

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 306

Eendenkroos: van afval tot veevoer

December 2009



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, 2009
Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research (formeel ASG Veehouderij BV) aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research, formeel 'ASG Veehouderij BV', vormt samen met het Centraal Veterinair Instituut en het Departement Dierwetenschappen van Wageningen Universiteit de Animal Sciences Group van Wageningen UR.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

A duckweed cover in ditches and canals is undesirable for the quality of water. Frequently removing duckweed improves the water quality, but is costly for the water boards. Duckweed is suitable as protein-rich animal feed and, due to the rising feed prices, an alternative protein source to raw materials such as extracted soy beans is desired. In this way the waste product duckweed becomes a raw material. Because of the surplus value, frequently harvesting duckweed at a large scale is feasible.

Keywords

Duckweed, protein, animal feed, surface water, heavy metal, feed value.

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

G. Holshof
I.E. Hoving
E.T.H.M. Peeters

Titel

Eendenkroos: van afval tot veevoer
Rapport 306

Samenvatting

Kroosdekken op sloten en vaarten is ongewenst voor de waterkwaliteit. Door kroos frequent te verwijderen wordt de waterkwaliteit sterk verbeterd, maar dit brengt voor waterschappen hoge kosten met zich mee. Kroos is geschikt als eiwitrijk veevoer en door stijgende voerprijzen is een alternatieve eiwitbron voor arondstoffen als soiaschroot.



Rapport 306

Eendenkroos: van afval tot veevoer

Duckweed from waste to animal feed

G. Holshof
I.E. Hoving
E.T.H.M. Peeters

December 2009

Voorwoord

Onderzoekers van Wageningen UR Livestock Research, Praktijkcentrum Zegveld en melkveehouder Rik de Vor uit Snelrewaard vonden elkaar in het idee om (eigen) kroos als voer voor koeien te benutten. In 2006 is op proefbedrijf Zegveld gekeken of koeien het kroos wilden opnemen. Nat werd het niet gevreten, maar wel het gedroogde product. Vervolgens is gezamenlijk met Rik de Vor, waterschap Vallei & Eem en adviseur / melkveehouder Wim van de Geest een pilot gestart in 2007 naar het oogsten, verwerken en voeren van kroos. De pilot is gefinancierd door het productschap Zuivel, SenterNovem en waterschap Vallei & Eem. Het proces waarbinnen de innovatie verder vorm kreeg was onderwerp van onderzoek binnen het project Koe&cultuur, dat gefinancierd werd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid. Voor de verdere onderbouwing van de voederwaardekwaliteit en mineralengehalten van eendenkroos hebben we in dit rapport gebruik gemaakt van een literatuuronderzoek dat Lieke Stam als WUR-student (minor thesis) naar aanleiding van de pilot heeft uitgevoerd.

Het verwerken van kroos tot mengvoer is geslaagd en bovendien lijken de koeien de betreffende brok goed op te nemen. Hopelijk draagt dit rapport bij aan het bewustzijn dat iets wat als afval wordt gezien, ook als grondstof beschouwd kan worden. In ieder geval blijkt eendenkroos vanuit het perspectief van veevoeding een interessant plantje te zijn, dat zo voor het oprapen ligt! De volgende uitdaging is om alle stappen die genomen moeten worden in de keten van kroos in de sloot tot kroos in het dier in de praktijk gestalte te geven.

Dr. Ir. Agnes van den Pol - van Dasselaar, clusterleider Grondgebonden Veehouderij

Samenvatting

De vorming van kroosdekken op watergangen is voor waterschappen een bron van zorg, omdat dit negatief is voor de waterkwaliteit en omdat het stankoverlast kan veroorzaken. Het verdient aanbeveling om deze dekken regelmatig te verwijderen, maar dit betekent afvoeren als afval en storten of composteren tegen relatief hoge kosten. Een duurzamer alternatief is eendenkroos te benutten als veevoer. Het eiwitgehalte van eendenkroos is relatief hoog, waardoor kroos mogelijk interessant is als grondstof voor mengvoer voor melkvee (als vervanger van soja). Op deze manier wordt eendenkroos een grondstof in plaats van een afvalstof.

We hebben in 2007 een pilot uitgevoerd om ervaring op te doen met de mogelijkheden van verzamelen en verwerken van kroos, maar ook om de gezondheidsrisico's en de voederwaarde in beeld te brengen. Op twee locaties is in september 2007 kroos geoogst: bij Stolwijk in het buitengebied en bij Spakenburg aan de rand van de stedelijke bebouwing. Deze twee locaties zijn gekozen om te bepalen of er verschil in kwaliteit bestaat tussen gebieden met een landbouwkundige omgeving en een stedelijke omgeving. Daarnaast is op de beide locaties met een verschillende oogstmethode gewerkt. Bij Stolwijk is geoogst met een platte zeefbak en is veel aandacht besteed aan het uitgangsmateriaal (de plek waar geoogst werd in combinatie met de toestand van het kroos: geur, kleur). Bij Spakenburg is gekeken of met een dieplepel (mobiele kraan), waarvan de spijlenbak bekleed was met fijn gaas, een hogere oogstsnelheid kon worden gehaald.

Beide oogstmethodes hadden voor- en nadelen. De methode bij Stolwijk kostte relatief veel tijd, maar het geoogste product was relatief schoon en behoeft geen nabehandeling. Bij Spakenburg werd tweemaal zo snel geoogst, maar het product bevatte veel ongewenst materiaal. Deels kwam dit door de locatie (afval van flessen, plastic e.d.) en deels door de methode (meer onderwaterplanten en meer slib).

In de loop van het project kwam een derde oogstmethode in beeld (niet getest), namelijk een automatische opvoerband op zonne-energie (krooswiel). Hierdoor kan, in principe onbemand, doorlopend kroos worden geoogst. Bij het oogsten met een dieplepel wordt het wateroppervlak behoorlijk verstoord, waardoor het kroos snel uiteen drijft en vaak van plaats moet wisselen. Dit probleem wordt met een stationair draaiende installatie opgelost. Een voorwaarde is wel dat het apparaat gunstig ten opzichte van de stroomrichting van het water moet worden geplaatst daar waar kroos zich ophoopt, bijvoorbeeld bij een gemaal of sluis. Het verzamelen van kroos moet verder geoptimaliseerd worden, om kroos op grotere schaal te kunnen oogsten.

Direct na het oogsten is het natte product afgevoerd naar een drogerij, waar het kroos in droogkamers in 30 uur bij 40 °C is gedroogd van 5 naar ruim 90% droge stof. Door deze wijze van drogen wordt snel een stabiel product verkregen dat zich goed laat verwerken. Voor het onderzoek was dit een voorwaarde, maar voor de praktijk vraagt een dergelijk droogproces te veel energie en zal dus verder geoptimaliseerd moeten worden. Mogelijk kan voerpersen bij oogst het aanhangende vocht aanzienlijk verminderen en kan het product op een droogband met minder energie worden gedroogd. Wel dient er voor gewaakt te worden dat met het persen geen perssap verloren gaat, wat negatieve gevolgen kan hebben voor de slootwaterkwaliteit.

In een proeffabriek werd een standaardbrok (A-brok), een eiwitrijke brok (B-brok), en een 100% eendenkroosbrok (met 4% melasse als bindmiddel) geperst. Bij de A-brok bestond 7% en bij de B-brok 25% van het product uit eendenkroos. Met dit eendenkroos werd een groot deel van de gangbare grondstof soja vervangen.

Het gedroogde kroos liet zich gemakkelijk tot een brok persen (zelfs bij 100% kroos), het was goed uitwisselbaar met andere grondstoffen en het heeft (volgens experts) goede geureigenschappen. De variatie in kwaliteit van kroos kan bij het samenstellen van een brok gemakkelijk ondervangen worden door bijmenging van andere grondstoffen. Het melkvee nam de drie soorten kroosbrok goed op.

De eiwit- en energiewaarde van het kroos uit Stolwijk was aanzienlijk hoger dan van het kroos uit Spakenburg. De verschillen kunnen (mede) het gevolg zijn van de verschillende oogstmethodes. De voederwaarde van het kroos uit Stolwijk was het best vergelijkbaar met dat van bierbostel. De verteerbaarheid van de organische stof van het kroos was echter relatief laag, waardoor de energie- en eiwitwaarde gemakkelijk overschat wordt. Onderzoek naar de werkelijke (in vivo) voederwaarde is nodig om hier uitsluitsel over te geven.

Zowel de watermonsters als de kroosmonsters zijn onderzocht op het voorkomen van bacteriën (Botulisme, e-Coli, Salmonella en Para TBC). Alle onderzochte monsters reageerden negatief, maar het kwaliteitsaspect is een blijvend aandachtspunt, omdat uit open water onder ongecontroleerde omstandigheden wordt geoogst. Voor de kwaliteit moet een risicoanalyse worden uitgevoerd. Ook is nog onbekend aan welke wettelijke eisen het product moet voldoen en welke procedures doorlopen moeten worden voor toepassing als veevoer.

Summary

The forming of duckweed covers in waterways is a source of concern to water boards, because this negatively affects the water quality and because there is a chance of odour nuisance. It is recommended to remove these covers frequently, but this means disposing of it as waste and dumping it or composting it at relatively high costs. A more sustainable alternative is to utilise duckweed as animal feed. The protein content of duckweed is relatively high, due to which duckweed is likely to be interesting as a raw material for mixed feed for dairy cattle (as a substitute for soy). In this way duckweed becomes raw material instead of waste material.

In 2007 we carried out a pilot study to gain experience with the possibilities of collecting and processing duckweed, but also to picture the health risks and feed value. In September 2007 duckweed was harvested at two locations: at Stolwijk in the countryside and at a Spakenburg plot flanking the urban area. These two locations were chosen to determine whether there is a difference in quality between areas with agricultural surroundings and those with urban surroundings. Moreover, two different harvesting methods were applied. At Stolwijk the duckweed was harvested with a flat sieve pan and much attention was paid to the starting material (the harvesting spot in combination with the condition of the duckweed: smell, colour). At Spakenburg a drag shovel (mobile crane), the dredge of which was covered with fine gauze, was used to see whether the work could be done more quickly.

Both harvesting methods had pros and cons. The method at Stolwijk cost relatively much time, but the harvested product was relatively clean and did not need after-treatment. At Spakenburg, harvesting was twice as rapidly, but the product contained much undesired material. This was partly due to the location (waste such as bottles, plastic and the like) and partly to the method (more sub-aquatic plants and more sludge).

In the course of the project a third harvesting method came into the picture (not tested), that is an automatic solar-powered conveyor belt (Krooswiel). By this method, in principle without manpower, duckweed can be harvested continuously. While harvesting with a drag shovel the water surface is disturbed considerably, due to which the duckweed disperses quickly, so the machine has to be moved often. This problem is solved with an idling installation. One condition is, however, that the equipment is placed favourably with respect to the direction of the water current and there where the duckweed is accumulated, for example, at a pumping station or sluice. Collecting duckweed has to be optimised further to enable large-scale duckweed harvesting.

Immediately after harvesting, the wet product was removed to a drying house, where the duckweed was dried in drying rooms at 40^o C in 30 hours from 5 to over 90% of dry matter. By this way of drying a stable product is obtained quickly that is easy to process. For this study this was a precondition, but for practical purposes such a drying process costs too much energy and thus will have to be optimised further. Prior crushing at harvesting may decrease clinging water considerably, so that the product can be dried at less energy by means of a belt dryer. One should make sure, however, that no crushing juice is lost while squeezing, because this could negatively affect ditchwater quality.

In an experimental plant, a standard chunk (A-chunk), a protein-rich chunk (B-chunk) and a 100% duckweed chunk (with 4% molasses as binding agent) were pressed. The A-chunk contained 7% and the B-chunk 25% of duckweed. This duckweed replaced a large part of the common raw material soy.

The dried duckweed was easy to press into chunks (even with 100% of duckweed), it could be interchanged well with other raw materials and it had (according to experts) a good smell. The variance in quality of duckweed can be neutralised easily in composing a chunk by adding other raw materials. The dairy cows took up the three kinds of duckweed well.

The protein and energy value of the duckweed from Stolwijk was considerably higher than of the weed from Spakenburg. The differences can be (partly) caused by the different harvesting methods. The feed value of the duckweed from Stolwijk could be best compared with that of brewers' grains. The digestibility of the organic matter of duckweed was relatively low, however, due to which the energy and protein value can easily be overestimated. Research into the actual (in vivo) feed value is needed to give a definitive answer.

The water samples as well as the duckweed samples were investigated as to bacteria incidence (Botulism, E-coli, Salmonella and Para TB). All samples studied responded negatively, but the quality aspect is a permanent point of attention, because harvesting occurs from open water under uncontrolled conditions. As to the water quality, a risk analysis should be done. It is not known either what legal requirements are to be met by the product and what procedures have to be followed for application as animal feed.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Eendenkroos en waterkwaliteit	2
2.1	Eendenkroos	2
2.2	Invloed van kroos op de waterkwaliteit	2
2.3	Effect oogsten van kroos op waterkwaliteit.....	3
2.4	Veldinventarisatie eendenkroos 2007	3
3	Werkwijze en analyses	5
3.1	Oogst.....	5
3.2	Drogen.....	5
3.3	Verwerking tot brok	5
3.4	Voederwaarde en vetzuursamenstelling.....	5
3.5	Ziektekiemen en zware metalen	6
4	Resultaten	7
4.1	Oogst.....	7
4.2	Drogen.....	7
4.3	Verwerking tot brok en de opname door vee	8
4.4	Voederwaarde en vetzuren	9
4.5	Ziektekiemen en zware metalen	11
5	Discussie	13
5.1	Voederwaarde eendenkroos	13
5.2	Kostprijs eendenkroos.....	13
5.3	Perspectief voor Nederland	14
5.4	Logistiek en certificering.....	14
6	Conclusies	16
	Bijlagen	17
	Bijlage 1 Nutritional content of duckweed and duckweed as animal nutrition	17
	Bijlage 2 Vetzuursamenstelling.....	24
	Literatuur	29

1 Inleiding

De aanwezigheid van kroosdekken op sloten en vaarten is ongewenst voor de waterkwaliteit. De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) heeft in de jaren negentig onderzoek gedaan naar het ontstaan en bestrijden van deze deklagen. Maatregelen tegen kroosdekken zijn gewenst, omdat de aanwezigheid hiervan enerzijds zuurstofgebrek in het water veroorzaakt en anderzijds de lichttoevoer sterk remt. Dit is erg nadelig voor de ontwikkeling van andere waterplanten, waardoor een soortenarm ecosysteem ontstaat. Het verwijderen van kroos is daarom een interessante Kaderrichtlijn Watermaatregel. In een inventarisatie en beoordeling van verwerkingsmogelijkheden van kroos door STOWA (1997) werd geconcludeerd dat vanuit kosten oogpunt kroos bij voorkeur verwerkt dient te worden binnen een straal van enkele kilometers van de oogstplek. De gedachten gingen destijds uit naar verspreiding van kroos op het land als bemesting, voeren aan vee of kleinschalig composteren. Nader onderzoek naar een van deze drie toepassingsrichtingen is echter nooit uitgevoerd.

