaal van 19 maken gebruikt van geforceerde ventilatie, meestal boven het tricklingfilter.
In Nederland wordt over het algemeen (6 van de 9 bedrijven) bronwater voor suppletie gebruikt. In Denemarken is er slechts één bedrijf in dit onderzoek waar bronwater wordt gebruikt. Hoewel de kwaliteit van bronwater over het algemeen goed is, kan het hoge gehalte chloride langs de kust en in polders een probleem zijn bij de lozing van het effluent. In Nederland zijn de meeste bedrijven in het bezit van een slibtank waarin een groot deel van de vuillast kan worden verwijderd. In totaal zijn een achttal bedrijven op een riool aangesloten. In Denemarken dienen bedrijven die niet op een riool zijn aangesloten het slib en effluent over landbouwgrond te verspreiden omdat lozing op oppervlaktewater verboden is.

5.3 Metingen aan de waterkwaliteit

Zoals in de inleiding reeds werd vermeld, is er veel onzekerheid over realistische grenswaarden voor waterkwaliteitsparameters onder praktijkomstandigheden. De gegevens die in dit hoofdstuk besproken worden kunnen daarom ook geen absoluut antwoord geven op de vraag of bepaalde zuiveringssystemen efficiënter zijn in termen van een hogere of meer efficiënte produktie. Door systematisch groeicijfers van bedrijven te vergelijken met de waterkwaliteit waaronder deze groei is gerealiseerd kan tot op zekere hoogte afgeleid worden wat wel of niet beperkende faktoren voor de groei zijn. De verzamelde waterkwaliteitsgegevens kunnen tevens inzicht geven in de stabiliteit van het systeem.

In tabel 5.7 wordt een overzicht gegeven van de gemeten waterkwaliteitsparameters en de frequentie waarmee dat gebeurt op de verschillende bedrijven.

Tabel 5.7 Gemeten waterkwaliteitsparameters met frequentie van de meting.

Bedrijf nr.	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D
pH	++	xxx	++	++	+	++	+	++	++
NH_4-N	++	m	++	m	+	++	+	+	++
NO_2-N	++	m	++	m	+	++	+	+	++
NO_3-N	++	m	++	m	+	++	+	+	(++)
Zichtdiepte	++	m	++	-	-	-	-	++	-
O_2	xxx	xxx	+++	xxx	±	xxx	xxx	xxx	xxx
Alkaliniteit	++	m	++	m	-	-	-	+	++
Monsterpunt	nf	nf	it	nt	?	it	it	nt	nt

Bedrijf nr.	1N	2N	3N	4N	5N	6N	7N	8N	9N
pH	++	++	++	++	++	++	++	++	+++
NH_4-N	++	++	+	+	++	±	++	++	±
NO_2-N	++	++	+	+	++	±	++	++	±
NO_3-N	-	++	-	-	-	+	++	++	-
Zichtdiepte	++	++	-	-	-	-	++	-	-
O_2	++	++	xxx	++	++	+	xxx	++	xxx
Alkaliniteit	±	++	+	+	-	-	+	++	-
Monsterpunt	nf/it	it	it	it	it	it	?	nt	it

+++ : continue meting
++ : dagelijkse meting
+ : wekelijkse meting
m : maandelijkse meting
± : zeer onregelmatige meting
- : geen meting
xxx : continue meting die niet wordt vastgelegd

nf : na filter
nt : na tank
it : in tank

De methoden die gebruikt worden om stikstof-componenten en alkaliniteit te meten zijn eenvoudige analyses gebaseerd op kleurontwikkeling na toediening van reagentia. Deze methoden zijn niet erg nauwkeurig en de resultaten zijn tot op zekere hoogte een subjectieve schatting van de persoon die de meting uitvoert. Deze metingen zijn echter voldoende om fluctuaties te kunnen signaleren. Zuurstof en pH worden over het algemeen met elektroden gemeten.
Uit tabel 5.7 blijkt dat de meest relevante metingen op alle bedrijven worden uitgevoerd maar dat de frequentie waarmee dit plaats vindt sterk kan verschillen. Op alle Deense bedrijven, behalve 5D, wordt de zuurstofconcentratie continu gemeten. Deze meting is in de meeste gevallen op een alarmsysteem aangesloten. Het meten van de pH is

noodzakelijk omdat in recirculatiesystemen deze door nitrificatie sterk kan dalen en toediening van base noodzakelijk is.
Metingen van stikstof-componenten worden verricht om de werking van de biologische filters te kunnen volgen en toxische concentraties te voorkomen. Hoewel de ervaring leert dat continu hoge niveaus door aal worden getolereerd, blijken fluctuaties in de concentratie een negatief effect uit te oefenen op de vis. Het nitraat-gehalte en de zuurstof-consumptie van de biofilters worden gebruikt om het tijdstip voor het terugspoelen van upflow filters vast te stellen. Veel bedrijven in Nederland, die over het algemeen slechts uitgerust zijn met tricklingfilters, meten geen nitraat.
Zichtdiepte als maat voor de hoeveelheid zwevende stof blijkt uit ervaring een negatief effect op de voedselopname van de aal te kunnen hebben. Omdat een kweker vaak "op het oog" kan zien of de zichtdiepte is veranderd, wordt deze parameter weinig gemeten. Een sterke afname van de zichtdiepte kan een aanwijzing zijn dat de bacterie-populatie in de filters van sessiele vormen in gesuspendeerde vorm is overgegaan.
Afgezien van bovengenoemde parameters wordt door een vijftal bedrijven het dagelijkse waterverbruik geregistreerd.

In bijlage 4 wordt een overzicht gegeven van de gegevens betreffende waterkwaliteit die op de verschillende bedrijven zijn verzameld. Slechts 8 van de in totaal 18 bedrijven houden een logboek bij op dagelijkse basis. De gegevens uit bijlage 4 en tabel 5.9 geven daarom slechts een globale indicatie van de situatie in de sector als geheel. Een aantal bedrijven is de waarde van een registratie van de waterkwaliteitsgegevens in gaan zien en is sinds kort begonnen met het vastleggen van deze gegevens.
Bij de interpretatie van de waterkwaliteitsgegevens dient men zich te realiseren dat de gemeten waarden in sterke mate afhankelijk zijn van de monsterplaats en het tijdstip van de dag in relatie tot de voerperiode. Op Nederlandse bedrijven worden watermonsters over het algemeen aan het begin van de voerperiode genomen. Omdat de waterkwaliteit tijdens de voerperiode sterk achteruit gaat zijn de gemeten waarden als minima te beschouwen. In tabel 5.9 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde waterkwaliteit over een heel jaar zoals die op de verschillende bedrijven is gemeten.

Tabel 5.9 Waterkwaliteit in Deense en Nederlandse bedrijven berekend aan de hand van de gegevens uit bijlage 4. Weergegeven zijn het gemiddelde, de standaardafwijking, de minima en maxima en het aantal waarnemingen.

Bedrijf nr.		gemiddelde	standaard afwijking	minimum	maximum	N obs.
1D	NH_4-N (g/m^3)	1.4	0.5	0.5	3.9	337
	NO_2-N (g/m^3)	0.3	0.1	0.1	1.1	335
	NO_3-N (g/m^3)	91	25	31	181	288
	pH	6.9	0.3	6.2	9.0	348
	Temperatuur (°C)	23.8	1.1	21.0	26.8	342
	Zichtdiepte (cm)	56	5	35	60	301
	Water cons. (l/kg voer)					0
3D	NH_4-N (g/m^3)	1.1	1.3	0.2	7.8	365
	NO_2-N (g/m^3)	0.3	0.3	0.0	1.5	362
	NO_3-N (g/m^3)	53	7	23	79	349
	pH	7.2	0.4	6.0	8.1	364
	Temperatuur (°C)	25.1	2.1	20.5	29.9	361
	Zichtdiepte (cm)	27	15	5	60	361
	Water cons. (l/kg voer)	225	338	0	4960	351
6D	NH_4-N (g/m^3)	5.0	5.1	0.7	24.9	467
	NO_2-N (g/m^3)	2.0	1.9	0.0	15.2	443
	NO_3-N (g/m^3)	41	16	7	79	304
	pH	6.8	0.4	5.7	7.5	463
	Temperatuur (°C)	24.2	1.0	19.0	27.0	459
	Zichtdiepte (cm)					0
	Water cons. (l/kg voer)					0
8D	NH_4-N (g/m^3)	2.6	1.0	1.6	6.2	42
	NO_2-N (g/m^3)	1.4	0.3	0.9	2.1	41
	NO_3-N (g/m^3)	107	46	56	181	6
	pH	6.4	0.2	5.9	7.0	254
	Temperatuur (°C)	25.5	1.1	22.6	29.1	256
	Zichtdiepte (cm)	25	12	11	50	256
	Water cons. (l/kg voer)	121	36	40	305	256
9D	NH_4-N (g/m^3)	10.0	11.1	0.4	38.9	171
	NO_2-N (g/m^3)	1.6	1.0	0.2	6.1	146
	NO_3-N (g/m^3)	23	25	0	90	110
	pH	6.9	0.2	6.2	7.6	175
	Temperatuur (°C)	26.3	2.0	21.4	29.2	183
	Zichtdiepte (cm)					0
	Water cons. (l/kg voer)	17	215	0	2217	189

Bedrijf nr.		gemiddelde	standaard afwijking	minimum	maximum	N obs.
1N,a	NH_4-N (g/m^3)	0.6	0.7	0.0	5.8	254
	NO_2-N (g/m^3)	0.4	0.7	0.0	15.0	251
	NO_3-N (g/m^3)					
	pH	8.1	0.3	7.4	8.9	252
	Temperatuur (°C)	22.8	1.9	12.7	25.3	253
	Zichtdiepte (cm)					
	Water cons. (l/kg voer)					
1N,b	NH_4-N (g/m^3)	1.0	0.7	0.0	3.9	289
	NO_2-N (g/m^3)	0.7	0.5	0.0	3.9	289
	NO_3-N (g/m^3)					
	pH	7.4	0.3	6.5	8.1	234
	Temperatuur (°C)	24.9	1.1	18.3	27.2	303
	Zichtdiepte (cm)	30	11	13	60	225
	Water cons. (l/kg voer)					
2N	NH_4-N (g/m^3)	0.7	0.5	0.0	3.9	299
	NO_2-N (g/m^3)	0.4	0.3	0.0	1.8	301
	NO_3-N (g/m^3)	93	28	23	169	298
	pH	7.2	0.2	6.3	7.7	342
	Temperatuur (°C)	23.7	0.9	20.9	26.0	321
	Zichtdiepte (cm)	17	13	4	50	182
	Water cons. (l/kg voer)					
8N,a	NH_4-N (g/m^3)	0.2	0.2	0.0	1.6	294
	NO_2-N (g/m^3)	0.4	0.8	0.0	5.3	291
	NO_3-N (g/m^3)	64	28	0	113	250
	pH	7.0	0.2	6.2	8.0	355
	Temperatuur (°C)	23.0	1.4	17.2	25.8	363
	Zichtdiepte (cm)					0
	Water cons. (l/kg voer)					0
8N,b	NH_4-N (g/m^3)	0.4	1.0	0.0	6.6	251
	NO_2-N (g/m^3)	1.0	2.7	0.0	15.5	249
	NO_3-N (g/m^3)	64	33	0	124	191
	pH	7.1	0.3	6.1	7.9	317
	Temperatuur (°C)	23.0	1.2	18.3	26.3	320
	Zichtdiepte (cm)					
	Water cons. (l/kg voer)					

De stikstof-componenten ammonium, nitriet en nitraat die op bedrijven worden gemeten zijn over het algemeen uitgedrukt op basis van het totale molecuul-gewicht. Om een vergelijking met gegevens uit de literatuur mogelijk te maken zijn alle data getransformeerd naar stikstofbasis. Om de gegevens uit tabel 5.9 naar moleculaire basis om te rekenen dienen de getallen voor NH_4-N, NO_2-N en NO_3-N vermenigvuldigd te worden met respectievelijk 1.3, 3.3 en 4.4.

De metingen van de watertemperatuur laten zien dat het in de meeste systemen niet mogelijk is om deze binnen nauwkeurige grenzen te houden. Met name in de systemen 3D en 8N waar grote hoeveelheden water nodig zijn om de filters te spoelen zijn de fluctuaties aanzienlijk. Het spoelen van de filters kan zonder grote schommelingen in temperatuur gepaard gaan wanneer de filters afzonderlijk kunnen worden gespoeld en het volume van de filters klein is ten opzichte van het totale systeemvolume, zoals blijkt uit de gegevens van bedrijf 1D en 8D. In systemen waar grote dichtheden worden gehanteerd kan de warmte van metabolische processen een stijging van de temperatuur

veroorzaken. Dit fenomeen wordt geïllustreerd aan de hand van de gegevens van bedrijf 9D waar de kweker in de zomer problemen heeft om de temperatuur binnen de perken te houden. De gemiddelde watertemperatuur in de meeste Nederlandse bedrijven ligt rond de 23 °C. De literatuur betreffende de optimale temperatuur voor de groei van aal is enigszins tegenstrijdig: Sadler (1979, 11) vindt een optimale temperatuur in de range 22-23 °C terwijl Penaz et al (1988, 12) een optimum vinden bij 25 °C in een meer gedetailleerde studie. Sommige kwekers willen een temperatuur beneden de 24 °C handhaven omdat hogere temperaturen een negatief effect op de voeropname van de vis zouden hebben. De gegevens van bedrijf 1Nb, waar blijkens figuur 6.1 in deze studie de beste groeicijfers worden gerealiseerd, laten zien dat watertemperaturen van 25 °C zeker niet beperkend voor de groei van de vis zijn.

De gegevens betreffende de pH laten zien dat de meeste Nederlandse bedrijven in de range 7.0 - 7.4 opereren; voor de Deense bedrijven is dit 6.5 - 7.1. De hoge pH in systeem 1Na wordt veroorzaakt door de grote verversing in dit systeem. Het grote belang van de pH voor alle biologische processen in het systeem en voor de verhouding ammonia/ammonium maakt een goede controle van deze parameter van het grootste belang. De gegevens uit bijlage 4 maken duidelijk dat er op dit terrein nog veel valt te verbeteren, wat waarschijnlijk tevens kan leiden tot een verbetering van de stabiliteit van het systeem als geheel. Ongepubliceerde gegevens van een experiment in een 10 tons-systeem van DIFTA laten zien dat geautomatiseerde toediening van natronloog de fluctuaties van de pH aanzienlijk kan reduceren.

De gemiddelde concentraties NH_4-N (tabel 5.9) blijken op de Nederlandse bedrijven in dit onderzoek aanzienlijk lager te zijn dan in de Deense situatie en zijn ver beneden de grenswaarden genoemd in 5.1. Op de meeste Deense bedrijven zijn gedurende lange perioden de fluctuaties in NH_4-N gering en gezien de lage pH beneden de grenswaarden. In perioden met hogere waarden kunnen genoemde grenswaarden worden overschreden, overigens zonder aantoonbare effecten. In sommige gevallen zijn de onstabiele perioden veroorzaakt door een ziekte-behandeling van de vis; in de meeste gevallen is echter geen duidelijke oorzaak vastgesteld. De waarden in systeem 9D zijn hoog omdat dit systeem de beoogde capaciteit overschrijdt.

Zoals gezegd dient men zich te realiseren dat de geregistreerde waarden voor NH_4-N en NO_2-N aanzienlijk kunnen fluctueren over 24 uur al naar gelang de metabolische aktiviteit van de vis. De gemiddelde waarden van deze metabolieten kunnen in de praktijk dan ook hoger zijn dan in tabel 5.9.
De concentratie NH_4-N en NO_2-N over de tijd in systeem 1Na (bijlage 4) laat een "klassiek" verloop zien zoals we dat kennen in de opstartfase van een biologisch filter: een piek van NH_4-N gevolgd door een piek van NO_2-N. Dagelijkse fluctuaties van deze parameters in andere systemen kunnen over het algemeen niet verklaard worden omdat gedetailleerde informatie over het management van de systemen ontbreekt.
De concentraties NO_2-N liggen globaal op een zelfde niveau als die voor NH_4-N en zijn aanzienlijk hoger dan grenswaarden genoemd in de literatuur. Daarbij is aangetoond dat fluctuaties in NO_2-N een factor twee hoger kunnen zijn dan die van NH_4-N (13). Dit betekend dat in situaties waar geen beschermend effect van chloride en/of calcium-ionen tegen nitriet optreedt (zacht water), NO_2-N een beperkende factor zou kunnen zijn. Op Deense bedrijven wordt meestal zout (NaCl) aan het water toegevoegd (0.1 - 1%) wanneer de concentratie NO_2-N stijgt. In de praktijk blijken er zelden aantoonbaar negatieve effecten van nitriet op voeropname en groei op te treden zolang de concentratie niet fluctueert.
De concentratie NO_3-N in systemen varieert als gevolg van verschillen in voedergift, mate van denitrificatie en verversing. Hoewel het waterverbruik op veel Nederlandse bedrijven niet nauwkeurig wordt bijgehouden, blijkt uit een ruwe schatting van het waterverbruik en de gemeten nitraat-gehalten dat er relatief weinig denitrificatie zal plaats vinden (bij een verversing van 400 l/kg voer en een gemiddeld nitraat-gehalte van 100 g/m3 wordt bij een produktie van 40 g NH_4-N/kg voer alle stikstof in de vorm van

nitraat verwijderd). De Deense bedrijven in dit onderzoek gebruiken normaliter slechts 200 l/kg voer en in deze systemen wordt ca. 50 à 80% van de hoeveelheid stikstof door denitrificatie verwijderd.

Hoewel op de meeste bedrijven het zuurstof-gehalte continu of zeer regelmatig wordt gemeten, is er van slechts één bedrijf een meetserie beschikbaar (8N). Op dit bedrijf wordt zuurstof gemeten in de centrale afvoer van een serie langstroom-bassins. De gemeten waarden liggen zo nu en dan onder geaccepteerde grenswaarden voor zuurstof. In langstroombassins is de zuurstofconcentratie waaraan de vis wordt blootgesteld een gemiddelde van de concentratie in aan- en afvoer. In ronde bassins daarentegen is de gemeten concentratie in de afvoer in feite ook de zuurstofconcentratie waaraan de vissen in het bassin zijn blootgesteld. Dit betekend dat men in langstroom-bassins in theorie lagere zuurstofconcentraties kan tolereren dan in rondstroombassins terwijl de zuurstofconsumptie als zodanig toch hetzelfde kan zijn.
De meeste bedrijven mikken wat betreft de zuurstofconcentratie op waarden van 6.5 à 8 g/ in de afvoer. Slechts weinig bedrijven registreren het zuurstofverbruik in relatie tot de voedergift. Bedrijf 7D en 8D rapporteren respectievelijk een zuurstofverbruik van 1 en 0.8 kg zuivere zuurstof per kg geproduceerde aal.

5.4 Discussie en conclusies

De grote verschillen in lay-out en ontwerp van de verschillende bedrijven zoals die zijn weergegeven in 5.2 zijn een uiting van de onzekerheden op dit terrein. Tevens blijken de technische ontwikkelingen in Denemarken en Nederland met betrekking tot het ontwerpen van waterzuiveringssytemen tot op zekere hoogte een verschillende ontwikkeling en "cultuur" te volgen. Grote verschillen liggen met name op het gebied van het toegepaste type biologische filtratie en de apparatuur die voor verwijdering van zwevende delen wordt gebruikt.

In z'n algemeenheid is aangetoond (tabel 5.1) dat de capaciteit van de meeste systemen in dit onderzoek voldoende is om de geplande standing stock en voedergift te halen. Afgezien van deze twee aspecten dient de technische infrastructuur een waterkwaliteit te garanderen die niet beperkend is voor groei en voederconversie. Hoewel het volgende hoofdstuk (6) zal laten zien dat in veel systemen de groei verre van optimaal is, is het de vraag in hoeverre waterkwaliteit hierbij een rol speelt. Het is echter duidelijk dat technische mankementen die resulteren in een verlies van voerdagen een negatief effect hebben op de behaalde groeiresultaten.

In het navolgende zullen enkele relevante aspecten meer in detail worden besproken.
De grootte van de standing stock die kan worden aangehouden en gevoerd is van groot belang voor de uiteindelijke resultaten van het bedrijf. De omvang van de standing stock is in de eerste plaats gerelateerd aan het vermogen van het systeem om zuurstof naar de vis aan te leveren, een faktor die op zijn beurt sterk afhankelijk is van het recirculerende debiet. De metingen van de recirculatiedebieten laten zien dat de debieten in de praktijk aanzienlijk kunnen afwijken van de planning. Een meer zorgvuldig ontwerp van aanvoer leidingen en bescherming van de zuigzijde van pompen kan resulteren in grotere debieten bij een zelfde energieverbruik. Er van uitgaande dat de waterzuivering in veel systemen nog niet de beperkende faktor is, dan kunnen grotere standing stocks aangehouden worden. Momenteel is dit waarschijnlijk één van de eenvoudigste manieren om de produktiviteit te verhogen. Metingen aan de draagkracht van individuele systemen zoals die in dit project zijn uitgevoerd kunnen hierbij van groot belang zijn.
Een ander punt van discussie betreft het gebruik van droge versus dompelpompen. In Nederland worden praktisch alleen droog geplaatste pompen gebruikt terwijl men in Denemarken vanaf het begin veel meer dompelpompen heeft geïnstalleerd. Droge pompen worden meestal in een kelder geplaatst beneden het waterniveau. Deze constructie is kwetsbaar bij leidingbreuk en heeft in de praktijk in verschillende

systemen problemen veroorzaakt. Bij gebruik van dompelpompen zijn eenvoudige en veilige constructies mogelijk. Dompelpompen zijn echter duurder dan de droog geplaatste pompen en kunnen meer problemen met onderhoud geven.

Het ontwerp van de waterzuivering in een recirculatiesysteem laat grote verschillen tussen bedrijven zien en is een bron van tegengestelde meningen. Twee punten zijn belangrijk: hoe dienen zwevende delen te worden verwijderd en op welke manier dient de biologische filtratie te worden ingericht ?
De meeste bedrijven in dit onderzoek gebruiken mechanische filtratie om continu zwevende delen te verwijderen; slechts drie bedrijven maken alleen gebruik van upflow filters om zwevende stof te verwijderen. Recentelijk zijn er echter meer systemen van dit type in zowel Nederland als Denemarken gebouwd. Omdat gegevens over concentraties aan zwevende stof of zichtdiepte niet beschikbaar zijn, is het onmogelijk om de efficiëntie van de twee soorten installatie te vergelijken. Het is echter duidelijk dat ook met upflow filters kleine zwevende delen niet altijd goed verwijderd kunnen worden. Mechanische filtratie heeft dit manco echter per definitie hoewel de nieuwere apparatuur een steeds grotere fractie kan verwijderen. Zuiver mechanisch gezien zijn upflow filters veel betrouwbaarder dan andere typen apparatuur, waarmee nog vaak problemen zijn.
Het nadeel van systemen zoals upflow filters, waarin het slib niet continu wordt verwijderd, is dat de opeenhoping van slib een zeker risico voor het systeem met zich mee brengt. Dit betekend dat dit type filter veel nauwkeuriger "gemanaged" dient te worden. Een goed onderlegde kweker past de frequentie van terugspoelen aan door metingen van de zuurstofconsumptie en het nitraat-gehalte. In de praktijk blijkt de interpretatie van deze metingen echter problemen op te leveren. Het valt dan ook te bezien of verbeteringen in het management van upflow filters op termijn de ontwikkelingen in mechanische filtratie kunnen bijbenen. De tijd die het terugspoelen van upflowfilters vraagt blijkt in de praktijk mee te vallen. Bij de Deense bedrijven in dit onderzoek varieert de benodigde tijd voor terugspoelen tussen 0.5 en 2 uur per week

De typen filters die voor de biologische behandeling van het water worden gebruikt kunnen aanzienlijk verschillen, hoewel over het totaal te installeren filteroppervlak redelijke overeenstemming blijkt te bestaan. Het in ieder geval gedeeltelijk toepassen van tricklingfilters heeft op grote schaal ingang gevonden omdat deze filters een belangrijke functie bij de ontgassing vervullen. Uit tabel 5.9 is gebleken dat gebruik van alleen tricklingfilters voor nitrificatie bevredigende resultaten qua waterkwaliteit kan geven. Verstoppingen in dit soort filters vormen tot nu toe een serieus probleem waar meer aandacht aan geschonken dient te worden.
De gegevens uit tabel 5.9 suggereren dat de biologische waterbehandeling op een aantal Deense bedrijven niet optimaal functioneert; metingen aan de systemen kunnen meer definitieve antwoorden geven.
In de praktijk is gebleken (14) dat de verwijderingssnelheden in biologische filters aanzienlijk kunnen afwijken van de geplande waarden. Op dit terrein liggen mogelijkheden voor vergaande optimalisatie.

Zoals eerder gezegd, is waterkwaliteit in essentie de link tussen de technische infrastructuur en de feitelijke produktie resulterend uit groei van de vis. Hoewel uiteindelijk het succes van een bepaald ontwerp in de winstgevendheid van het bedrijf tot uiting komt, is het duidelijk dat dit verband door faktoren zoals vakbekwaamheid wordt gemaskeerd. Op dit moment kan onderzoek zich dan ook alleen richten op het verband tussen ontwerp en "zekere waterkwaliteitsparameters" en op het verband tussen groei en waterkwaliteit. Informatie over het laatste aspect is absoluut noodzakelijk om onderzoek op het eerstgenoemde terrein te kunnen sturen. In dat opzicht is het jammer dat in dit onderzoek te weinig waterkwaliteitsgegevens beschikbaar waren onder situaties met goede groei waardoor effecten van bepaalde factoren zouden kunnen worden geëlimineerd. In de toekomst kan door deze methode

van het vergelijken van waterkwaliteit en groeicijfers meer inzicht verkregen worden in factoren die de groei beperken.

Het is duidelijk dat de kennis omtrent het verband tussen groei en waterkwaliteit nog zeer beperkt is. Er bestaat overeenstemming over het feit dat aal hoge en stabiele niveaus van een aantal stoffen goed kan verdragen. Stabiliteit is daarom een belangrijk doel op zich. Speciaal temperatuur en pH, factoren van groot belang voor alle biologische processen, zouden in veel sterkere mate gestabiliseerd dienen te worden.

Aan het aspect van de vuilproduktie door viskwekerijen is in deze studie niet speciaal aandacht geschonken, hoewel het momenteel een belangrijk punt is in zowel Denemarken als Nederland. Vergeleken met andere vormen van visteelt is de lozing van afvalstoffen vanuit recirculatiesystemen echter beperkt. Daarbij is de afvalstroom compact wat behandeling en verwerking vereenvoudigd. Het is echter duidelijk dat in de toekomst meer aandacht voor dit aspect is vereist.

6 BIOLOGISCHE ASPECTEN VAN PALINGTEELT

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de eigenlijke produktie van aal in een recirculatie-systeem en op de factoren die dit proces beïnvloeden. Een van de meest opvallende verschillen tussen de teelt van aal en die van andere vissoorten is dat aal niet kunstmatig kan worden voortgeplant. Ondanks alle onderzoeksinspanningen zijn kunstmatige voortplanting en de daarmee verbonden genetische verbetering van teeltdieren nog ver verwijderd. Voor pootvis is men dan ook aangewezen op de vangst van glasaal, met name in de grote estuaria in Engeland en Frankrijk. In de beginjaren van de palingteelt in Nederland is echter ook veel gebruik gemaakt van pootvis die door de binnenvisserij werd gevangen. Door de grote variabiliteit in kwantiteit en kwaliteit van deze "wilde" pootvis is deze praktijk spoedig verlaten. Het is duidelijk dat het gebruik van deze vis voor een deel verantwoordelijk zijn geweest voor de problemen op enkele oudere bedrijven. Momenteel wordt er slechts sporadisch gebruik gemaakt van wilde pootaal.
Bij aankomst op een kwekerij wordt de glasaal meestal in een soort quarantaine systeem overgebracht waar de vis aan hogere temperaturen wordt gewend en waar de startvoedering begint meestal met kabeljauweieren of milt. In dit systeem wordt de vis normaal gesproken behandeld met formaline, malachietgroen of mebendazole (Vermox®) om de introduktie van parasieten en pathogenen te voorkomen. De overschakeling van "natuurlijke" voeders naar droge korrels wordt over het algemeen gezien als de moeilijkste periode in het teeltproces en is onderwerp van veel onderzoek (15, 16, 17). Hoewel exacte gegevens over groei en overleving van glasaal onder praktijkomstandigheden niet beschikbaar zijn, is het duidelijk dat er op dit terrein de laatste jaren veel vooruitgang is geboekt.
Aal wordt over het algemeen gevoerd met droge pellets met een vetgehalte van 15 à 20%. Pasta wordt momenteel niet meer gebruikt. Voor de voedering wordt gebruik gemaakt van elektrisch aangedreven transportbandjes, automatische voederapparatuur waarmee op vaste intervallen een portie voer wordt gedoseerd en pendel-automaten waar de vis zelf de voedergift induceert. Voedertabellen zijn beschikbaar maar dienen voorzichtig te worden gehanteerd omdat de eigenlijke voeropname van de aal kan fluctueren.
De bezettingsdichtheid en de groeisnelheid bepalen de produktiviteit van het systeem en zijn daarom van het allergrootste balang. Aangetoond is dat dichtheden van 35 kg/m^2 voor kleine vis oplopend tot 200 kg/m^2 voor grote vis mogelijk zijn zonder dat de groei nadelig wordt beïnvloed (18). In z'n algemeenheid worden bedrijven ontworpen voor een dichtheid van de totale standing stock van 50 à 80 kg/m^2. Omdat aal een bodembewoner is worden dichtheden uitgedrukt per vierkante meter bodemoppervlak.
De groeisnelheid is met name afhankelijk van het visgewicht (kleine vissen groeien sneller dan grote), het voederniveau en de watertemperatuur, er van uitgaande dat de kwaliteit van het teeltwater en het voer niet beperkend zijn. Tot voor kort waren er amper gegevens beschikbaar over groei van aal onder praktijkomstandigheden. Voor glasaal zijn groeisnelheden van maximaal 2.4 %/dag gerapporteerd in proef-opstellingen; voor aal tot ca. 80 gram is dit ca. 1.0 % en voor grotere alen zakt dit cijfer tot 0.4 à 0.5 %/dag (18,19). Variatie in groei kan met name bij kleine vis aanzienlijk zijn waardoor regelmatig sorteren noodzakelijk is.
Onder intensieve teeltomstandigheden worden om onbekende redenen vrijwel alleen manlijke alen geproduceerd. Dit betekent dat het grootste deel van de populatie bij een gewicht van 100 à 150 gram "schier" wordt (een gedaanteverwisseling die in de natuur aan de paaitrek voorafgaat) en stopt met groeien. Gekweekte aal heeft een hoog vetgehalte (tot 40 - 50% van de droge stof) wat een gedeeltelijke verklaring is voor de relatief ongunstige voederconversie van deze vissoort.

Een belangrijk aspect in ieder produktiesysteem is het optreden van ziekte en de daarmee verbonden mortaliteit en groeiverlies. In z'n algemeenheid wordt aal beschouwd als een sterke vis; massa-mortaliteit door besmettelijke ziekten zijn

vooralsnog onbekend. Problemen met ecto-parasieten (*Pseudodactylogyrus spp.*, *Trichodina*, *Costia*, *Coleps*) komen relatief het meest voor, maar kunnen goed worden behandeld. *Anguillicola crassus*, een zwemblaasnematode die recentelijk uit Azië is geïmporteerd, heeft voor problemen gezorgd op kwekerijen waar met "wilde" pootvis werd gewerkt maar kan tegenwoordig tot op zekere hoogte "beheerst" worden (20).
In de literatuur is weinig bekend over bacteriële en virale problemen onder teeltomstandigheden.

6.2 Groei, voederconversie en dichtheid

Van de in totaal 19 bedrijven in dit onderzoek waren er 13 die min of meer complete sorteergegevens konden aanleveren. Van de 6 bedrijven die geen gegevens hebben aangeleverd waren er 2 die geen gegevens vastleggen. De ruwe sorteergegevens bevatten over het algemeen informatie per teeltbassin over het totale gewicht aan begin en eind van de periode, de lengte van de periode, de hoeveelheid voer en het aantal of het gemiddelde gewicht van de vis. Mortaliteit wordt vaak alleen geregistreerd wanneer deze uitzonderlijk hoog is. Met behulp van de formules uit bijlage 1 zijn specifieke groeisnelheid (SGR), voederconversie (FCR) en dichtheden berekend. In bijlage 5 wordt een overzicht gegeven van het verband tussen SGR, FCR en lichaamsgewicht voor de afzonderlijke bedrijven. Hierbij zijn de bedrijven en systemen opgesplitst in pootvissystemen (vis <15 gram) en afmestsystemen (vis >15 gram). Een aantal sorteerlijsten bevatten geen informatie over het gemiddelde gewicht en zijn buiten beschouwing gelaten. In tabel 6.1 worden de coëffiënten van de regressie tussen groeisnelheid en lichaamsgewicht gegeven.

Tabel 6.1 Regressieanalyse van het verband tussen specifieke groeisnelheid en lichaamsgewicht uit bijlage 5. a: pootvis, b: afmestfase.

a)

Bedrijf nr.	N. obs	r^2	p	slope	intercept
1D	17	0.11	n.s.		
2D	52	0.14	*	-0.0322	1.17
3D	36	0.19	**	-0.0348	0.93
4D	20	0.07	n.s.		
6D	85	0.03	n.s.		
7D	22	0.56	**	0.1120	0.85
8D	22	0.17	n.s.		
1N	45	0.28	**	0.056	0.69
4N	44	0	n.s.		
8N	62	0	n.s.		

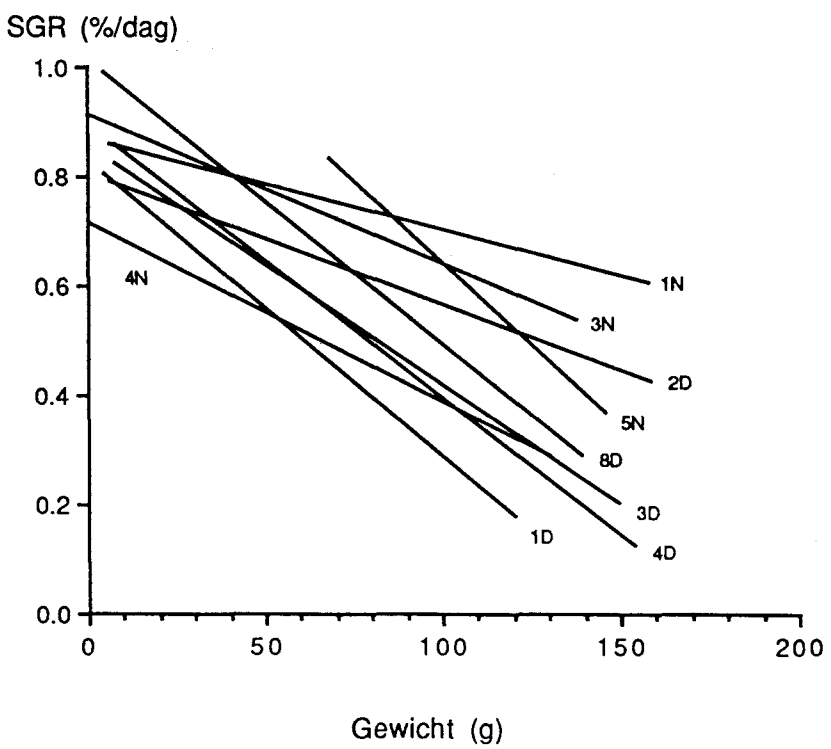
b)

bedrijf nr.	N. obs	r^2	p	slope	intercept
1D	45	0.38	**	-0.0054	0.84
2D	69	0.18	**	-0.0024	0.81
3D	85	0.39	**	-0.0044	0.86
4D	76	0.68	**	-0.0051	0.90
5D	28	0.02	n.s.		
8D	103	0.47	**	-0.0053	1.02
9D	14	0.35	*	-0.0051	1.06
1N	130	0.14	**	-0.0017	0.90
2N	72	0.05	n.s.		
3N	47	0.21	**	-0.0027	0.95
4N	62	0.22	**	-0.0032	0.76
5N	15	0.88	**	-0.0062	1.32
8N	87	0.07	*	-0.0016	0.64

D: Denemarken, N: Nederland, p: signifikantie
**, * en n.s. zijn respectievelijk P< 0.01, P< 0.05 en niet signifikant

De groeicijfers van de pootvis laten een aanzienlijke variatie zien en in slechts vier gevallen kon er dan ook een signifikante relatie tussen groeisnelheid en lichaamsgewicht worden aangetoond. In twee gevallen (7D, 1N) heeft de berekende regressievergelijking een positieve helling. Dit betekent dat in deze gevallen de kleine vis langzamer groeit dan grotere exemplaren, iets wat biologisch gezien uiteraard onzinnig is. Sub-optimale omstandigheden aan het begin van de teeltperiode kunnen verantwoordelijk zijn voor dit fenomeen. De gegevens van bedrijf 4N en 8N laten zien dat voor vis tot 5 gram groeisnelheden van maximaal 2.5 %/dag mogelijk zijn.
De groeigegevens uit de afmestsystemen laten in 11 van de 13 gevallen een signifikante relatie tussen groeisnelheid en lichaamsgewicht zien. Opvallend is de relatief geringe groei van de laagste visgewichten in de afmestsystemen (zie bijvoorbeeld 1N, 2N, 8N). Dit zijn waarschijnlijk groepen pootvis die problemen hebben om zich aan te passen aan de nieuwe omstandigheden in het afmestsysteem. Momenteel wordt door sommige bedrijven tetracycline aan het voer toegevoegd om deze groeiremming, waarschijnlijk veroorzaakt door een verschillen in bacteriële flora tussen systemen, te voorkomen. Negatieve groeisnelheden zoals die bijvoorbeeld bij 2N worden waargenomen zijn een gevolg van mortaliteit, in dit geval veroorzaakt door kooldioxide en daarop volgende bacteriële problemen.
Om een vergelijking tussen bedrijven mogelijk te maken zijn de regressielijnen tussen groeisnelheid en lichaamsgewicht in één figuur gezet (6.1), waarbij alleen van de signifikante verbanden gebruik is gemaakt. De regressielijnen zoals die zijn getekend bestrijken per bedrijf het gewichtstraject waarover gegevens beschikbaar zijn.

