

Welzijn, milieu en economie van vleeskuikens

Een overzicht van de inzichten uit het project Greenwell

Bram Bos¹, Heleen van Kernebeek¹, Pim Mostert¹, Jan van Harn¹,
Peter van Horne², Ingrid de Jong¹

¹Wageningen Livestock Research, ²Wageningen Economic Research



De achtergrond

Kip is wereldwijd de meest gegeten soort vlees. Al decennia lang wordt de vleeskuikenproductie gekenmerkt door een steeds hogere voerefficiëntie door genetische verbetering, nauwkeuriger op het dier afgestemde voersamenstellingen, betere huisvestingsomstandigheden en professionelere vleeskuikenhouders. Dat heeft er toe geleid dat een modern vleeskuiken voor elke kilo groei nog maar anderhalve kilo voer nodig heeft, en in een steeds kortere tijd slachtrijp is geworden.

Deze ontwikkeling (snelle groei en hoge voerefficiëntie) had echter ook belangrijke keerzijdes. In Nederland, maar ook elders in Europa, groeide de kritiek op met name de steeds hogere groeisnelheid van vleeskuikens, die op verschillende manieren ten koste ging van hun welzijn en gezondheid, en die van hun ouders (vleeskuikenouderdieren). De economisch gedreven focus op de omvang van de borstfilet leidde tot kuikens die –zeker in de laatste weken van hun leven– steeds moeilijker konden bewegen. De snelle groei maakte de kuikens ook kwetsbaarder voor ziekten, waardoor vaker antibioticum moet worden toegediend, en waren gevoeliger voor hart- en circulatiestoornissen en pootproblemen. De wettelijk toegestane bezettingsgraden beperken de kuikens verder in hun bewegingsvrijheid en de mate waarin ze hun natuurlijke gedrag kunnen uitvoeren, en vergroten het risico op voetzollaesies en hakdermatitis.

In Nederland leidde die kritiek vanaf het begin van dit millennium tot de gedachte om met trager groeiende kuikens te gaan werken. Eén van de eerste concepten die dat idee naar de markt bracht was Volwaard. Een kuiken dat genetisch minder aanleg had om snel te groeien werd gehouden in een fors lagere bezetting en met een overdekte uitloop. De hogere kosten die dat opleverde werden gedekt door een hogere verkoopprijs in het schap. Het concept stond aan de basis van de criteria voor het scharrelkuiken met keurmerk Beter Leven 1 ster (BL1*) van de Dierenbescherming.

Sinds die tijd is het houden van trager groeiende kuikens een groeiende trend geworden in Nederland, niet in de laatste plaats door de continue publieke druk vanuit ngo's als Wakker Dier. De grote supermarktketens introduceerden vanaf 2013 zogenoemde tussensegmenten tussen gangbaar en het scharrelkuiken met BL1*, met een groei en bezetting die tussen die twee in lag, en besloten tegelijkertijd vanaf begin 2016 geen gangbaar kuikenvlees meer te verkopen. In 2021 besloten de Nederlandse supermarkten bovendien om in de loop van 2023 volledig over te schakelen naar verse kip met het één ster Beter Leven Keurmerk (BL1*) van de Dierenbescherming.

De trend naar trager groeiende kuikens is overigens niet beperkt gebleven tot Nederland. Ook in andere delen van West-Europa is er een groeiende markt voor kippenvlees dat is geproduceerd met hogere welzijnsstandaarden. Denk hierbij aan het European Chicken Commitment (ECC), dat ook wel bekend is onder de naam Better Chicken Commitment (BCC).

Greenwell: verbinden

De focus op beter welzijn voor vleeskuikens in voornoemde trend roept echter wel prangende vragen op over de consequenties op andere gebieden van duurzaamheid, en dan met name de ecologische footprint. Het reguliere vleeskuiken heeft een relatief lage ecologische voetafdruk (CO₂-eq, landgebruik, biodiversiteit, mineralen, water), omdat decennialang genetische selectie met name gericht is geweest op een verbetering van de groei en voerefficiëntie van het kuiken. Bij de 'supermarktconcepten' en het Beter Leven Keurmerk 1 ster kuiken gaat een hoger niveau van dierenwelzijn en diergezondheid, vrijwel zonder uitzondering, gepaard met een hogere ecologische

voetafdruk (Ellen et al., 2012; Leinonen et al., 2012). Dat is ook begrijpelijk, want de verschillende concepten zijn ontwikkeld met het oog op dierenwelzijn en diergezondheid, zonder acht te slaan op de ecologische consequenties. Zo zal een langer levend dier onvermijdelijk ook meer voer nodig hebben. De ingrediënten voor dit voer moeten verbouwd, vervoerd en verwerkt worden, en daarvoor zijn schaarse grondstoffen nodig die we ook voor iets anders zouden kunnen gebruiken. Denk met name aan land, meststoffen en energie. Ruilen we met tragere groeiers milieu dus uit voor welzijn, en is deze uitruil onvermijdelijk? En is omgekeerd de hoge efficiëntie waarmee snellere groeiers voer omzetten per definitie gekoppeld aan minder welzijn? Hoe hard is deze tegenstelling eigenlijk?

In het project *Greenwell* zijn we in de periode 2017 t/m 2022 met deze vragen aan de slag gegaan, samen met een groep vooraanstaande bedrijven in de pluimveesector, en met financiële steun van de TopSector Agri & Food. Greenwell is een samentrekking van 'Greening animal welfare in the broiler chain'. Een belangrijke motivatie voor het project was de toenemende vraag in de internationale markt voor de retail- en voedingsmiddelenindustrie naar aantoonbaar betere prestaties op meerdere aspecten van duurzaamheid, waaronder klimaatimpact, antibioticagebruik, diergezondheid en dierenwelzijn.

Binnen Greenwell hebben we in grote lijnen vier dingen gedaan.

We hebben allereerst modellen ontwikkeld om de prestaties op het gebied van dierenwelzijn, milieu en economie in verschillende vleeskuiken concepten te kunnen bepalen. Met die modellen op zichzelf hebben we al bijgedragen aan internationaal geaccepteerde standaarden voor het routinematig vaststellen van de milieu- en welzijnsprestaties in vleeskuikenketens. Die modellen hebben we vervolgens ook toegepast op basis van data van de betrokken bedrijven – met name de gegevens van duizenden koppels op individuele bedrijven en aan de slachtlijn. We hadden voldoende gegevens voor drie aparte productievormen: de reguliere productie met een snelgroeiend kuiken (hierna ook wel aangeduid met het *reguliere* kuiken), een variant van de Kip van Morgen (KvM) en het scharrelkuiken met een ster op het Beter Leven keurmerk (BL1*). Oorspronkelijk wilden we ook het biologisch gehouden kuiken in de vergelijking betrekken, maar daarvoor waren er te weinig Nederlandse koppels, geen routinematig geregistreerde welzijnsdata én te weinig oorsprongsgegevens van voedergrondstoffen om een goede vergelijking te maken. Deze benadering was

uniek, omdat de modellen de hele keten van ouderdieren tot de slacht betrekken voor zowel dierenwelzijn als milieu, en omdat er een heleboel concrete gegevens van veel verschillende koppels zijn gebruikt. Ten tweede hebben we gekeken of we vleeskuikens kunnen voeren met laagwaardiger reststromen met een lagere ecologische footprint, en of tragere groeiers daar ook beter voor geschikt zijn dan het reguliere kuiken met een snellere groei. Ten derde hebben we onderzocht wat de invloed is van ras, groeisnelheid en bezettingsgraad op welzijn en gezondheid in verschillende combinaties. En tot slot hebben we die bevindingen gecombineerd in een eenvoudig model om de voor- en nadelen van verschillende mogelijke concepten te bespreken met (bijvoorbeeld) inkopers van supermarkten.