Uit de internationale literatuur is bekend dat eendekroos rijk is aan eiwit en dat het een gunstig aminozuurpatroon bevat. In een eerste verkenning zijn in september 2005 op twee locaties (Praktijkcentrum Zegveld en Stolwijk) vijf kroosmonsters genomen, waarvan de voederwaarde is geanalyseerd. In tabel 1 staan de gemiddelde resultaten voor ruw eiwit, ruwe celstof en de essentiële aminozuren Lysine en Methionine. Ter vergelijking staan in de tabel gemiddelde waarden voor soja en gegevens uit de literatuur (Rusoff et al., 1980). Overigens werd op Praktijkcentrum Zegveld kroos alleen gedroogd en niet vers opgenomen door melkvee.

Tabel 1 Gemiddelde hoeveelheid ruw eiwit, ruwe celstof en de essentiële aminozuren Lysine en Methionine (g/kg droge stof) voor a) eendekroos in een verkennende pilot in 2005 (Zegveld & Stolwijk), b) sojaschroot c) in eendekroos volgens Rusoff et al. (1980)

	Ruw eiwit (g/kg)	Ruwe celstof (g/kg)	Lysine (g/kg)	Methionine (g/kg)
Verkennende pilot 2005	218	129	5,3	1,7
Sojaschroot	486	92	6,2	1,4
Literatuur eendekroos	353-370	89-94	4,0	1,0

De wetenschap dat kroos veelbelovend is als veevoer en dat het waterschap hoge kosten maakt om kroos uit de sloot te verwijderen, leidde tot het idee om kroos tot mengvoer (brok) te verwerken voor melkvee. Eiwit is een belangrijke voedingsbron in het rantsoen van melkkoeien.

In rantsoenen met veel snijmaïs wordt doorgaans veel sojaschroot als eiwitaanvulling gebruikt. Maar het gebruik van sojaschroot, geïmporteerd uit gebieden waar tropisch regenwoud plaats maakt voor gewasproductie, is omstreden. Mocht het voeren van kroos perspectiefvol zijn, dan stimuleert dit het frequent oogsten van kroos (jong stadium, wat de oppervlaktewaterkwaliteit ten goede komt. De grote vraagstukken voor het gebruik van kroos liggen in het oogsten ervan, het verwijderen van overtollig vocht en de kwaliteit van het product. Hierover is voor Nederlandse omstandigheden relatief weinig bekend. In bijlage 1 staan de resultaten van een literatuurstudie uitgevoerd door WUR-student Lieke Stam (2009).

In dit rapport wordt verslag gedaan van een pilot die in 2007 is uitgevoerd en als doel had het verkennen van oogstmethoden, het verwerken van kroos tot mengvoer, het in beeld brengen van de gezondheidsrisico's en het bepalen van de voederwaarde.

2 Eendenkroos en waterkwaliteit

2.1 Eendenkroos

In een literatuuronderzoek (STOWA, 1992) werd kroos als volgt omschreven: kroos is een verzamelnaam voor twee families van drijvende waterplanten, de Lemnaceae (eendenkroos) en de Azollaceae (kroosvaren). Lemnaceae zijn een primitieve vorm van hogere planten, terwijl de Azollaceae tot de varens behoren. Algemeen in Nederland voorkomende soorten van deze twee families zijn onder andere *Lemna minor*, *Lemna gibba*, *Spirodela polyrhiza* en *Azolla filiculoides* (zie o.a. PLONS onderzoek, www.plons.wur.nl). Kroos komt vaak voor in de vorm van dekken, die vooral in de periode mei - oktober worden aangetroffen op ondiep, rustig water met een hoge nutriëntenaanvoer (sloten, vaarten vijvers). *Lemna minor* en *Lemna gibba* zijn vaak dominante soorten in dergelijke krooslagen.

Lemnaceae zijn de kleinste plantjes die nog kunnen bloeien en hebben afmeting van 0,3 – 20 mm. Kroos komt over de hele wereld voor in gematigde en tropische temperatuurzones. Het groeit op open en rustig water (stroomsnelheid < 30 m/sec) bij temperaturen tussen de 6 en 33 °C. De optimum groeitemperatuur bedraagt zo'n 28 °C.

Kroos kan relatief veel nutriënten opnemen en heeft dus een waterzuiverende werking. Daarnaast is kroos kouderesistent en relatief weinig gevoelig voor ziektes, nutriëntstress en verdroging.

De reproductie van kroos is vegetatief en het verdubbeld zijn massa in 16-48 uur bij een optimale nutriëntenvoorziening, hoeveelheid zonlicht en watertemperatuur. De productie kan onder optimale teeltomstandigheden 10-30 ton droge stof per ha per jaar bedragen, met een gehalte aan ruw eiwit van meer dan 40% en een hoge verteerbaarheid van de droge stof van ongeveer 80% (Leng & Bell, 1995).

2.2 Invloed van kroos op de waterkwaliteit

Veel watergangen in het westelijk veenweidegebied hebben een uniform kroosdek. Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat een gesloten kroosdek een grote, negatieve invloed heeft op de ecologische kwaliteit van sloten (zie bv STOWA 1992): Zonlicht kan niet meer doordringen tot op de bodem zodat ondergedoken waterplanten zich niet meer kunnen ontwikkelen, waardoor de waterlaag zonder enige structuur is. Door een gesloten kroosdek wordt ook de uitwisseling van zuurstof tussen water en lucht geblokkeerd met als gevolg dat er zuurstofloze condities ontstaan in het water.

Zuurstofloze condities onder een kroosdek kunnen leiden tot het vrijkomen van fosfaat uit het sediment. Vooral het ontbreken van de vegetatiestructuur in de waterkolom en de zuurstofloze condities hebben nadelige gevolgen voor de waterdieren. Veel sloten in Nederland kennen beduidend hogere bedekkingpercentages voor kroos (en flab) dan de voorgestelde MEP/GEP waarde van 15% (Evers et al, KRW maatlatten sloten kanalen 2007). De aanwezigheid van een dikke laag kroos vormt een stabiele situatie die zichzelf in stand houdt (Scheffer et al. 2003).

Kroosdekken zijn gerelateerd aan hoge nutriëntenconcentraties in het water (o.a. Arts et al. 2002). Het terugdringen van de toevoer van nutriënten naar sloten uit het omringende gebied tot een niveau waarbij kroosdominantie niet meer voorkomt, zal vooral in het agrarisch gebied enorme financiële kosten met zich meebrengen, wat maatschappelijk niet aanvaardbaar is. Uit een modelstudie bleek dat het op korte termijn niet haalbaar lijkt om door verlaging van de nutriëntenconcentraties in sloten de kroosgroei zodanig te verminderen dat negatieve gevolgen voldoende worden beperkt (STOWA 1997). Kroos en ondergedoken waterplanten voeren competitie om nutriënten, licht en ruimte.

Drijvende planten hebben een sterkere competitiekracht voor licht dan ondergedoken waterplanten, maar de ondergedoken waterplanten zijn in staat de groei van de drijvende waterplanten te remmen door de beschikbaarheid van de nutriënten in de waterfase te verminderen. Oogsten en afvoeren van het kroos biedt een mogelijkheid deze zichzelf in standhoudende situatie te doorbreken. STOWA (1997) concludeerde in een inventarisatie en beoordeling van verwerkingsmogelijkheden van kroos dat vanuit kosten oogpunt kroos bij voorkeur verwerkt dient te worden binnen een straal van enkele kilometers van de oogstplek. De gedachten gingen destijds uit naar verspreiding van kroos op het land als bemesting, voeren aan vee of kleinschalig composteren.

De aanwezigheid van kroosdekken is gerelateerd aan hoge nutriëntenconcentraties in het water (o.a. Arts et al. 2002) en heeft een negatieve invloed op de kwaliteit van het slootecosysteem. In

een competitie-experiment tussen kroos en waterpest toonde Scheffer et al. (2003) aan dat kroos exclusief dominant wordt bij hoge nutriëntenconcentraties en waterpest bij de lagere concentraties, maar ook dat bij intermediaire concentraties zowel kroos als waterpest dominant kunnen worden afhankelijk van de begincondities. Kroosdekken en vegetaties gedomineerd door ondergedoken waterplanten zijn door Scheffer et al (2003) aangemerkt als twee alternatieve stadia, waar door de aanwezigheid van interne terugkoppelingsmechanismen de situaties in stand gehouden kunnen worden. Laboratoriumexperimenten en het model dat in de studie van Scheffer et al (2003) gebruikt wordt, indiceren dat er sprake kan zijn van hysteresis: de nutriëntenconcentratie waarbij een kroos gedomineerd systeem omslaat naar een ondergedoken waterplantensysteem is veel lager dan de concentratie waarbij de ondergedoken watervegetatie omslaat naar een systeem gedomineerd door kroos. Er is dan ook sprake van een range van de nutriëntenconcentraties waarbij beide stadia kunnen voorkomen. In veel sloten in Nederland kent de ontwikkeling van de kroosbedekking een sterke seizoensdynamiek. Dit wordt globaal gekenmerkt door een langzame groei in het voorjaar, gevolgd door een snelle ontwikkeling in de vroege zomer, stagnatie van de groei in de zomer bij hoge bedekkinggraden en afsterven in de herfst. In het PLONS-project, dat Wageningen Universiteit en Researchcentrum uitvoert, wordt nadrukkelijk gekeken naar die seizoensdynamiek van de vegetatie in Nederlandse sloten. In het verleden is onderzoek verricht naar de effecten van het eenmalig verwijderen van kroos op verschillende tijdstippen in het groeiseizoen (STOWA 1997). Uit deze studie bleek dat zowel vroeg in het seizoen verwijderen van de beginpopulatie van kroos als het verwijderen van kroos vlak nadat de maximale bedekking bereikt was, tot een vermindering van het kroos kan leiden in september. Niet onderzocht waren de effecten op de ondergedoken waterplanten en ook was geen aandacht besteed aan het meermaals in één groeiseizoen verwijderen van kroos.

2.3 Effect oogsten van kroos op waterkwaliteit

Door kroos te oogsten verwachten we dat de waterkwaliteit in abiotische zin verbetert, maar dit hangt af van de frequentie van verwijderen en de mate waarin kroos verwijderd wordt. Door in voldoende mate kroos te verwijderen, blijft (1) uitwisseling van zuurstof uit de lucht met het water mogelijk, (2) zal minder kroos in de sloot sterven waardoor minder organische stof met een zuurstofvraag naar de bodem zinkt, (3) zal minder fosfaat uit de bodem naar het water terugkeren omdat anaerobe omstandigheden zich niet voordoen, (4) wordt daadwerkelijk fosfaat uit het slootsysteem verwijderd waardoor op lange termijn een reductie van deze voedingsstof zal plaatsvinden en (5) de sloten worden minder eutroof. Ook kunnen we verwachten dat door het verwijderen van kroos ondergedoken waterplanten zich kunnen gaan ontwikkelen omdat licht dan verder kan doordringen in de sloot. Met gericht beheer kan de krooslaag onder een bepaald bedekkingpercentage gehouden worden, wat zal leiden tot een betere score voor de EKR, een direct positief effect op KRW-eisen. Op dit moment is nog onduidelijk welke oogststrategie het meeste rendement zal opleveren voor de ecologische kwaliteit in sloten. Daarom wordt in het kader van het PLONS-project (www.plons.wur.nl) op geselecteerde locaties geëxperimenteerd met het verwijderen van kroos. De effecten van verschillende behandelingen van kroos verwijderen (frequenties, hoeveelheden) worden gevolgd door analyses aan de fysische en chemische condities van het water en door de ontwikkeling van de vegetatie. Gedurende het groeiseizoen zal men op verschillende momenten gegevens verzamelen om zo de toegepaste oogststrategieën te evalueren.

2.4 Veldinventarisatie eendenkroos 2007

Voor een beschrijving van het voorkomen van drijvende, niet bodemwortelende waterplanten (kortweg kroossoorten) is gekeken naar een dataset met vegetatieopnamen voor 80 sloten verdeeld over een groot deel van Nederland (zie figuur 1). De opnamen zijn gemaakt in de maand juli van 2007 in het kader van het PLONS-project.

Figuur 1 Veldinventarisatie naar het voorkomen van kroossoorten in 2007 (project PLONS), waarbij van 80 sloten in Nederland vegetatieopnamen zijn gemaakt



Er is gekeken naar het voorkomen van Klein kroos (*Lemna minor*), Dwergkroos (*Lemna minuta*), Bultkroos (*Lemna gibba*), Puntkroos (*Lemna trisulca*), Wortelloos kroos (*Wolffia arrhiza*), Veelwortelig kroos (*Spirodela polyrhiza*) en Grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*).

