



**Louis Bolk**  
Instituut

## Het leerbedrijf Warmonderhof

Een baken in de transitie naar een kringlooplandbouw?

Gerard Oomen, Jan de Wit, Nick van Eekeren



© 2020 Louis Bolk Instituut

Het leerbedrijf Warmonderhof - Een baken in de transitie naar een kringlooplandbouw?

Gerard Oomen<sup>1</sup>, Jan de Wit<sup>2</sup>, Nick van Eekeren<sup>3</sup>

<sup>1</sup> voormalig medewerker leerstoelgroep Biologische Bedrijfssystemen, Wageningen University & Research

<sup>2</sup> DWC advies voor een natuurlijke landbouw

<sup>3</sup> Louis Bolk Instituut

Foto's: Leon Veltman

Publicatienummer 2020-013 LbD

48 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via

[www.louisbolk.nl/publicaties](http://www.louisbolk.nl/publicaties)

[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)

[info@louisbolk.nl](mailto:info@louisbolk.nl)

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: Onderzoek en advies ter bevordering van duurzame landbouw, voeding en gezondheid

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Leeswijzer	7
<b>2 Het leerbedrijf Warmonderhof</b>	<b>8</b>
2.1 De bodem	9
2.2 Beheer, vruchtwisseling en bemesting van de (arbeids)intensieve tuinbouw	10
2.3 Beheer, vruchtwisseling, veebezetting en bemesting op het gemengde bedrijf	11
2.4 Opbrengsten	13
<b>3 Hoe komen de gewasopbrengsten tot stand</b>	<b>15</b>
3.1 N-levering vanuit ondergrond	15
3.2 Aanvoer van stikstof via mest en verlies van stikstof door vervluchtiging	16
3.3 Biologische stikstofbinding	18
3.4 Verloop van beschikbaarheid van stikstof	19
3.5 Stikstofstromen op het gemengde bedrijf	20
3.6 Efficiëntie van het gebruik van aangevoerde stikstof en stikstofoverschot	21
<b>4 Duurzaamheid van het productiesysteem</b>	<b>23</b>
4.1 Bodemkwaliteit	23
4.1.1 Beschikbare stikstof	23
4.1.2 Organische stof	23
4.1.3 Beschikbaarheid van fosfor en kalium	24
4.2 Belasting van het milieu	25
4.2.1 Ammoniakemissie	25
4.2.2 Uitspoeling van nitraat	25
4.2.3 Methaanemissie	25
4.2.4 Lachgasemissie	26
4.2.5 CO <sub>2</sub> vanuit direct en indirect energiegebruik	26
4.2.6 CO <sub>2</sub> vanuit de bodem	26
4.2.7 Bestrijdingsmiddelen	27
4.3 Mogelijke aanpassingen om emissies te verminderen en het productieniveau op de lange termijn op peil te houden	27
4.4 Sociaaleconomische duurzaamheid	30
4.4.1 Economisch resultaat	30
4.4.2 Kosten voor levensonderhoud van consument in een biologische wereld	33
4.4.3 Productie voor lokale of internationale markt	33
<b>5 Conclusie</b>	<b>37</b>
<b>Nadere toelichting</b>	<b>39</b>

# Samenvatting

## Achtergrond

Het leerbedrijf Warmonderhof is een biologisch-dynamisch gemengd bedrijf met melkvee, gras(klaver), graan en hakvruchten. Er wordt geen mest, voer of strooisel aangekocht en geen bestrijdingsmiddelen gebruikt. In dit rapport wordt nagegaan in hoeverre dit bedrijf als een baken kan fungeren voor de transitie naar een kringlooplandbouw. Op basis van ervaringen, bedrijfsdata en modellering van de organische stof- en stikstofdynamiek worden het productieniveau en de duurzaamheid ervan, de milieubelasting en de economische resultaten van het bedrijf kritisch belicht en gespiegeld aan gemiddelde resultaten van biologische en gangbare melkvee- en akkerbouwbedrijven. Daarnaast worden de effecten op het landschap in kaart gebracht indien Nederlandse consumenten zich puur regionaal zouden willen voeden van bedrijven zoals Warmonderhof.

## Productie en kringloop

Ervaring leert dat de plantaardige productie al jaren hoog is en nog steeds licht toeneemt. De gunstige bodemeigenschappen, een ruime vruchtwisseling en een voldoende aanvoer en hergebruik van stikstof maken de hoge productie mogelijk. Bronnen van stikstof zijn binding door vlinderbloemigen (79 kg/ha), depositie (25 kg/ha), aankoop van stro (2 kg/ha) en mineralisatie van organische stikstof in de ondergrond (ca 40 kg/ha). Deze laatste bron zal langzaam opdrogen, maar hoogstwaarschijnlijk kan bij de huidige bedrijfsopzet het huidige productieniveau gehandhaafd worden door een stijgende N-binding, dalende uitspoeling en eventueel enkele aanpassingen in de bedrijfsvoering. Het sluiten van de grotere kringloop met de maatschappij is hiervoor ook van belang, maar pas op zeer lange termijn (door de grote bodemvoorraden van m.n fosfaat en kalium).

## Milieubelasting

Van de aangevoerde stikstof gaat ongeveer de helft verloren: ca 16 kg N/ha als ammoniak, 33 kg N als inert stikstofgas en 20 kg N als nitraat. De emissie van ammoniak is lager dan de depositie en ook de uitspoeling van nitraat is op een acceptabel niveau. De dierlijke productie (minder dan 4800 kg meetmelk /ha voedergewas) is momenteel laag, deels omdat bijna 40% van het voederoppervlak bestaat uit weinig productief beheersgrasland en het krachtvoer op het bedrijf zelf geproduceerd wordt. De keuze voor verteerde vaste mest heeft geleid tot een relatief hoge emissies van methaan en lachgas en het vergt meer onderzoek hoe deze emissies substantieel kunnen worden verminderd. Er wordt nog maar weinig CO<sub>2</sub> vastgelegd in de bovengrond (nauwelijks netto opbouw van organische stof) en de oxidatie van organische stof in de ondergrond leidt tot een netto CO<sub>2</sub> uitstoot. De laatste is echter het gevolg van de ontginning en niet van het bedrijfssysteem.

## **Economie**

Het bedrijf is bij de huidige prijzen en een normale beloning van arbeid en kapitaal economisch haalbaar. De winst inclusief arbeidsbeloning is vergelijkbaar tot hoger dan gemiddelde akkerbouw- en melkveehouderijbedrijven. Opvallend zijn de hoge afschrijvingen: een illustratie van de schaalnadelen van gemengde bedrijven (met relatief hoge investeringen in gebouwen en mechanisatie die minder optimaal benut worden), naast de voordelen die bestaan op het niveau van vruchtwisseling en bodemvruchtbaarheid. Het bedrijf is gevoelig voor wisselende prijzen of opbrengsten bij de twee belangrijke groentegewassen: uien en peen. De bijdrage van de melkveehouderij aan de bedrijfswinst is beperkt maar wel stabiel en bovendien is het veehouderij-deel essentieel voor het op peil houden van de bodemvruchtbaarheid van het hele bedrijf.

## **Consument en consumptiepatroon**

De meerkosten voor de consument van een dergelijke transitie naar een zelfvoorzienende kringlooplandbouw kunnen relatief beperkt blijven, zodra het schaalvoordeel van de gangbare landbouw wegvalt. Het huidige gemengde bedrijf produceert veel meer groenten en aardappelen dan gegeten zouden worden door de mensen die de melk consumeren. Tegelijk produceert het veel minder vlees, eieren en olie dan benodigd voor die mensen. Het zou een grote verandering van het landschap betekenen wanneer een regio als Nederland bij het huidige consumptiepatroon zelfvoorzienend zou willen zijn voor zowel voedsel als veevoer. Niet alleen zou het aandeel oliegewassen, peulvruchten en granen sterk moeten stijgen en het aandeel groentegewassen sterk dalen, maar ook zou het huidige areaal cultuurgrond te beperkt zijn om alle Nederlandse consumenten bij het huidige consumptiepatroon (incl. vlees) te voeden, zelfs indien wordt aangenomen dat alle cultuurgrond even productief is als die van Warmonderhof. Het huidig areaal cultuurgrond is echter ruim voldoende indien de consumptie van dierlijke producten wordt beperkt tot 500 gram vlees per persoon per week, wat de maximale hoeveelheid is voor een gezonde consumptie volgens het Voedingscentrum, in plaats van de huidige circa 700 gram.

## **Conclusie**

De huidige Warmonderhof past daarmee in een (biologisch) Nederland dat meer op lokale kringlopen is gebaseerd en meer, maar niet uitsluitend, voor de lokale markt produceert: groenten, aardappelen en zuivel worden geëxporteerd en eieren, vlees en olie grotendeels geïmporteerd. Hierdoor kunnen zich elders biologische bedrijven ontwikkelen, die zelfvoorzienend zijn wat betreft mest, strooisel en voer op basis van graan, peulvruchten, oliegewassen, pluimvee en varkens.

# 1 Inleiding

De landbouw in Nederland staat voor de opgave minder bestrijdingsmiddelen te gebruiken, minder broeikasgassen te produceren, minder stikstof te verliezen naar het milieu, minder fosfaat te accumuleren en tegelijk voldoende voedsel te produceren. En dat op wijze die diervriendelijk is en recht doet aan biodiversiteit en landschap, en die financieel haalbaar is voor de producenten. De ontmenging van bedrijven en de specialisatie en intensivering van de productie, zowel op bedrijven als binnen regio's, hebben geleid tot grote voederstromen richting Nederland en een ruim gebruik van fossiele energie, kunstmest en bestrijdingsmiddelen [1]. Ruim twintig jaar geleden is op het geïntegreerde bedrijf van het proefbedrijf de A.P. Minderhoudhoeve in Oostelijk-Flevoland aangetoond dat door de veehouderij en akkerbouw te integreren hoge producties gerealiseerd kunnen worden zonder veel stikstof naar het milieu te verliezen [2]. Op dat bedrijf werden wel aangekocht krachtvoer, bestrijdingsmiddelen en kunstmeststikstof gebruikt, de laatste twee op een lager niveau dan toen gebruikelijk was.

In dezelfde tijd werd twee kilometer verderop het leerbedrijf van de middelbare land- en tuinbouwschool Warmonderhof gestart op een vergelijkbare bodem. De idealen van de biologisch-dynamische landbouw waren uitgangspunt, waarbij gestreefd werd naar een bedrijf dat zelfvoorzienend is en de bodemvruchtbaarheid ontwikkelt op basis van biologische stikstofbinding, zwaveldepositie, verwerking en hergebruik. Anders dan op veel andere bedrijven binnen en buiten de biologische landbouw zouden er nagenoeg geen mest, voer of stro aangekocht worden en geen residuen van bestrijdingsmiddelen binnengehaald worden, die storend kunnen werken binnen een bedrijf [3].

In dit rapport wordt nagegaan in hoeverre dit bedrijf, net als bijvoorbeeld de A.P. Minderhoudhoeve, als baken kan fungeren voor de transitie van de huidige gespecialiseerde en op export georiënteerde landbouw in Nederland naar een meer op lokale kringlopen gebaseerde landbouw, die meer produceert voor de lokale markt.

Daarbij wordt ingegaan op:

- het productieniveau, hoe dit tot stand komt en in hoeverre dit duurzaam is voor een zelfvoorzienend bedrijf,
- de belasting van de omgeving (met o.a. ammoniak, nitraat, methaan en lachgas),
- of een zelfvoorzienend kringloopbedrijf haalbaar is binnen de huidige economische context en wat het financieel voor de consument zou betekenen wanneer levensmiddelen op grote schaal op zo'n manier geproduceerd worden,
- in hoeverre een dergelijk kringloopbedrijf aansluit bij het huidige consumptiepatroon van de lokale consument.

## **1.1 Leeswijzer**

Na een beschrijving van bedrijfsopzet, bedrijfsvoering en bodem worden bovenstaande vragen beantwoord aan de hand van uitkomsten van een aantal berekeningen. Daarbij worden ook knelpunten en mogelijke oplossingen kort behandeld. De achterliggende metingen, schattingen en manier van rekenen worden grotendeels nader toegelicht in de bijlages [5].

## 2 Het leerbedrijf Warmonderhof

Het bedrijf ligt aan de Wisentweg, iets ten westen van Dronten. Oostelijk-Flevoland werd in 1957 droog gelegd en na verdere ontginning zijn de percelen van het huidige bedrijf in 1968 uitgegeven aan drie akkerbouwers. Het leerbedrijf is in 1994 gestart op 83 hectare, nadat daar 27 jaar akkerbouwgewassen op de toen gangbare wijze geteeld waren. Op 3.5 ha worden, in een beperkt verwarmde kas en in de vollegrond, tal van tuinbouwgewassen voor de directe verkoop verbouwd. Het erf met kavelpaden, schoolgebouwen, woningen, een boerderijwinkel, bedrijfsgebouwen, bestrating en beplanting is 3.5 ha groot.



*Afbeelding 1: Overzicht school en gedeelte leerbedrijf Warmonderhof*

Warmonderhof is een agrarisch leerbedrijf is waar jaarlijks enkele tientallen leerlingen, veelal niet van agrarische afkomst, praktijkvaardigheden ed. worden bijgebracht. Dit betekent o.a. een ruime mechanisatie en beschikbaarheid van arbeid voor relatief simpele werkzaamheden, maar ook een forse belasting op de bedrijfsleiders/agrariërs en kans op fouten en ongelukken (waarvoor Warmonderhof wel een vergoeding per leerling krijgt).

Vanaf het begin was het ideaal een gemengd bedrijf dat zo min mogelijk mest, voer en strooisel van elders aanvoert. Er werd een stal gebouwd voor 50 melkkoeien en bijbehorend jongvee, maar door een beperkt melkquotum werd gestart met slechts ruim 20 koeien. In de jaren daarna werd dit aantal geleidelijk aan uitgebreid. In eerste instantie waren dit



hoofdzakelijk HF-koeien met een productie van ruim 6000kg per koe, deels gevoerd met aangekocht krachtvoer naast grasklaver en GPS (gehele plant silage). Vanaf eind jaren '90 kon er aanvullend weidegrond (en later hooiland) worden gepacht, in totaal 18ha beheerspercelen met gras. Rond de millenniumwisseling werd ervoor gekozen om de hoeveelheid aangekocht krachtvoer verder te verminderen en werden de aanwezige koeien vervangen door Groninger blaarkoppen met een betere beveelsdheid (en lagere melkproductie), mede omdat de mogelijkheid zich voordeed om ossen en ander jongvee af te zetten als vlees, nadat ze in een verafgelegen natuurgebied waren opgegroeid. Circa 10 jaar geleden verdween deze mogelijkheid weer. Aangezien er een ruwvoeroverschot ontstond, en om geheel zelfstandig te worden voor krachtvoer en vooral stro, werd de teelt van GPS vervangen door wintertriticale met erwten als krachtvoer.

Ook bij de akkerbouwgewassen zijn er allerlei veranderingen geweest. Vooral in de eerste jaren is er mest aangevoerd en ook stro omdat er weinig graan werd verbouwd. Er werden diverse gewassen geteeld, zoals pastinaak, erwten, vlas, pompoen en incidenteel suikermais, maar vanaf circa 2005 werd in toenemende mate gekozen voor gewassen die relatief gemakkelijk te telen waren met een goede afzet ('cash-crops'). Met het verdwijnen van de teelt van kolen in 2014 (gelijktijdig met een wisseling van een bedrijfsleider) zijn de belangrijkste akkerbouwgewassen beperkt tot plantuien, grove peen, aardappelen, een beperkt areaal bieten, en tarwe. Vanaf het begin zijn de opbrengsten, met uitzondering van die van grasklaver en peen, gestegen, aanvankelijk snel en de laatste jaren nog steeds geleidelijk. In de loop der jaren verminderde ook de onkruiddruk van m.n. perzikkruid en distels geleidelijk naar lage niveaus, terwijl de druk van ridderzuring (in de graspercelen) aanzienlijk toenam.