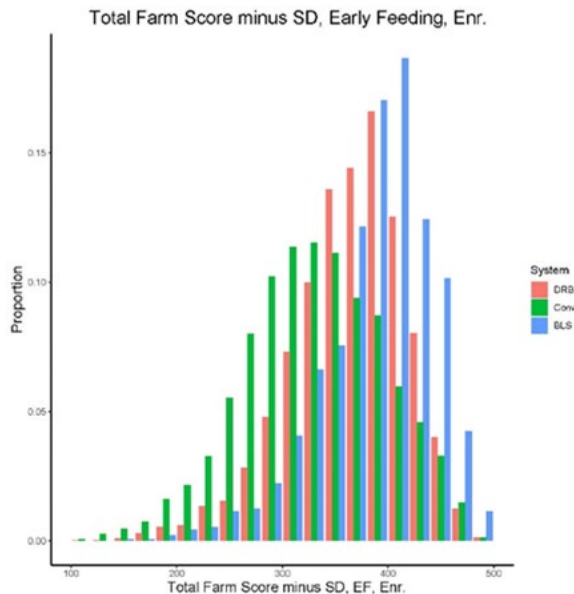
De resultaten daarvan zijn allemaal beschreven in aparte rapporten, papers en interne notities. In dit overzichtspaper pakken we er aantal hoofdpunten uit, die we geleerd hebben.

De prestaties op welzijn, economie en milieu

Welzijn: De verschillende vleeskuikenconcepten presteren gemiddeld genomen zoals verwacht: de reguliere vleeskuikens hebben een lager niveau van welzijn, dan de kuikens in KvM of BL1*, en BL1* scoort weer beter dan het tussensegment KvM (de Jong et al., 2022). Maar omdat we van heel veel verschillende bedrijven en koppels data hebben gebruikt ontdekten we ook dat er een enorme spreiding zit binnen elk concept. En dan vooral als alleen de dierkenmerken (welzijnsindicatoren gemeten aan het dier zelf) meegenomen werden in de totale welzijnsscore. Een spreiding die er voor zorgt, dat zowel de top van het reguliere als het KvM segment beter presteert dan het gemiddelde van BL1* (*Figuur 1*). Ook konden binnen regulier en KvM bedrijven worden geïdentificeerd die consequent beter of slechter presteerden dan gemiddeld. Met andere woorden: het specifieke bedrijf en de specifieke veehouder hebben grote invloed op het daadwerkelijke resultaat. Vakmanschap doet er toe.

Een interessante bevinding was dat binnen BL1* de variatie in welzijnsscore kleiner was dan binnen de andere systemen, en dat binnen BL1* ook bijna geen consequent goede of slechte bedrijven aangewezen konden worden – de bedrijven vertoonden een relatief kleine variatie in welzijnsscore rondom de mediaan. Dit zou kunnen suggereren dat kuikens in BL1* beter kunnen omgaan met variatie in management, dus dat er sprake is van een robuuster systeem. Een kanttekening daarbij is dat er minder BL1* koppels in de dataset waren dan koppels van de andere systemen en dat we daarom voorzichtig moeten zijn met deze conclusie (hoewel het aantal koppels ook binnen BL1*

groot was, d.w.z. 1889 koppels, versus 5683 voor regulier en 5936 voor KvM).



Figuur 1: Verdeling van de totale welzijnsscore per vleeskuikenconcept, berekend op basis van de som van de score van vijf individuele diergebonden welzijnskenmerken (voetzoollaesies, hakdermatitis, borstirritatie, uitval en krassen/verwondingen). Groen geeft de koppelverdeling voor het reguliere productiesysteem, rood voor Kip van Morgen, en blauw voor Beter Leven 1 ster. Een hogere score betekent een betere score voor dierenwelzijn.

Economie: Economisch gesproken zijn bezettingsgraad, groeisnelheid en voederconversie de belangrijkste factoren voor de opbouw van de kostprijs. Op basis van de situatie in 2017 (technische resultaten en prijzen) is de kostprijs per kg levend gewicht van de Kip van Morgen 20% hoger en van BL1* 44% hoger dan conventioneel (Van Horne, 2020). De belangrijkste kostenposten die stijgen zijn voer (hogere voederconversie), huisvesting (lagere bezetting) en arbeid (lagere bezetting en langere groeiperiode). In het rapport zijn ook de kosten in de keten doorgerekend. De kostprijs voor een kg borstfilet is respectievelijk 38% en 78% hoger voor het concept KvM en BL1*. Hierbij spelen de lagere filetrendementen voor de concepten een grote rol. Voor de situatie in 2017 zijn de opbrengstprijzen voor de vleeskuikenhouders verzameld en is het inkomen berekend. Hieruit bleek dat het er uiteindelijk een vergelijkbaar inkomen voor de vleeskuikenhouders behaald werd bij de drie houderijsystemen, omdat er een duidelijke meerprijs betaald wordt door de consument. De hogere kosten worden gecompenseerd door de hogere opbrengstprijs. Het ontwikkelde rekenmodel is in de latere fase van het Greenwell project nog veelvuldig gebruikt om berekeningen te maken bij actuele prijzen en om andere concept varianten toe te voegen.

Milieu: In een zgn. levenscyclusanalyse (LCA) (Mostert et al., 2022b, Mostert et al., 2022a) werd een groot deel van de vleeskuikenketen betrokken, vanaf de opfok van de ouderdieren tot en met het vleeskuikenbedrijf. De analyse heeft onder andere gekeken naar landgebruik en broeikasgasemissies. Bij landgebruik waren de uitkomsten zoals verwacht omdat het reguliere kuiken minder voer nodig heeft. Het reguliere kuiken had minder land nodig dan het tussensegment en het scharrelkuiken, nl. 3,58 m²/kg LW, tegenover 3,99 voor het tussensegment en 4,32 voor scharrelkuikens. De uitkomst van broeikasgassen (carbon footprint, uitgedrukt in CO₂-eq) die gepaard gaat met de productie van vleeskuikens was verrassend: een kilo scharrelkuiken kan leiden tot een 3% lagere uitstoot van CO₂-eq per kilogram levend gewicht (LW), nl. 3,55 kg, dan het reguliere kuiken (3,65 kg CO₂-eq/kg LW) en het tussensegment (3,98 kg CO₂-eq/kg LW). Verrassend, omdat een scharrelkuiken wel degelijk meer voer nodig heeft dan een regulier kuiken.

De grootste bijdrage aan de totale emissie komt voort uit de teelt en productie van voedergrondstoffen. Verandering van landgebruik die daarmee gepaard kan gaan op zichzelf al meer dan helft. Soja is een belangrijk onderdeel van het voer voor vleeskuikens. De herkomst van die soja heeft grote invloed op de emissies die voortkomen uit verandering van landgebruik. Als soja wordt geteeld op akkers die maximaal 20 jaar geleden zijn onttrokken aan de natuur (bv. het tropische oerwoud in de Amazone) telt deze verandering van landgebruik volgens algemeen geaccepteerde afspraken zwaar mee in de berekening van de CO₂-eq voetafdruk, omdat er heel veel CO₂ vrijkomt als tropisch bos wordt gekapt.

In het voer van scharrelkuikens zit op dit moment echter minder eiwit en dus minder soja dan in het voer van reguliere kuikens of die in het tussensegment. Zowel de tragere groei van het kuiken als de huidige economische optimalisatie in de keten spelen daarbij een rol.

Als die zware invloed van verandering van landgebruik gereduceerd wordt, door bijvoorbeeld de soja uit Noord-Amerika te halen wordt de vergelijking anders. In dat geval hebben reguliere vleeskuikens een 23% lagere CO₂-voetafdruk (1,37 kg CO₂-eq/ kg LW) dan het scharrel kuiken (1,79 kg CO₂-eq/kg LW).