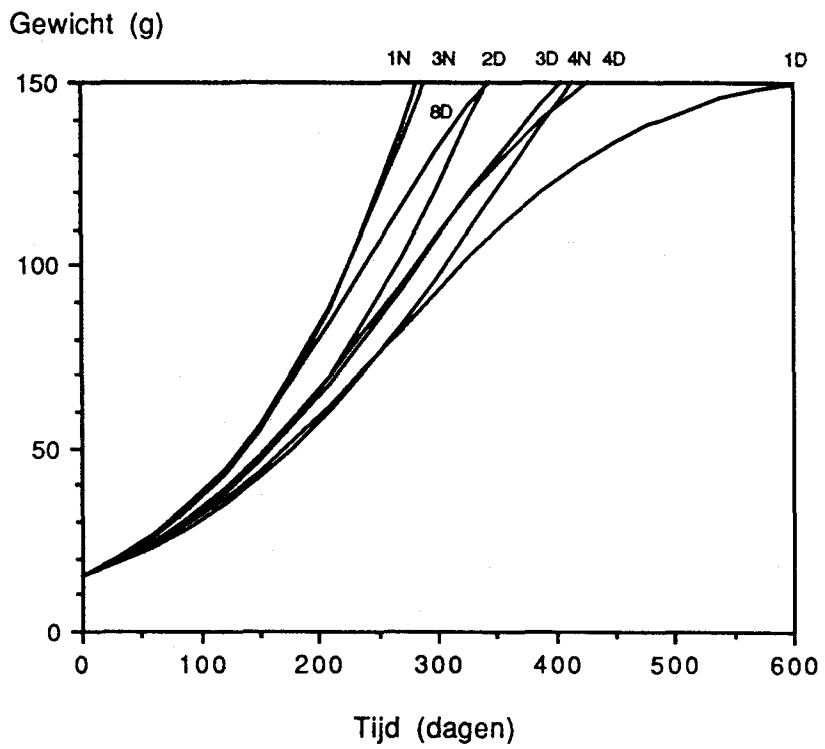
Figuur 6.1 Het verband tussen specifieke groeisnelheid (SGR) en lichaamsgewicht voor de verschillende bedrijven. N: Nederland, D: Denemarken.



Uit figuur 6.1 blijkt dat er aanzienlijke verschillen bestaan in intercept en helling tussen de bedrijven. Dit betekend dat zowel het globale niveau van de groei bij een bepaald gewicht als de relatieve afname van de groeisnelheid sterk kunnen verschillen. De groeisnelheid van de kleinste exemplaren ligt in de range 1.0 - 0.7 %/dag terwijl dit voor vissen van gemiddeld 150 gram varieert van 0.6 tot 0.1 %/dag.
Naast groeisnelheid uitgedrukt in percentages per tijdseenheid kan groei ook beschreven worden in termen van de tijd die nodig is om een bepaald gewichtstraject te

overbruggen. In praktijksituaties wordt dit gegeven weinig gebruikt; in veel plannen en discussies wordt dit gegeven echter regelmatig gehanteerd. Op basis van de regressievergelijkingen uit figuur 6.1 kunnen groeicurves berekend worden voor een "gemiddelde" vis. In dit geval zijn groeicurves berekend voor het traject 15 tot 150 gram waarbij het gewicht en de groeisnelheid maandelijks zijn aangepast. In figuur 6.2 zijn de berekende groeicurves per bedrijf uitgezet.

Figuur 6.2 Berekende groeicurves voor het traject 15-150 gram met behulp van de regressievergelijkingen uit tabel 6.1. N: Nederland, D: Denemarken.



De groeisnelheid van de totale standing stock (SGR tot.) is een belangrijk begrip dat in de praktijk veel wordt gebruikt. Met behulp van het verband tussen groeisnelheid en lichaamsgewicht en onder de aanname dat er sprake is van een ideale standing stock kan deze SGR tot. berekend worden. Een ideale standing stock betekent dat van iedere gewichtsklasse in het afmesttraject globaal genomen dezelfde aantallen vis aanwezig zijn waarbij op maandelijkse basis wordt verkocht. Het gemiddelde gewicht van de gewichtklassen die op ieder moment aanwezig dienen te zijn is af te lezen uit figuur 6.2. Met behulp van de gegevens uit deze figuur kan een gewogen gemiddelde SGR tot. voor de gehele standing stock worden berekend met de volgende formule:

$$\text{SGR tot.} = (\Sigma_1^i \, SGR_i \times W_i) \times 100\% \; / \; \Sigma_1^i \, W_i$$

SGR_i: specifieke groeisnelheid van klasse i
W_i: gemiddeld gewicht van klasse i

Hierbij dient men zich te realiseren dat de standing stock in de praktijk (helaas) nooit in evenwicht is.
In tabel 6.2 is naast de gemiddelde groeisnelheid per gewichtsklasse, SGR tot. en het aantal dagen dat een gemiddelde vis nodig heeft om een bepaald gewichtstraject af te leggen vermeld. Voor de pootvis zijn de berekeningen niet erg nauwkeurig omdat de onderliggende gegevens veel variatie vertonen.

Tabel 6.2 Gemiddelde groeisnelheid per gewichtsklasse, groeisnelheid van de totale standing stock (SGR tot.) en het aantal dagen nodig om een een bepaald gewicht te bereiken. a: pootvissystemen, b: afmestsystemen.

a)

	gewicht			
Bedrijf nr.	0-5	5-25	25-75	T(0.3-15 g)
2D				371
3D				495
6D	0.79	0.87	0.69	
7D	1.11	2.11	1.99	349
1N	0.83	1.11	-	466
4N	1.36	1.34	-	288
8N	0.79	-		491

b)

	gewicht						
Bedrijf nr.	0-5	5-25	25-75	75-150	150 >	SGR tot.	T(15-150 g)
1D	0.42	0.63	0.64	0.32		0.26	605
2D	1.52	0.99	0.67	0.53	0.36	0.59	344
3D	0.81	0.67	0.67	0.36		0.47	408
4D	0.85	0.78	0.66	0.31	0.27	0.46	430
5D	0.58	0.72	0.83	0.65	0.73		
8D	0.49	0.84	0.79	0.46		0.48	346
9D		0.87	0.96	0.55		0.56	314
1N	-	0.82	0.88	0.71	0.51	0.75	284
2N	-	0.19	0.53	0.41	-		
3N	0.59	1.01	0.87	0.64	-	0.71	290
4N	-	0.63	0.67	0.41	-	0.49	417
5N			-	0.60	-		
8N	-	0.56	0.67	0.46	-	0.51	430

Uit tabel 6.2 blijkt dat met de gegeven groeicijfers gemiddeld tenminste negen maanden nodig zijn om het traject van glasaal naar 15-grammer te overbruggen als wel negen maanden om een uiteindelijk gewicht van 150 gram te bereiken. Op de meeste bedrijven is de produktiecyclus echter aanzienlijk langer.
De groeisnelheid van de totale biomassa is veel lager dan het gemiddelde van de groeisnelheid van alle gewichtsklassen omdat de het aandeel van de grote, relatief langzaam groeiende vissen, op het totaal het grootst is. Uit tabel 6.2 blijkt dat de SGR tot. varieert van 0.25 tot 0.75 %/dag.

In bijlage 5 zijn naast de groeicijfers eveneens de voederconversies voor de verschillende bedrijven uitgezet. De spreiding tussen de punten is over het algemeen groot, waarbij hoge voederconversies samengaan met lage groeisnelheden. De beste conversies voor zowel kleine als grote vis liggen in de orde van 1.0 - 1.2. Er blijken geen duidelijke verbanden te bestaan tussen de voederconversie en het lichaamsgewicht hoewel de sterke vetaanzet bij een groot lichaamsgewicht tot een minder efficiënt gebruik van het voer zou moeten leiden.
Met behulp van de gegevens van de sorteerlijsten betreffende totale voedergift en biomassa-toename kan voor ieder bedrijf een "overall" voederconversie worden berekend (tabel 6.3).

Tabel 6.3 "Overall" voederconversie (FCR) en voedermethodiek voor Deense (a) en Nederlandse (b) bedrijven.

a)

Bedrijf nr.	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D
FCR	2.34	1.91	2.12	1.93	1.64	1.68	1.43	1.80	1.62
Methodiek	DF	DF	DF	DF	DF	AF	AF	DF	DF

b)

Bedrijf nr.	1N	2N	3N	4N	5N	8N
FCR	1.70	2.65	1.87	2.04	1.96	1.74
Methodiek	TB	TB	TB	TB	AF	DF

*: total feed fed/total biomass gain
TB: "transportband" systeem; DF: demand-feeder; AF: automatische feeder

De maximale en minimale voederconversie bedraagt respectievelijk 2.65 en 1.43. Ongunstige conversies zoals die van 1D en 2N worden veroorzaakt door ziekteproblemen. Voedermethodieken variëren maar goede resultaten zijn mogelijk met iedere methodiek.

In tabel 6.4 wordt een overzicht gegeven van de dichtheden die in de bassins worden aangehouden. Het blijkt dat de grotere maten in enigszins grotere dichtheden worden aangehouden hoewel de verschillen klein zijn. Onderlinge verschillen tussen bedrijven bedragen maximaal een faktor twee.

Tabel 6.4 Gemiddelde en maximale dichtheden (tussen haakjes) in de bassins aan het eind van de sorteerperiode uitgesplitst naar een aantal gewichtsklassen.

	gewicht			
Bedrijf nr.	5-25	25-75	75-150	150 >
1D	41 (66)	68 (138)	63 (108)	
3D	37 (57)	56 (90)	61 (96)	
4D	50 (89)	70 (133)	68 (159)	74 (129)
5D	50 (78)	62 (115(	52 (85)	68 (68)
6D	61 (87)	47 (47)		
8D	52 (78)	65 (104)	87 (115)	
9D	85 (117)	113 (137)	105 (140)	
1N	37 (58)	38 (57)	45 (66)	
2N	39 (58)	40 (62)	44 (61)	
3N				
4N	59 (90)	67 (97)	59 (85)	
5N		47 (56)		
8N	31 (68)	40 (54)	46 (125)	

6.3 Ziekte en mortaliteit

Komplete logboeken betreffende ziekteproblemen, de behandeling en het resultaat van die behandeling zijn niet of nauwelijks beschikbaar. Er kon dan ook slechts vrij summiere informatie worden verzameld op basis van persoonlijke mededelingen.
Zoals reeds genoemd in de inleiding, wordt een groot deel van de ziekteproblemen op aalkwekerijen veroorzaakt door ecto-parasieten. Met name *Pseudodactylogyrus spp.* heeft in het verleden voor grote problemen gezorgd. Hoewel deze parasiet bij wat grotere vissen zelden mortaliteit veroorzaakt kan de voeropname en dus de groei ernstig teruglopen bij besmetting. Tot voor kort werd alleen formaline gebruikt om deze parasiet te bestrijden, wat niet afdoende was. Sinds kort wordt deze parasiet met succes

bestreden met mebendazole (Mebenvet®, Vermox®) (21). In Nederlandse bedrijven wordt deze behandeling over het algemeen toegepast met Mebenvet® in een concentratie van 4 g/m^3 (0.2 g/m^3 mebendazole) die na een week wordt herhaald. Witte stip (*Ichthyopthyrius*) en *Trichodina* zorgen zelden voor problemen onder praktijkomstandigheden. De behandelingen die tegen deze parasieten worden gebruikt bestaan uit respectievelijk een zout bad voor een week en een formaline behandeling.
Op veel bedrijven wordt regelmatig (twee maal per week) een lage concentratie formaline toegepast van 50 à 80 ppm omdat de ervaring leert dat dit een positief effect heeft op de voeropname van de vis. De aanwezigheid van parasieten wordt niet gebruikt als indicatie voor deze behandeling. Het is onduidelijk waardoor het effect van deze behandeling precies wordt veroorzaakt.
Het is onduidelijk in welke mate bacteriële problemen voorkomen en op welke manier en met hoeveel succes ze bestreden worden. Het is echter bekend dat bij inzetten van nieuwe pootvis in een ander systeem dan waar deze vis aan gewend is bacteriële problemen op kunnen treden. Specifieke pathogenen zijn in dergelijke gevallen zelden te vinden. Voor zover wij kunnen overzien zijn er tot nu toe geen virusziekten in aalkwekerijen geregistreerd.
Een geval wat in dit kader genoemd dient te worden is het verschijnsel "red head disease" dat op alle Deense bedrijven behalve 3D, 4D en 9D voorkomt. Vissen met deze aandoening verliezen hun eetlust, hangen apatisch aan het wateroppervlak en krijgen een rode kop. Speciaal op bedrijf 1D heeft deze ziekte voor mortaliteit en produktieverlies gezorgd. Onderzoek heeft nog niet kunnen verklaren wat het is - het lijkt nog een bacteriële nog een virusziekte te zijn.

6.4 Discussie en conclusies

Uit de literatuur en de verzamelde gegevens blijkt overduidelijk dat aal, zelfs onder optimale teeltomstandigheden, een relatief langzaam groeiende vissoort is. Uit deze studie blijkt dat er tenminste 18 maanden nodig zijn voor het traject glasaal - 150 gram. Bij deze maximale groeisnelheden wordt een groeisnelheid voor de totale standing stock bereikt van 0.75 %/dag. Dit betekend dat de oorspronkelijk geplande groeicijfers, vaak in de range 0.8 - 1.1 %/dag, meestal niet worden gehaald.

Uit figuur 6.1 blijkt dat er aanzienlijke verschillen zijn tussen bedrijven in de behaalde groeiresultaten en dat er voor de meeste bedrijven ruimte is voor aanzienlijke verbetering. Om de progressie op individuele bedrijven zichtbaar te maken verdient het aanbeveling om sorteergegevens op een uniforme manier te verwerken en grafisch weer te geven zoals dat hier is gedaan.
In veel gevallen is niet aan te geven waardoor de verschillen in behaalde groeiresultaten tussen bedrijven worden veroorzaakt. Waterkwaliteit zoals die wordt gemeten als pH of stikstof-componenten kan niet direct gerelateerd worden aan goede of slechte groei.

De voederconversie is een belangrijk kengetal voor de economische resultaten van het bedrijf. Daarbij wordt de belasting van de waterzuivering in het systeem ten dele bepaald door deze conversie. Ook hier geldt weer dat voor de meeste bedrijven aanzienlijke verbeteringen mogelijk zijn. Overvoeren is zondermeer één van de belangrijkste redenen voor ongunstige voederconversies. Het nauwkeurig volgen van het eetgedrag van de aal en het adequaat reageren bij veranderingen in dit gedrag is ongetwijfeld één van de meest belangrijke aspecten van het management van een palingkwekerij.

Bezettingsdichtheid samen met de groeisnelheid zijn bepalend voor de uiteindelijke produktie. Uit tabel 6.4 blijkt dat bezettingsdichtheden in de bakken in veel gevallen substantieel verhoogd kunnen worden, waarschijnlijk zonder dat de groei van de vis wordt aangetast. De indruk bestaat dat door een verbeterde planning in een aantal gevallen het teeltoppervlak beter kan worden benut.

Wat betreft ziekteproblemen kan weinig met zekerheid worden gezegd. De meest voorkomende ziekten blijkt men te kunnen beheersen. Perioden met verminderde eetlust en lethargie komen echter nog regelmatig voor. Onderzoek naar factoren die de voedselopname in recirculatiesystemen beïnvloeden (formaline, zout, UV, waterkwaliteit) is dan ook interessant.

In z'n algemeenheid heeft dit hoofdstuk laten zien dat voor een groot deel van de bedrijven aanzienlijke verbeteringen in de produktieresultaten mogelijk zijn. Deze progressie dient grotendeels gerealiseerd te worden door een verbeterd management.

7 ECONOMISCHE RESULTATEN VAN DEENSE EN NEDERLANDSE KWEKERIJEN

7.1 Aalkwekerijen in Denemarken

7.1.1 Historische ontwikkelingen en de invloed van EG-subsidies

In Denemarken heeft het paling kweken zich sinds 1985 ontwikkeld. Volgens het Deense Ministerie van Visserij waren er aan het eind van 1989 een veertigtal kwekerijen in bedrijf, de meesten met een produktie die de 10 ton niet te boven ging.
Het aantal kwekerijen dat de EG en Nationale subsidies heeft ontvangen blijkt uit tabel 7.1.

Tabel 7.1 Aantal aalkwekerijen gesubsidiëerd volgens Regelingen 2908/83 en 4028/86.

Jaar	Totaal aantal	In bedrijf in 1990
1984	9	6
1985	3	3
1986	1	1
1987	8	4
1988	6	4
1989	2	n.b.
Totaal	29	18

Bron: Deense Ministerie van Visserij

De achttien kwekerijen die in bedrijf waren in 1990 behoorden tot veertien verschillende bedrijven. In het kader van dit onderzoek werden deze veertien bedrijven benaderd en verzocht het enquête formulier in te vullen. Van zeven bedrijven werd dit formulier terugontvangen.

7.1.2 Kenmerken van de deelnemende aalkwekerijen

Van de zeven deelnemende aalkwekerijen beschikten er vier over een kapaciteit tot 25 ton en de grootste had een kapaciteit tussen 51 en 100 ton.
De gemiddelde investering van deze zeven kwekerijen kwam uit op f 1.294.300. Gemiddeld was de produktiekapaciteit 37 ton, zodat de gemiddelde investering per ton (excl. de palingvoorraad) uitkwam op f 34.850.
Van zes van de deelnemende kwekerijen was het totale bedrag van de financiering bekend. Gemiddeld kwam dit uit op f 2.116.000. Het eigen vermogen maakte hiervan 48% uit en de subsidies 12%.
Van de zeven deelnemende kwekerijen was er één gestart in 1989;voor de berekening van de opbrengsten en kostencijfers in dat jaar is dit bedrijf buiten beschouwing gebleven. De zes overblijvende kwekerijen werden onderscheiden in kwekerijen die paling voor menselijke consumptie produceren (4) en pootvis kwekerijen (2).

7.1.3 Kosten en opbrengsten van Deense aalkwekerijen

De deelnemende kwekerijen produceerden in 1989 nog niet op volle kapaciteit. De kwekerijen waren bijna allemaal gestart in de jaren 1984-1986, zodat de aanloopfase langer werd dan was verwacht. Tabel 7.2 toont de relatie tussen produktieniveau en kapaciteit.

Tabel 7.2 Produktie en kapaciteit van deelnemende bedrijven

Produktiehoeveelheid (ton)	kapaciteit (ton) 0-25	26-50	51-100
		aantal	
0-10	2		
10-20	1	2	
20-30			1

Bron: Enquête

De twee kwekerijen die minder dan 10 ton produceerden zijn allebei pootvis kwekerijen.
In tabel 7.3 worden de opbrengsten en kosten weergegeven voor het jaar 1989 van vier kwekerijen, met produktie van consumptie paling en twee met pootvisproduktie.

Tabel 7.3 Verlies- en winstrekening van Deense kwekerijen van pootvis en van paling voor consumptie. Jaar 1989. Gemiddelde cijfers.

	Produktie van pootvis	Produktie van consumptievis
Verkochte hoeveelheid	kg	kg
Aal >80 g	3.101	16.245
Aal <20 g	4.822	234
Aal < 5 g	527	
Verkoopwaarde	NLG	NLG
Aal >80 g	54.244	283.076
Aal <20 g	448.299	14.660
Aal < 5 g	125.927	
Totaal omzet	628.469	297.736
Toename voorraad	20.190	46.024
Totale produktie	648.659	343.760
Overige ontvangsten	0	0
Totaal opbrengsten	648.659	343.760
Variabele kosten		
Glasaal/pootaal	174.869	72.704
Voer	65.552	79.732
Verwarming	3.934	8.808
Electriciteit	18.570	38.426
Zuurstof	13.122	20.984
Totaal variabele kosten	276.047	220.654
Opbrengsten minus variabele kosten	372.612	123.106
Vaste kosten		
Chemicalieën, medic.	5.949	19.999
Lonen	0	77.202
Onderhoud	14.943	23.930
Waterverbruik	177	6.075
Consultancy	0	10.940
Berekend loon eigenaar	73.750	73.750
Algemene kosten/verzekering	5.163	67.144
Afschrijving	22.261	126.950
Berekende rente	77.039	150.213
Totaal vaste kosten	199.281	556.204
Totale kosten	475.329	776.858
Netto-resultaat	173.330	-433.098

Bron: enquête formulier

Inkomen en rentabiliteit

Het inkomen van de eigenaar vormt het totaal van het berekend, niet betaalde loon en de opbrengst van het vermogen. Het kan als volgt worden afgeleid:

	Produktie van: pootvis	consumptie vis (x 1000 gulden)
Netto-resultaat	173	-433
+ Berekende rente	77	150
- Betaalde rente	13	146
+ Berekend loon	74	74
Ondernemers inkomen	311	-355

Onderstaande opstelling toont de berekening van de rentabiliteit van het geinvesteerd vermogen (ROI). De opbrengst van het vermogen (na aftrek van de arbeidskosten van de eigenaar) is hierbij betrokken op het gemiddeld geinvesteerd vermogen.

	Produktie van: pootvis	consumptie vis
	(x 1000 gulden)	
Netto-resultaat	173	-433
+ Berekende rente	77	150
Beloning voor geinvesteerd vermogen	250	-283
: 1% van het geinvesteerd vermogen	9,62	18,26
Rentabiliteit over het geinvesteerd vermogen (ROI)	26,0%	-15,5%

In tabel 7.4 wordt de rentabiliteit van de afzonderlijke bedrijven weergegeven.

Tabel 7.4 Rentabiliteit voor zes bedrijven. Percentages

Produktie voor consumptie vis				voor pootvis	
A	B	C	D	E	F
-16,8	-15,4	-16,5	-4,0	32,0	7,0

Bron: Enquête

7.2 Aalkwekerijen in Nederland

7.2.1 Historische ontwikkeling en de invloed van de EG subsidies

De eerste aalkwekerij startte in Nederland omstreeks 1980. De kweker kocht pootaal van ongeveer 30 gram, gevangen in het IJsselmeer, en kweekte die tot een gewicht van 150 gram. EG Regeling 2908/83, die het subsidiëren van aquacultuur-projecten mogelijk maakte, stimuleerde het maken van plannen voor commerciële aalkweek. In 1983 werd het eerste project (Texvis, Oudeschild) goedgekeurd en deze 200 tons kwekerij startte in 1986. Tabel 7.5 toont de ontwikkeling van aalkweek in Nederland.

Tabel 7.5 Ontwikkeling van aalkweek in Nederland

Ultimo	1985	1986	1987	1988	1989
Aantal kwekerijen	2	4	5	13	14
Geschatte produktie (ton)	10	60	140	225	225

Bron: Ministerie van LaNaViss; eigen schattingen

Het aantal aalkwekerijen neemt nog steeds toe; aan het eind van 1989 waren waarschijnlijk vier kwekerijen in aanbouw en in 1990 startten deze bedrijven met het afleveren van aal. Tot 1987 startten de kwekerijen met pootaal die vooral in het IJsselmeer was gevangen. In 1986 en 1987 werd de aalkwekerij echter ernstig belemmerd door een zwemblaas parasiet, *Anguillicola crassus*. De zwemblaas van de in het wild gevangen pootvis was aangetast hetgeen een ernstige groeivertraging in de kwekerij veroorzaakte. In sommige gevallen moest de gehele kwekerij worden leeggemaakt en gereinigd om opnieuw te kunnen starten met pootaal opgekweekt vanuit glasaal. Drie kwekerijen van de eerste generatie gingen failliet in 1988 en 1989. Verliezen als gevolg van de aalparasiet waren een belangrijke faktor bij het sluiten van deze kwekerijen, naast onvolkomenheden in het kweeksysteem en ontoereikend management. In 1988 kwamen systemen van de tweede generatie in exploitatie waarbij gestart werd met glasaal of gekweekte pootaal. Op dit moment (oktober 1990) produceren zo'n zeven kwekerijen min of meer op volle kapaciteit zodat de produktie in 1990 ongeveer het dubbele kan zijn van die in 1989.

Uit tabel 7.5 blijkt dat aan het eind van 1989 veertien aalkwekerijen in bedrijf waren in Nederland. Van deze kwekerijen ontvingen er elf de EG en nationale investeringssubsidie van 30 of 35% in het kader van de Regelingen 2908/83 en 4028/86. De drie niet gesubsidiëerde bedrijven waren kleinere kwekerijen met een produktie kapaciteit van 25 ton of minder. De gemiddelde (geplande) produktie-kapaciteit van de elf gesubsidiëerde kwekerijen bedroeg 75 ton.
Aan het eind van 1989 waren voorts nog vier kwekerijen in aanbouw die in 1990 in bedrijf kwamen. Daardoor kwam het aantal kwekerijen aan het eind van dat jaar uit op achttien waarvan veertien de EG en nationale investeringssubsidie hadden ontvangen.
Tabel 7.6 geeft een overzicht van de projecten waaraan subsidie was toegekend door de EG in de periode 1982-1989.

Tabel 7.6 Gesubsidiëerde aalprojecten in het kader van Regelingen 2908/83 en 4028/86; periode 1982-1989

Jaar	Aantal	Bedrag toegekend door EG Fl.	Nederland Fl.	
1982	1	880.750	181.000	
1983	2	1.261.100	270.400	
1984	2	232.800	46.600	
1985	7	3.594.200	719.000	
1986	7	4.632.000	926.400	
1987	2	944.800	398.300	
1988	3	760.500	304.200	
1989	6	1.408.000	562.300	
	30	13.714.150	3.408.200	(Fl.)
		5.835.800	1.450.300	(ECU)

Bron: Ministerie van LaNaViss.

De gemiddelde subsidie per project, verleend door de EG en de Nederlandse Overheid bedroeg f 570.000, hetgeen neerkomt op een gemiddelde investering voor een aalproject van f 1.825.000. In de jaren 1988 en 1989 was dit gemiddelde subsidie bedrag aanzienlijk lager dan dat voor de jaren 1985 en 1986. De oorzaak hiervan was dat een groter gedeelte van de ingediende projecten betrekking had op de kweek van pootvis uit glasaal hetgeen lagere investeringen vergt dan projecten voor de kwekerij van aal. Een groot gedeelte van het subsidie totaal van f 17,1 mln. is nog niet (tot mei 1990) betaald. Tabel 7.7 toont welke bedragen zijn betaald door de EG en de Nederlandse Overheid tot mei 1990. Een gedeelte van de projecten (vermoedelijk vier) zal niet tot uitvoering komen zodat de uiteindelijke betalingen lager zullen zijn dan het totaal van de toegekende subsidies.

Tabel 7.7 Betaalde subsidies voor aalprojecten

	EG f	Nederland f
Gesubsidiëerd in de periode 1982-1989	13.714.150	3.408.200
Betaald tot mei 1990	6.870.850	1.647.400
Projecten die vermoedelijk niet tot uitvoering komen	2.406.600	481.400
Nog te betalen	4.436.700	1.279.400

Bron: Ministerie van LaNaViss.

In het vervolg wordt ingegaan op het verschil tussen de veertien kwekerijen die aan het eind van 1989 in bedrijf waren en de blijkens tabel 7.6 dertig goedgekeurde projecten.

Tabel 7.8 Situatie (oktober 1990) met betrekking tot de aalprojecten, gesubsidiëerd volgens regelingen 2908/8 en 4028/86; periode 1982-1989.

Totaal aantal gesubsidiëerde projecten	30
Bedrijf beëindigd	5
Nog niet gestart	7
In bedrijf, kwekerij achterblijvend bij plan	8
In bedrijf, kwekerij volgens plan	10

Het aantal projecten dat tot uitvoering kwam (achttien) is groter dan het aantal van veertien dat eerder werd genoemd. Voor vier aalkwekerijen werden twee projecten gesubsidiëerd, één voor de kwekerij van consumptievis en één voor de kweek van pootaal, hetgeen dit verschil verklaart.
In het algemeen hebben aalkwekerijen een vrij lange aanloopperiode nodig, van ongeveer twee jaar, voordat de geplande produktie omvang wordt bereikt. Veel van de kwekerijen verkeren nog steeds in de aanloopfase zodat een beoordeling nog moeilijk is te maken. De kwekerijen gekarakteriseerd als "achterblijvend bij het plan" ondervonden in meer of mindere mate moeilijkheden tijdens de aanloopfase maar, voor zover nu bekend is, verkeert geen van deze kwekerijen in ernstige moeilijkheden. Sommigen bereiken nu (najaar 1990) de situatie van volledige produktie, maar dit is dan later dan was gepland.
De vijf kwekerijen die gestopt werden betroffen gesubsidiëerde projecten in de beginjaren 1982-1984 en één uit 1985. Oorzaken van deze beëindigingen waren de eerder genoemde problemen met de aalparasiet, onvolkomenheden in kweek-systemen en ontoereikend management.
Een belangrijk aspekt van de gesubsidiëerde projecten is de geplande produktie-kapaciteit. Deze kapaciteit van de dertig gesubsidiëerde projecten komt in totaal uit op 2360 ton. Hiervan was ongeveer 1400 ton kapaciteit in bedrijf in oktober 1990. Terwijl voorts 80 ton ervan binnen afzienbare tijd nog in produktie kan komen. Het resterende gedeelte van de gesubsidiëerde kapaciteit is reeds buiten gebruik gesteld of zal waarschijnlijk niet in bedrijf komen.

Tabel 7.9 Gesubsidiëerde produktiekapaciteit voor aalkwekerijen (ton)

Totaal gesubsidiëerde kapaciteit, periode 1982-1989	2360
Kapaciteit van kwekerijen die werden gestopt	530
Nog niet in bedrijf	440
In bedrijf (oktober 1990)	1390

Deze totale kapaciteit van aalkwekerijen in Nederland die zou kunnen voortvloeien uit de werking van Regelingen 2908/83 en 4028/86 gedurende de periode 1982-1989 kan toenemen tot ongeveer 1475 ton. Deze produktie maakt dan 35% uit van de paling consumptie in Nederland. De produktiekapaciteit van aalkwekerijen die niet werden gesubsidiëerd heeft een geringe omvang en zal vermoedelijk niet uitkomen boven 50 ton.

7.2.2 Kenmerken van de deelnemende aalkwekerijen

De economische resultaten in het Nederlandse gedeelte van deze studie zijn gebaseerd op de jaarcijfers van elf kwekerijen. Deze bedrijven startten vóór 1989 met de kwekerij van aal en ze vormen het merendeel van alle aalkwekerijen (vijftien) die voor dat jaar startten.

Tabel 7.10 Aalkwekerijen in de steekproef; jaar van starten en kapaciteit

Jaar	totaal aantal	kapaciteit (ton) 0-25	26-50	51-100	>100
1986	3			2	1
1987	2	1		1	
1988	6	2	2	2	
Totaal	11	3	2	5	1

Bron: Ministerie van LaNaViss; enquête

Van deze elf kwekerijen ontvingen er negen de investerings-subsidie krachtens de Regelingen 2908/83 en 4028/86. Met een enkele uitgezonderd worden alle kwekerijen als een full-time aktiviteit geëxploiteerd. De meeste van de bedrijven (7) worden uitgeoefend in de vorm van een Besloten Vennootschap. Twee van de kwekerijen uit de steekproef werden beëindigd in of voor 1989. De andere negen kwekerijen werden gedurende het gehele jaar 1989 geëxploiteerd en ze vertegenwoordigen bijna alle kwekerijen (10) die het gehele jaar 1989 in bedrijf waren.

De economische uitkomsten van de negen kwekerijen worden beschreven in par. 7.2.4 terwijl in par. 7.2.5 de rentabiliteit over het geinvesteerd vermogen is geanalyseerd voor alle elf bedrijven. De resultaten zijn hierbij zodanig weergegeven dat geen afzonderlijke bedrijven kunnen worden geidentificeerd.
De deelnemende kwekerijen zijn over het gehele land verspreid. Ze zijn uitgerust met verschillende kweeksystemen afkomstig van verschillende (in totaal vijf) leveranciers. Vijf van de elf kwekerijen zijn uitgerust met een systeem voor opkweek van glasaal. Er is sprake van een duidelijke tendens onder de aalkwekers om zelf de pootvis te kweken. Men is dan niet meer afhankelijk van leveranciers en bovendien valt dan de winstmarge op de pootvis toe aan de mester.

De economische resultaten in dit hoofdstuk zijn voornamelijk gebaseerd op de jaarlijkse financiële rapporten van de accountants. Deze gegevens werden aangevuld met hoeveelheidsgegevens omtrent produktie, voorraden enz., verzameld op basis van de enquête; hierbij werd hetzelfde enquêteformulier gebruikt voor de Deense en de Nederlandse kwekerijen. De negen kwekerijen die gedurende het gehele jaar 1989 in bedrijf waren waren nog niet zo lang geleden (gemiddeld 1,9 jaar) gestart.

Als gevolg van de korte bedrijfsduur hadden de kwekerijen in 1989 nog niet het stadium van volledige produktie bereikt. Gemiddeld werd plm. 45% van de kapaciteit in 1989 benut. Dit percentage varieerde van 20 tot 55% en vertoonde de neiging toe te nemen naarmate de kwekerij langer in bedrijf was.
Als gevolg van deze lage benuttingsgraad van de kweekinstallatie kon in het algemeen geen sprake zijn van een winstgevende aalkwekerij in 1989. Voor zes van de kwekerijen was in het accountantsrapport een verlies berekend, terwijl drie kwekerijen winstgevend waren. Hierbij moet bedacht worden dat de verlies- en winstrekeningen in de accountantsrapporten in de eerste plaats voor fiscale doeleinde zijn opgesteld. Dit heeft konsekwenties voor de toegepaste kalkulatie-methoden, in het bijzonder voor de kosten van afschrijving en de presentatie van de ontvangen subsidies. Een ander belangrijk aspekt hierbij is dat in de meeste gevallen geen arbeidskosten van de eigenaar in de kosten zijn opgenomen.

In het volgende gedeelte van de studie zijn bedrijfseconomische uitkomsten berekend los van de fiscale. Belangrijke kostenbedragen zoals afschrijving, intrest en arbeidskosten van de eigenaar zijn voor alle kwekerijen op een uniforme wijze berekend zodat de uitkomsten van de afzonderlijke bedrijven vergelijkbaar zijn. Dat geldt ook voor de waardering van de palingvoorraad. In bijlage 6 worden de verschillende berekeningsmethoden toegelicht.

7.2.3 Investeringen en financiering

De kwekerijen die het gehele jaar 1989 in bedrijf waren hadden gemiddeld een bedrag van f 1,6 mln. geinvesteerd. De subsidie die ontvangen was van de EG en de nationale overheid bedroeg gemiddeld f 377.500, ofwel bijna 24% van de totale investering. Dit percentage is dus lager dan het percentage van 30/35 krachtens EG Regelingen 2908/83 en 4028/86 omdat twee kwekerijen geen subsidie ontvingen, terwijl bij de andere bedrijven niet alle investeringen werden gesubsidieerd.

Ongeveer 22% (f 360.000) van de totale investering per kwekerij was geinvesteerd nadat het bedrijf was gestart.
Deze investeringen hadden betrekking op kweeksystemen voor glasaal en ook op verbeteringen in het kweeksysteem.

Tabel 7.11 Totale investeringen van negen deelnemende aalkwekerijen die in 1989 het gehele jaar in bedrijf waren.

	Totaal F	Gemiddeld F
Gebouw	4.441.000	493.400
Grond	439.100	48.800
Kweekinstallatie	9.307.900	1.034.200
Totaal	14.188.000	1.576.400

Bron: Jaarrekeningen; enquête

De kapaciteit van deze palingkwekerijen bedroeg in totaal 437 ton aan het eind van 1989. De investering per ton kapaciteit kwam dus gemiddeld uit op f 32.925.

Tabel 7.12 Investering en kapaciteit van de deelnemende bedrijven

Investering (mln.gld.)	kapaciteit (ton) 0-25	26-50	51-100
	(aantal)		
0 - 0,5	3		
0,5- 1			
1 - 2		1	3
2 - 3		1	
3 - 4			1

Bron: Jaarrekeningen; enquête

De investeringen van de kwekerijen zijn voor een groot gedeelte met bankleningen gefinancierd. Een gedeelte van deze leningen was verstrekt om het subsidiebedrag te financieren; na één jaar (of later) wordt dit dan weer terugbetaald. Het overig gedeelte van het krediet bestond uit leningen op lange termijn (15-25 jaar) en bedragen in rekening-courant.

Het beeld van de financiering van een gemiddelde kwekerij is in tabel 7.13 weergegeven.

Tabel 7.13 Financiering van deelnemende kwekerijen (oorspronkelijke + latere investeringen). Gemiddeld voor negen kwekerijen.