Naast het tuinbouwgedeelte, dat – tenzij anders vermeld – hier buiten beschouwing wordt gelaten, bestaat het gemengde bedrijf momenteel uit 76 ha intensief beheerde akkers en 18 ha extensief beheerd grasland (5.8 ha weideland en 12.2 ha hooiland). Daarmee is de veebezetting momenteel 0.75 grootvee eenheid (GVE)<sup>[4]</sup> per hectare. Het bedrijf is inmiddels vele jaren vrijwel zelfvoorzienend met een gemiddeld bouwplan van 39% grasland en grasklaver, 24% graan, deels gemengd met erwten, en 37% aardappelen, suikerbieten, uien en winterpeen.

## **2.1 De bodem**

Het land is vanaf de ontginning vruchtbaar gebleken. In de bodem zijn tot 120 cm drie lagen te onderscheiden: de bovenste laag van 30 cm bestaat door het ploegen uit een mengsel van IJsselmeerafzettingen (10 cm) en Zuiderzeeafzettingen: een lichte mariene klei (25-30% klei) die ongeveer 7.5% kalk bevat en ongeveer 3.4% organische stof. Daaronder van 30 cm tot ongeveer 50 cm de Zuiderzeeafzetting. Daar weer onder tot tenminste

120 cm diep de Almere-afzetting, een zavel afgezet in een brak milieu, in een periode dat het veen aan de randen van het toenmalige open water geërodeerd werd en samen met minerale delen werd afgezet. Op iets grotere diepte bevindt zich een veenlaag en daaronder het Pleistocene zand. Tijdens de ontginning van het gebied zijn in de ondergrond onderling verbonden krimpscheuren ontstaan, die ook in natte periodes open bleven. Daardoor liep vanouds een overmaat van water gemakkelijk naar de drainbuizen die op ongeveer 1 meter diepte liggen. Door die scheuren vonden ook wortels gemakkelijk hun weg naar beneden. De laatste 25 jaar is op veel plaatsen de laag onder de bouwvoor verdicht, waardoor de aanvankelijk zo gunstige structuur is verslechterd. Ook op Warmonderhof is die laag enigszins verdicht, maar dankzij het extensievere bouwplan, de organische bemesting en de aanwezigheid van wormen waarschijnlijk minder sterk dan op naburige akkerbouwbedrijven met een groter aandeel rooivruchten in het bouwplan. De beschikbaarheid van kalium en fosfor was vanaf het begin hoog. Al bij al een perfect uitgangspunt voor de ontwikkeling van vruchtbaar akkerland met een goede bodemstructuur, diep en intensief doorwortelbaar, goed vochthoudend, goed gedraineerd en bij droogte met vanuit het grondwater capillair opstijgend water. Nutriënten anders dan stikstof zijn ruimschoots beschikbaar; nutriënten als Ca, Mg en K spoelen niet gemakkelijk uit door het hoge adsorberende vermogen van de grond. De uitspoeling van nitraat en sulfaat wordt vertraagd door de gunstige fysische eigenschappen van de bodem [6]. Verder blijft de grond bij een voldoende ruime vruchtwisseling vrij van bodemgebonden ziekten en plagen. In zo'n situatie bepaalt de beschikbaarheid van stikstof in hoge mate het haalbare productieniveau.

## **2.2 Beheer, vruchtwisseling en bemesting van de (arbeids)intensieve tuinbouw**

Op 3.5 ha, inclusief een beperkt verwarmde kas van 4000 m<sup>2</sup>, worden tal van seizoensgebonden groentegewassen verbouwd voor de directe verkoop in de boerderijwinkel, op een markt en via een webwinkel. In het verleden is daar veel groencompost aangevoerd; inmiddels is de grond in zo'n goede conditie dat buiten de kas nagegaan wordt of de vruchtbaarheid in stand gehouden kan worden zonder veel mest of compost van elders aan te voeren. De laag onder de bouwvoor is enigszins verdicht en twee jaar geleden is buiten de kas een nieuw teeltsysteem gestart om die verdichting weg te werken.

In de vruchtwisseling van de intensieve tuinbouw (tabel 1) wordt luzerne niet meer afgevoerd, maar gemulched, nadat in een maaiproef gebleken is dat de verdichting onder de bouwvoor het meeste afnam wanneer niet gemaaid werd. Vlak voor het onderploegen van de luzerne wordt ca 25 ton/ha potstalmest geven. Het is al gebleken dat het aantal wormen onder de luzerne sterk toeneemt (tot 2300 wormen per vierkante meter).

Gedurende de jaren na de luzerne worden gewassen geteeld met een afnemende behoefte aan stikstof.

Tabel 1: Vruchtwisseling intensieve tuinbouw

Jaar	Gewas	Opmerkingen
1	Luzerne	Niet gemaaid
2	Luzerne	Niet gemaaid, in najaar bemest met 25 ton potstalmest/ha
3	Diverse soorten kool	Na ploegen in februari
4	Knolselderij, prei, uien en venkel	
5	Sla, andijvie, snijbiet	In voorjaar bemest met compost van eigen tuinbouwbedrijf
6	Rogge	
7	Bonen, raapjes, rettich	
8	Rode biet, radicchio	

Het stro wordt met overige gewasresten en maaisel uit de bermen van het tuinbouwgedeelte verwerkt tot compost. In de kas wordt bemest met potstalmest, compost van eigen bedrijf en lavameel. Aangezien deze verandering recent is doorgevoerd is voorsnog onduidelijk of dit systeem naar verwachting blijft functioneren op een kleigrond als die in de Flevopolder. Het tuinbouwbedrijf staat grotendeels op zichzelf: er wordt weinig potstalmest gebruikt en er worden geen producten uitgewisseld met de rest van het leerbedrijf. Bij de verdere bespreking van het gemengde bedrijf binnen het leerbedrijf wordt dit deel buiten beschouwing gelaten.

### 2.3 Beheer, vruchtwisseling, veebezetting en bemesting op het gemengde bedrijf

Het gemengde bedrijf bestaat uit 76 ha intensief beheerd akkerland, inclusief kunstweides, en 18 ha extensief beheerd grasland. Op het intensief beheerd akkerland worden twee vruchtwisselingen aangehouden: een zesjarige vruchtwisseling op percelen van ongeveer 4 ha (tabel 2) en een zevenjarige vruchtwisseling op percelen van ongeveer 7 ha (tabel 3).

Tabel 2: zesjarige vruchtwisseling op intensief beheerd akkerland

Jaar	Hoofdgewas	Nagewas	Opmerkingen
1	Grasklaver		Vnl. weiden en in het najaar 25 ton potstalmest
2	Plantuien	Gele mosterd	
3	Suikerbieten		
4	Wintertarwe	Groenbemestingsmengsel <sup>1)</sup>	10-15 kuub drijfmest in voorjaar, wanneer groei achterblijft
5	Winterpeen		
6	Triticale plus erwten	Grasklaver	10-15 kuub drijfmest in voorjaar wanneer groei achterblijft

<sup>1)</sup> Haver, olievlas, facelia, dedersaad, bladrammenas, Niger, Alexandrijnse klaver, seradella, zonnebloem en zomerwikke.

Tabel 3: zevenjarige vruchtwisseling op intensief beheerd akkerland

Jaar	Hoofdgewas	Nagewas	Opmerkingen
1	Grasklaver		Maaien
2	Grasklaver		Maaien en weiden en in het najaar 25 ton potstalmest
3	Plantuien	Gele mosterd	
4	Wintertarwe	Groenbemestingsmengsel <sup>1)</sup>	10-15 kuub drijfmest in voorjaar, wanneer groei achterblijft en 25 ton potstalmest in de stoppel
5	Aardappelen	Gele mosterd	25 kuub drijfmest
6	Winterpeen		
7	Triticale plus erwten	Grasklaver	10-15 kuub drijfmest in voorjaar wanneer groei achterblijft

<sup>1)</sup> Haver, olievlas, facelia, dederzaad, bladrammenas, Niger, Alexandrijnse klaver, seradella, zonnebloem en zomerwikke.

Het extensief beheerd land bestaat uit 12.2 ha hooiland, waar twee snedes geoogst worden; 10 ha ervan wordt in herfst nabeweid met schapen van derden. Met deze schapen wordt in de verdere berekeningen geen rekening gehouden. Verder bestaat het uit 5.8 ha weideland waar het jongvee met een jonge stier geweid wordt. Beide delen worden niet bemest met mest uit de stal.

De veestapel bestaat uit 50 gehoornde melkkoeien, 20 pinken, 1 jonge stier en 21 kalveren, in totaal 70 GVE. Daarmee wordt relatief veel jongvee aangehouden, zeker gezien de gemiddelde leeftijd van 5 jaar en 5 maanden. Op gemiddelde melkveebedrijven is het aantal GVE per 100 koeien ruim 10 lager en de gemiddelde leeftijd circa 9 maanden lager dan op Warmonderhof. De melkkoeien, Groninger blaarkoppen deels gekruist met HF/FH, worden tijdens het stalseizoen gehuisvest in een potstal waar, naast de vaste mest, achter het voerhek ca. 33% van de mest als drijfmest gewonnen wordt. Er is gekozen voor een potstal, omdat binnen de biologisch-dynamische landbouw de voorkeur wordt gegeven aan verteerde vaste mest en omdat de dieren in een potstal zich vrij kunnen bewegen en een zacht en ruim ligbed vinden. De melkkoeien brengen tijdens het weideseizoen ongeveer de helft van de nachten in de stal door. Ze nemen dan wel ca 70% van het voer in de weide op. Het jongvee staat in een aparte potstal waar geen drijfmest wordt gewonnen. Beide stallen worden tweemaal per jaar uitgemest en de verzamelde mest wordt op grote, langgerekte hopen bewaard op de kopakkers van percelen waar het volgende jaar aardappelen of plantuien worden geteeld. Daar verteert de mest verder tot deze uitgereden wordt in het najaar (tabel 2 en 3). De drijfmest wordt uitgereden vlak voor het frezen van de ruggen op het aardappelland (25 kuub/ha) en op de graanpercelen wanneer de stand in het vroege voorjaar niet bevredigend is (10-15 kuub/ha). De resterende drijfmest wordt uitgereden op de grasklaver.

## 2.4 Opbrengsten

De gewas- en grasklaveropbrengsten op het intensief beheerd land (tabel 4) zijn hoog. Met name die van winterpeen en suikerbieten liggen op niveaus die in de Flevopolders ook in de gangbare akkerbouw gehaald worden. Tarwe en triticale worden onder meer geteeld voor het stro om in de potstallen te gebruiken. De tarweopbrengst is vergelijkbaar met wat binnen de biologische landbouw tot nu toe gehaald wordt op goede kleigrond en kan nog iets verhoogd worden [7]. De opbrengst van het mengsel triticale-erwten wisselt, deels doordat het gekozen ras wintererwten de triticale kan overwoekeren zonder zelf een hoge opbrengst te geven en deels omdat het mengsel gezaaid wordt na het gewas winterpeen, dat laat en soms onder ongunstige omstandigheden geoogst moet worden en dan een minder gunstige bodemstructuur achterlaat. De plantuien worden bewust vroeg geoogst vanwege de hoge prijs vroeg in het jaar en ook de aardappelen worden tamelijk vroeg geoogst om de aantasting van de knol door *Phytophthora infestans* te vermijden. De opbrengsten van de grasklaver en de vaste beheersweide zijn berekend op basis van de voederbehoefte van de dieren. De opbrengst van grasklaver is vrij hoog en die van het beheersgrasland betrekkelijk laag omdat daar bewust niet bemest wordt en bewust ook geen klaver is geïntroduceerd.

Tabel 4: Gewasopbrengsten op intensief beheerd akkerland

Gewas	Opbrengst kg/ha	Opmerkingen
Wintertarwe	7000 - 8000	
Triticale plus erwten	4500 - 6000	Lager naarmate erwten meer domineren, 80% gebruikt als krachtvoer.
Winterpeen	70000	
Suikerbieten	70000-100000	
Aardappelen	35000-40000	
Plantuien	35000	Vroeg geoogst i.v.m. hogere prijs
Grasklaver	10000 -12000 kg ds	Maaien en weiden
Hooiland	6000 kg ds hooi	Maaien en op een deel naweiden met schapen
Blijvend weideland	6000 kg ds	Weiden

Het melkvee en de kalveren worden vnl. gevoerd vanaf het intensief beheerde land. De pinken en jonge stier lopen in het weideseizoen op de extensief beheerde weide en worden op stal vnl. gevoerd met hooi van het hooiland. Ook de droge koeien krijgen vnl. dat hooi.

De melkopbrengst per koe is ruim 4400 kg/koe of bijna 4700 kg meetmelk (na correctie voor afwijkende vet en eiwitgehaltes). Dit is laag voor hedendaagse begrippen en dit komt voor een deel doordat de koeien door steeds wisselende leerlingen verzorgd worden. De melkopbrengst per ha voederoppervlak is met 4781 kg/ha laag, wat ook veroorzaakt wordt doordat bijna 40% van het voederoppervlak (18 ha) bestaat uit weinig productief beheersgrasland, al het krachtvoer zelf wordt geteeld (zonder deze hectares komt de melkproductie uit op 5930 kg/ ha) en omdat relatief veel jongvee wordt aangehouden.

Qua energie zouden de dieren gehouden kunnen worden op 34.5 ha van het intensief beheerde land. De melkopbrengst zou dan op 6349 kg melk/ ha voederoppervlak uitkomen; nog steeds bijna 20% lager dan het gemiddelde van biologische melkveebedrijven (7650 kg; [www.agrimatie.nl](http://www.agrimatie.nl)), maar deze bedrijven zijn niet zelfvoorzienend en voeren vrijwel al hun krachtvoer aan. Overigens, een productie van maximaal 8000 kg per hectare lijkt haalbaar op goede gronden, ook wanneer alleen voer van eigen land wordt gevoerd [8].

### 3 Hoe komen de gewasopbrengsten tot stand

De beschikbaarheid van stikstof bepaalt in hoge mate het productieniveau. Ziekten en plagen spelen behalve bij uien en aardappelen nauwelijks een rol. Hoe de beschikbaarheid van stikstof c.q. N-mineraal/ha verloopt gedurende de gehele vruchtwisseling werd niet gemeten maar wordt hieronder globaal gereconstrueerd met het programma NDICEA.

In een zelfvoorzienend bedrijf zijn er gewoonlijk twee externe stikstofbronnen: de biologische stikstofbinding en de stikstofdepositie. De laatste bedraagt in Flevoland 25 kg N/ha [9]. In Oostelijk-Flevoland wordt daarnaast organische stikstof gemineraliseerd in de ondergrond. Overige stikstofbronnen (zoals mest) zijn interne bronnen op een zelfvoorzienend bedrijf. De verschillende stikstofbronnen worden hieronder besproken.

#### 3.1 N-levering vanuit ondergrond

Vijftig jaar na de ontginning komt in grote delen van de Flevopolder nog steeds stikstof beschikbaar door mineralisatie van organische stikstof in de ondergrond. Het is niet bekend hoeveel precies vrijkomt op Warmonderhof. Op het nabij gelegen voormalige proefbedrijf "A.P. Minderhoudhoeve" (APM) werd in 1995 in de laag 30-60 cm en 60-90 cm respectievelijk 3.5 % en 4.3 % organische stof aangetroffen met een C/N-verhouding van respectievelijk 15.5 en 19.5. Daar bevatte de laag 30-90 cm alles bij elkaar 7500 kg organische stikstof [10]. Op Warmonderhof zal het niet veel anders geweest zijn.