Waar de soja vandaan komt maakt dus veel uit voor de berekende klimaatimpact van een vleeskuiken. Scharrelkippen hebben meer voer nodig, maar kunnen afhankelijk van de oorsprong van soja toch juist klimaatvriendelijker zijn. Tegelijkertijd stelden we vast dat de huidige voer-formules van vleeskuikens in elk concept zijn geoptimaliseerd op economisch rendement. Naarmate andere criteria een grotere rol gaan spelen (zoals de CO₂-voetafdruk) kunnen ook heel goed andere keuzes worden gemaakt. Het grotere aandeel soja in het dieet van de reguliere vleeskuikens is daarmee niet onvermijdelijk. Deze studie wijst dan ook op de kans om zowel met reguliere als met trager groeiende kuikens nog meer dan de helft van de klimaatimpact weg te nemen door alternatieven voor soja te gebruiken, die niet gepaard gaan met landgebruiks-verandering.

Internationaal is er overigens discussie over hoe het klimaateffect van verandering van landgebruik moet worden mee gerekend, ongeacht de daadwerkelijke herkomst. Zolang de wereldwijde vraag naar soja het aanbod van ontbossingsvrij geteelde soja verre overstijgt, is het totale klimaateffect door de keuze voor soja met een andere herkomst namelijk gering.

Andere voeders voor een lagere footprint

Als we de huidige economische optimalisatie even terzijde schuiven, is het interessant om te kijken hoe kuikens van verschillende rassen om kunnen gaan met voeders met lagere eiwitgehaltenes, of met een hoger aandeel andere reststromen (zoals raap- en zonnebloemzaadschroot). Zulke grondstoffen zullen door hun lagere economische waarde minder zwaar meetellen in de footprints zoals een LCA die berekent.

We hebben eerst samen met onze collega's van AFSG geïnventariseerd welke reststromen minder geschikt zijn voor humane consumptie en daarom potentieel in aanmerking zouden kunnen komen als ingrediënt in kuikenvoer. Vervolgens is uit die lange lijst een selectie gemaakt door de projectpartners. In de tekstbox hiernaast staat die selectie weergegeven. Omdat soja in het huidige dieet zo sterk de footprint beïnvloedt is vervolgens gekozen om verder onderzoek te doen aan reststromen die juist die soja-component kunnen vervangen. Vanwege de ruime beschikbaarheid werd vervolgens gekozen voor raapschroot en zonnebloemschroot.

Vervolgens hebben we daarmee twee verschillende proeven gedaan, met boeiende uitkomsten. In een eerste (ongepubliceerde) pilot is het effect bekeken van voeders met een hoger aandeel reststromen op de voeropname en groei van reguliere kuikens en kuikens van een trager groeiend ras. De voeropname bij zowel het reguliere als trager groeiende ras op de voeders

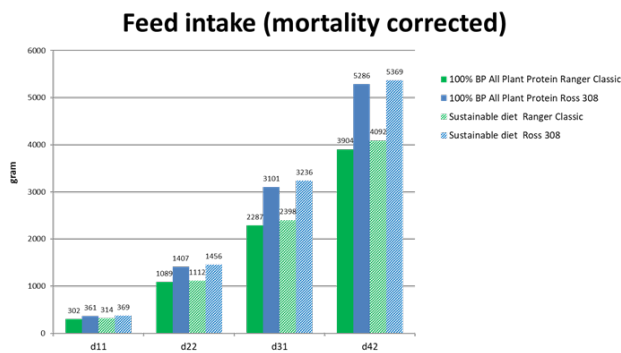
Selectie van bruikbare reststromen

- Eischalen uit de broederij
- Gras
- Raapschroot; zonnebloemschroot etc.
- Insecten als verrijking
- Insecten als manier om laagwaardige reststromen op te waarderen tot goed verteerbaar eiwit.
- Plumveevet
- Diermeel
- Resten uit de voedingsmiddelenindustrie
- Groenteafval
- Bierbostel
- Eendenkroos

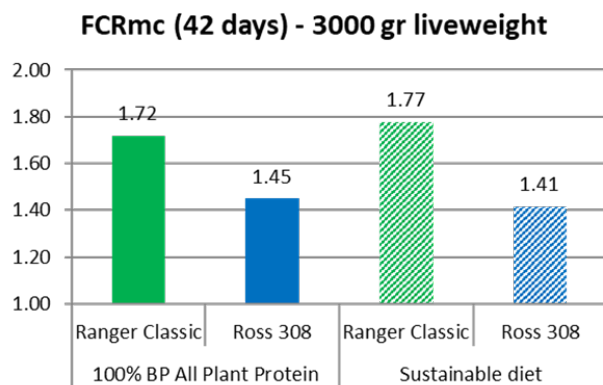
met een hoger aandeel reststromen was van begin af aan hoger dan voorspeld (*Figuur 2*). Het hogere ruwe celstofgehalte van het voer werkte dus niet remmend op de voeropname. Daarnaast bleek dat tegen de verwachting in het reguliere kuiken wat voederconversie betreft beter uit de voeten kon met voeders met een hoger aandeel reststromen dan het trager groeiende kuiken (*Figuur 3*). De experimenten hebben ons verrast omdat bleek dat we veel verder konden gaan in het aanpassen van de voeders dan van tevoren verwacht, en dus meer reststromen konden opnemen. Dat is een indicatie dat er ruimte is voor nieuwe optima met een lagere footprint, ongeacht het ras of de groeisnelheid. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat in de praktijk voedergrondstoffen veel variabiliteit kennen, en zeker van reststromen lang niet altijd de samenstelling en verteringscoëfficiënten precies bekend zijn als ze bij de voerfabriek aankomen. Een herhaling van deze proef zou daarom verstandig zijn.

Die lagere footprint mag natuurlijk niet ten koste gaan van het welzijn en de gezondheid. Daarom hebben we ook naar een aantal welzijnsaspecten gekeken bij verschillende voeders. De resultaten geven geen aanwijzingen dat het welzijn negatief wordt beïnvloed door de keuze voor een voer met hoger aandeel raap-/zonnebloemschroot.

De reden dat deze combinaties nu nog niet breed worden gebruikt ligt aan de manier waarop voeders nu worden geoptimaliseerd, namelijk op de kosten. Andere optimalisaties, zoals in deze proef, waarbij welzijn én milieu verbeteren leiden op dit moment nog tot hogere kosten.



Figuur 2: Voeropname door reguliere (blauw) en trager groeiende (groen) kuikens op dag 11, 22, 31 en 42. Lichtblauw en lichtgroen verwijzen naar een speciaal samengesteld voer met een hoger aandeel rapzaadschroot en zonnepitzaadschroot. Donkerblauw en donkergroen verwijzen naar een 100% balanced protein voer, zoals voorgeschreven voor dat ras.



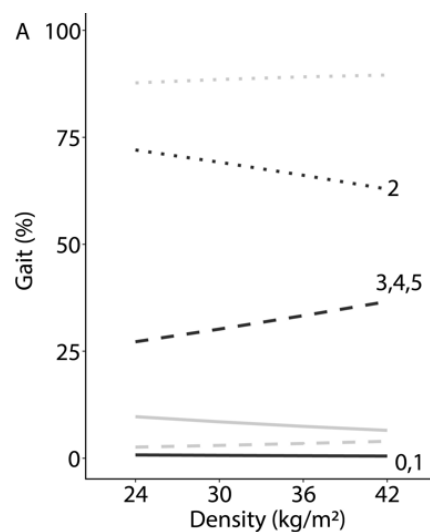
Figuur 3: Voederconversie (FCR) van reguliere (blauw) en trager groeiende (groen) kuikens van een 100% balanced protein voer, zoals voorgeschreven voor dat ras (links; donkergroen en donkerblauw), en een speciaal samengesteld voeder met een hoger aandeel reststromen (rechts; lichtgroen en lichtblauw). FCR is bepaald voor elk ras op 42 dagen.