- Alle genoemde soorten zijn in de dataset terug te vinden.
 - Er zijn slechts vier meetpunten waarop geen kroos is aangetroffen.
 - Het aantal kroossoorten per sloot varieert tussen 0 en 7.
 - In de sloten waar kroos is aangetroffen, zijn gemiddeld 2,9 verschillende soorten gevonden.
 - De top 7 van meest gevonden soorten (hier ongeacht de bedekkingpercentages van iedere waarneming):
 1. Klein kroos (op 70 locaties gevonden)
 2. Veelwortelig kroos (47 locaties)
 3. Puntkroos (45 locaties)
 4. Bultkroos (25 locaties)
 5. Grote kroosvaren (18 locaties)
 6. Dwergkroos (13 locaties)
 7. Wortelloos kroos (8 locaties)
 - Alle soorten zijn een of meerdere keren in hoge bedekkingen gevonden en kunnen meer dan 50% van het wateroppervlak bedekken; dit met uitzondering van Veelwortelig kroos, wat tot een maximale bedekking van 25% van het wateroppervlak is gevonden. Je kunt dus zeggen dat alle soorten kroos in Nederland redelijk dominant aanwezig kunnen zijn in sloten.
 - Opnamen waarin twee kroossoorten voorkomen, bevatten vaak een combinatie van Klein kroos met Puntkroos óf Klein kroos met Veelwortelig kroos. Wanneer drie verschillende soorten aangetroffen zijn, komt de combinatie Klein-, Punt- en Veelwortelig kroos het meeste voor.
 - Als er vier of vijf soorten kroos in de opname zitten, gaat het meestal weer om de hiervoor genoemde drie soorten, samen met Grote kroosvaren of Bultkroos.
 - Opvallend is dat naarmate de totale bedekking met kroos hoger wordt, er vaker Grote kroosvaren in de opname zit. Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat hoge kroosbedekkingen veel stikstof consumeren uit het water, waardoor Grote kroosvaren (als enige fixeerder van stikstof uit de lucht) een concurrentievoordeel heeft en gemakkelijk tot ontwikkeling kan komen.
- Opvallend is ook dat er meer kroossoorten in de opname zitten naarmate de totale bedekking hoger is. Mogelijk zijn Klein-, Punt- en Veelwortelig kroos de soorten die het beste om nutriënten kunnen concurreren en zijn eerst extreem hoge nutriëntengehalten nodig (wat voor de hoge totale bedekkingen zorgt), voordat andere kroossoorten ook tot ontwikkeling kunnen komen.

3 Werkwijze en analyses

3.1 Oogst

Het waterschap Vallei & Eem verwijderd kroos in de huidige situatie bij gemalen of sluizen, omdat het kroos zich daar vaak verzamelt en relatief gemakkelijk is uit te scheppen met een dieplepel (mobiele kraan). Het kroos wordt hier (al dan niet tijdelijk, afhankelijk van de plek) opgeslagen om eventueel te worden afgevoerd. Wanneer afvoer verplicht is, leidt dit tot extra kosten voor transport en storten als afval.

Voor deze pilot is gekozen om op twee plaatsen kroos te oogsten en te verzamelen:

1. in een landbouwgebied bij Stolwijk
2. rond stedelijke bebouwing bij Spakenburg

De locaties zijn zo gekozen, om te kijken of er grote verschillen in samenstelling en kwaliteit bestaan. De oogst, het transport en de verwerking van kroos moet goed op elkaar afgestemd zijn, omdat het natte product relatief bederfelijk is. Zelfs voor een kleine partij als in de betreffende pilot was deze afstemming redelijk lastig. Om veel kroos in korte tijd te kunnen verzamelen moet er weinig wind staan. Op het eerste geplande tijdstip was er veel wind, waardoor te weinig kroos aanwezig was. Hierdoor moest de oogst worden uitgesteld, waardoor alle handelingen in de lijn oogst-transport-verwerking opnieuw op elkaar afgestemd moesten worden. Uiteindelijk is op 6 september op de twee locaties gelijktijdig kroos geoogst.

3.2 Drogen

Van kroos is bekend dat het een zeer laag droge stofgehalte heeft van ongeveer 5%. In de pilot hebben we gekozen voor het volledig drogen van kroos om risico op bederf en op het voorkomen van ziekteverwekkers zoveel mogelijk uit te sluiten. Hiervoor is in eerste instantie contact gezocht met de grasdrogerij in Ruinerwold, maar deze fabriek kon het drogen van een relatief kleine partij kroos logistiek niet inpassen. Daarom is uitgeweken naar de kruidendrogerij VNK-Herbs te Biddinghuizen, die wel relatief kleine partijen kon drogen. Dit bedrijf beschikte over een al uitgebruikt zijnde vestiging in Elburg, waar het bedrijf oorspronkelijk gevestigd was. De droogkamers (gastgestookt) in Elburg maken geen deel meer uit van de reguliere bedrijfsvoering en konden dus ingezet worden voor het drogen van het kroos.

3.3 Verwerking tot brok

Net als voor het droogproces is ook voor het persen tot brok gezocht naar een locatie waar een relatief kleine hoeveelheid materiaal (grondstof), die afwijkend is van het reguliere proces, toch verwerkt kon worden. Arkervaart heeft een proeffabriek in Leusden en daar konden we een kleine partij kroos als grondstof in rundveebrok verwerken. In overleg met een nutrist is de samenstelling van de brok bepaald, waarbij een A-brok (standaard brok), een B-brok (eiwitrijk) en een 100% kroosbrok is geperst.

3.4 Voederwaarde en vetzuursamenstelling

In september van 2007 is op beide locaties kroos geoogst. Van dit materiaal is de chemische samenstelling bepaald, zowel vers als na drogen (zoals ruw as, ruw eiwit, ruw vet, ruwe celstof). Uit de analyses van de droge monsters heeft de nutrist van Arkervaart de voederwaarde bepaald voor het samenstellen van de verschillende broksoorten. Daarbij is aangenomen dat eendenkroos dezelfde verteerbaarheid heeft als grasbrok. De belangrijkste (berekende) getallen die de voederwaarde karakteriseren betreffen de netto energiewaarde (Voeder Eenheid Melkvee, VEM), de balans tussen energie en stikstof in de pens die belangrijk is voor de microbiële eiwitsynthese (Onbestendig Eiwit Balans, OEB) en de hoeveelheid eiwit die in de darm beschikbaar is voor absorptie (Darm Verteerbaar Eiwit, DVE).

Het vers geanalyseerde kroos betreft monsters genomen in september (dit is het kroos dat tot brok is verwerkt) en monsters genomen in oktober. Het tweede monster was om te bepalen of er in de loop

van de nazomer een verandering optrad in de samenstelling. De monsters in september zijn uit het vers geoogste materiaal verzameld en de monsters van oktober zijn direct van het oppervlaktewater geschept. Naast de bovengenoemde voederwaardegegevens die van de gedroogde kroos bepaald zijn, zijn de verse monsters ook geanalyseerd op de verteerbaarheid van de organische stof (Tilley & Terry) en de vetzuur- en eiwitsamenstelling.

3.5 Ziektekiemen en zware metalen

De kwaliteit van het kroos is op verschillende niveaus te bepalen. Omdat het kroos uiteindelijk bestemd is voor veevoer, zijn veevoedkundige aspecten belangrijk. De gehalten ruw eiwit, ruwe celstof, verteerbaarheid en aminozuur en vetzuursamenstelling zijn in dit geval van belang. Naast de veevoedkundige aspecten zijn er ook een groot aantal veiligheidsaspecten die onder de term kwaliteit kunnen vallen. Omdat het kroos uit open water wordt geschept, dat niet onder enig controlerend apparaat valt, is kans op diverse verontreinigingen. Daarom zijn van de geoogste partijen bepaald of en hoeveel zware metalen aanwezig zijn. In open water kunnen ook makkelijk bacteriën voorkomen, zoals bijvoorbeeld botulisme (door dode vogels) of E coli door riooloverstorten. Zowel de verse kroosmonsters als het water waaruit het kroos geoogst is, zijn onderzocht op het voorkomen van:

- botulisme
- paratuberculose
- E coli
- Salmonella

Bij grootschalige verwerking moet het kwaliteitsaspect voor de veiligheid via een goed opgezet controlesysteem of risicoanalyse plaatsvinden, omdat het bijna niet mogelijk is om alle onderzoeken bij elke partij die geoogst wordt, uit te voeren. Naast het kostenaspect, speelt ook de tijd die een goede analyse kost een grote rol. Vooral de bacteriologische onderzoeken kosten relatief veel tijd, terwijl het natte product direct verwerkt zou moeten worden.

Om te bepalen of de kwaliteit van het kroos sterk wisselt, is begin oktober weer een vers kroosmonster genomen op beide locaties. Van deze monsters zijn ook de voederwaarde en vetzuursamenstelling bepaald. Er is geen bacteriologisch onderzoek uitgevoerd, omdat alleen monsters genomen zijn en niet is geoogst voor verwerking tot veevoer.

4 Resultaten

4.1 Oogst

Oogst Stolwijk

Bij Stolwijk is de oogstlocatie uitgezocht door melkveehouder Rick de Vor, die in het project participerende. Hij heeft extra aandacht besteed aan de kwaliteit van het te oogsten kroos. In het gebied waren op dat moment in de nazomer veel sloten met veel kroos en op een aantal plaatsen was het kroosdek al te dik. Hier was sprake van rotting, getuige de onaangename geur van het product. Voor de pilot is alleen kroos geoogst op plaatsen met een relatief dun kroosdek, dat nog frisse geur had.

De oogst vond plaats met een platte zeefbak, bevestigd aan een kraan (foto 1). Hiermee werd het kroos voorzichtig van het wateroppervlak afgeschept. Ondanks dat het kroos tijdens het opscheppen over een relatief groot oppervlak van de zeefbak verdeeld was en er daardoor gemakkelijk water kon uitlekken, bleef toch veel water in de biomassa achter. Het voordeel van deze methode is de ondiepe werking, waardoor weinig vervuiling en andere waterplanten uit diepere lagen werd meegenomen. Toch kon men met deze methode niet voorkomen dat het kroos uit elkaar dreef bij het opscheppen. Daardoor moest telkens worden uitgeweken naar een volgende plek om snel voldoende te kunnen opscheppen. Het opgeschepte kroos werd vervolgens op een platte wagen geschept waar het verder kon uitlekken. Vanuit de wagen is met de hand (schop) het kroos in zes big-bags geschept, die per vrachtwagen naar een drogerij zijn vervoerd. De oogst van zes big-bags kostte twee mensen ongeveer 8 uur (16 manuren).

Oogst Spakenburg

De oogst bij Spakenburg is uitbesteed aan een plaatselijk loonbedrijf. In de opzet was de hypothese dat met de hier gebruikte oogstmethode (veel) meer kroos geoogst kon worden dan met de methode bij Stolwijk, waarbij de vraag was, hoeveel op kwaliteit ingeleverd moest worden.

In eerste instantie zou gewerkt worden met een duwboot. Omdat het in de dagen voor de oogst toch stevig gewaaid had, was dit niet goed mogelijk, omdat er niet voldoende kroos werd aangetroffen in de in eerste instantie uitgezochte watergangen. Direct rond Spakenburg (rand bebouwde kom) was echter ruim kroos aanwezig. De oogst vond plaats met een half ronde spijlenbak die aan de binnenkant was bekleed met gaas (zie foto 2). De kraan ging veel dieper (ruiger) door het water dan bij Stolwijk, waardoor naast het oppervlakkig aanwezige kroos ook veel onderwaterplanten werden meegenomen. Daarnaast dreef er veel afval in het water (flessen, plastic zakken e.d.) dat veelal is mee geoogst. Het product werd in een vrachtwagen met container geschept. Er is meer water meegekomen dan in Stolwijk. Het oogsten ging echter wel sneller (meer dan tweemaal zo snel als bij Stolwijk). Op het oog leek de kroos uit Spakenburg van mindere kwaliteit (geur) en zag er ook donkerder uit (groen/bruin/grijze kleur). Dit werd mede veroorzaakt doordat de bak dieper door het water ging, waardoor bodemdeeltjes gingen zweven en zijn mee geoogst. Snelheid ging in dit geval ten koste van in elk geval visuele kwaliteit.

In het algemeen was het moeilijk om met de toegepaste oogstmethoden op een snelle manier een grote hoeveelheid kroos te oogsten. De oogstmethode moet verder verbeterd worden, waarbij we vooral in de richting van een continu verzamelproces denken, met opvang. Om het transportvolume te verminderen moet bij oogst zoveel mogelijk water aan het product worden onttrokken, bijvoorbeeld door het product te persen.

4.2 Drogen

Het natte materiaal is in big-bags direct na de oogst (6 september 's avonds) aangeleverd bij de drogerij. Vanuit Spakenburg zijn acht volle big-bags aangevoerd en vanuit Stolwijk vier. Op 7 september is het relatief natte kroos uitgespreid in drie droogkamers (afbeelding 1). De partijen van beide locaties zijn dus gescheiden gedroogd en de grote partij uit Spakenburg is over twee droogkamers verdeeld. Het natte product is niet gewogen voor het drogen. Het vullen van de drie kamers kostte totaal 4 arbeidsuren. Tijdens het drogen zijn beide partijen nog een keer gekeerd, wat ook 4 uur in totaal gekost heeft. De droogtijd bedroeg 90 uur (30 uur per partij) en de droogtemperatuur was 40 °C.

Na drogen bleef 116 kg droog product over van de aangeleverde partij uit Stolwijk en 261 kg product van de aangeleverde partij uit Spakenburg (totaal dus 377 gedroogd product). Het droge product van locatie Spakenburg is vervolgens handmatig uitgezocht op afval. Dit sorteerproces heeft 21 arbeidsuren gevraagd.

De tijdwinst behaald bij de oogst (namelijk tweemaal zo veel materiaal in ongeveer de helft van de tijd), werd door het sorteerproces weer te niet gedaan. De totale tijdsbesteding voor de partij uit Stolwijk bedroeg 8 uur voor de oogst en voor Spakenburg 4 uur voor oogst en 21 uur voor sorteren. Totaal 25 uur voor tweemaal de hoeveelheid van Stolwijk. Dus 12,5 uur voor een gelijke hoeveelheid. Achteraf heeft de oogst in Spakenburg dus 4,5 uur langer geduurd voor dezelfde hoeveelheid, waarbij de partij ook kwalitatief minder was (zie analyses).