	F	%
Eigen vermogen	385.800	19
Subsidie Ned. overheid	73.100	4
EG subsidie	304.400	15
Leningen	1.246.700	62
Totale financiering	2.010.000	100

Bron: Jaarrekeningen; enquête

Het totaalbedrag van de financiering overtreft de investering met ongeveer f 400.000. Dit was benodigd voor de financiering van het werkkapitaal waarvan de uitgaven voor pootvis en voer belangrijk waren. Sommige kwekerijen ontvingen nog subsidie los van de bedragen krachtens EG Regelingen 2908/83 en 4028/86. Dit heeft betrekking op de algemene Nederlandse investeringssubsidie (WIR) van 15% (basispremie) die van toepassing was voor alle bedrijfsinvesteringen. Sinds 1986 is deze subsidie, in verschillende fasen, afgeschaft.
Het gemiddelde bedrag van de financiering in tabel 7.13 versluiert de grote verschillen in de financiering van de afzonderlijke bedrijven. Voor het grootste gedeelte van de kwekerijen varieërde het niveau van de leningen, in verhouding tot de totale investering in gebouwen, kwekerij en overige apparatuur, van 75 tot 125%.

7.2.4 Kosten en opbrensten van Nederlandse palingkwekerijen

Zoals werd vermeld waren de meeste kwekerijen aan het eind van 1989 nog maar korte tijd in bedrijf, waardoor sprake was van een betrekkelijk lage benuttingsgraad van de kweekinstallatie.
Tezamen produceerden en verkochten de deelnemende kwekerijen in 1989 ongeveer 165 ton, vooral in het formaat 125-150 gram. In feite was de totale produktie hoger omdat de meeste kwekerijen in het begin van het jaar startten met een erg lage palingvoorraad, in enkele gevallen niet veel meer dan het gewicht van de gekochte pootaal. Deze toename van de biomassa, voorzover nog niet werd verkocht, is begrepen in het produktiecijfer in tabel 7.14. In het opbrengsten- en kostenoverzicht in tabel 7.15 is deze voor- raadtoename gewaardeerd. Daarvoor is paling van verschillende grootte gewaardeerd tegen een kostprijs per kg. Bijlage 6 beschrijft de methode van voorraadwaardering. Voor een beter begrip van de gemiddelde opbrengsten- en kostencijfers is de produktieomvang weergegeven in tabel 7.14.

Tabel 7.14 Produktie en kapaciteit van deelnemende bedrijven

Produktiehoeveelheid (ton)	kapaciteit (ton) 0-25	26-50	51-100
	aantal		
0-10	3		
10-20		2	
20-40			3
40-60			1

Bron: Jaarrekeningen;enquête

Gemeten aan de produktiviteit is er geen verschil tussen kweeksystemen van de eerste generatie (die intussen in belangrijke mate zijn verbeterd) en de later ontwikkelde systemen. Behalve de geinstalleerde kapaciteit lijkt vooral het aantal maanden dat de kwekerij in bedrijf is de verschillen in produktieniveau te verklaren. Een onmeetbare faktor is de bekwaamheid van het management, die ongetwijfeld van invloed is op de produktiviteit van het kweeksysteem.
De totale omzet van de deelnemende kwekerijen bedroeg in 1989 f 3,7 mln. waarvan een gedeelte (ruim f 0,5 mln.) bestond uit de verkoop van pootvis.
Tabel 7.15 geeft de gemiddelde opbrengsten en kosten van de deelnemende kwekerijen over het jaar 1989. In tegenstelling tot de fiscale jaarrekeningen, die in de meeste gevallen het uitgangspunt waren, zijn deze cijfers voor alle bedrijven volgens dezelfde methode opgesteld.

Tabel 7.15 Verlies en winstrekening voor kwekerijen die paling voor consumptie produceren. Jaar 1989. Gemiddelden van negen kwekerijen.

	Gemiddeld		kapaciteit (ton)	
			0-25	26-100
Verkochte hoeveelheid	kg	%	%	%
Aal >20 g	17.750			
Aal >5-<20 g	500			
Verkoopwaarde	F			
Aal >20 g	376.280	69	59	69
Aal >5-<20 g	34.926	6	2	7
Totaal omzet	411.206	75	61	76
Toename voorraad	114.823	21	39	19
Totale produktie	526.029	96	100	95
Overige ontvangsten	25.961	4	0	5
Totaal opbrengsten	551.991	100	100	100
Variabele kosten				
Glasaal/pootaal	104.618	19	17	19
Voer	129.371	23	22	24
Verwarming	3.388	1	2	1
Electriciteit	49.782	9	10	8
Zuurstof	17.996	3	5	3
Totaal variabele kosten	305.155	55	56	55
Opbrengsten minus variabele kosten	246.836	45	44	45
Vaste kosten				
Chemicaliëen, medic.	7.999	1	0	2
Lonen	29.375	5	0	6
Onderhoud	20.196	4	4	4
Waterverbruik	8.570	2	5	1
Consultancy	4.519	1	1	1
Berekend loon eigenaar/manager	37.222	7	14	6
Algemene kosten/verzekering	36.071	6	7	6
Afschrijving	122.915	22	18	22
Berekende rente	124.394	23	20	23
Totaal vaste kosten	391.261	71	69	71
Totale kosten	696.416	126	125	126
Netto-resultaat	-144.425	-26	-25	-26

Noot: kapaciteit 0-25 ton: drie kwekerijen, 26-100 ton: zes kwekerijen.

Bron: Jaarrekeningen; enquête

De kosten en opbrengsten worden in het volgende gedeelte in het kort toegelicht.

Verkopen

De kwekerijen verkochten hun paling van 125-150 gram in het algemeen tegen een prijs van f 18,50-f 19,50 per kg. De gemiddelde hoeveelheid die werd afgeleverd aan handelaren, rokers, inclusief een kleine hoeveelheid pootvis voor andere kwekers, was ongeveer 18 ton. De verkopen vonden gedurende het gehele jaar plaats, met een piek in december.

Voorraden

De meeste kwekerijen bouwden in 1989 hun palingvoorraad op. De gemiddelde voorraad was in het begin van het jaar wat meer dan 6000 kg. en deze hoeveelheid nam toe tot bijna 12.000 kg. aan het eind van het jaar. Vermoedelijk was dit niet de grootste hoeveelheid omdat in de maand december veel verkocht werd. De verandering in de voorraad waarde is het bedrag na aftrek van de waarde van de gekochte pootvis. Het bedrag voor "Toename voorraad" is dus de waarde van de zelf geproduceerde, nog niet verkochte biomassa. De methode van voorraad waardering is in bijlage 8 beschreven.

Tabel 7.16 geeft een indruk van de verschillen in de produktiewaarde per kwekerij rond het gemiddelde van f 526.000 (omzet en toename van de voorraad).

Tabel 7.16 Verschillen in produktiewaarde

produktiewaarde 1) x f 1000	kapaciteit (ton) 0-25	26-50	51-100
		aantal	
0- 250	3		
251- 500		2	
501- 750			1
751-1000			1
1001-1250			2

1) verkoop + voorraad toename

Variabele kosten

Het totaal van variabele kosten maakt 55% uit van de totale opbrengsten, zoals blijkt uit tabel 7.15. In dit opzicht is er niet veel verschil tussen kleinere en grotere kwekerijen.

Glasaal/pootaal

De meeste kwekerijen kochten pootaal van 5 á 10 gram tegen een prijs van 60-70 ct per stuk (f 130-70 per kg). Sommige kwekers kochten hun pootvis bij Deense leveranciers. Vier kwekerijen kochten zoveel glasaal als pootaal. Er was in 1989 een duidelijke tendens om eigen pootaal te gaan kweken uit glasaal. Het kostenbedrag in tabel 7.15 heeft betrekking op kosten van de pootvis d.w.z. pootvis begrepen in de verkoop en verlies (sterfte) van pootvis.

Voer

Dit is de belangrijkste kostenpost zoals blijkt uit het percentage van 23 van de totale opbrengsten. De voerprijs per kg. varieërde in het algemeen van f 2,- tot f 2,25. De voederconversie kon niet uit de economische gegevens worden afgeleid.

Verwarming en electriciteit

Dit kostenbedrag is het totaal van electriciteits- en gasverbruik. Het grootste gedeelte (94%) van deze energiekosten bestaat uit de stroomkosten van de pompen.

Vaste kosten

De vaste kosten variëren niet of nauwelijks met het produktie volume. Bij de kleinere bedrijven was het percentage vaste kosten (64%) wat lager dan bij de grotere (71%).

Arbeid

Aan het eind van 1989 was bij vier van de negen kwekerijen alleen sprake van arbeid van de eigenaar en overige gezinsleden. Het bedrag voor betaalde arbeid heeft betrekking op een gemiddelde van 0,9 personen. Het bedrag is nogal laag omdat de meesten in de loop van het jaar in dienst kwamen.
Het berekende loon van de eigenaar is gebaseerd op een bedrag van f 60.000 voor een mensjaar. Het kostenbedrag is lager omdat de hoeveelheid arbeid bij de kleinere kwekerijen nog geen volledig mensjaar was, terwijl voorts ook voor kwekerijen in de startfase nog geen volledig mensjaar werd gekalkuleerd. Het komt ook voor dat de eigenaar niet kontinu bij het viskweken is betrokken en een professionele viskweker in dienst heeft genomen.

Water

Het lage bedrag voor deze kostenpost wordt verklaard door het feit dat de meeste kwekerijen gebruik maken van bronwater. Dit bracht extra investeringen voor het gebruik van de bron met zich mee (pomp, water behandeling). In deze kostenpost zijn ook heffingen voor het afvalwater begrepen. Deze bedragen waren niet erg hoog (niet hoger dan f 9.000).

Afschrijving

Tezamen met de berekende rente heeft deze kostenpost een aanzienlijk aandeel (35%) van de totale kosten. Dit wordt uiteraard grotendeels verklaard uit de onderbezetting van het kweeksysteem. De afschrijving is apart berekend voor het gebouw en het systeem als geheel. Op het gebouw is 4% per jaar afgeschreven en op het grootste gedeelte van het kweeksysteem (85%) 10% per jaar; de resterende 15% werd in vijf jaar afgeschreven. Ook voor overige apparatuur en vervoermiddelen is met een afschrijvingsperiode van vijf jaar gerekend.

Intrest

De intrestkosten zijn gebaseerd op het investeringsbedrag verminderd met de afschrijvingen en op de gemiddelde waarde van de palingvoorraad. Het intrestpercentage is op 8% gesteld, waarbij is aangenomen dat dit de reële rente is. De intrestkosten zijn in dit verband dus niet de intrestbedragen die zijn betaald aan de bank en overige financiers.

Nettoresultaat en inkomen

Het nettoresultaat is het bedrag dat overblijft of tekort is nadat alle betaalde en berekende kosten van de opbrengsten zijn afgetrokken; speciaal de produktiefaktoren arbeid en kapitaal zijn volledig gewaardeerd in de kosten zodat het nettoresultaat de beloning is (of de straf) voor het ondernemerschap.
Er moet in aanmerking worden genomen dat nettoverliezen onvermijdelijk zijn voor palingkwekerijen die nog in de aanloopfase verkeren. In par. 7.2.5 is geanalyseerd of deze verliezen aanvaardbaar waren.

In tabel 7.19 worden de gemiddelde cijfers voor kleinere en grotere kwekerijen weergegeven. Ondanks verschil in grootte was er uiteindelijk geen groot verschil in rentabiliteit tussen de kleinere en grotere bedrijven.

In de cijfers in tabellen 7.15 en 7.19 zijn de EG en nationale subsidies niet begrepen. In tabel 7.17 is het effekt van subsidies zichtbaar gemaakt. Dit is gedaan door de subsidie bedragen af te trekken van de investeringen hetgeen resulteert in lagere bedragen voor afschrijving en rente.

Tabel 7.17 Invloed van subsidies krachtens Regeling 4028/86 en 2908/83 op het nettoresultaat. Gemiddelden van negen kwekerijen.

	excl. subsidies	incl. subsidies
	(x f 1000)	
Afschrijving	123	93
Berekende rente	124	100
Nettoresultaat	-144	-91
Ondernemersinkomen	-102	-72

Het ondernemersinkomen kan worden afgeleid van de gemiddelde cijfers in tabel 7.15. Dit bedrag is de totale beloning voor de eigenaar voor zijn arbeid, ondernemerschap en zijn vermogen dat in het bedrijf is geïnvesteerd. Dit inkomen (gemiddeld voor negen kwekerijen in 1989) kan als volgt berekend worden:

	(x 1000 gulden)
Netto-resultaat	- 144
+ Berekende rente	+ 124
- Betaalde rente	- 119
+ Berekend loon	+ 37
Ondernemersinkomen	- 102

Voor de kleinere kwekerijen bedroeg dit ondernemersinkomen in 1989 gemiddeld f -8.300 en voor de grotere f -137.200.

Rentabiliteit over het geïnvesteerd vermogen.

Vermogen dat in aalkwekerijen is geïnvesteerd moet tenminste de rente over geleend geld opbrengen; een surplus boven deze interest betekent een rendement voor het kapitaal dat de eigenaar heeft geïnvesteerd en een rentabiliteit beneden de marktrente betekent geen of slechts een geringe opbrengst voor het eigen vermogen of zelfs een tekort om aan de financiële verplichtingen te voldoen. Voor de gemiddelde cijfers uit tabel 7.15 wordt de rentabiliteit over het geïnvesteerd vermogen op de volgende manier berekend:

	(x 1000 gulden)
Netto-resultaat	- 144
+ Berekende rente	+ 124
Beloning voor het geïnvesteerd vermogen	- 20

: 1% van het geïnvesteerd vermogen 1.457
Rentabiliteit over het geïnvesteerd vermogen(ROI) -1,4%

De spreiding van dit economische kengetal is weergegeven in tabel 7.18.

Tabel 7.18 Rentabiliteit voor negen kwekerijen

ROI:	6%-10%	0%-5%	-5%-0%	-6%--10%	< -10%
Aantal	1	4	2	1	1

Tabel 7.19 Verlies- en winstrekening van kleinere en grotere kwekerijen. Jaar 1989. Gemiddelde cijfers.

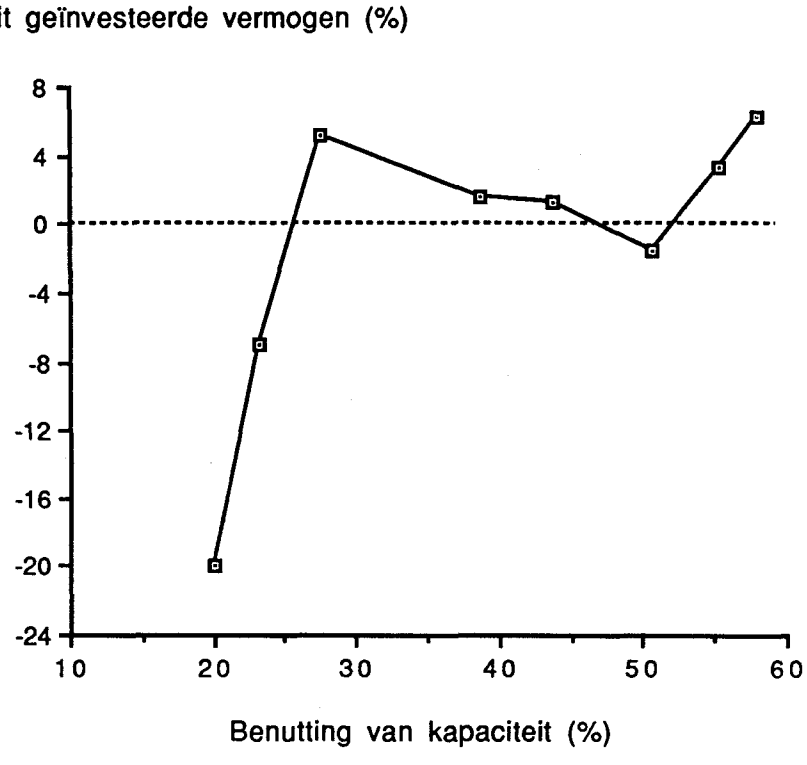
	Kapaciteit (ton)	
	0-25	26-100
Verkochte hoeveelheid	kg	kg
Aal >20 g	5.100	24.100
Aal >5-<20 g		750
Verkoopwaarde	NLG	NLG
Aal >20 g	96.792	521.113
Aal >5-<20 g		47.300
Totaal omzet	96.792	568.413
Toename voorraad	61.326	141.572
Totale produktie	158.118	709.985
Overige ontvangsten		38.942
Totaal opbrengsten	158.118	748.927
Variabele kosten		
Glasaal/pootaal	26.198	143.828
Voer	35.014	176.550
Verwarming	3.585	3.290
Electriciteit	16.342	66.502
Zuurstof	7.236	23.376
Totaal variabele kosten	88.375	413.546
Opbrengsten minus variabele kosten	69.743	335.381
Vaste kosten		
Chemicaliëen, medic.		11.998
Lonen		44.063
Onderhoud	6.186	27.201
Waterverbruik	7.844	8.932
Consultancy	.882	6.338
Berekend loon eigenaar/manager	21.667	45.000
Algemene kosten/verzekering	11.451	48.380
Afschrijving	28.876	169.934
Berekende rente	32.055	170.563
Totaal vaste kosten	108.961	532.409
Totale kosten	197.336	945.955
Netto-resultaat	-39.218	-197.028

Noot: Gemiddelde cijfers van drie kleinere en zes grotere bedrijven.
Bron: Jaarrekeningen; enquête

7.2.5 Bepalende faktoren voor de rentabiliteit van het geïnvesteerd vermogen

De rentabiliteit (ROI) kan worden gezien als de uiteindelijke test voor de levensvatbaarheid van een bedrijf. Bovendien heeft dit kengetal het voordeel dat kleinere en grotere bedrijven met elkaar kunnen worden vergeleken. Een kleiner bedrijf met een ROI van bijvoorbeeld 12% doet het in feite beter dan een grotere kwekerij met een ROI van bijvoorbeeld 5%.
De erg lage ROI voor een doorsnee kwekerij in 1989 wordt verklaard door de gemiddeld korte (19 maanden aan het eind van het jaar) duur van de bedrijfsuitoefening. De mate van kapaciteits benutting door de individuele kwekerijen verschilt. De vraag is of er een verband bestaat tussen deze bezettingsgraad en de ROI. Figuur 7.1 toont het verband.

Figuur 7.1 Het verband tussen bezettingsgraad van de installatie en de rentabiliteit (ROI).



Globaal neemt de ROI toe wanneer een groter gedeelte van de kapaciteit wordt benut, doch deze toename lijkt te verminderen. Het is aannemelijk dat de grootste voordelen worden behaald bij 60-100% benutting van de kapaciteit als gevolg van het hoge aandeel van de vaste kosten.
In hoofdzaak kunnen vier faktoren worden onderscheiden die het niveau van de ROI bepalen:

- de produktiviteit van het kweeksysteem;
- de prijs die wordt betaald voor de verkochte paling;
- de kostenstruktuur van de kwekerij;
- het investeringsbedrag per kg. kapaciteit. Een relatief hoge investering heeft op twee manieren een verlagend effekt op de ROI: het veroorzaakt hoge afschrijvings- en rentekosten waardoor de netto-winst lager is en bovendien is in dat geval de noemer in de ROI-formule hoog hetgeen de uitkomst verlaagt.

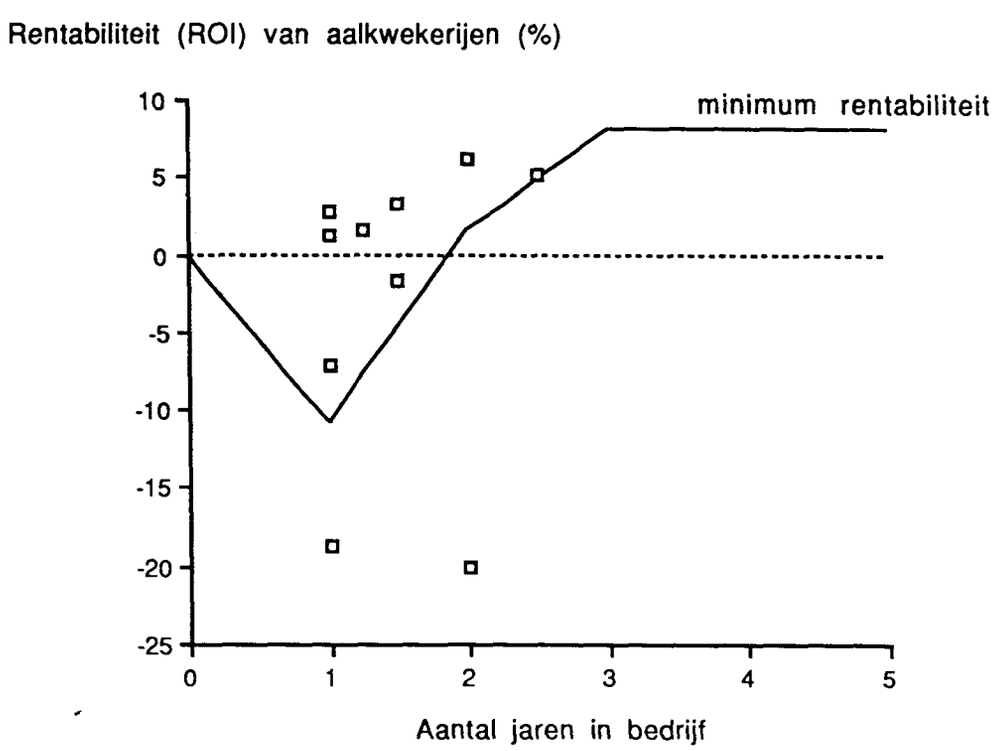
De vraag is tot welk niveau de netto-verliezen in de tabellen 7.15 en 7.19 aanvaardbaar zijn in de aanloopfase. Om dit te analyseren is een minimum "verlies- en winstpad" geschat voor een 50-tons aalkwekerij. De investering voor dit bedrijf bedraagt f 2,1 mln. en de financiering vindt plaats met een lening van
f 2,3 mln. waarvan f 810.000 binnen twee jaar kan worden terugbetaald wanneer het subsidiebedrag wordt ontvangen van de EG en de nationale overheid. Het is een minimum omdat:

a) in een normaal jaar, m.i.v. het derde jaar, is er sprake van een break-even situatie, na aftrek van het berekend loon van de eigenaar;
b) de lening kan net binnen 15 jaar worden terugbetaald;
c) het oorspronkelijk geinvesteerd vermogen kan niet binnen 15 jaar met rente worden terugverdiend. Ongeveer de helft van het subsidiebedrag is nodig om de verliezen in de aanvangsjaren te dekken;
d) de rentabiliteit over het geïnvesteerd vermogen in een normaal jaar (8,1%) is wat lager dan de huidige marktrente.

Bij de raming van dit minimum "verlies- en winstpad" is verondersteld dat in het eerste jaar 1350 kg. pootaal van elk plm. 15 gram en 174 kg. glasaal in het kweeksysteem worden uitgezet. In het eerste jaar wordt 5,2 ton consumptie aal afgeleverd. In het tweede jaar 35,6 ton en in de volgende jaren steeds 48,5 ton. De groei bedraagt voor de kleinere aal 0,95% per dag en voor de grotere 0,65%. De voederconversie is gesteld op 1,8.

De ROI van de individuele bedrijven en het minimum "verlies- en winstpad" zijn weergegeven in figuur 7.2

Figuur 7.2 Minimum rentabiliteit en rentabiliteit van de deelnemende kwekerijen.



In de grafiek lijkt de ROI toe te nemen naarmate de kwekerij gedurende een langere tijd in bedrijf is, maar deze toename lijkt wat te verminderen. Er kan echter worden gekonkludeerd dat de rentabiliteit in de meeste gevallen op een aanvaardbaar niveau lag. De netto-verliezen in de tabellen 7.15 en 7.19 bleven dus binnen de perken. De ROI van negen van de elf kwekerijen lag boven het minimum "verlies- en winstpad".

Behalve door de duur van de bedrijfsuitoefening kunnen verschillen in de ROI vooral worden verklaard door de bekwaamheid van de kweker en de kwaliteit van het systeem; tot nu toe in beide gevallen onmeetbare faktoren.
Wanneer de ROI van de aalkwekerijen in verband wordt gebracht met de cijfers van de SGR (specifieke groeicijfer) in figuur 6.1 moet worden gekonstateerd dat er niet altijd een duidelijke samenhang bestaat tussen de ROI en de SGR. Behalve de specifieke groeicijfers voor de aal, die natuurlijk belangrijk zijn voor het niveau van de ROI, bepalen de kostenstruktuur en het investeringsniveau de hoogte van de ROI. Belangrijke onderdelen van de kostenstruktuur zijn in dit verband de energiekosten en de kosten van voer en pootvis. Wanneer het aanbod van gekweekte aal toeneemt zullen ook marketing bekwaamheden van de kweker meer en meer het niveau van de ROI beïnvloeden.

7.2.6 Economische resultaten van een 50-tons aalkwekerij gebaseerd op gerealiseerde groeicijfers.

Tot dusverre waren ramingen betreffende de winstgevendheid en de kostprijs van aalkwekerijen steeds gebaseerd op theoretische cijfers voor groei, sterfte en voederconversie. De uitkomsten van het biologische deel van deze studie maken het mogelijk om deze kalkulaties te baseren op groei- en voederconversie cijfers die zijn gerealiseerd onder bedrijfsomstandigheden. In een bio-economisch model zijn deze kweekresultaten gesimuleerd voor een 50-tons kwekerij.
De voornaamste invoergegevens voor dit model waren:

Biologisch:	
Jaarlijkse inzet van glasaal	200 kg
Sterfte van glasaal	40%
Voederconversie	1,8
Economisch:	
Investering	f 2.020.000
Totaal bedrag vreemd vermogen	f 1.874.000
EG en nationale subsidie (35%)	f 778.000
Prijs van glasaal	f 280 per kg
Verkoopprijs voor 130 grams aal	f 19 per kg

Om de konsekwenties van verschillen in behaalde groeicijfers te demonstreren zijn in tabel 7.34 twee niveaus van economische resultaten weergegeven. In de eerste plaats economische uitkomsten gebaseerd op het gemiddelde van de waargenomen groeicijfers en een hoger niveau voor betere groeiresultaten. Deze groeicijfers zijn ontleend aan de gegevens in grafiek 6.1 in het biologisch deel.

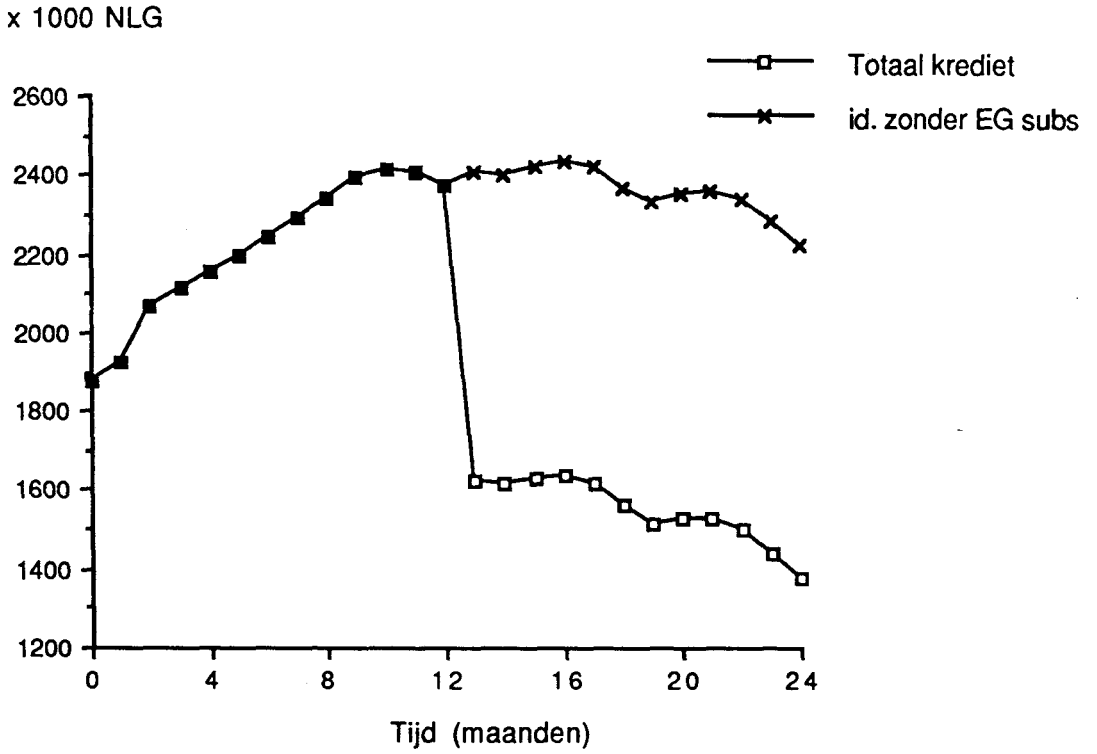
Tabel 7.20 Rentabiliteit van een 50-tons aalkwekerij bij volledige bezetting, gebaseerd op gerealiseerde groei- en sterftecijfers in 1989.

		Gemiddelde groei van de aal	Betere groei-resultaten
Groeiperc. per dag		0,8 - 0,45%	0,9 - 0,65%
Jaarproduktie		41,6 ton	47,5 ton
Omzet	f	790.300	f 901.900
Netto-resultaat	"	-60.100	" 26.300
Netto kontante waarde	"	175.400	" 829.800
idem, excl. subsidie	"	-538.100	" 116.300
Leningen, afgelost		>15 jaar	na 8 jaar
Kostprijs per kg.	f	20,44	f 18,43
Rentabiliteit geinv. vermogen		5,8%	10,1%

Uit tabel 7.20 blijkt dat de groeicijfers die gemiddeld werden gerealiseerd in 1989 nog niet voldoende waren voor een winstgevende aalkwekerij. Daarbij moet worden bedacht dat het gaat om groeicijfers van kwekerijen die gemiddeld nog geen twee jaar in bedrijf waren. Het valt te verwachten dat deze groeicijfers zullen verbeteren tot die in de tweede kolom van tabel 7.20. Deze groeicijfers zijn het resultaat van een langere periode van ervaring onder bedrijfsomstandigheden. De groeipercentages van 0,9 per dag voor aal van 7,5 gram en 0,65 voor 150 gram resulteren in een niveau van winstgevendheid dat juist boven het break-even punt ligt. De ROI ligt dan ook enigszins boven de huidige marktrente in Nederland. De netto kontante waarde geeft het bedrag weer dat wordt verdiend boven het oorspronkelijk geïnvesteerd vermogen, nadat dit de geldende rente heeft opgebracht. Bij de betere groeicijfers kan het oorspronkelijk geïnvesteerd bedrag ook zonder EG subsidie worden terugverdiend. De marge voor het opvangen van risico's is daarbij toch nog wel erg gering.

Een ander belangrijk aspekt in de praktijk van de aalkwekerij is de financiering van het werkkapitaal. Het duurt ongeveer zeven maanden voordat de eerste gekweekte aal kan worden verkocht waardoor hoge bedragen voor pootvis, voer, energie etc. vooruitbetaald moeten worden.
In het eerder genoemde bio-economisch model worden voor de eerste twee jaar uitgaven en ontvangsten op maandelijkse basis berekend. De oplopende financieringsbehoefte kan zo maand voor maand worden gevolgd. Uit figuur 7.3 blijkt dat boven het oorpronkelijk geinvesteerd bedrag van f 2 mln. een extra bedrag van bijna f 0,5 mln.benodigd is om het eerste jaar door te komen. Hierbij is verondersteld dat het subsidiebedrag van f 778.000 na één jaar wordt ontvangen. Anders is in plaats van bijna f 0,5 mln. f 560.000 extra nodig om de startfase door te komen. In dat geval duurt het ruim zestien maanden totdat het totale bedrag van het krediet duidelijk begint te dalen. In figuur 7.3 komt de essentiële betekenis van de EG en nationale investeringssubsidie in de aanvangfase duidelijk naar voren. Als toelichting kan nog worden vermeld dat deze grafiek betrekking heeft op een 50-tons aalkwekerij met de hiervoor genoemde gemiddelde groeicijfers. Om zo spoedig mogelijk liquide middelen te verkrijgen is ervan uitgegaan dat in de eerste maanden behalve 200 kg. glasaal nog twee partijen van 1000 kg. pootaal worden uitgezet.

Figuur 7.3 Financiering van een 50-tons aalkwekerij, inclusief en exclusief EG subsidie.



De vraag kan worden gesteld in hoeverre verbeteringen in de produktiviteit bij het kweken van aal mogelijk zijn en wat de effekten van deze verbeteringen op de kostprijs van aal zouden kunnen zijn. Tabel 7.21 geeft hiervan een indruk. Uitgangspunt hierbij is de kostprijs van f 18,45 per kg. die resulteert uit de groeicijfers van 0,9 - 0,65% in tabel 7.34. Het is aannemelijk dat de meeste kwekerijen deze groeicijfers kunnen realiseren na enkele jaren van bedrijfservaring. De andere verbeteringen zijn gebaseerd op realistische verwachtingen, uitgaande van de huidige ontwikkelingen.
Deze lagere kostprijs zal vermoedelijk noodzakelijk zijn omdat de opbrengstprijs van plm. f 19,- per kg., die in 1990 werd verkregen, waarschijnlijk niet te handhaven zal zijn wanneer de produktie van kweekpaling toeneemt.

Tabel 7.21 Effekten van mogelijke verbeteringen bij de aalkwekerij op de kostprijs

	Kostpijs per kg. (guldens)
Groeipercentage per dag 0,9 - 0,65	18,45
Hoger overlevingspercentage voor glasaal (75)	18,25
Toename bezettingsdichtheid met 15%	16,90
Lagere voederconversie (1,5)	16,15
Daling van het investeringsbedrag met 15%	15,25

8 DE MARKT VOOR PALING

8.1 Marktvolume in de EG

Paling is één van de hooggeprijsde visoorten in de EG. Het totaal van de vangsten en de kweekproduktie komt voor de EG als geheel uit op tenminste 17.000 ton; vermoedelijk is dit hoger als gevolg van de onvolledigheid van de officiële statistieken (in het eerder genoemde totaalcijfer zijn al wel bijschattingen opgenomen). Gemeten aan produktie-hoeveelheid en prijs is paling in het beeld van de EG visprodukten enigszins vergelijkbaar met tong (40.000 ton, 1988), zalm (24.000 ton) en zeebaars/zeebrasem (31.000 ton).

Tabel 8.1 Consumptie van paling in de EG in 1988 (ton)

	Import	Aanvoer + kweek	Export	Cons.
Denemarken	1287	2283	2206	1364
West-Duitsland	4433	1165	237	5361
Nederland	4455	1732	2061	4126
Verenigd Koninkrijk	392	735	558	569
Ierland	1	863	213	651
België/Luxemburg	1698	50	163	1585
Frankrijk	224	3975	2360	1839
Italië	2820	5000	1274	6546
Griekenland	34	528	375	187
Spanje	448	282	153	577
Portugal	1	533	53	481
Totaal	15793	17146	9653	23286

1) Aanvoer in v.m. DDR 500 ton (FAO)
Bron: FAO; Nationale Statistieken; ICES; OECD.

De produktie van Europese aal is tamelijk bescheiden vergeleken met die van de Japanse aal (100.000 ton in 1988 voor de laatste soort, Luc de Franssu 1989). In de afgelopen tien jaar was de palingmarkt betrekkelijk stabiel. Aanvoer en consumptie vertoonden over het algemeen geen grote schommelingen.
Produktiecijfers die gedurende de periode 1980-1988 beschikbaar waren voor de EG-12 laten een toename zien van 14.800 tot 17.100 ton. Deze toename werd veroorzaakt door de produktie van kweekaal, die in 1988 ongeveer 4500 ton bedroeg (FAO 1988, OECD 1989). De Italiaanse produktie van 3000 ton domineerde dit beeld voor kweekaal.
Wanneer deze produktie van kweekaal buiten beschouwing wordt gelaten blijkt dat de vangsten van aal in de EG-12 daalden dan 14.800 ton in 1980 tot 12.600 ton in 1988 (-15%).

Voor de EG als geheel was er een tekort aan paling in 1988 van ongeveer 6.200 ton; de Verenigde Staten, Zweden en Nieuw-Zeeland zijn de voornaamste leveranciers van de EG. Dit tekort is wat verminderd ten opzichte van het importsaldo uit 1980 (7.800 ton).

Gedurende de periode 1980-1988 waren Italië, Frankrijk en Denemarken de voornaamste producerende landen met een aandeel van 66% van de totale Europese produktie in 1988. De palingconsumptie is vooral geconcentreerd in Italië, Duitsland en Nederland die gezamenlijk 69% van de Europese consumptie voor hun rekening nemen.

Tabel 8.2 Consumptie van paling in de EG in 1980 (ton)

	Import	Aanvoer + kweek	Export	Cons.
Denemarken	1474	2254	2960	768
West-Duitsland	5243	1248	80	6411
Nederland	5454	1766	1932	5288
Ierland		850	86	764
Verenigd Koninkrijk	452	1053	1264	241
België/Luxemburg	1700		64	1636
Frankrijk	260	4503	2665	2098
Italië	2986	2264	703	4547
Totaal	17569	13938	9754	21753

Tabel 8.3 toont de belangrijkste handelstromen voor paling in de EG.

Tabel 8.3 Herkomst van de invoer van verse en bevroren paling in 1989; (ton)

	Bestemming					
Herkomst:	Denemarken	Duitsland	Nederl.	Italië	Overige lnd	Totaal EG-12
Denemarken	-	1310	905	78	164	2457
Nederland	21	879	-	317	441	1658
Frankrijk		41	115	1108	268	1532
Italië	16	341	735	-	57	1149
Ver.Koninkrijk	64	191	771	1	251	1278
Ver.Staten	47	9	356	329	677	1418
Andere lnd.	1058	1676	1220	1046	862	5862
	1206	4447	4102	2879	2720	15354

Bron: Eurostat

De relatief grote hoeveelheden die werden geïmporteerd door Duitsland, Nederland en Denemarken uit "andere landen" hebben betrekking op exporten uit Zweden, Noorwegen, Polen, Nieuw Zeeland en Canada.