Bezettingsgraad, groeisnelheid en welzijn

Tot slot hebben we ook gekeken of een lagere bezettingsgraad een verschillend effect op welzijn heeft bij een snel- en trager groeiend ras, en welk effect op welzijn zichtbaar is wanneer je de groeisnelheid van drie rassen verlaagt door middel van het voeren van een voer met lager eiwitgehalte. Voor alle welzijnskenmerken (voorbeeld in Figuur 4) en enkele gedragingen (Figuur 5) laten een snel- en trager groeiend ras een gelijke respons op een verlaging van de bezetting zien, d.w.z. een gelijke verbetering met een verlaging van de bezetting, en dit is doorgaans een lineair effect (Van der Eijk et al., 2022, Van der Eijk et al., 2023). Alleen voor voetzollaesies was er een interactie tussen ras en bezetting, waarbij reguliere, snelgroeiende kuikens een sterkere respons op een verlaging van de bezettingsgraad en een lagere

bezetting lieten zien dan trager groeiende kuikens (Figuur 6). Uiteraard zijn er wel verschillen in niveau voor de meeste kenmerken, waarbij een trager groeiend ras bij een bepaalde bezetting doorgaans een beter welzijnsniveau heeft. De conclusie uit deze proef is dat een lagere bezettingsgraad en een lagere groeisnelheid ook apart van elkaar een positief effect op het welzijn hebben, en dat de grootste 'welzijns winst' bereikt wordt bij een combinatie van beide factoren.

Uit de proef blijkt dat zowel bij de Ross 308 als de Ranger Classic bij een lagere bezetting het eindgewicht hoger is en de voederconversie iets lager. Dit betekent een hoger economisch resultaat per kuiken bij een lagere bezetting. Voor de pluimveehouder is echter het economisch resultaat per vierkante meter stal per jaar belangrijk. Bij de lagere bezetting zijn de kosten voor o.a. huisvesting en arbeid hoger per kuiken. Volgens de proefresultaten geeft bij de Ross 308 de bezetting van 36 en 42 kg per m² het hoogste economische resultaat. Bij de Ranger Classic is het economisch resultaat bij een bezetting van 42 kg per m² duidelijk het hoogste.



Figuur 4: Respons op een verlaging van de bezetting op dierenwelzijn, hier voor de kwaliteit van locomotie (gait score), voor Ross 308 (zwarte lijnen) en Ranger Classic (trager groeiend, grijze lijnen). Kwaliteit van locomotie is gescoord op een schaal van 0 tot 5, waarbij 0 de beste en 5 de slechtste score is. Scores 0 en 1 (goede kwaliteit van locomotie) en 3 en hoger (matig tot ernstige locomotieproblemen) zijn samengevoegd. Score 0, 4 en 5 kwamen niet of nauwelijks voor. De figuur laat zien dat bij afnemende bezetting van 42 naar 24 kg/m² de kwaliteit van locomotie toeneemt, wat vooral duidelijk zichtbaar is in een verschuiving van het percentage kuikens met een score 3 en hoger, naar een hoger percentage kuikens met score 2 (lichte locomotieproblemen) voor Ross 308 kuikens en – wat minder duidelijk zichtbaar – een zelfde respons plus een toename van het percentage kuikens in de klasse 0 en 1 (geen locomotieproblemen) voor Ranger Classic.

Berekening welzijnsscores op basis van de resultaten van de proeven

Voor zowel de proef naar het effect van een verlaging van de bezettingsgraad op welzijn bij een snel- en trager groeiend ras, als de proef naar het effect van groeisnelheid op welzijn bij drie rassen, zijn de welzijnsscores berekend op basis van het ontwikkelde welzijnsmodel binnen Greenwell. Vanwege de verschillende proefomstandigheden (o.a., dierbezetting) moeten de resultaten **alleen binnen een proef** met elkaar worden vergeleken. Omdat in het welzijnsmodel de scores voor met name gedrag nog ontbreken, geeft de totaalscore niet een volledig beeld van het welzijn onder de diverse omstandigheden.

Tabel A laat, op basis van de vijf kenmerken, een toenemende (betere) totale score zien bij een afnemende bezetting. Bij gelijke bezetting scoort het trager groeiende ras een stuk hoger (beter) dan het snelgroeiende vleeskuikenras.

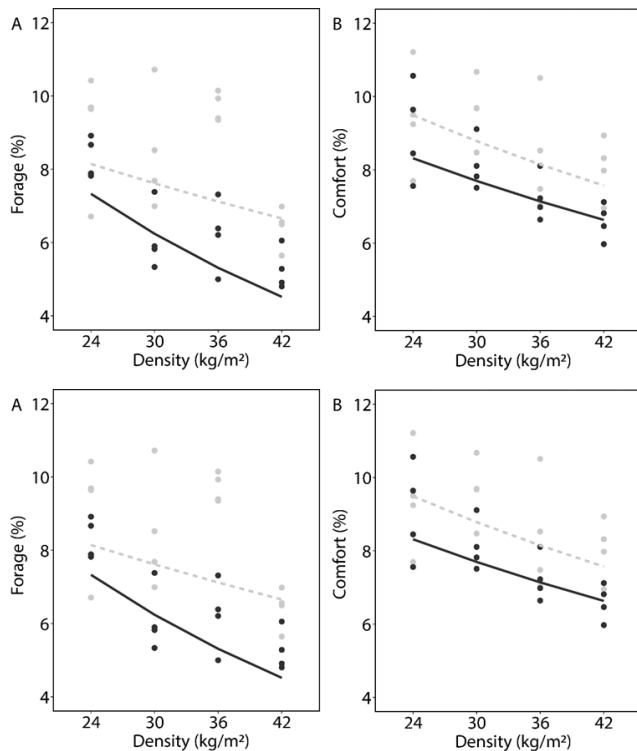
Tabel A: Welzijnsscores voor de afzonderlijke kenmerken alsmede de totaalscore voor vijf welzijnskenmerken weergegeven per combinatie van ras en bezetting. De score per kenmerk varieert tussen 0 (slecht) en 100 (goed).

Ras	Bezetting (kg/m ²)	Mortaliteit	Hak-dermatitis	Voetzool-laesies	Gait score	Huidkrassen	Totaal score
Ross 308	42	73	83	20	16	26	217
	36	70	84	29	19	35	237
	30	64	98	51	20	44	277
	24	78	98	71	21	74	341
Ranger Classic	42	85	93	72	66	67	383
	36	83	90	79	66	95	414
	30	82	99	88	78	89	437
	24	81	96	90	75	98	440

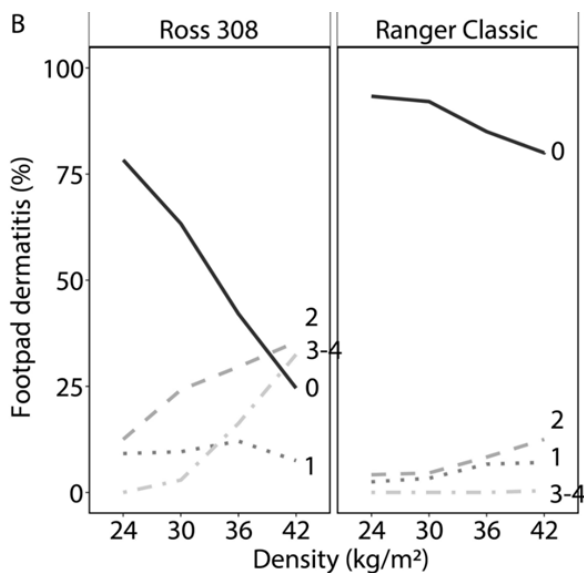
Tabel B laat, op basis van deze vijf kenmerken, een toenemende (betere) score zien voor ieder ras bij een verlaging van het gebalanceerd eiwitgehalte. De twee trager groeiende rassen hebben een betere totaalscore dan het snelgroeiende ras bij gelijk eiwitgehalte.

Tabel B: Welzijnsscores voor de afzonderlijke kenmerken alsmede de totaalscore voor vijf welzijnskenmerken weergegeven per combinatie van ras en groeisnelheid.

