



Nutri-hof - een concept voor geïntegreerde aquacultuur

Oktober 2012

Nutri-hof – een concept voor geïntegreerde aquacultuur

Deze verkenning is in opdracht van InnovatieNetwerk en Regio Noord-Veluwe uitgevoerd door: Bert Schuilenburg MSc



Mede mogelijk gemaakt door de provincie Gelderland in het kader van het Regionale Samenwerkingsprogramma Noord-Veluwe 2008-2011.



Projectleider InnovatieNetwerk:
Dr.ir. J.G. de Wilt

Dit rapport is opgesteld in het kader van het concept ECOFERM! (domein 'Land- en tuinbouw en agribusiness').



Postbus 19197
3501 DD Utrecht
tel.: 070 378 56 53
www.innovatienetwerk.org
Het ministerie van EL&I nam het initiatief
tot en financiert InnovatieNetwerk.



Postbus 271
3840 AG Harderwijk
tel.: 0341 474400
www.regionoordveluwe.nl

ISBN: 978 – 90 – 5059 – 495 – 0
Overname van tekstdelen is toegestaan, mits met bronvermelding.
Rapportnr. 12.2.299, Utrecht, oktober 2012.

Voorwoord

De huidige trend van specialisatie en kostprijsstrategie in de voedselketen leidt tot massieve schaalvergroting die steeds meer op maatschappelijke weerstand stuit. Bovendien staat dit op gespannen voet met de maatschappelijke wens om kringlopen te sluiten en vervoer te beperken. Het herstellen van de verbinding met de omgeving, zowel in fysieke als sociale zin, is een van de grote opgaven om te komen tot een verduurzaming van voedselsystemen in de westerse wereld. Daarbij valt ook te leren van de wijze waarop voedselproductie elders plaatsvindt. Dit project is hiervan een interessant voorbeeld.

Dit rapport beschrijft de ontwikkeling van Nutri-hof, een concept voor duurzame, geïntegreerde aquacultuur, waarbij de kweek van vis, groenten, eendenkroos en mestwormen binnen één bedrijf plaatsvindt. Hierbij worden de bijproducten (waaronder afvalstoffen) van de ene aquatische soort gebruikt als grondstof voor de kweek van een andere (aquatische) soort.

Nutri-hof is afgeleid van vormen van Community Farming in de tropen. De productie kan relatief kleinschalig plaatsvinden, direct in de buurt van de consumenten. Zo kan er een duurzame relatie ontstaan tussen producenten en consumenten. Dat zal nog versterken als de consumenten betrokken kunnen worden bij de realisatie van het concept in hun eigen stad of wijk.

Met dit innovatieve concept is het mogelijk om op kleine schaal rendabel te produceren. Het biedt zowel aan viskwekerijen als aan tuinbouwbedrijven en veebedrijven met mestverwerking de mogelijkheid om hun rentabiliteit te vergroten.

Op basis van experimenten en literatuurresearch is door Bert Schuilenburg van AquaFarmingConsult op uitstekende wijze het ontwerp voor Nutri-hof gemaakt. Ben Jeroense (Regio Noord-Veluwe) en Jan de Wilt (InnovatieNetwerk) hebben dit traject begeleid. Inmiddels zijn partners gevonden voor realisatie in de regio Noord-Veluwe. Daarmee is een eerste stap gezet naar compleet nieuwe, meer geïntegreerde vormen van voedselproductie.

Dr. G. Vos,
Directeur InnovatieNetwerk

Mr. J. van den Bosch,
Portefeuillehouder Groene
Economie Regio Noord-Veluwe

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting 1

1. Inleiding 5

2. Inkadering van het onderzoek 9

- 2.1 Doelstellingen 9
- 2.2 Onderzoeksvragen 9
- 2.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden 10

3. Het huidige visteelstelsysteem in Nederland 13

- 3.1 Kenmerken 13
- 3.2 Afvalstoffenproductie en -behandeling 14

4. Geïntegreerde aquacultuur 17

- 4.1 Algemeen 17
- 4.2 Het sluiten van de nutriëntenkringloop 18

5. Beschrijving van mogelijke onderdelen 21

- 5.1 Opgeloste nutriënten 21
- 5.2 Vaste reststoffen 24

6. Keuze van de onderdelen 27

- 6.1 Het totaalconcept 27
- 6.2 Vissoorten 28
- 6.3 Groenten 31
- 6.4 Eendenkroos 32
- 6.5 Wormen 32

7.	Nutri-hof, een duurzaam concept	35
7.1	Duurzaam gekweekte Tilapia	35
7.2	Duurzaam geteelde basilicum	38
8.	Uitwerking en dimensionering van Nutri-hof	41
8.1	Uitgangspunten	41
8.2	Uitwerking van het concept op onderdelen	41
8.3	Productie	45
8.4	Massabalans biomassa	46
9.	Financiële prognoses	49
9.1	Investeringskosten	49
9.2	Kosten, baten en nettoresultaat	50
10.	De duurzaamheidswinst	53
11.	Lay-out 10-tons unit	57
12.	Externe integratie	61
12.1	Covergisting	61
12.2	Hengelsportrecreatie	62
12.3	Stads- en wijkboerderijen	63
13.	Uitwerking in regio Noord-Veluwe	65
13.1	Actorenanalyse consortiumvorming	65
13.2	Pilot- en demofase	67
14.	Eendenkroosexperiment	69
14.1	Materiaal en methoden	69
14.2	Resultaten	70
14.3	Discussie en conclusies	72

Literatuur	75
Bijlage 1: Lijst met geïnterviewde ervaringsdeskundigen	79
Bijlage 2: Investeringsbegroting 10 tons unit	81
Summary	83

Samenvatting

Dit rapport is het resultaat van een verkenning van de mogelijkheden van geïntegreerde aquacultuur onder Nederlandse omstandigheden. Door afvalstoffen van het viskweekproces te gebruiken als grondstoffen voor de productie van andere producten, kan het milieu ontlast worden en het bedrijfsrendement verbeterd worden.

In het rapport wordt de ontwikkeling van Nutri-hof beschreven. Dit is een concept voor geïntegreerde aquacultuur waarbij de opgeloste afvalstoffen van de kweekvis benut worden als grondstoffen voor fototrofe conversie (plantenteelt) en de vaste reststoffen (mest en voerresten) benut worden voor mestwormenteelt.

De (on)mogelijkheden van verschillende vissoorten, plantensoorten en wormen die in aanmerking komen voor het concept worden verkend, waarna een onderbouwing van de keuze van de uiteindelijke conceptonderdelen volgt.

De gekozen conceptonderdelen voor Nutri-hof zijn:

- Tilapia,
- Eendenkroos (*Lemna minor*),
- Basilicum,
- Mestwormen.

Nutri-hof is verder globaal technisch en financieel uitgewerkt. Bij de technische uitwerking is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- Een duurzaam (triple-P) concept, waarbij zoveel mogelijk de Europese regelgeving voor biologische productie, de Maatlat Duurzame Aquacultuur en de Barometer Duurzame Groenten en Fruit als basis dienen.
- Een concept dat op kleine schaal reeds rendabel is en past binnen de huidige agrarische bedrijfsvoering en reproduceerbaar is.
- Een eenvoudig uit te voeren concept, qua technische uitvoering en exploitatie.
- Een concept dat niet arbeidsintensief is.

De globale financiële prognose laat zien dat Nutri-hof al op kleine schaal rendabel kan zijn, zelfs bij een visdichtheid van 20 kg/m^3 (maximumvisdichtheid voor biologische visproductie).

Naast de interne integratie tussen visteelt, macro/microfytenanteelt en wormenteelt worden ook externe integratiemogelijkheden besproken, zoals:

1. Aansluiting bij (co)vergistingsinstallaties.
2. Aansluiting bij hengelsportrecreatie.
3. Aansluiting bij stads/wijkboerderijen.

Inmiddels worden met de partners concrete stappen gezet om dit concept in de praktijk te brengen.

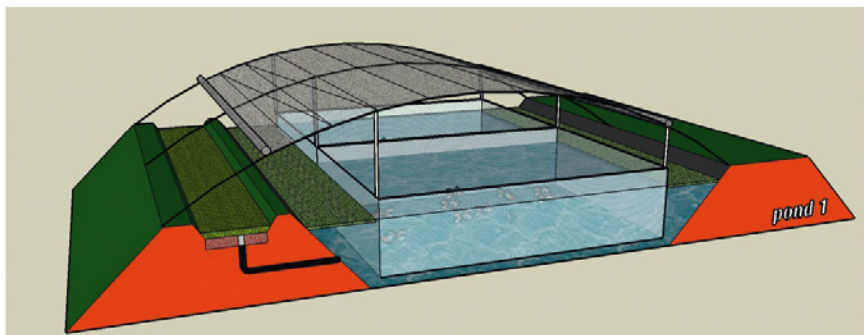
Dit rapport beschrijft de ontwikkeling van een concept voor duurzame, commerciële, geïntegreerde aquacultuur, waarbij vis, groenten, eendenkroos en mestwormen gekweekt worden, in combinatie met biovergisting en recreatie.

Het concept is afgeleid van het Community Farm System, dat door AquaFarmingConsult is ontworpen voor de noordelijke provincie Tigray in Ethiopië. Bij het ontwerp is rekening gehouden met (onder andere) de volgende problemen/omstandigheden in deze provincie:

- Voedselschaarste,
- Waterschaarste,
- Nutriëntenschaarste/arme grond,
- Verbetering van traditionele landbouwmethoden,
- Ontbossing en erosie.

In grote lijnen bestaat het Community Farm System uit:

- Vijvers met vis en eendenkroos,
- Groentebedden,
- Landbouwhuisdieren,
- Landbouwgewassen.



Figuur 1: Een impressie van de uitvoering van (een Household Unit van) het Community Farm System.

Het Community Farm System is een concept van geïntegreerde visteelt, waarbij het vijverwater gerecirculeerd wordt via groentebedden. Een waterpomp op zonnecellen zorgt voor de watercirculatie door de vijvers.

Het nutriëntenrijke vijverwater wordt gebruikt om groenten te telen. Daarbij stroomt het kweekwater door bedden met substraat, medium voor bacteriën die afvalstoffen van de vissen biologisch afbreken. Het is tevens substraat voor de groenten, die onder andere het eindproduct van het biologisch zuiveringsproces, namelijk het nitraat, als voedingsstof opnemen uit het water. Het overige water wordt, nadat het door het groentebed is gestroomd, weer hergebruikt (gerecirculeerd) in de visvijver.

Deze vorm van substraatteelt, gecombineerd met een visteeltrecirculatiesysteem, wordt 'aquaponics' genoemd. De productiviteit van een aquaponics-groentebed is veel hoger ten opzichte van vollegrondsteelt, omdat er een constante waterstroom met nutriënten beschikbaar is voor de groenteplanten.

Eendenkroos is goed, eiwitrijk (35-45%) voedsel (zowel vers, als in de vorm van gedroogd meel in voer) voor vis, maar ook voor kippen. Het wordt bovendien goed verteerd door tilapia (een erg populaire vis in Ethiopië, en ook steeds meer in Nederland). Het eendenkroos groeit naast de viskooien in de vijvers.

Kippen (of andere landbouwhuisdieren) worden gehouden voor de mest, waarmee de nutriëntenbalans in de groentebedden op peil wordt gehouden.

Het Community Farm System koppelt bestaande landbouw takken aan elkaar, zodanig dat deze elkaar gaan versterken: niets nieuws, maar *versterking door integratie*.

Voordelen van het Community Farm System zijn onder andere:

- Duurzame voedselproductie,
- Bij gebruik van folie is dit systeem overal te plaatsen waar een waterbron in de buurt is,
- Zeer beperkte klimaatinvloeden (op de groenteteelt),
- Zeer gering waterverbruik,
- Hoge producties (van zowel vis als groenten) per m²,
- Lage productiekosten/hoog financieel rendement.

In opdracht van Regio Noord-Veluwe en InnovatieNetwerk is gekeken of het concept van het Community Farm System vertaald kan worden naar een concept voor de Nederlandse situatie. In dit rapport wordt beschreven hoe we gekomen zijn tot een potentieel succesvol concept.

2.

Inkadering van het onderzoek

2.1

Doelstellingen

Doelstelling van deze opdracht is om een duurzaam, maatschappelijk verantwoord concept voor geïntegreerde aquacultuur samen te stellen dat kan aansluiten bij processen/bedrijven waar restwarmte vrijkomt. Het begrip 'duurzaam' is toegepast in de ruime zin van het woord. Er is gezocht naar een concept waarin de Triple-P-benadering (Profit, Planet, People) als basis dient. Een concept dat:

- Economisch verantwoord is (economisch duurzaam),
- Milieubesparend is (ecologisch duurzaam),
- Goed is voor de mens (maatschappelijk duurzaam).

2.2

Onderzoeksvragen

Vragen die in dit onderzoek zijn beantwoord, zijn onder andere:

1. Waar liggen ten opzichte van het huidige conventionele visteeltre-circulatiesysteem mogelijke besparingen op het gebied van bedrijfseconomie en milieubelasting?
2. Wat is de duurzaamheidswinst ten opzichte van de bestaande (vis) teeltsystemen?
3. Welke conceptonderdelen en welke soorten binnen de verschillende onderdelen komen in aanmerking?
4. Aan welke criteria moet worden voldaan om een biologisch label te kunnen verkrijgen voor de consumentenproducten van het concept?

5. Hoe zien een globaal ontwerp en dimensionering van de verschillende onderdelen en (deel)stromen eruit?
6. Waar vindt de waardecreatie plaats, wat zijn de geschatte investeringen, kostenfactoren en opbrengsten?
7. Is het concept toepasbaar in stadsboerderijen?
8. Welke ketenactoren en benodigde consortiumpartners komen in aanmerking voor een pilotfase en commerciële fase?

Bij de beantwoording van bovenstaande vragen is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van praktijkervaring van deskundigen en van de resultaten van gepubliceerd (wetenschappelijk) onderzoek. In Bijlage 1 is de lijst met geïnterviewde ervaringsdeskundigen opgenomen. Daarnaast is een praktijktest uitgevoerd met systeemwater van een palingmesterij en eendenkroos, om de eendenkroosproductie en opname van stikstof door eendenkroos te kunnen bepalen. Het was de bedoeling om dat te doen met zoetwatersponzen, maar het is niet gelukt om aan zoetwatersponzen te komen.

2.3

Uitgangspunten en randvoorwaarden

Transformatie van het Community Farm System-concept naar Nederlandse omstandigheden is mogelijk als:

- a) Het klimaat te beheersen is (als jaarrondproductie gewenst is).
- b) Het gebruik van medicijnen en chemicaliën, om ziekten onder de groenten en vissen te bestrijden, kan worden vermeden of tot een minimum kan worden beperkt.
- c) Het financieel rendement hoog genoeg is.

Wat het eerste punt betreft, is vooral de winterperiode een probleem. In Nederland is het klimaatprobleem opgelost door groenteteelt in kassen en visteelt in recirculatiesystemen in gebouwen. Het nadeel van beide teeltsystemen is het hoge energieverbruik. Alleen (zeer) intensieve teelt van duurder soorten is in ons land rendabel in deze teeltsystemen. De restwarmte van een biovergistingsinstallatie kan gebruikt worden om de verschillende kweekruimtes (voor vis, groenten en eendenkroos) te verwarmen in de winter.