De Europese palingmarkt wordt gedomineerd door gespecialiseerde handelsbedrijven in Nederland, Denemarken en Italië. Deze bedrijven verzamelen, sorteren en distribueren de paling; ingevoerde paling wordt in sommige gevallen, na sorteren, weer uitgevoerd. In Nederland hebben deze handelsbedrijven meestal ook een rokerij.

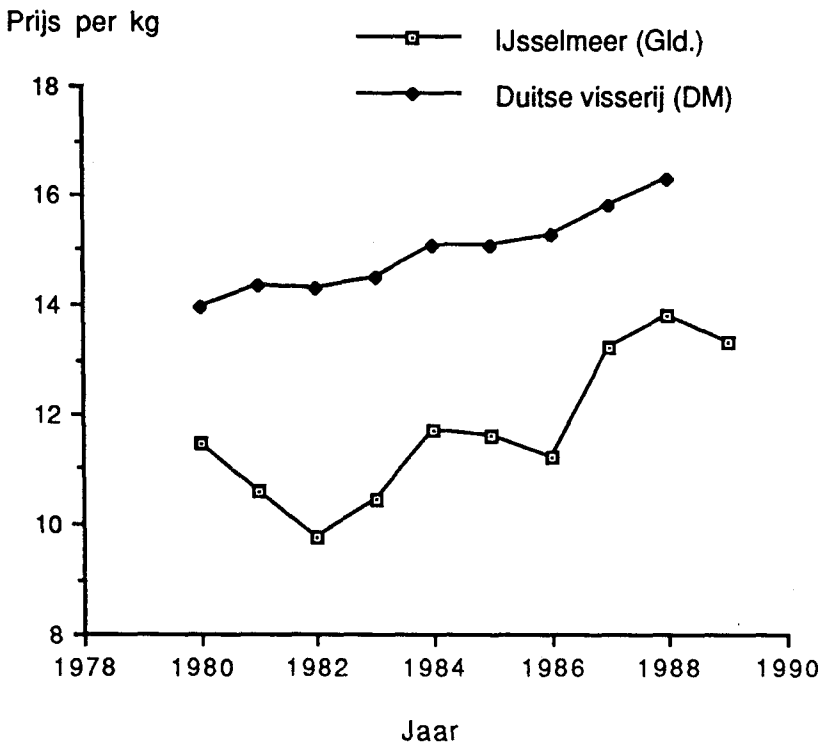
De Europese palingmarkt overziend kan worden gesteld dat aanvoer en handel een betrekkelijk stabiel beeld vertonen over de periode 1980-1989. Gedeeltelijk kan dit zijn veroorzaakt door statistische beperkingen, speciaal wat betreft de vangsten. Het aanbod van paling daalde enerzijds als gevolg van de vermindering van de vangsten (met 15% blijkens de statistieken) anderzijds was er sprake van een sterk toenemend aanbod van kweekpaling, vooral uit Italië, waardoor het totaal aanbod van paling toch op peil bleef. Het volume van de palingconsumptie in de EG geeft ook een stabiel beeld te zien hetgeen duidt op de aanwezigheid van een speciale groep consumenten met een voorkeur voor paling.

8.2 Prijsontwikkelingen voor paling

Gelet op de vangstdalingen voor wilde aal rijst de vraag of er een prijsstijging optrad die een schaarste tot uiting brengt. In figuur 8.1 wordt de prijsontwikkeling weergegeven van paling gevangen in het IJsselmeer en paling gevangen door de Duitse kottervisserij. In deze visserijen daalde de vangst gedurende de periode 1980-1988 als geheel met plm. 30% tot een totaal van 625 ton.

Voor beide visserijen stegen de palingprijzen in de afgelopen tien jaar; met 20,5% (IJsselmeer) en bijna 17% (Duitse vangsten). Vergeleken met het algemene inflatiepercentage van 24,4% in Nederland gedurende de periode 1980-1989 was er echter geen sprake van een reële prijsstijging in beide visserijen gedurende die periode. De gedefleerde prijs was in 1989 zelfs op
een 6% lager niveau dan in 1980 voor de Nederlandse situatie. De daling van de palingvangsten leidde dus niet tot een prijsstijging boven de inflatie; er kan dus worden gekonstateerd dat de prijsontwikkeling voor wilde aal geen aanduiding geeft van schaarste ervan. De daling van de vangsten lijkt te zijn gekompenseerd door een hoger aanbod uit andere bron (gekweekte aal), aannemend dat de vraag niet is gedaald.

Figuur 8.1 Prijsontwikkeling voor wilde paling in Nederland en Duitsland

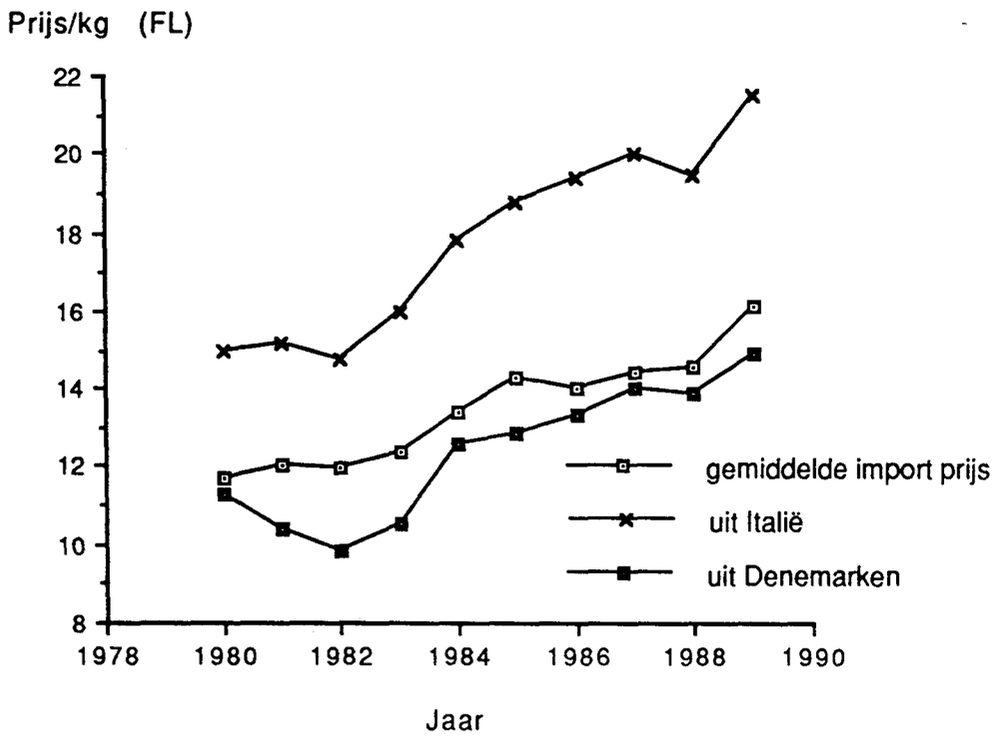


Figuur 8.2 toont de ontwikkeling van importprijzen van in Nederland ingevoerde paling. In 1989 waren Denemarken, Italië en Groot-Brittannië de voornaamste leveranciers (60% tezamen) voor de Nederlandse palingimporteurs.
Deze importprijzen stegen sterker dan de prijzen in de eerder genoemde visserijen. Speciaal de prijs van de Italiaanse kweekpaling bereikte in 1989 een aanzienlijk hoger niveau (+ 44% ofwel 16% boven inflatie) vergeleken met 1980. Nederlandse importeurs hebben aan deze prijsstijging bijgedragen aangezien ze de belangrijkste kopers van Italiaanse paling zijn op de Europese palingmarkt. Tabel 8.3 toont dat bijna tweederde van de Italiaanse palingexport naar Nederland ging. Een gedeelte van deze import wordt weer uitgevoerd naar Duitsland.
Als gevolg van de minder goede kwaliteit van de in het binnenland gevangen paling hebben Nederlandse handelaren deze paling tot op zekere hoogte vervangen door

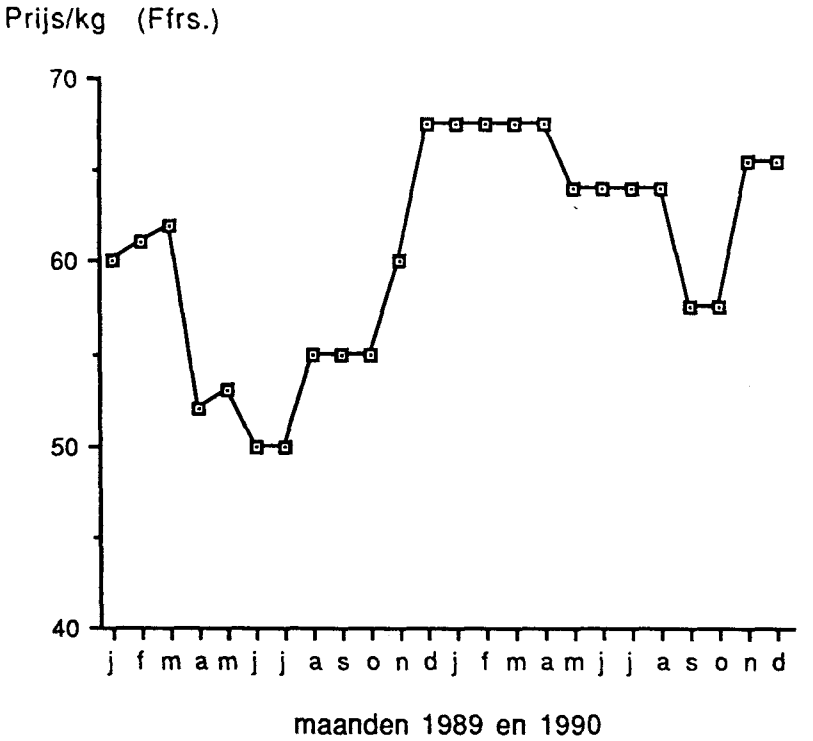
kwalitatief betere kweekaal. De sterke prijsstijging voor deze kweekaal duidt op een grote vraag naar kwalitatief goede paling. Het aandeel van de Italiaanse kweekaal in het totaal van de Nederlandse palingimport steeg van een niveau van 8,5% in 1980/'81 tot 18% in de afgelopen twee jaar.

De gemiddelde importprijs voor de andere belangrijke palingimporteur, Duitsland, steeg wat minder dan de Nederlandse importprijs. In 1980 bedroeg de gemiddelde importprijs voor de Duitse import f 14,77 en steeg daarna tot f 18,98 in 1989 (+ 29%). Het hogere niveau van deze importprijs in vergelijking met die voor Nederland is het gevolg van het grotere formaat paling voor de Duitse markt. Ook bij deze import werd de hoogste prijs betaald voor de Italiaanse paling (f 22,30 per kg).

Figuur 8.2 Prijzen voor paling, ingevoerd in Nederland



Figuur 8.3 Groothandelsprijs voor paling in Frankrijk



In 1990 bleven de palingprijzen op een hoog niveau. De Nederlandse importprijs voor Italiaanse paling was in het eerste halfjaar 1% hoger dan in dezelfde periode van 1989; voorts toonde de importprijs voor Deense paling een opmerkelijke stijging van 10% in het eerste halfjaar van 1990; vermoedelijk is dit veroorzaakt door het grotere aandeel van kweekpaling in de importen vanuit Denemarken.
De Franse groothandelsprijs voor paling geeft eveneens in 1990 over het algemeen een gunstige ontwikkeling te zien. Figuur 8.3, die is gebaseerd op cijfers uit Globefish (FAO), geeft deze ontwikkeling weer. Vermeldenswaard is dat deze prijsontwikkeling voor paling blijkbaar niet werd beïnvloed door de neerwaartse ontwikkeling van de zalmprijs (-10 tot -20% voor verschillende formaten in dezelfde periode).

8.3 Invloeden op palingprijzen in het verleden

In de nabije toekomst zal het totale palingaanbod in Nederland en Denemarken maar ook in andere landen, vermoedelijk toenemen wanneer de produktie van aal kwekerijen toeneemt. De vraag is in welke mate de palingprijs beïnvloed zal worden door een toenemend aanbod van kweekaal. Een inzicht in de faktoren die de palingprijzen in het verleden hebben beïnvloed kan enig uitzicht bieden op de toekomstige palingprijs.

Eerder werd gewezen op de dalende trend in de vangsten van paling, die in Nederland en Duitsland tot uiting kwam in aanvoerdalingen met 15% (IJsselmeer) en 35% (Duitse kottervisserij). Nederlandse palinghandelaren bevestigden tijdens gesprekken in het kader van dit onderzoek deze neerwaartse trend in de palingvangsten. In Nederland en Duitsland gingen deze vangstdalingen gepaard met prijsdalingen (na inflatie met ongeveer 6%) voor wilde paling.
Een verklaring hiervoor is het kwaliteits aspekt. De kwaliteit van wilde paling is in sommige gevallen onvoldoende om aan de vereisten vanuit de vraagkant te kunnen voldoen.
De andere verklaring voor de daling van de prijs voor wilde paling is het toenemend aanbod van kweekpaling uit Italië. Er lijkt tot op zekere hoogte een verschuiving in de vraag te zijn opgetreden van wilde naar kweekaal, in het bijzonder bij Nederlandse

handelaren. Het is opmerkelijk dat de gemiddelde exportprijs voor Italiaanse paling toenam met 37% gedurende de periode 1980-1989 terwijl het volume van deze export steeg met 67% (van 690 tot 1160 ton, Eurostat). Schaarste was in het bijzonder een schaarste aan paling van goede kwaliteit en dat veroorzaakte de toename van de prijs voor Italiaanse paling.

8.4 Aanbod en prijs in de toekomst

Om een voorspelling te kunnen doen voor de toekomstige prijs van kweekaal in een situatie van een groter aanbod is een regressie-analyse met betrekking tot aanbod en prijs van paling uitgevoerd. Er is gezocht naar samenhangen tussen de prijs van IJsselmeerpaling en vangsten, de prijs voor wilde paling en het totale aanbod op de Nederlandse markt en mogelijke andere samenhangen.
De beste verklaring resulteerde uit de relatie tussen de gemiddelde importprijs in Nederland aan de ene kant en Nationaal Inkomen en binnenlands aanbod van paling aan de andere kant als bepalende faktoren ($R2 = 0,81$). In deze relatie was de invloed van het Nationaal Inkomen veruit het belangrijkst. Het is inderdaad aannemelijk dat het Nationaal Inkomen, als een indikator voor de koopkracht, een belangrijke invloed heeft op de prijs van kwalitatief goede, hooggeprijsde paling. Waarschijnlijk is echter dat het effekt van het Nationaal Inkomen alleen overheersend is wanneer het aanbod van paling binnen bepaalde grenzen blijft. Bij een steeds toenemend aanbod van kweekpaling valt te verwachten dat dit een negatief effekt op de prijs zal hebben. Aanbod en prijzen in het verleden geven de indruk dat er een betrekkelijk vaste groep consumenten voor paling is. Een sterke afzetbevordering zal dus nodig zijn om nieuwe groepen consumenten voor paling te vinden.

8.5 Het aanbod van gekweekte paling in Nederland

Uit de toenemende import van Italiaanse kweekpaling blijkt een sterke voorkeur voor kweekpaling bij de Nedelandse handelaren. Zoals eerder werd opgemerkt zijn zij de voornaamste buitenlandse afnemers van deze paling en het is daarom aannemelijk dat ze hebben bijgedragen aan de sterke prijsstijging voor Italiaanse paling.
In 1989 werd in Nederland ongeveer 225 ton kweekaal geproduceerd. In 1990 groeide deze produktie sterk; verschillende palingkwekerijen bereikten een produktieniveau van 1000 kg per week en de grootste kwekerij (geplande kapaciteit 500 ton) startte met het afleveren van paling.
In het vervolg worden enkele kenmerken van de markt voor kweekpaling in Nederland beschreven. Deze gegevens zijn gebaseerd op een aantal gesprekken met paling-handelaren/rokers; een gestructureerde vragenlijst vormde hiervoor het uitgangspunt.

Kwaliteit

Palinghandelaren en rokers verklaarden dat gekweekte paling (van Nederlandse kwekerijen) een zeer goede kwaliteit had. De paling is goed gesorteerd met in het algemeen een gewicht van 125-150 gram, de juiste maat voor de Nederlandse markt. In het algemeen gesproken wordt schieraal geprefereerd omdat het vlees ervan steviger en beter is. De smaak van de gekweekte paling is erg goed, hoewel er verschillen zijn tussen de afzonderlijke kwekerijen. De oorzaken hiervan kunnen zijn de waterkwaliteit en het gebruikte voer.
Het uiterlijk van de paling is een belangrijk kwaliteits aspekt; in dit opzicht onderscheidt de kweekpaling zich positief van de wilde paling. Het vetgehalte voldoet erg goed aan de eisen die handelaren en rokers stellen. Ook de verwerkbaarheid is uitstekend; het rendement na strippen, roken en fileren komt uit op 44-48%. Dit rendement bij verwerking kan beter zijn dan dat voor wilde paling.

Consumptie

De palingconsumptie leek betrekkelijk stabiel in de afgelopen jaren. Palinghandelaren verwachten geen snelgroeiende vraag. Zij verklaarden dat paling vooral wordt gekocht door een min of meer vaste groep consumenten. Paling is geen produkt met een groot afzetvolume, wordt (in Nederland) niet of nauwelijks genuttigd bij de hoofdmaaltijd maar heeft meer een aanwending in de snack- en party sfeer. In dit laatste opzicht is paling in de afgelopen jaren belangrijker geworden. Paling wordt in Nederland vooral in gerookte vorm geconsumeerd; de consument koopt de gestripte en gerookte paling of de gerookte filets. In de afgelopen jaren is een groter gedeelte van de gerookte paling in filetvorm verkocht; de supermarkt werd één van de distributiekanalen voor dit produkt.

Concurrentie en prijs

Wilde paling blijft een alternatief voor de hooggeprijsde kweekpaling. Handelaren bevestigden de neergaande trend in de vangststatistieken voor paling en ze benadrukten hierbij het kwaliteits aspekt. De waterkwaliteit in sommige rivieren en meren kan te slecht zijn om te kunnen voldoen aan de hoge kwaliteitseisen die aan paling worden gesteld; er zijn toch echter ook nog meren (speciaal in het buitenland) waar paling vandaan komt die kwalitatief beter is dan de gekweekte paling. In de toekomst kan de waterkwaliteit echter verbeteren als gevolg van een stringent milieubeleid, zodat het kwaliteitsverschil tussen gevangen en gekweekte paling zou kunnen verminderen.
Een groot voordeel van gekweekte paling voor de handel is de leverbaarheid op elk moment dat de handelaar of roker dit wenst, tegen de kwaliteit die op dat moment is benodigd. De prijs voor gekweekte paling was in 1990 ongeveer 40% hoger dan die van wilde paling. Er zijn echter enkele omstandigheden die dit prijsverschil verminderen:

a) Wilde paling moet worden gesorteerd, hetgeen extra kosten met zich meebrengt.
b) Extra kosten ontstaan ook omdat een gedeelte van de wilde paling niet aan de kwaliteitseisen voldoet en in feite afval wordt.
c) Wilde paling moet worden diepgevroren om verkocht te kunnen worden wanneer de vraag het grootst is, in december. Ook dit leidt tot extra kosten voor wilde paling.

De daling van de zalmprijs zou de prijs van kweekpaling kunnen beïnvloeden. In Nederland kon dit effekt ter dusverre niet worden gekonstateerd; handelaren/rokers verklaarden dat in Duitsland wel sprake was van beïnvloeding van de palingprijs door het verloop van de zalmprijs.
Een toenemende produktie van kweekpaling zou kunnen leiden tot een prijsdaling voor deze paling. Opvattingen onder de handelaren/rokers verschilden in dit opzicht. Zo was er de mening dat nieuwe afzet voor kweekpaling zou kunnen worden gevonden en dat een extra produktie van zo'n 1000 ton niet direkt zou leiden tot een prijsdaling tot een niveau beneden 18 gulden per kg.; voorts werd gesteld dat het marktvolume voor paling wordt onderschat als gevolg van de onvolledige statistieken. De invloed van de kweekpaling zou daarom minder kunnen zijn dan zou kunnen worden afgeleid uit de officiële cijfers. Er werd ook gesteld dat het groeiend aanbod van kweekpaling leidde tot een omslag in de palingprijs. Het aanbod van Deense paling begint ook een rol te spelen op de Nederlandse palingmarkt.

8.6 Prijs en kostprijs van gekweekte paling

De huidige produktie van gekweekte paling in de EG bedraagt ongeveer 4500 ton. In par. 8.1 werd opgemerkt dat de totale palingconsumptie in de EG uitkomt op 23.000 ton. Er is dus een goede mogelijkheid om wilde paling
te substitueren voor gekweekte. Maar er zijn beperkingen als gevolg van de relatief hoge kostprijs van gekweekte paling. Op dit moment ligt deze kostprijs op een niveau van f 18,50 per kg. Bij dit prijsniveau is er een marktvolume van ongeveer 7500 ton in

de EG, waarvan 45% in Duitsland wordt geconsumeerd. Een belangrijk gedeelte van dit marktvolume bestaat uit grote paling die nog niet in grote hoeveelheden kan worden geproduceerd in kwekerijen met recirculatie-systemen.
Aan de andere kant hebben handelaren en rokers reeds goedkope wilde paling gesubstitueerd door hooggeprijsde kweekpaling en deze tendens zou zich kunnen voortzetten wanneer de produktie van kweekpaling verder toeneemt. Er zal echter ergens een evenwicht zijn tussen (gedaalde) verkoopprijs en de kostprijs van kweekpaling. In hoeverre de produktie van kweekpaling kan worden uitgebreid tot dit evenwicht is bereikt hangt van de volgende faktoren af:
-het toekomstig aanbod en de kwaliteit van wilde paling;
-de verlaging van de kostprijs door verbeteringen van de produktiviteit, die ongetwijfeld zal optreden bij het kweken van paling;
-de economische ontwikkeling in de toekomst, waarbij vooral de koopkracht van de consument de vraag naar hooggeprijsde paling zal beinvloeden. De in par. 8.4 beschreven regressie-analyse wijst op een samenhang tussen de palingprijs en het inkomen van de consument;
-de mogelijkheid om paling te produceren in de gewichtsklasse van 250-1000 gram, waardoor het marktvolume in belangrijke mate vergroot kan worden.
-de mogelijkheid om nieuwe groepen consumenten voor paling te winnen door intensieve promotiekampagnes. Er kan worden gekonstateerd dat in vergelijking met promotie voor andere vissoorten de reklame voor paling nog niet erg intensief is.

Een opbrengstprijs beneden de kostprijs betekent nog niet altijd dat kwekers op korte termijn hun bedrijf moeten beëindigen. Wanneer de prijs niet tever beneden de kostprijs ligt kan een kwekerij nog tamelijk lang worden voortgezet. De arbeidskosten van de kweker, inbegrepen in de kostprijs, behoeven niet te worden betaald, noch de afschrijvingskosten. Het is een bekend verschijnsel in de Nederlandse landbouw en visserij dat bedrijven lange tijd kunnen worden gekontinueerd in een verliessituatie omdat eigenaren en hun familieleden niet alle berekende kosten als inkomen nodig hebben en besteden.
Het kontinueren van een palingkwekerij in een verliessituatie hangt echter ook af van de mate waarin met vreemd vermogen is gefinancierd. In de meeste gevallen is het aandeel van het vreemd vermogen hoog, zodat in deze gevallen toch sprake is van een zwakke positie in een verliessituatie.
Tot dusverre is de markt voor kweekpaling een verkopersmarkt; wanneer deze markt echter verandert in een kopersmarkt kan de positie van de kweker tamelijk of erg zwak worden. Als gevolg van de hoge vaste kosten en financiële verplichtingen zal de neiging bestaan de produktie op peil te houden; daarvoor kan het nodig zijn om een aanzienlijk lagere prijs te accepteren wanneer sprake is van sterke konkurrentie met andere aanbieders van kweekpaling. Daarom is een zeer voorzichtige expansie van de Europese produktie van kweekpaling nodig om gelijke tred te houden met de ontwikkeling in de vraag naar paling.

Tabel 2 (Kost)prijs van paling voor verschillende grootteklassen ten behoeve van de voorraadwaardering (guldens)

grootte (gram)	(kost)prijs per stuk	(kost)prijs per kg
2,5	0,322	128,79
5 1)	0,650	130,--
10 1)	0,700	70,--
25	0,937	37,49
40	1,150	28,75
70	1,551	22,15
100	1,994	19,94
130	2,391	18,40
150	2,703	18,02

1) gewaardeerd tegen marktprijs

Tenslotte moet worden vermeld dat het bedrag achter "voorraad toename" niet gelijk is aan het verschil tussen de voorraadwaarde aan het eind en aan het begin van het jaar. Glasaal en pootvis zijn ook begrepen in deze voorraadwaarde en een toename van deze aankoopkosten vormt geen eigen produktie. De mutaties in de glasaal en pootvis begrepen in de voorraad zijn buiten beschouwing gelaten, zodat de voorraadtoename in dit geval de waarde van de zelf gemeste kilogrammen vormt.

Kosten van glasaal en pootvis

De jaarlijkse kosten van glasaal en pootvis bestaan uit de kosten van de vis die uit het systeem is gehaald, bij verkoop en ook als gevolg van sterfte. De jaarlijkse kosten resulteren dus uit de formule: beginvoorraad glasaal en pootvis + aankopen - eindvoorraad.

BIJLAGE 1. Symbolen en berekeningen

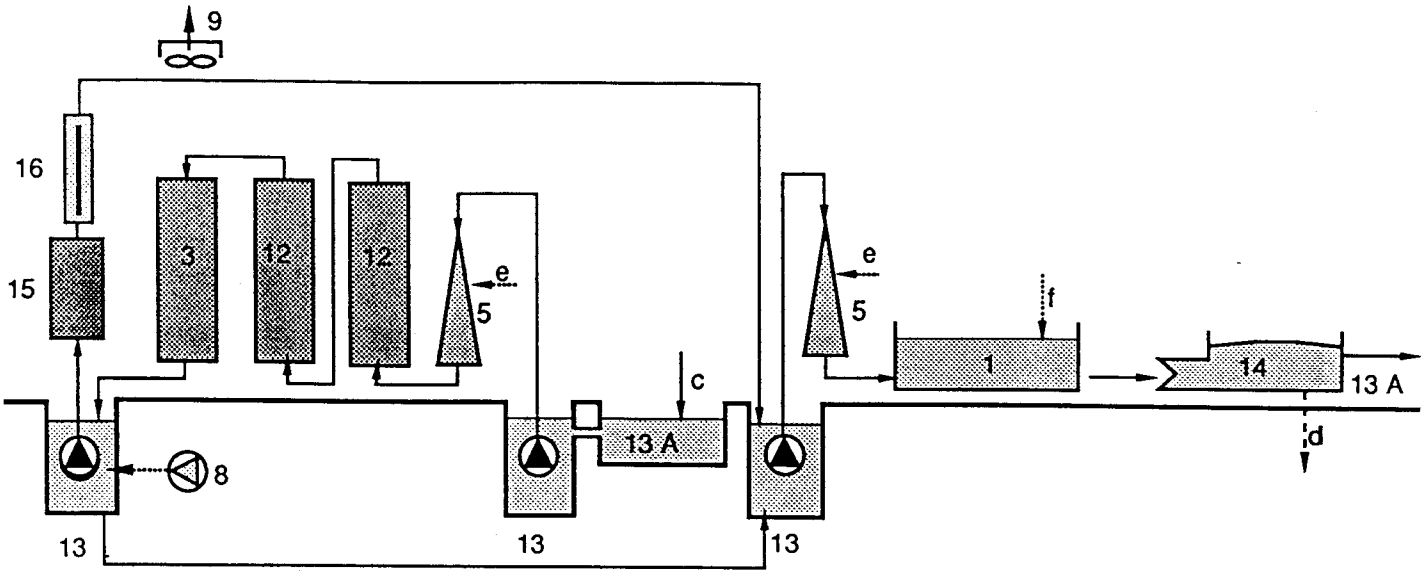
SGR (specifieke groeisnelheid)	$= \frac{(\ln Wt - \ln W0) * 100}{t}$	(%/dag)
FR (voederniveau)	$= \frac{voer / t * 100}{W(t/2)}$	(%/dag)
FCR (voederconversie)	$= \frac{voer}{Wt - Wo}$	(-)
Wt/2 (gemiddelde biomassa)	$= e^{(\ln w0 + \ln wt) * 0.5}$	(g)
Wt	= biomassa op dag t	kg
t	= aantal dagen tussen twee sorteringen	(-)

BIJLAGE 2. Literatuur

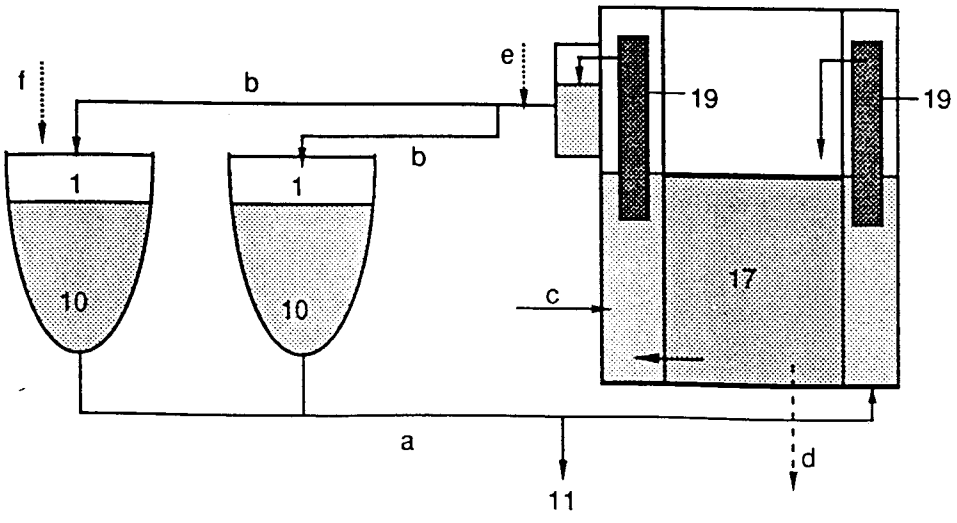
1. Usui A. (1974) Eel culture. Fishing News Ltd.
2. Evans F.L. (1985) Consideration of first stage organic overloading in rotating biological contactor design. EPA design information report. Journal WPCF, 57 (11).
3. Process design manual for nitrogen control. US EPA, oct. 1975.
4. Rogers G.L. & Klemtson S.L. (1985) Ammonia removal in selected aquaculture water reuse biofilters. *Aquacultural engineering* **4**, 135-154.
5. Yamagata Y. & Niwa M. (1982) Acute and chronic toxicity of ammonia to eel, *Anguilla japonica*. Bull. Jap.Soc.Sci.Fish. **48**(2), 171-176.
6. Sadler K. (1981) The toxicity of ammonia to the European eel, *Anguilla anguilla* L. *Aquaculture* **26**, 173-181.
7. Knights B. (1987) Effects of ammonia accumulation on metabolic rates and growth in warmwater aquaculture. EIFAC Working Party on Eel, Bristol England.
8. Wickins J.F. (1980) Water quality requirements for intensive aquaculture: a review. Proc. World Symp. on Aquaculture in Heated effluents and recirculation systems, Stavanger. K.Tiews ed, Berlin, Germany.
9. Crawford R.W. & Allen G.H. Seawater inhibition of nitrite toxicity to chinook salmon. *Trans.Am.Fish.Soc.* **106**, 105-109.
10. Boyd C.E. (1984) Water quality in warmwater fish ponds. Auburn university, Agricultural exp. station.
11. Sadler K. (1979) Effects of temperature on the growth and survival of the European eel, *Anguilla anguilla* L. *J.Fish Biol.* **15**, 499-507.
12. Penáz M., Wohlgemuth E., Stouracová I. & Prokes M. (1988) Influence of water temperature upon the growth and mortality rates of glass eels, Anguilla anguilla, using water recirculation. *Folia Zoologica* **37**(3), 263-272.
13. Kamstra A.,Van der Heul J.W. & Kesteloo-Hendrikse J.J. (1990) Metingen aan waterkwaliteit, vuilproduktie en vuilverwijdering in een semi-praktijksysteem voor palingteelt. *RIVO report* AQ 90-10, in Dutch with English summary.
14. Heinsbroek L.T.N. & Kamstra A. (1990) Design and performance of water recirculation systems for eel culture. *Aquacultural Engineering* **9**, 187-207.
15. Heinsbroek L.T.N. (1989) Preliminary investigations on husbandry, nutrition and growth of glass eels and elvers, *Anguilla anguilla* L. *Aquaculture and Fisheries Management* **20**, 119-127.
16. Kastelein P. (1983) Survival and growth of elvers, *Anguilla anguilla* L. reared on an expanded granulated diet. *Aquaculture* **30**, 155-172.
17. Kamstra A. & Heinsbroek L.T.N. (1991) Effects of attractants on start feeding of glass eel, *Anguilla anguilla* L. *Aquaculture and Fisheries Management* **22** *in press*.
18. Jespersen T. (1989) Eel farming in an indoor recirculating system: technical, biological and economical aspects. *Aquaculture - A biotechnology in progress*. N. De Pauw et al eds. European Aquaculture Society, Bredene, Belgium.
19. Koops H. & Kuhlmann H. (1980) Eel farming in the thermal effluents of a conventional power plant in the harbor of Embden. EIFAC (FAO) Symp. E4, 17p.
20. Kamstra A. (1989) Anguillicola in Dutch eel farms; current state. EIFAC (FAO) Working Party on eel, Porto 1989.
21. Buchmann K. & Bjerregaard J. (1990) Mebendazole treatment of pseudodactylogyrosis in an intensive eel-culture system. *Aquaculture* 86 (2/3), 139-154.

Bijlage 3. Schematisch overzicht van de recirculatiesystemen.