Bij een snellere oogstmethode moet worden voorkomen dat veel afval wordt mee geoogst, zodat de sorteerstap achterwege kan blijven.

Afbeelding 1 Eendenkroos gedroogd in gasgestookte droogkamers



4.3 Verwerking tot brok en de opname door vee

Er zijn drie soorten brok geperst met een aandeel eendenkroos als eiwitbron. Het bleek mogelijk om een bijna 100% eendenkroosbrok te persen (96% kroos, 4% melasse). Daarnaast is een standaard A-brok en een eiwitrijkere B-brok gemaakt. De samenstelling van de geperste broksoorten is weergegeven in tabel 2. De nutrist van Arkervaart bepaalde het aandeel kroos op basis van de berekende voederwaarde van het gedroogde product (zie par. 4.4). Er werd geen rekening gehouden met de kostprijs van kroos, wat normaal bij de keuze van grondstoffen wel het geval is.

Tabel 2 Samenstelling van geperste broksoorten met bestanddeel eendenkroos als eiwitbron

B-brok 120 met eendenkroos		A-brok 95 met eendenkroos	
Samenstelling	% aandeel	Samenstelling	% aandeel
Maïs	2,23	Maïs	5
Palmpitschilfers 8,5/15	25	Maïsgl. Voermeel 20-23%	6,03
Raapzaadschroot	8,97	Tarwegries kwaliteit	3,32
Sojaschroot 50 cargill	12	Palmpitschilfers 8,5/15	24,99
Tapioca 66% zetmeel	10	Sojahullen 320-360 rc	15
Melasseriet	5	Raapzaadschroot	5
Bietenpulp <10su	8	Soja chroot 50 cargill	3,85
Citruspulp	2,52	Tapioca 66% zetmeel	10,96
Krijt	0,18	Melasseriet	5
Zout	0,6	Bietenpulp <10su	5
m2036 rundvee actief	0,5	Citruspulp	7
Eendenkroos Stolwijk	25	Krijt	0,58
		Zout	0,77
		m2036 rundvee actief	0,5
		Eendenkroos Spakenburg	7
Totaal	100	Totaal	100

Zoals uit tabel 2 is af te lezen bestaan de A- en B-brok voor respectievelijk 7 en 25 % van de samenstelling uit eendenkroos. Door toevoeging van eendenkroos kan daarmee per kg krachtvoer

behoorlijk op sojaschroot of andere eiwitbronnen worden bespaard. Het economische voordeel van deze besparing is sterk afhankelijk van de prijzen voor eiwit en energie. De voederwaardeprijs volgens prijspeil oktober 2009 was € 347,50 per ton product.

Het eendenkroos was relatief eenvoudig te verwerken als basisgrondstof. Het product is licht, maar wel volumineus. Door het product te persen kan het volume sterk worden verkleind. Het gedroogde kroos werd volledig vermalen en direct tijdens het mengen van de grondstoffen toegevoegd. Er waren geen problemen om kroos in technische zin tot brok te verwerken. Voor de 100% brok was slechts 4% melasse nodig als bindmiddel. Afbeelding 2 laat zien hoe de kroosbrok eruit ziet.

Afbeelding 2 Kroosbrok



Het voordeel van gedroogd kroos is dat we het voor langere tijd kunnen opslaan. Zo kan voldoende voorraad worden opgebouwd, waarmee vervolgens in één keer een bepaalde hoeveelheid brok geperst kan worden met kroos als basisgrondstof. Op deze manier kan kroos bijvoorbeeld ingezet worden op het moment dat de sojaprijzen relatief hoog zijn. Kroos kan ook op verzoek van een afnemer kunnen worden toegevoegd aan een bepaalde partij.

Hoewel de hoeveelheden van de verschillende broksoorten onvoldoende was voor een uitgebreide opname- en responsproef (en het project daar ook niet in voorzag), is wel kwalitatief gekeken hoe de koeien deze brok opnemen. Alle broksoorten, zelfs de 100% brok werden graag opgenomen. De veehouders Rick de Vor en Wim van de Geest die deze brok gevoerd hebben, kregen de indruk dat de brok door toevoeging van het eendenkroos zeker niet aan smakelijkheid had ingeboet, maar eerder smakelijker leek te zijn. Mogelijk komt dit door de goede geureigenschappen. De geur komt sterk overeen met die van luzernebrok.

4.4 Voederwaarde en vetzuren

Arkervaart heeft de voederwaarde van het geogste kroos berekend op basis van de regressieformules voor grasbrok (met de verteringseigenschappen van grasbrok) voor de locaties Stolkwijk en Spakenburg. Het betreft de berekende energiewaarde Voeder Eenheid Melkvee (VEM), Darm Verteerbaar Eiwit (DVE) en de Onbestendig Eiwit Balans (OEB). VEM is een verhoudingsgetal zonder dimensie. De resultaten staan in tabel 3.

Tabel 3 Berekende voederwaarde voor energie en eiwit van eendenkroos geoogst in Stolwijk en Spakenburg (2007). Analyses van het gedroogde materiaal

Voederwaarde	Stolwijk	Spakenburg
Voeder Eenheid Melkvee (VEM)	826	729
Darm Verteerbaar Eiwit (DVE, g/kg DS)	118	90
Onbestendig Eiwit Balans (OEB, g/kg DS)	85	55

Eendenkroos is een eiwitrijk product en daarom geschikt als (vervangende) eiwitbron (grondstof) in krachtvoer. De kwaliteit van het geoogste kroos in de pilot is het beste te vergelijken met die van bierbostel (nat) en raapzaadschroot en in mindere mate met soja. Een vergelijking van eendenkroos met deze andere eiwitrijke voeders staat in tabel 4. Daarbij is voor kroos uitgegaan van het met zorg geoogste materiaal in Stolwijk, omdat dat een hogere energie- en eiwitwaarde had dan het veel ruwer geoogste materiaal in Spakenburg.

Tabel 4 Voederwaardegegevens (chemische samenstelling en berekende energie- en eiwitwaarden) van vers eendenkroos geoogst in Stolwijk september 2007 en van soja, raapschroot en bierbostel (nat)

	Eendenkroos	Soja	Raapschroot	Bierbostel
Ruw eiwit	268	440	335	247
Ruw vet	28,9	22	16	106
Ruwe celstof	105	70	116	178
Ruw as	173	60	67	42
Droge stof	886	876	894	219
VEM (energie)	826	1015	848	947
DVE (darm verteerbaar eiwit)	118	224	126	137
OEB (onbestendig eiwit balans)	85	50	48	12
Calcium	15,2	2,7	7,2	3,9
Fosfor	8,4	6,5	10,7	6,3

De gehalten ruwe as, calcium en fosfor zijn relatief hoog. Een hoog fosforgehalte is vaak een indicatie voor bestendig en snel opneembaar eiwit.

Ter vergelijking van beide proeflocaties en de oogst in september en oktober staan in tabel 5 de voederwaardegegevens van eendenkroos en de macromineralen die zijn bepaald ten opzichte van de hoeveelheid lucht droge stof (Lds).

Tabel 5 Voederwaardegegevens en macro mineralen van vers eendenkroos geoogst in Stolwijk en Spakenburg (2007) en van vers gras. In vitro verteerbaarheid van de organische stof volgens Tilley & Terry

Analyse	Stolwijk		Spakenburg		Vers gras
	september	oktober	september	oktober	
Lds (g/kg)	887	948	919	927	-
Ruw as (g/kg Lds)	173	157	234	175	106
Calcium (Ca) (g/kg Lds)	15,2	18,5	23,3	28,9	5,6
Magnesium (Mg) (g/kg Lds)	3,24	3,31	3,15	5,02	2,3
Fosfor (P) (g/kg Lds)	8,42	9,89	6,26	6,15	4,1
Natrium (Na) (g/kg Lds)	4,46	4,16	3,63	7,48	2,3
Kalium (K) (g/kg Lds)	45,2	40,2	21,8	26,8	36
Bruto energie (KJ/g)	15	16,5	14,3	14,8	
N Kjeldahl (g/kg Lds)	43	45,1	33,8	28,3	33,6
Ruw vet (g/kg Lds)	28,9	19,6	17,9	18,5	35
Ruwe celstof (g/kg Lds)	105		127		
Ruw eiwit (g/kg Lds)	269	282	211	177	210
VC Os (% T&T) (%)	63,4	59,8	46,7	47,1	80

De voederwaarde van het eendenkroos bleek voor beide oogstlocaties behoorlijk te verschillen. Het eiwitgehalte van het kroos uit Stolwijk was aanzienlijk hoger dan het kroos uit Spakenburg en het ruw asgehalte was lager. De verschillen kunnen echter (mede) het gevolg zijn van de verschillende oogstmethodes. Het verschil in kwaliteit vormde echter geen probleem voor de verwerking tot brok, omdat er voldoende mogelijkheden zijn om met andere grondstoffen de gewenste voederwaarde te bereiken.

Het hogere ruw asgehalte van het kroos uit Spakenburg van september werd veroorzaakt door de vrij ruwe oogstmethode. In oktober was het ruw asgehalte van het kroos uit Spakenburg duidelijk lager dan de eerdere oogst in september, maar hoger dan van het kroos uit Stolwijk. Het calciumgehalte was bij Spakenburg tweemaal zo hoog als bij Stolwijk, terwijl het kroos uit Stolwijk hogere fosfor- en kaliumgehalten liet zien. De bruto energie is in alle monsters ongeveer gelijk.

Om meer over de vet- en eiwitsamenstelling te kunnen zeggen, is een uitvoerige analyse gedaan. De belangrijkste vetzuren en aminozuren zijn weergegeven in tabel 6. Het betreft de analyses van de kroosmonsters van beide locaties (Stolwijk en Spakenburg). Ter vergelijking zijn ook voor soja en grasbrok de gehalten weergegeven. De resultaten van de volledige analyse staan in bijlage 2.

Tabel 6 Vetzuren en eiwitsamenstelling van verse kroosmonsters genomen in Stolwijk en Spakenburg in september en oktober 2007. Tevens de vetzuren en eiwitsamenstelling van soja en grasbrok

Vetzuren (%)	Stolwijk		Spakenburg		Soja	Grasbrok
	september	oktober	september	oktober	> 440 RE	
Palmetinez. C16:0	18,8	18,2	20,6	20,3	11	16
Stearinez C18:0	1,8	2,1	2,9	2,1	4	2
Oliez. C18:1	4,9	6,7	8,8	5,8	22	3
Linolz. C18:2	14,9	13,4	11	15	54	13
Linoleenz. C18:3	37,1	20,5	20,4	29,6	8	60
Omega3 vetzuren	38,1	22,9	21,4	30,6	18,4	39,4
(aminozuren g/kg)						
Cystine	2,8	2,3	2,3	1,8	6,9	1,8
Methionine	3,6	3,9	2,7	2,4	6,4	2,7
Threonine	9,8	9,8	8,1	6,7	17,8	7,3
Lysine	13,5	13	9,7	8,2	28,4	6,9

Een groot deel van de vetzuren blijkt onverzadigd te zijn. Er is geen duidelijke lijn in de ontwikkeling van bepaalde vetzuren of aminozuren in de tijd, in zoverre dit op basis van de beperkte monsternamen gesteld kan worden. In Stolwijk namen de gehalten wat af, terwijl ze in Spakenburg juist toenamen. Vooral de aandelen essentiële aminozuren threonine en lysine is relatief hoog.

4.5 Ziektekiemen en zware metalen

Bij oogst zijn zowel watermonsters als monsters van het verse kroos genomen om te onderzoeken of er ziektekiemen aanwezig waren. Er is een test gedaan op het voorkomen van:

- E Coli
- Salmonella
- Botulisme
- Para TBC

Alle monsters (water bij Stolwijk, water bij Spakenburg, verse kroos Stolwijk en verse kroos Spakenburg) werden negatief getest op de in paragraaf 3.5 genoemde ziektekiemen. Dit betekende dat het uitgangsmateriaal vrij was van ziektekiemen. Daarom konden we niet testen in hoeverre de rest van het verwerkingsproces eventuele aanwezige bacteriën zou uitschakelen. Het is waarschijnlijk dat de ziekteverwekkende bacteriën zowel het droogproces als het persen tot brok niet overleven, maar zeker is dit niet.

Naast de bacteriologische analyse zijn van de verse kroosmonsters ook de gehalten aan zware metalen bepaald. De uitslag van deze analyse staat in tabel 7. Tevens zijn de gehalten voor gras inclusief aanhangende gronddeeltjes en krachtvoer vermeld en de veiligheidsnorm en de warenwetnorm weergegeven.

Tabel 7 Gehalten zware metalen verse eendenkroos monsters locaties Stolwijk en Spakenburg septem ber 2007

Concentratie (mg/kg ds)	Eendenkroos		Gras + aanhangende grond	Krachtvoer	Veiligheidsnorm	Norm warenwet
	Spakenburg	Stolwijk				
Cadmium (Cd)	0,07	0,08	0,17	0,1	<< 50	1,1
Lood (Pb)	9,7	14	5	1,4	< 40	40
Arseen (As)	0,76	0,87	1,31	0,3	<< 50	2,3
Kwik (Hg)	<0,5	<0,5	0,031	0,009	<14	0,11
Koper (Cu)	7,6	10,7	13	28	< 350	20
Zink (Zn)	83	141	58	37	< 500	250
Chroom (Cr)	7,6	4,7	0,5		<< 150	n.b.
Nikkel (Ni)	9,9	9,2	0,8		< 50	n.b.

Er blijkt niet veel verschil in gehalten zware metalen tussen de monsters van Spakenburg en Stolwijk. Alleen het zinkgehalte van het kroos bij Stolwijk is veel hoger dan bij Spakenburg. De gehalten zink (Zn), chroom (Cr) en nikkel (Ni) zijn op beide locaties duidelijk hoger dan die van het gemiddelde van gras met aanhangende grond. Ze blijven echter duidelijk beneden de norm van de warenwet en de veiligheidsnorm. De loodgehalten (Pb) zijn echter wel beduidend hoger dan die van gras en zeker hoger dan de gehalten van standaard krachtvoer.