De koppeling van onderdelen die elkaar versterken, maakt het mogelijk om *out of the box* te denken en te komen tot een geheel nieuw concept waarin afgeweken wordt van bestaande teelttradities.

Bij de uitgangspunten en randvoorwaarden bij de ontwikkeling van het concept gaan we uit van de Triple-P-benadering voor maatschappelijk verantwoord ondernemen.

Profit

De producten die geproduceerd worden, moeten tegen marktconforme prijzen kunnen worden aangeboden op de markt. De investering moet met winst kunnen worden terugverdiend en op termijn extra

inkomsten genereren voor de gebruiker. Het concept moet goed aan kunnen sluiten bij bestaande (agrarische) bedrijfsvoering. Het concept moet dus op kleine schaal rendabel kunnen zijn.

Planet

Met dit concept wordt gestreefd naar milieubesparing/hergebruik op het gebied van:

Energiegebruik, met name van elektriciteit en brandstof/warmte.

Grondstoffengebruik, met name van water, visvoer en zuurstof.

Emissie van afvalstoffen, met name van stikstof. Getracht wordt om de N-kringloop op bedrijfsschaal sluitend te maken.

Besparing op deze punten kan ook besparing op de productiekosten tot gevolg hebben.

People

Voedselveiligheid staat voorop. Wanneer de voedselveiligheid gevaar loopt door ophoping van ongewenste stoffen, zal productie voor humane voeding (direct of indirect) uitgesloten moeten worden.

Gestreefd wordt zoveel mogelijk biologisch te produceren.

Daarnaast moeten niet alleen de huidige maar ook toekomstige generaties kunnen profiteren van dit concept. Duurzaamheid is een van de belangrijkste uitgangspunten. Een belangrijk aspect in dat kader is het gebruik van vismeel in het visvoer. Ons streven is om dat tot een minimum te beperken.

Ook moet het concept breed maatschappelijk geaccepteerd kunnen worden. Duurzame, biologische, milieuvriendelijke productie draagt bij aan de maatschappelijke acceptatie van het concept. De huidige vissteelt staat te vaak negatief in het nieuws doordat (terecht of onterecht) vaak de relatie wordt gelegd met onder andere:

- Dieronvriendelijke dodingstechnieken (paling),
- Intensieve dierhouderij (hoge visdichtheden),
- Overbevissing van zeeën en oceanen (industrievisserij voor vismeel als grondstof voor visvoerders),
- Bedreiging van diersoorten (paling).

Het te ontwikkelen concept Nutri-hof mag niet geassocieerd worden met een van deze negatieve punten. Dierwelzijn moet aandacht krijgen in het conceptontwerp.

Maatschappelijke acceptatie kan bevorderd worden door de betrokkenheid van de consument bij de productie te bevorderen. Het nieuwe fenomeen Stadsboerderij is een voorbeeld van hoe dat verwezenlijkt kan worden. Nutri-hof moet naast een concept voor bestaande agrarische bedrijven, ook een concept kunnen zijn voor stadsboerderijen.

3.

Het huidige visteeltsysteem in Nederland

3.1 Kenmerken

We hebben in Nederland weinig geschikt terrein voor vijverteelt en te weinig rivieren met stromend water van goede kwaliteit om vijvers en raceways te doorstromen. Het klimaat en de milieuregelgeving maken het ook bijna onmogelijk om in het oppervlaktewater vis te kweken in kooien, tenzij zeer extensief. Daarom is er vanaf begin jaren tachtig van de vorige eeuw in ons land gestart met recirculatiesystemen: land-based indoorsystemen waarin het viskweekwater, na doorstroming van de visbakken, wordt gezuiverd en (vaak met zuurstof verrijkt en gedisinfecteerd) teruggevoerd naar de visbakken. Om te voorkomen dat bepaalde afvalstoffen zich ophopen en de groei en/of visgezondheid in gevaar brengen, wordt dagelijks een percentage van het systeemwater ververs.

Recirculatiesystemen hebben onder andere de volgende voordelen:

- Management van het (binnen)klimaat is mogelijk. De vis kan gedurende het gehele jaar in water met een optimale temperatuur verblijven (en daardoor maximaal groeien en produceren). Warmte kan worden vastgehouden.
- Watergebruik is beperkt ten opzichte van doorstroming.
- Management van de waterkwaliteit is mogelijk. Door verschillende zuiveringsstappen in te bouwen, wordt de waterkwaliteit gereguleerd.
- Door de waterkwaliteit te verbeteren en zuurstof toe te voegen aan het systeemwater kunnen zeer hoge visdichtheden bereikt worden, waardoor deze systemen een hoge productiviteit ($\text{kg vis/m}^2/\text{jaar}$) kunnen bereiken.

- Management van hygiëne en diergezondheid is mogelijk. Een indoor-recirculatiesysteem is een gesloten systeem waar niet alleen klimatologische invloeden, maar ook virussen, bacteriën en andere ziekteverwekkende organismen buiten gehouden kunnen worden.

Nadelen van het huidige Nederlandse recirculatiesysteem zijn onder andere:

- Het is een duur systeem qua investering, maar ook qua exploitatie (€/kg productie) ten opzichte van kooi- en vijverteelt.
- Het hoge energieverbruik (warmte en elektriciteit).
- Hoge visdichtheden zijn noodzakelijk om het systeem rendabel te maken. Dat maakt de viskweek in recirculatiesystemen kwetsbaar in geval van calamiteiten.
- Voor de visproductie wordt gebruik gemaakt van dure hoogwaardige visvoerders en niet of nauwelijks van natuurlijke organismen in het systeemwater, die niet of nauwelijks voorkomen in het gesloten recirculatiesysteem.
- Nuttige nutriënten (afvalstoffen) worden omgezet in bacteriemassa en/of als gasen uitgestoten en niet omgezet in nuttige oogstbare producten.

3.2 Afvalstoffenproductie en -behandeling

Er is gekozen voor een concept van geïntegreerde aquacultuur, waarin visproductie een centrale rol speelt, omdat bij de visproductieafvalstoffen vrijkomen die als voedingsgrondstoffen kunnen dienen bij de productie van andere producten.

De belangrijkste afvalstoffen die bij de visproductie per kg voer vrijkomen, zijn:

- | | |
|---------------------|----------|
| • Ammonium-N | 30 gram |
| • Fosfaat-P | 16 gram |
| • Kooldioxide | 280 gram |
| • Vaste reststoffen | 300 gram |

Als het water niet gezuiverd wordt, hopen de afvalstoffen zich op in een recirculatiesysteem. De eerste stap in de zuivering van visteeltrecirculatiesystemen is de verwijdering van de vaste reststoffen (voerresten en mestdeeltjes). Dit gebeurt meestal in trommelfilters met zeefplaten of in platenbezinkers.

Omdat het ammonium/ammoniakevenwicht in water bij hoge pH naar het (voor vis) snel giftige ammoniak verschuift, wordt het ammonium omgezet via nitriet in nitraat (nitrificatie; meest toegepast: tricklefilters en (in mindere mate) submerged bedfilters). In de tricklefilters wordt tevens kooldioxide uit het systeemwater gestript en m.b.v. ventilatoren afgevoerd uit de kwekerij naar het milieu. In submerged bedfilters wordt m.b.v. beluchting kooldioxide uit het water verwijderd en d.m.v. ventilatoren afgevoerd naar het milieu.

In een deel van de kwekerijen wordt het nitraat omgezet in stikstofgas (denitrificatie; meest toegepast: upflowfilters). Goed management van het denitrificatiefilter, wat helaas complex is, maakt het mogelijk om de hoeveelheid lozingswater drastisch te beperken.

In de huidige visteeltrecirculatiesystemen worden nauwelijks defosfateringsunits ingebouwd. In platenbezinkers vindt wel enige defosfatering plaats.

Door een deel van het systeemwater dagelijks te verversen, wordt voorkomen dat zouten en fijne vaste deeltjes zich ophopen.

4.

Geïntegreerde aquacultuur

4.1 Algemeen

Bij geïntegreerde aquacultuur worden de bijproducten (waaronder afvalstoffen) van de ene aquatische soort gebruikt als grondstof voor de kweek van een andere (aquatische) soort.

In de vijverteelt in de tropen worden al lange tijd vormen van geïntegreerde visteelt toegepast. Vormen die toegepast zijn, zijn onder andere:

De combinatie rijst/vis. Delen van de rijstvelden zijn verdiept voor vis. De mest van de vis wordt benut als meststof voor de rijst.

- De combinatie landbouwhuisdieren/vis. De mest van de landbouwhuisdieren wordt gebruikt als meststof voor algen in de visvijvers, die door de vis wordt gegeten.
- Viskooien in irrigatiekanalen, waarbij het irrigatiewater verrijkt wordt met nutriënten uit de vismest.

Geïntegreerde aquacultuur werd tot nu toe vooral toegepast in de extensievere teeltvormen, in vijvers. Ook de meer intensieve visteelt in kooien heeft de aandacht gericht op geïntegreerde teelt. Een voorbeeld daarvan is de mariene kooiteelt in combinatie met sponzen of zeewier, waarbij de sponzen en het zeewier de nutriënten opnemen, zodat eutrofiëring van het zeewater kan worden tegengegaan.

In de intensieve recirculatiesystemen is er de laatste jaren ook aandacht gekomen voor het benutten van afvalstoffen. Aquaponics, de combinatie van vis en groenten, is een ontwikkeling die steeds meer toepassing vindt.

4.2

Het sluiten van de nutriëntenkringloop

De huidige praktijk van de Nederlandse visteeltrecirculatiesystemen komt erop neer dat nuttige voedingsstoffen worden omgezet in bacteriële massa (met name N en P) of worden afgevoerd naar de atmosfeer (N_2 en CO_2) en het riool (effluent van de trommelfilters/platenbezinkers). In de meeste gevallen worden de vaste reststoffen wel benut als meststof voor akker- en/of grasland.

Verbetering van de duurzaamheid van visteeltrecirculatiesystemen wordt gezocht in twee richtingen:

1. Technische verbeteringen van het systeemontwerp.
2. Hergebruik van nutriënten met geïntegreerde teelt (Martins et al., 2010).

In het concept van geïntegreerde teelt wordt ernaar gestreefd om:

- De nuttige voedingsstoffen om te zetten in nuttige oogstbare (tussen)producten.
- De lozing van systeemwater tot nul te reduceren (*zero discharge*).

Visvoer wordt omgezet in visbiomassa, opgeloste reststoffen (excretie) en vaste reststoffen.

Schneider (2006) heeft voor tilapia de volgende getallen gerangschikt:

	Voer (g/kg)	Opname vis (g/kg)	Excretie (g/kg) (opgeloste stof)	Mest (g/kg)
N	72	32 (44%)	26 (36%)	14 (20%)
N	44	21 (48%)	14 (32%)	9 (20%)
P	12	8 (67%)	0	4 (33%)

Tabel 1: Nutriëntenstromen in een tilapiarecirculatiesysteem.

De hoeveelheden nutriënten die worden opgenomen en worden uitgescheiden door de vis zijn afhankelijk van verschillende factoren, zoals:

- Voersamenstelling,
- Vissoort,
- Visgrootte,
- Waterkwaliteit.

In het concept Nutri-hof gaan we uit van de volgende getallen:

N-voer: 60 g/kg

N-opname vis: 46% = 27,6 g/kg voer

N-excretie: 34% = 20,4 g/kg voer

N-mest: (20%) = 12,0 g/kg voer

Schneider (2006) heeft in het kader van het onderzoek naar Zero discharge Aquaculture by Farming in Integrated Recirculating

Systems in Asia (ZAFIRA) onderzocht hoe de nutriëntenopname (als percentage van de voernutriënten) is bij uitbreiding van de productieketen:

19

Vis	20-50%
Vis + planten	60-85%
Vis + planten + herbivore conversie	29-45%
Vis + bacteriën	+ 7% (t.o.v. vis)
Vis + wormen	+ 0,06% (t.o.v. vis)

Tabel 2: (Toename van) N-opname in intensieve visteeltsystemen (als percentage van het voer-N).

De hoogste N-opname wordt bereikt met de combinatie vis/planten. Ten opzichte van de conventionele visteeltrecirculatiesystemen kan de N-opname aanzienlijk verhoogd worden door de bacteriële processen in het conventionele visteeltrecirculatiesysteem (gedeeltelijk) te vervangen door planten.

5.

Beschrijving van mogelijke onderdelen

De afvalstromen van de vis zijn te onderscheiden in:

1. In het systeemwater opgeloste nutriënten.
2. Vaste reststoffen.

5.1

Opgeloste nutriënten

Uitgangspunt bij de keuze van conversie van opgeloste nutriënten is dat het nutriëntenrijke water gerecicleerd moet kunnen worden naar de vis. Zoals hiervoor duidelijk werd, wordt de hoogste N-opname bereikt met de combinatie vis/planten (tot 85% van het voer-N). Om die reden is er gezocht naar fototrofe conversie van de opgeloste nutriënten.

Een aantal onderzochte voorbeelden zijn:

- Algen (micro- en macro-algen),
- Zeewieren,
- Eendenkroos,
- Aquatische macrofyten (andere dan eendenkroos),
- Groenten (inclusief zilte groenten),
- Combinatie van genoemde vegetaties.

Bij de keuze van vormen van fototrofe conversie is gelet op:

- Toepasbaarheid op de Veluwe. Uitgangspunt is daarom: zoetwaterteelt,
- De complexiteit van de kweek, oogst en verwerking,
- Arbeidsintensiteit,
- (Kleinschalige) Afzetmogelijkheden (intern en/of extern),
- Bijdrage aan het gesloten maken van de nutriëntenkringloop op bedrijfsschaal,
- Rentabiliteit.

Hierna worden de verschillende vormen van fototrofe conversie beoordeeld. Tot slot wordt ook de nutriëntenabsorptie door sponzen besproken.

5.1.1 Fototrofe conversie

Algen

Algen nemen kooldioxide en nutriënten op uit het systeemwater. Zowel teelt van zoutwater- als zoetwateralgen is mogelijk. De productie is hoog: circa 4 kg drogestof/m²/jaar in open vijverteelt, onder Nederlandse omstandigheden. Deze productie kan met een factor 2 tot 4 worden verhoogd als gesloten teelt (in folietunnels of buizen) wordt toegepast.

Algen kunnen worden verwerkt tot grondstof voor o.a. farmaceutica, cosmetica, levensmiddelen, dier- en visvoerders en biobrandstof. Algen zijn heel geschikt om omega-3 en omega-6 vetzuren te verkrijgen, waardoor ze geschikt (te maken) zijn als vismeelvervangers in dier/visvoerders.

Aan sommige vissoorten, zoals tilapia, kunnen algen vers gevoerd worden. In visteeltrecirculatiesystemen is dat echter niet wenselijk.

Nadelen van algenteelt zijn:

- De teelttechnieken staan nog in de kinderschoenen,
- De algen zijn niet gemakkelijk te oogsten,
- De oogst en verwerking zijn kostbaar en energievretend,
- De winning van biobrandstof uit algen is (nog) niet rendabel,
- Om transportkosten binnen de perken te houden, is verwerking op locatie noodzakelijk. Dat maakt grootschalige teelt noodzakelijk.