Ras	Gebalanceerd eiwitgehalte (%)	Mortaliteit	Hak-dermatitis	Voetzool-laesies	Gait score	Huidkrassen	Totaal score
Ross 308	100	51	31	5	2	98	187
	90	72	38	11	4	100	225
	80	74	34	15	7	95	226
Ranger Classic	100	82	29	11	2	100	224
	90	80	27	14	7	100	228
	80	91	40	25	7	97	261
Hubbard JA757	100	83	37	11	6	100	237
	90	83	40	14	6	100	244
	80	85	40	19	10	100	254



Figuur 5: Respons van Ross 308 kuikens (zware lijn/stippen) en Ranger Classic kuikens (trager groeiend ras; grijze lijn/stippen) op een verlaging van de bezetting van 42 kg naar 24 kg/m² voor de gedragingen scharrelen (forage; links) en comfort (poetsen, stofbaden; rechts). Bij een verlaging van de bezetting neemt de tijd besteed aan deze gedragingen lineair toe.



Figuur 6: Respons van Ross 308 kuikens (links) en Ranger Classic kuikens (trager groeiend, rechts) op een verlaging van de bezetting van 42 naar 24 kg/m² voor voetzoollaesies. Voetzoollaesies zijn gescoord op een schaal van 0 tot 4, waarbij 0 betekent geen laesies en 4 zeer ernstige en grote laesie. Bij beide rassen is duidelijk te zien dat het aantal kuikens zonder laesies toeneemt met verlaging van de bezetting, waarbij deze toename groter is voor Ross 308 dan voor Ranger Classic.

In een tweede proef is onderzocht welk effect voer met een stapsgewijs lager gebalanceerd eiwitgehalte (100%, 90% en 80%) had op dierenwelzijn, economie en milieu bij drie rassen vleeskuikens: Ross 308 (snelgroeiend), en Ranger Classic en Hubbard JA757 (beiden trager groeiend). We wilden kijken of een verlaging van de groeisnelheid door een vermindering van het gebalanceerd eiwitgehalte in het voer zou leiden tot een verbetering van het dierenwelzijn. Ofwel: zou een snelgroeiend ras met voer met minder eiwit eenzelfde welzijnsniveau kunnen bereiken als een trager groeiend ras met voer met een hoger eiwitpercentage?

Tabel 1: Groeisnelheden (in g/dag) tot een slachtgewicht van 2,8 kg van drie rassen bij verschillende percentages gebalanceerd eiwit in het voer.

Ras	Percentage gebalanceerd eiwit		
	100%	90%	80%
Ross 308	64,7	61,3	55,3
Ranger Classic	54,4	52,8	49,8
Hubbard JA757	49,9	48,8	45,8

Allereerst zien we in *Tabel 1* dat de groeisnelheid van een ras te sturen is met het percentage gebalanceerd eiwit. Zo komt de groei van een Ross 308 kuiken met 80% gebalanceerd eiwit in de buurt van die van een Ranger Classic met 100% gebalanceerd eiwit, en heeft een Ranger Classic met 80% gebalanceerd eiwit dezelfde dagelijkse groei als een Hubbard JA757 met 100% gebalanceerd eiwit.

Vervolgens laten de data zien dat met een lager gebalanceerd eiwitgehalte binnen het ras een verbetering van het welzijn optreedt (Zie *Figuur 7* voor een voorbeeld van de voetzoollaesiescore en de gait score van de verschillende rassen en voeders). Interessant is dat met name voor de gait score de beste effecten worden bereikt met de 80% voeders, terwijl bijvoorbeeld Ross 308 80% en Ranger Classic 100% een ongeveer gelijke groeisnelheid hebben. Grootste positieve effecten op dierenwelzijn worden bereikt met 80% voeders bij de trager groeiende rassen, waar de laagste groeisnelheden zijn gevonden. Groeisnelheid – gestuurd door het aanpassen van het gebalanceerd eiwitgehalte in het voer, onafhankelijk van het ras – kan dus zeker een bijdrage leveren aan dierenwelzijn, maar deze proef toont ook aan dat het beste effect te vinden is bij de traagste groei, dus de combinatie van een trager groeiend ras en het minst eiwitrijke voer. Wat betreft gedrag is een interessante bevinding dat wanneer de rassen een gelijke groeisnelheid hebben, er geen verschil is in het gedrag.

Daarnaast lijkt vooral in de gedragstesten (angstgedrag, spelgedrag) een lager gebalanceerd eiwitpercentage in het voer het grootste positieve effect te hebben op het gedrag van Ross 308 terwijl de andere rassen een kleinere of geen respons laten zien op een lager gebalanceerd eiwitgehalte.

Deze proef is ook economisch geëvalueerd. De berekeningen zijn gebaseerd op de technische resultaten zoals weergegeven in *Tabel 2*.

Voor alle proefgroepen was de bezetting 14 dieren per m². In de berekeningen is voor rassen dezelfde prijs voor een eendagskuiken aangehouden. Op basis van de prijzen van veevoergrondstofprijzen in de periode september 2020 – augustus 2021 is de voerprijs berekend van het voer start, groei 1, groei 2 en eind bij een gebalanceerd eiwitniveau van 100, 90 en 80%. Voor het eindvoer was de voerprijs respectievelijk 39,7, 38,3 en 37,0 euro per 100 kg. *Tabel 3* geeft de economische resultaten.

Tabel 2: Technische resultaten van de proef met drie rassen en drie niveaus van gebalanceerd eiwit.

Ras	Ross 308	Ross 308	Ross 308	Ranger Classic	Ranger Classic	Ranger Classic	Hubbard JA757	Hubbard JA757	Hubbard JA757
gebalanceerd eiwit (%)	100	90	80	100	90	80	100	90	80
Lengte groeiperiode (dagen)	43	43	48	51	55	58	58	59	62
Eind gewicht (gram)	2828	2679	2700	2812	2946	2929	2932	2921	2881
Voederconversie	1.543	1.595	1.756	1.684	1.794	1.887	1.818	1.854	1.953
Uitval (%)	3.8	2.2	2.0	1.4	1.6	0.7	1.3	1.3	1.2
Groei/dier/dag (gram)	64.7	61.3	55.3	54.4	52.8	49.8	49.9	48.8	45.8
Griller (% van levend gewicht)	70.0	68.4	67.2	69.9	69.3	68.8	70.1	69.5	68.6
Borstfilet (% van karkas gewicht)	34.0	31.9	29.5	32.7	32.0	30.6	31.0	30.0	29.4

Tabel 3: Economisch resultaten van de proef met drie rassen en drie niveaus van gebalanceerd eiwit.