Tijdens het verwerken van het (gedroogde) kroos tot brok heeft het Rikilt voor de Voedsel & Waren Autoriteit (VWA) een monster genomen en onderzocht op zware metalen, dioxinen en PCB's. De uitslag van dit onderzoek staat in tabel 8.

Tabel 8 Gehalten zware metalen en dioxinen en PCB's van gedroogd kroos geoogst in Stolwijk (september 2007). De monsters zijn genomen door de Voedsel & Waren Autoriteit (VWA) en onderzocht door het Rikilt

Analyse	uitslag	Eenheid
Totaal dioxinen (UB)	1,6	ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg ds (12% vocht)
Totaal DL PCB's (UB)*	0,46	ng WHO-PCB/F-TEQ/kg ds (12% vocht)
Totaal Dioxinen en DL PCB's (UB)	2,0	ng WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg ds (12% vocht)
Totaal indicator PCB's (UB)	3400	ng/kg ds (12% vocht)
Cadmium	0,12	mg/kg ds (12% vocht)
Lood	14	mg/kg ds (12% vocht)
Arseen	2,1	mg/kg ds (12% vocht)
Kwik	0,032	mg/kg ds (12% vocht)

* DL-PCB's = dioxineachtige PCB's

Wanneer we de uitslagen uit tabel 8 vergelijken met de Richtlijn 2002/32/EG van het Europees Parlement en de Raad (7 mei 2002) inzake ongewenste stoffen in diervoeding, blijkt het totaal aan dioxine de richtlijn van 0,5 ng te overschrijden. Ook het totaal van de dioxineachtige PCB's en dioxinen overschrijden de norm van 0,35 ng. Mogelijk heeft de aanwezigheid van dierlijk eiwit, uit bijvoorbeeld watertorren en slakken, de gevonden waarde verhoogd. De gehalten zware metalen bleven onder de norm.

5 Discussie

5.1 Voederwaarde eendenkroos

Kroos is alleen interessant als het eiwitgehalte dat van gangbare eiwitrijke voeders benadert, zoals raapschroot, bierbostel en soja. Alleen van het kroos geoogst in Stolwijk was het percentage eiwit redelijk hoog. Dit percentage was aanmerkelijk hoger dan dat van vers gras, en was het best vergelijkbaar met het eiwitgehalte van bierbostel.

De verteerbaarheid van de organische stof van het kroos uit de pilot was echter relatief laag, waardoor de energie- en eiwitwaarde gemakkelijk overschat wordt. Onderzoek naar de werkelijke (in vivo) voederwaarde is nodig om hier uitsluitsel over te geven.

Het eiwitgehalte is afhankelijk van de nutriëntenconcentratie in het water, het oogstregime en de kroossoort. Onder ideale groeiomstandigheden bij regelmatige oogst kan het ruw eiwit percentage wel 35 à 43 % bedragen, afhankelijk van de aanwezige kroossoorten (Leng et al. 1995 en zie literatuurstudie van Lieke Stam in bijlage 1). Pas bij deze percentages mogen we eendenkroos, afgezien van de verteerbaarheid, vergelijken met soja. In de pilot is kroos relatief laat in het groeiseizoen geoogst en bovendien op het moment dat er zich al kroosdekken begonnen te vormen. Dit heeft waarschijnlijk het eiwitgehalte en de voederwaarde in het algemeen nadelig beïnvloed.

5.2 Kostprijs eendenkroos

De kostprijs van kroos is sterk gerelateerd aan de marktprijs van eiwitrijke grondstoffen of bij producten; hoe hoger de marktprijs, des te hoger mag de kostprijs zijn. Het eiwitgehalte van kroos speelt hierbij een belangrijke rol. Een hoog eiwitgehalte vergelijkbaar met soja zal waarschijnlijk niet haalbaar zijn of slechts alleen onder zeer gunstige omstandigheden. Een eiwitgehalte vergelijkbaar met dat van raapschroot wellicht wel. Raapschroot is evenals soja een droge grondstof voor krachtvoer. De prijs van dit product (prijsspeil oktober 2009) bedraagt € 164,- per ton product en dit mag dan tevens de uiterste kostprijs van kroos zijn, om dit concurrerend te kunnen aanbieden. Drogen van het product is daarbij een vereiste. Het voordeel van drogen is dat de voederwaarde behouden blijft, dat de productveiligheid (waarschijnlijk) wordt gegarandeerd en dat kroos optimaal wordt geconserveerd. Het nadeel is dat de kostprijs sterk wordt verhoogd en dat dit hogere eisen stelt aan logistiek en certificering. Bij een wat lager eiwitgehalte komt kroos het meest overeen met het natte krachtvoerproduct bierbostel. De kostprijs mag dan € 34,- per ton product bedragen (prijsspeil oktober 2009). Drogen is dan wellicht te duur, maar persen en vervolgens nat conserveren is mogelijk een goed alternatief. Conserveren maakt kleinschalige verwerking mogelijk en de kosten blijven relatief laag, maar hierdoor wordt de voederwaarde verlaagd en het is onbekend in hoeverre het vee het product vervolgens opneemt.

Het verzamelen van eendenkroos kan door een mobiele kraan (dieplepel), maar kost erg veel tijd. Beter is om een stationaire, onbemande verzamelinstallatie te gebruiken. Een dergelijke installatie beroerd nauwelijks de wateroppervlakte en voorkomt daarmee het uiteen drijven van kroos. Firma BOM Aqua BV heeft een prototype van zo'n installatie ontwikkeld in opdracht van het Hoogheemraadschap van Delfland (het krooswiel, zie afbeelding 3), maar aan het verzamelen en vervoer (de logistiek) moet nog wel een en ander verbeterd worden om toepassing op grote schaal mogelijk te maken.

Afbeelding 3 Krooswiel van firma BOM Aqua BV dat draait op zonne-energie

5.3 Perspectief voor Nederland

Naast de in de vorige hoofdstukken besproken technische aspecten is uiteraard van belang om te weten welk perspectief kroos als veevoer heeft. Hoeveel soja kan men er mee vervangen en hoeveel kroos is er te 'winnen'?

Nederland heeft in 2007 1.33 miljoen melk- en kalfkoeien die gemiddeld 2100 kg krachtvoer per jaar vreten (bron: CBS). Totaal wordt alleen in de melkveesector dus 279×10^7 kg krachtvoer gevoerd. Wanneer dit alleen standaardbrok zou zijn (met het laagste aandeel soja), kan in deze hoeveelheid brok $1,95 \times 10^8$ kg droge kroos worden verwerkt.

De totale slootoppervlakte in Nederland is vergelijkbaar met het oppervlak aan ondiepe meren en plassen (Van Zuidam et al. 2009) en ligt boven de 600 km^2 in Nederland. Omgerekend naar hectaren is dit 60.000 hectare sloot die in potentie kroos kan voortbrengen. Maar niet alle sloten bevatten kroos en kroos zal ook niet altijd aanwezig zijn. Wanneer we veronderstellen dat op 10% van het gehele slootoppervlak de geschatte productie onder Nederlandse omstandigheden van 10 ton ds/ha gehaald kan worden, kan volgens een eerste ruwe schatting 60 miljoen kg ds kroos worden verzameld. Verdergaande studies, zowel praktijkmetingen als met modellen, moeten uitgevoerd worden om deze getallen nader te onderbouwen.

Wanneer dit kroos evenredig over alle benodigde krachtvoer wordt verdeeld, is dit $(60 \times 10^6) / (279 \times 10^7) = 0.02 \text{ kg ds/kg}$ krachtvoer. Er is bij deze geschatte situatie dus ruimte om 2% van het gewicht van het totale krachtvoerverbruik voor rundvee te vervangen door kroos. Dit percentage is relatief laag en onvoldoende wezenlijk om een substantieel deel van de soja te kunnen vervangen.

We kunnen ook bekijken aan welk deel van de melkveestapel krachtvoer kan worden gevoerd, waarin de soja is vervangen door kroos. Bij een standaard A-brok wordt in dat geval 7% eendenkroos toegevoegd. Per koe is dan $2100 \times 7\% = 147 \text{ kg ds}$ eendenkroos nodig. Totaal kan men dan aan $60 \times 10^6 / 147 = 400.000$ koeien brok met eendenkroos voeren.

In de zomer is een relatief klein aandeel krachtvoer in het rantsoen aanwezig, dat minder eiwitrijk mag zijn. Wanneer alleen in de zomer kroosbrok gevoerd wordt, kunnen ongeveer 1 miljoen koeien gevoerd worden.

5.4 Logistiek en certificering

Analyses van het kroos wezen uit dat het product veilig gevoerd kon worden, maar het kost tijd om het product uitvoerig te analyseren. De mengvoerindustrie accepteert alleen grondstoffen als op voorhand bekend is dat het product aan de vereiste bepalingen van de Voedsel en Waren Autoriteit (VWA) en het Productschap Diervoeder (PDV) voldoet. Het risicoaspect vraagt nog wel extra aandacht, omdat kroos wordt geoogst onder niet geconditioneerde omstandigheden. Een risicoanalyse en protocol moeten uitwijzen of, hoe, waar en wanneer kroos geoogst mag worden als grondstof voor veevoer.

Eendenkroos kan dus niet rechtstreeks als vers product aan de mengvoederindustrie worden aangeboden. Ook drogerijen zullen op voorhand moeten weten met welk product zij te maken hebben, voordat zij het verwerken. Om tijd te winnen voor het uitvoeren van de analyses gaat WUR Livestock Research in 2010 onderzoeken op welke praktische wijze eendenkroos als nat product geconserveerd kan worden.

6 Conclusies

In deze pilot is aangetoond dat eendenkroos potentie heeft om als grondstof voor krachtvoer te dienen. Het is mogelijk om kroos in verschillende hoeveelheden toe te voegen en de brok te optimaliseren. Zelfs een brok van bijna 100% kroos is mogelijk. De koeien nemen brok waar kroos in verwerkt is graag op. In deze pilot zijn echter geen opnameproeven gedaan, waarbij ook het effect op melkproductie is gemeten.

Kroos is alleen interessant als het eiwitgehalte dat van gangbare eiwitrijke voeders benadert, zoals raapschroot, bierbostel en soja. Het geoogste kroos in Stolwijk (september 2007) had een eiwitgehalte dat het best vergelijkbaar is met dat van bierbostel. Zorgvuldig oogsten van kroos loont de moeite, omdat veel tijd wordt bespaard met het verwijderen van vuil en het komt de voederwaarde ten goede. De verteerbaarheid van de organische stof van het kroos uit de pilot was echter relatief laag, waardoor de energie- en eiwitwaarde gemakkelijk overschat wordt. Onderzoek naar de werkelijke (in vivo) voederwaarde is nodig om hier uitsluitsel over te geven.

Het geoogste kroos in de pilot bevatte geen schadelijke ziektekiemen (E Coli, Botulisme, Salmonella en ParaTBC zijn geheel niet aangetroffen), zware metalen of andere schadelijke stoffen in een mate die riskant is voor de (volks)gezondheid. Het risicoaspect vraagt echter nog wel extra aandacht, omdat kroos wordt geoogst onder niet geconditioneerde omstandigheden. Een risicoanalyse en protocol moeten uitwijzen of, hoe, waar en wanneer kroos geoogst mag worden als grondstof voor veevoer.

De toegestane kostprijs van kroos wordt bepaald door de marktprijs van gangbare grondstoffen of bijproducten met een vergelijkbaar eiwitgehalte. Het drogen in droogkamers, zoals in deze pilot is toegepast, vraagt veel energie en werkt sterk kostprijsverhogend. Dit zal alleen uit kunnen bij relatief hoge eiwitgehalten. Zeker voor omstandigheden waarbij dit niet haalbaar is, moeten we naar een andere oplossing zoeken om het product te stabiliseren. Mogelijk is persen en vervolgens nat conserveren een alternatief.

Het zou interessant zijn wanneer een substantieel deel van soja in krachtvoer vervangen kan worden, aangezien de import van soja ter discussie staat en de landbouw gebaat is bij goedkopere alternatieven. De mogelijkheden om kroos op echt grote schaal in Nederland in te zetten is echter beperkt. Geschat is dat slechts 2% van het totale krachtvoerconsumptie voor rundvee vervangen kan worden door kroos.

Bijlagen

Bijlage 1 Nutritional content of duckweed and duckweed as animal nutrition

Bron: Minor theses Lieke Stam, 2009

1. Nutritional content

The amount of different compounds in duckweed depends amongst others on factors like nutrient content of media where it is grown, sunlight, pH, agitation of the duckweed, overcrowding, stage of maturity, algae growth, depth of the lagoon/pond and species of duckweed (Islam, 2002).

In this section the nutritional content of duckweed will be discussed. At first, the general composition of duckweed will be provided. Thereafter several nutrients will be discussed, amongst others the dry matter content of duckweed, the protein and amino acid content, the mineral content and the fibre content.

1.1 Composition of duckweed

Rusoff et al. (1980) investigated the composition of four species of duckweed (*Lemna gibba*, *Spirodela polyrhiza*, *Spirodela punctata*, and *Wolffia columbiana*). The results are presented in table 2. Rusoff et al. collected the duckweed from anaerobic dairy waste lagoons on the Louisiana State University in the United States of America in the period August to Nov. of 1978.

Table 1 Proximate analysis of duckweeds (%)

	Lemna gibba	Spirodela polyrhiza	Spirodela punctata	Wolffia columbiana
dry matter	4,6	5,2	5,1	4,8
<i>dry matter composition</i>				
crude protein ¹	25,2	28,7	29,1	36,5
fat	4,7	5,5	4,5	6,6
crude fibre	9,4	9,2	8,8	11,0
ash	14,1	13,7	15,2	17,1
residual dry matter	46,6	42,9	42,4	28,8

¹ calculated as: N x 6,25

The chemical composition of duckweeds varies considerably due to age of the plant, environmental temperature and nutrient-aqueous environment (Rusoff et al., 1980).

1.2 Dry matter content

Duckweeds have a high percentage of water. According to Rusoff et al. (1980) the water content is 94 to 95 %. Leng et al. (1995) reported a water content of about 92 to 94 %. Culley and Epps (1973) reported duckweed samples ranging from 92 to 97 % water, but values of 86 to 89 % have been obtained in plants having poor growth rates. The lower water content was caused by more starch in the plants, which may be an advantage because starch is a major source of energy in feedstuffs (Culley and Epps, 1973).