Zeewieren

Zeewieren zijn uiteraard alleen toepasbaar in zoutwaterteelt en worden daarom in dit kader buiten beschouwing gelaten, hoewel zeewieren een interessant onderdeel kunnen zijn van (*land based*) Zero Discharge Marine Aquacultuur Systemen.

Eendenkroos

Eendenkroos neemt kooldioxide, nutriënten en fijne vaste stoffen op uit het systeemwater en kan zuurstof opnemen uit de atmosfeer en via de wortels afgeven aan het systeemwater. De wortels fungeren bovendien als nitrificatiemedium. Een gunstig aspect van eendenkroos is dat zij heel effectief is in de opname van ammonium-N en zouten.

Kroos kan zowel in zoetwater als brakwater geteeld worden. Kroos is zeer productief (biomassaverdubbeling in 16 tot 48 uur): onder Nederlandse omstandigheden kan op 1 hectare 10-30 ton kroos (ds) geproduceerd worden, in 150 groeidagen per jaar. Bij teelt in folietunnels, met verwarming en voldoende aanvoer van nutriënten, moet zeker het dubbele bereikt kunnen worden.

Door de hoge productie per hectare t.o.v. andere eiwitgewassen, het hoge eiwitgehalte en het gunstige (op soja gelijkende) aminozuurpatroon wordt eendenkroos toegepast in dier/visvoerders. Ook als grondstof voor humane voeding lijkt eendenkroos erg interessant. Daarnaast is toepassing als grondstof voor biobrandstof mogelijk.

Eendenkroos heeft het voordeel dat het gemakkelijk te kweken en oogsten is.

Aan enkele vissoorten, bijvoorbeeld tilapia, wordt eendenkroos vers (bij)gevoerd. Als het kroos gedroogd moet worden, vergt dat veel energie. Door het kroos te persen, kan het vochtgehalte gehalveerd worden (van 92-95% naar circa 45-50%). De transportkosten naar de verwerker kunnen dus eenvoudig beperkt worden.

Aquatische macrofyten

Bekende voorbeelden van al of niet geïntegreerde teeltvormen zijn de teelt van waterhyacynthen in visvijvers en de helofytenfilters die gebruikt worden om afvalwater te zuiveren. In Azië worden de geteelde waterhyacynthen gebruikt als bijvoeding van runderen.

In Nederland zouden vijverwaterplanten economisch interessant kunnen zijn. Er is helaas weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar nutriëntenopname door de verschillende waterplanten.

De teelt vraagt meer aandacht en kennis dan bijvoorbeeld eendenkroos. In de siervishouderij (koikarperhobbyisten) is er zeker een afzetmarkt te vinden voor (sier)waterplanten.

Groenten

Voor zoutwaterteelt zijn er enkele inheemse zilte groenten die in aanmerking komen voor geïntegreerde teelt. In Zeeland worden op bescheiden schaal lamsoor en zeekraal geteeld. Ook nieuwe soorten zoals zeekool, zeevenkel, zeekers en zeebiet lijken potentie te hebben op de consumentenmarkt als duurzame zilte groenten.

In het kader van dit concept beperken we ons tot de zoetwaterteelt.

Groenten op hydrocultuur zijn een bekend fenomeen in de Nederlandse tuinbouw. De combinatie groente/visteelt is een nieuwe ontwikkeling die bekendstaat onder de naam 'aquaponics'. Diverse groenten worden met succes geteeld op visteeltsysteemwater, waarbij producties gehaald worden die in sommige gevallen 3-20 keer hoger zijn dan die van de vollegrondsteelt en soms ook hoger zijn dan de productie op hydrocultuur.

Voor groenten op visteeltsysteemwater zijn nitrificatie en heterotrofe degeneratie noodzakelijk, om voldoende voedingsstoffen voor de groenten te kunnen garanderen. Daarom is een nitrificatiefilter noodzakelijk.

5.1.2 Sponzen

Van mariene sponzen is bekend dat deze primitieve meercellige dieren, heel goede waterfilteraars zijn. Zij zouden niet alleen nutriënten filteren, maar ook virussen en bacteriën. Dat maakt ze goede vervangers van UV- en ozoninstallaties in visteeltrecirculatiesystemen.

Sponzen zijn tevens (vismeeelvervangende) grondstoffen voor dier/visvoerders. Er wordt op dit moment een proef uitgevoerd met sponzen als nutriëntenfilteraars onder viskooien in de Middellandse zee bij Turkije (De Goeij, 2011). Het is de vraag of zoetwatersponzen ook deze werkingen hebben.

5.2

Vaste reststoffen

De vaste reststoffen, die als slib van het water zijn gescheiden, kunnen direct als meststof gebruikt worden op het akker- of grasland.

Alternatieve toepassingen voor de vaste reststoffen zijn:

1. Het gebruik als koolstofbron in denitrificatiereactoren van het visteeltrecirculatiesysteem. Maar dan wordt de omzetting van nitraat in stikstofgas bevorderd, wat niet wenselijk is omdat:
 - a) Nitraat goed opneembaar is voor veel plantensoorten.
 - b) Emissie van afvalstoffen (stikstofgas in dit geval) zoveel mogelijk beperkt moet blijven.
2. De conversie van vaste reststoffen in bacteriemassa en hergebruik als Single Cell Protein (SCP). Een voorbeeld daarvan is het gebruik van actief slib als visvoedingrediënt (De Muylder et al., 1989). Bezwaren die kleven aan het gebruik van SCP in (vis)voer zijn:
 - a) De voedselveiligheid kan in gevaar komen, omdat met name zware metalen zich kunnen ophopen in actief slib.
 - b) Desinfectie van het slib met behulp van hittebehandeling is noodzakelijk, wat veel energie en geld kost.
3. Detrivore conversie van de vaste reststoffen, waarbij de reststoffen als voer dienen voor bijvoorbeeld (compost)wormen. Om te voorkomen dat ook hier sprake kan zijn van gevaar voor de voedselveiligheid door accumulatie van zware metalen in de reststoffen, kunnen de wormen het best aan de hengelsport verkocht worden. De compost kan als meststof worden verkocht voor gebruik in bloementuinen.

Op grond van bovenstaande hebben we ervoor gekozen om:

- Denitrificatie niet te bevorderen, maar het nitraat juist te benutten voor fototrofe conversie.
- De vaste reststoffen te benutten voor detrivore conversie door wormen.

6.

Keuze van de onderdelen

6.1

Het totaalconcept

Waardering van potentiële converters voor opgeloste nutriënten:

	Algen	Eendenkroos	Macrofyten	Groenten	Sponzen
Complexiteit	-	+	+	+/-	+ (?)
Arbeidsintensiteit	-	+/-	+/-	+/-	+ (?)
Afzetmogelijkheden intern*	+	+	-	-	+ (?)
Afzetmogelijkheden extern	+	+	+	+	+
Verdeling afzet over het jaar	+	+	-	+	+
Bijdrage sluiting kringloop	+	+	+	+	+ (?)
Rendabiliteit	+/-	+/-	+	+	+/- (?)

Eendenkroos scoort het hoogst. Het is gemakkelijk te kweken en kan het gehele jaar in verse of droge vorm gevoerd worden aan vis of aan landbouwhuisdieren. Kroos kan heel efficiënt nutriënten opnemen uit water en kan derhalve een belangrijke bijdrage leveren in het sluiten van de nutriëntenkringloop. Een nadeel is dat er veel verwarmde oppervlakte nodig is om jaarrond te kunnen produceren. Vooral het oogsten en drogen (als dat nodig is) kost extra arbeid en energie, wat de kostprijs van een kg gedroogde kroos verhoogt.

Voordeel van eendenkroos ten opzichte van groenten en aquatische macrofyten is dat het zeer efficiënt ammonium-N opneemt, waardoor het het nitrificatiefilter (gedeeltelijk) kan vervangen, wat de investeringskosten van het teeltsysteem kan reduceren.

Tabel 3: Beoordeling van de toepasbaarheid van fototrofe converters.

+ = gunstig, - = ongunstig,

+/- = neutraal.

** = verwerkbaar in visvoer.*

Sponzen scoren eveneens hoog, maar in het geval van zoetwaterteelt is nog niet bewezen dat sponzen die werking hebben zowel in zoetwater als in zoutwater. Het was de bedoeling om in het kader van deze opdracht de werking van zoetwatersponzen te testen, maar het bleek niet mogelijk om in september/oktober aan zoetwatersponzen te komen. Algen hebben op grote schaal in de toekomst mogelijkheden, wanneer alle fracties (naast de oliehoudende fractie) efficiënt benut kunnen worden. Op kleine schaal zijn algen interessant wanneer deze het startvoer van vislarven kunnen vervangen. Nadelen van algenkweek zijn de complexiteit en arbeidsintensiteit van gecontroleerde kweek en het feit dat de oogst en verwerking arbeidsintensief en complex zijn. Daardoor is de kostprijs van gedroogde algen vrij hoog en is algenproductie niet altijd rendabel.

Groenten en aquatische macrofyten zijn zeker interessant vanuit bedrijfseconomisch perspectief. Aquatische macrofyten hebben het nadeel dat de afzet beperkt is tot de periode van april tot september (het siervisvijverseizoen).

Op grond van bovenstaande hebben we bij Nutri-hof gekozen voor:

1. Een visteeltrecirculatie-unit, met
2. Vaste delen verwijdering, met
3. Compostwormen,
4. Een nitrificatiefilter,
5. Eendenkroosbedden en
6. Groentebedden.

In Bangladesh wordt een eendenkroosproductie van 15 gram (drogestof)/m²/dag gerealiseerd. Dat komt neer op 5,5 kg/m²/jaar. Dit moet ook in Nederland – in verwarmde en verlichte foliekassen en voldoende nutriënten – haalbaar zijn. Per m² brengen groenten veel meer op dan eendenkroos.

Toch is er gekozen voor de combinatie eendenkroos/groenten, omdat eendenkroos heel efficiënt zouten opneemt uit het systeemwater.

Daardoor is het waarschijnlijk niet noodzakelijk om een deel van het systeemwater dagelijks te verversen. Het watergebruik kan in dat geval waarschijnlijk beperkt blijven tot het aanvullen van de verdampingsverliezen en vochtopname door de groenten en het eendenkroos.

6.2 Vissoorten

Uitgangspunt is viskweek in recirculatiesystemen, waardoor jaarrond in ons klimaat kan worden gekweekt en de waterkwaliteit gemanaged kan worden.

Bij de keuze van vissoorten beperken we ons, gezien de regio Noord-Veluwe, tot zoetwater vissoorten. De zoetwater vissoorten kunnen we onderverdelen in:

1. Koudwatervissoorten,
2. Warmwatervissoorten,
3. Siervissen,
4. Hengelsportvissen,
5. Consumptievissen.

Siervissen (bijvoorbeeld koikarpers en steuren) en hengelsportvissen (bijvoorbeeld karpersoorten, (zalm)forel en meerval) kunnen economisch aantrekkelijk zijn om te kweken, al of niet in combinatie met hengelvijvers. Toch richten we ons – gezien het agrarische karakter van de regio Noord-Veluwe – op consumptievissen.

Voorbeelden van koudwaterconsumptievissen die gekweekt worden, zijn: regenboogforel, beekforel en beekridder. Van deze soorten is regenboogforel het meest gekweekt. Deze vis gedijt het best in water met een temperatuur van 15-18 °C. In de winter vraagt deze vis minder warmte. 's Zomers zal er zeer waarschijnlijk gekoeld moeten worden.

Het koudwaterconcept is minder aantrekkelijk dan het warmwaterconcept, omdat in koud water de eendenkroosopbrengst veel lager is en de groenten die geschikt zijn om bij deze temperaturen te kweken (bijvoorbeeld slasoorten) minder waard zijn.. Om deze reden wordt voor de conceptkeuze in het kader van deze opdracht gekozen voor een warmwatervissoort.

Warmwater (zoetwater/consumptie) vissoorten die in aanmerking komen voor kweek in Nederland zijn o.a.: paling, Afrikaanse meerval/ Claessee, tilapia, snoekbaars en barramundi.

In de onderstaande tabel zijn de genoemde vissoorten onderworpen aan keuzecriteria die bepalen in hoeverre deze geschikt zijn voor kweek onder Nederlandse omstandigheden (kweek in visteeltrecirculatiesystemen):

		Paling	Meerval	Tilapia	Snoekbaars	Barra-mundi
Vis	Gevoeligheid waterkwaliteit	+/-	+	+	-	+/-
	Voortplanting in gevangenschap	-	+	+	+	+
	Kleinsch. Voortpl. rendabel	n.v.t.	+/-	+	+/-	+/-
	Pootvisproductie in Nederland	n.v.t.	+	+	+	-
	Genetische verbetering mogelijk	-	+	+	+	+
Kweek	Technisch goed ontwikkeld	+	+	+	+/-	+
Econom.	Investeringskosten (€/kg prod.)	-	+	+/-	-	+/-
	Productiekosten (€/kg prod.)	-	+	+/-	-	-
	Verkoopprijs	+	-	+/-	+	-
	Winstverwachting	+	+/-	+/-	+	-
Markt	Bulk	*		*		
	Niche	*	*	*	*	*
	Maatschappelijke acceptatie	-	+/-	+	+	-

Paling

Paling is weliswaar voort te planten in gevangenschap, maar de voeding van de larven is nog een probleem, waardoor de larven niet uitgroeien tot glasaal. Een oplossing voor de palingkweeksector is de

Tabel 4: Beoordeling van de geschiktheid van enkele in Nederland gekweekte vissoorten.

+ = gunstig, - = ongunstig,
+/- = neutraal.

komende jaren ook nog niet te verwachten. In Volendam is het bedrijf Glasaal Volendam B.V. erin geslaagd paling voort te planten. Zij zeggen in staat te zijn de paling jaarrond voort te planten en verwachten binnen drie jaar een oplossing te vinden voor het voedingsprobleem.

De komende jaren is de palingsector nog afhankelijk van de aanvoer van glasaal uit natuurlijke wateren uit Frankrijk, Spanje, Portugal en Engeland. De kwaliteit is daardoor elk jaar verschillend, en de aanvoer beperkt tot ongeveer vijf maanden per jaar. Een gevolg van het feit dat paling niet succesvol in gevangenschap is voort te planten is dat paling niet genetisch te verbeteren is door bijvoorbeeld selectie.

Hoewel de verkoopprijzen en winstverwachting voor paling op dit moment gunstig zijn, dient men uiterst voorzichtig te zijn om in deze vissoort te investeren, omdat de investerings- en productiekosten hoog zijn en omdat palingkweek onderhevig is aan maatschappelijke kritiek, omdat paling gezien wordt als een bedreigde diersoort. Daardoor is de kans aanwezig dat er in de toekomst een Europees verbod komt op glasaalvisserij. Dat zou het einde van de palingkweek in Europa zijn. Deze bezwaren vallen weg als Glasaal Volendam B.V. erin slaagt om binnen enkele jaren gekweekte glasaal op de markt te brengen voor prijzen die vergelijkbaar zijn met de huidige glasaalprijzen.

In de bovenstaande tabel zijn we van de huidige stand van zaken uitgegaan.

Meerval

Meerval is tolerant t.o.v. de waterkwaliteit en gemakkelijk in gevangenschap voort te planten, en dus ook genetisch te verbeteren. De investerings- en productiekosten zijn vrij laag. Het aanbod op de markt is erg grillig, waardoor er periodes zijn met lage prijzen, die soms onder kostprijs liggen. De winstmarges zijn over het algemeen erg klein.