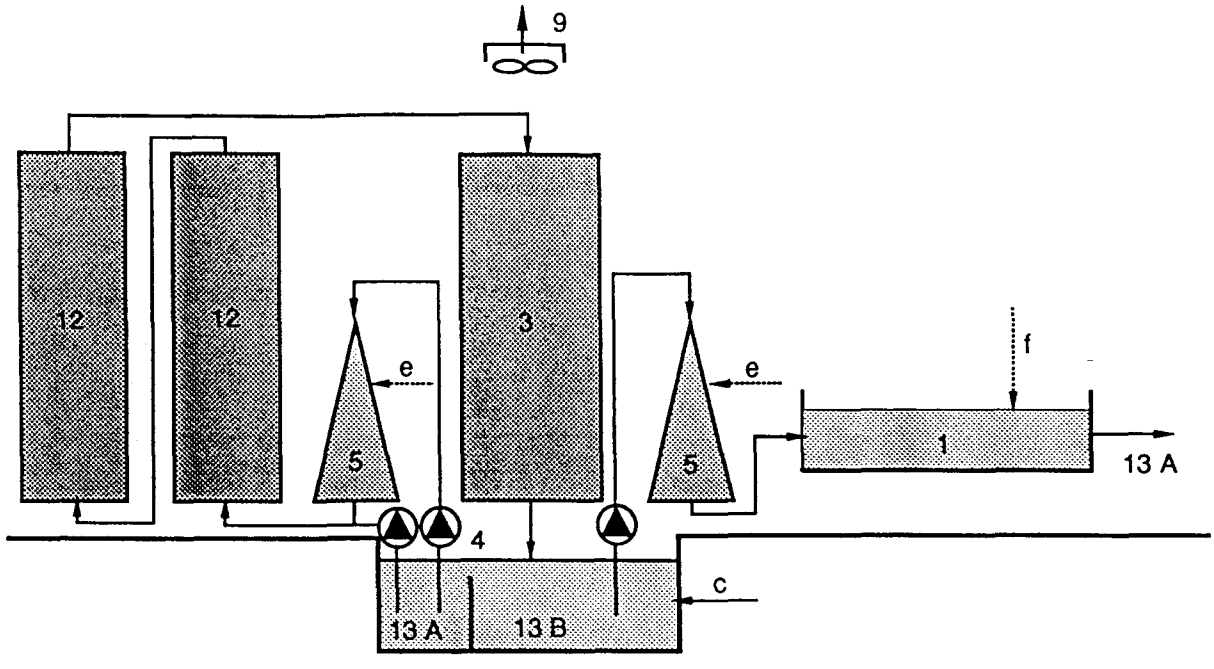
Bedrijf 1D



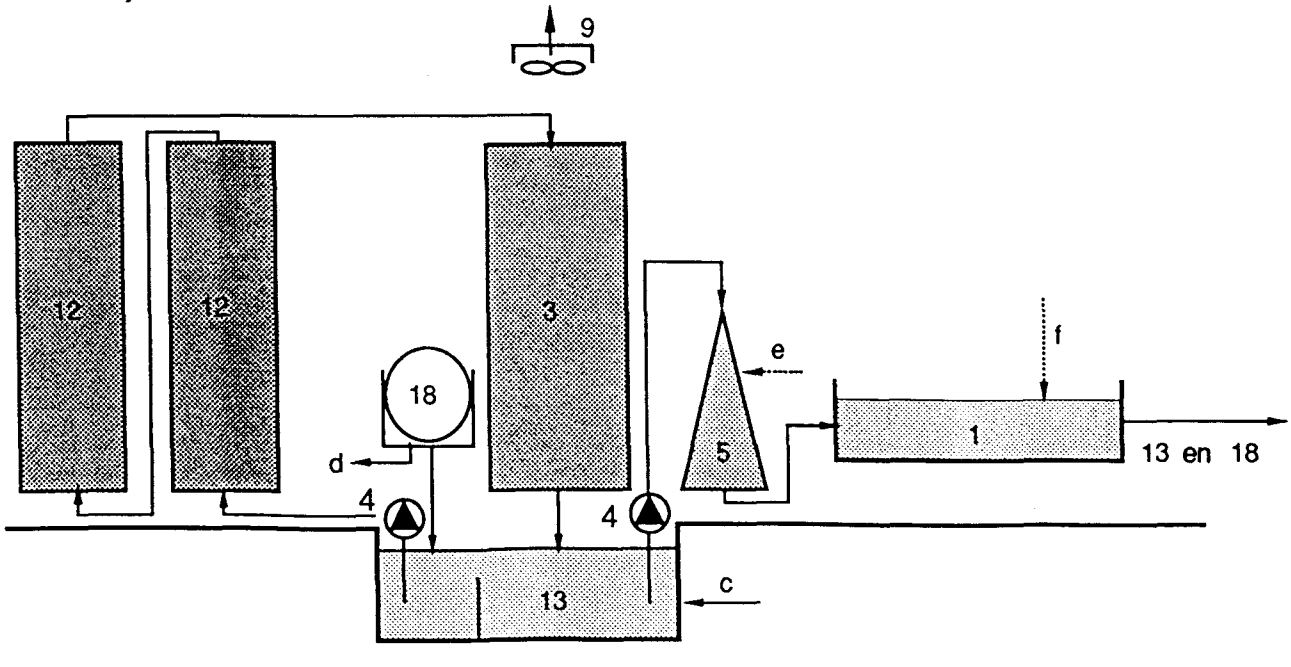
Bedrijf 2D



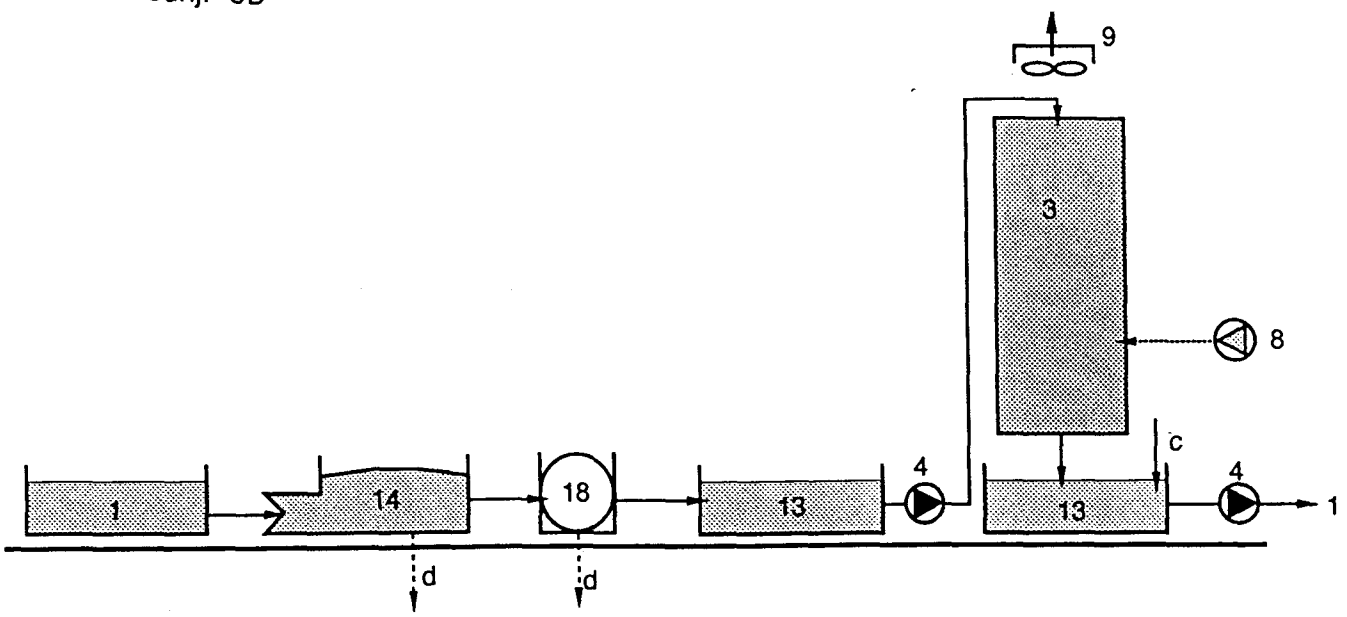
Bedrijf 3D



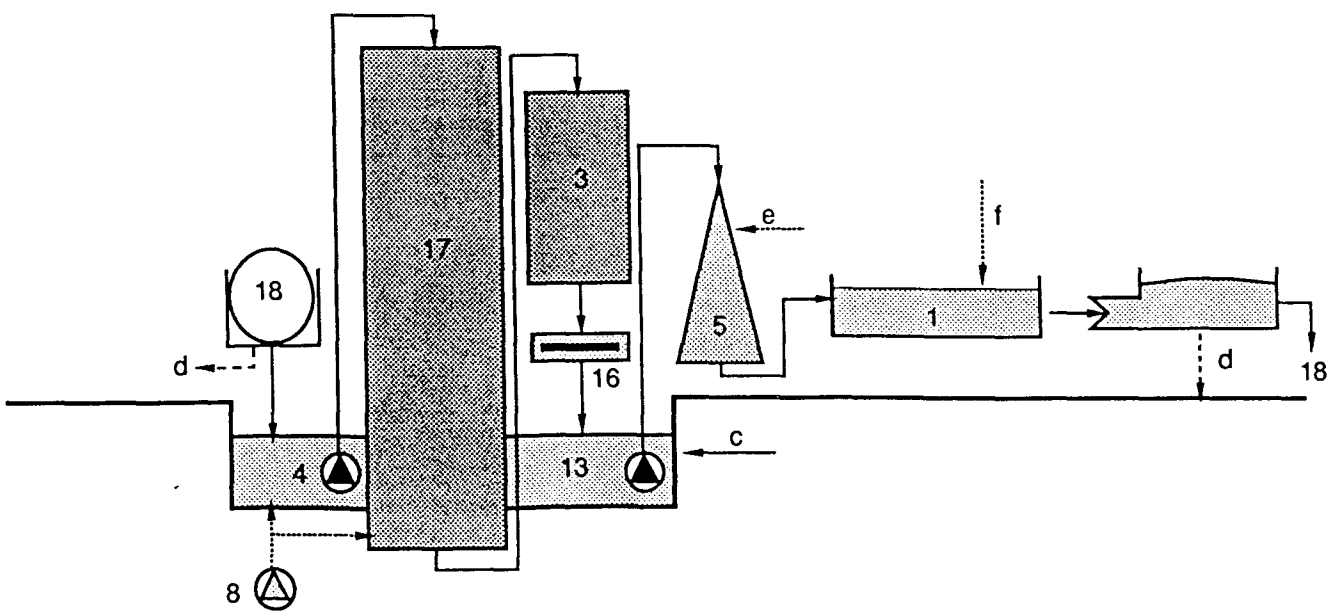
Bedrijf 4D



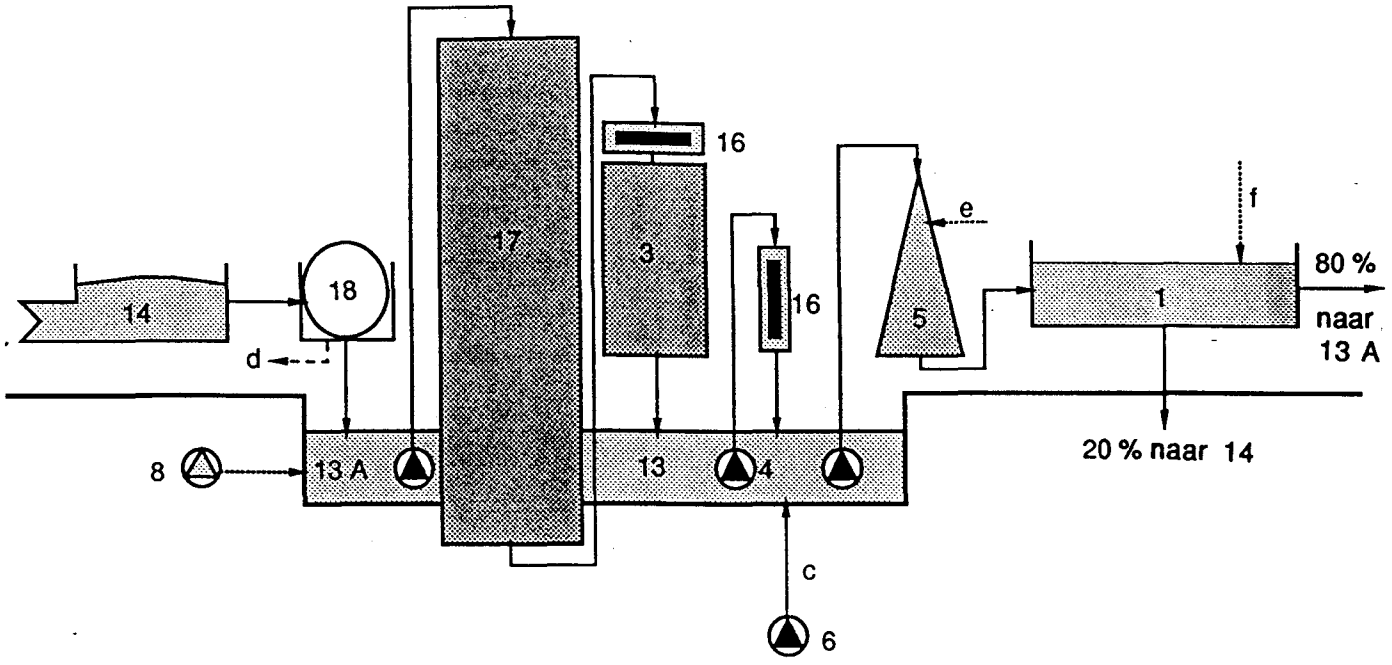
Bedrijf 5D



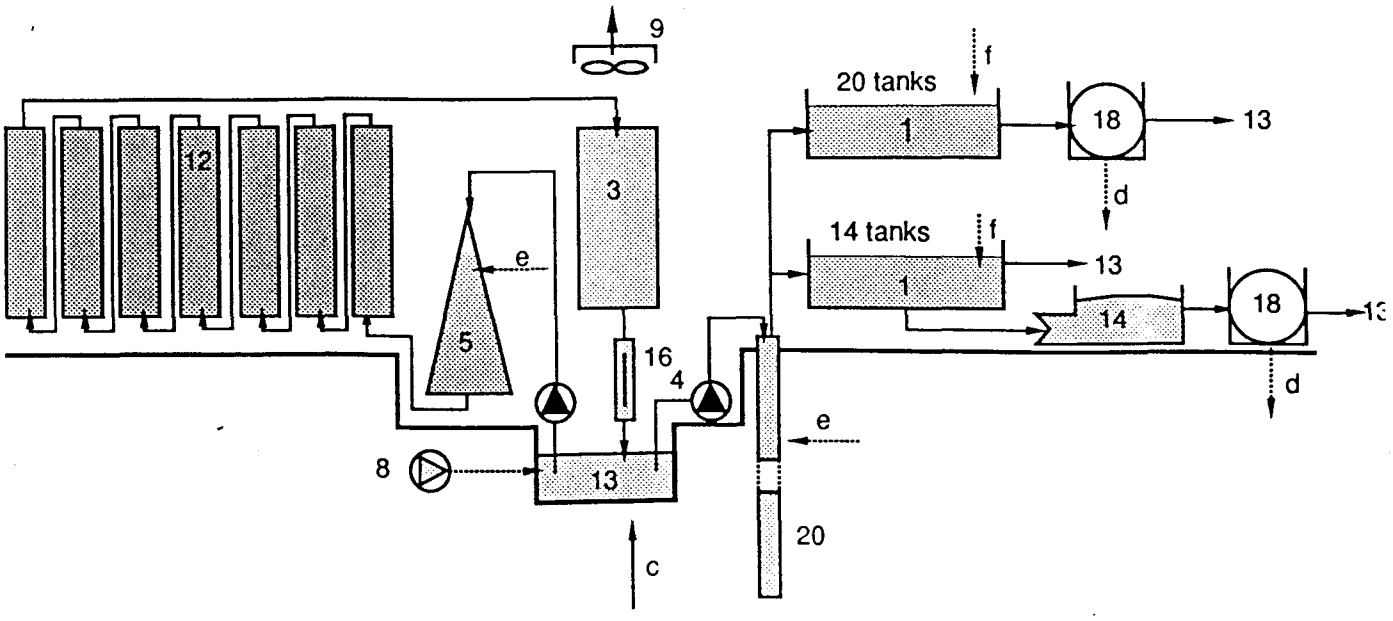
Bedrijf 6D



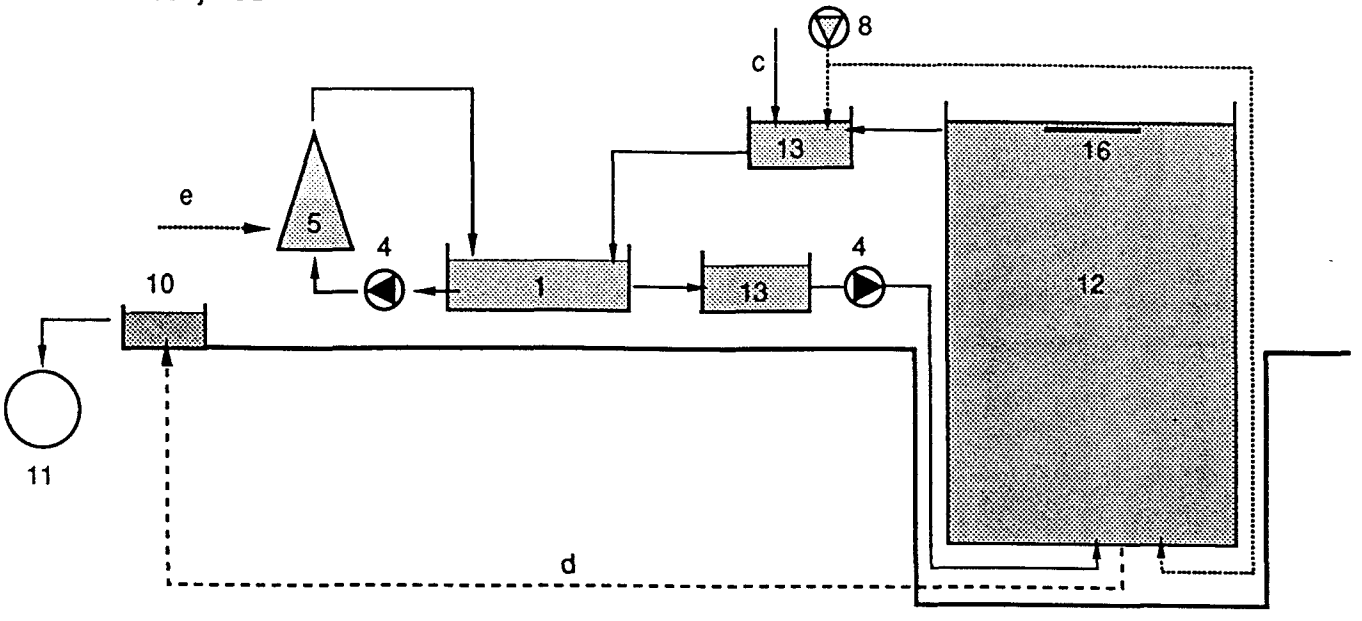
Bedrijf 7D



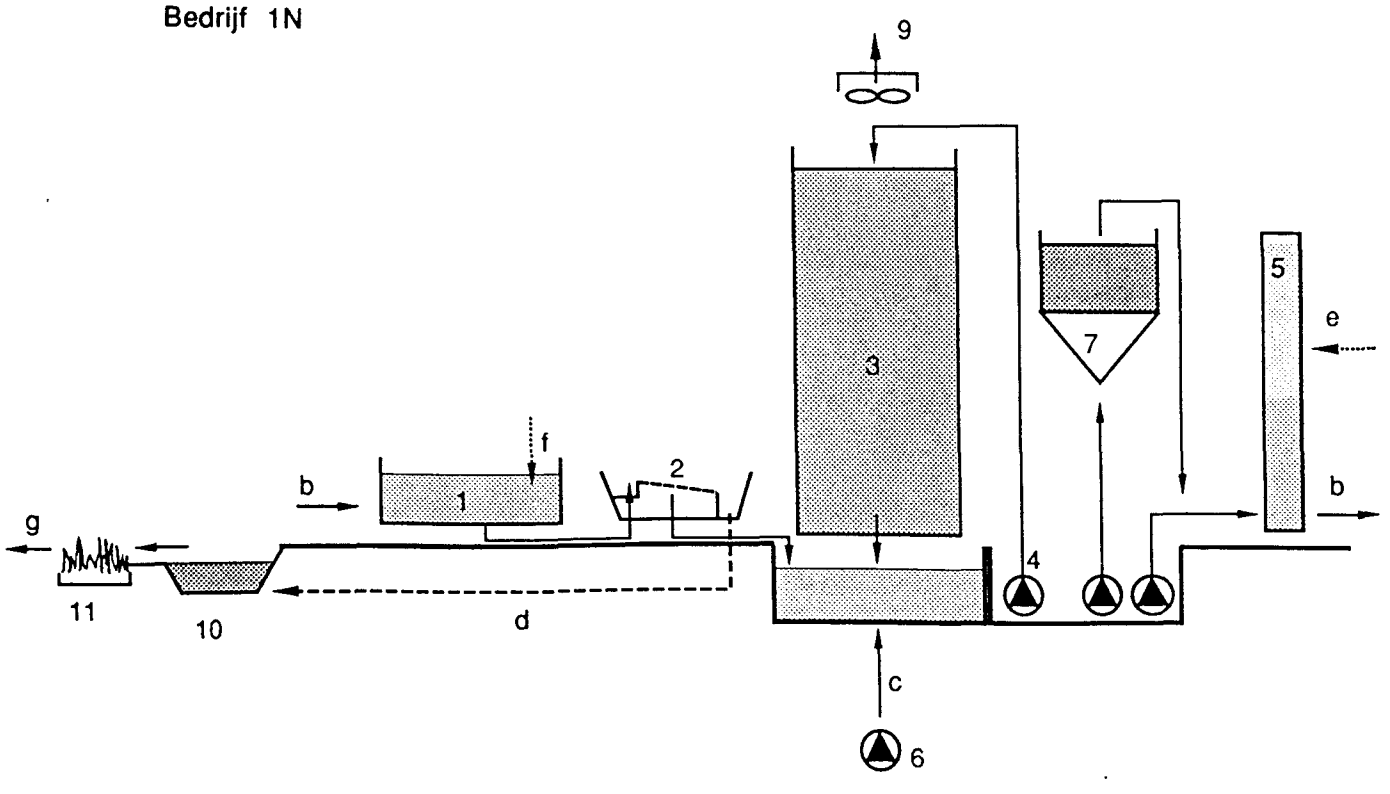
Bedrijf 8D



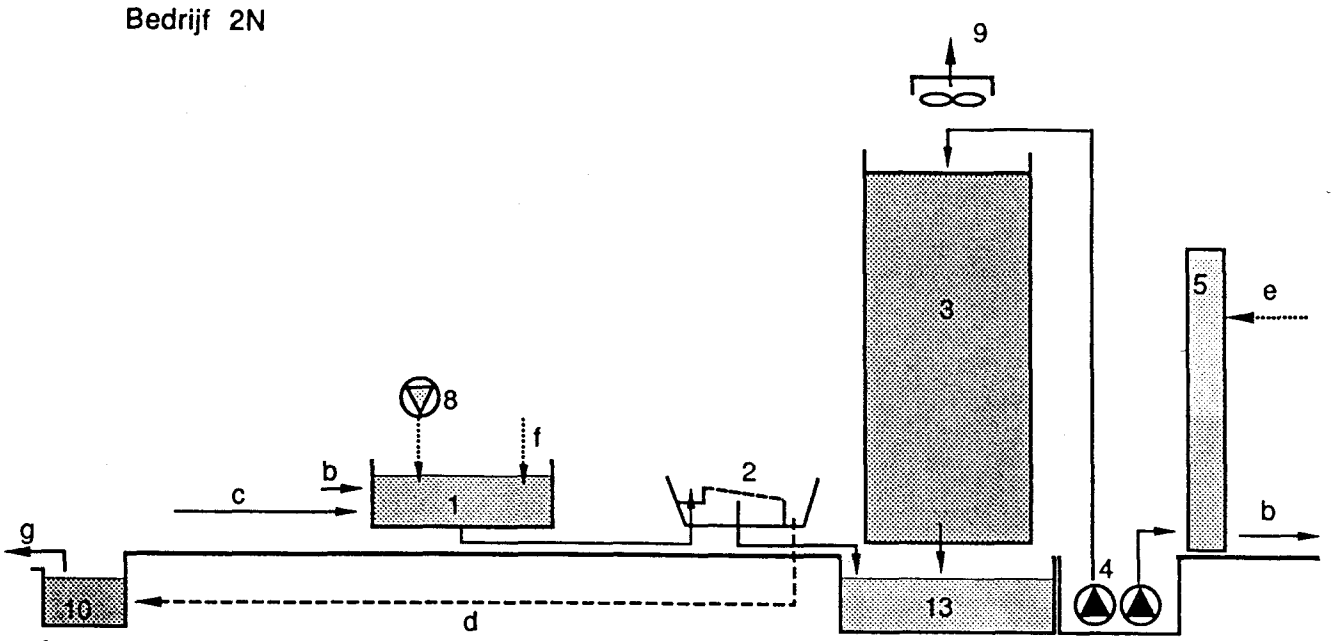
Bedrijf 9D



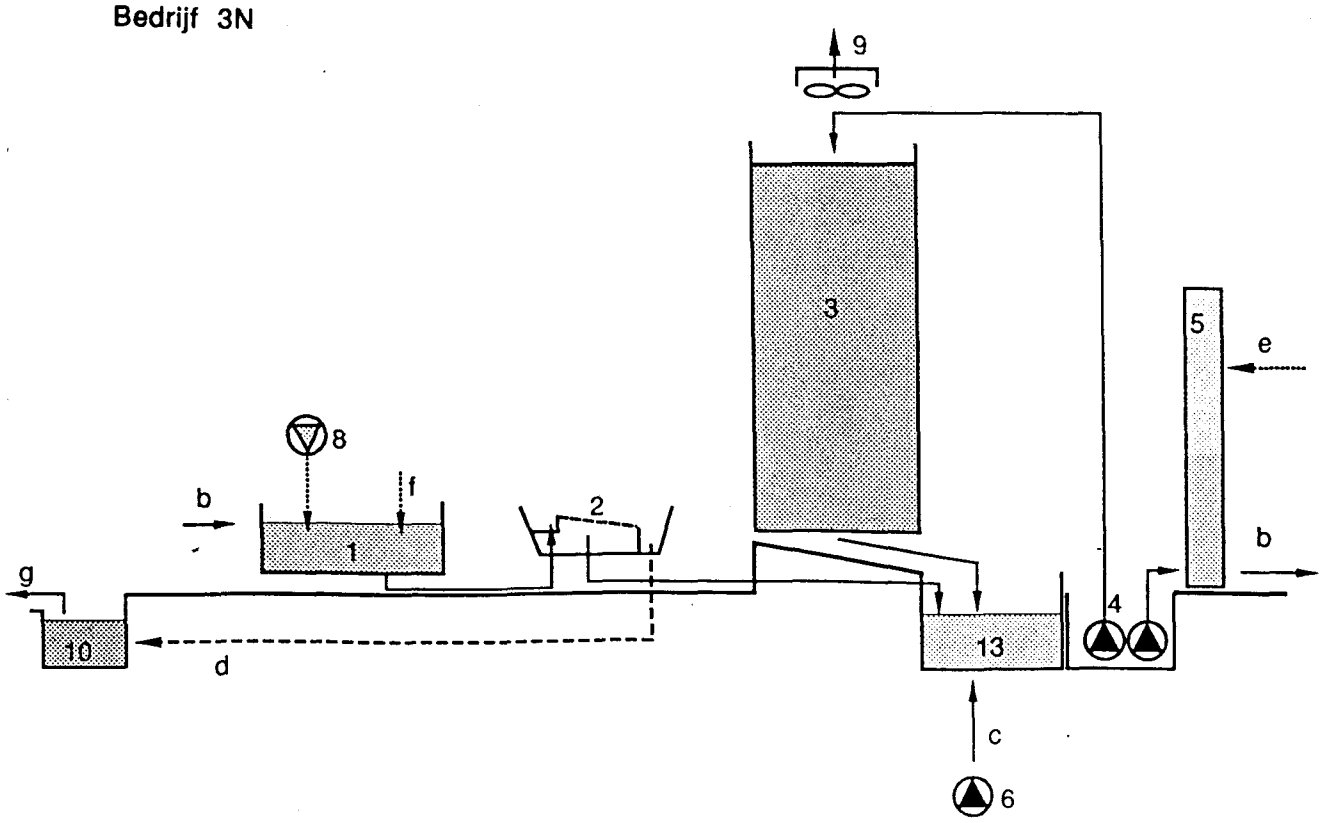
Bedrijf 1N



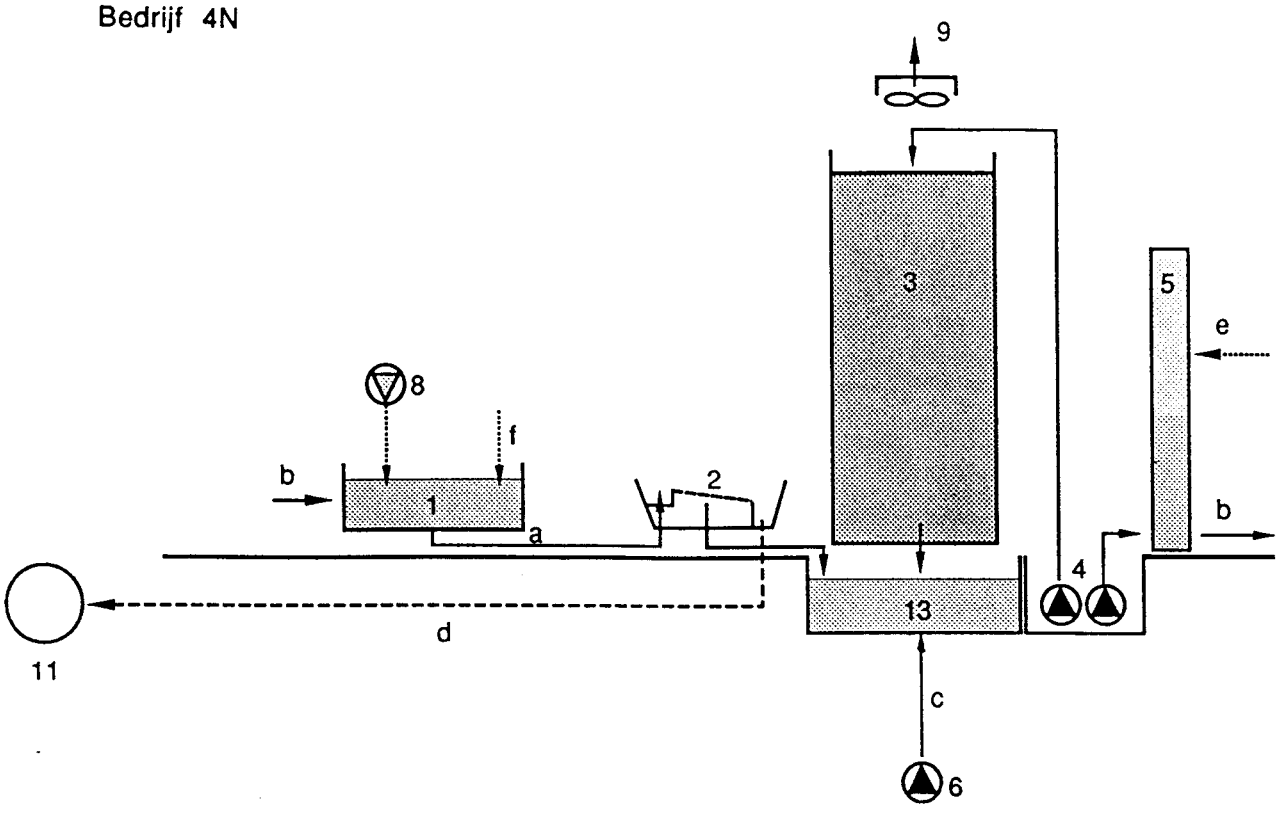
Bedrijf 2N



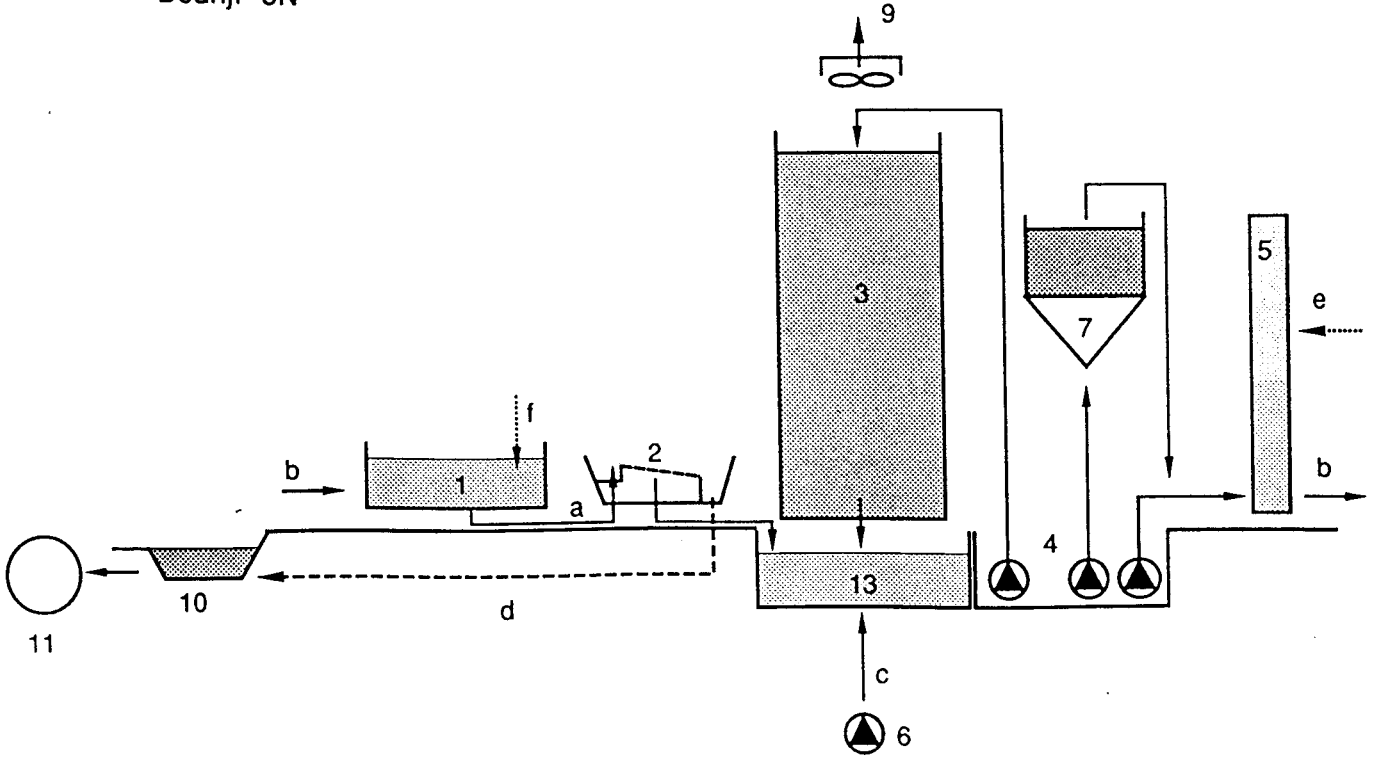
Bedrijf 3N



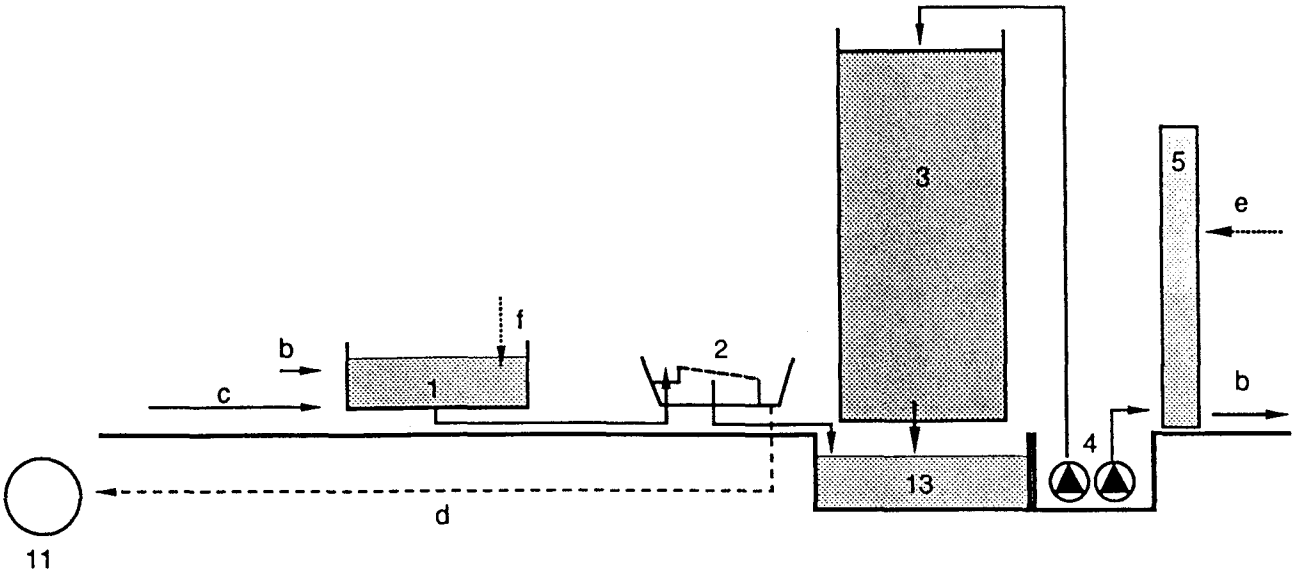
Bedrijf 4N



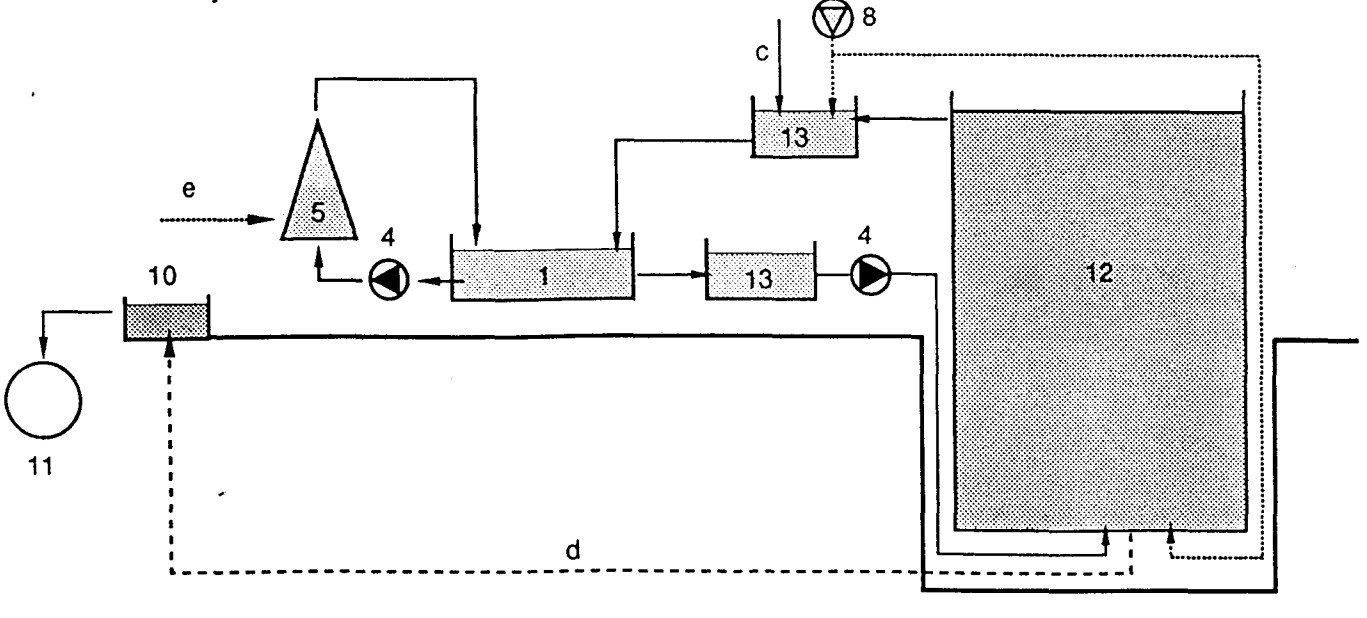
Bedrijf 5N



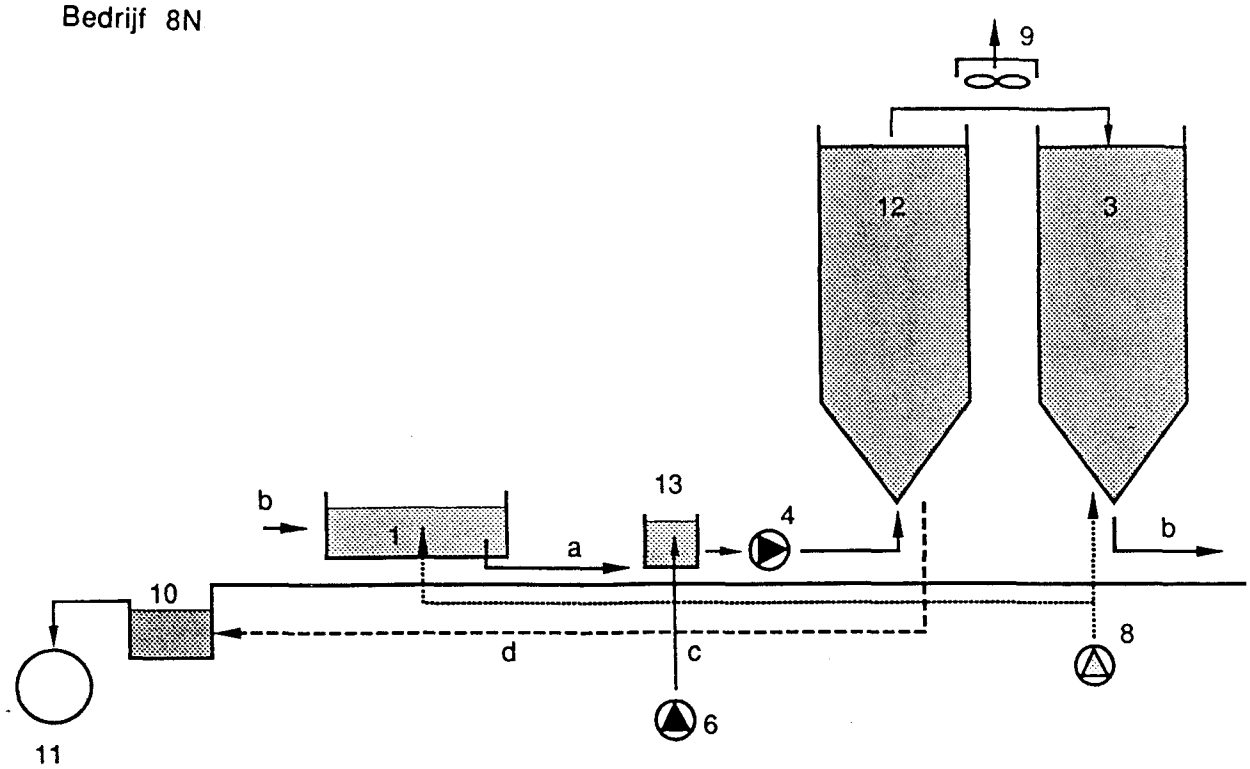
Bedrijf 6N



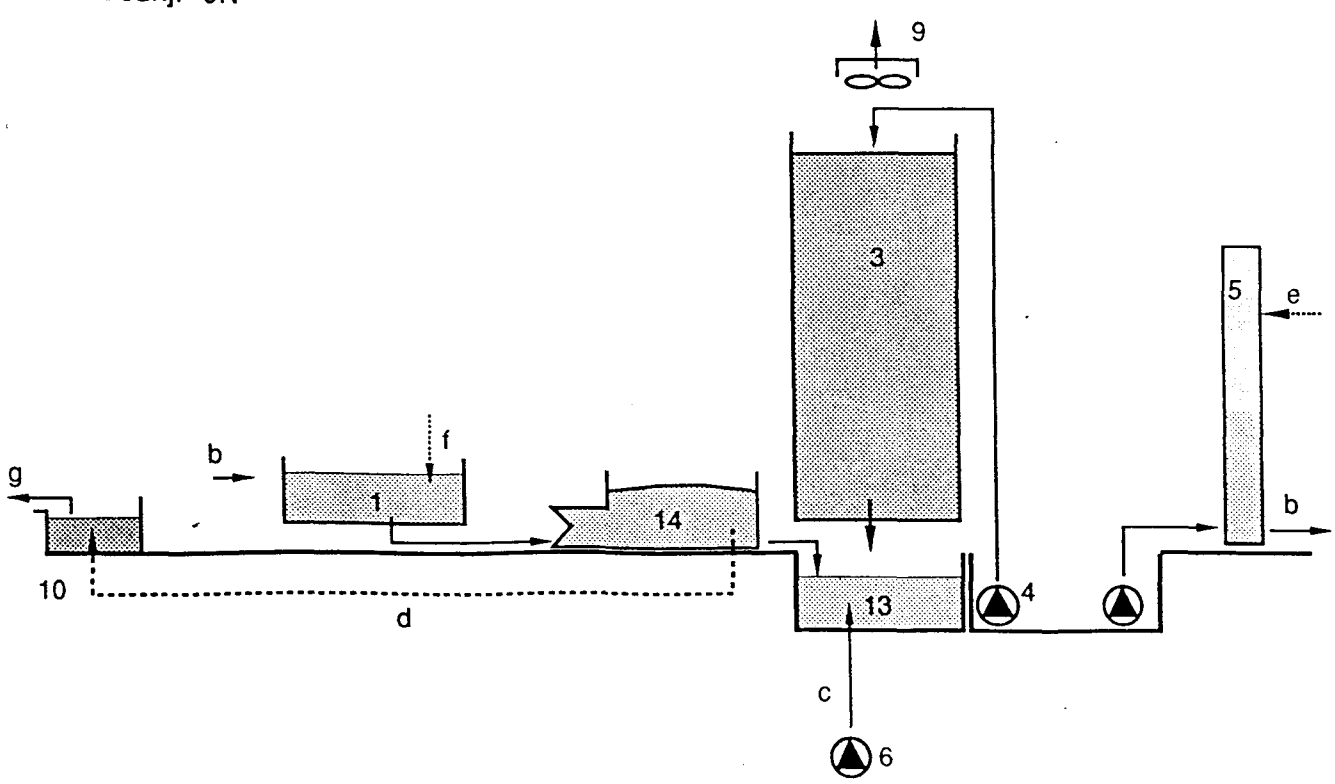
Bedrijf 7N



Bedrijf 8N



Bedrijf 9N



Legenda bij de schema's van de recirculatiesystemen.