Rond 1982 heeft J. Ellen getracht de stikstoflevering in de ondergrond van de APM te meten. Hij heeft vanaf het vroege voorjaar tot na de oogst van wintertarwe tot 1 meter diep in vijf lagen van 20 cm de hoeveelheid minerale stikstof gemeten en daarnaast de onttrekking door het gewas. De resultaten wisselden nogal en hij kon die niet goed plaatsen [11]. Hij heeft zijn bevindingen nooit gepubliceerd, maar later wel ter beschikking gesteld aan P. de Wolf, die er op doorgegaan is. Deze kwam op basis van de gegevens tot de conclusie dat er onder graan tot eind augustus netto gemiddeld 33 kg N/ha vrijkomt (mineralisatie minus denitrificatie en immobilisatie in de beschouwde periode) [12].

Ellen heeft gemeten tot eind Augustus, maar de mineralisatie zal ook in het najaar doorgaan. De grond wordt dan weer vochtiger en de kans op denitrificatie neemt weer toe, zodat er netto minder beschikbaar komt voor de gewassen die dan nog stikstof opnemen. Het is niet mogelijk om tot een precieze schatting van de huidige N-levering te komen op basis van de bevindingen van Ellen 38 jaar geleden, maar in de verdere berekeningen wordt uitgegaan van een gemiddelde stikstoflevering vanuit de ondergrond van 40 kg N/ha; in werkelijkheid zal het minder zijn in natte jaren en meer gedurende een droge zomer. Omdat de ondergrond pas later in het jaar warmer en droger wordt en meer

zuurstof gaat bevatten, zal ook de N-levering later op gang komen. Ondiep wortelende gewassen als plantuien zullen niet kunnen profiteren, granen nauwelijks. De klaver in grasklaver zal minder stikstof binden. Gewassen die laat geoogst worden, zoals suikerbieten en winterpeen, en ook vanggewassen, die bijtijds gezaaid worden en diep wortelen, zullen relatief meer van die stikstof uit de ondergrond kunnen opnemen. Juist van deze gewassen zijn de opbrengsten opvallend hoog (in 2019 100 ton suikerbieten/ha). Aangezien de groenbemestingsgewassen voor de winter worden ondergeploegd, zal een deel van de stikstof uit de ondergrond alsnog gedenitrificeerd worden of uitspoelen. Al bij al zal de stikstof die in de ondergrond vrijkomt minder efficiënt benut kunnen worden dan welke in de bovengrond vrijkomt.

### 3.2 Aanvoer van stikstof via mest en verlies van stikstof door vervluchtiging

De aanvoer van stikstof via de mest wordt berekend op basis van het voer, strooisel en de melk- en vleesproductie. Alle in de stal geproduceerde mest wordt op het intensief beheerde percelen uitgereden. Deze ontvangen ook de weidemest van de melkgevende koeien en in beperkte mate ook die van de kalveren.

Tabel 5: Hoeveelheid en samenstelling mest na uitscheiding en toevoeging van stro in potstal

	Kg droge stof	Kg organische stof	Kg Organische N	Kg TAN <sup>1)</sup>	C/N
Weidemest	29000	25000	700	1471	
Drijfmest	16800	14523	420	859	7
Potstalmest (inclusief het stro)	227600	205138	3079	2803	17

<sup>1)</sup> TAN= totaal van ammoniakale-N

Van de hoeveelheid N in de mest (tabel 5) gaat een deel verloren door vervluchtiging en denitrificatie. Voor de weidemest en de drijfmest worden de N-verliezen berekend volgens de rekenregels van de Kringloopwijzer 2018 [13]. De verliezen vanuit de pot worden gebaseerd op eerdere metingen en een schatting van de denitrificatie (tabel 6).

In de periode 2003-2004 zijn op Warmonderhof de ammoniakemissies gemeten vanuit de potstal [14] en gedurende de verdere vertering [15] van de mest in hopen langs een akker. Bij deze metingen werd zoals gebruikelijk het effect van de diervoeding niet verdisconteerd, maar het ureumgehalte van de melk was tijdens die metingen gedurende het stalseizoen (14-32) ongeveer gelijk aan dat van afgelopen jaar. In het weideseizoen is het ureumgehalte momenteel hoger, maar dit is van beperkte invloed omdat de ammoniakemissie per dier tijdens het weiden sowieso relatief laag is. De resultaten van deze metingen worden hier gebruikt om de ammoniakemissie vanuit de vaste mest te berekenen. De ammoniakemissie vanuit de stal was indertijd 11.4 kg NH<sub>3</sub>-N/GVE vanuit de potstalmest en de drijfmest samen en dat zou in de huidige situatie voor alle dieren samen 798 kg N zijn. Wanneer de berekening volgens de Kringloopwijzer van de NH<sub>3</sub>-N emissie



vanuit de drijfmest juist is, is 798 kg N - 143 kg N = 655 kg N vanuit de pot als ammoniak verloren gegaan. Bij de verdere vertering van de vaste mest op de hoop is vervolgens 6.5 kg NH<sub>3</sub>-N /GVE vervluchtigd, dat is 455 kg NH<sub>3</sub>-N voor het hele bedrijf.

De samenstelling van de mest na de bewaring en de overige stikstofverliezen zijn bij het ontbreken van meetgegevens benaderd op basis van literatuur. Bij een strogift van 9 kg/GVE/dag resteert na een grotendeels anaerobe bewaring gedurende 6 maanden ca 66% droge stof [16] en gaat ongeveer 35 % van de aanvankelijk aanwezige stikstof verloren [17]. Na vertering op de hoop resteert 500 ton potstalmest (gemeten) met daarin volgens de berekening met FarmDesign [5] 153000 kg ds. Het droge stof percentage zou daarmee op 30% komen, wat een realistische waarde lijkt. Een deel van de urine-N wordt tijdens de vertering omgezet in organische N en een deel van de organische N wordt omgezet in ammonium. De uiteindelijke hoeveelheid organische N wordt met het programma FarmDesign benaderd door aan te nemen dat de micro-organismen 30% van de verteerde mest omgezet hebben in microbieel weefsel met een C/N-quotiënt van 7. Op een soortgelijke manier wordt de samenstelling van de drijfmest vlak voor toediening berekend.

Tabel 6: Hoeveelheid en samenstelling mest vlak voor toediening

	Droge stof	Organische stof	N-org	TAN
Weidemest	28800	24900	700	1412
Drijfmest	16000	13800	411	706
Potstalmest	153000	137000	3343	442

De verliezen door denitrificatie worden voor de drijfmest berekend met de rekenregels voor de Kringloopwijzer en voor de vaste mest als het verschil tussen de totale verliezen en de ammoniakemissie. De hoeveelheid minerale N in de mest is de sluitpost in de balans.

Bij weidemest, en het uitrijden van drijfmest en vaste mest gaat volgens Kringloopwijzer 2018 respectievelijk 5% ,22% en 40% van TAN als ammoniak verloren.

Tabel 7: Stikstofverliezen (kg N) vanuit de mest door vervluchtiging

	NH <sub>3</sub> -N	Overig N	Totaal
Weidemest	59		59
Drijfmest in de stal	123	34	157
Drijfmest bij uitrijden	162		162
Potstalmest vanuit stal en 655 + 455= 1100 mesthoop		1002	2102
Potstalmest bij uitrijden	177		176
Totaal	1459	1036	2495
Per ha	16	11	27

### 3.3 Biologische stikstofbinding

Op het intensief beheerde land groeit op 25% van het oppervlak grasklaver. De stikstofbinding van klaver is groter dan de hoeveelheid N die in de geogste klaver wordt afgevoerd, omdat ongeveer 40 à 50% via exudatie, wortel- en bladresten rechtstreeks aan de bodem wordt toegevoegd [18] en een deel hiervan niet op kort termijn weer beschikbaar komt. Onder de gunstige omstandigheden als op Warmonderhof kan grasklaver in een akkerbouwrotatie tussen de 400 [19] en 545 kg N/ha [20] binden. Daarnaast kan er maximaal ca 150 kg N/ha, jaar gebonden worden door het mengsel van triticale/erwten plus de ondervrucht grasklaver en ook maximaal 75 kg N door de vlinderbloemigen in het mengsel van groenbemestingsgewassen. Wanneer voor de grasklaver wordt gerekend met een potentiële stikstofbinding van 400 kg N/ha, jaar kan gedurende de gehele zevenjarige vruchtwisseling maximaal 1025 kg N/ha gebonden worden in zeven jaar.

De feitelijke stikstofbinding ligt lager, omdat er ook stikstof vanuit boven- en ondergrond, via mest, gewasresten en depositie beschikbaar komt die de stikstofbinding beperkt. Deze feitelijke N-binding wordt benaderd door de vruchtwisseling van de 7-jarige vruchtwisseling inclusief bemesting in te voeren in het programma NDICEA, dat de N-binding op basis van de potentiële stikstofbinding en de beschikbaarheid van stikstof berekent. De samenstelling van de mest wordt ontleend aan tabel 6. De aanvoer vanuit de ondergrond wordt gesimuleerd door van Mei t/m September elke maand 8 kg N als nitraat-N aan de bovengrond toe te dienen\*. Volgens deze berekening wordt gedurende gehele vruchtwisseling op een hectare feitelijk 644 kg N gebonden (381 kg N minder dan de potentiële N-binding): 50 kg N door het mengsel van groenbemestingsgewassen, 30 kg N door de erwten en grasklaver als ondervrucht en 2 jaar à 282 kg N/jaar door de grasklaver. Deze waarden worden ook voor de zesjarige vruchtwisseling aangehouden.

Op het hooiland groeien nauwelijks vlinderbloemigen. Het wordt al 10 jaar alleen maar gemaaid en het wordt niet bemest. Jaarlijks wordt per ha ca 100 kg N in het grove hooi afgevoerd. De nitraatuitspoeling en denitrificatie zijn daar nagenoeg gelijk aan nul, omdat alle beschikbaar komende nitraat nagenoeg onmiddellijk wordt opgenomen en ammonium grotendeels wordt geadsorbeerd. Ook het grondwater in de venige ondergrond bevat geen nitraat. Het organisch stofgehalte in de bovengrond is hoogstwaarschijnlijk stabiel: de afbraak is er in evenwicht met de jaarlijks aanvoer via exudaten, wortelresten en grasresten. Wanneer de 25 kg N/ha stikstof die via depositie beschikbaar komt, volledig benut wordt, komt 75 kg N ergens anders vandaan, zo op het eerste zicht uit de ondergrond. Toch is dat niet zeker. In de Betuwe zijn er plekken, bijvoorbeeld langs dijken, waar het gras al jarenlang alleen maar gemaaid wordt zonder dat er bemest wordt, ook niet met rivierslib, en ook daar is de hooiopbrengst ongeveer 6000

---

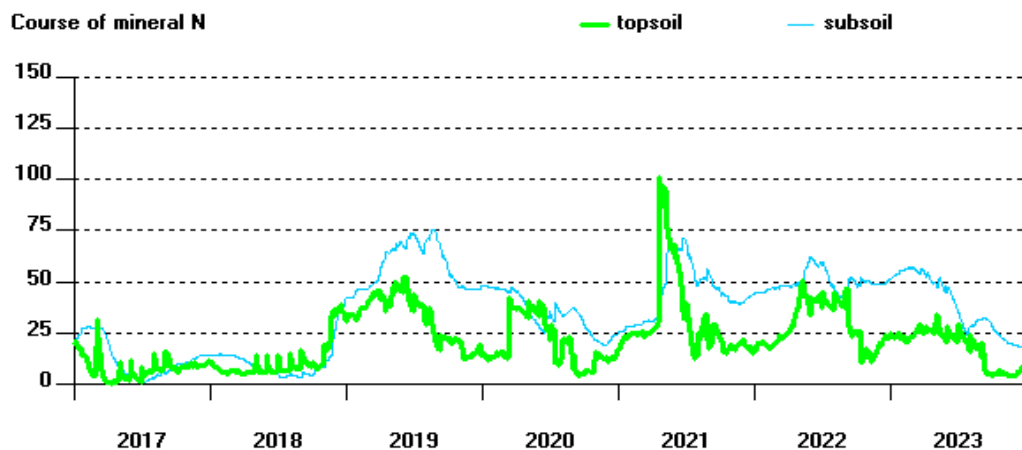
\* Het is in NDICEA niet mogelijk de extra stikstof aan de ondergrond toe te dienen.

kg ds/ha. Een aantal vrij-levende bacteriën die in de grond en met name rond wortels leven, kunnen ook stikstof binden en voor niet bemest blijvend grasland in de U.S.A. [21] zijn waardes gevonden in de orde van grootte van 50 kg N/ha en ook voor duingrassen in Schotland [22] zijn zulke waardes berekend. In Nederland is deze vorm van stikstofbinding nauwelijks onderzocht. Bij de verdere berekeningen wordt gerekend met een stikstofbinding van 35 kg N /ha door vrij-levende bacteriën in de rhizosfeer (100 kg N in hooi minus 25 kg N depositie en 40 kg N vanuit ondergrond).

In het extensief weiland wordt meer dan 90% van de ca 115 kg N/ha die door de dieren wordt opgenomen in het weiland uitgescheiden. Het verlies zal rond 30% van de opgenomen 115 kg N= 35 kg N liggen [23]. Depositie en leverantie vanuit ondergrond (25 + 40= 65 kg N/ha) volstaan om afvoer in de dieren (ca 10 kg N/ha) en verliezen (ca 25 kg N/ha) door denitrificatie, uitspoeling en vervluchtiging te compenseren. Waarschijnlijk neemt daar het organische stofgehalte toe, maar met hoeveel precies is onbekend. De stikstofbinding door vrij-levende bacteriën zal zeer beperkt zijn omdat het land voortdurend door de dieren bemest wordt. Bij de verdere berekeningen wordt alleen rekening gehouden met een stikstofbinding van 5 kg N/ha door vrij-levende bacteriën, die ook voor alle andere percelen wordt aangehouden.

### 3.4 Verloop van beschikbaarheid van stikstof

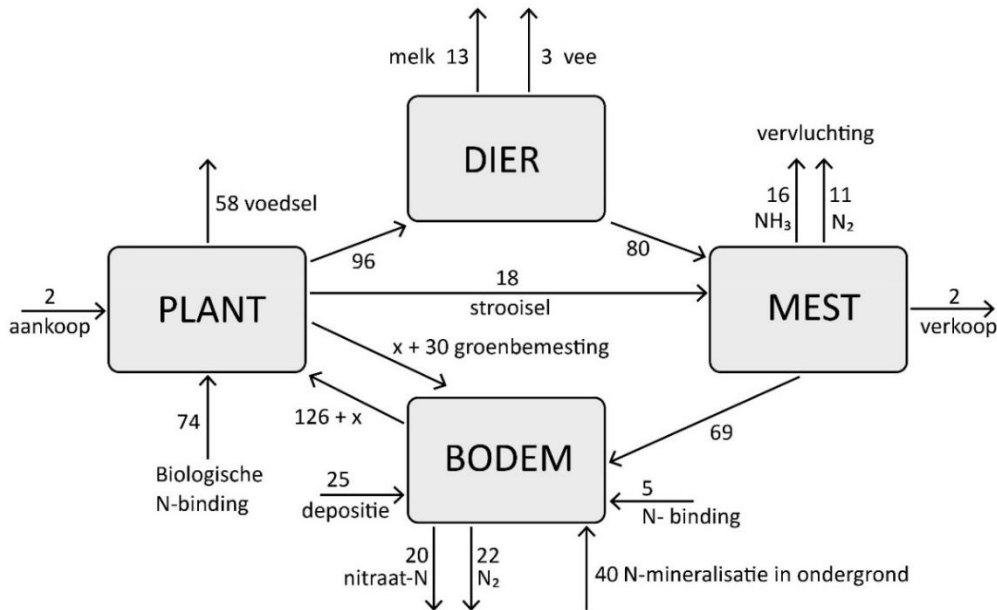
In figuur 1 is voor de zevenjarige vruchtwisseling het verloop van de hoeveelheid minerale stikstof in boven- en ondergrond van stikstof weergegeven (aanvoer uit mest, mineralisatie ed. minus gewasopname, verliezen ed., gereconstrueerd met NDICEA) beginnende in het jaar na de inzaai van de klaver onder triticale/erwten. Hierbij is de hoeveelheid N-mineraal in de bovengrond iets hoger dan in werkelijkheid en die in de ondergrond iets lager, omdat de stikstof die in de ondergrond vrijkomt in het NDICEA-model alleen aan de bovengrond kon worden toegevoegd. Niettemin kan uit de figuur worden afgeleid dat er steeds stikstof beschikbaar was voor het gewas.