De maatschappelijke acceptatie van de meervalteelt is twijfelachtig, omdat de visdichtheid in meervalkwekerijen erg hoog is (om kannibalisme te beperken) en dat de vergelijking met intensieve veehouderij oproept.

Snoekbaars

De kweek van snoekbaars staat nog in de kinderschoenen, maar is hoopgevend te noemen. De winstverwachting is momenteel gunstig, maar sterk afhankelijk van de wildvang in het buitenland. De Nederlandse markt voor snoekbaars is niet erg groot, waardoor de prijs vrij sterk kan schommelen. De gevoeligheid voor de waterkwaliteit maakt deze vissoort minder geschikt voor geïntegreerde aquacultuur.

Barramundi

Barramundi is een uit Australië afkomstige baarsachtige. De barramundikwekerijen in Nederland hebben de pioniersfase niet overleefd, omdat de Nederlandse visverwerkers en consumenten niet bekend waren met deze vissoort. De prijzen die betaald werden, waren te laag om rendabel te kunnen produceren. Een nadeel was voorts dat de pootvis uit het buitenland moest komen. Kweektechnisch is het een geschikte kweekvis, die snel groeit.

Met een concept van geïntegreerde aquacultuur verwachten we de productiekosten te kunnen reduceren, waardoor de kweek van tilapia voor nichemarkten aantrekkelijk kan zijn. Bovendien is tilapia een vissoort die eendenkrooseiwit efficiënt kan benutten (Schneider, 2006) en tolerant is m.b.t. schommelingen in de waterkwaliteit. Om deze redenen kiezen we voor tilapia als vissoort voor dit concept.

Tilapia

Ook tilapia is tolerant t.o.v. de waterkwaliteit en gemakkelijk voort te planten in gevangenschap; ook op kleine schaal. Een groot voordeel van tilapia is dat zij een herbivoor (planteneter) is en gekweekt kan worden met een vismeelvrij voer. Dit is een belangrijk aspect met betrekking tot maatschappelijke acceptatie en duurzaamheid. Vismeel als grondstof voor diervoeders staat onder maatschappelijke kritiek, omdat de oceanen en zeeën overbevist worden, waardoor de visstanden worden bedreigd.

Bedrijfseconomisch gezien is de tilapiakweek moeilijk, omdat de productiekosten te hoog zijn voor de bulkmarkt (supermarkten). De in Nederland gekweekte tilapia kan niet concurreren met bijvoorbeeld de kweektilapia uit China en Vietnam, die als diepvriesfilets wordt aangeboden. Wanneer de productiekosten gereduceerd kunnen worden, heeft deze vis kansen op nichemarkten: de allochtonenmarkt (hele, verse tilapia) en de versmarkt (verse filet).

6.3 Groenten

In principe komen alle groenten die op hydrocultuur worden geteeld, ook in aanmerking voor teelt op viskweekwater (aquaponics).

Geschikt zijn o.a.:

- kruiden, bijvoorbeeld basilicum, tijm, oregano en peterselie,
- Waterkers,
- Pepers,
- Alle soorten sla,
- Diverse soorten bonen,
- Tomaten,
- Komkommer,
- Diverse koolsoorten.

Voor het concept kiezen we voor basilicum, omdat:

- Van deze teelt veel positieve (aquaponics)praktijkresultaten bekend zijn,
- De winst in euro per m² erg hoog is,
- Er een groeiende markt voor is in Nederland.

6.4

Eendenkroos

In het concept gaan we uit van het gebruik van een inheemse kroossoort. Derksen en Zwart (2010) en Nieuwenhuis en Maring (2009) noemen vijf inheemse kroossoorten:

- Kleinkroos (*Lemna minor*),
- Bultkroos (*Lemna gibba*),
- Puntkroos (*Lemna trisulca*),
- Veelwortelig kroos (*Spirodela polyrhiza*),
- Wortelloos kroos (*Wolffia arrhiza*).

Derksen en Zwart (2010) hebben enkele kleinschalige proeven uitgevoerd met kleinkroos en veelwortelig kroos. Uit die experimenten bleek dat de productie per m² het hoogst was voor kleinkroos. Ook in de literatuur zijn de meeste onderzoeken gedaan met kleinkroos. Hassan and Edwards (1992), Eid et al. (1995), Bairagi et al. (2002) en Schneider (2006) hebben tevens aangetoond dat kleinkroos goed verteerd wordt door tilapia en een belangrijke eiwitbron kan zijn in het tilapiavoer. Daarnaast neemt kleinkroos veel *suspended solids* (niet bezonken vaste deeltjes in het systeemwater) en kooldioxide op uit het systeemwater (Skillicorn et al., 1993).

Daarom (goede productie en goede benutting als/in visvoer) is de keuze voor kleinkroos voor dit concept het meest voor de hand liggend.

6.5

Wormen

In Nederland worden veel wormen gekweekt voor hoofdzakelijk de hengelsport. Er wordt veel geëxporteerd naar Europese landen en Noord-Amerika.

Het meest gekweekt worden zogenoemde kruipers “*Dendrobena*’s”. Deze wormen zijn erg populair omdat het zeer sterke wormen zijn en ze bovendien goed houdbaar zijn (ongeveer een half jaar zonder problemen).

Naast *Dendrobena*’s worden er ook in mindere mate *Eisenia*’s (mestwormen) gekweekt. Deze *Eisenia*’s zijn zeer geliefd bij de wedstrijdvisers.

Voor de verwerking van de vaste reststoffen komt alleen de mestworm in aanmerking, omdat deze worm zeer vochtig milieu prefereert, in tegenstelling tot *Dendrobena*’s, en de vaste reststoffen in de vorm van slib (met een hoog vochtgehalte) worden aangeboden.

Door Marcet et al. (2010) is aangetoond dat voorgecomposteerd slib van tarbotkwekerijen goed substraat is voor mestwormen (*Eisenia*’s).

7.

Nutri-hof, een duurzaam concept

Resumerend komen we voor Nutri-hof op het volgende totaalconcept: **Tilapia**, in combinatie met **kleinkroos** en **basilicum** als fototrofe converters en **mestwormen** als detrivore converter.

Het streven is om een zo duurzaam/biologisch mogelijk concept te ontwikkelen. Met name voor de vis en de basilicum is dat belangrijk, omdat deze producten als humane voedselproducten op de markt worden aangeboden. Het is noodzakelijk dat gebruik van schadelijke therapeutica wordt vermeden, zowel in de basilicum als de tilapia.

7.1

Duurzaam gekweekte Tilapia

Voor de beoordeling van de mate van duurzaamheid van viskwekerijen is de Maatlat Duurzame Aquacultuur (MDA) ontwikkeld. Hierin zijn duurzaamheidsdoelstellingen van overheidsregelingen vertaald naar concrete criteria voor de Nederlandse aquacultuur; met name voor meerval- en tilapiakwekerijen. De beoordelingscriteria zijn onderverdeeld in vijf hoofdgroepen:

1. Dierwelzijn en -gezondheid,
2. Milieu (energie en water),
3. Voeders,
4. Bedrijf en omgeving,
5. Vrije ruimte.

De belangrijkste criteria waar het kwekerijontwerp en -beheer op wordt beoordeeld, zijn:

1. Dierwelzijn en -gezondheid
 - Afstand van de kwekerij tot visverwerker.
 - Afstand van de kwekerij tot pootvisproducent.
 - Sorteermethodiek.
 - Leefomstandigheden van de vis.
 - Noodvoorzieningen.
 - Gebruik van diergeneesmiddelen.
2. Milieu (energie en water)
 - Energiegebruik per kg geproduceerde vis.
 - Gebruik van duurzame energie.
 - Isolatie van de kwekerij.
 - Gebruik van warmtewisselaars.
 - Gebruik van warmtekrachtkoppeling.
 - Gebruik/levering van warmteoverschot van/aan naastgelegen bedrijven.
 - Gebruik/levering van wateroverschot van/aan naastgelegen bedrijven.
 - Directe koppeling van viskweek met groentekweek.
 - Watergebruik (l/kg vis).
 - Behandeling vaste reststromen.
3. Voeders
 - Gebruik van visolie en vismeel.
 - FIFO-ratio (hoeveelheid visolie en vismeel gevoerd t.o.v. visolie en vismeel in geproduceerde vis).
 - Overige grondstoffen.
 - Voeropslag.
4. Bedrijf en omgeving
 - Situering kwekerij.
 - Situering voeropslag.
 - Situering opslag afvalstoffen.
 - Percentage erfverharding bouwkavel.
 - Bouwvolume.
 - Erfbepanting.
 - Vormgeving, kleur en materiaalgebruik.
 - Natuur (bijvoorbeeld: plaatsen van vogelnestkasten).
 - Landschappelijk en architectonisch ontwerp.
 - Omgevingsgerichtheid:
 - Infobord.
 - Digitale toegankelijkheid.
 - Inblik in de kwekerij.
 - Aanwezigheid van een multifunctionele ruimte.
5. Vrije ruimte
 - Verstoring (geluid en licht).
 - Water:
 - Geen gebruik van uitlogende materialen.
 - Afvoer/hergebruik hemelwater.
 - Vochtdoorlatende bestrating.
 - Afvoer van huishoudelijk water.

In totaal zijn er ongeveer 70 criteria, waarvoor maximaal circa 590 punten kunnen worden behaald. Dit jaar (2011) is de minimumeis voor een duurzame viskwekerij en duurzaam viskweekmanagement gesteld op 132 punten. Het ambitieniveau voor duurzame aquacultuur ligt dus niet erg hoog.

De Maatlat Duurzame Aquacultuur heeft geen criteria opgesteld voor de huisvestingssystemen en de visdichtheden in viskwekerijen. Daardoor kan vrijwel alle in Nederlandse kwekerijen geproduceerde vis onder de categorie “duurzaam gekweekte vis” gerangschikt worden.

Door op meer extensieve wijze (met lagere visdichtheden) vis te kweken, kan het medicijngebruik waarschijnlijk drastisch worden teruggedrongen. Wanneer het mogelijk is om zonder medicijnen vis en groenten te kweken, komt de teelt van biologische groenten en vis binnen handbereik. De Nederlandse viskweker kan zich onderscheiden van zijn/haar collegae, als hij/zij biologische vis kweekt.

In de Verordening (EG) nr. 889/2008 staan in hoofdstuk 2bis, vanaf artikel 25bis, gedetailleerde productievoorschriften beschreven voor verschillende in bijlage XIII beschreven vissoorten, schelpdieren, schaaldieren, stekelhuidigen en weekdieren. Bij het lezen van deze voorschriften wordt het al snel duidelijk dat het onder Nederlandse omstandigheden vrijwel onmogelijk is om biologische vis te kweken, omdat gesloten recirculatiesystemen voor dierlijke aquacultuurproductie verboden zijn (artikel 25 octies, lid 1) en kunstmatige verwarming en koeling slechts toegestaan is in broed- en kweekkamers (artikel 25 octies, lid 4).

Als de bestaande Europese voorschriften voor biologische visproductie niet veranderen op deze punten, kan er in de toekomst alleen verse biologische kweekvis aangevoerd worden op de Nederlandse markt per luchtvracht vanuit verre oorden. Het is zeer discutabel of die vis het certificaat “biologisch” terecht voert.

Naturland, een Duits certificeringsinstituut, legt de lat voor biologische visproductie nog hoger dan de Europese Commissie, door strengere eisen te stellen aan: visdichtheden, medicijngebruik, analysevoorschriften m.b.t. water, slib, voer en vis, en het vismeelgebruik in visvoer.

Er zijn verschillende landen met eigen criteria voor biologische productie van voedingsproducten. Als bijvoorbeeld de USDA Organic criteria voor groenten wel groenteteelt op hydrocultuur toestaan, zou het mogelijk zijn om de groenten als biologisch te exporteren naar de USA. Deze mogelijkheid is niet onderzocht in het kader van deze opdracht, omdat we ons met Nutri-hof richten op de productie van streekproducten.

7.2

Duurzaam geteelde basilicum

In de Barometer Duurzame Groenten en Fruit zijn verplichte eisen en keuzemaatregelen (puntensysteem) opgenomen, om te beoordelen in hoeverre er sprake is van duurzame teelt van groenten en fruit. De beoordelingscriteria worden onderverdeeld in de categorieën:

- Aandeel van de duurzame producten op het totale productenpakket,
- Verpakking,
- Afval,
- Elektriciteit, gas en water,
- Hygiëne en reinigingsmiddelen,
- Vervoer,
- Medewerkers,
- Overige eisen/keuzemaatregelen.

Het is niet erg moeilijk om duurzame groenten te telen in combinatie met vis volgens het aquaponics-principe. De stap naar biologische groenteteelt, met aquaponics, wordt echter verhinderd door artikel 4 van hoofdstuk 1 van Verordening (EG) nr. 889/2008, waar groenteteelt op substraat wordt verboden voor biologische groenteteelt. Alleen vollegrondsteelt komt in aanmerking voor het certificaat “biologisch”.

8.

Uitwerking en dimensionering van Nutri-hof

8.1 Uitgangspunten

Bij de uitwerking van Nutri-hof zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Een duurzaam (triple-P) concept, waarbij zoveel mogelijk de Europese regelgeving voor biologische productie, de Maatlat Duurzame Aquacultuur en de Barometer Duurzame Groenten en Fruit als basis dienen.
- Een concept dat op kleine schaal reeds rendabel is en dat past binnen de huidige agrarische bedrijfsvoering en reproduceerbaar is.
- Een eenvoudig uit te voeren concept, qua technische uitvoering en exploitatie.
- Een concept dat niet arbeidsintensief is.

8.2 Uitwerking van het concept op onderdelen

Tilapia unit

Belangrijkste criterium voor biologische kweek van tilapia is de maximale toegestane visdichtheid van 20 kg/m³.

Wanneer deze lage visdichtheid als uitgangspunt gehanteerd wordt, heeft dat consequenties voor:

- Het kweekvolume en -oppervlak. Deze worden uiteraard groter in vergelijking met de conventionele kwekerijen, waar de visdichtheid soms oploopt tot 200 kg/m³.

- De grootte van de kweekhal. Deze hangt nauw samen met het totale teeltoppervlak.
- De investeringskosten. Een grotere kweekhal verhoogt de investeringskosten per kg productie. Bij lage visdichtheden kunnen de investeringen in noodvoorzieningen (nodig bij calamiteiten zoals uitval van netstroom) beperkt blijven.
- De exploitatiekosten. Door de lage visdichtheid is het niet nodig om gebruik te maken van injectie van pure zuurstof. Ook beluchting is niet noodzakelijk, mits de doorstroming van de bassins niet te laag is. Een grotere kweekhal kost echter meer warmte.

Door de grote teeltvolumes komen kooiconstructies in folievijvers in aanmerking. Deze vorm van huisvesting is goedkoper dan polyester bassins. Naast de kooien kan de kleinkroos in drijvende kroosbedden gekweekt worden. Deze kroos neemt direct ammonium-N op. Daardoor kunnen de tricklefilters kleiner worden uitgevoerd dan normaal in conventionele tilapia-recirculatiesystemen.