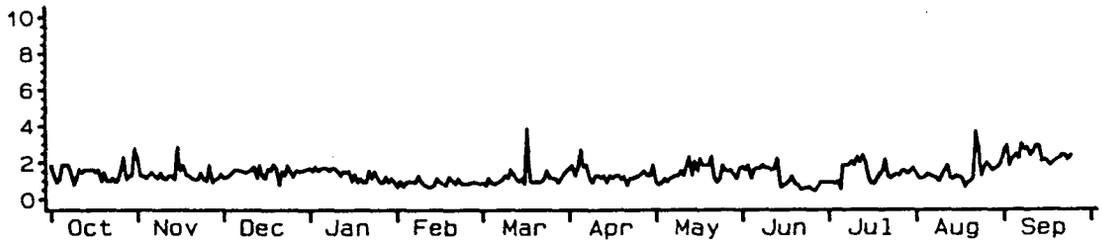
1	teeltbassins
2	Triangelfilter®
3	tricklingfilter
4	pompen
5	zuurstofreactor
6	bronpomp
7	upflowfilter gevuld met gravel
8	blower
9	ventilator
10	bezinkbassin c.q. vijver
11	riool of nabehandeling
12	upflowfilter gevuld met kunststof filtermateriaal
13	pompbak
14	hydrocycloon
15	zandfilter
16	ultra-violet filter
17	ondergedompeld downflowfilter
18	trommelfilter
19	watermolen
20	putbeluchting

a	afvoer van de teeltbassins
b	aanvoer van de teeltbassins
c	suppletiewater
d	slib
e	zuivere zuurstof
f	zuurstof voor noodgevallen
g	overstort van het systeem

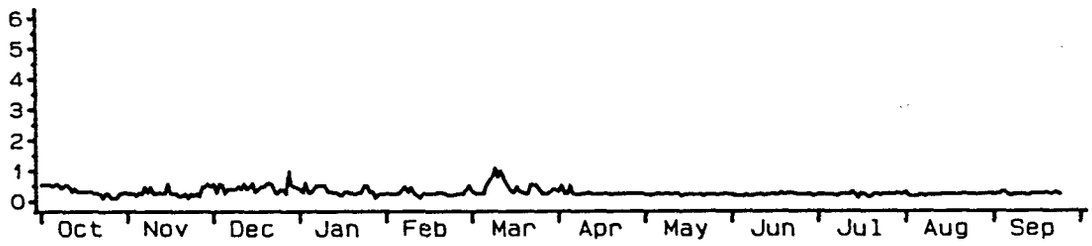
Bijlage 4. Overzicht van de dagelijkse waterkwaliteit.

Bedrijf 1D

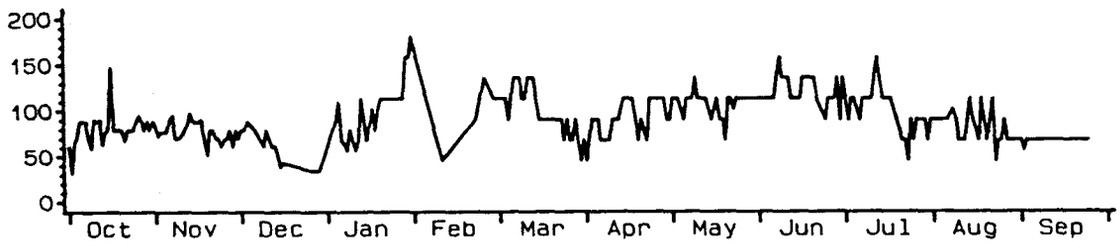
NH_4-N (g/m^3)



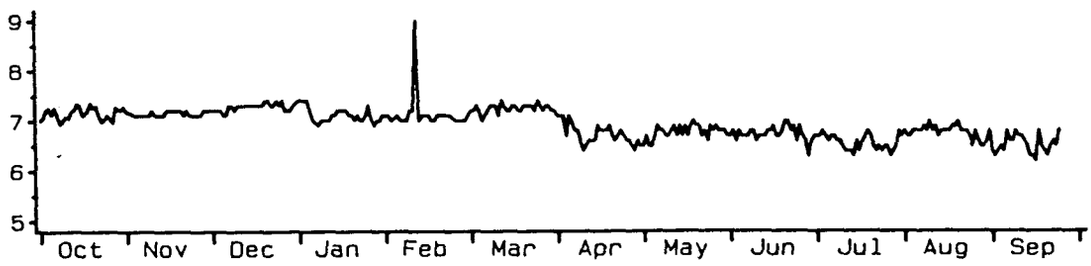
NO_2-N (g/m^3)



NO_3-N (g/m^3)

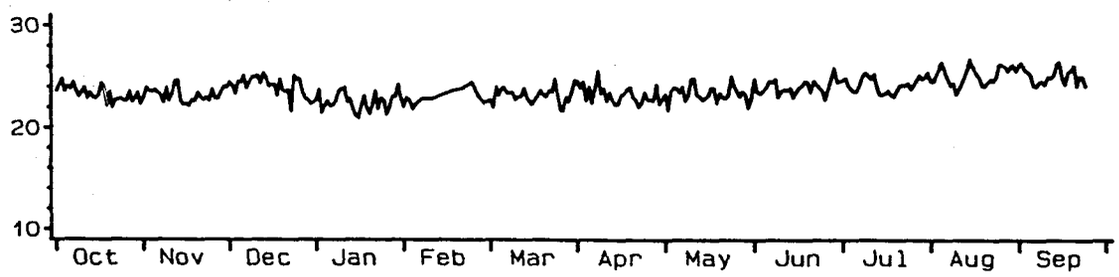


pH

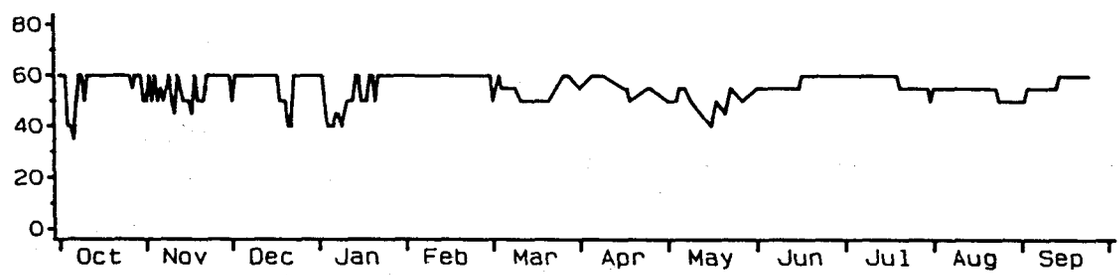


Bedrijf 1D

Temperatuur (^0C)

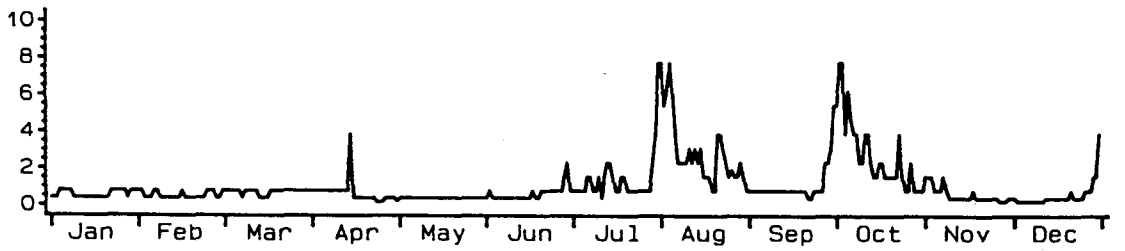


Zichtdiepte (cm)

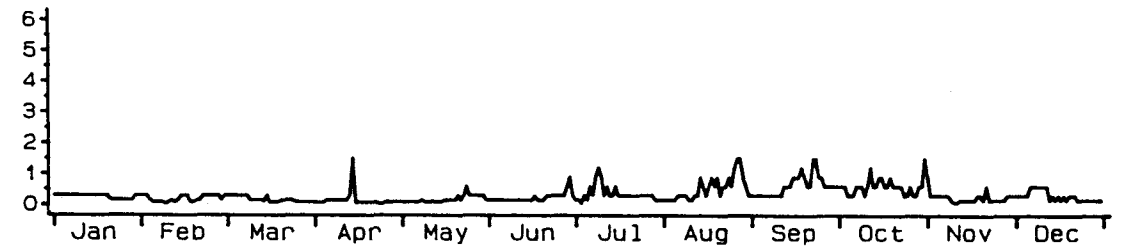


Bedrijf 3D

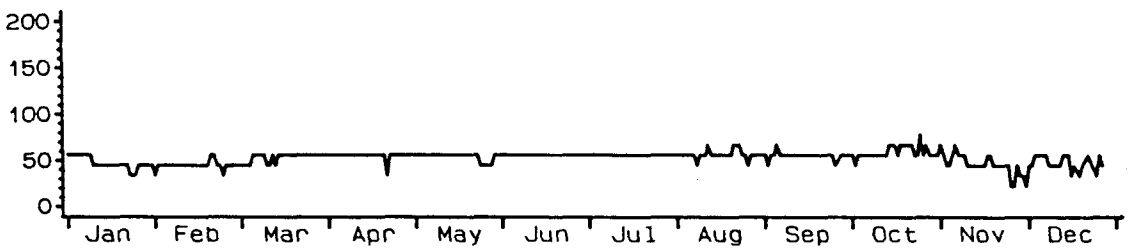
NH_4-N (g/m^3)



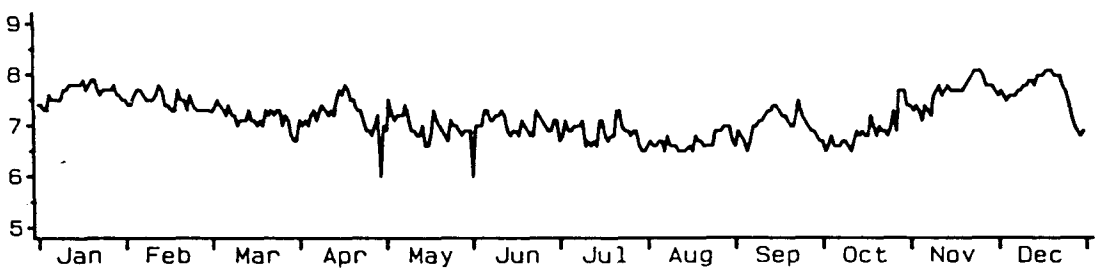
NO_2-N (g/m^3)



NO_3-N (g/m^3)

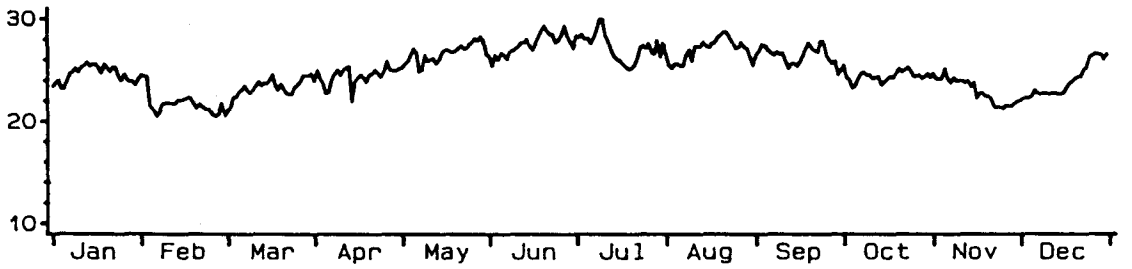


pH

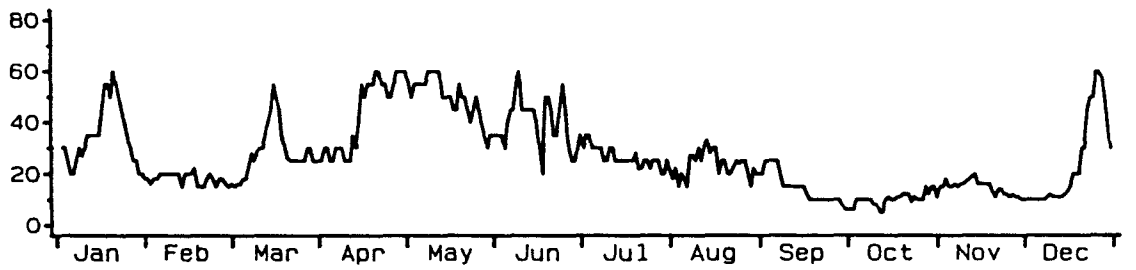


Bedrijf 3D

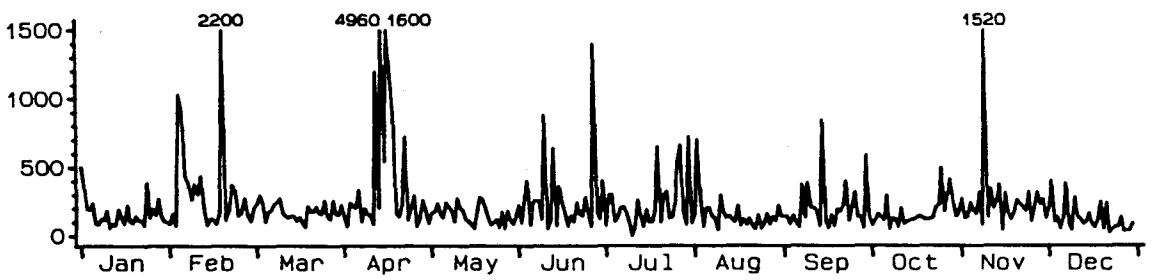
Temperatuur (^0C)



Zichtdiepte (cm)

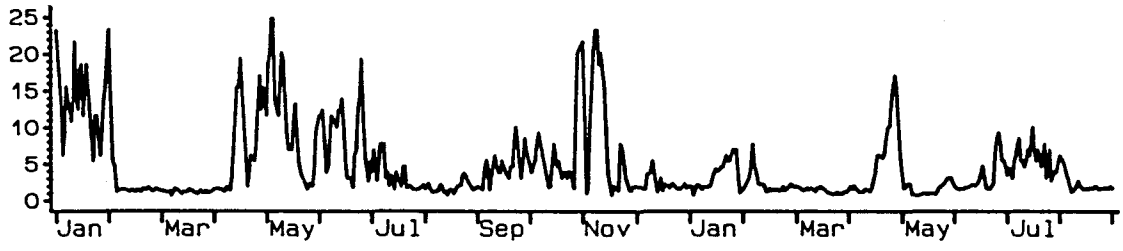


Waterverversing (l/kg voer)

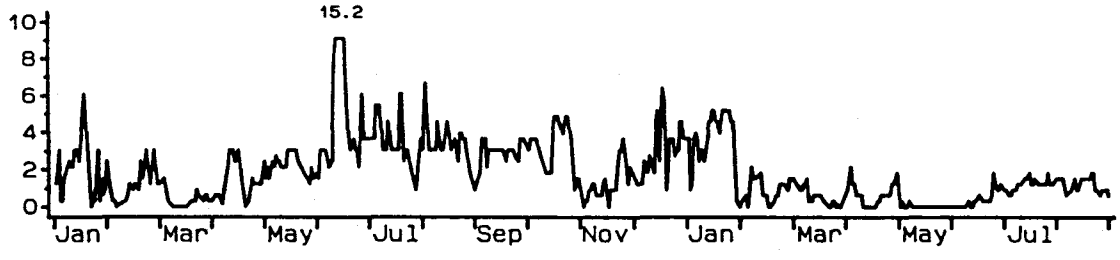


Bedrijf 6D

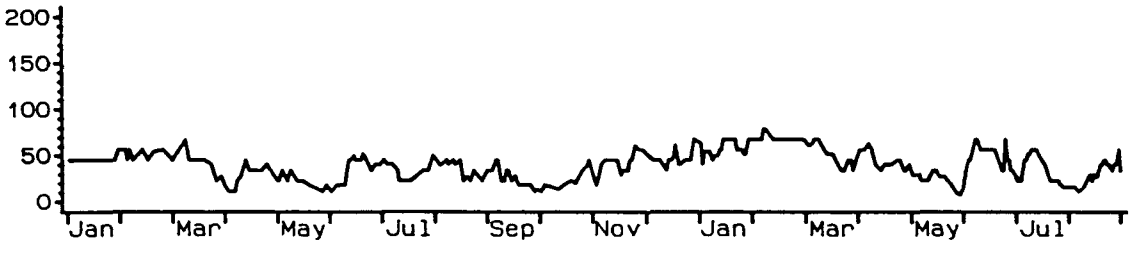
NH_4-N (g/m^3)



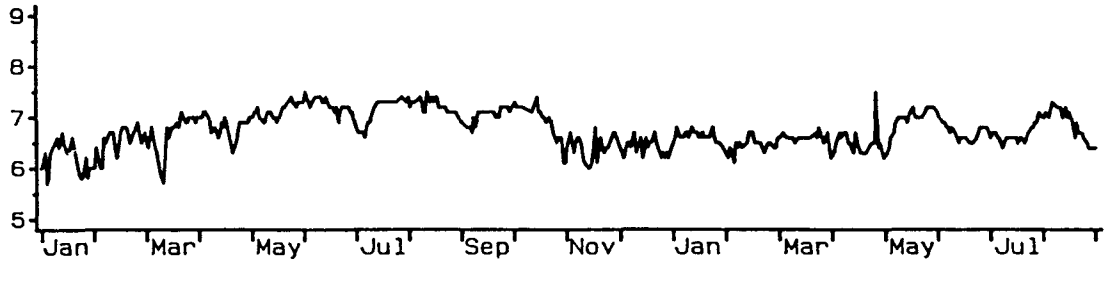
NO_2-N (g/m^3)



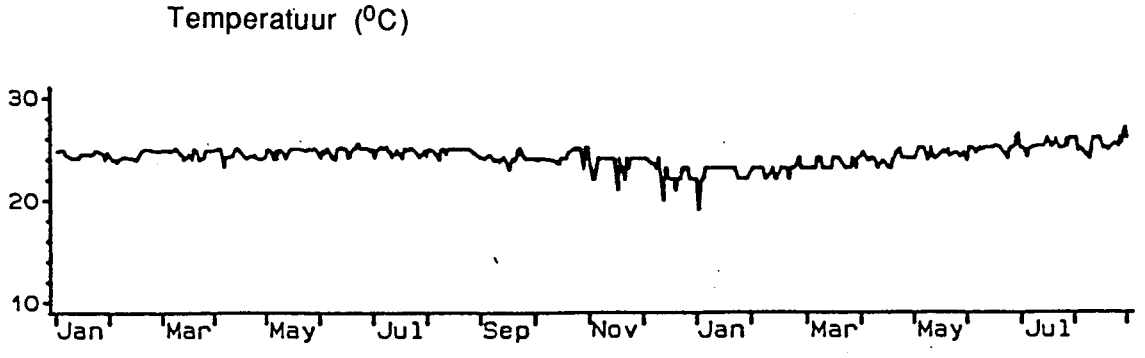
NO_3-N (g/m^3)



pH

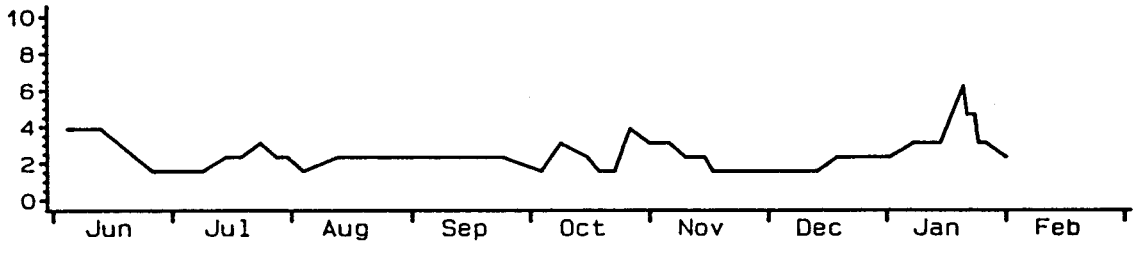


Bedrijf 6D

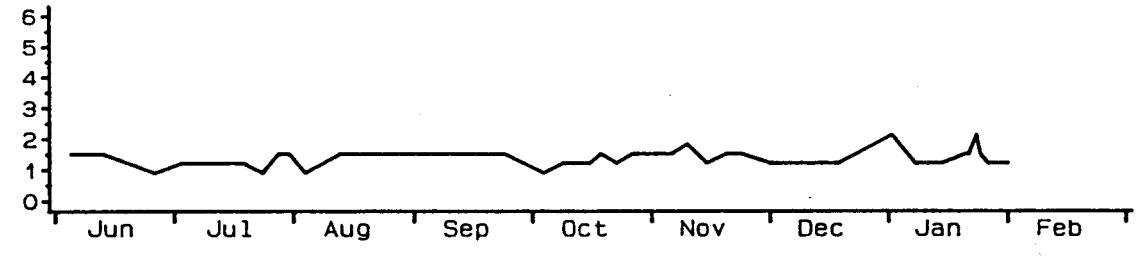


Bedrijf 8D

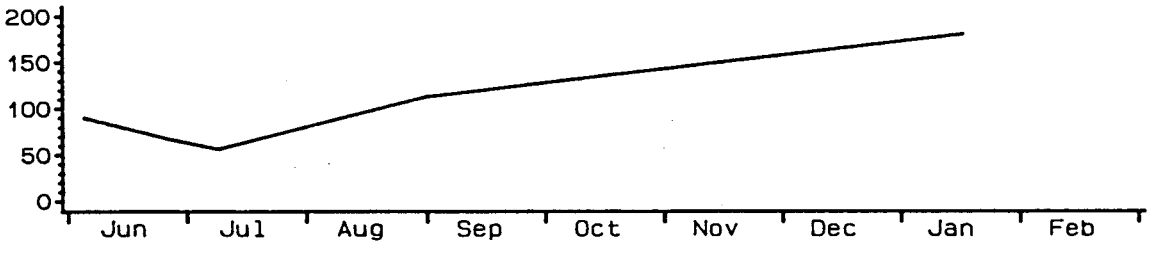
NH_4-N (g/m^3)



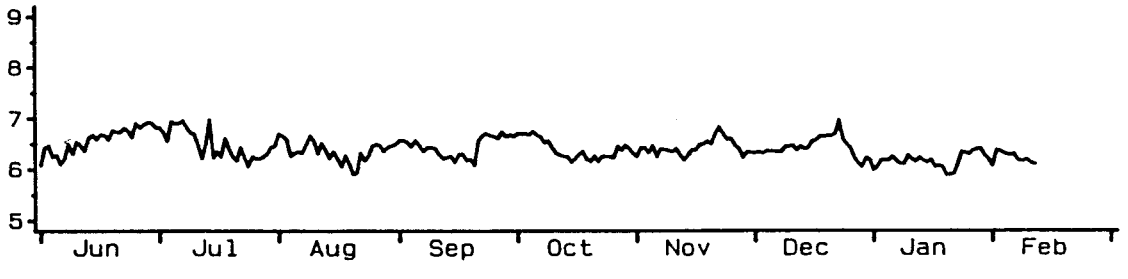
NO_2-N (g/m^3)



NO_3-N (g/m^3)

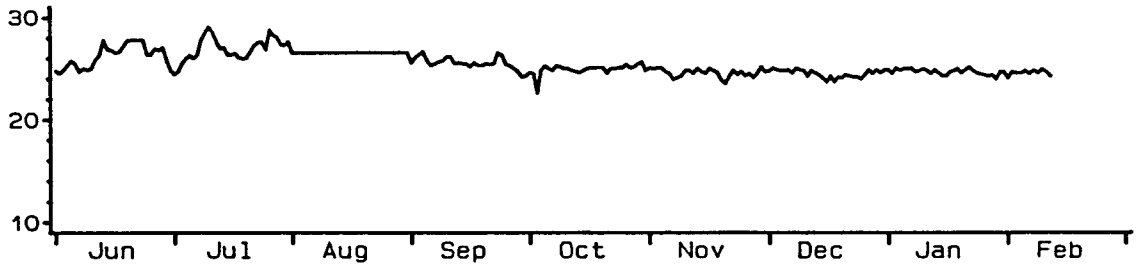


pH

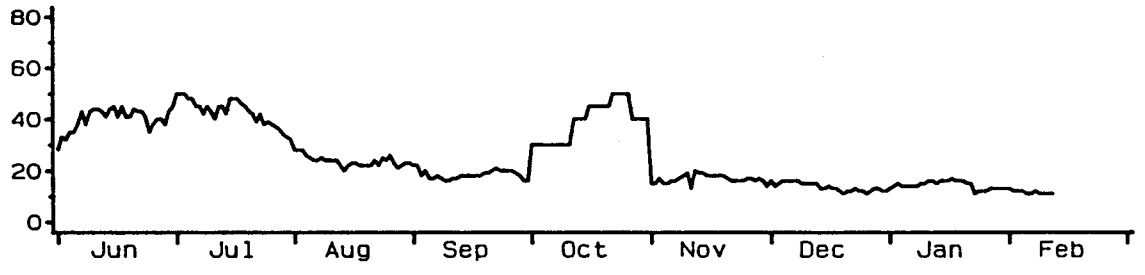


Bedrijf 8D

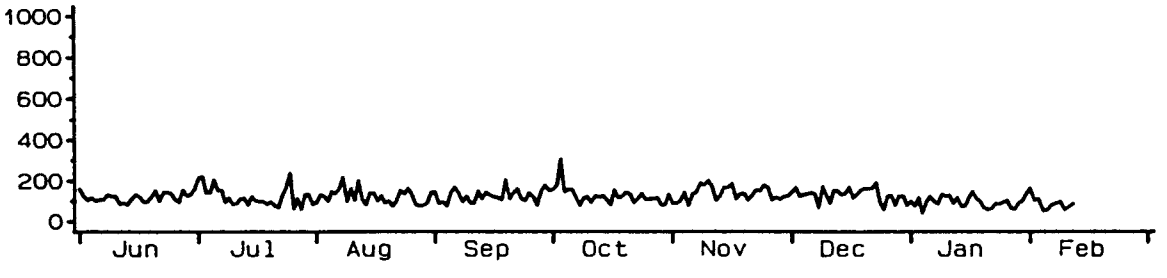
Temperatuur (^0C)



Zichtdiepte (cm)

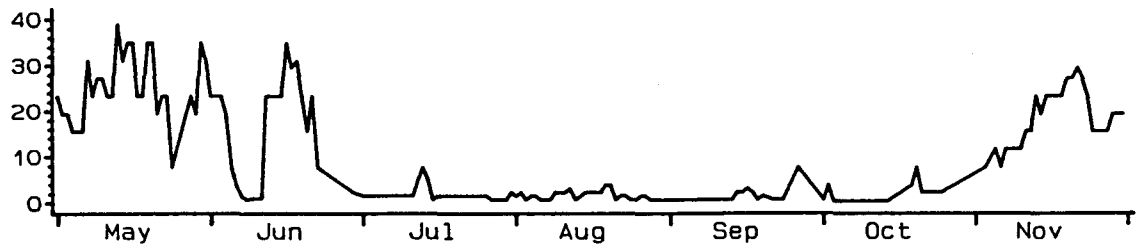


Waterverversing (l/kg voer)

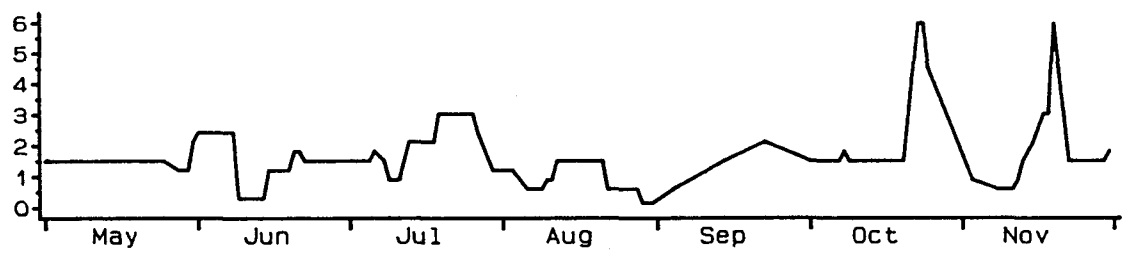


Bedrijf 9D

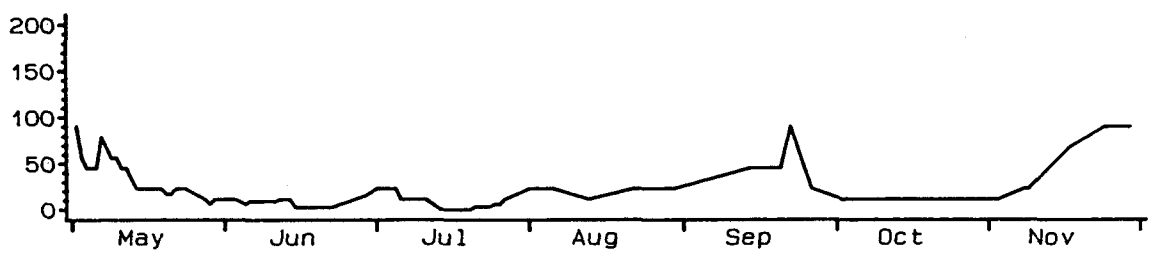
NH_4-N (g/m^3)



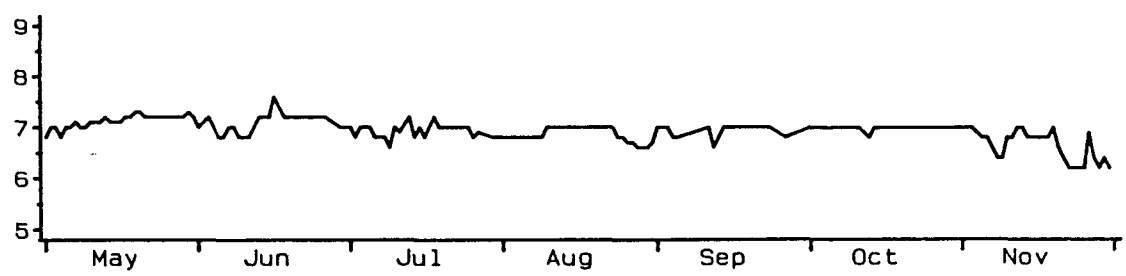
NO_2-N (g/m^3)



NO_3-N (g/m^3)