Figuur 1: Het gereconstrueerde verloop van N-mineraal gedurende de 7-jarige vruchtwisseling

### 3.5 Stikstofstromen op het gemengde bedrijf

In figuur 2 staan de stikstofstromen binnen en rond het gemengd bedrijf weergegeven zoals berekend met FarmDesign op basis van bovenstaande gegevens, inclusief de beperkte aanvoer van N via aangekocht stro en de beperkte afvoer via de potstalmest die naar het intensieve tuinbouwdeel gaat.



Figuur 2: Stikstofstromen binnen en rond op het gemengd bedrijf (kg/ha). De hoeveelheid N in de overige gewasresten staat aangegeven met x

Wanneer aangenomen mag worden dat het gehalte aan organische stof inmiddels nagenoeg stabiel is (aanvoer = afbraak), bestaat de sluitpost uit uitspoeling en denitrificatie (42 kg N/ha/jaar).

De concentratie nitraat-N in het water vanuit de akkers is eind Januari 2020 in twee drains gemeten (tabel 8 en 9) met test strips. De uitspoeling van stikstof werd benaderd door aan te nemen dat de concentraties in Januari, net als op de APM, representatief zijn voor die gedurende de gehele winter, dat het neerslagoverschot circa 300 mm/jaar bedraagt en de afvoer via de diepe ondergrond (niet via drains) verwaarloosbaar [24] is.

Tabel 8: uitspoeling van stikstof van de percelen van zesjarige vruchtwisseling

Jaar	Hoofdgewas	Opmerking/nagewas	Nitraat in drainwater ppm	Uitspoeling per ha Kg Nitraat-N/ha
1	Grasklaver	Beweid	15	10
2	Plantuien	Gele mosterd	55	38
3	Suikerbieten		10	7
4	Wintertarwe	Groenbemestingsmengsel	15	10
5	Winterpeen		22	15
6	Triticale plus erwten	Grasklaver	10	7
		Gemiddeld	21	15

Tabel 9: Uitspoeling van stikstof van de percelen van de zevenjarige vruchtwisseling

Jaar	Hoofdgewas	Opmerking/nagewas	Nitraat in drainwater ppm	Uitspoeling/ha Kg Nitraat-N/ha
1	Grasklaver	Gemaaid	12	8
2	Grasklaver	Beweid	22	15
3	Plantuien	Gele mosterd	95	66
4	Wintertarwe	Groenbemestings-mengsel	10	7
5	Aardappelen	Gele mosterd	65	45
6	Winterpeen		37	26
7	Triticale plus erwten	Grasklaver	37	26
		Gemiddeld	40	27

De gemiddelde uitspoeling van nitraat onder de zevenjarige vruchtwisseling is hoger dan die onder de zesjarige vruchtwisseling. Waarschijnlijk omdat het aandeel grasklaver in die vruchtwisseling en de hoeveelheid gegeven potstalmest groter zijn. Met name na uien en aardappelen spoelt veel stikstof uit ondanks de teelt van gele mosterd als nagewas.

De concentraties in het water vanuit het hooiland en de blijvende weide zijn niet gemeten. Deze zijn naar verwachting zeer laag; als we rekenen met 5 kg N/ha, dan is de uitspoeling over het gehele bedrijf 20 kg nitraat-N/ha. De verliezen door denitrificatie in de bodem zijn dan 22 kg N/ha. Deze is het gevolg van de aanwezigheid van verslagen veenresten in de ondergrond en van het inploegen van grote massa's groenbemesting in November.

### 3.6 Efficiëntie van het gebruik van aangevoerde stikstof en stikstofoverschot

Op het gemengd bedrijf wordt gemiddeld 146 kg N/jaar aangevoerd en 76 kg N/ha in producten en mest afgevoerd (tabel 10). De huidige efficiëntie van het stikstofgebruik is 52% en dat betekent dat er op bedrijfsniveau sprake is van een gebalanceerde bemesting [25] met stikstof voor een gemengd bedrijf met 0.75 GVE/ha.

Tabel 10: Stikstofbalans van het gemengde bedrijf

Aanvoer	Kg N/ha		Afvoer	Kg N/ha	
Deposities	25	17%	Plant aardige producten	58	76%
Aangekocht stro	2	1%	Dierlijke producten	16	21%
Vanuit ondergrond	40	27%	Potstalmest	2	3%
Stikstofbinding	74 +5	55%			
<b>Totaal</b>	<b>146</b>			<b>76</b>	
	Efficiëntie stikstof gebruik = 52%				

Het stikstofoverschot (= 45 kg N/ha exclusief depositie) van Warmonderhof is vergelijkbaar met het bedrijfsoverschot van een gemiddeld biologisch melkveebedrijf, maar in deze officiële waarde worden naast depositie ook de aanvoer uit de bodem en stikstofbinding niet meegenomen. Op zo'n bedrijf wordt gewoonlijk het merendeel van het krachtvoer

aangekocht en is de mestgift hoger omdat (vrijwel) alle mest op het bedrijf wordt aangewend. Op een gemiddeld gangbaar melkveebedrijf is niet alleen de productie veel hoger, maar ook het stikstofbedrijfsoverschot/ha (147 kg N, wederom zonder depositie ed.). Daar wordt veel krachtvoer aangekocht en kunstmeststikstof gestrooid. Het stikstofoverschot op een gemiddeld akkerbouwbedrijf is ruim 2 keer zo groot.

## 4 Duurzaamheid van het productiesysteem

### 4.1 Bodemkwaliteit

Een belangrijke vraag is of het huidige productieniveau gehandhaafd kan blijven in de toekomst. Omdat de vruchtwisseling waarschijnlijk ruim genoeg is om ook op de lange duur schade door bodemgebonden ziekten en plagen tot een acceptabel minimum te beperken, worden hier de volgende drie aspecten nader bekeken:

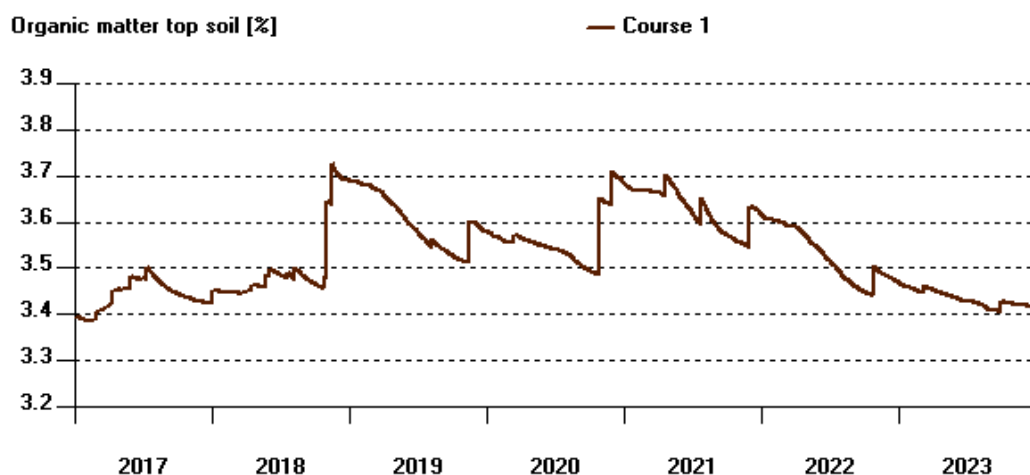
- de beschikbaarheid van stikstof
- het organisch stofgehalte
- de beschikbaarheid van fosfor en kalium.

#### 4.1.1 Beschikbare stikstof

Op het eerste zicht lijkt het productieniveau op langer termijn niet gehandhaafd te kunnen worden door een gebrek aan stikstof. Tabel 10 suggereert dat de productie tot 39% zal afnemen, wanneer in de toekomst de stikstoflevering vanuit de ondergrond en via depositie langzaam tot respectievelijk 0 en 12 kg N/ha zal dalen. Deze gedachte is te kort door de bocht, aangezien tegelijkertijd ook de stikstofverliezen zullen afnemen en de stikstofbinding door vlinderbloemigen zal toenemen. Toch zal mogelijk het productieniveau heel langzaam afnemen met het verminderen van de stikstofleverantie vanuit de ondergrond, tenzij er maatregelen getroffen worden, die de stikstofverliezen beperken en aanvoer van stikstof vergroten. Hierop wordt later ingegaan.

#### 4.1.2 Organische stof

Het gehalte organische stof in het hooiland is waarschijnlijk al stabiel en dat in het weideland zal het waarschijnlijk nog lange tijd langzaam stijgen. In de zevenjarige vruchtwisseling op het intensief beheerde akkerland blijft volgens berekeningen met NDICEA het gehalte organische stof op peil zolang het huidige productieniveau gehandhaafd kan worden (figuur 3).



Figuur 3: Verloop van percentage organische stof (0-30 cm) in de zevenjarige vruchtwisseling

De sterke stijging in het tweede jaar (2018) komt deels doordat potstalmest wordt toegediend en verder omdat pas bij het onderploegen van de grasklaver de grote ondergrondse bijdrage van de grasklaver aan de bodem organische stof zichtbaar wordt gemaakt in NDICEA.

#### 4.1.3 Beschikbaarheid van fosfor en kalium

De fosfor – en kaliumbalansen zijn negatief. Elk jaar wordt per ha gemiddeld 13 kg P en 63 kg K afgevoerd. Incidenteel wordt P en K aangevoerd in de vorm van biologische kippenmest (P) en vinassekali, afgelopen jaar 3 kg P/ha en 6 kg K/ha. Bij onderzoek op de APM [26] bleek dat bij een hoge bemesting met N en de daarbij behorende hoge gewasopbrengsten gedurende 27 jaar 31 kg P/ha en 200 kg K/ha onttrokken kon worden zonder dat het een effect had op het opbrengstniveau van suikerbieten en gerst. Alleen de aardappelen lieten de laatste jaren, bij een hoge N-bemesting, enige respons zien op een bemesting met P. Een gemengd bedrijf zoals Warmonderhof onttrekt jaarlijks minder P en K aan de bodem waardoor er ook meer tijd is voor de verwerking van P- en K-mineralen. Op de grond van Warmonderhof die bijzonder rijk is aan verweerbare mineralen kan hoogstwaarschijnlijk bijna 100 jaar geproduceerd worden op de huidige wijze zonder dat de opbrengsten dalen door een tekort aan P en meer dan 100 jaar zonder een daling door een tekort aan K.

Op een grond met een ruime minerale reserve kan dus lange tijd geteeld worden op basis van verwerking. Op de zeer lange termijn zal ook daar fosfor en kalium moeten worden aangevoerd om de opbrengsten op peil te houden. Dit kan via residuen uit de voedingsmiddelenindustrie, met compost van maaisels uit natuurgebieden die verschaald moeten worden of met producten als struviet en vinassekali uit de grotere kringloop, mits deze vrij zijn van residuen van medicijnen en bestrijdingsmiddelen. Ook minerale meststoffen als patentkali en kieseriet kunnen binnen de biologisch-dynamische landbouw gebruikt



worden. Daarnaast kan de vertering in principe ook zeer lang op peil gehouden worden door jaarlijks kleigrond uit de ondergrond of steenmeel aan de bouwvoor toe te voegen.

## **4.2 Belasting van het milieu**

De belasting van het milieu met ammoniak, nitraat en de broeikasgassen methaan, lachgas en CO<sub>2</sub> kan slechts globaal besproken worden op basis van beschikbare gegevens.

Broeikasgassen zijn een mondiaal probleem en aangezien het voedsel ergens geproduceerd moet worden, kan de emissie hiervan het beste per kg product beoordeeld worden. Ammoniak en nitraat zijn vooral regionaal een probleem, de emissie daarvan kan daarom het beste per hectare worden beoordeeld. Hieronder wordt de emissie van het gemengde bedrijf vergeleken met die van andere bedrijven in Nederland.

### **4.2.1 Ammoniakemissie**

De ammoniakemissie, 16 kg N/ha (tabel 7), is lager dan de depositie (25 kg N/ha). Het bedrijf draagt dus bij aan de zuivering van de atmosfeer doordat het minder ammoniak uitstoot dan het opneemt. De ammoniakemissie per dier is vrij hoog doordat de dieren vrij eiwitrijk gevoerd worden, met een ruw eiwitgehalte van >160 g/kg ds in het stalseizoen. In het weideseizoen is het ruw eiwitgehalte nog hoger (>170) maar het effect op de ammoniakemissie is dan veel kleiner [27].

### **4.2.2 Uitspoeling van nitraat**

Over het hele bedrijf gerekend spoelt ongeveer 20 kg N/ ha als nitraat via de sloten naar het nabijgelegen kanaal. De concentratie ammonium-N is niet gemeten. Gewoonlijk zit er veel meer nitraat in het drainwater dan ammonium en de totale hoeveelheid N die naar het oppervlaktewater stroomt vanaf het gemengde bedrijf ligt binnen de range van 20 – 30 kg N/ha die voor Flevoland is aangegeven [28]. De waarschijnlijk beperkte hoeveelheid nitraat die naar de diepe ondergrond getransporteerd wordt, zal gedenitrificeerd worden, wanneer deze de veenlaag passeert en zal het kanaal niet bereiken. Eind Januari 2020 was de gemiddelde nitraatconcentratie in het uitstromende slootwater met 32 ppm hoger dan die in het kanaal met 25 ppm, waarschijnlijk omdat nitraat in het kanaal door algen wordt opgenomen en daarnaast in de drabbige bodem gedenitrificeerd wordt. De concentraties liggen duidelijk onder de norm voor drinkwater (50 ppm).

### **4.2.3 Methaanemissie**

De gemeten methaanemissie uit de potstal [14] is per dier ongeveer 3 keer zo hoog dan die uit een standaard ligboxenstal. Ook tijdens de verdere vertering op de hoop komt methaan vrij, maar hoeveel precies is onduidelijk, omdat niet gedurende de gehele periode gemeten

is. De hogere emissie wordt vooral toegeschreven aan de potstal: vooral bij (semi)anaerobe condities in een diepe, warme potstal kan de methaanemissie hoog zijn [29].

#### **4.2.4 Lachgasemissie**

De gemeten lachgasemissie uit de stal was zeer wisselend [14] en, hoewel er nog veel onzeker is rond lachgas, gemiddeld circa 4 keer hoger dan die uit andere stallen, waarschijnlijk ook samenhangend met semi-anaerobe condities in diepe potstallen [29]. De lachgasemissie tijdens de verdere vertering op de hoop is verwaarloosbaar [15] en die uit de bouwvoor is hoogstwaarschijnlijk lager omdat geen kunstmeststikstof (met bijkomende lachgasemissies) wordt gestrooid en er weinig pieken zijn in de hoeveelheid vrij beschikbare stikstof, m.n. op het grasland [30]. In hoeverre lachgas vrijkomt bij de afbraak van de organische stof in de ondergrond is onduidelijk. Als deze vrijkomt, is dit vooral het gevolg van de ontginning en niet van het bedrijfssysteem.