Voor de verwijdering van vaste stoffen wordt gebruik gemaakt van platenbezinkers, omdat:

- Deze goedkoper zijn in aanschaf dan trommelfilters.
- Deze goedkoper zijn in onderhoud en exploitatie dan trommelfilters (geen drukpompen nodig om filterplaten af te spuiten; dus energiezuiniger/duurzamer).
- Hierin heterotrofe degeneratie van organische N-verbindingen plaatsvindt, wat ten goede komt aan de kroos- en basilicumproductie.

Het eendenkroosaandeel in het concept

Het eendenkroos is in competitie met groenten als het gaat om opname van nutriënten uit het systeemwater. Toch is er verschil in voorkeur voor nutriënten tussen kroos en groenten. Eendenkroos heeft voorkeur voor ammonium, en groenten hebben voorkeur voor nitraat. Voor groenten is dus het nitrificatieproces (omzetting van ammonium in nitraat) nodig en voor eendenkroos niet. Eendenkroos kan het biofilter, waarin het nitrificatieproces plaatsvindt, zelfs geheel of gedeeltelijk vervangen. Dat deel van het ammonium dat door eendenkroos wordt opgenomen, kan niet door nitrificerende bacteriën worden omgezet in nitraat. In dat opzicht is eendenkroos dus in competitie met groenten.

El-Shafai et al. (2004) hebben aangetoond dat de groeisnelheid en de voederbenutting niet significant afnemen als 20% (of minder) van het tilapiadiet vervangen wordt door eendenkroos (op drogestofbasis). Daarbij maakt het niet uit of het eendenkroos gedroogd of in verse vorm gevoerd wordt. Boven de 20% vervanging neemt de groeisnelheid wel significant af, terwijl de voederbenutting gelijk blijft ten opzichte van het controlediet.

Hierna worden drie conceptvarianties nader onderzocht:

1. Geen eendenkroos, naast groenten (basilicum).
2. Voldoende eendenkroos om 20% van het visvoer (op drogestofbasis) te kunnen vervangen, naast groenten (basilicum).
3. Voldoende eendenkroos om het biofilter volledig te kunnen vervangen, zonder groenten.

Variatie 1

Bij variatie 1 wordt naast vis en wormen alleen basilicum geteeld en geen eendenkroos.

Variatie 2

In geval van variatie 2 wordt een hoeveelheid eendenkroos geteeld die voldoende groot is om 20% van het visvoer te kunnen vervangen. De rest van het ammonium-N/nitraat-N wordt aangewend om basilicum op te telen. Deze variatie levert/vraagt t.o.v. variatie 1:

- Minder omzet en winst,
- Meer ruimte/kasoppervlak,
- Een besparing (investeringskosten) van 50% van het biofilter (tricklingfilter),
- Een besparing op de voerkosten van 20%,
- Meer warmte (exploitatiekosten) door het grotere kasoppervlak.

Variatie 3

Bij de derde variatie wordt alle ammonium-N opgenomen door het eendenkroos. Daardoor is er geen ammonium meer beschikbaar voor nitrificatie/groenteteelt, tenzij er extra nutriënten worden toegevoegd aan het systeemwater. In totaal kan er per ton tilapiaproductie ongeveer 440 kg eendenkroos geproduceerd worden (zonder toevoeging van extra nutriënten). Hiervan kan 280 kg verwerkt worden in het visvoer. De rest (160 kg) kan worden verkocht als eiwitgrondstof aan derden.

Bovenstaande effecten van het eendenkroosaandeel op de omzet/winst, ruimtebehoefte, investerings- en exploitatiekosten zijn in geval van variatie 3 nog groter dan in geval van variatie 2.

De vraag die we ons moeten stellen, is: is kroos een noodzakelijk onderdeel van het concept? Een pilot zal antwoord moeten geven op deze vraag. Echter, om een *zero discharge*-systeem te kunnen verwezenlijken, lijkt eendenkroos noodzakelijk omdat eendenkroos heel efficiënt een heel breed spectrum van zouten/nutriënten kan opnemen.

In de navolgende tabel is per ton tilapiaproductie per conceptvariatie gekeken naar het effect op:

- Het benodigd oppervlak.
- De groente/kroosproductie.
- De omzet.
- De investeringskosten.
- De exploitatiekosten.

		Variatie 1	Variatie 2	Variatie 3
Oppervlak (m ²)	Kroos	0	80	125
	Basilicum	38	11	0
	Totaal	38	91	125
	Kas ¹⁾	57	136	187
Productie (kg)	Kroos voer	0	280	280
	Kroos extra	0	0	160
	Basilicum	760	220	0
Omzet (€)	Kroos ²⁾	0	0	40
	Basilicum ³⁾	11.400	3.300	0
Investering (€)	Kas ⁴⁾	969	2.312	3.179
	Tricklingfilter	250	125	0
	Totaal	1.219	2.437	3.179
Exploitatie (€)	Warmte ⁵⁾	855	2.040	2.805
	Voer ⁶⁾	0	-232	-232
	Totaal	855	1.808	2.573

1) Kasoppervlak = $1,5 \times \text{teeltoppervlak kroos/basilicum}$.

2) Kroos wordt op dit moment alleen gedoopt en toegepast als eiwitgrondstof voor diervoeders. Dit levert ongeveer € 0,25/kg drogestof op.

3) Omzet basilicum = oppervlak $\times$ productie(kg)/m² $\times$ opbrengst per kg basilicum; productie/m² = 20 kg/m²; opbrengst basilicum = € 15,-/kg.

4) Investeringskosten kas: € 17,00/m².

5) Verwarmingskosten kasruimte: € 15,00/m².

6) Besparing op voerkosten: 280 kg $\times$ € 0,83/kg.

Conclusies

De besparing met eendenkroos op de investering in het tricklingfilter weegt niet op tegen de extra investering in de extra kasruimte.

De besparing op voer die behaald wordt met eendenkroos, weegt niet op tegen de extra verwarmingskosten die nodig zijn om de extra kasruimte te verwarmen.

Vervanging van basilicum door eendenkroos:

- Verlaagt de omzet (en winst).
- Verhoogt de investeringskosten.
- Verhoogt de productiekosten.

Met het oog op het streven naar *zero discharge* wordt in het concept een klein percentage van het ammonium-N gereserveerd voor eendenkroosproductie. Een keuze voor ecologische duurzaamheid, tegen inlevering van een deel van de economische duurzaamheid.

Uitgangspunten bij de dimensioneringen van de verschillende conceptonderdelen van Nutri-hof ten opzichte van elkaar zijn:

Een jaarproductie van 1 ton tilapia.

- Maximale visdichtheid is 20 kg/m³.
- Voederconversie van tilapiavoer: 1,4.
- Het basilicumoppervlak bedraagt 1 m² per 100 gram visvoer per dag.
- Kleinkroos vervangt 5% van het visvoer.
- De kleinkroosproductie wordt ingeschat op 3,5 kg (ds)/m²/jaar.
- Opnamecapaciteit van kroos: 0,5 g N/m/dag.
- De platenbezinkers verwijderen 50% van de vaste stoffen door bezinking. Per kg voer komt er 150 gram vaste stoffen vrij voor (vermi)compostering.

Uit het bovenstaande kan worden afgeleid dat per ton tilapiaproductie per jaar:

- 70 kg kleinkroos geproduceerd moet worden (5% van 1000 kg x 1,4 (voederconversie)).
- $70/3,5 = 20 \text{ m}^2$ kroosbed geïnstalleerd moet worden.
- Er 950 kg (resterende 95%) x 1,4 = 1,33 ton voer per jaar gevoerd wordt bij een voederconversie van 1,4¹. Dat is gemiddeld ongeveer 3,6 kg voer per dag.
- Er per dag $20,4^2 \times 3,6 = 74$ gram N vrijkomt. Daarvan wordt circa 10 gram ($20 \times 0,5^3$) gebruikt voor de productie van kleinkroos.
- 64 gram N (86,5% van het totaal) door het nitrificatiefilter per dag moet worden omgezet in nitraat.
- Er in totaal $3600/100 = 36 \text{ m}^2$ wordt ingericht als basilicumbed.
- Er $1400 \times 0,150 = 210$ kg vaste reststoffen vrijkomt per jaar voor de (vermi)compostering.

In dit concept wordt $10/74 = 13,5\%$ van het tricklingfilter vervangen door het kroosbed. Willet (2005) en Schneider (2006) hebben aangetoond dat eendenkroos het nitrificatiefilter zelfs geheel kan vervangen. Omdat basilicum met name nitraat nodig heeft, is nitrificatie noodzakelijk.

8.3 Productie

Op grond van de gegevens in Paragraaf 8.2 is per conceptonderdeel de productie uitgerekend.

Basilicum

Rakocy et al. (2004) hebben onderzoek gedaan naar onder andere de combinatie tilapia/basilicum in een aquaponics-systeem. De opbrengst was ongeveer $2 \text{ kg/m}^2/\text{oogst}$, wat ruim 3x hoger is dan de opbrengst van de vollegrond. De jaaropbrengst kan worden vastgesteld op 20 kg basilicum per m^2 . Per ton tilapia productie kan er 36 m^2 basilicum bed in productie zijn (naast het kroosbed). Dat levert 720 kg basilicum op per jaar.

Kleinkroos

Als we uitgaan van een drogestofproductie van $3,5 \text{ kg/m}^2/\text{jaar}$, kan van 20 m^2 kroosbed per jaar $3,5 \times 20 = 70$ kg ds kroos geoogst worden. Deze hoeveelheid komt overeen met circa 5% van de hoeveelheid voer die nodig is om 1 ton tilapia te produceren. Op deze manier zou dus een besparing van 5% op de voedergrondstofkosten gerealiseerd kunnen worden. Dat is niet hoog genoeg. Het is niet lonend om deze hoeveelheid kroos te drogen en te malen/mengen met bijvoorbeeld commercieel karpervoer en dat mengsel opnieuw te pelletteren. De kleinkroos zal in natte vorm bijgevoerd worden aan de tilapia. Experimenten van El-Shafai et al, 2004, en praktijkproeven in onder andere Bangladesh (Derksen, 2010) tonen aan dat tilapiakroos in deze vorm goed opneemt en verteert.

¹ Voederconversie = hoeveelheid voer die nodig is voor 1 kg groei.

² Per kg tilapiavoer komt 20,4 gram stikstof vrij in het systeemwater (Schneider, 2006).

³ Eendenkroos neemt 0,5 gram N/m²/dag op uit het systeemwater.

Het belang van kroos is driedig:

- Het vervangt 13,5 % van het nitrificatiefilter,
- Het maakt 100% recirculatie mogelijk, door efficiënte opname van zouten (dit moet nog wel worden aangetoond in een pilot),
- Het maakt een besparing van 5% op de voerkosten mogelijk.

Mestwormen

210 kg vaste reststoffen wordt gemengd met 630 kg zaagsel (mengverhouding 1:3; Marcet et al, 2010) tot 840 kg te composteren mengsel. Dit levert 10% = 84 kg mestwormen en 420 kg vermicompost op per jaar (Edwards, 1985). Bij een gemiddelde productie van 5 kg wormen per m² per jaar is dus een oppervlak van 17 m² nodig.

8.4 Massabalans biomassa

De massabalans voor de biomassa, uitgaande van een productie van 1 ton tilapia:

In:	kg
Visvoer	1330
Kleinkroos	0
Zaagsel	630
Pootvis	100
Totaal	2060 kg

Uit:	kg
Tilapia	1000
Basilicum	720
Kleinkroos	0
Mestwormen	84
Compost	420
Totaal	2224 kg

Hierin is het watergebruik niet meegenomen. Het kroos wordt 100% intern als voergrondstof gebruikt.

9.

Financiële prognoses

9.1

Investeringskosten

Voor berekening van het nettoresultaat is het van belang om inzicht te krijgen in de hoogte van de investeringskosten van het concept Nutrihof. Dat bepaalt onder andere de afschrijvings- en rentekosten. De investeringskosten voor een 10-tonsconcept (gebaseerd op de productie van 10 ton tilapia per jaar).

Een 10-tonsconcept bestaat uit:

- Een kas als huisvesting voor de tilapia, eendenkroos (200 m²) en groentebedden (360 m²).
- Een folietunnel voor de huisvesting van de wormen (170 m² bedden).
- Infrastructuur.
- Drie van elkaar gescheiden units met folievijvers met viskooien, kleinkroosbedden, platenbezinkers, tricklingfilters, circulatiepompen, groentebedden en wormenbedden.
- Hulpmiddelen.

De totale investering voor een 10-tonsconcept bedraagt € 282.500 (zie Bijlage 2). Dit bedrag kan worden onderverdeeld in € 182.500 voor de gebouwen en € 100.000 voor de inventaris. Omgerekend per ton tilapia productie is dat: € 18,25/kg productie voor de gebouwen en € 10,-/kg productie voor de inventaris (infrastructuur, installaties en hulpmiddelen).

Deze totale investering van € 28,25/kg productie is erg hoog ten opzichte van de grootschalige intensieve tilapiakwekerijen, waarbij men werkt met recirculatiesystemen. Hier ligt de totale investering (gebouwen en installaties) op ongeveer € 5,-/kg productie voor een 600-tonskwekerij.

Dat komt omdat in dit concept:

- Er sprake is van een negatief schaaleffect t.o.v. een 600-tonskwekerij.
- In dit concept met lage visdichtheden gewerkt wordt van 20 kg/m³, waardoor een (relatief) groter gebouw nodig is.
- Extra investeringen (gebouwen, installaties en hulpmiddelen) nodig zijn voor de kleinkroos, basilicum en mestwormen: naar schatting € 111.500 extra.

Het visaandeel van de resterende investering bedraagt: € 171.000. Dat is € 17,10/kg productie. Ruim driemaal de investering per kg productie van een grootschalig tilapiarecirculatiesysteem.

9.2

Kosten, baten en nettoresultaat

De omzet per ton tilapiaproductie is als volgt berekend:

Tabel 5: Omzetberekening per ton geproduceerde tilapia.

Product	Productie (kg)	€/kg	Omzet (€)
Tilapia	1000	3,00	3.000
Basilicum	720	15,00	10.800
Kleinkroos	105	-	-
Mestworm	84	10,00	840
Vermicompost	420	-	-
TOTAAL			14.640

Bij de opbrengstprijzen per kg product gaan we ervan uit dat aansluiting gevonden kan worden bij groothandels voor duurzame streekproducten, en dat de vis en groenten in eigen beheer (door ketenpartners) kunnen worden verwerkt en verkocht.

De directe variabele kosten per ton tilapiaproductie zijn als volgt berekend:

Tabel 6: Berekening van de variabele kosten per ton geproduceerde tilapia.

Kosten	€
Visvoer	1.100
Pootvis	350
Gas/elektra	1850
Compostmedium	150
Zaad	60
Overig	100
TOTAAL	3.610

Door de lage visdichtheid is het niet noodzakelijk om zuurstof in te kopen.