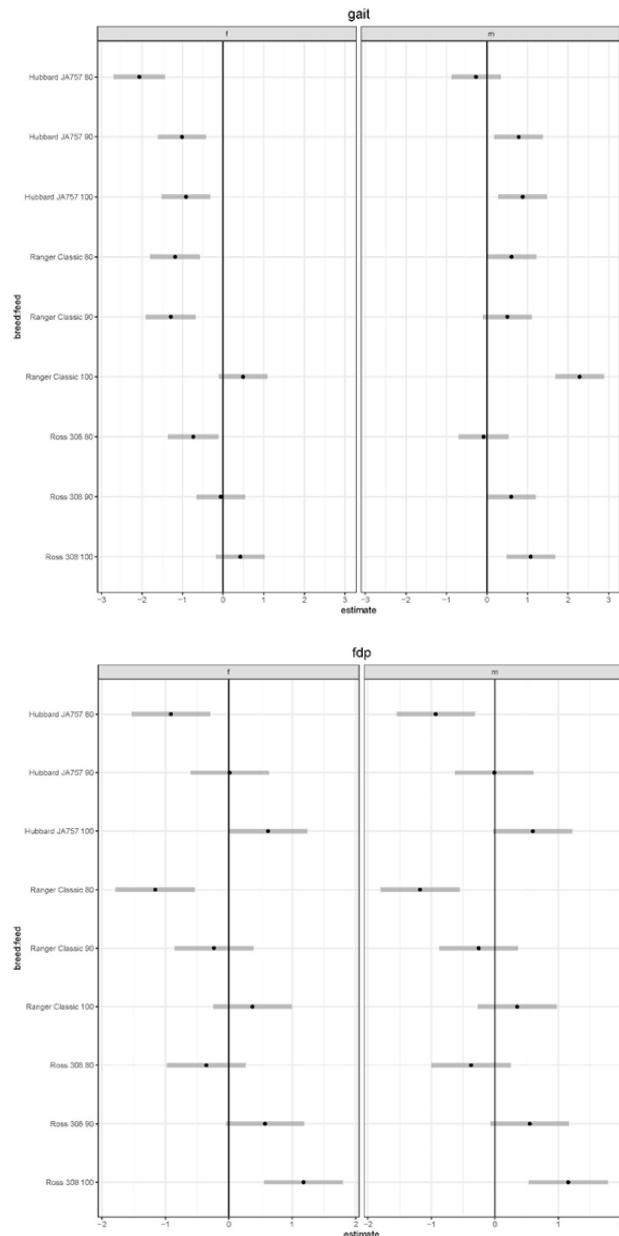
Ras	Ross 308	Ross 308	Ross 308	Ranger Classic	Ranger Classic	Ranger Classic	Hubbard JA757	Hubbard JA757	Hubbard JA757
gebalanceerd eiwit (%)	100	90	80	100	90	80	100	90	80
kostprijs levend gewicht (ct/kg)	100.3	99.9	104.8	106.0	107.4	108.3	111.6	110.9	113.3
index (Ross-100= 100%)	100%	100%	104%	106%	107%	108%	111%	111%	113%
kostprijs griller (ct/kg)	176.5	179.2	188.9	184.7	188.1	190.5	192.3	192.9	198.2
index (Ross-100= 100%)	100%	101%	107%	105%	107%	108%	109%	109%	112%
kostprijs borstfilet (ct/kg)	370.0	399.7	457.2	408.2	424.8	449.2	448.6	464.7	491.6
index (Ross-100= 100%)	100%	108%	124%	110%	115%	121%	121%	126%	133%

Bij een vergelijking binnen een ras is heeft de Ross 308 met voer-90% de laagste kostprijs op boerderijniveau. Na het slachten heeft het voer-100% de laagste kosten. Binnen de Ranger Classic geeft het voer-100% op elk niveau (boerderij, griller en borstfilet) de laagste kosten. Bij de groep met Hubbard JA757 geeft het voer-90% de laagste kosten op boerderij niveau, maar na het slachten is de kostprijs per kg borstfilet het laagste bij het voer-100%.

Ook is het mogelijk om de combinatie ras en gebalanceerd eiwit bij een gelijk groeiniveau te vergelijken. De Ross 308 met voer-80% en de Ranger Classic met voer-100% hebben beiden een groei per dier per dag van circa 55 gram (zie *Tabel 2*). *Tabel 3* laat zien dat de kostprijs op boerderijniveau voor de Ross 308 met voer-80% iets lager is. Na het slachten is de kostprijs van de Ranger Classic met voer-100% lager. Vooral in kosten per kg filet komt de Ranger Classic duidelijk lager uit. Een tweede vergelijking is de Ranger Classic met voer-80% en de Hubbard JA757 met voer-100% met beide een groei per dier per dag van circa 50 gram (zie *Tabel 2*). Op boerderijniveau en na het slachten (griller) geeft de Ranger Classic met voer-80% de laagste kosten. Echter per kg borstfilet is de kostprijs van beiden vergelijkbaar.

Geconcludeerd kan worden dat de Ross 308 met 100% gebalanceerd eiwit de laagste kostprijs heeft. De Ross 308 met een lager percentage gebalanceerd eiwit heeft in elke schakel een hogere kostprijs. Vooral de kostprijs per kg borstfilet stijgt duidelijk bij 80% gebalanceerd eiwit. Als een lager groeiniveau is gewenst kan daarom beter gekozen worden voor de Ranger Classic met 100% gebalanceerd eiwit dan voor Ross 308 met 80% gebalanceerd eiwit. Dit is dus vooral relevant ingeval de markt vraagt om borstfilet, zoals in de landen in Noordwest-Europa het geval is.

Dit betekent dat de volgende vraag positief beantwoord kan worden: zou een snelgroeiend ras met voer met minder eiwit eenzelfde welzijnsniveau kunnen bereiken als een trager groeiend ras met voer met een hoger eiwitpercentage? Zowel gait score als voetzoollaesies zijn beter voor Ross 308 op voer-80% in vergelijking met Hubbard JA757 op voer-100% en 90% terwijl de groeisnelheid hoger is en de voederefficiëntie beter. Dit betekent dat deze combinatie ook beter voor het milieu is door een lager landgebruik en CO₂ per kg levend gewicht. Tevens is Ross 308 op voer-80% een goed voorbeeld dat groei geen goede maatstaf is voor welzijn; ze groeiden immers sneller maar hadden een betere welzijnsscore.



Figuur 7: Schattingen van effect van ras/voersamenstelling op gait score (boven) en voetzoollaesiescore (onder) voor hennen (links) en hanen (rechts). De 0-lijn geeft het gemiddelde en de grijze balk per behandeling de variatie daaromheen. Hoe meer naar links het gemiddelde, des te beter de score.

De plek van vleeskuikenhouderij in ons toekomstig voedselsysteem

In een aparte (ongepubliceerde) studie (door Van Kernebeek en Bos) hebben we verkend of het logisch en verstandig is om vleeskuikens te houden in een toekomstig voedselsysteem. Om de inmiddels 8 miljard mensen op de wereld op een volhoudbare en volwaardige manier te voeden zijn hoogstwaarschijnlijk drastische keuzes nodig in de manier waarop en wélk voedsel we produceren. Het areaal aan vruchtbare landbouwgrond neemt wereldwijd af door o.a. uitputting, verdroging en verwoestijning, en tegelijk is het voor behoud van de wereldwijde biodiversiteit én de opslag van koolstof in de bodem om klimaatverandering tegen te gaan belangrijk dat we juist meer bossen en natuur hebben. De meest drastische stap is een volledig afscheid van dierlijke productie als voedselbron, zoals bijvoorbeeld (Monbiot, 2022), vanwege het grote beslag dat dierhouderij wereldwijd legt op landbouwgrond t.b.v. de productie van voedergrondstoffen. We zullen onze voedselbehoefte moeten invullen met plantaardig dieet, waar nodig aangevuld met eiwitproductie uit bv. geavanceerde fermentatieprocessen. Het moge duidelijk zijn: in een dergelijk perspectief is überhaupt geen plek meer voor vleeskuikens.

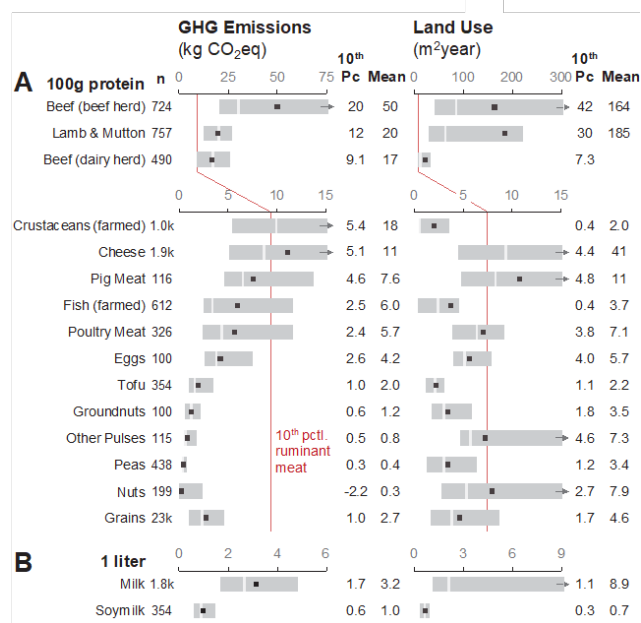
In een voedselsysteem zonder veehouderij is echter geen rol weggelegd voor dieren die reststromen, voedselafval en gras omzetten in voedsel voor de mens. En het is nu juist deze rol die een bijdrage kan leveren aan het efficiënt benutten van land en hulpbronnen (Van Kernebeek, 2020, Van Hal, 2020, De Boer and Van Ittersum, 2018, Van Zanten, 2016). Het belang van deze rol van dieren wordt duidelijk bij toepassing van de voedselsysteembenadering, waarin alle onderdelen van het voedselsysteem (gewasteelt, dierlijke productie, humane consumptie en recycling) zijn geïntegreerd (Van Zanten, 2016, De Boer and Van Ittersum, 2018, Van Hal, 2020, Van Kernebeek, 2020). Deze studies laten zien dat het inzetten van dieren voor het omzetten van biomassa die niet geschikt is voor humane consumptie bijdraagt aan een efficiëntere benutting van land en mineralen. En het is dankzij deze rol van dieren dat er in geval van schaarste aan land en grondstoffen méér mensen gevoed kunnen worden dan wanneer het voedselsysteem geen veehouderij zou hebben (Van Kernebeek, 2020).