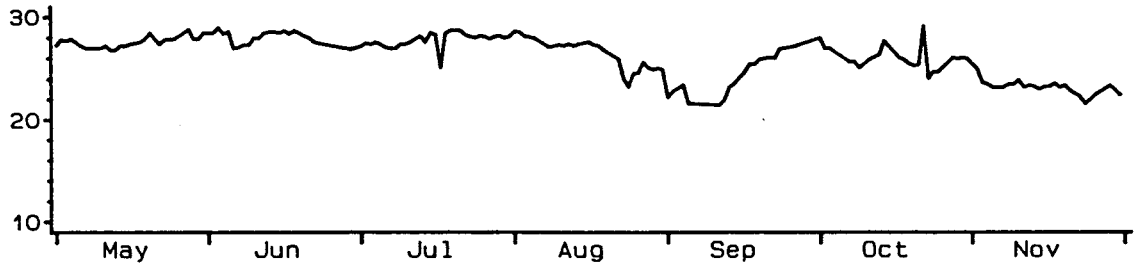


pH

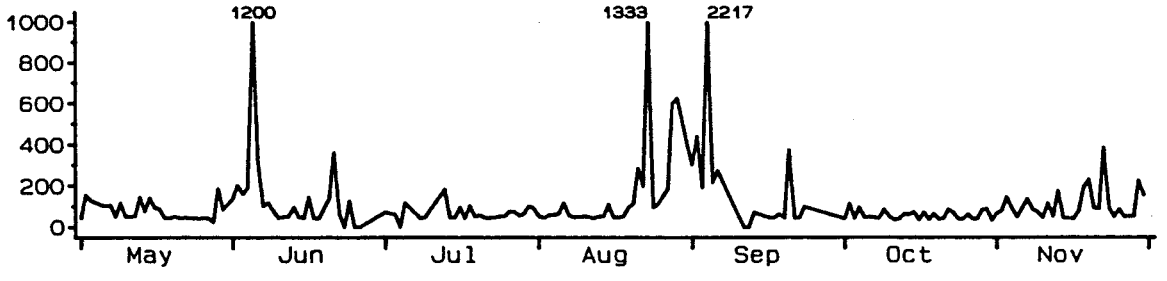


Bedrijf 9D

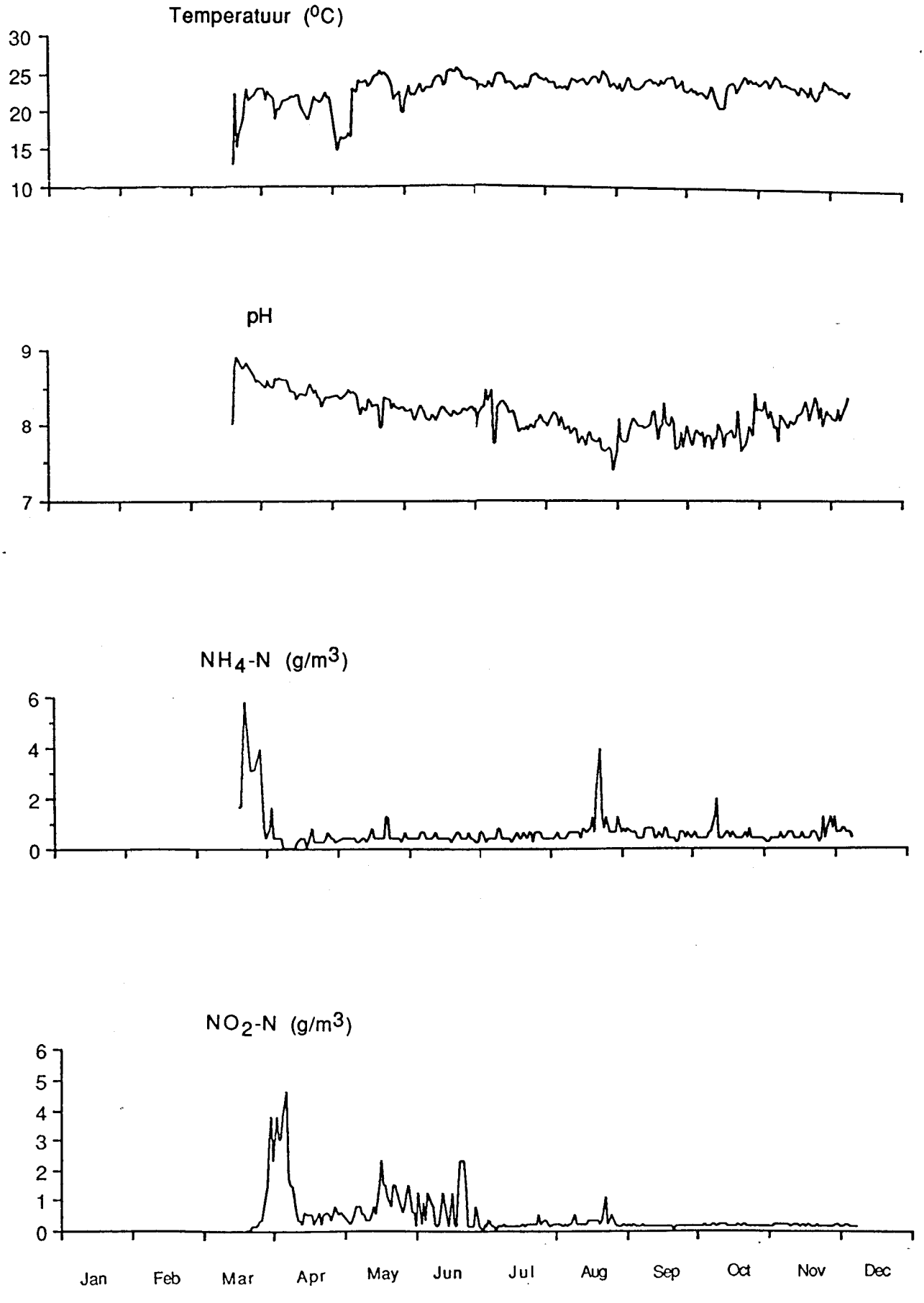
Temperatuur (^0C)



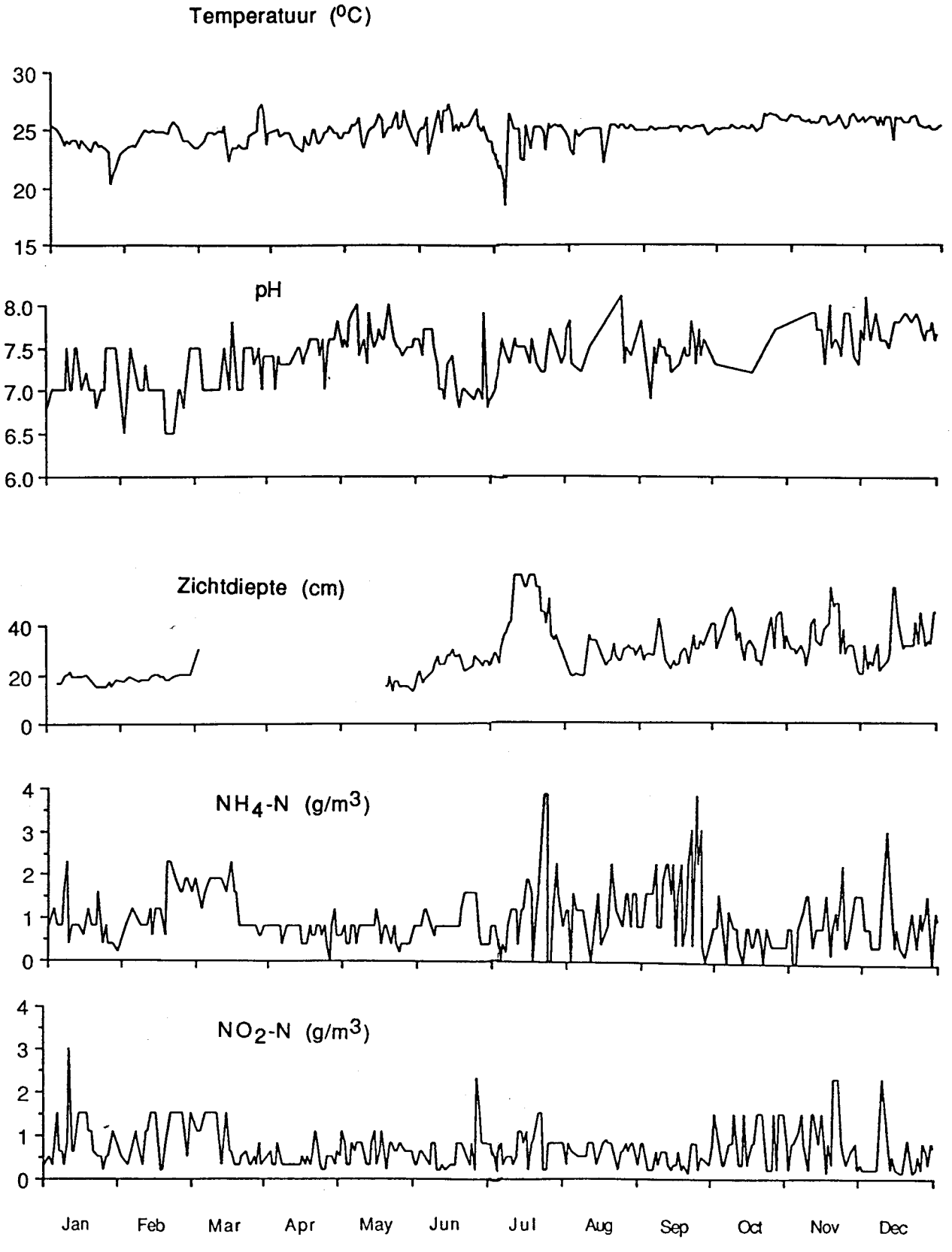
Waterverversing (l/kg voer)



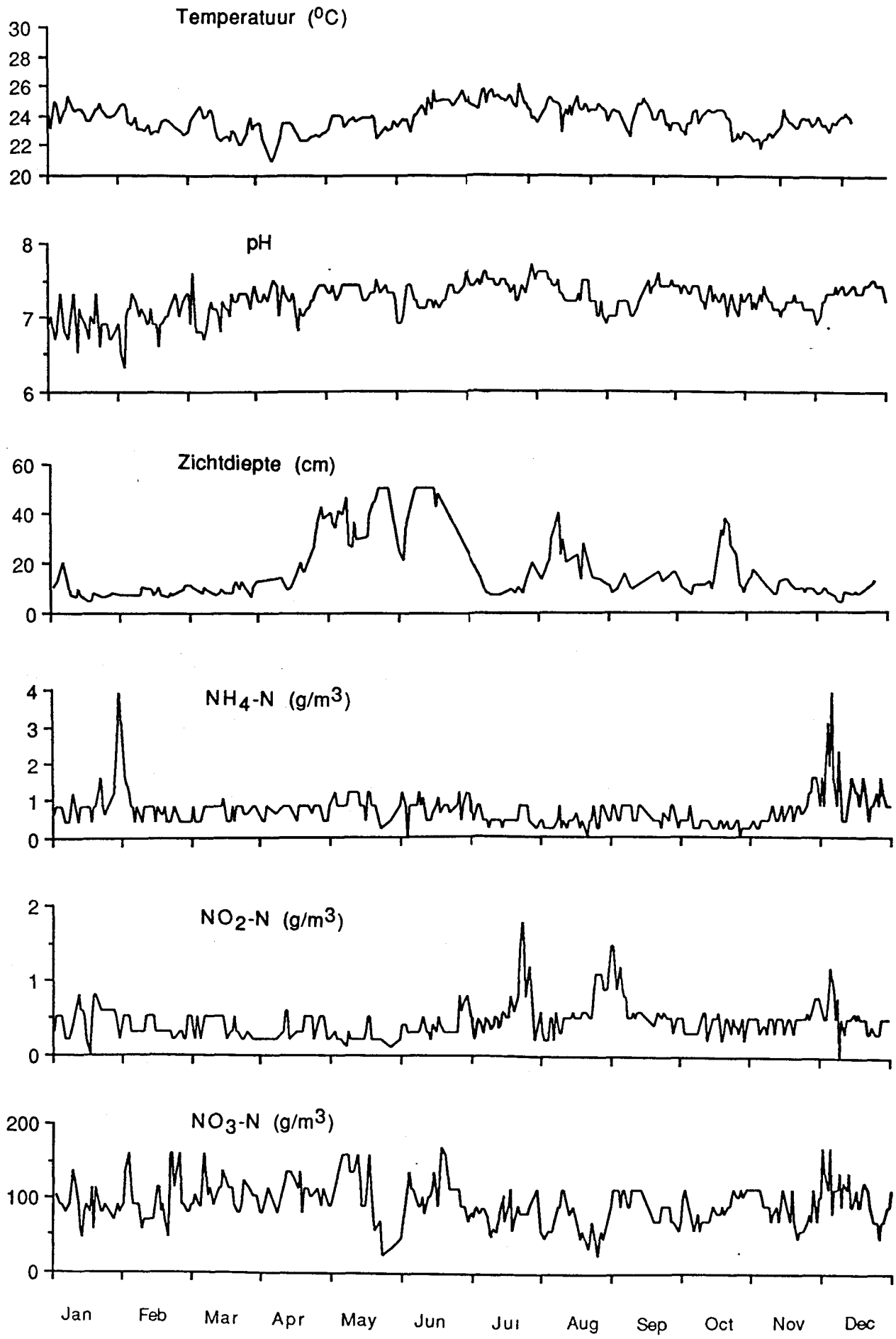
Bedrijf 1N - systeem A



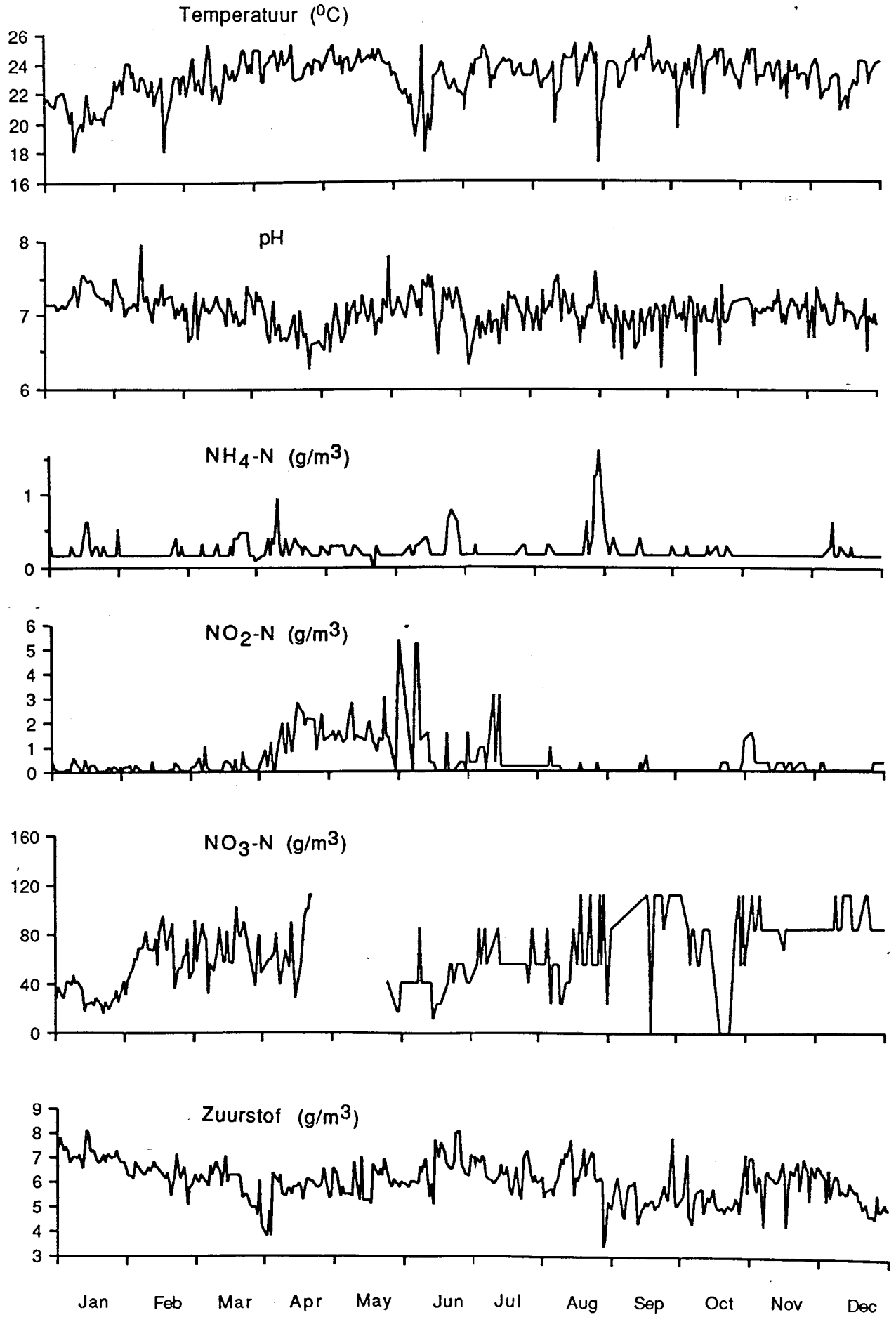
Bedrijf 1N - systeem B



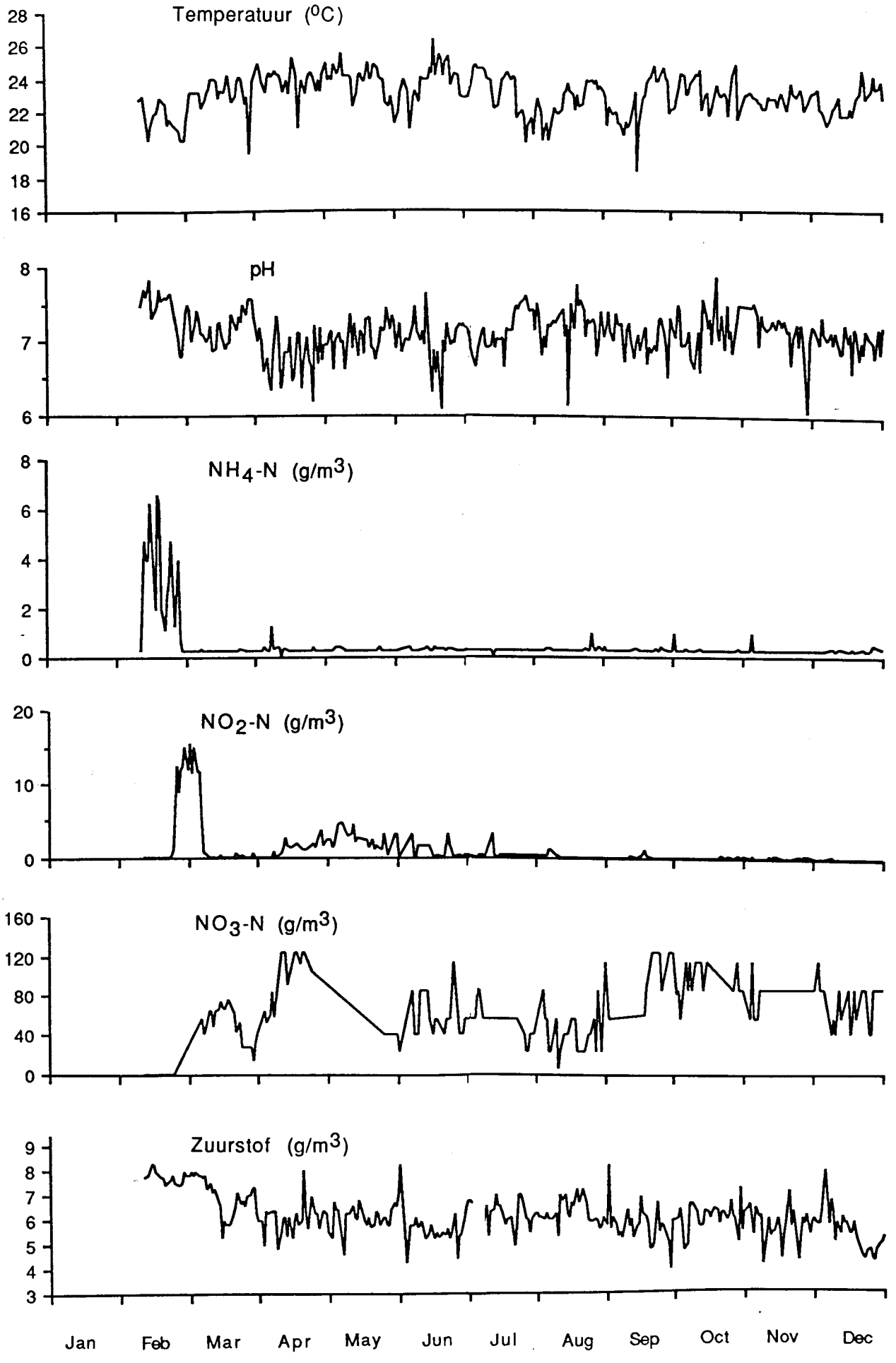
Bedrijf 2N


Temperatuur (°C)
30
28
26
24
22
20
pH
8
7
6
Zichtdiepte (cm)
60
40
20
0
NH4-N (g/m3)
4
3
2
1
0
NO2-N (g/m3)
2
1
0
NO3-N (g/m3)
200
100
0
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec

Bedrijf 8N - systeem A



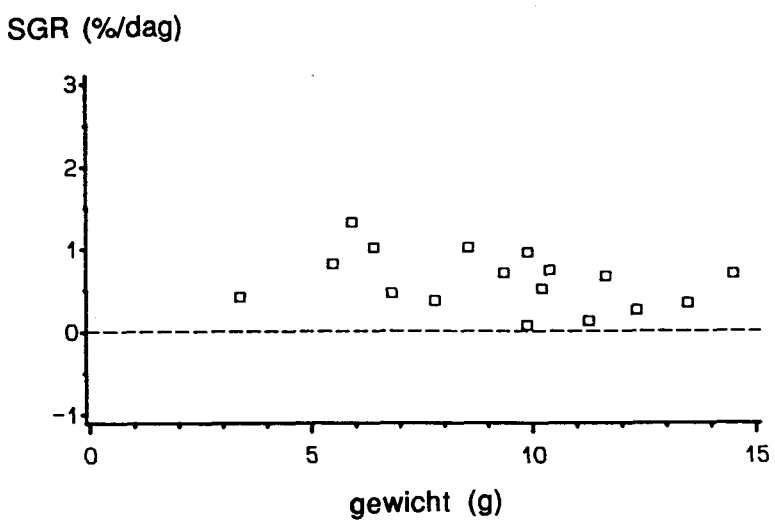
Bedrijf 8N - systeem B



Bijlage 5 A. Groei (I) en voederconversie (II) van pootvissystemen.

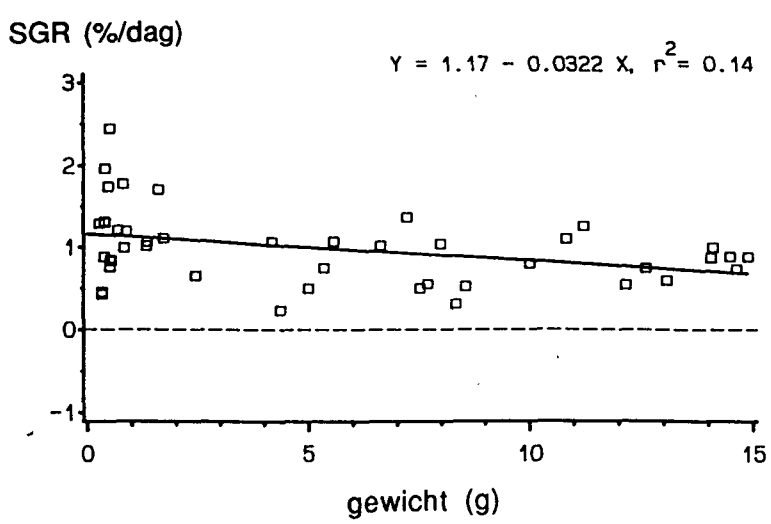
Bedrijf 1D

I)



Bedrijf 2D

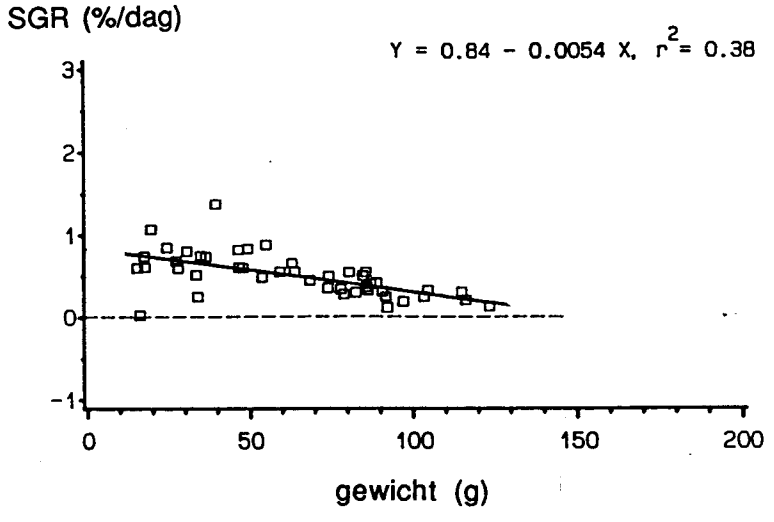
I)



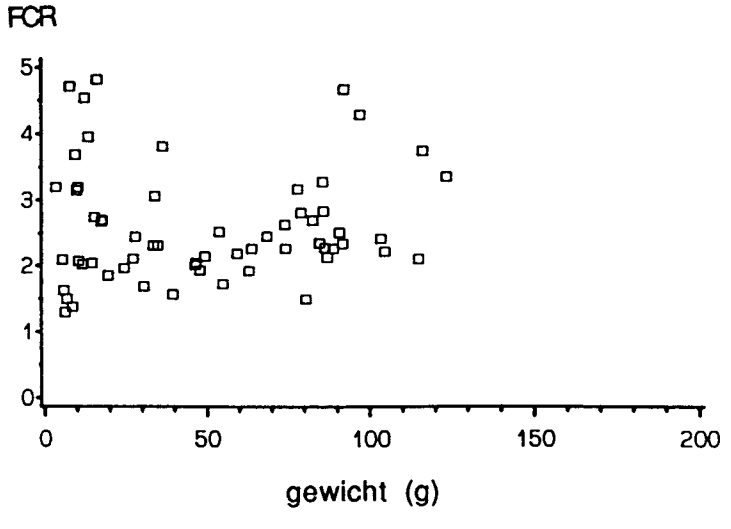
Bijlage 5 B. Groei (I) en voederconversie (II) in afmestsystemen.

Bedrijf 1D

I)

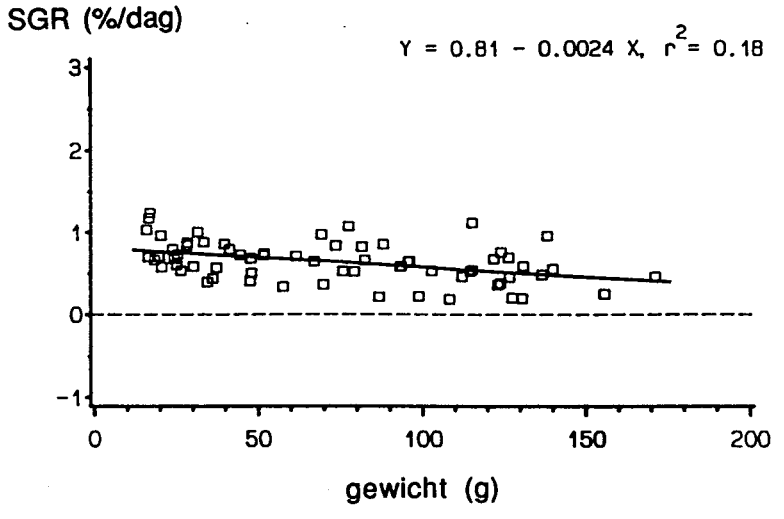


II)

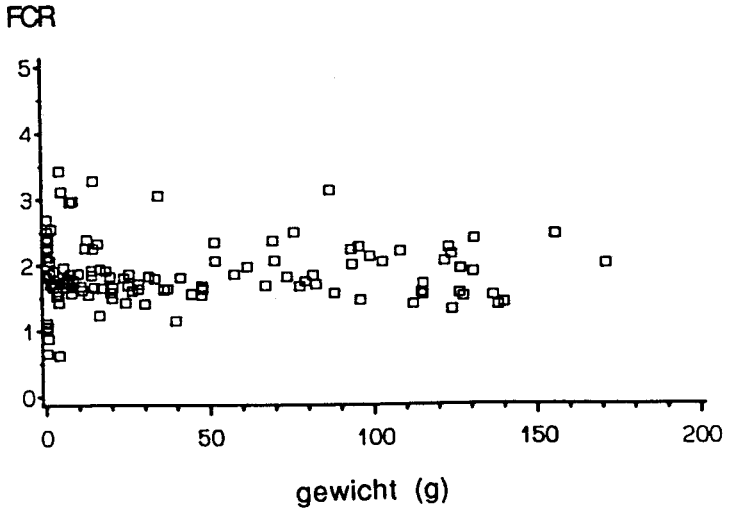


Bedrijf 2D

I)

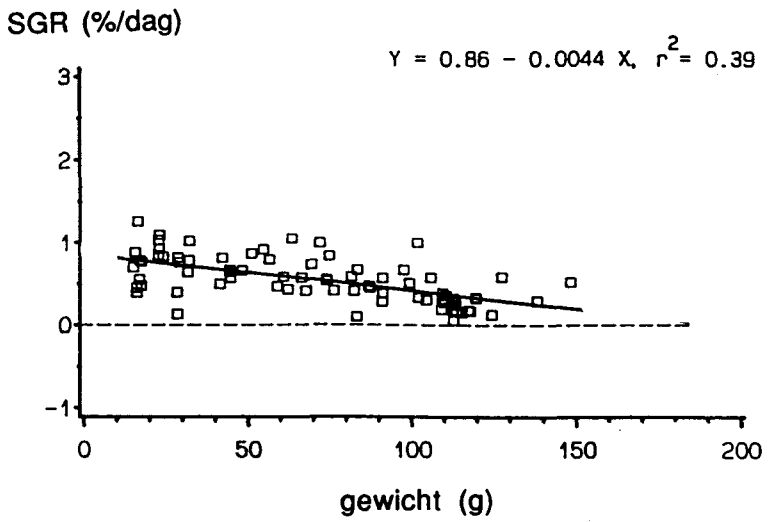


II)

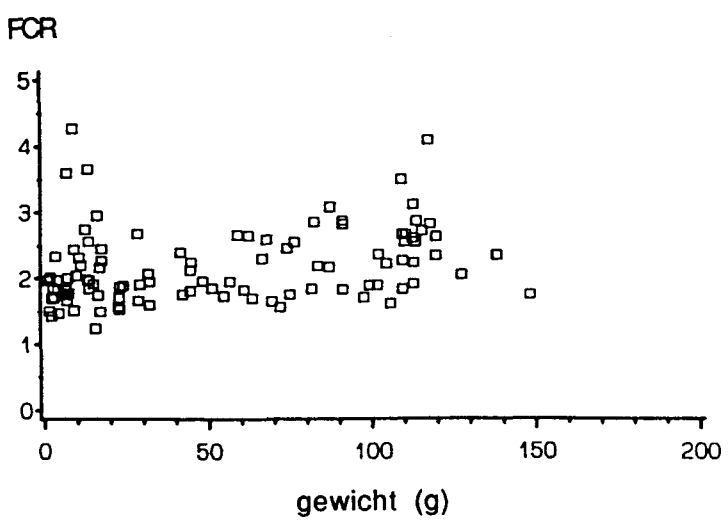


Bedrijf 3D

I)

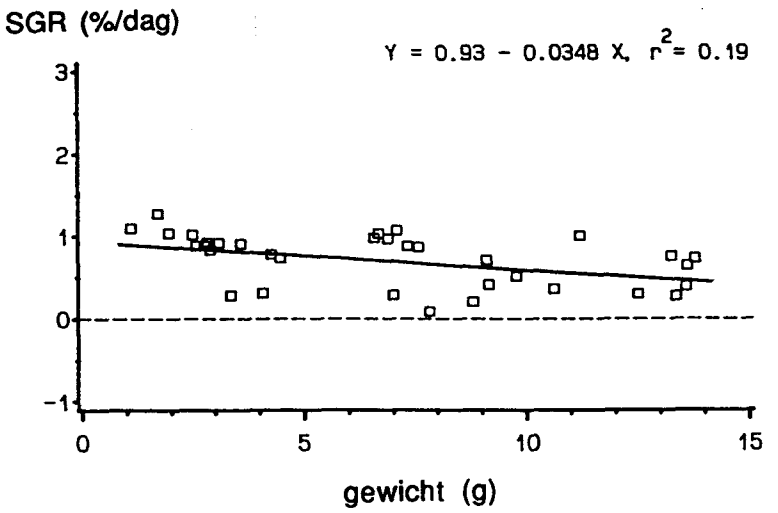


II)



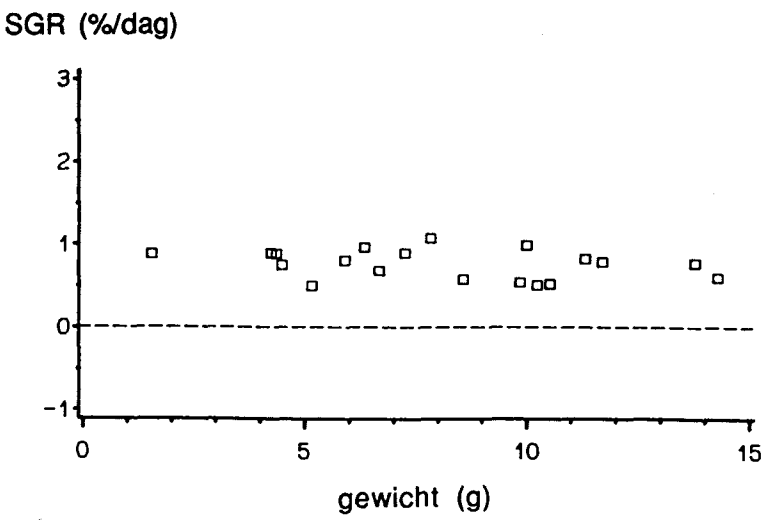
Bedrijf 3D

I)



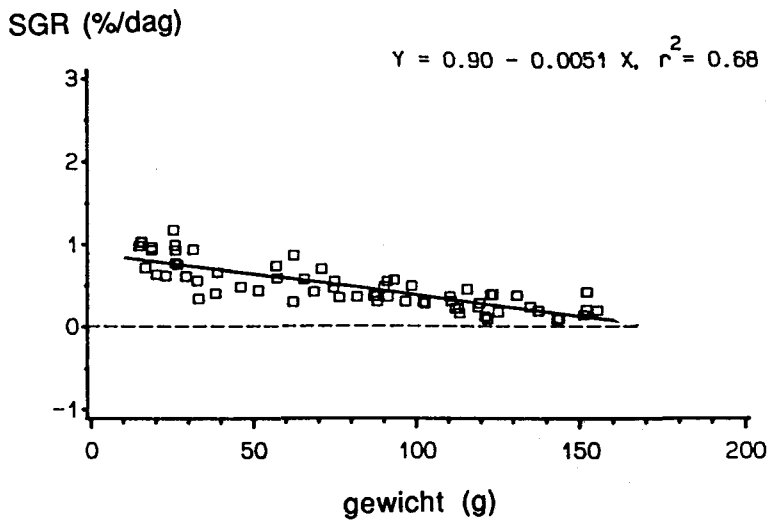
Bedrijf 4D

I)

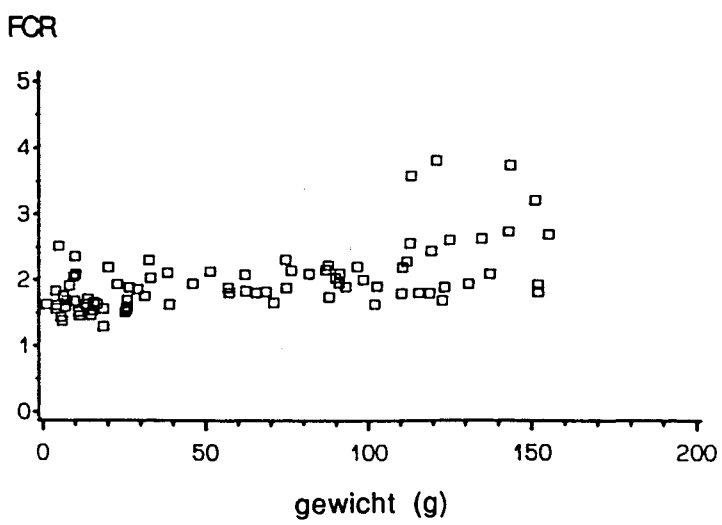


Bedrijf 4D

I)

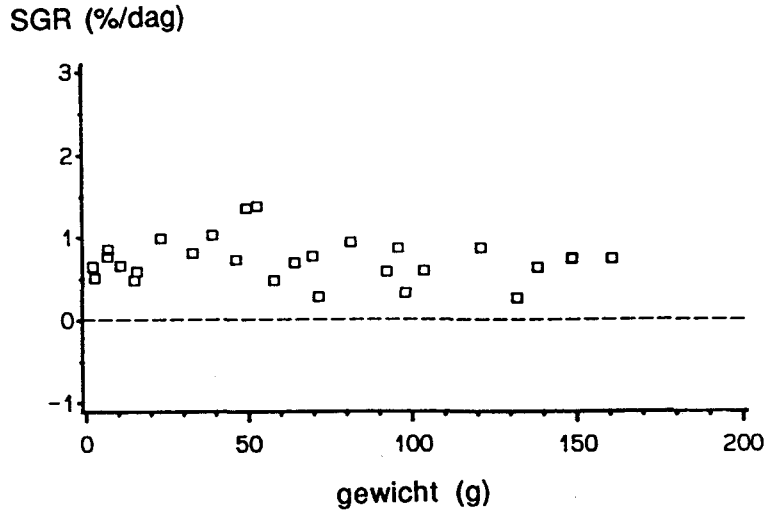


II)

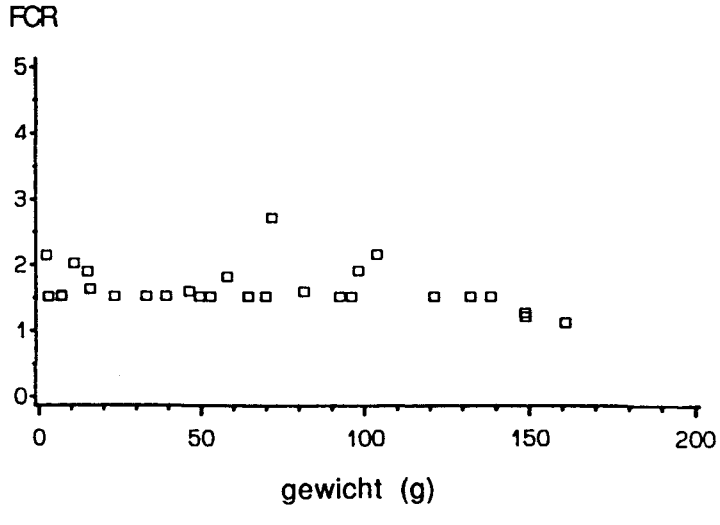


Bedrijf 5D

I)