(per ton Tilapia)	1	5	10	12	15	20
Brutobedrijfsresultaat	11.030	55.150	110.300	132.360	165.450	220.600
Vaste kosten						
Loonkosten	1.500	7.500	15.000	18.000	22.500	30.000
Afschrijvingskosten	1.270	6.350	12.700	15.240	19.050	25.400
Overige bedrijfskosten	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000
Rente lasten	940	4.700	9.400	11.280	14.100	18.800
Bedrijfskosten	14.710	29.550	48.100	55.520	66.650	85.200
Nettoresultaat	-3.680	25.600	62.200	76.840	98.800	135.400
Terugverdientijd (jaren)	-5,1	3,7	3,0	2,9	2,9	2,8
Betaalcapaciteit (Schuld/EBITDA)	-9,0	1,8	1,6	1,5	1,5	1,5

De kostenposten toegelicht:

- Er is gerekend met een voederconversie van 1,4 en een gemiddelde voerprijs van € 0,83/kg.
- Er is gerekend met 1,33 pootvisjes per kg productie. Verkoopgewicht van 850 gram gemiddeld en 10% uitval.
- Elektragebruik: 6 kW continu; € 0,15/kWh. Er is niet uitgegaan van opwekking van elektriciteit op het eigen bedrijf. Gasgebruik: € 15,-/m² kas.
- Loonkosten: deeltijdarbeid. Eén fulltime agrarisch medewerker moet een 20-tonskwekerij zelfstandig kunnen exploiteren.
- Afschrijving in 15 jaar.
- Overige bedrijfskosten (extra kosten naast bestaande bedrijfsactiviteiten): algemene kosten (m.n. advieskosten, accountantskosten en verzekeringen), huisvestingskosten (m.n. onroerende zaak belasting) en kantoorkosten. Deze (nagenoeg vaste) kosten kunnen beperkt blijven, omdat wordt aangesloten bij een bestaand bedrijf.
- Rente: 5% op gebouwen in installaties. Er is van uitgegaan dat er geen subsidie verkregen wordt en dat het geïnvesteerd eigen vermogen 0 is.

Tabel 7: Berekening van het nettoresultaat, de terugverdientijd en de betaalcapaciteit bij variabele conceptomvang.

Tabel 7 toont aan dat volgens de prognoses het concept minimaal een omvang moet hebben van een jaarproductie van 10 ton tilapia, om er één volledig jaarinkomen uit te kunnen halen.

Als er de beschikking is over restwarmte uit het eigen bedrijf, dan kan dat op de exploitatie een besparing opleveren van ongeveer € 1.500,-- per ton productie.

10.

De duurzaamheids- winst

Het is niet gemakkelijk om antwoord te kunnen geven op de vraag wat de duurzaamheidswinst is van Nutri-hof ten opzichte van bestaande (vis)teltsystemen. Daarvoor is uitgebreid onderzoek nodig. In dit onderzoek is sprake van een nieuw totaalconcept, bestaande uit vier onderdelen: tilapia, basilicum, eendenkroos en mestwormen. Dit concept kan niet vergeleken worden met een tilapiakwekerij, of met een basilicumkwekerij, of met een wormenkwekerij.

In Nutri-hof is de duurzaamheidslat hoog gelegd door uit te gaan van de visdichtheidsnorm (van 20 kg/m³) voor biologische visproductie. Hierdoor is het moeilijk om het visonderdeel van het concept te vergelijken met bestaande tilapiakwekerijen.

Om een indicatie te kunnen geven van de duurzaamheidswinst van Nutri-hof is per “P” aangegeven op welke onderdelen duurzaamheidswinst wordt behaald.

People

In dit kader moeten de volksgezondheid en de maatschappelijke acceptatie besproken worden. Met dit concept wordt ernaar gestreefd om op biologische wijze vis en groenten te produceren. Gezond voedsel, als duurzame streekproducten op de markt gezet.

De ecologische duurzaamheid van het concept, waarin ook rekening gehouden wordt met dierenwelzijn (lage visdichtheden), zal een brede maatschappelijke acceptatie van het concept bevorderen. De nodige zorg zal moeten uitgaan naar de manier waarop de consument wordt voorgelicht over de benutting van “afvalstoffen” voor voedselproductie.

Als deze producten van goede kwaliteit zijn en de consument weet waar (in de buurt) en hoe de producten geproduceerd worden, dan kan er een duurzame relatie ontstaan tussen producenten en consu-

menten. Dat zal nog versterkt worden als de consumenten betrokken kunnen worden bij de realisatie van het concept in hun eigen stad of wijk.

Planet

De ecologische winst van Nutri-hof zit vooral in:

- Minder lozing van nutriënten op de riolering.
- Minder uitstoot van broeikasgassen, zoals kooldioxide.
- Benutting van nutriënten als grondstoffen voor de productie van (voedsel)producten. Voor met name de productie van vis, groenten, eendenkroos en mestwormen.
- Minder watergebruik.

Profit

De ontwikkeling van de visteelt in Nederland staat onder druk. Tegen de mondiale ontwikkeling in, is er in Nederland sinds 2008 sprake van achteruitgang van het aantal viskwekerijen en van de omvang van de viskweekproductie (Van Duijn et al., 2010). Dat komt met name omdat de productiekosten van vis geproduceerd in recirculatiesystemen veel hoger zijn dan de productiekosten van vis geproduceerd in bijvoorbeeld vijvers en kooien. Dat maakt dat de concurrentiepositie van de Nederlandse viskwekers ten opzichte van de buitenlandse kwekers zwak is, tenzij ze kunnen kweken voor een nichemarkt. Maar voor een nichemarkt zijn de huidige visteeltrecirculatiesystemen vaak te grootschalig van opzet.

Om de positie van de Nederlandse viskweeksector te versterken, is het nationale beleid erop gericht om:

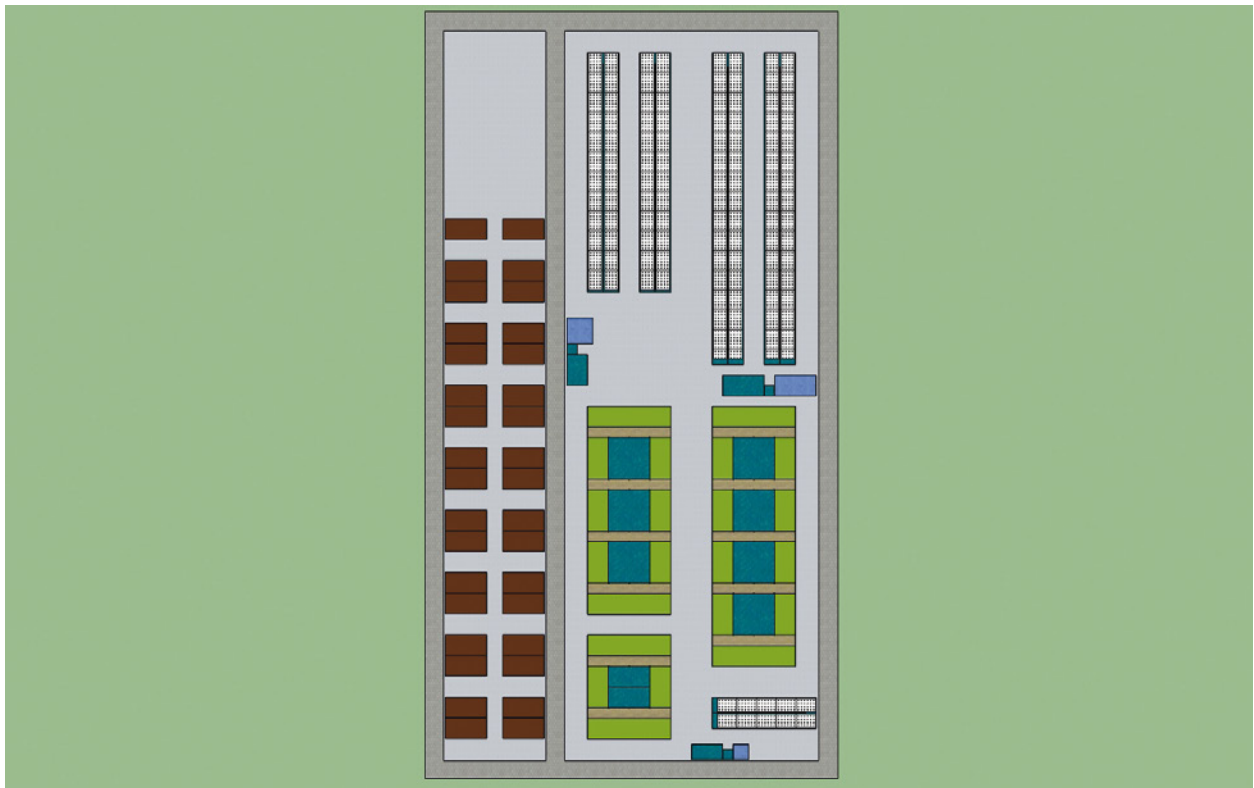
1. De marktpositie te versterken,
2. Efficiëntieverbeteringen en kostenbesparingen te realiseren,
3. Het innovatievermogen te verbeteren (Ministerie van EL&I, 2011).

Met dit innovatieve concept is het mogelijk om op kleine schaal rendabel te produceren. Het biedt zowel viskwekerijen als tuinbouwbedrijven de mogelijkheid om hun rentabiliteit te vergroten.

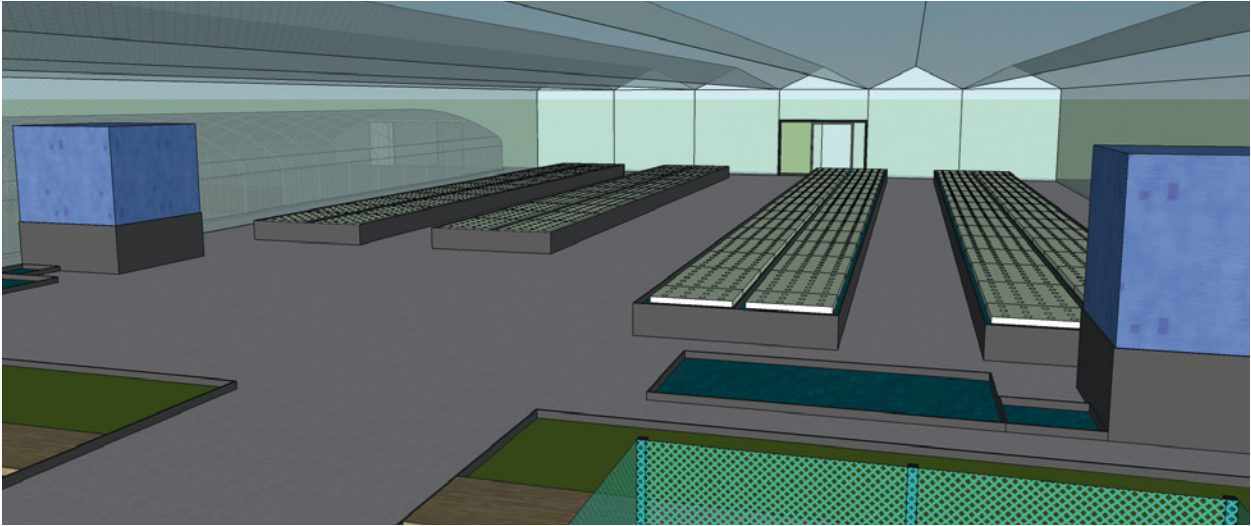
11.

Lay-out 10-tons unit

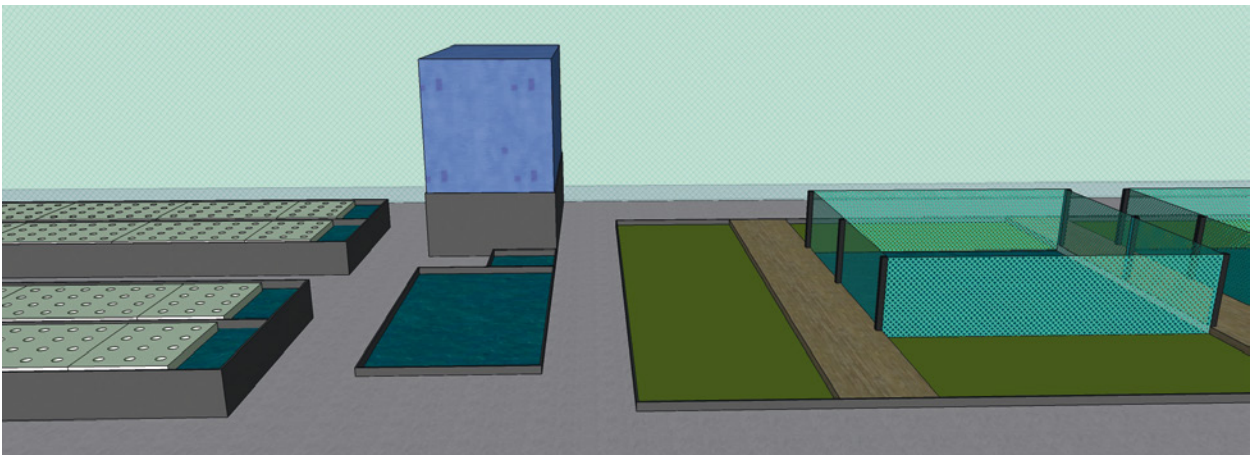
Om een indruk te geven hoe een 10-tons unit eruit zou kunnen zien, is de volgende impressie gemaakt.



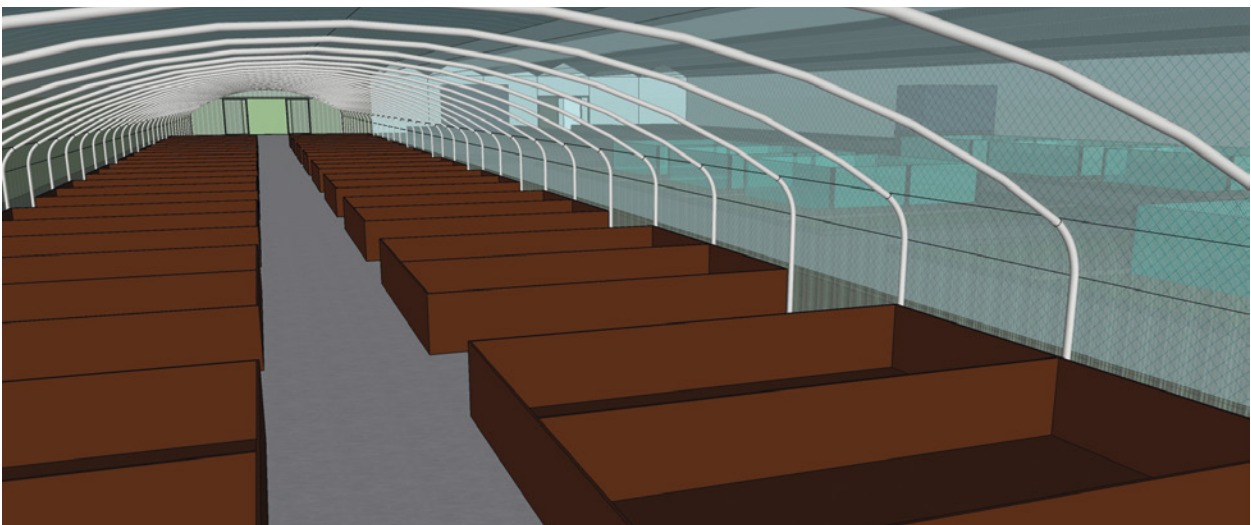
Figuur 2: Plattegrontekening met links: folietunnel met mestwormbakken (bruin gekleurd); rechts: kas met 3 gescheiden units met: tilapiakooien (blauw gekleurd), kleinkroosbedden (groen), basilicumbedden (witte vakken) en zuiveringsunits (blauw).