1.3 Crude protein content

The crude protein content of duckweed is relatively high. Duckweed grown on nutrient-poor water contains 15 to 25 % crude protein. Duckweed grown under ideal conditions and harvested regularly will have a protein content of 35 to 43 %, depending on the species involved (Leng et al., 1995). Protein content will be lower in duckweed colonies that grow slowly (Leng et al., 1995).

The protein content in duckweed depends on the concentration of nitrogen in the water. This is thought to be optimal between 10 to 30 mg N/l (Reid, 2004). Nutrient-rich waters contribute to higher protein production in duckweed (Culley and Epps, 1973).

It is noteworthy to point out that these protein data are based on nitrogen values. It can not be assumed that all nitrogen goes in protein, because there are non-protein nitrogen compounds in duckweed (Culley and Epps, 1973). Unfortunately, it is not mentioned which compounds are meant.

1.4 Amino acid content

Besides the general protein content, the amino acid content of four species of duckweed is analyzed by Rusoff et al. (1980). The species are mentioned in section 2.4.1. After the analysis the mean of the four species is calculated. The results of this analysis are provided in table 3.

Table 2 Amino acid composition of duckweed protein concentrate

	Lemna	Spirodella	Spirodella	Wolffia
	gibba	polyrhiza	punctata	columbiana
g/100 g of crude protein				
Alanine	4,59	4,48	4,79	3,75
Arginine	4,29	5,25	4,86	3,78
Aspartic	7,12	7,55	7,38	5,63
Glutamic	7,60	8,00	7,60	5,76
Glycine	3,79	3,95	3,93	3,04
Histidine	1,89	2,15	1,90	1,18
Isoleucine	3,87	3,75	3,76	3,06
Leucine	7,15	6,85	6,88	5,83
Lysine	4,13	4,30	4,26	3,37
Methionine	0,83	0,83	1,07	0,87
Phenylalanine	4,45	4,20	4,38	3,60
Proline	2,93	3,28	2,95	2,41
Serine	2,61	2,80	2,83	2,28
Threonine	3,20	3,45	3,31	2,55
Tyrosine	2,91	3,05	3,14	2,17
Valine	4,96	4,40	4,71	3,49
True protein	66,32	68,29	67,75	52,77

Any thryptophan present would be destroyed by the acid hydrolysis.

Rusoff et al., 1980

1.5 Fat content

Duckweed grown under ideal conditions and harvested regularly will have a polyunsaturated fat content of about 5 %, depending on the species involved (Leng et al., 1995). This is in line with the investigation of Rusoff et al. (1978), who found a mean fat content of 5,3 %.

1.6 Fibre content

Duckweed grown on nutrient-poor water contains 15 to 30 % fibre in the dry matter. Duckweed grown under ideal conditions and harvested regularly will have a fibre content of 5 to 15 %, depending on the species involved (Leng et al. 1995). Fibre content will be higher in duckweed colonies that grow slowly (Leng et al., 1995) and that are older (Skillicorn, 1993)

1.7 Ash content

According to Leng et al. (1995) ash content of duckweed is around 14 %. Rusoff et al. (1980) reported an ash content of 13,7 to 17,1 %. The ash content will be higher in duckweed colonies that grow slowly (Leng et al., 1995), which are older (Skillicorn, 1993) and which are harvested more frequently (Rusoff et al., 1980).

Duckweed grown on nutrient-rich water has a high concentration of trace minerals, K and P and pigments, particularly carotene and xanthophyll (Leng et al., 1995). The mineral composition of duckweed can be seen in table 4. Besides, in this table mineral composition of fresh grass and maize are provided in order to compare duckweed with those feedstuffs. The table shows that grass contains higher amounts of minerals compared to maize. In most cases, duckweed exceeded the mineral levels of grass. The sodium, sulphur and molybdenum contents in grass are in between the ranges of these minerals in duckweed.

The amount of a certain mineral required in dairy cattle (with a yield of 40 kg milk per day) is also provided in table 4. As can be seen, duckweed meets and/or exceeds these levels in all cases.

1.8 Undesirable substances

A source of concern is the introduction or multiplication of pathogens, which may occur through feeding animals duckweed, especially if duckweed is grown on animal waste water. Investigation into the transference of pathogens will have to be completed and shown to be safe to contemporary community standards (Goopy and Murray, 2003), because duckweed containing pathogenic materials may contribute to disease problems in animals and humans (Culley and Epps, 1973).

There is evidence that some type of anti nutritional factor (ANF) is limiting feed intake and growth when duckweed is fed at higher levels. These ANF's may include organoleptic inhibitory factors such as oxalate, or compounds that interfere with digestion and metabolism such as phenolic compound like tannins and saponins (Goopy and Murray, 2003).

2. Duckweed as animal nutrition

The high nutritional content, especially the high protein and low fibre content, of duckweed indicates that it could be a good source of animal feed. Research has been done to investigate the suitability of duckweed as animal nutrition in several animal species. In this chapter an overview will be provided of some of these investigations.

2.1 Fish

Various studies investigated the effect of duckweed in feed of different species of fish. Some of these studies are summarized below, in order to provide an idea of the properties of duckweed as fish feed.

2.2 Carp

An experiment was conducted by Yilmaz et al. (2004) to investigate the use of duckweed (*Lemna minor*) as a protein feed stuff in diets for common carp fry. The experiment consisted of 4 inclusion levels of duckweed (5, 10, 15 and 20 %) and a control diet not containing any duckweed. The experiment lasted for 3 months.

The results showed no significant difference in feed conversion ratio and protein efficiency. Growth performances of fish fed diets containing up to 20 % duckweed were comparable to that of the fish fed the control diet, except for the group fed 15 % duckweed, where growth was lower than control. According to Yilmaz et al. (2004) this suggests that the lower growth recorded in the 15 % duckweed group was probably not caused by dietary inclusion of duckweed, but may rather have resulted from some effects of initial handling during the weighing and daily management routines in the experimental system. In addition, carcass composition of the experimental fish did not vary among treatments, except for the protein content, that was lower in the group fed the 15 % duckweed diet. Moreover, lipid content tended to be slightly higher in this group, but this was not significant. These findings may indicate that the lower growth of fish fed the 15 % duckweed diet, compared to the control diet, was due to lower feed (and thus lower protein) consumption.

Fish fed the control diet lost weight in the third month of the experiment due to a decreased water temperature, but the fish fed diets including duckweed did not. This may be the result of the high lysine content of duckweed (Yilmaz et al., 2004).

In conclusion, common carp fry fed diets containing different amounts of duckweed did not show significant differences with respect to growth or feed utilization (except the group fed the 15 % duckweed diet). These findings support the opinion that duckweed meal provides an easy, practical and cheaper fish feed stuff, also because it requires no processing to destroy any anti nutritional factors (Yilmaz et al., 2004).

2.3 Tilapia

Recently, Chowdhury et al. (2008) conducted an experiment to investigate the effect of duckweed (*Lemna minor*) as a feed supplement in tilapia. There were 2 treatments each with three replications. In treatment 1, ponds were supplied with duckweed at a rate of 60 % of total body weight of the wet fish and in treatment 2, ponds were kept as control (without supply of duckweed).

The results show that the fish in treatment 1 had a higher ($p < 0,05$) net production than the fish in treatment 2, 16,28 vs. 8,92 kg/desimal/year, respectively. Besides, duckweed supplemented fish tended to have a higher survival rate (Chowdhury et al., 2008).

2.4 Poultry

Some of the poultry species are used to investigate the effect of duckweed as a feed supplement. Also, many experiments have been done with these species. Below, a sort of summary is provided of the research that has been done in this field with chickens and ducks.

2.5 Chickens

Haustein et al. (1994) conducted 2 experiments to look at the performance of broiler chickens fed dried duckweed (*Lemna gibba*). In the first experiment, there were 4 treatment groups (0, 10, 15 and 25 % of duckweed in the diet), each consisting of three units with 12 chickens per unit. After the 21-day lasting experiment the animals were weighted and feed intake was calculated as the total feed provided minus the residual feed. In the second experiment, there were 2 dietary duckweed levels (0 and 5 %), 2 breeds (Titan and Arbor Acres) and 2 sexes. Thus, in total there were 8 treatments.

The results of experiment 1 show that chickens fed diets containing duckweed in proportions of up to 15 % had similar rates of weight gain as the birds fed a standard diet. When the amount of duckweed was increased to 25 %, there was a significant ($p < 0,05$) decrease in the growth rate compared with chickens of the 15 % duckweed group. Feed intake was also lower ($p < 0,05$) in the chickens fed 25 % duckweed than all other groups, so that feed efficiency was similar to that of the control group. Besides, no disagreeable taste was observed (Haustein et al., 1994).

The results of experiment 2 show that male birds fed diets containing duckweed had a slightly greater weight gain than birds fed the control diet. However, female groups fed duckweed had a significant increase ($p < 0,05$) in weight gain when compared with female birds fed the control diet. Also, there was a significant increase ($p < 0,05$) in pigmentation in all 4 groups receiving duckweed in their diet compared with those fed the control diet (Haustein et al., 1994).

A study of Khatun et al. (2004) showed quite similar results. Moreover, this study has also investigated carcass characteristics. They conducted an experiment with 3 treatments (dried duckweed, fresh duckweed and control), each consisting of 3 replicated having 11 chickens in each replicate. The amounts of duckweed on a dry matter basis were 6 and 7 % for fresh duckweed and dry duckweed, respectively.

Duckweed fed animals had a higher ($p < 0,05$) abdominal fat percentage than animals fed the control diet. Lower ($p < 0,05$) skin weight obtained in the fresh duckweed group may be an indication of their lean carcass. Birds fed fresh duckweed had better skin pigmentation than birds fed the dry duckweed diet or the control diet. This is probably due to the fact that fresh duckweed contains quite a lot of carotene / kg dry matter, which is destroyed by UV rays during sun drying (Khatun et al., 2004).

Another experiment, conducted by Hong (1999), compared duckweed with ground soybeans as feed supplement for chickens. At 2 locations (experimental farm and village), there were 3 dietary treatments (broken rice + duckweed, broken rice + soybeans, broken rice alone) with 20 animals per treatment-location group.

The results of this experiment show that the intakes of broken rice in the groups were similar. This indicates that chickens have energy as their first priority rather than protein. The best growth was obtained with broken rice plus soybean supplement and the worst with broken rice alone. This difference was significant ($p = 0,001$). On the experimental farm, soybean supplemented chickens grew faster than those supplemented with duckweed, whereas in the village, chickens supplemented with duckweed outperformed those given the ground soybeans. It is concluded that small amounts of fresh duckweed improves their growth rate when they also have access to broken rice (Hong, 1999).

Looking at the economical aspects of this experiment, it showed that the profit was the highest for birds fed broken rice + duckweed and the lowest for those supplemented with ground soybeans (Hong, 1999).

A review of Islam (2002) on the feasibility of duckweed as poultry feed showed that in diets of layers acceptable levels of duckweed range up to 40 % of the total feed. In diets of broilers, up to 15 % duckweed inclusion produces growth rates equal to those produced by control diets. Diets for chickens, containing up to 15 % duckweed are suitable for birds under three weeks of age. Islam (2002) concluded that duckweed might be suitable as a replacement ingredient of fish-meal and soybean-meal up to a certain level in poultry diet.

2.6 Ducks

Results of studies of Men et al. (1995, 2001 and 2002) show that fresh duckweed can completely replace roasted soybeans and a vitamin-mineral premix in broken rice based diets for growing and breeding ducks without reduction in growth performance and carcass rates, except for exotic ducks. Exotic ducks had a significantly lower laying rate and a lower proportion of fertile eggs. Moreover,

feeding duckweed reduces feed costs with 36 % - 48 % when duckweed is managed and harvested by household labour (Men et al., 1995, 2001).

Anh and Preston (1997) conducted an experiment to investigate if duckweed can replace soy beans in a protein-free basal diet. There were 2 trials; in trial 1, 25 10-day-old ducklings were fed in groups. The protein source was soybean meal, given at levels of 10, 15, 20, 25 and 30 % in the feed (approximately 7, 9, 11, 13 and 15 % crude protein in feed dry matter). The basal energy diet was a mixture of brown sugar and cassava root meal (50/50). In this trial, duckweed was supplied at a level of 5 % (dry basis) of the diet as a source of vitamins and minerals. In trial 2, 25 5-day-old ducklings were used and given the same basal energy diet as in trial 1. There were five levels of a ratio (on fresh weight basis) between duckweed and the basal diet, which were 1:1, 2:1, 3:1, 4:1 and 5:1 (approximately 3,3, 5,2, 6,8, 8,3 and 9,5 % crude protein in feed dry matter).

The results of this research show that the protein in duckweed is utilized slightly less efficiently for duck growth than the protein in soybean meal, probably because of a lower digestibility, due to a higher fibre content in duckweed (10 % of dry matter) than in soybean meal (about 5 % of dry matter). However, it was concluded that duckweed can be used as non-conventional protein source to replace soybean meal completely and duckweed can be the sole source of protein in duck diets (Anh and Preston, 1997).

An experiment conducted by Khanum et al. (2005), in which there were 4 treatments (each consisting of 20 animals), showed that ducks could not be reared when fed only duckweed. All ducks in that treatment died within 3 weeks. The other treatments were: a control diet, 50 % control diet + ad libitum fresh duckweed and 50 % control diet + ducks were allowed to forage on a duckweed lagoon.

The daily dry matter and organic matter intakes by ducks fed the control diet were higher than ducks fed duckweed. On the other hand, nitrogen and crude fibre intake were higher in the duckweed groups compared with the ducks fed the control diet. The final live weight of ducks fed duckweed was significantly lower ($p < 0,01$) than that of ducks fed the control diet, but differences between the two remaining duckweed groups were not significant ($p > 0,05$). This is possibly due to the lower energy content in duckweed compared with the control diet. The treatment effects on the carcass characteristics did not vary significantly ($p > 0,05$) (Khanum et al., 2005).