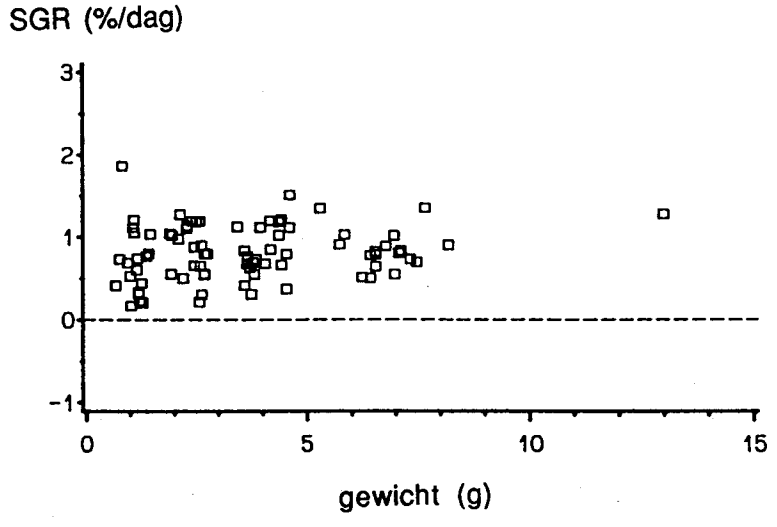


II)

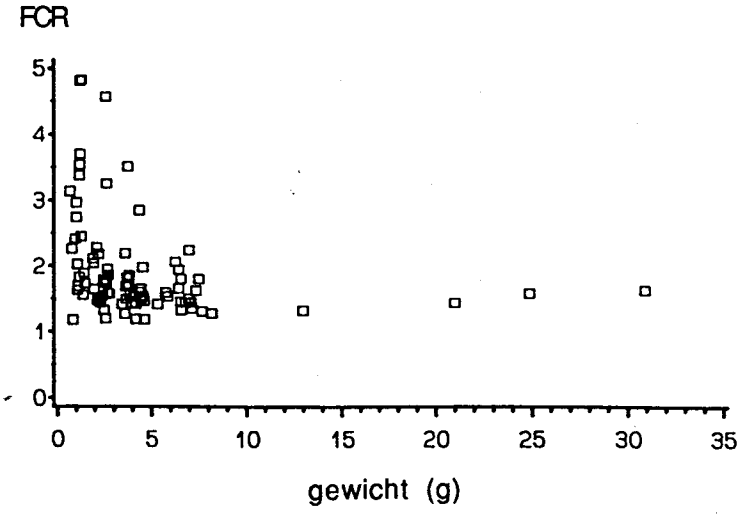


Bedrijf 6D

I)

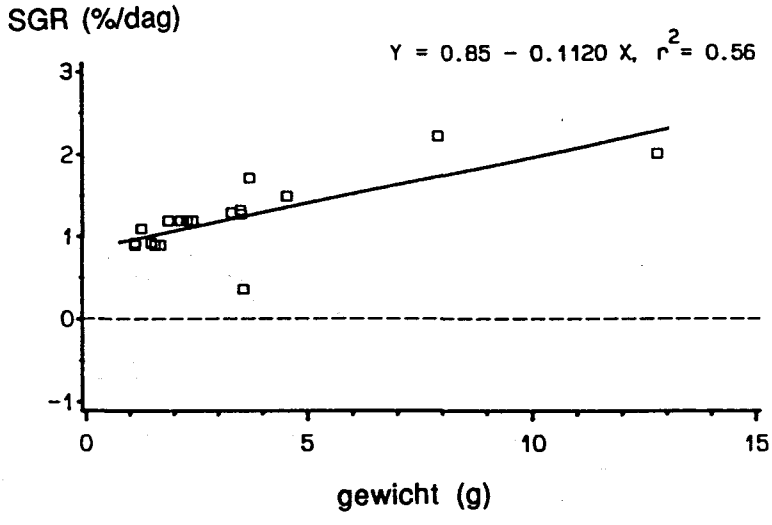


II)

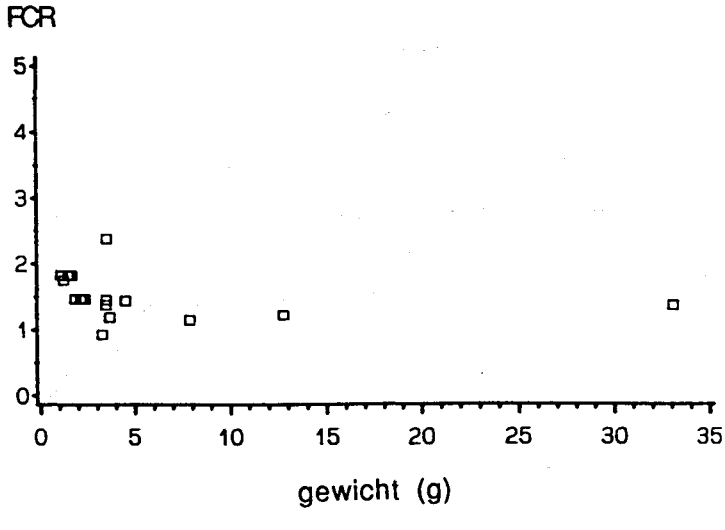


Bedrijf 7D

I)

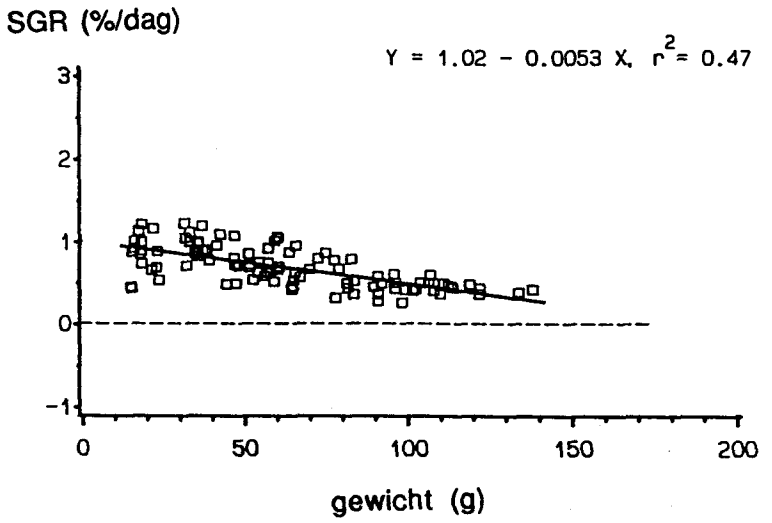


II)

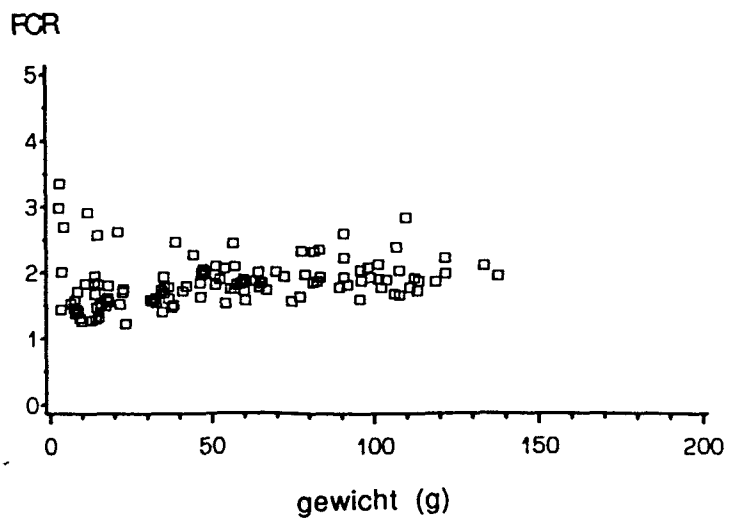


Bedrijf 8D

I)

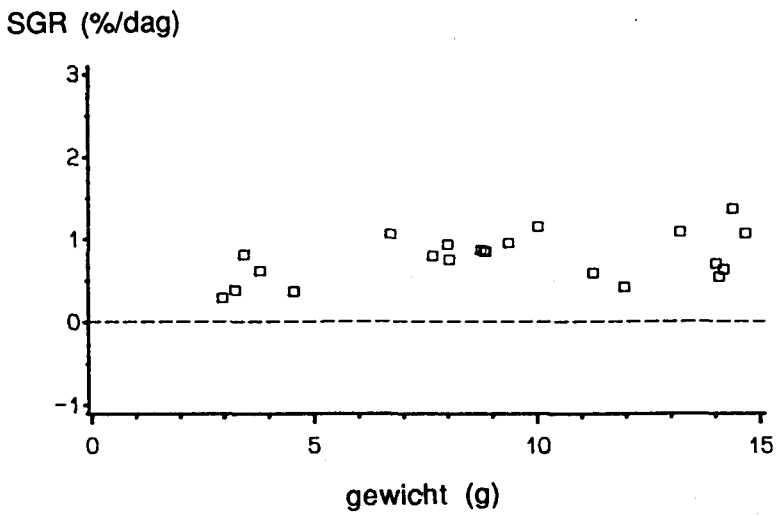


II)



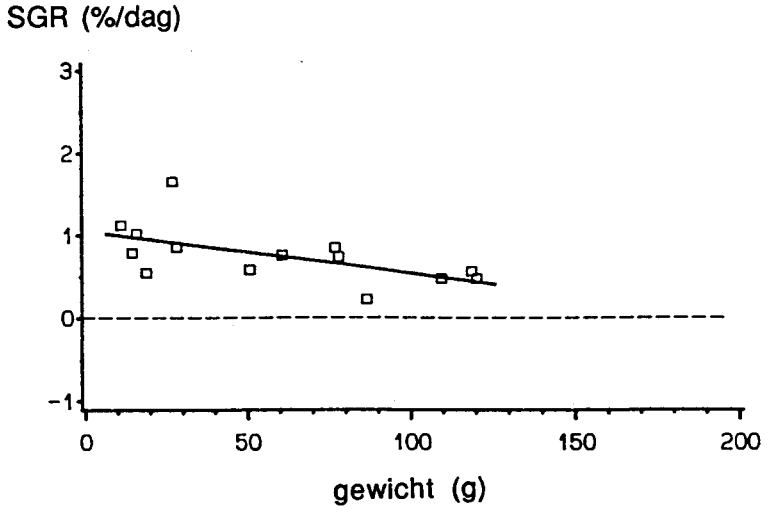
Bedrijf 8D

I)

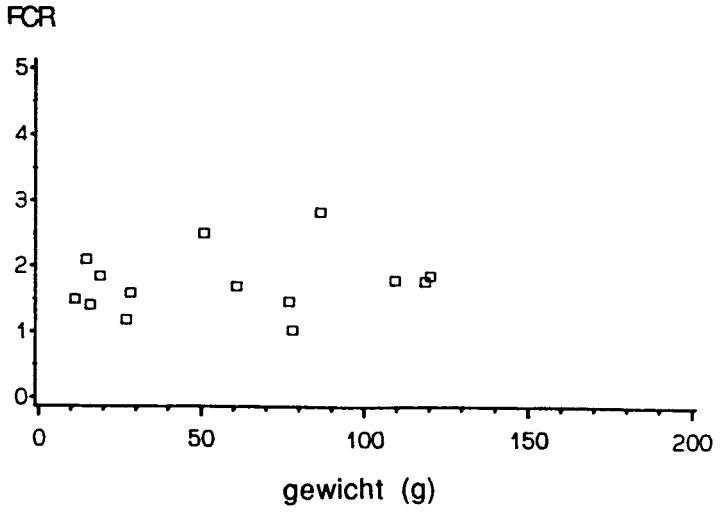


Bedrijf 9D

I)

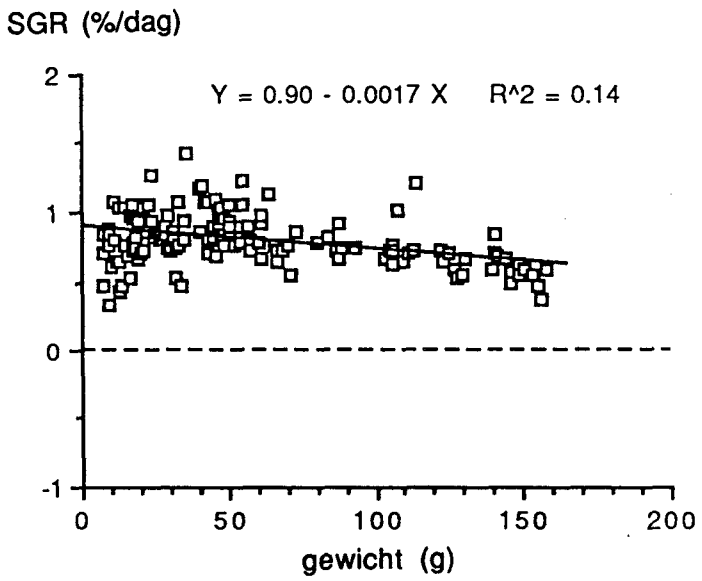


II)

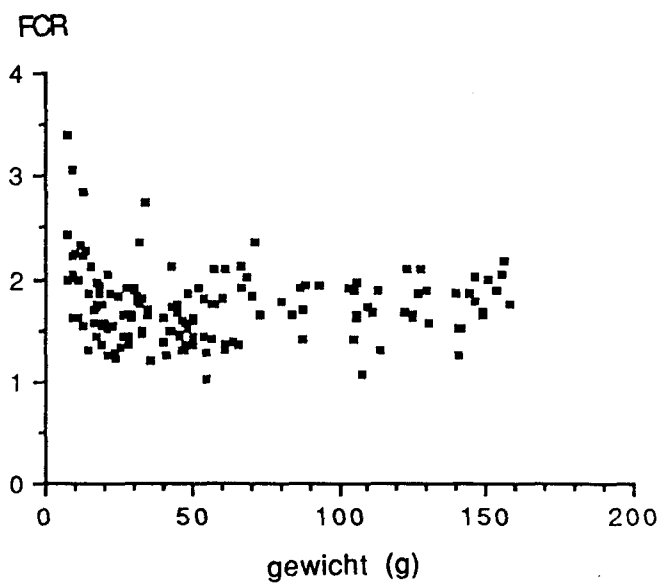


Bedrijf 1N

I)

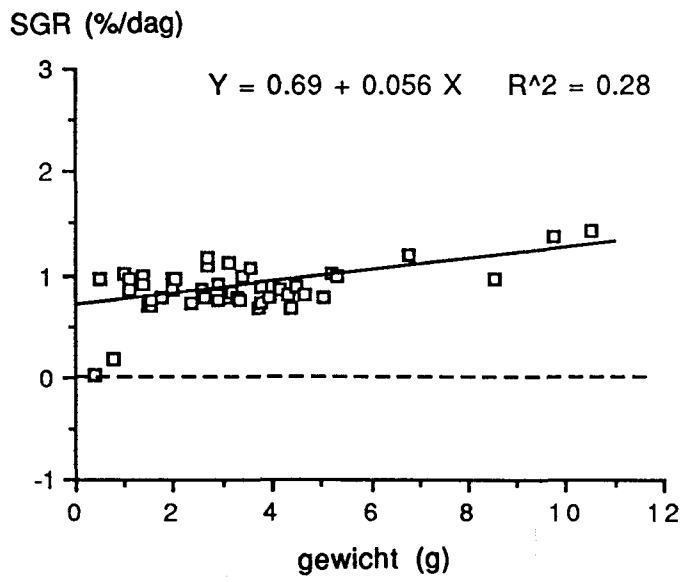


II)

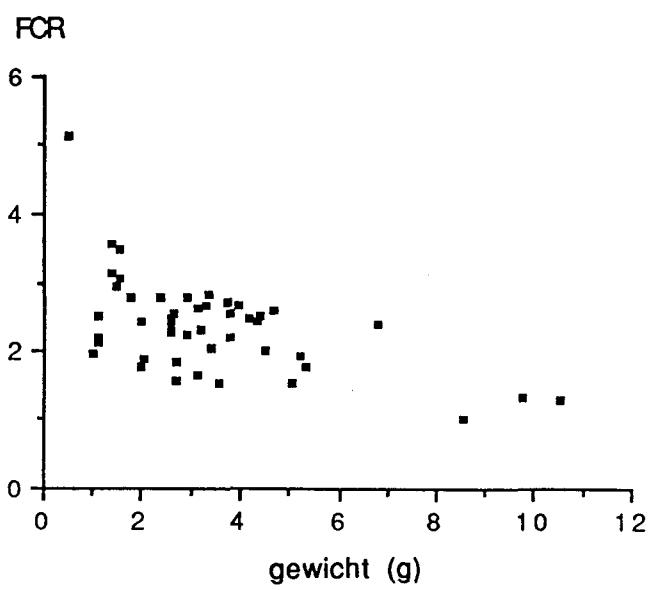


Bedrijf 1N

I)

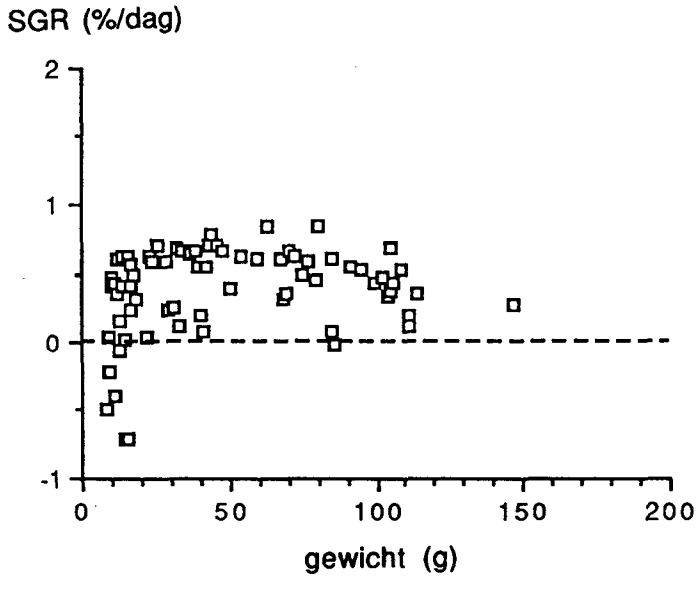


II)

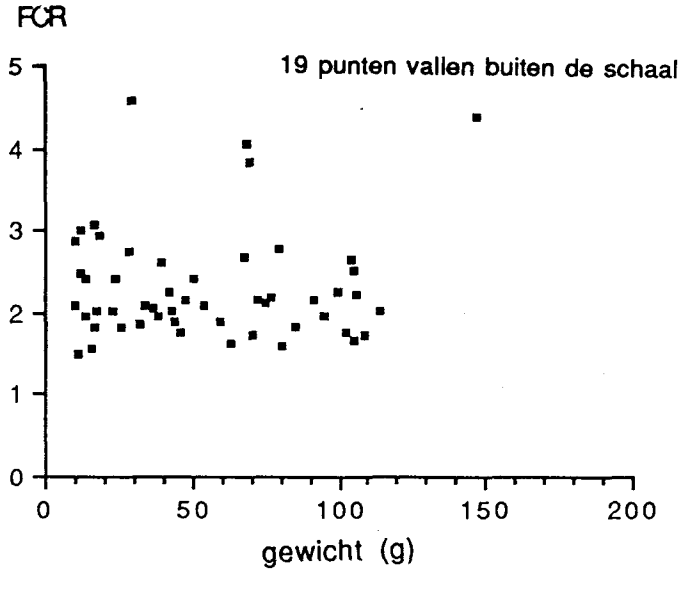


Bedrijf 2N

I)

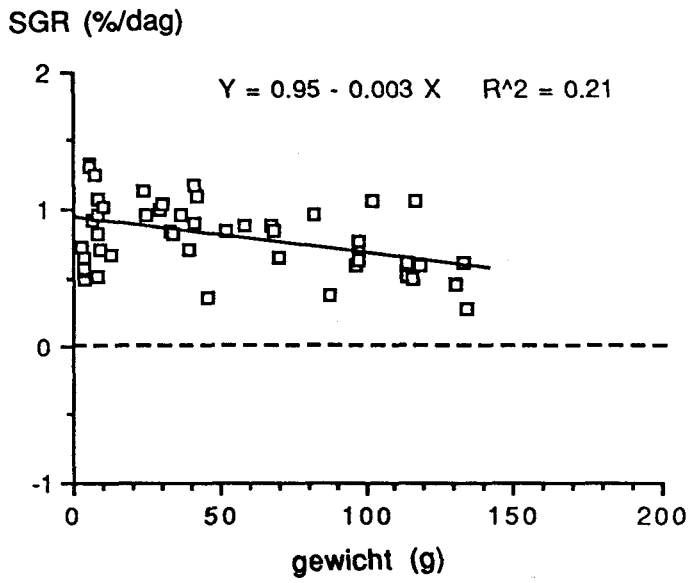


II)

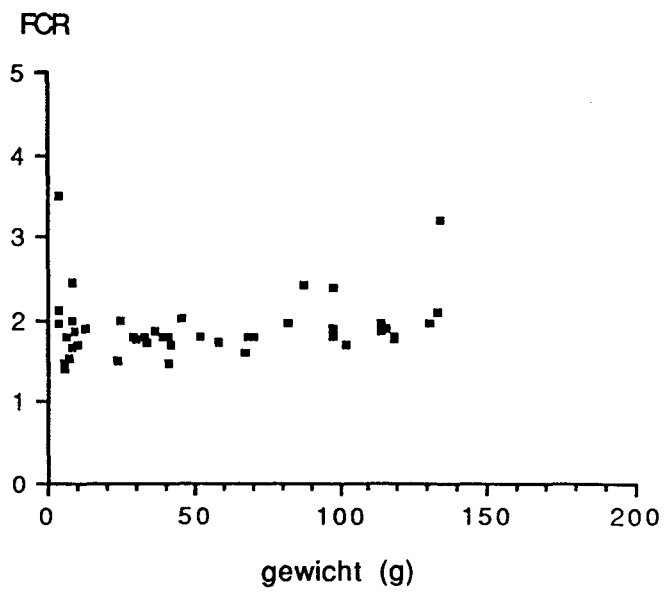


Bedrijf 3N

I)

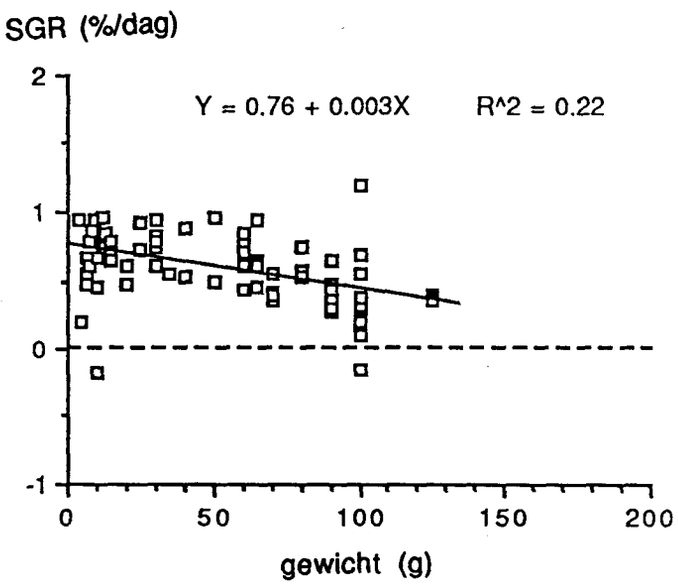


II)

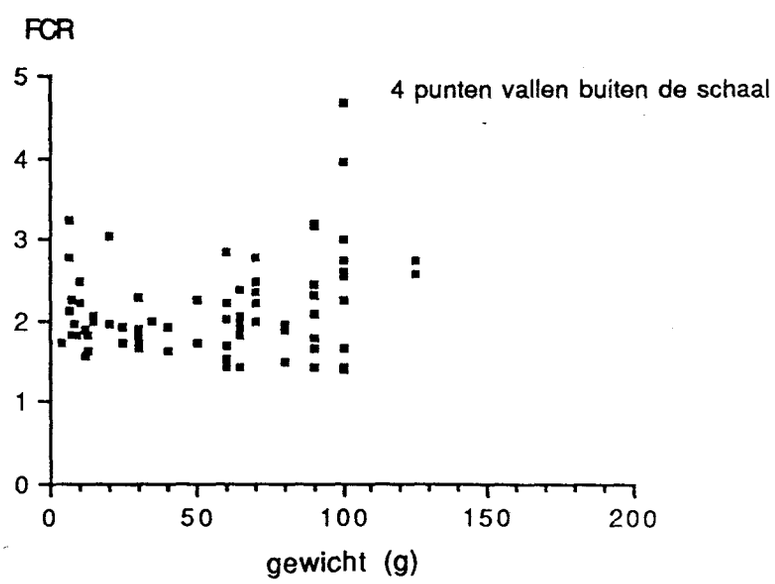


Bedrijf 4N

I)

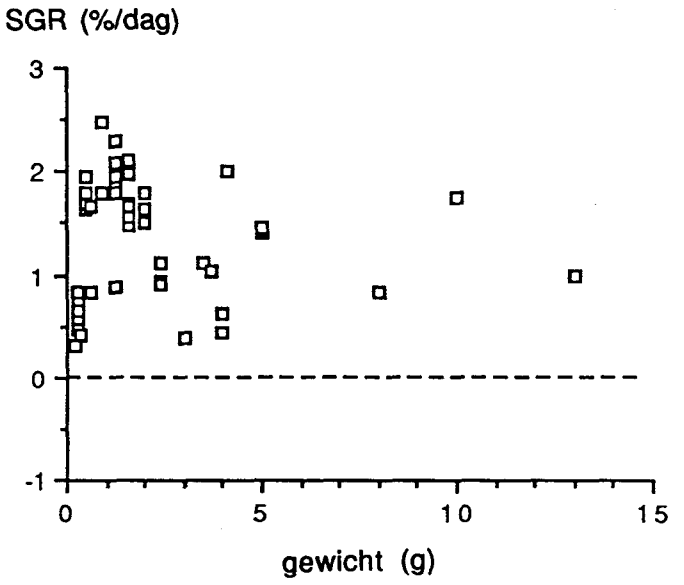


II)

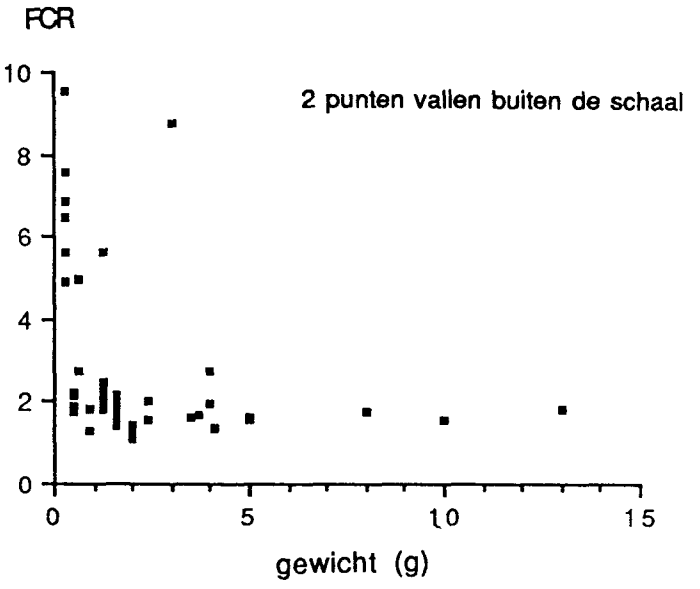


Bedrijf 4N

I)

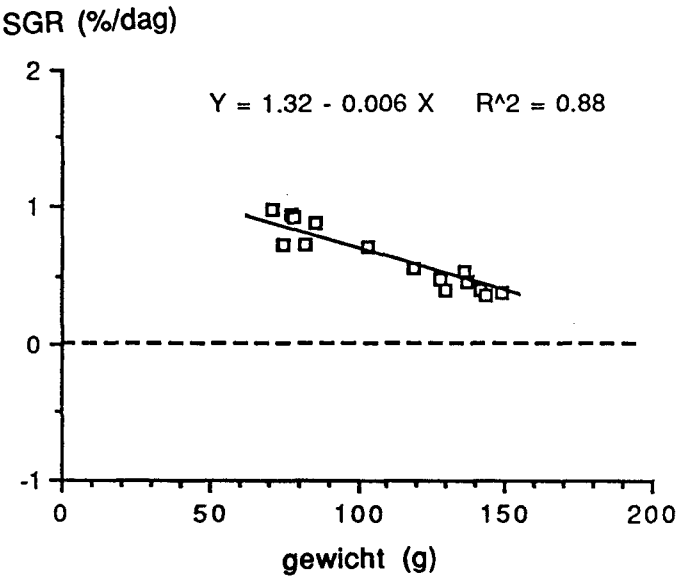


II)

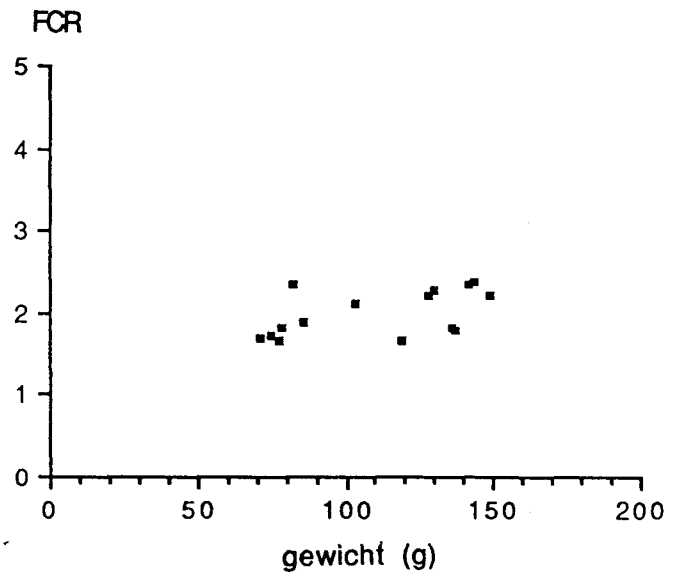


Bedrijf 5N

I)

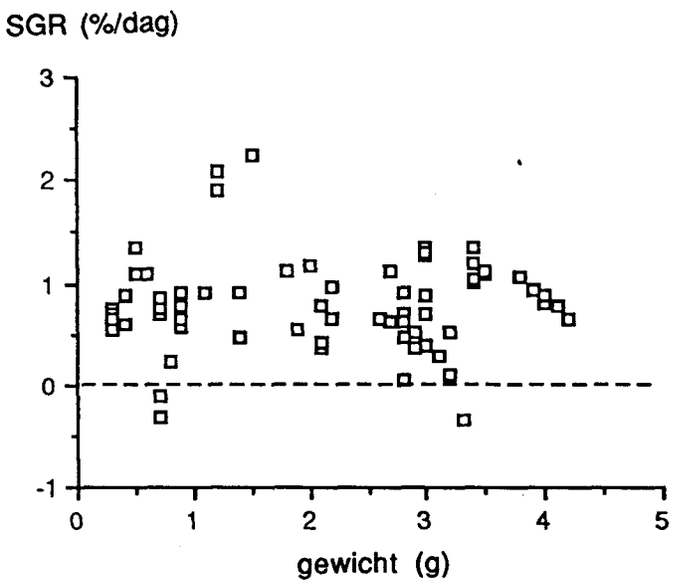


II)

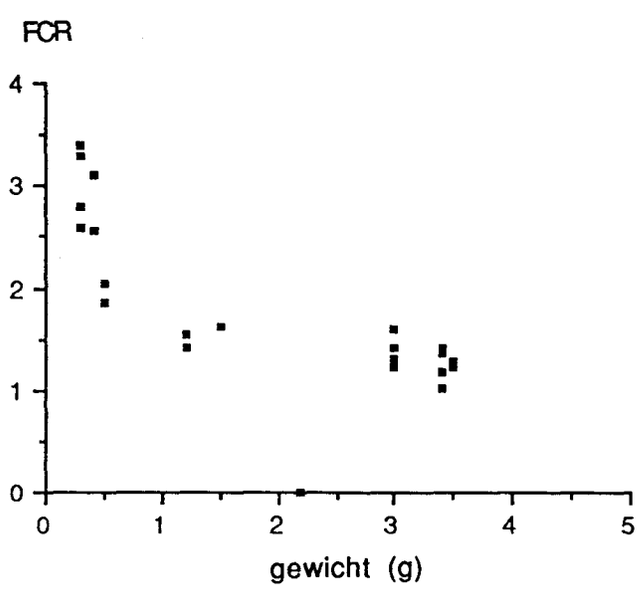


Bedrijf 8N

I)

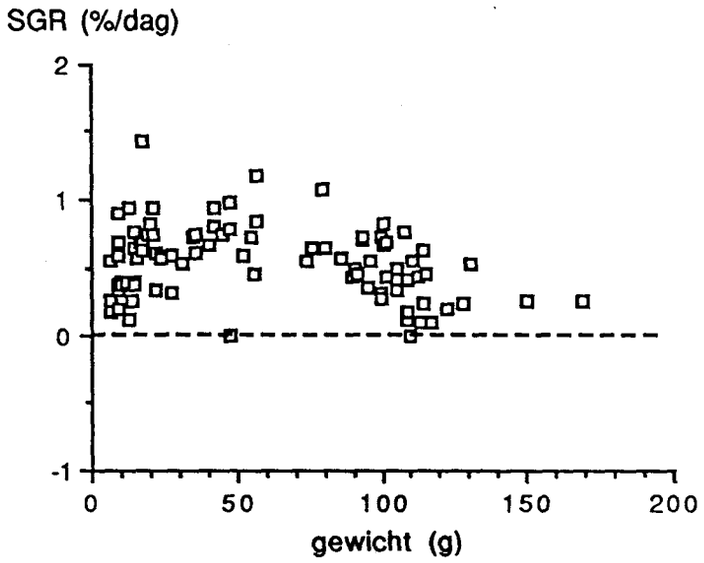


II)

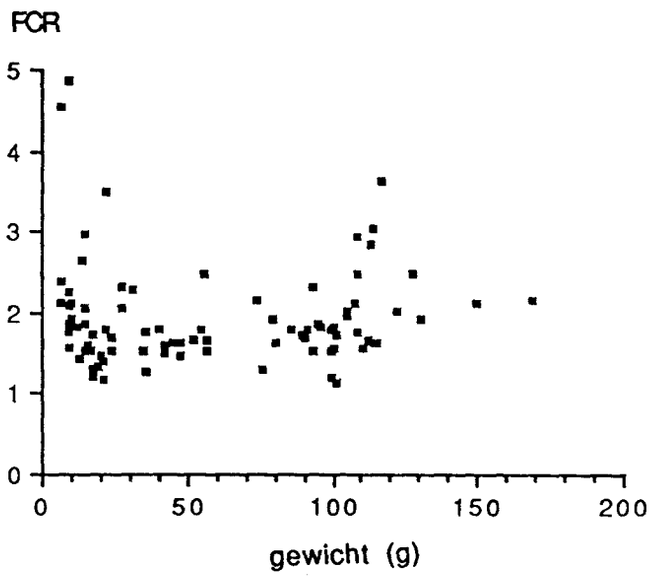


Bedrijf 8N

I)



II)



BIJLAGE 6. Waarderingsmethode voor de palingvoorraad.

In de aanloopfase van een palingkwekerij moet de voorraad opgebouwd worden. Het duuurt 7-9 maanden voordat de eerste paling wordt verkocht. In het eerste jaar wordt dan een geringe opbrengst verkregen en wanneer het totaal van de kosten hiertegenover wordt gesteld ontstaat een hoog verlies bedrag. De palingvoorraad aan het eind van het (eerste) jaar kan echter worden gewaardeerd op basis van de kosten die eraan zijn besteed. Zo ontstaat een waarde die kan worden geteld bij de opbrengst van de verkochte aal. Het totaal van de jaarkosten kan dus dan worden gesteld tegenover de verkoopopbrengst en de waarde van de voorraad toename (voorzover dit niet ontstaan is door meer inkoop van pootvis).
In normale jaren, met volledige produktie, zal de palingvoorraad vrij konstant zijn; in dat geval worden globaal genomen de jaarkosten gesteld tegen de verkoopopbrengsten.

In deze studie is een waarderingstabel gebruikt om de waarde van de paling voor verschillende grootteklassen vast te stellen. Deze tabel is afgeleid van de geschatte kostenstruktuur van een 50-tons aalkwekerij.

Tabel 1 Raming van de produktiekosten van een 50-tons kwekerij (guldens)

Opkweek van glasaal (tot 10 gr)		Mesterij gedeelte	
glasaal	78.431	voer	185.632
voer	19.944	zuurstof,chemic	10.000
kuit	8.224	energie	81.074
vaste kosten:		lonen 1)	40.000
verwarming	4.514	onderhoud	29.000
electriciteit	10.512	consultancy	2.500
lonen 1)	40.000	verzekering	12.200
onderhoud	9.400	administratie	20.000
consultancy	5.000		
verzekering	2.000	afschrijving	152.000
administratie	5.000	rente	116.500
afschrijving	45.000	totaal	648.906
rente	22.500		
totaal	250.625	totaal kwekerij	899.531

1) incl. berekend loon eigenaar

Behalve de kosten voor glasaal en voer is ervan uitgegaan dat alle kosten konstant zijn en samenhangen met de kapaciteit. De volgende stap was de berekening van de kostprijs van paling in verschillende grootteklassen (van 2,5 tot 150 gram) door te veronderstellen dat de gehele produktie bestaat uit paling van 2,5 gram c.q. van 5 gram etc. De totale kosten werden vervolgens gedeeld door het aantal 2,5 grammers, 5 grammers etc., hetgeen resulteerde in een kostprijs per grootteklasse. Een uitzondering is gemaakt voor aal van 5 en 10 gram, die vooral worden gekocht door beginnende kwekerijen. Paling in deze grootte is gewaardeerd tegen de marktprijs. Tabel 2 toont de (kost)prijs van paling van verschillende grootte.