Figuur 3: Tilapiakooi (rechts), klein-kroosbedden (groen), basiumbedden (links) en in het midden de waterzuivering (blauw) met een platenbezinker (voorgond), tricklefilter met opvangbak en pompbak.



Figuur 4: Waterzuivering met basiumbedden op de achtergrond.



Figuur 5: Folietunnel met mestwormbakken.

12.

Externe integratie

Naast de interne integratie tussen visteelt, macro/microfytenteelt en wormenteelt is er ook externe integratie mogelijk met andere soorten van bedrijvigheid. Als aansluiting gezocht wordt bij andere bedrijvigheid, is het belangrijk dat de plannen op tijd besproken worden met gemeenten, om te kijken of deze passen in lokale en/of provinciale bestemmings/ontwikkelingsplannen.

In het kader van deze opdracht worden drie integratiemogelijkheden besproken:

1. Aansluiting bij (co)vergistingsinstallaties.
2. Aansluiting bij hengelsportrecreatie.
3. Aansluiting bij stads/wijkboerderijen.

12.1

Covergisting

Er zijn inmiddels ongeveer 100 (co)vergistingsinstallaties, boerderij/ buurt- en regiovergisters operationeel in Nederland. Wanneer er een WKK-installatie aan de vergisting is gekoppeld voor de productie van elektriciteit, komt daar ook veel warmte bij vrij (uit het koelwater en de rookgasafvoer). De meeste agrarische bedrijven kunnen niet al de vrijkomende warmte gebruiken in hun eigen bedrijfsprocessen. Het rendement van de installatie verdubbelt bijna als de warmte ook volledig benut kan worden.

De toepassing van (kleinschalige) boerderijvergisters neemt nog niet echt een vlucht, omdat ze vaak niet rendabel genoeg zijn. Verbetering van de technologie en de ontwikkeling van goedkopere installaties is noodzakelijk om de boerderijvergisters rendabeler te maken.

Boerderijvergisters zijn in exploitatie pas rendabel als:

- Eigen mest/biomassa kan worden vergist.
- Afzet/rendabele verwerking van digestaat mogelijk is.
- Er korte ketens mogelijk zijn voor de afzet van biogas/elektriciteit en warmte.

(Bron: Migchels et al., 2011)

Het concept van geïntegreerde aquacultuur Nutri-hof biedt extra inkomsten, waardoor onrendabele vergistingsinstallaties toch een rendabele combinatie kunnen vormen met het concept.

Een boerderijvergister met een capaciteit van 0,6 MW is ruimschoots toereikend om warmte te leveren aan een concept met een omvang van 10 ton tilapia per jaar. In de tuinbouw wordt gerekend met een WKK-capaciteit van 0,3 tot 0,5 MW per hectare kas. Hiermee zou een concept met een omvang van grofweg 100 ton tilapia van warmte kunnen worden voorzien.

De regio Noord-Veluwe is met name geschikt voor uitbreiding van het aantal boerderijvergisters, gezien het aanbod van mest.

12.2

Hengelsportrecreatie

Nutri-hof kan eenvoudig worden uitgebreid met een recreatietak, als beschikt kan worden over voldoende ruimte. Iets wat goed aansluit bij de viskweek en wormteelt is hengelsport. Vissoorten als forel, karper, paling en snoekbaars zijn heel geschikt om uit te zetten in hengelvijvers.

Met de aanleg van één of meerdere hengelvijvers kunnen op eenvoudige wijze, mits de grond daarvoor geschikt is, extra inkomsten gegenereerd worden. Als er geen kantine bij wordt geëxploiteerd, is deze nevenactiviteit arbeidsextensief. Forelvijvers zonder kantine kunnen netto ongeveer € 5,- tot € 8,- per klant opleveren. Als men naast de hengelvijver(s) ook een kantine exploiteert waar consumpties verkocht worden, neemt de omzet aanmerkelijk toe, en ook de behoefte aan extra personeel. Door rondleidingen voor groepen te organiseren in de kwekerij kan op eenvoudige wijze eveneens extra inkomen gegenereerd worden.

Naast twee bedrijven met hengelsportvijvers en de randmeren in de regio Noord-Veluwe is er weinig hengelsportwater in deze regio aanwezig. Daarom heeft deze vorm van recreatie, mede gezien het grote aantal toeristen in de regio, zeker mogelijkheden.

Het zal duidelijk zijn dat de realisatie van een concept van geïntegreerde aquacultuur in een kas op een agrarisch bedrijf met een boerderijvergister, waarbij men tevens een hengelvijver met een kantine wil exploiteren, de nodige voorbereidingen vergt van de vergunningverleners.

12.3

Stads- en wijkboerderijen

De stadsboerderij is een fenomeen dat in de laatste jaren opnieuw opkomt. Waren het vroeger vooral vijandige aanvallen waardoor boeren zich voor hun veiligheid genoodzaakt voelden om binnen de stadsmuren te wonen, tegenwoordig wordt met wijk- en stadsboerderijen geprobeerd om de voedselketen zichtbaar maken in de stad. Er is een tendens om de voedselproductie dichterbij de consument toe te brengen.

In sommige steden, zoals Rotterdam, is er een tendens om stadslandbouw mee te nemen in het beleid ten aanzien van de stedelijke ruimtelijke ordening en om bewoners te betrekken bij de invulling van stedelijke agrarische ruimte. Duurzame stedelijke vernieuwing gaat verder dan het reserveren van ruimte voor volkstuinjes.

Dit concept van geïntegreerde aquacultuur is bij uitstek geschikt om de voedselketen zichtbaar te maken voor de consumenten in steden en dorpen. Nutri-hof kan ook goed geïntegreerd worden in stedenbouwkundige plannen en kan onderdeel zijn van duurzame stedelijke vernieuwing, waarbij het concept aansluit bij (alternatieve) energiebronnen en recreatie.

13.

Uitwerking in regio Noord-Veluwe

13.1

Actorenanalyse consortiumvorming

Omdat aansluiting gezocht wordt bij agrarische bedrijven is het de bedoeling om de activiteiten bij die bedrijven toe te spitsen op de productie en de inkoop van grondstoffen, en de verkoop van producten uit handen te nemen. Er wordt gewerkt aan de vorming van een consortium van ketenpartners waarin de volgende actoren vertegenwoordigd zijn:

- Toeleveranciers,
- Teelttechnisch adviseur/conceptontwikkelaar,
- Technische installateur/technisch dienstverlener,
- Producenten,
- Verwerkers/handelaren.

Omdat uitgegaan is van de productie van duurzame streekproducten, moeten de consortiumpartners voor Nutri-hof in eerste instantie zoveel mogelijk op de Noord-Veluwe gezocht worden.

Toeleveranciers

De belangrijkste leveranciers van grondstoffen zijn leveranciers van: visvoer, pootvis en groentezaden/pootgoed.

De belangrijkste grondstof is visvoer: direct voor de vis en indirect voor de groenten, eendenkroos en mestwormen. Voerleveranciers voor consumptievis zijn er niet veel in Nederland. Coppens Diervoeding uit Helmond en Nutreco uit Boxmeer zijn twee gerenommeerde bedrijven die visvoer produceren. Nutreco is een hele grote speler op

de wereldmarkt voor visvoer. Trouw Nutrition in Putten is een onderdeel van Nutreco. Trouw Nutrition is een streekbedrijf met een wereldwijd bereik waar veel kennis aanwezig is op het gebied van onder andere de kwalitatieve en kwantitatieve voederbehoefte van diverse vissoorten, waaronder tilapia. Tevens beschikt Trouw Nutrition over een erkend laboratorium, MasterLab, waar water, voer en producten geanalyseerd kunnen worden.

Er zijn op de Noord-Veluwe geen tilapia-pootvisleveranciers te vinden. De reproductie van tilapia kan op kleine schaal in principe overal plaatsvinden, zoals bij de enige bestaande viskwekerij voor consumptievis in de regio: AquaFarm Putten BV (palingkwekerij). Als ketenpartner zou dit bedrijf, of een van de productiebedrijven binnen de keten, de reproductie van tilapia en de opkweek van pootvis als (nieuwe) activiteit kunnen oppakken. Dit kan jaarrond plaatsvinden, zodat het gehele jaar pootvis kan worden geleverd aan de productiebedrijven.

In de regio is ook een grote producent van biologische zaden en planten gevestigd, namelijk De Bolster BV uit Epe.

Ook zijn er verschillende wormenkwekerijen in de regio aanwezig waarmee zou kunnen worden samengewerkt. Een andere optie is om de pootplantjes en wormeitjes binnen de keten te produceren in gespecialiseerde productiebedrijven. Dat maakt de keten minder kwetsbaar.

Teelttechnisch adviseur

Bij de producenten zal behoefte zijn aan teelttechnische begeleiding, zowel bij de opstart van activiteiten als meer routinematig, met bezoeken om de voortgang en problemen te bespreken.

AquaFarmingConsult is als conceptontwikkelaar en teelttechnisch adviseur in staat om deze begeleiding te leveren.

Technisch installateur en technisch dienstverlener

Er zijn veel technische installateurs te vinden in het land, ook op de Noord-Veluwe. Maar er zijn er minder te vinden die bekend zijn met visteelt/waterzuivering. Hellebrekers Technieken in Nunspeet is een groot installatiebedrijf dat onder andere ruime ervaring heeft op het gebied van waterbehandeling en besturingstechniek. Tevens beschikt dit bedrijf over een servicedienst waarop teruggevallen kan worden bij calamiteiten.

Producenten

Wat de producenten betreft, wordt met name gedacht aan Noord-Veluwse agrarische bedrijven die beschikken over restwarmte en eventueel hun eigen elektriciteit kunnen produceren. Te denken valt aan bedrijven met kassenteelt en veehouderijbedrijven met mestvergistingsinstallaties.

Het concept kan ook heel goed toegepast worden als (onderdeel van de) Stadsboerderij, die toegankelijk is voor de consument en waar meerdere agrarische producten worden geproduceerd.

Verwerkers en handelaren

De verwerking en afzet van de producten wordt uit handen van de producenten genomen, maar moet zo mogelijk wel in eigen beheer plaatsvinden door (vaste) ketenpartners. Daarbij is het een pré wanneer ketenpartners gespecialiseerd zijn of ervaring hebben in duurzame en/of streekproducten.

Actoren in de Noord-Veluwe die voor de afzet van de producten in aanmerking komen, zijn Boerenhart (tilapia) en Willem en Drees (groenten) – beide gericht op de afzet van duurzaam/biologisch geproduceerde streekproducten. Zij spelen in op het feit dat steeds meer supermarkten schappen reserveren voor streekproducten. Nutadis uit Harderwijk, de grootste distributeur van biologische en reformartikelen in de Benelux, komt daar eveneens voor in aanmerking.

13.2

Pilot- en demofase

Het is de bedoeling om Nutri-hof in drie fases tot marktimplementatie te brengen:

- a) Conceptfase, waarin het concept wordt uitgewerkt en de businesscase in grote lijnen wordt opgesteld.
- b) Pilotfase, waarin op kleine schaal het concept wordt gedimensioneerd en uitgetest. Hiervoor zal subsidie in het kader van “Investerings in Aquacultuur” worden aangevraagd (september 2011) bij het ministerie van EL&I.
- c) Commerciële fase, waarin met commerciële partners een commercieel project wordt opgezet.

Naarmate deze fases worden doorlopen, zullen meer partijen als (keten)partner dienen te worden betrokken voor ontwerp/dimensionering, financiering en uitvoering.

De conceptfase is onderwerp van dit rapport en wordt getrokken door AquaFarmingConsult als conceptontwikkelaar en teelttechnisch adviseur.

De pilotfase zal (meer) duidelijkheid moeten verschaffen over:

- De dimensionering van het concept,
- Alternatieve conceptonderdelen (vissoorten, groentesoorten),
- Nutriëntenstromen,
- Producties, kosten en baten.

Voor deze fase bestaat behoefte aan consortiumvorming tussen (minimaal) de conceptontwikkelaar/teelttechnisch adviseur, een technische installateur/dienstverlener en risicodragende financiers – bij voorkeur in te vullen door een subsidieverlenende overheidsinstantie en een private financier/ondernemer met kennis van de visketen.

In de demofase moet het standaardconcept op commerciële schaalgrootte worden geplaatst en geëxploiteerd. In die fase kan er ook (in samenwerking met kenniscentra) aandacht besteed worden aan de ontwikkeling van conceptvariaties. In dat kader is de ontwikkeling van mariene variaties naast zoetwatervariaties interessant, maar ook de ontwikkeling van variaties met sierproducten in plaats van consumptieproducten.

Een en ander betekent voor de consortiumvorming dat in ieder geval een producent moet worden gevonden die de exploitatie van de demo op zich neemt, en dat contractuele relaties met toeleveranciers en afnemers worden aangegaan.

Voor de ontwikkeling van conceptvariaties zou het pilotconsortium met de producent en een kennisinstelling daarnaast een nieuw projectconsortium kunnen vormen.

14.

Eendenkroos- experiment

In het kader van deze opdracht is een onderzoek gedaan met eendenkroos op systeemwater van een palingkwekerij, om te onderzoeken: Hoe hoog de kroosproductie is onder de gegeven omstandigheden. Hoeveel N het kroos per eenheid van oppervlak per dag opneemt.

14.1

Materiaal en methoden

Het water van de palingkwekerij is gedurende vier weken van de toevoerleiding naar de visbassins (na het trommelfilter en het tricklingfilter) afgetapt en door een bassin met kleinkroos geleid. Het bassin had de volgende afmetingen en (water)oppervlakte/inhoud:

$L \times b \times d = 1,15 \times 0,95 \times 0,31 \text{ m}$.

Oppervlakte = $1,09 \text{ m}^2$.

Volume = 350 liter.

In dit experiment is gebruik gemaakt van de eendenkroossoort *Lemna minor*.

Van het instromend en uitstromend water van het bassin zijn de volgende parameters gemeten/berekend:

- Het debiet (m^3/uur)/verblijftijd,
- De watertemperatuur,
- pH,
- totaal-N,
- N_{Kjeldahl} ,
- ammonium-N,
- nitriet-N,
- nitraat-N,
- Geleidbaarheid.

Omdat vooral stikstof de productiebeperkende factor is voor eendenkroos, is in dit experiment specifiek aandacht besteed aan de stikstofparameters.

De opnamecapaciteit, bij gegeven watertemperatuur, pH en verblijftijd, wordt bepaald door het verschil tussen in- en uitstroomwaarden.

De begindichtheid van het kroos is afgewogen op 200 gram/m².

Ongeveer een kwart van het eendenkroos is om de drie dagen geoogst en gewogen. De productie (kg/m²/jaar) is berekend met de volgende formule:

$$P = \{(W_e + W_{\text{oogst}} - W_0)/t \times A\} \times 365 \text{ (kg/m}^2\text{/jaar)}$$

W_e = gewicht kroos aan het einde van het experiment (kg).

W_0 = gewicht kroos aan het begin van het experiment (kg).

W_{oogst} = hoeveelheid geoogst kroos gedurende de proefperiode (kg).

t = duur proefperiode (dagen).

A = bassinoppervlak (m²).

14.2 Resultaten

De doorstroming van het kroosbassin is gedurende het gehele experiment vrijwel constant geweest, namelijk 420 liter per uur. Het water-volume van het bassin was 350 liter. Dat betekent dat de verblijftijd van het water in het bassin gemiddeld 50 minuten was.