#### **4.2.5 CO<sub>2</sub> vanuit direct en indirect energiegebruik**

Er wordt per hectare indirect minder fossiele brandstof /ha gebruikt, omdat afgezien wordt van kunstmeststikstof en er minder producten over grote afstanden getransporteerd worden. De hoeveelheid brandstof die nodig is om te schoffelen en eggen valt hierbij in het niet. Wel wordt onkruid in uien en wortelen thermisch bestreden en wordt het loof van aardappelen dood gebrand bij een aantasting met *Phytophthora infestans*. Of per kg product ook minder fossiele energie wordt gebruikt is in dit kader een moeilijk te beantwoorden vraag. Volgens [31] is het energiegebruik per kg product in de biologische melkveehouderij ongeveer 25% lager en die in akkerbouw zo'n 20% hoger, maar op het gemengde bedrijf van Warmonderhof zijn de melkproducties lager en die van de akkers hoger dan waarmee gerekend wordt in dat rapport.

#### **4.2.6 CO<sub>2</sub> vanuit de bodem**

Waarschijnlijk wordt, behalve in de extensieve weide, nog nauwelijks CO<sub>2</sub> opgeslagen in de bouwvoor. Bij de vertering van veen in de ondergrond komt CO<sub>2</sub> vrij (ongeveer 2400 kg CO<sub>2</sub> bij een C/N = 19 en een mineralisatie van 40 kg N/ha/jaar), maar deze is alleen te vermijden door het grondwater zo sterk te verhogen, dat alleen weidebouw mogelijk is. Bovendien is dit vooral het gevolg van de ontginning van de Flevopolders en niet van het bedrijfssysteem.

#### 4.2.7 Bestrijdingsmiddelen

Bestrijdingsmiddelen worden niet gebruikt. Wel kan er sprake zijn van enige instroom van bestrijdingsmiddelen via inwaaiende stoffen vanuit nabijgelegen bedrijven en via het water uit de tocht dat gebruikt wordt voor beregening.

### 4.3 Mogelijke aanpassingen om emissies te verminderen en het productieniveau op de lange termijn op peil te houden

De relatief hoge methaanemissie per kg melk/vlees is in principe te verminderen door de dieren minder structuurrijk voer te geven (waardoor er minder methaan in de pens wordt gevormd). De relatief hoge lachgasemissie is in principe te verminderen door de dieren energierijker te voeren (waardoor meer eiwit kan worden benut en de stikstofuitscheiding wordt beperkt). Uitgedrukt per kg melk kunnen beide emissies ook verlaagd worden door een stijgende productie per dier per jaar. Echter, indien naast de melkproductie ook de vleesproductie wordt meegenomen in de beschouwing verdwijnt dit gunstige effect grotendeels [39]. Simpelweg meer krachtvoer voeren om de melkproductie per dier te verhogen is daarom een weinig geschikte strategie om de emissies per totale hoeveelheid product te verminderen. Overigens zijn er ook aanwijzingen dat kruiden als cichorei en smalle weegbree de emissies kunnen verlagen [32]. Hoe de methaan- en lachgasemissie vanuit de potstal (en mesthoop) beperkt kan worden, is vooralsnog onduidelijk. Waarschijnlijk is het voorkomen van semi-anaerobe condities bij een hogere temperatuur cruciaal. Dit is alleen mogelijk door een aanpassing van de stal: minder diepe pot en regelmatig uitmesten. En misschien is het ook mogelijk methanotrofe bacteriën actief te krijgen in het doek dat over de mesthopen ligt en aan het mestoppervlak in de potstal.

De verliezen door ammoniakvervluchtiging kunnen worden verminderd:

- Door minder eiwitrijk c.q. energierijker te voeren in bepaalde periodes van het jaar: bijvoorbeeld door beter verteerbaar ruwvoer te winnen, minder erwten en meer triticale te voeren, door een deel van het triticale/erwten-mengsel te vervangen door de hoeveelheid bietenpulp die vrijkomt bij de verwerking van de geleverde suikerbieten (ca 14000 kg ds) of door alle erwten/triticale te verkopen en voederbieten i.p.v. suikerbieten te verbouwen en op eigen bedrijf aan het vee te voeren. Dat laatste kan wel ten koste gaan van de bedrijfswinst.
- Door dagelijks 1.5 kg droge verpulverde klei/ GVE te strooien zal de emissie vanuit de pot afnemen en tijdens de verdere vertering minder N verloren zal gaan [34].
- Een stalaanpassing waarbij mest en urine zo goed/snel mogelijk bij de bron worden gescheiden (bijvoorbeeld met het concept van de Kwatrijnstal [33] of waarbij de bestaande potstal regelmatig wordt uitgemest.

- Door de drijfmest 1 tot 2 keer te verdunnen voor het uitrijden, zal minder N verloren gaan tijdens het uitrijden en kan een lager N-gehalte van de drijfmest bij eiwitarmere voeren tenminste voor een deel gecompenseerd worden.
- Door de dieren vaker ook gedurende de nacht in de weide te laten grazen (in het vroege voorjaar en herfst). Hierdoor neemt het verlies van N door uitspoeling en denitrificatie onder urineplekken wel enigszins toe.



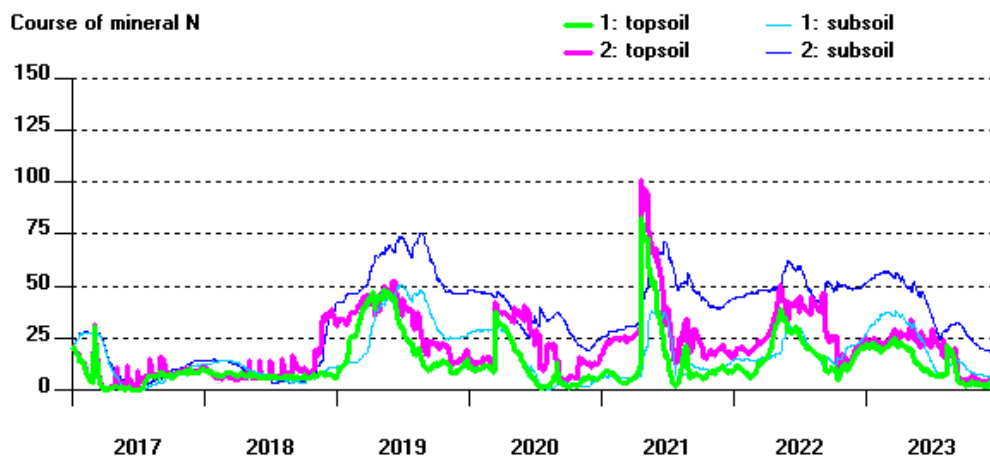
*Afbeelding 2: Bloeiende grasklaver, te lage verteerbaarheid voor een melkproductie met lage emissies*

Een eiwitarmere voeding leidt tot minder N in de urine; dit heeft echter weinig effect te hebben op de gewasproducties omdat beperking van de ammoniak-vervluchtiging dit effect beperkt en de hoeveelheid N die met de potstalmest teruggevoerd wordt naar het land, nauwelijks wordt beïnvloed (de urine-N daarin gaat, voor zo ver niet omgezet in organische N, sowieso grotendeels verloren).

Door bovengenoemde maatregelen kan de emissie zover worden teruggebracht dat het bedrijf nog duidelijker bijdraagt aan de zuivering van de atmosfeer (door minder ammoniak te verliezen dan op te nemen).

De verliezen in de bodem door uitspoeling en denitrificatie dalen wanneer winterharde groenbemesters geteeld worden en deze, evenals de grasklaver, pas in het vroege voorjaar worden ingewerkt.

De op termijn lagere aanvoer van stikstof, uit de ondergrond en door de dalende depositie, wordt waarschijnlijk voor een belangrijk deel gecompenseerd doordat de vlinderbloemigen meer stikstof gaan binden bij een lagere N-beschikbaarheid. In het extensief beheerde grasland kan klaver geïntroduceerd worden en deze kan daar meer dan voldoende stikstof binden om de huidige productie op peil te houden. Ook kunnen er, in plaats van gele mosterd, mengsels van groenbemestingsgewassen geteeld worden die ook vlinderbloemigen bevatten.



Figuur 4: Vergelijking verloop N mineraal (kg N/ha) in huidige (paarse en donkerblauwe lijn) en nieuwe situatie (toelichting in de tekst)

In figuur 4 wordt voor de zevenjarige vruchtwisseling het verloop van de minerale N in de huidige situatie vergeleken met die in de nieuwe situatie nadat de extra levering vanuit ondergrond tot nul is gezakt en de depositie is gehalveerd (groen en licht blauw). In die nieuwe situatie worden alleen groenbemestingsmengsels geteeld die ook vlinderbloemigen bevatten en deze worden, evenals grasklaver, waar mogelijk in het vroege voorjaar oppervlakkig ingewerkt. In deze nieuwe situatie kan er in het voorjaar van het eerste jaar een tekort aan stikstof ontstaan, maar dat wordt waarschijnlijk gecompenseerd door een hoger klaveraandeel en dus een hogere stikstofbinding. Het verschil tussen de hoeveelheden stikstof in de bovengrond is overigens kleiner dan weergegeven in de figuur, omdat in NDICEA de mineralisatie in de ondergrond alleen aan de bovengrond kan worden toegevoegd (in de huidige situatie). Het verschil in de ondergrond is weer iets groter. In beide gevallen is altijd stikstof beschikbaar, zij het in de ondergrond op een iets lager niveau wanneer de extra mineralisatie daar ophoudt. Het moet nog blijken of dat niveau voldoende is om de huidige opbrengsten te realiseren. Indien de opbrengsten gelijk blijven, neemt de stikstofbinding toe met 22 kg N/ha en dalen de verliezen door uitspoeling en denitrificatie met 27 kg N/ha (tabel 11).

Kortom, een daling van de stikstofaanvoer vanuit de ondergrond en atmosfeer is op zijn minst heel lang geen probleem en wellicht geheel te compenseren met aanpassingen in de bedrijfsvoering zonder dat de opbrengsten dalen.

Tabel 11: Vergelijking N-balans (kg/ha) in huidige en nieuw situatie (toelichting in de tekst)

	Huidige situatie	Nieuwe situatie
Bemesting	84	84
Stikstofbinding	92	114
Depositie	25	12
Mineralisatie in ondergrond	40	0
Totaal aanvoer	241	210
Afvoer met producten	180	180
Berekend overschot	61	30
Denitrificatie bouwvoor	23	16
Uitspoeling plus denitrificatie diepe ondergrond	42	22
Bodem N <sup>1)</sup>	-5	-8

<sup>1)</sup> De afname van bodem-N wordt grotendeels gecompenseerd door de stikstof die in de net ingezaaide grasklaver geaccumuleerd is.

## 4.4 Sociaaleconomische duurzaamheid

### 4.4.1 Economisch resultaat

In Tabel 12 is een kosten-baten overzicht gegeven van Warmonderhof. Hierbij zijn voor dit bedrijf gemiddelde opbrengsten, kosten en prijzen gebruikt. De specifieke kosten voor het leerbedrijf (mechanisatie, onderhoudskosten) en de vergoeding daarvoor zijn zo goed mogelijk buiten beschouwing gelaten. Weliswaar worden zuivel en groenten deels in de boerderijwinkel, op de markt en via de webshop verkocht, maar de extra opbrengst hiervan (handelsmarge) is niet in het overzicht opgenomen. Het gemengde bedrijf kan gerund worden door 2,75 mensen (Volwaardige ArbeidsKracht, VAK)\*, het land wordt gehuurd (à 1200€ per ha) en er wordt gerekend met 2,4% rente over het gemiddelde geïnvesteerde kapitaal\*\*. De berekende winst (incl. arbeidsinkomen) is met bijna 60.000€ per VAK vergelijkbaar tot hoger met de gemiddelde biologische akkerbouw- en melkveehouderij-bedrijven (met 50 à 82.000€ respectievelijk 28 à 57.000€ per onbetaalde VAK). Daarmee lijkt het bedrijf voldoende levensvatbaar. Hierbij zijn een aantal zaken van belang:

- De toeslagen en subsidies zijn hoger dan de winst (excl. arbeidsinkomen), maar deze zijn wel lager dan bij gemiddelde (biologische en gangbare) melkvee- en akkerbouwbedrijven ([www.agrimatie.nl](http://www.agrimatie.nl)).

\* Hierbij is de extra arbeidsinzet voor de begeleiding van leerlingen buiten beschouwing gelaten. De huidige arbeidsvergoeding (60.000€ per VAK bij 2000uur) komt overeen met het bruto arbeidsinkomen van 1 leidinggevende VAK incl. werkgeverslasten, vakantietoeslag etc. (KWIN -AGV 2018-19)

\*\* Het kapitaal (voor gebouwen, machines en installaties) bedraagt ± 2,59 miljoen € (nieuwwaarde).

- Opvallend is dat m.n. de afschrijvingen hoog zijn, hoger dan de som van de gemiddelde biologische akkerbouw- en melkveehouderij-bedrijven ([www.agrimatie.nl](http://www.agrimatie.nl)), terwijl het gemiddelde melkveehouderijbedrijf met deze lagere investeringen ook ruim twee keer zoveel produceert dan het melkvee-deel van Warmonderhof). Dit is een illustratie van de schaalnadelen van gemengde bedrijven (die relatief hoge investeringen in gebouwen en mechanisatie minder optimaal kunnen benutten), naast de voordelen die bestaan op het niveau van vruchtwisseling en bodemvruchtbaarheid.
- Het saldo van de akkerbouwgewassen is hoog, vooral afkomstig van de uien en peen en daarmee gevoelig voor wisselende prijzen en opbrengsten daarvan (door bijv. ziektes): indien een van deze teelten 10% lagere opbrengsten realiseert slaat de nettowinst om in een nettoverlies. Belangrijk verschil tussen Warmonderhof en gemiddelde biologische akkerbouwbedrijven is dat de laatsten een aanzienlijk hoger bemestingsniveau hebben (circa tweemaal zo hoog), waarbij de aangevoerde mest deels van gangbare herkomst is (max. 30% vanaf 2020) waarop zij geld toe krijgen.
- De akkerbouw is daarnaast sterk afhankelijk van voldoende personeel (nu 2700uur per jaar door jongeren en tijdelijke werknemers) voor het handmatig verwijderen van het onkruid, dat resteert na mechanische bestrijding, uit de plantuien, bieten en wortelen. Indien dit 20€ i.p.v. de huidige 15€ per uur kost, verdampt de nettowinst vrijwel geheel.



*Afbeelding 3: Hoog salderende gewassen, een belangrijke economische basis maar risicovol*

- Het saldo van de dierlijke productie is laag, ondanks de lage toegerekende kosten. Belangrijke oorzaken zijn de beperkte omvang van de veehouderij, de relatief beperkte meerprijs voor biologisch-dynamische zuivel in vergelijking met de plantaardige producten (48% respectievelijk 83% meer dan gangbaar) en de lage melkproductie per

koe (<4500 kg). Het saldo is ook laag in vergelijking met gemiddelde biologische melkveehouderijbedrijven ([www.agrimatie.nl](http://www.agrimatie.nl)), die echter circa tweemaal zo groot zijn en een hogere productie per koe realiseren (6800 kg). De lage melkproductie per dier kan vele oorzaken hebben; waarschijnlijk een combinatie van genetische aanleg, suboptimaal management (m.n. rond afkalven en de transitie-periode) en incidentele wisselingen erin (al dan niet samenhangend met de inzet van leerlingen). Dit zou binnen het bedrijf preciezer bekeken kunnen worden. Ervaring tijdens een periode zonder inzet van leerlingen leerde dat de productie alleen al daardoor met circa 600 kg per koe kan stijgen; naar verwachting stijgt dit verschil verder indien er langere tijd geen periodes zijn met een suboptimaal en/of wisselend management. Ervaringen op bedrijven met vergelijkbare voeromstandigheden, maar met onthoornde dieren en zonder leerling-inzet, laten zien dat melkproducties van >6500-8000 kg per koe haalbaar zijn, m.n. indien goede grasklaver (uit een akkerbouwrotatie) wordt gebruikt naast passend krachtvoer. Gezien deze ervaringen zou op termijn een melkproductie van >5600 kg per koe goed mogelijk moeten zijn, waarmee de winst met 33.000€ kan stijgen. Ook een schaalvergroting van de melkveehouderij zou kunnen bijdragen aan een hogere winst; bij een ongewijzigde bedrijfsvoering heeft dit echter aanzienlijke implicaties (zoals noodzakelijke investeringen in stalvergroting en fosfaatquotum, noodzakelijke vergroting van het areaal graan ten behoeve van de stro-voorziening, etc.). Een hogere melkproductie per koe en een betere benutting van het voer lijken daarom realistischere routes voor enige omzetverhoging. Het saldo van de huidige veehouderij is wel stabiel en bovendien is het veehouderij-deel essentieel voor het op peil houden van de bodemvruchtbaarheid van het hele bedrijf.