Dieren kunnen in dat perspectief een rol spelen in het opwaarderen van gewassen en reststromen die niet direct door mensen kunnen worden benut, bijvoorbeeld gras van marginale gronden of reststromen uit de voedingsmiddelenindustrie.

De beschikbaarheid van die gewassen en reststromen bepaalt de hoeveelheid dieren die nog een gewenste en functionele rol in het voedselsysteem hebben. Dat aantal is een stuk lager dan nu. Van Zanten (2016) en De Boer and Van Ittersum (2018) schatten in dat 9-23 gram van de dagelijkse eiwitbehoefte van Europeanen (50-60 gram) op deze manier uit dierlijke bronnen zou kunnen komen. In een optimalisatiestudie kwam Van Hal (2020) vervolgens tot de conclusie dat laagproductieve melkkoeien en varkens en legpluimvee de meest geschikte diersoorten waren om de voor dieren in Europa beschikbare grond- en reststromen te kunnen benutten. Van Hal et al. (2019) concluderen dat voedselafval, co-producten en gras het meest land-efficiënt worden ingezet door die te voeren aan dieren met een hoge voerefficiëntie (in hun geval: leghennen en melkkoeien), aan dieren die het beste zijn in het verteren van specifieke voeders (m.n. melkkoeien voor gras en varkens voor voedselafval), en aan dieren die laagwaardig voer het beste konden verwaarden vanwege hun lage productiviteit. Van Selm et al. (2022) komen in hun studie, waarin de rol van dieren wordt beperkt tot die van het omzetten van restromen, tot vergelijkbare conclusies: vleeskuikens kunnen in een dergelijk voedselsysteem niet concurreren met bijvoorbeeld melkkoeien en varkens. Op grond van het inzicht in ons Greenwell-project dat vleeskuikens ook met lagere percentages gebalanceerd eiwit om kunnen gaan dan waar standaard mee wordt gerekend, zouden dergelijke optimalisaties mogelijk anders kunnen uitvallen. Dit vergt nader onderzoek.

Een meer dominant perspectief op de ecologische duurzaamheid van productieprocessen is de levenscyclusanalyse (LCA). LCA's kijken naar de impact op ecologie en verbruik van energie en grondstoffen per productie-eenheid (bv. een kilogram vlees), en zijn agnostisch over het absolute volume dat op aarde te produceren is met wat er beschikbaar is aan grond en grondstoffen. Het voordeel van een LCA is dat verschillende producten en productieprocessen (bij dezelfde aannames) binnen een productgroep goed vergeleken kunnen worden, bijvoorbeeld op hun klimaatimpact. In dit project is een dergelijke grondige LCA ook uitgevoerd voor de verschillende kipconcepten (Mostert et al., 2022b), zie ook hierboven. Hoewel de uitkomst van een LCA sterk afhangt van de aannames die worden gedaan, komt de vleeskuikenproductie binnen vrijwel alle LCA's gunstig tot zeer gunstig uit in vergelijking met andere vormen van dierlijke productie, maar bv. ook die van kaas (zie *Figuur 8*, overgenomen uit Poore and Nemecek, (2018)). Plantaardige eiwitbronnen als noten, peulvruchten en sojaproducten als tofu zijn echter superieur.

Volgens de LCA is het vanuit klimaatperspectief dus beter om kip te eten dan kaas, en veel beter dan een vleesrund of een lam. Ook het varken scoort ecologisch minder goed dan de kip, maar de mate waarin is sterk afhankelijk van de hoeveelheid reststromen die een varken volgens die analyse benut.



Figuur 8: Estimated global variation in GHG emissions and Land Use of (A) Protein-rich products. Grains are also shown here given that they contribute 41% of global protein intake, despite lower protein content. (B) Milks. n = farm or regional inventories. Pc and pctl. = percentile. Overgenomen uit Fig 1. in (Poore and Nemecek, 2018).

Een en ander correspondeert met de meest klassieke maat voor efficiëntie in de veehouderij, de voederconversie. Die maat geeft de verhouding weer tussen de kilo's voer die nodig zijn om het dier een bepaald gewicht te laten bereiken. Een hogere voederconversie wordt als minder efficiënt beschouwd dan een lagere voederconversie. Een vleeskuiken heeft een lagere voederconversie dan een varken en een veel lagere voederconversie dan een vleesrund. Dat blijft zo bij een trager groeiend kuiken, maar het verschil wordt iets kleiner. Bij melkvee is die vergelijking afhankelijk van de toerekening naar melk en vlees.

Onze conclusie is dat het sterk afhangt van je vertrekpunt, of het logisch en verstandig is om vleeskuikens te houden in een toekomstig voedselsysteem. Als dierlijke productie op zich, of de omvang daarvan niet ter discussie staat is het vleeskuiken ecologisch gesproken beter dan een varken of een vleesrund, uitgedrukt in impact per kilogram product of eiwit. In de voedselsysteembenadering wijzen de eerste studies juist op een belangrijker rol voor melkkoeien en varkens en een klein aandeel legpluimvee, en vallen vleeskuikens als logische optie af.

Dit zou mogelijk anders kunnen uitpakken als in de gebruikte modellen met lagere percentages gebalanceerd eiwit in het kuikenvoer wordt gerekend.

Conclusies

We begonnen het project Greenwell met de vraag of welzijn, milieu en economie in de vleeskuikenproductie tegelijkertijd verbeterd konden worden. De belangrijkste conclusies:

1. Kuikens gehouden volgens de BL1* richtlijnen hebben door de bank genomen een aantoonbaar beter welzijn dan KvM-kuikens, die weer een beter welzijn hebben dan reguliere kuikens. De spreiding is echter groot: vakmanschap van de pluimveehouder maakt een groot verschil, met name bij de reguliere kuikens en KvM.
2. Welzijn en milieu kunnen vergaand en gelijktijdig worden verbeterd. De belangrijkste parameters daarvoor zijn groeisnelheid, bezettingsgraad en de keuze van grondstoffen voor het voer.
3. Bezettingsgraad en groeisnelheid hebben dit effect onafhankelijk van elkaar. Een snelgroeiend kuiken in een lagere bezetting is dus ook een goed denkbare manier om het welzijn te verbeteren, net als een tragere groeier in een hogere bezetting, maar met de combinatie (tragere groeier + lagere bezetting) wordt het grootste effect verkregen.
4. Er liggen heel interessante kansen bij reststromen als raapzaad- en zonnebloemschroot als (gedeeltelijke) vervanging van soja, maar ook pluimveevet, met een lagere ecologische footprint tot gevolg. En dit heeft geen negatieve gevolgen voor het welzijn.
5. Productie en teelt van grondstoffen (en daaraan gerelateerde verandering in landgebruik) en voederconversie zijn de belangrijkste factoren van broeikasgasemissies en landgebruik. De verandering van landgebruik (LUC) die gepaard kan gaan met sojaproductie is voor meer dan helft verantwoordelijk voor de klimaatimpact van vleeskuikenproductie. Daar ligt dus ook een grote kans voor de sector voor een verdere verlaging van de klimaatvoetafdruk.
6. De gebruikte soja in vleeskuikenvoer is veelal afkomstig uit Latijns-Amerika. Omdat trager groeiende kuikens (m.n. BL1*) in de huidige economische optimalisaties veel minder soja gevoerd krijgen dan de reguliere, snelgroeiende kuikens is hun klimaatimpact verrassend genoeg iets lager dan de gangbare productie, ondanks hun langere levensduur en hogere voederconversie. Indien de soja wordt betrokken uit Noord-Amerika dan is de

klimaatimpact van trager groeiende kuikens echter hoger dan die van reguliere kuikens.

7. Tragere groeiers hebben weliswaar een beter welzijn dan gangbare kuikens, maar vergen wel meer land en grondstoffen per kilogram product dan het gangbare kuiken, maar nog altijd minder dan vleesrunderen en de meeste varkens.
8. Economisch gesproken zijn bezettingsgraad, groeisnelheid en voederconversie de belangrijkste factoren voor de opbouw van de kostprijs. Op basis van normatieve technische resultaten en prijzen van input factoren is de kostprijs per kg levend gewicht van de Kip van Morgen 20% hoger en van BL1* 44% hoger dan conventioneel.
9. In de huidige globale markt is kostprijs leidend. Optimalisaties op welzijn en milieu zijn op dit moment niet concurrerend op kostprijs met gangbare productie. De overgang van gangbaar naar Kip van Morgen en (op dit moment) naar BL1* in Nederland geeft aan dat die calculus kan veranderen als de markt (de consument) bereid is meer te betalen. Naarmate de markt de CO₂-footprint van de productie meer gaat meewegen, zal ook de voeroptimalisatie in de praktijk anders uitvallen. In Greenwell hebben we laten zien dat daar diertechnisch nog veel ruimte voor is.
10. Er is dus in ieder vleeskuikenconcept ruimte voor verdere verbetering, zowel op het gebied van milieu als op het gebied van dierenwelzijn. Belangrijke knoppen om aan te draaien zijn bezettingsgraad, groeisnelheid en grondstofkeuze voor voeders. Daarnaast geldt dat de kwaliteit van het management (vakmanschap) in hoge mate bepaalt of die potentie er ook uitkomt.
11. Verduurzaming binnen de vleeskuikenhouderij mag niet losgezien worden van verduurzaming van het voedselsysteem in zijn geheel. Het principe waarbij dieren worden ingezet voor het verwaarden van reststromen/afvalstromen en gras van marginale gronden, draagt bij aan een efficiëntere voedselproductie. In een dergelijk systeem lijken vleeskuikens een minder grote rol te spelen dan melkkoeien en varkens.

Perspectief/vervolg

We sluiten dit project Greenwell af met een grote hoeveelheid nieuwe inzichten, maar er blijven nog veel vragen en ontwikkelrichtingen over om verder uit te zoeken.

1. We hebben nog niet eens de grenzen opgezocht van wat een vleeskuiken kan verstouwen zonder effect op welzijn of gezondheid.
2. Welke rol kan het vleeskuiken spelen in een toekomstig voedselsysteem als het alleen

- (niet humaan consumeerbare) reststromen zou krijgen, of een nog lager eiwitgehalte in het voer?
3. Prijs-sensitiviteit van optimalisaties op CO₂ of landgebruik. Welke premie in de markt is nodig om te optimaliseren op ecologisch betere voeders?
 4. Relatieve impact van bezetting versus groeisnelheid op welzijn. Wat heeft het meeste effect, wat is economisch de gunstigste welzijnsmaatregel, gegeven een bepaalde minimum welzijnsstandaard.
 5. Inzicht in hoe biologisch presteert ten opzichte van de andere systemen om een complete vergelijking te hebben, ook belangrijk omdat biologische productie nu gestimuleerd wordt door de EU maar we in feite geen zicht hebben op de prestatie
 6. Meenemen van alle ketenschakels in het dierenwelzijn, nu kon dat alleen voor de vleeskuikenfase.
 7. Misschien een detail, maar er zou nog een leuke combinatie kunnen zitten in bepaalde vormen van voer die tegelijkertijd verrijking bieden en een lage footprint.

- Ellen, H. H., Leenstra, F., R.A., V. E., Groenestein, K., Van Harn, J., Van Horne, P., de Jong, I. C., Kense, M., Mevius, D. & Wagenaar, J. A. 2012. Broiler Production Systems in The Netherlands. Wageningen: Wageningen livestock Research.
- Monbiot, G. 2022. *Regenesi. Feeding the world without devouring the planet*, Allen Lane.
- Leinonen, I., Williams, A. G., Wiseman, J., Guy, J. & Kyriazakis, I. 2012. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. *Poultry Science* 91:8-25.
- Poore, J. & Nemecek, T. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science (New York, N.Y.)*, 360, 987-992.
- Van Hal, O. 2020. *Upcycling biomass in a circular food system. The role of livestock and fish*. PhD, Wageningen Universiteit
- Van Hal, O., De Boer, I.J.M., Muller, A., De Vries, S., Erb, K.H., Schader, C., Gerrits, W.J.J. & Van Zanten, H.H.E. 2019. Upcycling food leftovers and grass resources through livestock: Impact of livestock system and productivity. *Journal of Cleaner Production*, 219, 485-496.
- Van Kernebeek, H. 2020. *Towards efficient use of resources in food systems: Exploring circular principles and strategies*. PhD, Wageningen University.
- Van Selm, B., Frehner, A., De Boer, I.J.M., Van Hal, O., Hijbeek, R., Van Ittersum, M.K., Talsma, E.F., Lesschen, J.P., Hendriks, C.M.J., Herrero, M. & Van Zanten, H.H.E. 2022. Circularity in animal production requires a change in the EAT-Lancet diet in Europe. *Nature Food*, 3, 66-73.
- Van Zanten, H. 2016. *Feed sources for livestock: recycling towards a green planet*. PhD, Wageningen University.

Literatuur

Greenwell publicaties:

- De Jong, I.C., Bos, B., Van Harn, J., Mostert, P. & Te Beest, D. 2022. Differences and variation in welfare performance of broiler flocks in three production systems. *Poultry Science*. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101933>
- Van Der Eijk, J.A.J., Gunnink, H., Melis, S., Van Riel, J.W. & De Jong, I.C. 2022. Reducing stocking density benefits behaviour of fast- and slower-growing broilers. *Appl. Anim. Behav. Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105754>
- Van Der Eijk, J.A.J., Van Harn, J., Gunnink, H., Melis, S., Van Riel, J.W. & De Jong, I.C. 2023. Fast- and slower-growing broilers respond similarly to a reduction in stocking density with regard to gait, hock burn, skin lesions, cleanliness and performance. *Poultry Science*. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102603>
- Van Horne, P.L.M. 2020. Economics of broiler production systems in the Netherlands; Economic aspects within the Greenwell sustainability assessment model. Wageningen: Wageningen Economic Research.
- Mostert, P.F., Bos, A.P., Van Harn, J., Van Horne, P. & De Jong, I.C. 2022a. Environmental impacts of broiler production systems in the Netherlands.: Wageningen Livestock Research.
- Mostert, P.F., Bos, A.P., Van Harn, J. & De Jong, I.C. 2022b. The impact of changing towards higher welfare broiler production systems on greenhouse gas emissions: a Dutch case study using life cycle assessment. *Poultry Science*, 101, 1-11.

Overige Publicaties

- De Boer, I.J.M. & Van Ittersum, M.K. 2018. Circularity in agricultural production. Wageningen: Wageningen UR.

Dit onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Aviagen EPI, Belgbroed/Van Hulst, De Heus BV en Plukon Food Group, binnen het publiek-private samenwerkingsverband 'Greenwell' (TKI-AF-17023, BO-47-001-033).

Contact

Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6708 AH Wageningen
www.wur.nl/livestock-research

Naam
E ingrid.dejong@wur.nl