	W_0									W_{oogst}	W_e
dag	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	27
gram	440	0	240	252	236	212	183	197	178	566	0

Tabel 8: Start-, oogst- en eindgewichten uitgedrukt in gram nat gewicht.

W_e = gewicht kroos aan het einde van het experiment (kg).

W_0 = gewicht kroos aan het begin van het experiment (kg).

W_{oogst} = hoeveelheid geoogst kroos gedurende de proefperiode (kg).

Er is gedurende het experiment van 27 dagen 55,2 gram kleinkroos (nat gewicht)/m²/dag geproduceerd. Bij een drogestofgehalte van 8% komt dat neer op een productie van 1,61 kg kleinkroos (drogestof)/m²/jaar. Opvallend is dat de productie in het tweede deel van het experiment afneemt.

In onderstaande tabel zijn de waterparameters (gemiddeld over de gehele periode) gerangschikt voor de in- en uitlaat van het kroosbassin.

71

	Inlaat bassin	Uitlaat bassin
Temperatuur (°C)	21,5	21,1
pH	5,97	6,19
N-totaal	27,82	27,48
N_{Kjeldahl}	9,0	9,0
NH₄-N	3,9	3,9
Organisch-N	5,1	5,1
NO₂-N	0,12	0,18
NO₃-N	18,7	18,3
Geleidbaarheid	388,5	388,3

Tabel 9: Gemiddelde waterkwaliteit parameters van de inlaat en uitlaat van het eendenkroosbassin.

*N-parameters gemeten in mg/l;
geleidbaarheid gemeten in µS/cm.*

De N-verwijdering in het kroosbassin kan berekend worden door het verschil in N-totaalgehalte tussen de in- en uitlaat van het bassin te berekenen. Dat is 0,34 mg N/l. Per uur stroomt er 420 liter door het bassin. Er wordt dus per uur 142,8 mg N of 3,4 gram N per dag verwijderd uit het systeemwater in het kroosbassin. Bij de berekening van de N-verwijdering per dag (3,4 gram) zijn we ervan uitgegaan dat er 24 uur per dag gemiddeld 142,8 mg N per uur verwijderd wordt. Dag en nacht dus. Als dat niet het geval is en er alleen overdag N-verwijdering plaatsvindt, is de N-verwijdering een factor 2 tot 2,5 lager. In dat geval is de N-verwijdering 1,4 tot 1,7 gram per dag. In een pilot zal dit aspect nader onderzocht moeten worden.

De watertemperatuur is tijdens het gehele experiment vrij constant geweest en voldoende hoog voor het eendenkroos. De optimale watertemperatuur voor maximale productie ligt weliswaar wat hoger: rond 25 °C. Het is gelukt, ondanks de lage buitentemperaturen, om afkoeling van het bassinwater te beperken tot gemiddeld 0,4 °C.

De gemeten zuurgraad (pH) is gunstig voor eendenkroos, omdat bij deze pH het ammoniak/ammoniumevenwicht naar de kant van ammonium verschuift, wat gunstig is voor de eendenkroosproductie. Uit bovenstaande tabel blijkt dat het stikstof in het onderzochte viskweekwater voor het grootste deel bestaat uit nitraat-N en dat het verschil in N-totaal, tussen de inlaat en uitlaat van het kroosbassin, hoofdzakelijk bepaald wordt door verandering in het nitraat-N-gehalte.

14.3

Discussie en conclusies

Productie

De eendenkroosproductie van 1,61 kg drogestof/m²/jaar is lager dan de 3,5 kg/m²/jaar die in het concept is gebruikt. De verklaring voor de lagere productie kan worden gezocht in:

- Het seizoen,
- Het ammonium-N-gehalte,
- Drijfvuilvervorming,
- De startdichtheid van het kroos.

Het experiment heeft in een vrij koude periode van het jaar, in oktober/november, buiten de kwekerij plaatsgevonden. Het effect van de buitentemperatuur op de groei van het kroos is beperkt gebleven, omdat het kroosbassin geïsoleerd was en afgedekt met transparante folie.

Mkandawire en Dudel (2007) laten zien dat in Duitsland, in gematigde klimaatzones, in de wintermaanden de kroosproductie slechts de helft is van de productie in de zomermaanden. Hier is sprake van een seizoenseffect. Bij lagere temperatuur is de productie lager dan bij hogere temperaturen. In dit experiment is de watertemperatuur nagevoeg constant gebleven. Toch zien we ook in dit experiment een reductie van de productie in het tweede deel van het experiment. Waarschijnlijk hebben in dit experiment de (korte) daglengte en het aantal zonuren meer (negatief) effect gehad op de kroosproductie. Het experiment is uitgevoerd in het meest ongunstige seizoen. Voor een maximale kroosproductie is bijverlichting (kunstmatige daglengteverlenging) waarschijnlijk noodzakelijk.

Het ammonium-N-gehalte van 3,9 mg/l is vrij laag geweest t.o.v. het door Derksen en Zwart (2010) genoemde optimum van 20 mg ammonium-N per liter.

In de literatuur wordt ammonium-N gezien als (een van) de eerste groeilimiterende nutriënten voor eendenkroos. Dit is waarschijnlijk een belangrijke oorzaak geweest van de afname van de productie in de loop van het experiment. Er zal bij het ontwerp van het nitrificatiefilter rekening gehouden moeten worden met dit aspect. De filters moeten niet te groot gedimensioneerd worden.

Ondanks de geringe verblijftijd werkte het kroosbassin als bezinkbassin voor de in het systeemwater aanwezige *suspended solids*. Na verloop van tijd vond degeneratie van de *suspended solids* plaats, waarna er drijfvuil ontstond tussen de kroos. Bij dit proces van degeneratie van *suspended solids* komen organische stikstofverbindingen vrij, welke benut kunnen worden door het eendenkroos. Het proces van degeneratie mag echter niet leiden tot drijfvuil, omdat dat ten koste gaat van de ruimte die beschikbaar is voor kroos. Hiermee moet rekening gehouden worden bij het ontwerp van de kroosbassins: de bezonken (*suspended*) *solids* moeten (op tijd) afgevoerd kunnen worden uit het kroosbassin.

Uit experimenten blijkt dat de kroosproductie (in kg drogestof per m²) maximaal is bij een kroosdichtheid van 600-800 gram/m². In dit experiment is de startdichtheid van het kroos 400 gram/m² geweest; lager dus dan optimaal. Dit verklaart mede waarom de productie in dit experiment lager is dan in veel andere experimenten.

N-opname

Te verwachten was dat de N-opname ook achter zou blijven ten opzichte van de resultaten van andere experimenten. Dat is echter niet zo. Ook als we ervan uitgaan dat er gedurende slechts 10 uur per dag N-opname door eendenkroos plaatsvindt (dus 1,4 gram/m²/dag), is dat nog ruimschoots meer dan de in conceptberekeningen gebruikte 0,5 gram/m²/dag. Dit is in dit experiment met name nitraat-N geweest, en niet ammonium-N.

Totaal-N = organisch-N + ammonium-N + nitriet-N + Nitraat-N
In het kroosbassin kunnen diverse stikstofomzettingen plaatsvinden, zoals nitrificatie, denitrificatie en degeneratie van organische stikstofverbindingen.

Bij nitrificatie vindt oxidatie van ammonium in nitriet en nitraat plaats. Deze omzettingen veranderen de totaal-N-waarde niet. Dat is anders bij denitrificatie, waarbij nitraat wordt omgezet in stikstofgas, wat naar de atmosfeer verdwijnt. Denitrificatie verlaagt dus de totaal-N-waarde.

De totaal-N-waarde kan in het kroosbassin vergroot worden door degeneratie van organische stikstofverbindingen. In de totaal-N-analyse worden niet alle organische N-verbindingen gemeten. Bij omzetting van organische N-verbindingen in het kroosbassin kan het gebeuren dat een niet meetbare N-verbinding wordt omgezet in een meetbare N-verbinding.

De N-opname van het kroos, berekend uit het verschil tussen inlaat- en uitlaatgehalten, kan dus worden over- of onderschat.

- De Muylder, E., Van Damme, P., Vriens, L., Nihoul, R., Ollevier, F., 1989. *Incorporation of brewery activated sludge-single cell proteins (BSCP) in diets for Clarias gariepinus B. fingerlings*. In: Aquaculture – A Biotechnology in Progress, volume 1. De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkins, N., (Eds), European Aquaculture Society, Bredene, Belgium, 592 pp, ISBN: 90-71625-03-6.
- Derksen, H., Zwart, L., 2010. *Haalbaarheidsstudie naar de ontwikkeling van eendenkroos als een nieuw zetmeelgewas*. LNV 1400005599, 36 pp.
- Edwards, C.A., 1985. *Production of feed protein from animal waste by earthworms*. Phil. Trans. R. Soc. London, B 310, 299-307.
- El-Shafai, S.A., Fatma A El-Gohary, F.A., Verreth, J.A.J., Schrama, J.W., Gijzen, H.J., 2004. *Apparant digestibility coefficient of duckweed (Lemna minor), fresh and dry for Nile tilapia (Oreochromis niloticus L.)*. Aquaculture Research, 35(6), 574-586.
- Marcet, P., Guerra, A., González, S., Otero, M., Eiroa, J., 2010. *Composting and vermicomposting of settleable solid fish waste (manure) from commercial turbot farm*. In: Claudia, S.C., Marques dos Santos Cardovil, Louis Ferreira (Eds.), RAMIRAN 2010. Treatment and use of organic residues in agriculture: challenges and opportunities towards sustainable management, Lisboa, Portugal.
- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.P., Roque d' Orbcastel, E., Verreth, J.A.J., 2010. *New developments in recirculation aquaculture systems: a perspective on environmental sustainability*. Aquacultural Engineering, 43(3), 83-93.
- Migchels, G., Kuikman, P., Aarts, H.F.M., Van Dooren, H.J.C., Ehlert, P.A.I., Luttkik, J., Sebek, L.B., Zwart, K.B., 2011. *Kansen en bedreigingen voor mestvergisting en groengas productie in de Gelderse*

landbouw. Wageningen UR, Livestock Research, rapport 505, ISSN 1570-8616, 56 pp.

- Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie, 2011. *Actieplan Aquacultuur*. Min. EL&I: 172890, Den Haag, 4 pp.
- Mkandawire, M., Dudel, E.G., 2007. Are Lemna spp. *Effective Phytoremediation Agents?* Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability 1(1): 56-71. Global Science Books.
- Nieuwenhuis, R., Maring, L., 2009. *Naar nieuwe ketens voor het benutten van eendenkroos*. InnovatieNetwerk-rapportnr. 09.2.205, Utrecht, ISBN: 978-90-5059-386-1, 53 pp.
- Rakocy, J.E., Bailey, D.S., Shultz, R.C., Thoman, E.S., 2004. *Update on Tilapia and vegetable production in the UVI aquaponics system*. University of the Virgin Islands, Kingshill, VI 00850, USA., 15 pp.
- Schneider, O., 2006. *Fish waste management by conversion into heterotrophic bacteria biomass*. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands. 160 pp, ISBN: 90-8504-413-8.
- Skillicorn, P., Spira, W., Journey, W., 1993. *Duckweed aquaculture. A new aquatic farming system for developing countries*. The World Bank, Washington, D.C., 20433, U.S.A. 92 pp, ISBN: 0-8213-2067-X.
- Van Duijn, A.P., Dijkxhoorn, Y., Beukers, R., 2010. *Actieplan Visteelt – samenwerkingsvormen*. LEI, Wageningen U.R., Den Haag, 44 pp, LEI-rapport 2010-103b.
- Willet, D., 2005. *Duckweed based wastewater treatment systems: design aspects and integrated reuse options for Queensland conditions*. Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, report nr. Q105019, 24 pp, ISSN 0727-6273.

Bijlage 1:

Lijst met geïnterviewde ervaringsdeskundigen

Naam	Functie	Bedrijf/instantie
Dicky van Zanten	Directeur/eigenaar	Aqua Vita
Jasper de Goeij	Directeur/eigenaar	Porifarma
Rop Petit	Directeur	Vigour Fishion Horti Support
Stephan Dingemans	Directeur/eigenaar	Dingemans – Vierpolders
Paul van Liempt Ina Steunebrink	Beleidsmedewerker milieu Beleidsmedewerker Ruimtelijke ordening	Gemeente Putten
Ruud van Dalen	Beleidsmedewerker technologie	Waterschap Veluwe
John van Dooren	Area Manager Directeur/eigenaar	Skretting/Nutreco Passie voor vis
Magnus van der Meer	Directeur/eigenaar	Costa
Gert Blom	Directeur/eigenaar	Wormenkwekerij Blom
Aart Polhoud	Bedrijfsleider	Palingkwekerij AquaFarm Putten BV
Hans Derksen	Directeur/eigenaar	Innostart BV
Eddy Vlijm	Algemeen directeur	Hellebrekers Technieken
IJsbrand Snoeij	Directeur/eigenaar	Zorgboerderij Het Paradijs Lid van Boerenhart

Bijlage 2:

Investeringsbegroting

10 tons unit

81

Omschrijving	Kosten (€)
Kas, inclusief fundering en schermdoek	170.000
Folietunnel	12.500
Infrastructuur	25.000
Visvijvers, inclusief kooien, voerautomaten en PVC	30.000
Waterzuiveringsinstallaties	16.000
Groentebedden	9.000
Wormbedden	10.000
Intern transport	6.000
Diverse hulpmiddelen	4.000
Totaal	282.500

Nutri-hof – A concept for integrated aquaculture
Bert Schuilenburg MSc (AquafarmingConsult)
InnovationNetwork Report No. 12.2.299, Utrecht, The Netherlands,
October 2012.

This report is the result of an exploration of the opportunities for integrated aquaculture under Dutch conditions. Using waste products from the fish farming process as raw materials for the production of other products can reduce the environmental burden and improve operational performance and revenue.

The report describes the development of Nutri-hof, a concept for integrated aquaculture, where the dissolved waste products from farmed fish are used as raw materials for phototropic conversion (plant cultivation) while the solid residual materials (faeces and uneaten food) can be used to grow muckworms.

The possibilities and impossibilities of the various fish species, plant species and worms that are eligible for the concept are explored, followed by a justification of the selected concept components. The selected concept components within Nutri-hof are:

- Tilapia
- Duckweed (*Lemna minor*)
- Basil
- Muckworms

The technical and financial aspects of Nutri-hof were worked out in broad outline. The technical elaboration assumes the following starting points:

- A sustainable (triple-P) concept, based insofar as possible on European regulations for organic production as well as the Dutch certification systems for sustainable aquaculture ('Maatlat Duurzame Aquacultuur') and sustainable fruit and vegetables ('Barometer Duurzame Groenten en Fruit').
- A concept that is already profitable on a small scale, compatible with current agricultural practices, and reproducible.
- A concept that is technically and commercially easy to implement.
- Not labour-intensive.

The rough financial forecast shows that Nutri-hof can already be profitable on a small scale, even with a fish density of 20 kg/m³ (maximum fish density for organic fish production).

Alongside the internal integration between fish farming, macro-/microphytes cultivation and worm cultivation, other integration opportunities are also discussed such as:

1. Integration with (co-)digestion installations.
2. Integration with recreational angling.
3. Integration with urban/neighbourhood farms.

Concrete steps are now being taken in cooperation with partners to put this concept into practice.