Tabel 12: Bedrijfsresultaten van het gemengd bedrijf (euro/bedrijf)

<b>Inkomsten totaal</b>		<b>742.739</b>
waarvan	Dierlijke productie	142.221
	Gewassen	574.135
	Toeslagen/ subsidies	26.383
<b>Kosten totaal</b>		<b>562.907</b>
waarvan	Toegerekende kosten dierlijke productie	38.696
	Toegerekende kosten gewassen	176.463
	Grondkosten	113.028
	Kosten werktuigen	115.520
	Kosten gebouwen	79.200
	Algemene kosten	40.000
<b>Resultaat</b>	Winst (incl. arbeidsinkomen)	<b>179.832</b>
	Winst per VAK	59.944
	Winst per ha	1.909
	Eigen arbeidskosten	165.000
	Nettowinst	14.832
	Rente (in kosten werktuigen en gebouwen)	31.063
	Afschrijvingen (in kosten werktuigen en gebouwen)	132.800



#### 4.4.2 Kosten voor levensonderhoud van consument in een biologische wereld

De prijzen voor biologische producten zijn beduidend hoger dan voor gangbaar geproduceerde, zowel voor de producent als voor de consument. De meerprijs voor de consument is meer dan het verschil tussen de biologische en gangbare producentenprijs, mede omdat de biologische markt een nichemarkt is met hogere kosten en marges voor alle schakels in de keten en de huidige consumenten van biologische producten bereid zijn die extra kosten te betalen. Wanneer 50% van de markt (ook die in het buitenland!) uit biologische producten zou bestaan, vallen de schaalvoordelen voor de gangbare producten grotendeels weg; grotendeels maar niet helemaal omdat er ook verder in de biologische keten extra kosten worden gemaakt (denk aan extra controlekosten, extra verliezen, etc.). Zonder deze margeverschillen zouden de extra kosten van biologisch brood, aardappelen, groenten en zuivel voor de consument 93€ per persoon per jaar bedragen (zie Tabel 13). Voor een gemiddeld huishouden is dit circa 0,5 % van het modale bruto-gezinsinkomen\*, wat illustreert dat de kosten voor de consument beperkt kunnen blijven.

Tabel 13: Vergelijking kosten gangbaar versus biologisch

	Consumptie per persoon /jaar (kg) <sup>1)</sup>	Prijs gangbaar <sup>2)</sup> Euro/kg	Prijs biologisch-dynamisch Euro/kg	Kosten gangbaar per persoon Euro/jaar	Kosten biologisch per persoon Euro/jaar
Zuivel	270	0,37	0,55	99,9	148,5
Tarwe	70	0,19	0,42	13,3	29,4
Suiker	33	0,39	0,57	12,9	18,8
Aardappelen	77	0,16	0,35	12,3	27,0
Groente/peen	94	0,16	0,24	15,0	22,6
				153,4	246,2

<sup>1)</sup> hoeveelheden ontleend aan Land- en tuinbouwcijfers 2012 [36] (laatst bekende cijfers)

<sup>2)</sup> prijzen af boerderij ontleend aan KWIN 2015 [35]

#### 4.4.3 Productie voor lokale of internationale markt

De invloed van de consument op het landbouwbedrijf gaat verder dan de keuze biologisch/gangbaar: het gemiddelde voedingspatroon bepaalt ook welke gewassen er geteeld kunnen/moeten worden. Voor een bedrijf op een goede grond als die van Warmonderhof zou voor een consumptiepatroon van tabel 14 op 32% van het land grasklaver geteeld moeten worden, op 33% graan, op 11% peulvruchten, op 17% oliegewassen en op (slechts) 7% aardappelen, suikerbieten en groenten [37]. Hierbij is er vanuit gegaan dat retourstromen vanuit de maatschappij (bijvoorbeeld bietenpulp, maalverliezen, uitgesorteerde aardappelen) benut worden. In de huidige situatie is dit niet

\* 2,1 persoon per huishouden; modaal gezinsinkomen 37.000€ (CPB/CBS).

mogelijk en bestaat het bouwplan voor 39% uit gras(klaver), voor 24% uit graan (waarvan de helft met erwten voor veevoer) en voor 37% uit groenten, bieten en aardappel.

Tabel 14: Voedingspatroon: aantal mensen gevoed door het gemengd bedrijf

	Consumptie per persoon /jaar (kg) <sup>1)</sup>	Bruto productie (kg)	% van bruto productie t.b.v. humane consumptie	Aantal mensen, dat gevoed kan worden met het product	Relatief t.o.v. zuivelproductie
Zuivel	270	220950	100	818	100%
Tarwe	70	78050	80	892	109%
Suiker	33	96480	58	1705	208%
Olie	30	0		0	0%
Aardappelen	77	266350	90	3113	380%
Groente/ Peen	94	1372500	90	13167	1609%
Rund- en schapenvlees*	22	10080	-	458	56%
Varkensvlees*	41	0	-	0	0
Kippenvlees*	23	0	-	0	0
Eieren	11	0	-	0	0
Bier	78	0	-	0	0

\* slachtgewicht

<sup>1)</sup> hoeveelheden ontleend aan Land- en tuinbouwcijfers 2012 [36] (laatst bekende cijfers)

Het huidige gemengde bedrijf produceert dus veel meer groenten en aardappelen dan gegeten zouden worden door de mensen die de melk consumeren. Tegelijk produceert het veel minder vlees, eieren en olie dan benodigd voor die mensen (zie tabel 14). Deze discrepantie tussen consumptie- en productiepatroon is mogelijk omdat een deel van de productie wordt geëxporteerd (circa 30% van de huidige productie van de Warmonderhof) en omdat een deel van het geconsumeerde voedsel wordt geïmporteerd.

Omschakeling naar een bouwplan dat geheel is afgestemd op een regionale consumptie (bij het huidig consumptiepatroon) zal voor het bedrijf forse gevolgen hebben:

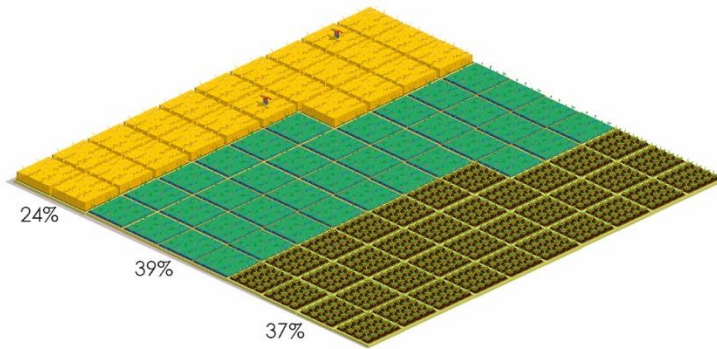
- Het inkomen zal sterk dalen doordat hoog salderende gewassen (m.n. groentes) worden ingeruild voor laag salderend graan, peulvruchten en oliegewassen.
- Het aandeel gewassen die laat in de herfst geoogst worden, zal dalen waardoor er minder risico is op structuurbederf van de bodem en er meer ruimte komt voor groenbemestingsgewassen.
- Het aandeel voedergewassen in het bouwplan stijgt: er wordt nog slechts op 36% van het land voedselgewassen verbouwd, waarvan meer dan 1/3 kan worden toegerekend aan de bijproducten die gebruikt worden als veevoer (zoals bietenpulp, bierbostel en perskoek).
- Het aandeel grasklaver en gras daalt, deels doordat het extensieve, laagproductieve, hooi- en weideland wordt ingeruild voor productieve grasklaver. Het aandeel granen en

peulvruchten stijgt sterk doordat er veel veevoer nodig is voor de productie van eieren, kippen- en vooral varkensvlees (26% van het totaal areaal).

- De hogere veebezetting zal tot een hogere emissie /ha van ammoniak en broeikasgassen leiden dan op de huidige Warmonderhof.

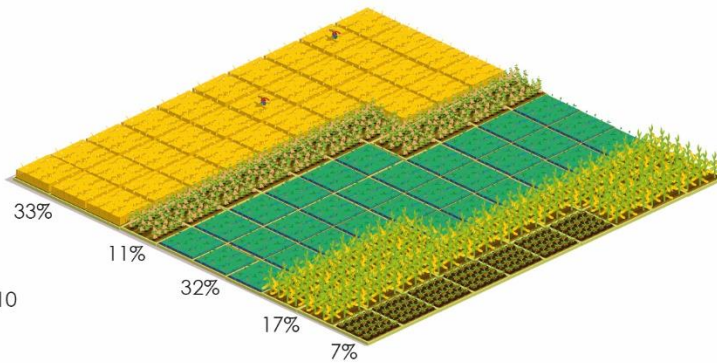
In Nederland is er overigens geen biologisch-dynamisch landbouwbedrijf te vinden met een dergelijk landgebruik. Ook het gemiddelde landgebruik in Nederland wijkt sterk af van bovengenoemde landgebruik voor regionale consumptie, met circa 55% gras, 21% graan waarvan ruim de helft mais, en 20% aardappel, suikerbiet en groente. De meeste plantaardige olie, peulvruchten en granen worden geïmporteerd (voor een groot gedeelte als veevoer) en zuivel, groenten, suiker, aardappelen en eieren worden geëxporteerd. Dit is zo gegroeid, omdat het economisch het meest voordelig was en boeren in deze ontwikkelingen mee moesten om te voorkomen dat ze hun bedrijf zouden moeten opgeven. Het zou een grote verandering van het landschap betekenen wanneer een regio als Nederland bij het huidige consumptiepatroon zelfvoorzienend zou willen zijn voor zowel voedsel als veevoer. Niet alleen qua diversiteit en relatieve omvang van de verschillende gewassen, maar ook qua totale omvang (zie figuur 5): ook wanneer alle grond zo productief zou zijn als die van Warmonderhof, zou ruim 2 miljoen ha nodig zijn om 17 miljoen mensen te voeden = 14% meer dan het huidige areaal cultuurgrond. Dit laat nogmaals [38] zien dat in Nederland een regionale consumptie (van louter biologisch geteelde producten) niet kan zonder een verlaging van het aandeel vlees, eieren en zuivel in het voedingspatroon. Een dergelijke verlaging van het aandeel dierlijk product zal tegelijkertijd de problemen rond de te hoge ammoniak- en broeikasgasemissies, het tekort aan landbouwgrond beperken en de humane gezondheid verbeteren: indien de aanbevelingen van het Voedingscentrum (max. 500gr vlees per persoon per week, in plaats van 700 gr vlees in de huidige situatie) worden opgevolgd, daalt de benodigde hoeveelheid landbouwgrond voor een regionale consumptie tot minder dan 1,7 miljoen ha; ruim minder dan het huidige areaal cultuurgrond.

### Huidig Warmonderhof



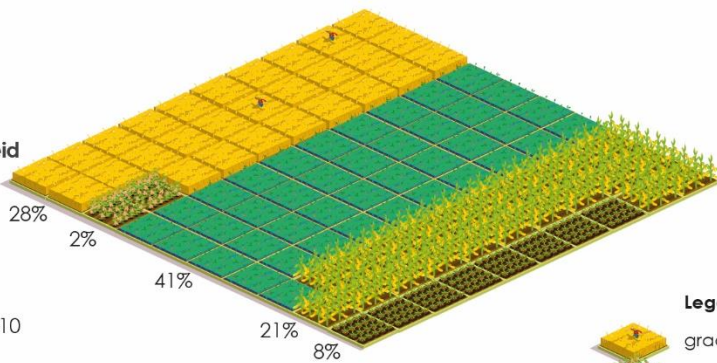
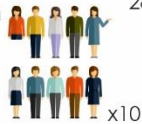
### Regionale productie huidige voedingspatroon

Warmonderhof kan **782** mensen voeden



### Regionale productie aanbevolen vleeshoeveelheid

Warmonderhof kan **963** mensen voeden



#### Legenda:

-  graan
-  peulvruchten
-  gras(klaver)
-  oliengewassen
-  aardappel / groente / suiker

Figuur 5: Warmonderhof huidige bouwplan, een bouwplan passend bij huidige consumptie en een bouwplan bij verminderde vleesconsumptie (ontwerp: Fingerprint)

## 5 Conclusie

Deze evaluatie van Warmonderhof laat zien dat een zelfvoorzienend kringloopbedrijf ook in de huidige economische context levensvatbaar is, waarbij de meerkosten voor de consument relatief beperkt blijven. Cruciaal hierbij zijn de hoge gewasopbrengsten die op Warmonderhof reeds gedurende vele jaren gerealiseerd zijn en hoogstwaarschijnlijk ook in de toekomst gerealiseerd kunnen blijven worden, gebaseerd op een ruime vruchtwisseling en voldoende beschikbaarheid van P en K, en N-binding. De emissies van ammoniak, nitraat en bestrijdingsmiddelen zijn laag tot nihil. De broeikasgasemissies zijn echter hoger. De huidige resultaten zijn samengevat in tabel 15 met vergelijkende kengetallen van biologische en gangbare melkvee- en akkerbouwbedrijven.



*Afbeelding 4: Warmonderhof, zicht op een evenwicht tussen veehouderij en gewassen, sterk leunend groenten en aardappelen*

De huidige productie van m.n. aardappelen en groenten is relatief veel hoger dan de huidige consumptie door lokale consumenten. De huidige Warmonderhof past daarmee in een (biologisch) Nederland dat meer op lokale kringlopen is gebaseerd en meer, maar niet uitsluitend, voor de lokale markt produceert: groenten, aardappelen en zuivel\* worden geëxporteerd en eieren, vlees en olie grotendeels geïmporteerd. Hierdoor kunnen zich

---

\* Ook van weidegronden ongeschikt voor akkerbouw.

elders biologische bedrijven ontwikkelen, die zelfvoorzienend zijn wat betreft mest, strooisel en voer op basis van graan, peulvruchten, oliegewassen, pluimvee en varkens. Beperking van de consumptie van dierlijke producten is echter noodzakelijk om het tekort aan landbouwgrond te verminderen, waarmee tegelijkertijd de ammoniak- en broeikasgasemissies (verder) worden beperkt, naast mogelijke technische opties zoals besproken in dit rapport.

Daarmee kan dit bedrijf, naast bijvoorbeeld het geïntegreerde bedrijf APM [2], een baken zijn bij de transitie van de huidige gespecialiseerde en op export georiënteerde landbouw in Nederland naar een meer op lokale kringlopen gebaseerde landbouw, die, met een lagere belasting van het milieu, meer produceert voor de lokale markt. Echter, het is ook een illustratie dat een duurzame kringlooplandbouw uiteindelijk niet zonder een duurzame consument kan; niet alleen via de keuze voor (duurdere) voedingsmiddelen die duurzaam geproduceerd zijn maar ook via de aanpassing van het consumptiepatroon, dat uiteindelijk bepalend is voor het grondgebruik.

Tabel 15: Overzicht van enkele kengetallen Warmonderhof in vergelijking met gemiddelde biologische en gangbare melkvee- en akkerbouwbedrijven <sup>1)</sup>.

	Warmonder hof	Biologische melkvee bedrijven	Gangbare melkvee bedrijven	Biologische akkerbouw bedrijven	Gangbare akkerbouw bedrijven
Aantal onbetaalde VAK	2,75	1,4	1,6	1,6	1,1
Oppervlak cultuurgrond	94,2	74	55,9	45,4	60,6
Aantal koeien	50	84,9	102,5		
Aantal GVE per 100 melkkoeien	140	128,9	127,5		
Melkproductie (kg / ha voer <sup>2)</sup> )	5930	7640	16550		
Melkproductie (kg / koe)	4419	6580	8810		
Krachtvoergebruik (kg / koe)	1000	1610	2510		
Opbrengst grove peen (kg / ha)	70000			60000	85000
Opbrengst tarwe (kg / ha)	7000			7500	9500
Opbrengst consumptieaardappel (kg / ha)	35000			32500	52200
Stikstofbedrijfsoverschot (kg/ha) <sup>3)</sup>	45	46	147	66	102
Fosfaatbedrijfsoverschot (kg/ha)	-30	-1	0	46	13
Totaal opbrengsten	742.739	346.800	452.900	379.200	302.100
w.v. subsidies en toeslagen	26.376	38.200	26.300	16.800	28.200
Tot. betaalde kosten en afschrijving	562.907	280.000	354.200	302.200	263.700
w.v. afschrijving	132.800	45.500	51.700	46.400	52.300
Winst (incl. arbeidsinkomen; in € per VAK)	59.944	47.300	63.000	50.900	40.800

<sup>1)</sup> Referentiewaardes zijn 2017 data (laatst beschikbare definitieve waardes uit Bedrijven-informatienet LEI-WUR op [www.agrimatie.nl](http://www.agrimatie.nl)), m.u.v. opbrengsten akkerbouw (normatieve waardes voor klei IJsselmeerpolders; KWIN-AGV-2018) en overschotten biologische akkerbouw (herberekend uit Bionext, 2019, Verbetering Sluiting Kringlopen).

<sup>2)</sup> voeder van eigen bedrijf

<sup>3)</sup> exclusief stikstofdepositie, aanvoer uit de bodem en stikstofbinding; bij Warmonderhof inclusief deze laatste twee posten.

## Nadere toelichting

- 1 G.J.M. Oomen E.A. Lantinga, E.A. Goewie en K.W. Van der Hoek, 1998. Mixed farming systems as a way towards a more efficient use of nitrogen in European Union agriculture, *Environmental Pollution*, Volume 102, Issue 1, Supplement 1, Pages 697-704  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749198801012?via%3Dihub>

[↪ naar rapporttekst](#)

- 2 *Het geïntegreerde bedrijf van de A.P. Minderhoudhoeve*  
E. Lantinga, E. Boele en R. Rabbinge, 2013. Maximizing the nitrogen efficiency of a prototype mixed crop-livestock farm in The Netherlands. *NJAS*.volume 66.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521413000201>

[↪ naar rapporttekst](#)

- 3 *Over het effect van bestrijdingsmiddelen*  
Zie: J. Buijs en M. Samwel-Mantingh, 2019. Een onderzoek naar mogelijke relaties tussen de afname van weidevogels en de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen op veehouderijbedrijven in Gelderland.  
[http://nvlv.nl/downloads/Weidevogels\\_Buijs\\_Mantingh.pdf](http://nvlv.nl/downloads/Weidevogels_Buijs_Mantingh.pdf)

[↪ naar rapporttekst](#)

- 4 *GVE*  
Omwille van de consistentie wordt gerekend met Nederlandse Grootvee Eenheden (NGE) zoals die gedefinieerd staan in het rapport "Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee I Stal" van J. Mosquera, J.M.G. Hol en J.W.H. Huis in 't Veld , Januari 2005 Agrotechnology & Food Innovations B.V. Het onderzoek is verricht in de potstal van Warmonderhof.

	<i>factor</i> <i>NGE</i>
Melkkoeien	1
Pinken >1 <2 jaar	0,644
Kalveren <1 jaar	0,320
Stieren >1 <2 jaar	0,644

[↪ naar rapporttekst](#)

- 5 *Toelichting manier van rekenen*  
Het bedrijf als geheel wordt doorgerekend met het programma FarmDesign (<https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343238313334> ). Dit programma is ontwikkeld om de consequenties van een bedrijfsopzet uit te rekenen in termen van voederbalans, nutriëntenstromen, organische stofbalans, economisch resultaat, arbeidsbehoefte. Is een bedrijf eenmaal beschreven, dan kan handmatig of automatisch gezocht worden naar configuraties, die tenminste voldoen aan gedefinieerde randvoorwaarden en verder voor een aantal doelen tot betere resultaten leiden (Pareto optimum). Daarna kan subjectief gekozen worden voor

een van de oplossingen. In dit kader is het programma alleen gebruikt om de huidige situatie te beschrijven. Daarbij is behalve van de bedrijfsgegevens ook gebruik gemaakt van vele standaardwaarden. Voor de opbrengsten is gerekend met de gemiddelde waarden van de laatste jaren. De resultaten geven dus een orde van grootte aan.

De stikstof- en organische-stof-dynamiek binnen een vruchtwisseling wordt gereconstrueerd met behulp van het programma NDICEA (<https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-333438383436>). Als weersgegevens werden de gemiddelden van de laatste 30 jaar gebruikt. De samenstelling van de mest werd m.b.v. FarmDesign berekend en de bodemparameters werden geschat op basis van de textuur en ontwatering.

[▷ naar rapporttekst '1.1 Leeswijzer'](#) [▷ naar rapporttekst '3.2 Aanvoer van stikstof \[...\]'](#)

## 6 *Fysische eigenschappen bodem*

De grond heeft een groot vochthoudend vermogen en er is daarom sowieso veel water nodig om al het water met daarin nitraat uit het doorwortelbare profiel te verdringen. Verder stroomt het water vooral door de iets grotere poriën en komt het water in de fijne poriën nauwelijks in beweging. Er treedt na een regenperiode wel diffusie van nitraat op van de fijnere naar de grovere poriën, zodat toch steeds weer een deel van het nitraat in de grovere poriën terecht komt, zij het vertraagd. Verder stroomt bij zware buien een deel van het water door de scheuren direct naar de ondergrond zonder veel van het nitraat mee te nemen, die met name gevormd wordt door de mineralisatie van organische stof rond de kleinere poriën in de bovengrond.

[▷ naar rapporttekst](#)

## 7 *Tarweopbrengst*

G.J.M. Oomen en W. Rossing, 2016, Negen ton tarwe, hoe doe je dat? Ekoland 2/2016.

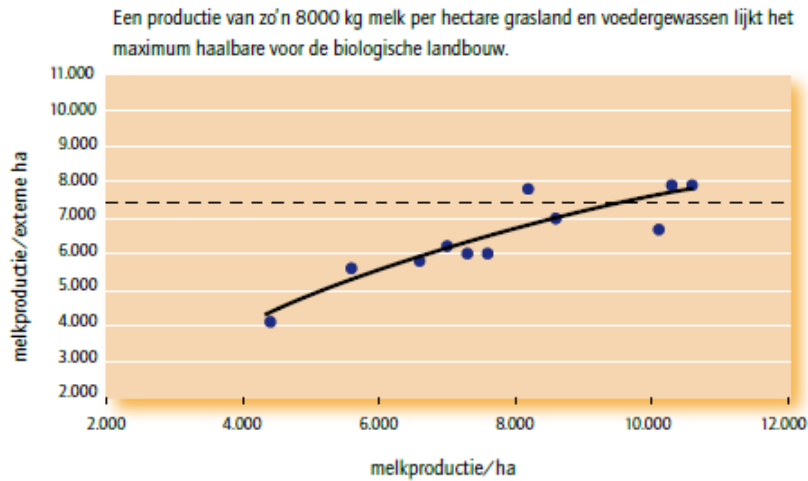
K. Steendijk zaait met een precisiezaaimachine ca 1.100.000 zaden wintertarwe /ha met een 1000 korrelgewicht tussen de 53 en 60 g in een vruchtbare en diep doorwortelbare kleigrond. In het vroege voorjaar wordt bijbemest met tenminste 40 kg beschikbare N. De planten stoelen sterk uit en vormen ca 475 aren/ m<sup>2</sup>. Het gewas blijft door de meer open stand en beperkte bemesting lang gezond en wanneer het onkruid afdoende bestreden wordt, is de opbrengst ca 9000 kg tarwe/ha. Zonder bijbemesting in het voorjaar kwam de opbrengst uit op 7500 kg/ha. Een precisiezaaimachine werkt alleen goed in een fijner zaaibed en dat maakt dat de grond gevoeliger wordt voor verslemping.

[▷ naar rapporttekst](#)

## 8 *Melkopbrengst per ha*

Uit: Frank Verhoeven, Marleen Plomp en Jan de Wit, 2007. Melkkoeien 100% biologisch voeren, Louis Bolk Instituut. <http://www.louisbolk.org/downloads/1896.pdf>





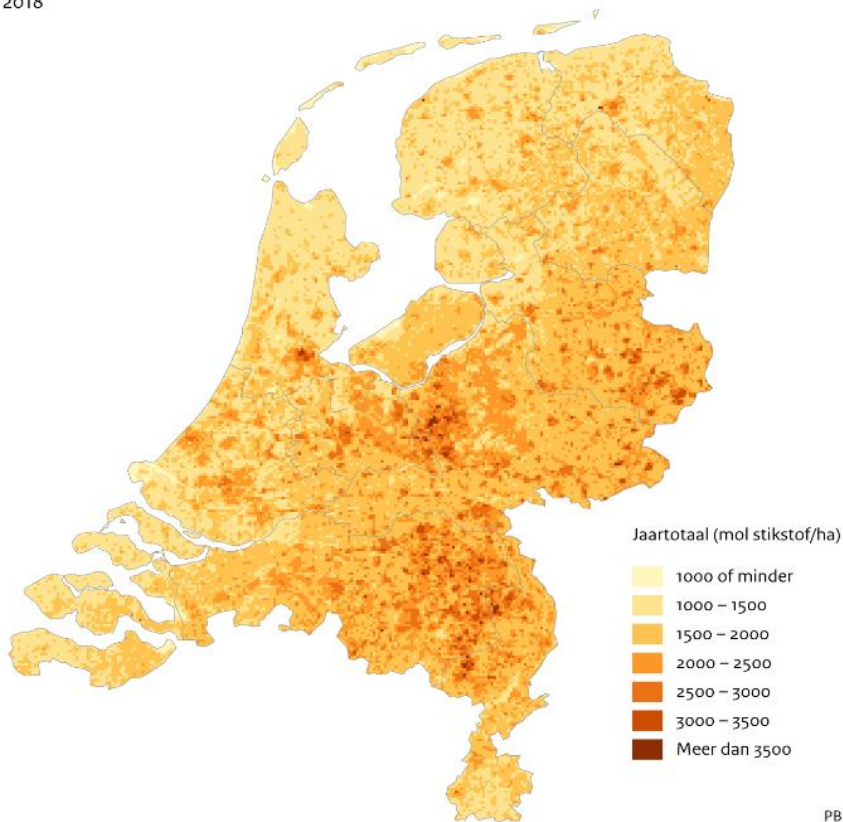
Figuur 4: Relatie tussen de intensiteit in kg melk per hectare en de intensiteit in kg melk per externe hectare voor de bedrijven uit het netwerk

[naar rapporttekst](#)

- 9 Stikstofdepositie in Flevoland ligt tussen de 1500 en 2000 mol N/ha, ofwel rond 25 kg N/ha

### Stikstofdepositie

2018



Bron: RIVM, 2019

PBL/nov19  
www.clo.nl/nl018918

[naar rapporttekst](#)

## 10 Organische N in ondergrond

Hoeveelheid organische stof en organische stikstof in de ondergrond van APM in 1996

	Volume		Kg/ha			
	m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	C	N	C/N	N totaal
0-30 cm	3000	1150				
30-60 cm	3000	1079	0.0192	0.00126	15	4079
60-90 cm	3000	960	0.0234	0.00121	19	3485
						7563 totaal

[▷ naar rapporttekst](#)

## 11 De Almereafzetting

De Almereafzetting is een mengsel van twee soorten materiaal, die afgezet zijn in dunne laagjes: veen met een hoge C/N-verhouding en daarnaast organisch materiaal dat samen met klei is afgezet. Deze laatste organische stof is afkomstig van uitwerpselen van organismen die plankton en klei uit het zeewater filterden en gemengd uitscheidde in hun uitwerpselen. De C/N-verhouding van deze organische stof is lager. Waarschijnlijk traden en treden er naast elkaar verschillende processen op: immobilisatie bij vertering van de veenresten, mineralisatie bij de vertering van de organische stof afkomstig van de filteraars, nitrificatie waar wat meer zuurstof aanwezig is en denitrificatie waar de zuurstof afwezig is (na toename van vochtgehalte of na diffusie van nitraat naar een anaerobe plek). Vermoedelijk hingen de grote schommelingen in de proef samen met wisselingen in het vochtgehalte en de daaruit voorkomende wisselende mineralisatie, denitrificatie en immobilisatie.

[▷ naar rapporttekst](#)

## 12 Verslag Pieter de Wolf

Pieter L.de Wolf, 2000, Nitrogen flows on the ir. A.P. Minderhoudhoeve, Thesis F800-704, Group of Biological Farmings Systems, WUR.

[▷ naar rapporttekst](#)

## 13 J.J. Schröder, L.B. Sebek, J. Oenema, J.G. Conijn, Th. Vellinga & J.de Boer, 2018.

Rekenregels van de Kringloopwijzer, Wageningen Research, Rapport WPR-883.

[▷ naar rapporttekst](#)

## 14 J. Mosquera, J.M.G. Hol en J.W.H. Huis in 't Veld, 2005. Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee I Stal, Rapport 324, Agrotechnology & Food Innovations B.V. WUR.

[▷ naar rapporttekst '3.2 Aanvoer van stikstof \[...\]](#) [▷ naar '5.3 Methaanemissie'](#) [▷ naar '5.4 Lachgasemissie'](#)

## 15 J. Mosquera, P. Hofschreuder en J.M.G. Hol, 2005, Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee II, mestopslag buiten de stal, 2006, Rapport 325, Agrotechnology & Food Innovations B.V. WUR

[▷ naar rapporttekst '3.2 Aanvoer van stikstof \[...\]](#) [▷ naar rapporttekst '5.4 Lachgasemissie'](#)

16 Verlies van organische stof tijdens bewaring mest

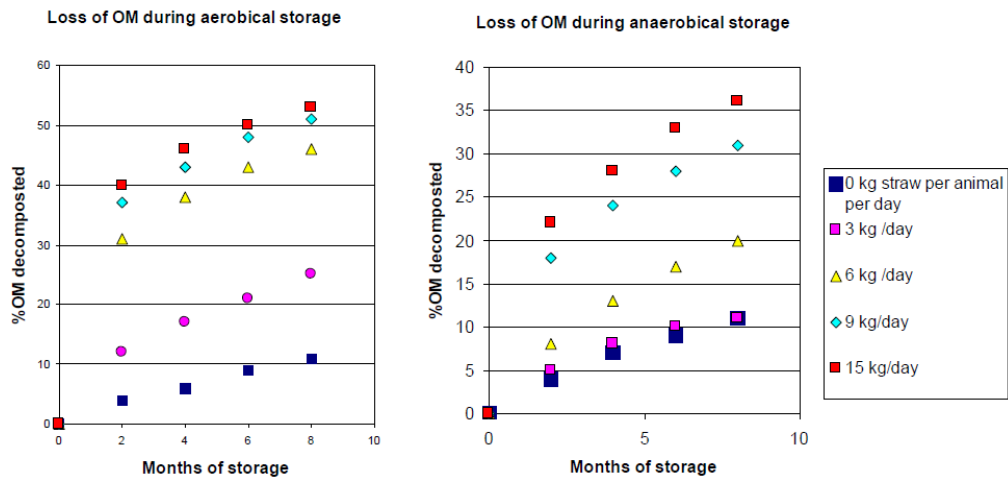
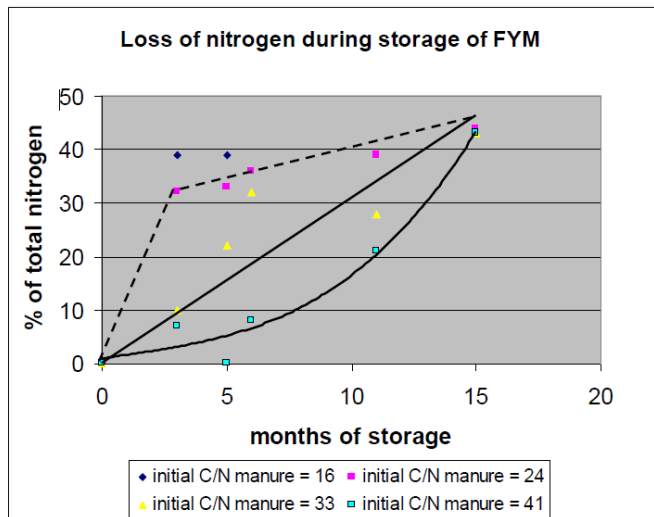


Figure. The proportion of organic matter lost during storage by aerobic (a) or anaerobic (b) degradation in dependence of the amount of straw added.

Bovenstaande figuur is ontleend aan de Manual van FarmDesign; gebaseerd op de bevindingen van Kolenbrander, G.J. & L.C.N. de la Lande Cremer, 1967, Stalmest en gier, Wageningen.

[↪ naar rapporttekst](#)

17 Verliezen van stikstof gedurende de bewaring van mest



Bovenstaande figuur is ontleend aan de Manual van FarmDesign; gebaseerd op de bevindingen van Kirchmann, H., 1985. Losses, plant uptake and utilization of manure nitrogen during a production cycle. Acta Agric Scand. Suppl 24, 9-17, 28-39 en 66-71.

[↪ naar rapporttekst](#)

18 McKenna Patrick, Nicola Cannon, John Conway, John Dooley, 2018. The use of red clover (*Trifolium pratense*) in soil fertility-building: A Review, Field Crops Research Volume

221, 15 May 2018, Pages 38-49.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429018302430?via%3Dihub>

[▷ naar rapporttekst](#)

- 19 H.F.M. ten Berge, D. Pikula, P.W. Goedhart & J. J. Schröder, 2016. Apparent nitrogen fertilizer replacement value of grass–clover leys and of farmyard manure in an arable rotation. Part I: grass–clover leys, *Soil Use and Management* 32 (Suppl. 1), 9–19  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/sum.12246>

[▷ naar rapporttekst](#)

- 20 Elgersma, A., Hassink, J., 1997 Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant and Soil* **197**, 177–186. <https://doi.org/10.1023/A:1004237527970>

[▷ naar rapporttekst](#)

- 21 Sarah S. Roley, David S. Duncan, Di Liang, Aaron Garoutte, Randall D. Jackson, James M. Tiedje, G. Philip Robertson, 2018. Associative nitrogen fixation (ANF) in switchgrass (*Panicum virgatum*) across a nitrogen input gradient. *PLoS ONE* 13(6): e0197320.  
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0197320>

[▷ naar rapporttekst](#)

- 22 Jones, M.L.M., Sowerby, A., Williams, D.L. *et al.* Factors controlling soil development in sand dunes: evidence from a coastal dune soil chronosequence. *Plant Soil* 307, 219–234 (2008). <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9601-9>

[▷ naar rapporttekst](#)

- 23 A. Baars, G. Oomen en M. van Dongen, 1992, Stikstofverliezen uit beweid grasland in "Toetsing en nadere ontwikkeling van milieuvriendelijke bedrijfsvoering en bepaling van milieuemissies van biologische gemengde bedrijven in Nederland op zandgronden", Rapport Vakgroep Alternatieve Landbouw.

In 1992 werd onderzocht hoeveel van de door melkvee opgenomen stikstof uit grasklaver niet meer beschikbaar komt voor de grasklaver. Bij melkvee dat op grasklaver weidt, komt ca 60% van de door de dieren opgenomen N niet beschikbaar voor het gras, doordat het afgevoerd wordt in de melk (25%) of verloren gaat uit de uitgescheiden urine door vervluchtiging (5%) en denitrificatie (15%) en uitspoeling onder urineplekken (15%). Het weidegras in de extensief beheerde weide van Warmonderhof bevat minder eiwit dan grasklaver en er wordt meer N via de faeces en minder N via urine uitgescheiden. In het jongvee wordt sowieso weinig afgevoerd. De verliezen bij beweiding door jongvee op een extensief grasland wordt daarom geschat op hoogstens de helft van die van melkvee op grasklaver: 30% van door het vee opgenomen stikstof.

↳ naar rapporttekst

- 24 Het nitraatgehalte van het water in de veenlaag is nagenoeg 0 volgens F. Hoogland, A. Roelandse, B. de La Loma Gonzalez, A de Vos, 2019. Bacteriën bepalen de snelheid van veenafbraak. H2O-Online, 2 juli 2019. <https://edepot.wur.nl/501887>

↳ naar rapporttekst

25 *Efficiëntie van N gebruik op bedrijfsniveau*

EU Nitrogen Expert Panel, 2015. Nitrogen Use Efficiency (NUE) - an indicator for the utilization of nitrogen in agriculture and food systems. Wageningen University, Alterra, Wageningen, Netherlands  
<http://www.eunep.com/wp-content/uploads/2017/03/Report-NUE-Indicator-Nitrogen-Expert-Panel-18-12-2015.pdf>

↳ naar rapporttekst

- 26 Bert. H. Janssen, 2019. Crop yields and NPK use efficiency of a long-term experiment on a former sea bottom in the Netherlands, Plant Production Systems, Wageningen. DOI: 10.18174/409554.

Op de nabijgelegen APM is van 1975 tot 2002 in een bemestingsproef een deel niet met P en K en wel met N bemest. De opbrengsten van aardappelen en suikerbieten stegen daar gedurende die 27 jaar licht en dat werd toegeschreven aan het gebruik van genetisch verbeterde rassen. De opbrengst van zomergerst bleef nagenoeg gelijk. De cijfers zijn ontleend aan tabel 3.6 en tabel 3.9

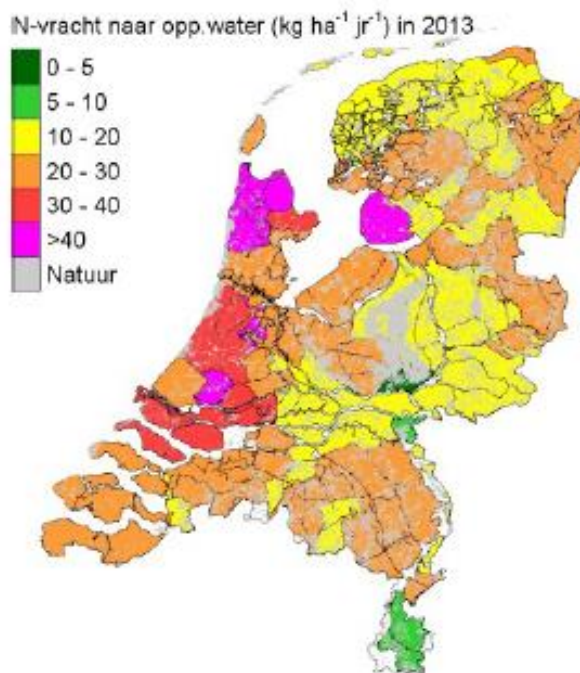
↳ naar rapporttekst

27 *Voederbalans berekend met FarmDesign*

	<b>Energie</b>	<b>Eiwit</b>
Weideperiode		
Dier capaciteit/behoefte	141841	9245
Beschikbaar voer	146249	12477
Afwijking beschikbaar /behoefte	3.1%	35%
Stalperiode		
Dier capaciteit/behoefte	169851	11667
Beschikbaar voer	166747	11950
Afwijking beschikbaar /behoefte	-1.8%	2.4%

↳ naar rapporttekst

28 N-vracht volgens <https://edepot.wur.nl/343644>



[▷ naar rapporttekst](#)

29 Pijlman, J., G. Monteny, J. de Wit. 2018. Strooiselstalsystemen: ammoniak en andere emissies, dierwelzijn en mestkwaliteit. Rapport 2018-027 LbD. Louis Bolk Instituut

[▷ naar rapporttekst 'Methaangasemissie'](#) [▷ naar rapporttekst 'Lachgasemissie'](#)

30 J. Luo, C.A.M. de Klein, S.F. Ledgard, S. Saggari, 2010. Management options to reduce nitrous oxide emissions from intensively grazed pastures: A review. Agriculture, Ecosystems & Environment Volume 136, Issues 3–4.

[▷ naar rapporttekst](#)

31 J.F.F.P. Bos, J. de Haan, W. Sukkel, R.L.M.Schils, 2014. Energy use and greenhouse gas emissions in organic and conventional farming systems in the Netherlands, NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, Volume 68, 7 March 2014, Pages 61-70, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521413000705>

[▷ naar rapporttekst](#)

32 *Kruiden tegen methaanemissie*

Zie: Jeroen Pijlman, Stijn J. Berger, Fay Lexmond, Jaap Bloem, Jan Willem van Groenigen, Eric J. W. Visser, Jan Willem Erisman & Nick van Eekeren (2019): Can the presence of plantain (*Plantago lanceolata* L.) improve nitrogen cycling of dairy grassland systems on peat soils?, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, DOI: 10.1080/00288233.2019.1698620

Zie ook: Wagenaar, J., J. de Wit, A.J.T.M. Hospers-Brands, W.J.M. Cuijpers, N.J.M. van Eekeren. 2017. Van gepeperd naar gekruid grasland: Functionaliteit van kruiden in grasland. Rapport 2017-022 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 44 p.  
<http://www.louisbolk.org/downloads/3258.pdf>

[↪ naar rapporttekst](#)

### 33 Kwatrijnstal

Deru, J.G.C., A. Hensen, D. van Dinther, A. Frumau, P. van den Bulk, H. Antonissen. 2018. Oriënterende ammoniak- en methaanmetingen in de Kwatrijnstal. Rapport 2018-021 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik. 29 p.  
<http://www.louisbolk.org/downloads/3349.pdf>

[↪ naar rapporttekst](#)

### 34 G.M. Shah, 2013. Strategies to reduce losses and improve utilisation of nitrogen from solid cattle manure. PhD-thesis WUR. <https://edepot.wur.nl/252809>.

En: G.A. Shah, 2013. Improving the agro-environmental value of solid cattle manure. PhD-thesis WUR, <https://edepot.wur.nl/273353> ).

Deze zijn is in het Nederlands samengevat in een artikel voor Ekoland december 2013.

[http://www.mulderagro.nl/images/Op\\_weg\\_naar\\_de\\_beste\\_mest\\_Ekoland\\_dec-2013.pdf](http://www.mulderagro.nl/images/Op_weg_naar_de_beste_mest_Ekoland_dec-2013.pdf)

[↪ naar rapporttekst](#)

### 35 KWIN-AGV 2015. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt, WUR.

[↪ naar rapporttekst](#)

### 36 Land- en tuinbouwcijfers 2012, LEI (WUR en Centraal bureau voor statistiek) , ISSN 1386-9566, LEI-rapport 2012-056.

[↪ naar rapporttekst '7.2 Kosten voor levensonderhoud van consument \[...\]'](#)

[↪ naar rapporttekst '7.3 Productie voor lokale of internationale markt'](#)

### 37 Voedingspatroon en landgebruik

Voor het berekenen van het effect van het voedingspatroon op het landgebruik is van de volgende aannames uitgegaan:

- Voedingspatroon en gemiddelde opbrengsten per hectare op de Warmonderhof, zoals gegeven in/af te leiden van tabel 14. Verder wordt uitgegaan van een opbrengst van 4500kg per ha voor peulvruchten en 3500kg voor oliegewassen.
- 5 liter bier per kg graan, waarbij 30% bijproduct als veevoer overblijft (bierbostel).
- Bij de bereiding van olie blijft 57% over als veevoer (perskoek).
- Bij aardappelen wordt 10% uitgeselecteerd, wat te gebruiken valt als veevoer.
- Bij de suikerproductie blijft 42% over, wat te gebruiken is als veevoer (bietenpulp en melasse).
- De groente-afvalfen worden niet gebruikt als veevoer.
- Bij de productie voor meel (voor brood ed.) blijft ruim 20% graanafval over, wat te gebruiken is als veevoer.

- De productie van 1 kg melk kost circa 1,25 kg ds ruwvoer en 0,2kg ds energierijk veevoer (zoals graan, graanafval, uitgeselecteerde aardappelen of bietenpulp). Hierbij is uitgegaan van de prestaties op gemiddelde biologische melkveebedrijven en niet van de huidige, lage, melkproductie op Warmonderhof.
- De productie van 1 kg rundvlees kost circa 7 kg ds ruwvoer. Dit is bij een gemiddelde voederbehoefte van 6000VEVI per kg groei en 900VEVI per kg ruwvoer. Aangezien de rundvleesproductie een bij-product is van de melkproductie wordt de voederbehoefte van de ouderdieren hier niet meegerekend. Bij een gespecialiseerde vleesproductie kan de voederbehoefte ligt de totale voederbehoefte aanzienlijk hoger.
- De productie van 1 kg varkensvlees kost circa 2,6 kg energierijk veevoer en 1,73 kg eiwitrijk veevoer (peulvruchten, olieperskoek, etc.). Dit is bij een voederconversie van 3,3 voor vleesvarkens en 25% van het voer dat voor de ouderdieren wordt gebruikt.
- De productie van 1 kg kippenvlees kost circa 1,64 kg energierijk veevoer en 1,09 kg eiwitrijk veevoer.
- De productie van 1 kg ei kost circa 1,35 kg energierijk veevoer en 0,9 kg eiwitrijk veevoer.

Indien de vleesconsumptie als puur vlees wordt weergegeven is een vermenigvuldiging met het uitslachtpercentage noodzakelijk (in Nederland circa 48-58%). Aangezien hier data in karkasgewicht zijn gebruikt is dit niet nodig.

Voederconversies voor vlees zijn inclusief uitval (5%) en o.a. afgeleid van informatie in KWIN-veehouderij (2018). Deze zijn in de biologische landbouw aanzienlijk hoger dan gangbaar vanwege minder optimale voederrantsoenen, o.a. omdat geen synthetische aminozuren mogen worden gebruikt. Mogelijk zijn deze voederconversies nog te laag ingeschat voor een regionale productie /consumptie omdat ook in de huidige biologische landbouw voederrantsoenen zoveel mogelijk worden geoptimaliseerd met behulp van geïmporteerd veevoer. De voederbehoefte van ouderdieren is bij gespecialiseerde vleesproductie van substantiële invloed. Zie ook Elferink, E., 2009. Meat, milk and eggs; animal food environment relations. PhD-thesis Groningen.

[▷ naar rapporttekst](#)

38 Zie bijvoorbeeld:

- Milieubalans 2009. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Nauta, R. et al, 1979. Landbouwkundige productie in Nederland bij natuurlijke stikstofvoorziening. Wageningen, Mededelingen Landbouwhogeschool 79-81.
- Meino Smit, 2018. De duurzaamheid van de Nederlandse landbouw 1950-2015-2040, PhD thesis Wageningen University, Wageningen.

[▷ naar rapporttekst](#)

39 Vellinga, T. V., en M. de Vries, 2018. Effectiveness of climate change mitigation options considering the amount of meat produced in dairy systems. *Agricultural Systems*, 162, 136-144.

[▷ naar rapporttekst](#)