Khandaker et al. (2007) conducted an experiment on the use of duckweed as a replacement of mustard oil cake (moc) as a protein source. In the experiment, 4 diets were used, including a control diet with 15 % mustard oil cake. The other treatments contained 10 % mustard oil cake and 5 % duckweed, 5 % mustard oil cake and 10 % duckweed and finally 15 % duckweed. The protein and energy content of the diets were decreasing as the duckweed content was increasing.

At the end of the 75-day experiment, no differences in body weight and average egg weight were observed ($p > 0,05$). The average egg production, however, was significantly different. Ducks fed the control diet had the highest average egg production, possibly due to higher protein and energy content of the feed. Also, this group tended to have the lowest feed conversion ratio, but this was not significantly different (Khandaker et al., 2007).

This study also looked at the economical aspect of rearing ducks. The control feed was the most expensive feed and the higher the inclusion level of duckweed (and thus the lower the inclusion level of mustard oil cake), the lower the costs for feed. On the other hand, ducks fed the 15 % duckweed diet had the lowest egg production and therefore, the least total income (Khandaker et al., 2007).

Overall, the highest ($p < 0,01$) profit margin was obtained by feeding ducks the 15 % duckweed diet. Khandaker et al. (2007) concluded that duckweed may be considered as a source of protein in the diets of laying duck.

2.7 Rats

Phuc et al. (2001) conducted a study to determine the nutritive value of 8 tropical biomass products as dietary ingredients for monogastrics. Among these tropical biomass products was dried duckweed. In the experiment, either 25 or 50 % of the casein protein in the control diet, which contained 10 % casein, was replaced with one of the products. A total of 102 rats were used in this experiment; 6 rats per treatment were used. The treatments were: 8 products * 2 inclusion levels + a control diet.

The results of this experiment show that duckweed had a higher ($p < 0,05$) digestibility value for the organic matter content, but a lower ($p < 0,05$) crude protein digestibility value and N retention compared with the control diet. These effects were more pronounced when fed a higher amount of duckweed. Besides, biological value was lower ($p < 0,05$, only in the diet containing duckweed replacing 50 % of the casein content) in the diet containing duckweed when compared with the control diet. Of the biomass products studied, duckweed belongs to one of the most promising products for inclusion in the diets of monogastrics (Phuc et al., 2001).

2.8 Pigs

The potential of duckweed (*Lemna gibba*) for pig feeding was studied by Gutiérrez et al. (2001). In this experiment, the performance of 10 pigs fed a diet with inclusion of 10 % duckweed was compared with the performance of 10 pigs fed the control diet. Also, 8 pigs in total were used to determine the digestibility of dry matter, crude protein and energy.

The results of this experiment show no differences ($p > 0,05$) for live weight gain, dry matter consumption and feed conversion. Dry matter and protein digestibility were decreased ($p < 0,05$) with the use of duckweed. In this experiment, no treatment effect on the energy digestibility was observed. According to Gutiérrez et al. (2001) the use of 10 % of duckweed for pig feeding can be recommended and no negative effects on the productive performance of the animals were found.

2.9 Sheep

Damry et al. (2001) investigated duckweed (*Spirodela punctata*) as a protein source in fine-wool Merino sheep. He conducted 2 experiments; in the first experiment, 36 sheep received a normal diet with different levels of duckweed (diets had the same energy levels). In the second experiment, 21 sheep received a normal diet with different sources of protein as a substitute (duckweed, cottonseed and urea).

During the first experiment the animals did not gain or lose weight. Therefore it is concluded that the animals were fed on their maintenance level. The results of this experiment show that there were no between-diet differences in the mean fibre diameter of wool. Also, neither the adjusted yield of greasy wool nor the adjusted rate of wool fibre elongation differed significantly between the diets. According to Damry et al. (2001) this suggests that wool growth is less responsive to an increase in intestinal protein supply if this supply is below that required to support live weight maintenance.

During the second experiment, feed intake was lower ($p < 0,05$) for the diet supplemented with urea compared to the diet supplemented with duckweed and cottonseed. The crude protein intake of sheep given the diet with duckweed was less ($p < 0,05$) than that of animals given diets with urea or cottonseed. In this experiment, the rate of wool fibre elongation was higher ($p < 0,05$) in animals supplemented with cottonseed or duckweed than those supplemented with urea, even though crude protein intake was lower in animals supplemented with duckweed. This finding is probably because the protein in these supplements escaped intact from the rumen, increasing the intestinal availability of digestible crude protein above that by microbial cells passing from the rumen of sheep supplemented with urea (Damry et al., 2001).

2.10 Cattle

Rusoff et al. (1978) investigated the feeding value of duckweed for ruminants. Duckweed (*Spirodela polyrhiza*, *Spirodela oligorrhiza*, *Spirodela wolffia* and *Lemna gibba*) grown on a dairy waste lagoon was harvested daily, rinsed with water and fed to 4 Holstein heifers (150 to 300 kg) along with corn silage. The ratio between duckweed and corn silage was 2:1 on a dry matter basis. A comparable group (control) was fed a daily ration of 7 kg corn, 2 kg of an 18% crude protein concentrate mixture with access to a grass pasture.

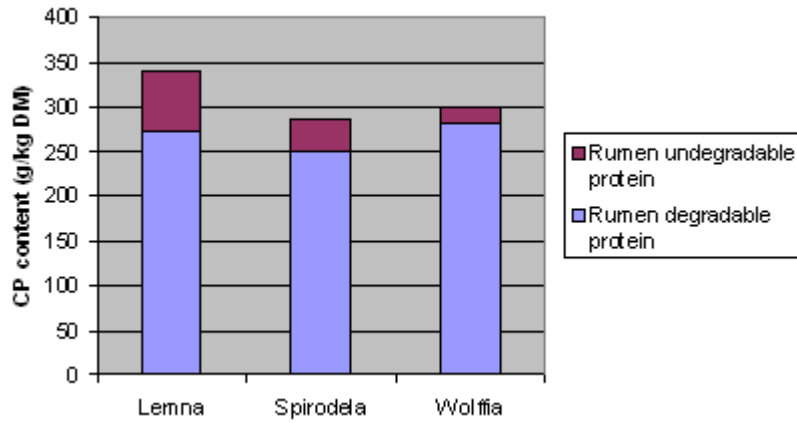
At the completion of the 28-day experimental period, heifers fed duckweed gained on average 0,9 kg per day compared to 0,45 kg per day for the control animals. Slight bloat symptoms were observed in a few animals fed duckweed during the feeding trial, probably due to the large amount of fresh plant ingested (Rusoff et al., 1978).

Huque et al. (1996) conducted an experiment to study the potential of duckweeds as feed for cattle. Rumen fistulated bulls were used in order to determine the rumen degradability. After a ration adjustment period of three weeks, dacron bags containing different species of dried and milled duckweed were incubated in the rumen. The three genera of duckweed are used; Lemna, Wolffia and Spirodela.

The results show that the degradability of dry matter and crude protein of Lemna and Wolffia at different incubation periods were higher ($p < 0,01$, except at 16h; $p < 0,05$) than that of Spirodela. This finding is possibly due to the higher contents of soluble DM and CP in Lemna and Wolffia and their low or negligible lignin content. The calculation of CP degradability at a digest passage rate of 5 %/hour shows that 516 to 629 g/kg of duckweed protein may be degradable in the rumen.

Figure 1 shows the protein degradability of the used duckweed genera.

Figure 1 Protein degradability



From figure 2 it can be seen that the crude protein content is ranging from 28 to 34 %. The rumen undegradable protein part is between 6 and 20 %, which is quite a difference. However, the rumen degradable protein part is in absolute values almost the same (248,2 g/kg DM to 282,0 g/kg DM). It is concluded that duckweed may be fed to cattle as a component of a concentrate mixture.

Bijlage 2 Vetzurensamenstelling**Spakenburg, Oktober 2007****VETZURENSAMENSTELLING:**

C-4:0 Q **<0.1** %
 C-6:0 Q **<0.1** %
 C-8:0 Q **<0.1** %
 C-10:0 Q **<0.1** %
 ONBEKEND C4-10(N=) Q **<0.1** %
 C-12:0 (LAURINEZ.) Q **0.1** %
 C-14:0 ISO Q **0.5** %
 C-14:0 (MYRISTINEZ.) Q **1.1** %
 C-14:1 W5 Q **0.7** %
 C-15:0 ANTEISO Q **0.5** %
 C-15:0 Q **0.5** %
 ONBEKEND C10-15 (N=) Q **2.3(6)** %
 C-16:0 ISO Q **0.4** %
 C-16:0 (PALMITINEZ.) Q **19.9** %
 C-16:1 W7 Q **6.4** %
 C-17:0 ANTEISO Q **<0.1** %
 C-17:0 Q **0.4** %
 C-18:0 ISO Q **0.2** %
 C-18:0 (STEARINEZ.) Q **1.9** %
 C-18:1 W9 (OLIEZ.) Q **3.8** %
 C-18:1 W7 (OLIEZ.) Q **2.0** %
 C-18:2 W6 (LINOLZ.) Q **15.0** %
 C-19:0 ANTEISO Q **<0.1** %
 C-18:3 W6 Q **<0.1** %
 C-19:0 Q **<0.1** %
 C-18:3 W3 LINOLEENZ. Q **27.8** %
 C-18:4 W3 Q **1.8** %
 C-20:0 Q **0.5** %
 ONBEKEND C15-20 (N=) Q **6.8(15)** %
 C-20:1 W9 Q **0.2** %
 C-20:2 W6 Q **0.2** %
 C-20:3 W6 Q **0.2** %
 C-21:0 Q **<0.1** %
 C-20:4 W6 Q **0.4** %
 C-20:3 W3 Q **0.3** %
 C-20:4 W3 Q **<0.1** %
 C-20:5 W3 Q **0.5** %
 C-22:0 Q **0.9** %
 C-22:1 W11 Q **<0.1** %
 C-22:1 W9 (ERUCAZ.) Q **0.2** %
 C-22:4 W6 Q **0.4** %
 C-22:5 W6 Q **0.2** %
 C-24:0 ISO Q **<0.1** %
 C-22:5 W3 Q **<0.1** %
 C-24:0 Q **1.7** %
 C-22:6 W3 Q **0.2** %
 C-24:1 W9 Q **<0.1** %
 ONBEKEND C20-25 (N=) Q **1.5(6)** %
 TOT. ONBEKENDE Q **10.6** %
 VERZADIGDE VETZUREN Q **28.6** %
 ONVERZADIGDE VETZUREN Q **60.0** %
 ENKELVOUDIG ONVERZ. VETZ. Q **13.3** %
 MEERVOUDIG ONVERZ. VETZ. Q **46.7** %
 OMEGA 3 VETZUREN Q **30.6** %
 CYSTINE Q **0.18** %

METHIONINE Q **0.24** %
 THREONINE Q **0.67** %
 LYSINE Q **0.82** %

Spakenburg September 2007

VETZURENSAMENSTELLING:

C-4:0 Q **<0.1** %
 C-6:0 Q **0.1** %
 C-8:0 Q **0.1** %
 C-10:0 Q **0.1** %
 ONBEKEND C4-10(N=) Q **<0.1** %
 C-12:0 (LAURINEZ.) Q **0.4** %
 C-14:0 ISO Q **0.6** %
 C-14:0 (MYRISTINEZ.) Q **2.6** %
 C-14:1 W5 Q **0.9** %
 C-15:0 ANTEISO Q **0.3** %
 C-15:0 Q **0.9** %
 ONBEKEND C10-15 (N=) Q **3.3(11)** %
 C-16:0 ISO Q **0.2** %
 C-16:0 (PALMITINEZ.) Q **20.6** %
 C-16:1 W7 Q **8.1** %
 C-17:0 ANTEISO Q **0.1** %
 C-17:0 Q **0.6** %
 C-18:0 ISO Q **0.1** %
 C-18:0 (STEARINEZ.) Q **2.8** %
 C-18:1 W9 (OLIEZ.) Q **6.3** %
 C-18:1 W7 (OLIEZ.) Q **2.5** %
 C-18:2 W6 (LINOLZ.) Q **11.0** %
 C-19:0 ANTEISO Q **<0.1** %
 C-18:3 W6 Q **0.1** %
 C-19:0 Q **0.5** %
 C-18:3 W3 LINOLEENZ. Q **19.4** %
 C-18:4 W3 Q **0.9** %
 C-20:0 Q **0.7** %
 ONBEKEND C15-20 (N=) Q **8.0(31)** %
 C-20:1 W9 Q **0.4** %
 C-20:2 W6 Q **0.3** %
 C-20:3 W6 Q **0.3** %
 C-21:0 Q **<0.1** %
 C-20:4 W6 Q **0.4** %
 C-20:3 W3 Q **0.2** %
 C-20:4 W3 Q **0.1** %
 C-20:5 W3 Q **0.6** %
 C-22:0 Q **1.3** %
 C-22:1 W11 Q **0.3** %
 C-22:1 W9 (ERUCAZ.) Q **0.2** %
 C-22:4 W6 Q **0.4** %
 C-22:5 W6 Q **0.1** %
 C-24:0 ISO Q **<0.1** %
 C-22:5 W3 Q **<0.1** %
 C-24:0 Q **2.1** %
 C-22:6 W3 Q **0.2** %
 C-24:1 W9 Q **0.2** %
 ONBEKEND C20-25 (N=) Q **1.8(8)** %
 TOT. ONBEKENDE Q **13.1** %
 VERZADIGDE VETZUREN Q **34.1** %
 ONVERZADIGDE VETZUREN Q **52.6** %
 ENKELVOUDIG ONVERZ. VETZ. Q **18.9** %
 MEERVOUDIG ONVERZ. VETZ. Q **33.7** %
 OMEGA 3 VETZUREN Q **21.4** %

CYSTINE Q **0.23** %
METHIONINE Q **0.27** %
THREONINE Q **0.81** %
LYSINE Q **0.97** %

Stolwijk oktober 2007:

VETZURENSAMENSTELLING:

C-4:0 Q <0.1 %
 C-6:0 Q <0.1 %
 C-8:0 Q <0.1 %
 C-10:0 Q <0.1 %
 ONBEKEND C4-10(N=) Q <0.1 %
 C-12:0 (LAURINEZ.) Q 0.4 %
 C-14:0 ISO Q 0.6 %
 C-14:0 (MYRISTINEZ.) Q 1.8 %
 C-14:1 W5 Q 0.7 %
 C-15:0 ANTEISO Q 0.6 %
 C-15:0 Q 1.3 %
 ONBEKEND C10-15 (N=) Q 2.9(6) %
 C-16:0 ISO Q 0.4 %
 C-16:0 (PALMITINEZ.) Q 17.8 %
 C-16:1 W7 Q 9.3 %
 C-17:0 ANTEISO Q <0.1 %
 C-17:0 Q 0.8 %
 C-18:0 ISO Q 0.1 %
 C-18:0 (STEARINEZ.) Q 2.0 %
 C-18:1 W9 (OLIEZ.) Q 3.7 %
 C-18:1 W7 (OLIEZ.) Q 3.0 %
 C-18:2 W6 (LINOLZ.) Q 13.4 %
 C-19:0 ANTEISO Q <0.1 %
 C-18:3 W6 Q <0.1 %
 C-19:0 Q <0.1 %
 C-18:3 W3 LINOLEENZ. Q 19.7 %
 C-18:4 W3 Q 1.8 %
 C-20:0 Q 0.7 %
 ONBEKEND C15-20 (N=) Q 9.9(29) %
 C-20:1 W9 Q 0.2 %
 C-20:2 W6 Q 0.2 %
 C-20:3 W6 Q 0.4 %
 C-21:0 Q <0.1 %
 C-20:4 W6 Q 0.5 %
 C-20:3 W3 Q 0.3 %
 C-20:4 W3 Q <0.1 %
 C-20:5 W3 Q 0.9 %
 C-22:0 Q 1.3 %
 C-22:1 W11 Q 0.1 %
 C-22:1 W9 (ERUCAZ.) Q 0.1 %
 C-22:4 W6 Q 0.5 %
 C-22:5 W6 Q 0.2 %
 C-24:0 ISO Q <0.1 %
 C-22:5 W3 Q <0.1 %
 C-24:0 Q 2.0 %
 C-22:6 W3 Q 0.2 %
 C-24:1 W9 Q <0.1 %
 ONBEKEND C20-25 (N=) Q 1.9(7) %
 TOT. ONBEKENDE Q 14.7 %
 VERZADIGDE VETZUREN Q 29.8 %
 ONVERZADIGDE VETZUREN Q 54.9 %
 ENKELVOUDIG ONVERZ. VETZ. Q 17.1 %
 MEERVOUDIG ONVERZ. VETZ. Q 37.8 %
 OMEGA 3 VETZUREN Q 22.9 %
 CYSTINE Q 0.23 %
 METHIONINE Q 0.39 %
 THREONINE Q 0.98 %
 LYSINE Q 1.30 %

Stolwijk September 2007:**VETZURENSAMENSTELLING:**

C-4:0 Q **<0.1** %
 C-6:0 Q **<0.1** %
 C-8:0 Q **<0.1** %
 C-10:0 Q **0.1** %
 ONBEKEND C4-10(N=) Q **<0.1** %
 C-12:0 (LAURINEZ.) Q **0.1** %
 C-14:0 ISO Q **0.3** %
 C-14:0 (MYRISTINEZ.) Q **1.2** %
 C-14:1 W5 Q **0.4** %
 C-15:0 ANTEISO Q **0.1** %
 C-15:0 Q **0.6** %
 ONBEKEND C10-15 (N=) Q **1.7(7)** %
 C-16:0 ISO Q **0.2** %
 C-16:0 (PALMITINEZ.) Q **18.6** %
 C-16:1 W7 Q **5.3** %
 C-17:0 ANTEISO Q **<0.1** %
 C-17:0 Q **0.4** %
 C-18:0 ISO Q **<0.1** %
 C-18:0 (STEARINEZ.) Q **1.8** %
 C-18:1 W9 (OLIEZ.) Q **3.5** %
 C-18:1 W7 (OLIEZ.) Q **1.4** %
 C-18:2 W6 (LINOLZ.) Q **14.9** %
 C-19:0 ANTEISO Q **<0.1** %
 C-18:3 W6 Q **<0.1** %
 C-19:0 Q **<0.1** %
 C-18:3 W3 LINOLEENZ. Q **35.7** %
 C-18:4 W3 Q **1.4** %
 C-20:0 Q **0.5** %
 ONBEKEND C15-20 (N=) Q **5.6(18)** %
 C-20:1 W9 Q **0.3** %
 C-20:2 W6 Q **0.2** %
 C-20:3 W6 Q **0.1** %
 C-21:0 Q **<0.1** %
 C-20:4 W6 Q **0.3** %
 C-20:3 W3 Q **0.2** %
 C-20:4 W3 Q **0.3** %
 C-20:5 W3 Q **0.3** %
 C-22:0 Q **0.8** %
 C-22:1 W11 Q **0.2** %
 C-22:1 W9 (ERUCAZ.) Q **0.2** %
 C-22:4 W6 Q **0.3** %
 C-22:5 W6 Q **0.2** %
 C-24:0 ISO Q **<0.1** %
 C-22:5 W3 Q **<0.1** %
 C-24:0 Q **1.2** %
 C-22:6 W3 Q **0.2** %
 C-24:1 W9 Q **<0.1** %
 ONBEKEND C20-25 (N=) Q **1.5(7)** %
 TOT. ONBEKENDE Q **8.9** %
 VERZADIGDE VETZUREN Q **25.9** %
 ONVERZADIGDE VETZUREN Q **64.9** %
 ENKELVOUDIG ONVERZ. VETZ. Q **11.3** %
 MEERVOUDIG ONVERZ. VETZ. Q **53.6** %
 OMEGA 3 VETZUREN Q **38.1** %
 CYSTINE Q **0.28** %
 METHIONINE Q **0.36** %
 THREONINE Q **0.98** %
 LYSINE Q **1.35** %

Literatuur

- Anh, N.D. and T.R. Preston. 1997. Evaluation of protein quality in duckweed (*Lemna spp.*) using a duckling growth assay. *Livestock Research for Rural Development*, vol. 9, no. 2. (<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd9/2/anh92.htm>, 18 September 2008)
- Arts, G., J. Van der Kolk, J. Janse & L. Van Liere (2002). Sloten. In: Van Liere, E. & Jonkers, D.A. (red.) (2002). Watertypegerichte normstelling voor nutriënten in oppervlaktewater. RIVM, rapport nr. 703715005/2002.
- Chowdhury, M.M.R., M. Shahjahan, M.S. Rahman and M.S. Islam. 2008. Duckweed (*Lemna minor*) as Supplementary Feed in Monoculture of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, vol. 3, no. 1, pg. 54-59.
- Commissie Onderzoek Minerale Voeding. 2005. Handleiding Mineralenvoorziening – Rundvee, Schapen, Geiten. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- Culley Jr., D.D. and E.A. Epps. 1973. Use of duckweed for waste treatment and animal feed. *Journal of Water Pollution Control Federation*, vol. 45, no. 2, pg. 337-347.
- Damry, J.V. Nolan, R.E. Bell and E.S. Thompson, 2001. Duckweed as a Protein Source for Fine-Wool Merino Sheep: Its Edibility and Effects on Wool Yield and Characteristics. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 14, no. 4, pg. 507-514.
- Evers CHM, Van den Broek AJM, Buskens R, Van Leerdam A & Knobben RAE 2007. Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water. Uitgave Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, rapportnummer 2007-32b.
- FAO. 1971. FAO/WHO ad hoc committee of experts on energy and protein: Requirements and recommended intakes. (<http://www.fao.org/docrep/meeting/009/ae906e/ae906e25.htm>, 5 September 2008)
- Goopy, J.P. and P.J. Murray. 2003. A Review on the Role of Duckweed in Nutrient Reclamation and as a Source of Animal Feed. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 16, no. 2, pg. 297-305.
- Gutiérrez, K., L. Sanginés, F. Pérez and L. Martínez. 2001. Studies on the potential of the aquatic plant *Lemna gibba* for pig feeding. *Cuban Journal of Agricultural Science*, vol. 35, no. 4, pg. 343-348.
- Haustein, A. T., R.H. Gilman, P.W. Skillicorn, H.Hannan, F. Díaz, V. Guévara, V. Vergara, A. Gastañaduy and J.B. Gilman. 1994. Performance of broiler chickens fed diets containing duckweed (*Lemna gibba*). *Journal of Agricultural Science*, vol. 122, no. 2, pg. 285-289.
- Holshof, G. and Hoving, I.E., Eendenkroos nu ook voor de koe. Animal Sciences Group of Wageningen UR, 2008
- Hong, S.. 1999. Duckweed versus ground soya beans as supplement for scavenging native chickens in an integrated farming system. *Livestock Research for Rural Development*, vol. 11, no. 1. (<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd11/1/sam111.htm>, 22 September 2008)
- Hoving, 2008. Projecttoets KRW 'Eendenkroos van last naar lust', personal file.
- Huque, K.S., S.A. Crowdhury and S.S. Kibria. 1996. Study on the potentiality of duckweeds as a feed for cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 9, no. 2, pg. 133-137.
- Islam, K.M.S.. 2002. Feasibility of duckweed as poultry feed – A review. *Indian Journal of Animal Sciences*, vol. 72, no. 6, pg. 486-491.

Khandaker, T., M.J.Khan, M. Shahjalal and M.M. Rahman. 2007. Use of Duckweed (*Lemna perpusilla*) as a Protein Source Feed Item in the Diet of Semi-Scavenging Jinding Layer Ducks. The Journal of Poultry Science, vol. 44, pg. 314-321.

Khanum, J., A. Chwalibog and K.S. Huque. 2005. Study on the digestibility and feeding systems of duckweed in growing ducks. Livestock Research for Rural Development, vol. 17, no. 5. (<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/5/khan17050.htm>, 18 September 2008)

Khatun, M.J., S.A. Chowdhury, M. Salaidin and M.K.I. Khan, 2004. Effect of dietary inclusion of fresh or dry duckweed (*Lemna perpusilla*) on the performance of broiler. Indian Journal of Animal Sciences, vol. 74, no. 7, pg. 780-782.

Leng, R.A., J.H. Stambolie and R. Bell. 1995. Duckweed – a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. Livestock Research for Rural Development, vol. 7, no. 1. (<http://cipav.org.co/lrrd/lrrd7/1/3.htm>, 5 September 2008)

Leng, R.A.. 1999. Duckweed: A tiny aquatic plant with enormous potential for agriculture and environment. FAO. Rome (Italy). (<http://www.fao.org/ag/againfo/resources/documents/DW/Dw2.htm>, 15 September 2008)

Mbagwu, I.G. and H.A. Adeniji, 1988. The nutritional content of duckweed (*Lemna paucicostata* Hegelm.) in the Kainji lake area, Nigeria. Aquatic Botany, vol. 29, pg. 357-366.

Men, B.X., B. Ogle and T.R. Preston. 1995. Use of duckweed (*Lemna spp.*) as replacement for soya bean meal in a basal diet of broiler rice for fattening ducks. Livestock Research for Rural Development, vol. 7, no. 3. (<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd7/3/2.htm>, 18 September 2008)

Men, B.X., B. Ogle and J.E. Lindberg. 2001. Use of Duckweed as a Protein Supplement for Growing Ducks. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, vol. 14, no. 12, pg. 1741-1746.

Men, B.X., B. Ogle and J.E. Lindberg. 2002. Use of Duckweed as a Protein Supplement for Breeding Ducks. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, vol. 15, no. 6, pg. 866-871.

Phuc, B.H.N., J.E. Lindberg, B. Ogle and S. Thomke. 2001. Determination of the Nutritive Value of Tropical Biomass Products as Dietary Ingredients for Monogastrics Using Rats: 1. Comparison of Eight Forage Species at Two Levels of Inclusion in Relation to a Casein Diet. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, vol. 12, no. 7, pg. 986-993.

Rahman, M.S., M.A. Khan, M.A. Rahman and M.A. Rahman. 2001. Studies on the production of the duckweed, *Lemna minor*. Journal of Aquaculture in the Tropics, vol. 16, no.4, pg. 309-322.

Reid Jr., W.S.. 2004. Exploring duckweed (*Lemna gibba*) as a protein supplement for ruminants using the boer goat (*Capra hircus*) as a model. North Carolina State University.

Rusoff, L.L., S.P. Zeringue, A.S. Achacoso and D.D. Culley, Jr.. 1978. Feeding value of duckweed (an aquatic plant, family Lemnaceae) for ruminants. Annual Meeting of the American Dairy Science Association.

Rusoff, L.L., E.W. Blakeney and D.D. Culley, Jr.. 1980. Duckweeds (Lemnaceae Family): A Potential Source of Protein and Amino Acids. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 28, no. 4, pg. 848-850.

Scheffer M, Szabó S, Gragnani A, van Nes EH, Rinaldi S, Kautsky N, Norberg J, Roijackers RMM & Franken RJM. 2003. Floating plant dominance as a stable state. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 100(7): 4040-4045.

STOWA, 1992. Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. Literatuur. STOWA Rapport 92-09

STOWA, 1997. Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. Inventarisatie en beoordeling van verwerkingsmogelijkheden voor kroos. STOWA Rapport 97-17

Skillicorn, P., W. Spi ra and W. Journ ey. 1993. Duckweed Aquaculture – a Ne w Aquatic Fa rming System for Developing Countries. The World Bank of Washington, D.C..

Stam, L., 2009. Duckweed as Diet Ingredient for Cattle. Wageningen, Wageningen University. Minor thesis report

Yilmaz, E., İ. Akyurt and G. Günal. 2004. Use of Duckweed, *Lemna minor*, as a Protein Feedstuff in Practical Diets for Common Carp, *Cyprinus carpio*, Fry. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, vol. 4, pg. 105-109.

Zuidam, J. van, B. van Zuidam en E. Peeters, 2009. Zijn sloten en meren vergelijkbaar? H₂O nr. 1, pag. 31-33



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl