

Ir. P.L.M. van Horne
Ir. A. de Vries
Dr. Ir. R.B.M. Huirne

Onderzoekverslag 142

DE ECONOMISCH OPTIMALE AANHOUDINGSDUUR VAN LEGHENNEN

December 1995



SIGN: 628-142
EX. NO: C
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)
Vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie (LUW)

526049

REFERAAT

DE ECONOMISCH OPTIMALE AANHOUDINGSDUUR VAN LEGHENNEN

Horne, P.L.M. van, A. de Vries en R.B.M. Huirne

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1995

Onderzoekverslag 142

ISBN 90-5242-320-2

47 p., tab., fig., bijl.

Dit onderzoekverslag bevat een beschrijving van het beslissingsondersteunende computerprogramma Optilay en de daarmee gemaakte berekeningen over de bepaling van het optimale aanhoudingschema van leghennen.

De resultaten van de berekeningen geven aan dat een juiste keuze van het aanhoudingschema voor een aantal achtereenvolgende koppels leghennen tot een duidelijke verbetering van het economisch resultaat kan leiden. Dit wordt vooral bereikt door afstemming van de eierproductie op de seizoenschommelingen in de eierprijzen.

Met het beschikbaar komen van dit gebruiksvriendelijke personal-computerprogramma kan de leghennenhouder op tactisch niveau ondersteund worden ten aanzien van de aanhoudingsproblematiek van leghennen.

Leghennen/Aanhoudingsduur/Optimalisatie/Model/Bedrijfseconomie

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Horne, P.L.M. van

De economisch optimale aanhoudingsduur van leghennen /

P.L.M. van Horne, A. de Vries en R.B.M. Huirne. - Den Haag :

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). - Fig.,

tab. - (Onderzoekverslag / Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) ; 142)

ISBN 90-5242-320-2

NUGI 835

Trefw.: pluimveeteelt.

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	5
SAMENVATTING	7
1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING	13
1.1 Inleiding	13
1.2 Probleemstelling	13
1.3 Opbouw van de publikatie	14
2. METHODE EN OPBOUW VAN HET COMPUTERPROGRAMMA OPTILAY	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Simulatiemodel	15
2.3 Optimalisatiemodel	17
3. UITGANGSPUNTEN	21
3.1 Inleiding	21
3.2 Witte leghennen	21
3.3 Bruine leghennen	23
3.4 Seizoeninvloed op opbrengsten	24
3.5 Overige uitgangspunten	25
3.6 Variatie in technische uitgangspunten	26
3.7 Variatie in economische uitgangspunten	27
3.8 Vergelijking met eigen aanhoudingschema's	27
4. RESULTATEN	29
4.1 Inleiding	29
4.2 Resultaten zonder de mogelijkheid van rui-inductie	29
4.3 Resultaten met de mogelijkheid van rui-inductie	33
4.4 Resultaten bij variatie in technische uitgangspunten	36
4.5 Resultaten bij variatie in economische uitgangspunten	38
4.6 Resultaten zonder vrijwillige leegstand	39
4.7 Resultaten bij vergelijking met eigen aanhoudingschema's	40
5. DISCUSSIE EN CONCLUSIES	41
5.1 Algemeen	41
5.2 Methode	41
5.3 Resultaten	42
5.4 Gebruik van Optilay en toekomstperspectief	44
LITERATUUR	46

WOORD VOORAF

Het vraagstuk van de optimale aanhoudingsduur van leghennen is in vele landen een punt van onderzoek. In de praktijk verschilt de aanhoudingsduur van koppels leghennen afhankelijk van de bedrijfssituatie en inzichten en voorkeur van de leghenhouder. Er worden vanuit de praktijk dan ook regelmatig vragen gesteld welke aanhoudingsduur vanuit economisch oogpunt de voorkeur heeft. In het project Economisch Optimale Aanhoudingsduur Leghennen is getracht een antwoord op deze vragen te vinden. Als onderdeel van dit project is het computerprogramma Optilay ontwikkeld.

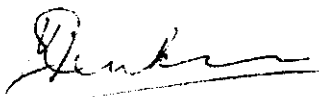
Het onderzoek, waarvan in deze publikatie verslag wordt gedaan, is uitgevoerd door LEI-DLO en de vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie van de Landbouwwuniversiteit Wageningen. In 1991 is reeds over dit project in de LEI-DLO-reeks (Onderzoekverslag 78) gerapporteerd. Deze publikatie is hierop een vervolg en is tevens het eindverslag van het project. Naast een beschrijving van het ontwikkelde computerprogramma wordt ingegaan op de resultaten aangaande de optimale aanhoudingschema's in verschillende Nederlandse praktijksituaties.

De auteurs van deze publikatie zijn Ir. P.L.M. van Horne, Ir. A. de Vries en Dr. Ir. R.B.M. Huirne. De heer Van Horne is als onderzoeker van LEI-DLO gedetacheerd bij het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij te Beekbergen. De heer De Vries heeft als student aan de Landbouwwuniversiteit het optimaliseringsmodel van het programma ontwikkeld en de gebruiksvriendelijke eindversie van het gehele computerprogramma. De heer Huirne is universitair hoofddocent bij de vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie van de Landbouwwuniversiteit.

Aan het project hebben meerdere studenten hun bijdrage geleverd, waarvan een tweetal met name genoemd moet worden. K. Stol, student aan de Agrarische Hogeschool in Groningen, is voor een deel verantwoordelijk voor het simulatiemodel van het computerprogramma. Ook heeft hij bijgedragen aan de ontwikkeling van de eindversie van het programma. M.J.A. Peelen, student aan de Agrarische Hogeschool in Den Bosch, heeft een bijdrage geleverd aan de hier gepresenteerde berekeningen. Een woord van dank voor hun bijdrage is op zijn plaats.

Hoewel het onderzoek na het verschijnen van deze publikatie wordt afgerond, hopen de auteurs dat voorlichters en leghennenhouders het computerprogramma gebruiken bij het nemen van vervangingsbeslissingen op tactisch niveau.

Vakgroep Agrarische
Bedrijfseconomie
Landbouwniversiteit,



J.A. Renkema

Landbouw-Economisch
Instituut (LEI-DLO),



L.C. Zachariasse

Den Haag, december 1995

SAMENVATTING

Inleiding

Leghennen worden in Nederland over het algemeen iets langer dan een jaar aangehouden. De lengte van de legperiode varieert echter sterk tussen bedrijven en koppels. Dit kan voor een belangrijk deel verklaard worden door de verschillen in technische resultaten tussen koppels en het streven van leghennenhouders om in te spelen op seizoenschommelingen in eierprijzen en slachtopbrengsten. De bepaling van het aanhoudingschema is in de meeste gevallen een economische beslissing. Met een aantal opeenvolgende koppels wordt een zo goed mogelijk economisch resultaat beoogd. Ter ondersteuning van vervangingsbeslissingen bij leghennen is met behulp van dynamische programmering het computerprogramma Optilay ontwikkeld.

Methode en opbouw van het computerprogramma Optilay

Het voor de p.c. ontwikkelde computerprogramma Optilay bestaat uit een simulatiemodel en een optimalisatiemodel. Op basis van een groot aantal praktische invoergegevens berekent het simulatiemodel een groot aantal technische en economische resultaten per week en over de opgegeven legperiode, zoals bijvoorbeeld legpercentage, percentage uitval, eieropbrengsten, voerkosten en het saldo. Ook kunnen seizoenschommelingen voor eierprijzen, slachtopbrengsten, voerprijzen en kosten van opgehokte leghennen worden opgegeven. Daardoor worden de economische resultaten afhankelijk van de week in het jaar waarin het koppel is opgezet.

Daarnaast dient een aantal van deze wekelijkse resultaten uit het simulatiemodel als input voor het optimalisatiemodel. Door het optimalisatiemodel wordt het maximaal te behalen saldo per opgehokte hen over de opgegeven planninghorizon berekend aan met behulp van dynamische programmering (DP). Optimalisatie resulteert in optimale aanhoudingschema's voor een groot aantal opeenvolgende koppels. De resultaten van de eerste 3 koppels worden getoond.

DP is een wiskundige techniek die vooral geschikt is om toegepast te worden in situaties waarin een opeenvolgende reeks van vergelijkbare beslissingen genomen dient te worden. Deze beslissingen moeten zodanig worden genomen dat het effect over de totale reeks beslissingen zo gunstig mogelijk is. DP is daarmee erg geschikt voor het ondersteunen van vervangingsbeslissingen.

DP kenmerkt zich onder andere doordat de beste beslissing in elke mogelijke toestand wordt berekend. Een toestand is een combinatie van een aantal kenmerken waarin koppels van elkaar kunnen verschillen. De volgende kenmerken worden onderscheiden: aantal weken leegstand of aantal legweken

eerste of tweede legperiode, lengte eerste legperiode waarna de rui is geïnduceerd en week in het jaar. Door middel van het DP-algoritme wordt voor elke toestand en voor elke week in de planninghorizon de juiste beslissing berekend, waardoor het saldo per opgehokte hen tot aan het einde van de planninghorizon wordt gemaximaliseerd. Het optimalisatiemodel kiest per week en toestand de beste beslissing uit de volgende 5 keuzemogelijkheden: 1. leegstand; 2. koppel opzetten; 3. koppel aanhouden; 4. koppel rui-induceren en 5. koppel afleveren. Het aantal keuzemogelijkheden is afhankelijk van de toestand van het koppel op het beslismoment en het wel of niet toestaan van de mogelijkheid van rui-inductie of de mogelijkheid van vrijwillige leegstand.

De optimalisatie begint aan het eind van de planninghorizon en gaat vervolgens terug in de tijd naar het begin van de planninghorizon. Wanneer ook in de laatste stap (het begin van de planninghorizon) de optimale beslissing is bepaald (koppel opzetten of week leegstand), ligt het optimale aanhoudingschema van alle opeenvolgende koppels vast. Door vanaf het begin van de planninghorizon week voor week tot aan het einde van de planninghorizon steeds de optimale beslissing te volgen, kan het concrete optimale aanhoudingschema van de opeenvolgende koppels worden afgeleid.

Voordat de optimalisatie plaats kan vinden zijn, naast de wekelijkse resultaten uit het simulatiemodel, nog een aantal andere gegevens nodig. Dit zijn de lengte van de overgangsperiode, de lengte van de minimale leegstand, het wel of niet toestaan van vrijwillige leegstand en/of rui-inductie, de lengte van de planninghorizon, de maximale lengte van de eerste en tweede legperiode en het rentepercentage. Ook moet de potentiële startweek worden opgegeven. Een aanhoudingschema wordt gekenmerkt door het jaar en de week waarin wordt opgezet, het moment waarop rui wordt geïnduceerd en het moment waarop wordt afgeleverd. Uit het tussenliggende aantal weken kan de lengte van de totale legperiode en de lengte van de leegstand worden berekend. Naast het optimale aanhoudingschema wordt een aantal bijbehorende technische en economische resultaten berekend.

Ook de technische en economische resultaten van zelf gedefinieerde aanhoudingschema's kunnen met het computerprogramma worden doorgerekend. Op deze manier kan het economische voordeel van optimale aanhoudingschema's inzichtelijk worden gemaakt.

Resultaten van berekeningen

Met het computerprogramma zijn berekeningen uitgevoerd voor gemiddelde witte en bruine hennen onder Nederlandse omstandigheden. Tevens zijn enkele gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. De overgangsperiode tussen opzetten en begin legperiode is 3 weken. Na het afleveren van de hennen is er minimaal 2 weken leegstand. Er wordt rekening gehouden met seizoeninvloeden in eieropbrengsten en slachtopbrengsten. In de zomerperiode zijn deze opbrengsten aanzienlijk lager dan in de winterperiode.

Tabel 1 bevat resultaten die behoren bij optimale aanhoudingschema's, waarbij geen rekening is gehouden met seizoeninvloeden. Het optimale aanhoudingschema voor witte hennen waarbij rui-inductie is toegestaan is 51-35,

dat wil zeggen 51 weken eerste legperiode en 35 weken tweede legperiode. De eerste legperiode begint op een leeftijd van 20 weken. De tweede legperiode begint op het moment van rui-inductie.

Zowel voor witte als bruine hennen is rui-inductie bij de gekozen uitgangspunten economisch voordelig. Het voordeel bedraagt ongeveer f 2,- per opgehokte hen per legperiode. Zonder de mogelijkheid van rui-inductie is de lengte van de legperiode voor witte en bruine hennen respectievelijk 65 en 64 weken.

Tabel 1 Technische en economische resultaten a) van gemiddelde witte en bruine leghennen per legperiode

	Witte leghennen		Bruine leghennen	
	nee 65-0	ja 51-35	nee 64-0	ja 47-35
Rui-inductie toegestaan				
Aanhoudingschema b)				
Legpercentage	81,46	74,86	79,40	74,57
Aantal eieren opgehokte hen	353,52	419,32	341,84	401,68
Kg eieren opgehokte hen	22,24	26,76	21,71	25,94
Percentage tweede soort	14,59	14,52	14,36	14,19
Uitvalpercentage	10,09	16,92	8,73	14,74
Kg voer opgehokte hen	49,13	60,36	50,08	59,86
Voerconversie	2,21	2,26	2,31	2,31
Per opgehokte hen (in gld.):				
opbrengst eieren	34,59	41,61	34,47	41,13
slachtopbrengst	0,79	0,73	1,00	0,94
kosten opgehokte hen	7,00	7,00	7,15	7,15
voerkosten	21,48	26,30	21,90	26,10
overige toegerekende kosten	1,24	1,59	1,23	1,53
saldo legperiode	5,66	7,44	5,19	7,29
saldo per jaar	4,20	4,25	3,91	4,35

a) Er is geen rekening gehouden met seizoeninvloeden op opbrengsten en kosten; b) Het eerste getal duidt op het aantal weken eerste legperiode, het tweede op het aantal weken in de tweede legperiode.

Wanneer met seizoenschommelingen op eierprijzen en slachtopbrengsten wordt gerekend ontstaat er een gecompliceerder beeld. Ongeacht de gekozen uitgangspunten en de potentiële startweek voor de eerste opzet, wordt binnen enkele jaren een optimaal stabiel aanhoudingschema bereikt. Een stabiel schema kenmerkt zich doordat opzetweken, eventuele ruiweken en weken waarin moet worden afgeleverd na één of enkele koppels repeterend zijn.

Zonder de mogelijkheid van rui-inductie wordt in het stabiele aanhoudingschema voor witte hennen een saldo per opgehokte hen per jaar van f 4,30 bereikt. Dit optimale stabiele aanhoudingschema bestaat uit 3 opeenvolgende koppels met achtereenvolgens een legperiode van 69, 57 en 67 weken. Deze koppels moeten respectievelijk worden opgezet in de weken 48, 18 en 28. Een stabiel aanhoudingschema voor bruine hennen kenmerkt zich door

2 koppels die opgezet moeten worden in week 48 (70-0) en 27 (68-0). Voor opzet in week 27 is er 10 weken leegstand. Het saldo dat met dit optimale stabiele aanhoudingschema behaald wordt is f 3,96 per opgehokte hen per jaar.

Met de mogelijkheid van rui-inductie is het zowel voor witte als voor bruine hennen economisch voordelig om rui te induceren. Het stabiele schema voor witte hennen is na opzetten in week 25 51-42 met 8 weken leegstand na afleveren van het vorige koppel. Voor bruine hennen bestaat het stabiele schema uit 3 koppels met achtereenvolgens een aanhoudingsduur van 48-41, 48-29 en 45-34. Daarbij wordt respectievelijk opgezet in week 29, 19 en 49. Het saldo per opgehokte hen per jaar bedraagt na rui-inductie voor witte hennen f 4,41 en voor bruine hennen f 4,52.

Over het algemeen moeten goede koppels langer worden aangehouden dan slechte koppels. Goede koppels kenmerken zich door een hoger legpercentage en een lagere uitval. In stabiele aanhoudingschema's voor goede hennen komt dit tot uiting door minder of geen vrijwillige leegstand of minder koppels met per koppel een langere aanhoudingsduur.

Variatie in eierprijzen heeft vooral invloed op het aantal verschillende koppels in een stabiel schema en de lengte van de leegstand. Bij lagere eierprijzen is rui-inductie vaker voordelig, zitten er minder koppels in een stabiel schema en wordt er vaker van vrijwillige leegstand gebruik gemaakt. Wanneer de eierprijs ten opzichte van de uitgangssituatie 15 cent lager is (f 1,45 voor witte eieren, f 1,48 voor bruine eieren) is het saldo per opgehokte hen per jaar voor witte hennen en bruine hennen met rui-inductie respectievelijk f 2,34 en f 2,39. Lagere eierprijzen hebben bij de gekozen variaties een grotere invloed op het optimale aanhoudingschema dan lagere voerkosten of lagere kosten van opgehokte hennen.

Vrijwillige leegstand is vooral voordelig in combinatie met rui-inductie en lage eierprijzen. Daarom is het voordeel van verlenging van de leegstand groter wanneer rui geïnduceerd mag worden dan wanneer de hennen nooit geïnduceerd worden.

Het hoogste saldo met een éénjaarcyclus (47-0) wordt gehaald bij opzetten in week 23. Voor witte hennen is dat f 3,79. Voor bruine hennen wordt dan een saldo per opgehokte hen per jaar van f 3,53 behaald. Dit is aanzienlijk lager dan met het optimale stabiele schema behaald kan worden.

Een in de praktijk gangbaar aanhoudingschema is 60-0. Het hoogste saldo per opgehokte hen per jaar levert dit schema op wanneer achtereenvolgens in week 4, 17, 30 en 43 wordt opgezet. Het vijfde koppel wordt dan weer in week 4 opgezet. Voor witte en bruine hennen levert dit respectievelijk f 4,18 en f 3,91 op. Ten opzichte van het optimale stabiele aanhoudingschema met de mogelijkheid van rui-inductie is dit f 0,23 en f 0,61 minder per opgehokte hen per jaar. Voor een volwaardig bedrijf met 35.000 leghennen betekent dit voor bruine hennen op jaarbasis f 21.350,- minder saldo.

Discussie en conclusies

Uit de berekeningen kan een aantal belangrijke conclusies worden getrokken. Wanneer de eierprijzen dalen, dan zal de gemiddelde aanhoudings-

duur toenemen. Ook rui-inductie en het toepassen van vrijwillige leegstand worden een middel om een zo hoog mogelijk saldo te behalen. Het is voordeliger van rui-inductie gebruik te maken dan vrijwillige leegstand toe te passen en geen rui te induceren. Goede koppels moeten over het algemeen langer worden aangehouden dan slechte koppels.

Het eerste koppel in een stabiel optimaal aanhoudingschema wordt altijd ongeveer midden in de zomer opgezet wanneer de eierprijzen en slachtopbrengsten laag zijn. Het tweede koppel wordt meestal rond week 48 opgezet. Is er een derde koppel in het stabiele schema, dan wordt dat meestal rond week 18 opgezet. Rui-inductie vindt meestal rond dezelfde weken plaats als opzetten. Op deze manier wordt bereikt dat de hoogste eierproductie samenvalt met de periodes waarin de eierprijzen het hoogste zijn. Navolging van deze aanhoudingschema's zal echter zorgen voor pieken in de vraag van jonge hennen. Dit zou kunnen leiden tot seizoenschommelingen in de prijs van jonge hennen waardoor het uiteindelijk weer minder belangrijk wordt in welke periode van het jaar de hennen worden opgezet.

Berekeningen tonen aan dat het langere aanhouden van het koppel of rui-inductie bij de gekozen uitgangspunten vaak financieel aantrekkelijk is. Zeker wanneer het verschil tussen de eieropbrengsten en de kosten van opgehokte hennen groter worden, vormen deze 2 opties reële mogelijkheden om het saldo per opgehokte hen per jaar te verbeteren.

In de praktijk worden hennen over het algemeen korter aangehouden dan optimaal is. Ook komt rui-inductie weinig voor. Blijkbaar spelen andere dan strikt financiële factoren daarbij een rol.

Dynamische programmering kan met succes worden toegepast bij het bepalen van het optimale aanhoudingschema van leghennen. Daarnaast is het goed mogelijk zelf aanhoudingschema's te definiëren en de resultaten daarvan te vergelijken met de resultaten bij optimale aanhoudingschema's. Het belangrijkste voordeel van computermatige beslissingsondersteuning is dat het belang van de bedrijfsspecifieke technische en financiële uitgangspunten op het optimale aanhoudingschema op juiste wijze kan worden aangegeven. Met het ontwikkelde computerprogramma Optilay kan de leghennenhouder goed worden ondersteund bij het nemen van vervangingsbeslissingen bij leghennen.

1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

1.1 Inleiding

Leghennen worden in Nederland gewoonlijk iets langer dan een jaar aangehouden. Het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) registreerde de laatste jaren voor witte leghennen een gemiddelde lengte van de legperiode van 58 tot 59 weken. Bruine leghennen werden korter aangehouden met een gemiddelde lengte van de legperiode van 55 tot 56 weken.

De lengte van de legperiode varieert echter sterk tussen bedrijven en de verschillende koppels. Zo varieert de lengte van de legperiode van witte leghennen van 52 weken tot meer dan 64 weken. Deze variatie kan worden verklaard door vele factoren. Belangrijke zijn in elk geval verschillen in technische resultaten van de koppels en het streven van leghennenhouders om in te spelen op de seizoenschommelingen in eierprijzen. Door de lagere eierprijzen in de zomer zullen koppels die in de voorgaande zomer zijn opgezet veelal eerder worden afgeleverd dan koppels die zijn opgezet in de winter. Daardoor wordt er samen met het volgende koppel naar verwachting een beter economisch resultaat behaald.

1.2 Probleemstelling

De bepaling van de lengte van de legperiode is in het merendeel van de gevallen een economische beslissing. Bij deze beslissing speelt de verwachting van de economische resultaten van vervangende koppels een grote rol. Onderzoek op het gebied van de optimale aanhoudingsduur bij landbouwhuisdieren was tot nu toe voornamelijk gericht op melkvee (Van Arendonk, 1985) en varkens (Huirne, 1990). In een eerdere studie (Van Horne et al., 1991) is de aanbeveling gedaan om door middel van dynamische programmering (DP) de vervangingsbeslissing voor koppels leghennen te ondersteunen. Doel van dit onderzoek was dan ook om op basis van DP een computerprogramma te ontwikkelen ter bepaling van het optimale aanhoudingschema van leghennen. Het aanhoudingschema wordt bepaald door het moment waarop de legperiode wordt begonnen, eventueel het moment van rui-inductie en het moment van afleveren. Naast de beschrijving van dit computerprogramma wordt in deze publikatie een aantal berekeningen met dit computerprogramma gepresenteerd.

1.3 Opbouw van de publikatie

In hoofdstuk 2 wordt het ontwikkelde computerprogramma omschreven. In hoofdstuk 3 worden vervolgens de technische en financiële uitgangspunten voor verschillende koppels beschreven. Tevens wordt ingegaan op de seizoenschommelingen in de opbrengstprijzen. In hoofdstuk 4 worden resultaten van berekeningen met het computerprogramma gepresenteerd. Tenslotte volgt in hoofdstuk 5 de discussie waarin de berekende resultaten nader worden beschouwd. Ook wordt ingegaan op de praktische relevantie van het ontwikkelde computerprogramma.

2. METHODE EN OPBOUW VAN HET COMPUTERPROGRAMMA OPTILAY

2.1 Inleiding

Om vervangingsbeslissingen bij leghennen beter te kunnen ondersteunen is in dit onderzoek het computerprogramma Optilay ontwikkeld. Optilay bestaat uit een simulatiemodel en een optimalisatiemodel. Met het simulatiemodel kunnen voor afzonderlijke koppels saldoberekeningen worden uitgevoerd. Daarnaast levert het simulatiemodel ook de input voor het optimalisatiemodel. Door het optimalisatiemodel wordt het optimale aanhoudingschema van een aantal achtereenvolgende koppels bepaald met daarbij behorende technische en economische resultaten. In dit hoofdstuk worden beide onderdelen beschreven.

2.2 Simulatiemodel

Op basis van een groot aantal praktische invoergegevens berekent het simulatiemodel een groot aantal technische resultaten per week zoals het legpercentage, eiergewicht, tweede-soorteieren, uitval en voerverbruik. Door deze wekelijkse resultaten te koppelen aan onder andere eierprijzen en voerprijzen, worden economische resultaten per week berekend. Ook kunnen seizoenschommelingen voor eierprijzen, slachtopbrengsten, voerprijzen en kosten van opgehokte leghennen worden opgegeven. Daardoor worden de wekelijkse economische resultaten afhankelijk van de week in het jaar waarin het koppel is opgezet.

Met behulp van deze resultaten per week kan voor een koppel een groot aantal kengetallen worden berekend zoals het gemiddelde legpercentage of het saldo per opgehokte hen. Voor deze toepassing van het simulatiemodel moet ook de lengte van de eerste en tweede legperiode worden opgegeven.

Daarnaast dient een aantal van deze wekelijkse resultaten als input voor het optimalisatiemodel. De optimale lengte van de eerste en tweede legperiode van meerdere koppels worden dan door het optimalisatiemodel berekend.

De meeste invoergegevens zijn direct uit de praktijk afkomstig en behoeven niet eerst een bewerking te ondergaan om ingevoerd te worden. De invoergegevens kunnen worden onderscheiden in technische gegevens voor de eerste legperiode en de tweede legperiode en economische gegevens. In deze paragraaf wordt volstaan met een korte beschrijving van de invoergegevens en de simulatiemethode.

Legpercentage

Met tussenstappen van 4 weken wordt het legpercentage voor de eerste en tweede legperiode ingevoerd. Het legpercentage in de tussenliggende weken wordt lineair gesimuleerd. Het legpercentage in de tweede legperiode is afhankelijk van de lengte van de eerste legperiode waarna de rui wordt geïnduceerd. Dit wordt opgegeven als afname in legpercentage per week later rui-induceren dan de eerste week waarin rui-inductie wordt toegestaan.

Eiergewicht

Met tussenstappen van 4 weken wordt het eiergewicht voor de eerste en tweede legperiode ingevoerd. Het eiergewicht in de tussenliggende weken wordt lineair gesimuleerd. Het eiergewicht in de tweede legperiode wordt niet afhankelijk verondersteld van de legweek waarin rui wordt geïnduceerd.

Tweede-soorteieren

Met tussenstappen van 4 weken wordt het percentage tweede-soorteieren voor de eerste en tweede legperiode ingevoerd. Het percentage tweede-soorteieren in de tussenliggende weken wordt lineair gesimuleerd. Het percentage tweede-soorteieren in de tweede legperiode is niet afhankelijk van de legweek waarin rui wordt geïnduceerd. Tevens wordt ingevoerd welk deel van de tweede-soorteieren apart wordt geleverd.

Uitval

Met tussenstappen van 4 weken wordt het cumulatieve uitvalpercentage voor de eerste en tweede legperiode ingevoerd. Het cumulatieve percentage uitval in de tussenliggende weken wordt lineair gesimuleerd. Het cumulatieve uitvalpercentage in de tweede legperiode is niet afhankelijk van de legweek waarin rui wordt geïnduceerd.

Voerverbruik

Met tussenstappen van 4 weken wordt het voerverbruik per aanwezige hen per dag voor de eerste en tweede legperiode ingevoerd. Het voerverbruik per aanwezige hen per dag in de tussenliggende weken wordt lineair gesimuleerd. Het voerverbruik per aanwezige hen per dag in de tweede legperiode is niet afhankelijk van de legweek waarin rui wordt geïnduceerd.

Een koppel begint met voerfase 1. In legweek 20 wordt overgeschakeld naar voerfase 2. In legweek 40 wordt overgeschakeld naar voerfase 3. Voor de tweede legperiode is met voerfase 2 gerekend.

Opbrengsten

De opbrengsten kunnen worden berekend na het invoeren van de basisprijs per kilogram eieren, de korting voor tweede-soorteieren en de slachtopbrengst per afgeleverde hen. Afhankelijk van het eiergewicht kan een correctie voor de basisprijs per kilogram eieren worden ingevoerd. De korting voor tweede-soorteieren bestaat uit een korting voor tweede-soorteieren die apart worden geleverd en een korting voor tweede-soorteieren die in de eerste-

soortieren worden geleverd. Deze laatste korting is afhankelijk van het percentage tweede-soortieren in de eerste soort.

Voor de seizoenschommelingen in de basisprijs per kilogram eieren en de slachtopbrengsten kunnen per vierweekse periode correcties van de gemiddelde opbrengsten ingevoerd worden.

Kosten

De kosten bestaan uit de kosten van opgehokte hennen, de voerkosten per 100 kg voer voor de 3 voerfasen en de overige toegerekende kosten per week per hen.

Voor de seizoenschommelingen in de kosten van opgehokte hennen en de voerkosten kunnen per vierweekse periode correcties van de gemiddelde kosten ingevoerd worden.

2.3 Optimalisatiemodel

Met het optimalisatiemodel wordt het optimale aanhoudingschema van een aantal opeenvolgende koppels leghennen berekend. Tevens geeft het optimalisatiemodel voor de eerste 3 koppels aan in welk jaar en welke week de eerste legperiode begint, wanneer eventueel rui moet worden geïnduceerd en wanneer de koppels moeten worden afgeleverd. Het aanhoudingschema van een zeker koppel bepaalt wanneer het volgende koppel kan worden opgezet. Vanwege de seizoenschommelingen in een aantal kosten en opbrengsten kan er een verschil zijn in het saldo dat met de opeenvolgende koppels wordt behaald, ook al is de lengte van de legperiode gelijk. De economische resultaten van opeenvolgende koppels zijn daarmee afhankelijk van elkaar. De opeenvolgende koppels moeten echter samen het maximale saldo per opgehokte hen opleveren dat over een (groot) aantal jaren behaald kan worden. Behalve het saldo dat met het ene koppel kan worden behaald, moet bij de bepaling van het aanhoudingschema rekening worden gehouden met het saldo dat met de volgende koppels behaald kan worden.

Het optimalisatiemodel maximaliseert het saldo per opgehokte hen over een (op)gegeven planninghorizon met behulp van dynamische programmering (DP). DP is een wiskundige techniek die vooral geschikt is om toegepast te worden in situaties waarin een opeenvolgende reeks van vergelijkbare beslissingen genomen dient te worden (Bellman, 1957). Deze beslissingen moeten zodanig worden genomen dat het effect ervan op het totaal zo gunstig mogelijk is. DP is daarmee erg geschikt voor het ondersteunen van vervangingsbeslissingen (Van Beek en Hendriks, 1985).

DP wordt reeds met succes in de praktijk toegepast bij het ondersteunen van vervangingsbeslissingen bij melkvee (Van Arendonk, 1985) en zeugen (Huirne, 1990 en De Vries et al., 1994).

Eén van de eerste suggesties voor toepassing van DP voor het bepalen van de optimale aanhoudingsduur van leghennen werd reeds in 1959 beschreven door White (1959). Ook Low en Brookhouse (1967), Sundermeier et al. (1986) en Verheyen et al. (1990) beschreven de toepassing van DP bij de bepa-

ling van de optimale aanhoudingsduur van leghennen. In de literatuur wordt echter geen melding gemaakt van de ontwikkeling van gebruiksvriendelijke, praktijkrijpe (computer)programma's waarmee deze optimale aanhoudingsduur berekend kan worden.

Met het simulatiemodel worden de technische en economische resultaten van een koppel leghennen berekend per legweek. Deze resultaten vormen een deel van de benodigde input voor het optimalisatiemodel. De technische resultaten en de prijzen voor de opeenvolgende koppels worden gelijk verondersteld, waarbij voor wat betreft sommige opbrengsten en kosten een seizoeneffect wordt verondersteld.

Voordat de optimalisatie plaats kan vinden, zijn naast de input uit het simulatiemodel, nog een aantal andere gegevens nodig. De gebruiker moet daarvoor een aantal keuzes maken:

1. lengte overgangperiode. Dit betreft het aantal weken tussen opzetten en begin van de eerste legperiode;
2. lengte gedwongen leegstand. Dit is het minimale aantal weken leegstand dat nodig is voor schoonmaken en ontsmetten van de stal voordat het volgende koppel kan worden opgezet;
3. wel of geen vrijwillige leegstand toestaan. Hoewel een langere leegstand dan de gedwongen leegstand in bijvoorbeeld de zomer de economisch beste beslissing kan zijn, kan ervoor worden gekozen vrijwillige leegstand bijvoorbeeld op niet-economische gronden uit te sluiten;
4. wel of geen rui-inductie toestaan. Hoewel rui-inductie in sommige gevallen de economisch beste beslissing kan zijn, kan ervoor worden gekozen rui-inductie uit te sluiten;
5. week in het jaar waarin het eerste koppel mag worden opgezet. Wanneer vrijwillige leegstand is toegestaan kan het programma ervoor kiezen om het opzetten van het eerste koppel uit te stellen en dus niet samen te laten vallen met het begin van de planningperiode;
6. maximale lengte van de legperiode(s). Bij het bereiken van de maximale lengte van de legperiode wordt het koppel altijd afgeleverd. Wanneer de maximale lengte van de legperiode ruim wordt gesteld (bijvoorbeeld 75 legweken in de eerste legperiode), dan wordt de maximale lengte in de optimalisatie zelden of nooit gehaald;
7. rentepercentage per jaar. Dit is de reële rentevoet die gebruikt wordt om van toekomstige opbrengsten en kosten de contante waarde te berekenen. Optilay berekent het optimale aanhoudingschema aan de hand van de contante waarden van opbrengsten en kosten;
8. lengte planninghorizon. Dit is het aantal weken waarover geoptimaliseerd wordt. De lengte van de planninghorizon moet voldoende lang worden gekozen om stabiele resultaten voor de eerste koppels te krijgen. Hoe hoger het rentepercentage, des te korter de planninghorizon kan zijn.

DP kenmerkt zich onder andere doordat de beste beslissing in elke mogelijke toestand wordt berekend. Een toestand is een combinatie van een aantal kenmerken waarin koppels van elkaar kunnen verschillen. In het optimalisatiemodel worden de volgende kenmerken onderscheiden: aantal weken leeg-

stand of aantal legweken eerste of tweede legperiode, lengte eerste legperiode waarna de rui is geïnduceerd en week in het jaar. Het optimalisatiemodel rekent met tijdstappen van een week.

Door middel van het DP-algoritme wordt voor elke toestand en voor elke week in de planninghorizon de juiste beslissing berekend waardoor het saldo per opgehokte hen tot aan het einde van de planninghorizon wordt gemaximaliseerd.

De berekening van de juiste beslissing voor elke toestand en elke week begint aan het einde van de planninghorizon en loopt week voor week terug totdat de eerste week wordt bereikt. Het optimalisatiemodel kiest per week en toestand de beste beslissing uit de volgende 5 keuzemogelijkheden:

1. leegstand tot het volgende beslismoment;
2. koppel opzetten;
3. koppel aanhouden;
4. koppel rui-induceren;
5. koppel afleveren.

Het aantal keuzemogelijkheden is afhankelijk van de toestand van het koppel op het beslismoment en het wel of niet toestaan van de mogelijkheid van rui-inductie. Zo zijn de keuzemogelijkheden (1) en (2) alleen reëel wanneer het koppel is afgeleverd (5). De keuzemogelijkheden (3), (4) en (5) zijn alleen reëel wanneer het koppel is opgezet en er dus geen leegstand is. Er kan per koppel slechts éénmaal voor rui-inductie worden gekozen.

Aan het einde van de planninghorizon wordt het koppel afgeleverd (5), ongeacht de toestand (aantal weken leg) van het koppel. Vervolgens wordt op recursieve wijze per week voor elke toestand de optimale beslissing bepaald. Het criterium voor de te kiezen keuzemogelijkheid is het te behalen saldo tot aan het volgende beslismoment (de volgende week), vermeerderd met het cumulatieve saldo dat vanaf het volgende beslismoment onder het optimale vervangingsbeleid tot aan het einde van de planninghorizon wordt behaald. De keuzemogelijkheid die het hoogste cumulatieve saldo tot aan het einde van de planninghorizon oplevert, wordt gekozen. Op deze manier wordt voor elke toestand in elke week de optimale beslissing berekend. De optimaliseringsmethode is in meer detail beschreven in De Vries (1991).

Wanneer ook in de laatste stap (het begin van de planninghorizon) de optimale beslissing is bepaald, ligt het optimale aanhoudingschema van alle opeenvolgende koppels vast. Door vanaf het begin van de planninghorizon week voor week tot aan het einde van de planninghorizon steeds de optimale beslissing te volgen, kan het concrete optimale aanhoudingschema van de opeenvolgende koppels worden afgeleid. De reeks optimale beslissingen van de eerste week tot de laatste week van de planninghorizon levert het maximale saldo per opgehokte hen per jaar gedurende de opgegeven planninghorizon op.

Omdat aan het einde van de planninghorizon het koppel wordt afgeleverd ongeacht de toestand (leeftijd), moet de lengte van de planninghorizon voldoende groot worden gekozen opdat het optimale aanhoudingschema van de eerste koppels niet wordt beïnvloed door de beslissing af te leveren aan het einde van de planninghorizon. De lengte van de planninghorizon moet dus

aan een zeker minimum voldoen die echter enigszins afhankelijk is van de uitgangspunten zoals wel of geen rui-inductie toegestaan of de mate van seizoenschommelingen in prijzen. Door rekening te houden met tijdsvoorkeur (via discontering met de rentevoet) wordt het effect van een verder in de tijd gelegen beslissing wel (aanzienlijk) kleiner. De lengte van de planninghorizon kan daardoor eventueel korter worden gekozen.

Het optimalisatiemodel toont de optimale aanhoudingschema's van de eerste 3 koppels. Het optimale aanhoudingschema van een koppel wordt weergegeven door:

1. jaar en week opzetten (voor het eerste koppel door de gebruiker opgegeven);
2. jaar en week rui-inductie (alleen wanneer het optimalisatiemodel voor rui-inductie kiest);
3. jaar en week afleveren.

Uit het tussenliggende aantal weken kan de lengte van de totale legperiode, de lengte van de leegstand en de overgangsperiode worden berekend. Wanneer het optimale aanhoudingschema van een koppel bekend is, kan het saldo voor dit koppel berekend worden.

Het is ook mogelijk van 3 opeenvolgende koppels een eigen aanhoudingschema in te voeren. Het optimalisatiemodel geeft de technische en economische resultaten weer die bij deze aanhoudingschema's behoren. Zo kunnen verschillen in technische en economische resultaten tussen zelf gedefinieerde en optimale aanhoudingschema's worden weergegeven. Op deze manier kan het economische voordeel van optimale aanhoudingschema's ten opzichte van zelf gedefinieerde aanhoudingschema's inzichtelijk worden gemaakt.

3. UITGANGSPUNTEN

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten beschreven die gebruikt zijn in de berekeningen van het optimale aanhoudingschema voor leghennen. In paragraaf 3.2 worden de uitgangspunten voor witte leghennen beschreven en in paragraaf 3.3 de uitgangspunten voor bruine leghennen. Er wordt volstaan met een globale beschrijving van de belangrijkste uitgangspunten. In paragraaf 3.4 volgt de beschrijving van de seizoeninvloed op de opbrengsten. In paragraaf 3.5 staan de overige voor de optimalisatie noodzakelijke uitgangspunten. De paragrafen 3.6 en 3.7 geven respectievelijk de uitgangspunten van de gevoeligheidsanalyses met variatie in technische en economische uitgangspunten. Tenslotte wordt in paragraaf 3.8 aangegeven hoe het economisch voordeel van het optimale aanhoudingschema ten opzichte van een zelf gedefinieerd aanhoudingschema in kaart kan worden gebracht.

3.2 Witte leghennen

De uitgangspunten voor witte leghennen komen overeen met de resultaten van gemiddelde witte hennen onder Nederlandse praktijkomstandigheden. Van de gemiddelde resultaten in de tweede legperiode zijn weinig betrouwbare gegevens beschikbaar. Daardoor zijn de gemiddelde uitgangspunten voor de tweede legperiode meer gebaseerd op schattingen van de auteurs.

Legpercentage

De topproductie van 94,0% wordt bereikt in de negende legweek. Deze top wordt vervolgens 9 weken vastgehouden. Daarna neemt het legpercentage af tot 89,1% in legweek 29, 80,9% in legweek 45 en 68,9% in legweek 61.

Indien geruid wordt na de 46ste legweek is de tweede topproductie 84,0% in legweek 13 van de tweede legperiode. De afname in legpercentage daarna loopt van 72,0% in legweek 29 en 54,0% in legweek 45. Per week later rui-induceren wordt het legpercentage met 0,4 procentpunt verlaagd.

Eiergewicht

Het eiergewicht neemt toe van 43,0 gram in de eerste legweek tot 65,4 gram vanaf legweek 45 tot het einde van de eerste legperiode. In de tweede legperiode neemt het eiergewicht toe van 62,8 gram in legweek 5 tot 67,8 gram vanaf legweek 21.

Tweede-soorteieren

Het percentage tweede-soorteieren neemt tijdens de eerste legperiode toe van 4,0% in legweek 5, 9,6% in legweek 21, 19,0% in legweek 45 tot meer dan 30,0% na legweek 61. In de tweede legperiode neemt het percentage tweede-soorteieren toe van 12,0% in legweek 5, 29,0% in legweek 29 tot meer dan 45,0% na legweek 45. De helft van de tweede-soorteieren wordt apart als tweede soort aan de afnemer geleverd. De overige tweede-soorteieren worden in de eerste soort geleverd.

Uitval

De cumulatieve uitval van hennen tijdens de eerste legperiode neemt toe van 0,12% na de eerste legweek, 3,93% na legweek 29, 6,51% na legweek 45 tot meer dan 9,34% na legweek 61. Tijdens de tweede legperiode loopt het cumulatieve uitvalpercentage op van 0,80% in de eerste week na rui-inductie, 7,90% na legweek 29 tot meer dan 12,05% na legweek 45.

Voerverbruik

Het voerverbruik per leggen per dag loopt van 116 gram vanaf legweek 9 tot 113 gram vanaf legweek 33. In de tweede legperiode is, na gedeeltelijke voeronthouding om de rui te induceren, het voerverbruik per leggen per dag maximaal 114 gram tot en met legweek 25. Daarna loopt het voerverbruik terug tot 111 gram vanaf legweek 37.

Opbrengsten

De basisprijs per kilogram eieren is gesteld op f 1,60. De apart geleverde tweede-soorteieren brengen per stuk 1,0 cent minder op dan de als eerste soort geleverde eieren. Indien het percentage tweede soort in de als eerste soort geleverde eieren minder dan 10% maar meer dan 5% bedraagt, is de korting voor de tweede soort 2,0 cent. Tussen 10% en 20% tweede-soorteieren in de eerste soort levert een korting van 2,5 cent op. Tussen 20% en 30% is de korting 3,0 cent en bij meer dan 30% tweede soort worden deze eieren gekort met 3,5 cent per stuk. Aangezien het hoogste percentage tweede soort dat bereikt kan worden minder dan 50% is, en de helft daarvan in de eerste soort wordt geleverd, bedraagt de korting nooit meer dan 3,0 cent per ei. De slacht-opbrengst per afgeleverde hen bedraagt f 0,875. Dit is ongeacht de leeftijd van de hen.

Kosten

De kosten van een opgehokte leggen, dit is de aankoopprijs van de jonge leggen vermeerderd met de kosten in de overgangperiode, is gesteld op f 7,00. De voerkosten bedragen f 45,00 voor fase-éénvoer, f 43,50 voor fase-tweevoer en f 42,90 voor fase-drievoer. De overige variabele kosten zijn gesteld op f 0,02 per hen per week. Dit zijn kosten voor onder andere water, elektriciteit en gezondheidszorg.

3.3 Bruine leghennen

De produktiekenmerken van bruine leghennen verschillen van die van witte leghennen, hoewel de verschillen steeds kleiner worden. Tevens zijn enkele belangrijke economische uitgangspunten, zoals de kosten van een opgehoekte legghen en de slachtopbrengst, afwijkend.

De uitgangspunten voor bruine leghennen komen overeen met de resultaten van gemiddelde bruine hennen onder Nederlandse praktijkomstandigheden. Van de gemiddelde resultaten in de tweede legperiode zijn weinig betrouwbare gegevens beschikbaar. Daardoor zijn de uitgangspunten voor de tweede legperiode meer gebaseerd op schattingen van de auteurs.

Legpercentage

De topproductie van 94,0% wordt bereikt in de negende legweek. Deze top wordt vervolgens 5 weken vastgehouden. Daarna neemt het legpercentage af tot 86,3% in legweek 29, 77,5% in legweek 45 tot minder dan 65,5% na legweek 61. Wanneer rui-inductie plaatsvindt na legweek 46 is de topproductie 84,0% in legweek 13 van de tweede legperiode. Het legpercentage loopt daarna van 73,0% in legweek 29 tot minder dan 50,0% na legweek 45.

Eiergewicht

Het eiergewicht neemt toe van 50,5 gram in de eerste legweek tot 66,4 gram vanaf legweek 61. In de tweede legperiode neemt het eiergewicht toe van 63,8 gram in legweek 5 tot 68,8 gram vanaf legweek 21.

Tweede-soortieren

Het percentage tweede-soortieren wordt hetzelfde verondersteld als dat bij witte leghennen. De helft van de tweede-soortieren wordt apart als tweede soort geleverd.

Uitval

De cumulatieve uitval tijdens de eerste legperiode neemt toe van 0,10% na legweek 1, 3,37% na legweek 29, 5,66% na legweek 45 tot meer dan 8,23% na legweek 61. In de tweede legperiode neemt de cumulatieve uitval toe van 0,84% in eerste legweek, 7,58% na legweek 29 tot meer dan 10,91% na legweek 45.

Voerverbruik

Het voerverbruik per legghen per dag bedraagt 119 gram vanaf legweek 5 tot 115 gram na legweek 45. In de tweede legperiode loopt het voerverbruik per dier per dag 117 gram na legweek 5 tot 113 gram na legweek 45. De rui wordt geïnduceerd door enkele weken zeer beperkt voer te verstrekken.

Opbrengsten

De basisprijs per kilogram eieren is gesteld op f 1,63. De korting voor tweede-soortieren is dezelfde als die voor witte leghennen. De slachtop-

brengrst per afgeleverde bruine hen bedraagt f 1,10 ongeacht de leeftijd van de hen.

Kosten

De kosten van een opgehokte leghen is gesteld op f 7,15. De voerkosten zijn dezelfde als die voor witte leghennen. De overige variabele kosten zijn gesteld op f 0,02 per hen per week, evenals bij witte hennen.

3.4 Seizoeninvloed op opbrengsten

Gezien de geconditioneerde omstandigheden waaronder in Nederland leghennen gehouden worden, alsook vanwege het ontbreken van onderzoeksgegevens, is verondersteld dat de technische resultaten niet beïnvloed worden door het seizoen. Voor de prijzen van eieren en slachthennen ligt dat anders. Het prijsverloop binnen een jaar vertoont een min of meer vaststaand patroon. Wanneer de optimale aanhoudingsduur van toekomstige koppels leghennen wordt berekend, moet met het te verwachten patroon voor de komende jaren worden gerekend. Dit te verwachten prijsverloop binnen een jaar kan het beste afgeleid worden van recent gerealiseerde prijzen.

Tabel 3.1 *Seizoenschommelingen in de gemiddelde producentenprijs per kilogram eieren en de slachtopbrengst per kilogram afgeleverde hen per periode van 4 weken, basis 1992 tot en met 1994*

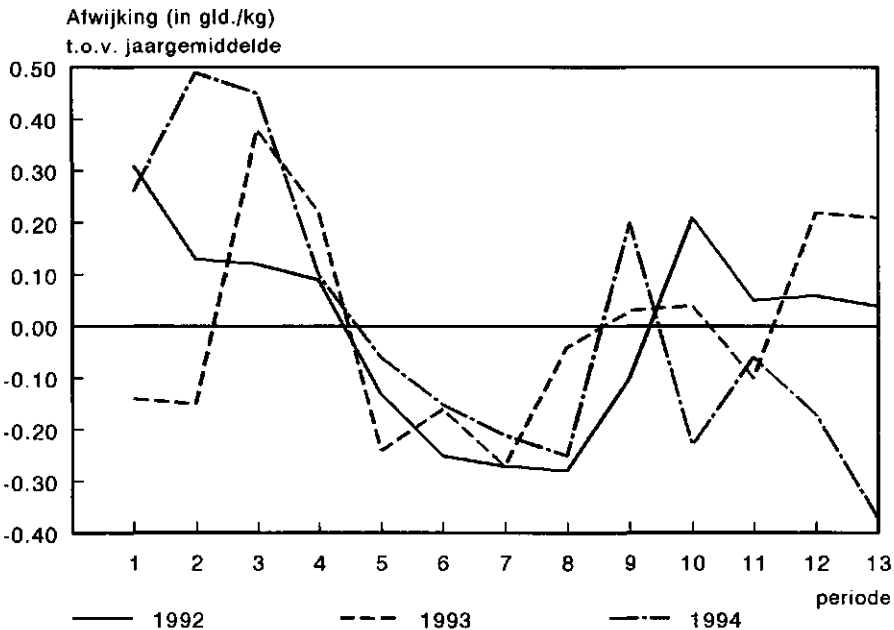
Periode	Maandelijks afwijking in gld./kg eieren van de producentenprijs	Maandelijks afwijking in gld./kg van de slachtopbrengst
1 a)	0,08	0,12
2	0,16	0,13
3	0,32	0,07
4	0,14	0,02
5	-0,14	-0,03
6	-0,19	-0,11
7	-0,25	-0,14
8	-0,19	-0,17
9	-0,04	-0,12
10	0,01	0,00
11	0,04	0,08
12	0,04	0,12
13	0,02	0,03

a) Periode 1 betreft de eerste 4 weken van het kalenderjaar.

Aan de hand van de LEI-DLO-producentenprijs (exclusief contracten) is voor de jaren 1992 tot en met 1994 per vierweekse periode de afwijking berekend ten opzichte van de gemiddelde basisprijs per kilogram eieren en de slachtopbrengst per kilogram afgeleverde hen op jaarbasis. De berekende ge-

middelste prijzen vertonen voor enkele opeenvolgende periodes echter schommelingen die geen logische voorspelling zijn van het te verwachten prijsverloop. Daarom is voor sommige vierweekse periodes een kleine correctie toegepast (tabel 3.1). Voor de voerkosten en de kosten van opgehokte hennen worden geen seizoeneffecten verondersteld.

Uit tabel 3.1 blijkt dat in de zomermaanden de basisprijs per kilogram eieren ruim onder het jaargemiddelde ligt. De slachtopbrengst volgt de eierprijs. In de perioden met lage eierprijzen is de slachtopbrengst ook laag. Om een indruk te geven van de seizoenschommelingen per jaar is in figuur 3.1 voor de 3 jaren afzonderlijk de afwijking van de basisprijs per kilogram eieren ten opzichte van het gemiddelde van dat jaar weergegeven. Daaruit blijkt dat elk jaar de prijs in de zomermaanden lager is en in de wintermaanden hoger dan het jaargemiddelde.



Figuur 3.1 De seizoenschommelingen in de LEI-DLO-producentenprijs (exclusief contracten) in guldens per kilogram eieren gemiddelde prijs, 1992 tot en met 1994

3.5 Overige uitgangspunten

Het rentepercentage is op 8% gesteld. Voor de lengte van de planningshorizon is 3.000 weken gekozen. Bij het rentepercentage van 8% worden daarmee de resultaten van de eerste koppels niet door de lengte van de planningshorizon bepaald. Zo wordt als het ware over een oneindige planningshorizon geoptimaliseerd. De lengte van de overgangsperiode is gesteld op 3 weken en

de lengte van de gedwongen leegstand op 2 weken. In alle gevallen kan voor verlenging van de leegstand worden gekozen. De maximale lengte van eerste en tweede legperiode is zo ruim gesteld dat in alle berekeningen de optimale aanhoudingsduur korter is.

3.6 Variatie in technische uitgangspunten

Om de invloed van goede en slechte technische resultaten op de aanhoudingsduur in kaart te brengen, zijn berekeningen gemaakt waarbij de eierproductie en de uitval ten opzichte van de uitgangspunten zijn aangepast. Deze 2 factoren bepalen in belangrijke mate of een koppel goed of slecht wordt bevonden.

Aangezien er weinig gegevens bekend zijn over het verloop van de tweede legperiode bij goede of slechte koppels, worden de berekeningen alleen uitgevoerd bij de optie waarbij het niet mogelijk is om rui te induceren.

Legpercentage

Voor goede bruine hennen wordt de topproductie van 94,5% bereikt in de negende legweek. Deze top wordt 5 weken vastgehouden. Daarna neemt het legpercentage af tot 88,5% in legweek 29, 80,5% in legweek 45 en 69,3% in legweek 61.

Slechte bruine hennen behalen een topproductie van 93,5% in de negende legweek. Na 5 weken neemt het legpercentage af van 84,1% in legweek 29, 74,5% in legweek 45 tot minder dan 61,7% na legweek 61.

Goede witte hennen behalen in de negende legweek ook een topproductie van 94,5% die 5 weken aanhoudt. Daarna verloopt het legpercentage van 91,3% in legweek 29, 83,9% in legweek 45 tot minder dan 72,7% na legweek 61.

Slechte witte hennen tenslotte behalen in de negende legweek een topproductie van 93,5% die 5 weken aanhoudt. Daarna neemt het legpercentage af tot 86,9% in legweek 29, 77,9% in legweek 45 en 65,1% in legweek 61.

Uitval

De cumulatieve uitval bij goede bruine leghennen neemt toe van 0,06% na legweek 1, 1,97% na legweek 29, 3,46% na legweek 45 tot meer dan 5,23% na legweek 61.

Voor slechte bruine leghennen neemt de cumulatieve uitval toe van 0,14% na legweek 1 via 4,77% na legweek 29, 7,86% na legweek 45 tot meer dan 11,23% na legweek 61.

De cumulatieve uitval bij goede witte leghennen neemt toe van 0,08% na legweek 1 via 2,53% in legweek 29, 4,31% na legweek 45 tot meer dan 6,34% na legweek 61.

Tenslotte verloopt de cumulatieve uitval voor slechte witte leghennen van 0,16% na legweek 1, 5,33% in legweek 29, 8,71% in legweek 45 tot meer dan 12,34% na legweek 61.

3.7 Variatie in economische uitgangspunten

Uit voorgaand onderzoek is bekend dat bij lagere eierprijzen de optimale aanhoudingsduur gemiddeld verlengd wordt en dat bij hogere eierprijzen de optimale aanhoudingsduur gemiddeld verkort wordt (Van Horne et al., 1991). Dit wordt verklaard door het feit dat bij korter aanhouden per tijdseenheid meer eieren geproduceerd worden. Vanuit de uitgangspunten zijn berekeningen gemaakt met een lager en hoger prijsniveau. Hierbij is allereerst gevarieerd met de eierprijs. Aangezien de eierprijs de laatste jaren onder druk staat, zijn berekeningen gemaakt waarbij de eierprijs 15 cent lager is dan in de basisituatie. Voor de witte eieren is de opbrengstprijs dan f 1,45 per kg, voor bruine eieren f 1,48. Ook zijn berekeningen gemaakt met een eierprijs die 15 cent hoger is dan in de basisituatie. Voor witte eieren betekent dit een eierprijs van f 1,85. Voor bruine eieren wordt met f 1,87 gerekend. Met deze variatie kan het effect van de hoogte van de eierprijs op het optimale aanhoudingschema duidelijk worden gemaakt.

Bekend is dat een lagere voerprijs de optimale aanhoudingsduur iets verkort. De invloed van verandering van de voerprijs op de aanhoudingsduur is echter beperkt in vergelijking met de invloed van variatie in de eierprijs (Van Horne et al., 1991). Uit hetzelfde onderzoek bleek dat verandering in de prijs van opgehokte leghennen grote invloed heeft op de optimale aanhoudingsduur. Een lagere prijs voor de opgehokte leghennen leidt tot een kortere optimale aanhoudingsduur. Berekeningen zijn uitgevoerd waarbij, naast een 15 cent lagere eierprijs, ook de voerprijs en de kosten van een opgehokte leghen zijn verlaagd. Deze variant is doorgerekend omdat verwacht wordt dat de voerprijzen, ten gevolge van EU-regelgeving, verder zullen dalen. De voerprijzen van de verschillende voerfasen zijn daarom verlaagd met f 5,- per 100 kg. Als gevolg daarvan zal ook de prijs van opgehokte leghennen dalen. De kosten van een opgehokte leghen zijn daarom met 25 cent verlaagd.

3.8 Vergelijking met eigen aanhoudingschema's

Voor de leghennenhouder is het van belang te weten hoe groot het economisch voordeel is van het optimale aanhoudingschema ten opzichte van de eigen planning. Elke leghennenhouder maakt afhankelijk van zijn specifieke bedrijfssituatie en de prijsverwachtingen een planning. Hierbij wordt meestal 1 of 2 koppels vooruit gepland. Optilay berekent het optimale aanhoudingschema voor een groot aantal opeenvolgende koppels. Daarbij wordt rekening gehouden met de seizoeninvloeden op eieropbrengsten en slachtopbrengsten. De economische resultaten van de volgende koppels hebben daarmee invloed op het aanhoudingschema van de voorgaande koppels. Het gevolg is dat een economische vergelijking tussen eigen planning en de optimale planning moeilijk te maken is, wanneer het laatste koppel niet in dezelfde week wordt afgeleverd. Met de volgende koppels wordt dan namelijk een beter of een slechter saldo behaald. Een correcte vergelijking kan alleen gemaakt worden wanneer rekening wordt gehouden met de saldo's van de te vergelijken koppels en het

verschil in saldo dat tot het einde van de planninghorizon behaald kan worden. Hoewel deze vergelijking wel door het computerprogramma gemaakt wordt en theoretisch juist is, is zij moeilijk te interpreteren.

Optimalisatie leidt bij de verschillende uitgangspunten tot stabiele aanhoudingschema's. Een stabiel aanhoudingschema wil zeggen dat na één of meerdere koppels het volgende koppel weer in dezelfde week wordt opgezet als het eerste koppel. Daardoor is het aanhoudingschema na enkele jaren repe-terend.

De resultaten van een stabiel aanhoudingschema kunnen goed worden vergeleken met het zelf gedefinieerde aanhoudingschema wanneer dit ook na enkele jaren stabiel is. Een vergelijking met een éénjaarcyclus kan daarom goed gemaakt worden. Ook een vergelijking met een gangbaar aanhoudingschema van 60 weken eerste legperiode is mogelijk. Met een overgangperiode van 3 weken en een gedwongen leegstand van 2 weken is met 4 koppels van 60 legweken dit schema in 5 jaar stabiel.

4. RESULTATEN

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat de resultaten van de berekeningen met de uitgangspunten van witte en bruine leghennen. Daarnaast komen de resultaten van de gevoeligheidsanalyses met de verschillende technische en economische uitgangspunten aan bod. Ook worden de resultaten van vergelijkingen met zelf gedefinieerde aanhoudingschema's weergegeven.

4.2 Resultaten zonder de mogelijkheid van rui-inductie

Wanneer geen rekening wordt gehouden met de seizoeninvloeden op eierprijzen en slachtopbrengsten, is bij de gekozen uitgangspunten de optimale aanhoudingsduur voor gemiddelde witte leghennen 65 weken. Voor gemiddelde bruine leghennen wordt een optimale aanhoudingsduur van 64 weken berekend. In tabel 4.1 staat een overzicht van enkele technische resultaten die bij de gekozen uitgangspunten kunnen worden berekend. Economische resultaten bij de uitgangspunten staan in tabel 4.2 vermeld. Omdat de optimale aanhoudingsduur bij de gekozen uitgangspunten langer is dan in de praktijk gangbaar is, en om de resultaten vergelijkbaar te maken, zijn de resultaten ook weergegeven bij de aanhoudingsduur van 60 weken. Toch zijn de gekozen uitgangspunten representatief voor het gemiddelde Nederlandse witte of bruine koppel. Met name de uitgangspunten voor legpercentage, percentage

Tabel 4.1 Technische resultaten per legperiode van witte en bruine leghennen wanneer rui niet wordt geïnduceerd

Aanhoudingschema a)	Witte leghennen		Bruine leghennen	
	65-0	60-0	64-0	60-0
Legpercentage	81,46	82,65	79,40	80,42
Aantal eieren opgehokte hen	353,52	332,30	341,84	325,39
Kg eieren opgehokte hen	22,24	20,85	21,71	20,62
Percentage tweede soort	14,59	13,44	14,36	13,44
Uitvalpercentage	10,09	9,16	8,73	8,06
Kg voer opgehokte hen	49,13	45,56	50,08	47,14
Voerconversie	2,21	2,19	2,31	2,29

a) De notatie 65-0 betekent dat de lengte van de eerste legperiode 65 weken is en de lengte van de tweede legperiode 0 weken: er wordt dus geen rui geïnduceerd.

tweede-soorteieren en uitvalpercentage na 60 legweken zijn pessimistisch ingeschat. De optimale aanhoudingsduur van bruine hennen is 1 week korter dan van witte hennen.

Bij de gekozen uitgangspunten is het saldo dat met witte leghennen behaald wordt hoger dan het saldo dat met bruine hennen behaald wordt. Dit verschil wordt vooral veroorzaakt door de lagere voerkosten voor witte leghennen.

Bij de beschreven uitgangspunten, waarbij rekening wordt gehouden met seizoeninvloeden, zijn optimalisaties uitgevoerd voor startweken 1, 14, 27 en 40. Met startweek wordt de week in het jaar bedoeld vanaf wanneer het eerste koppel mag worden opgezet. Wanneer er geen vrijwillige leegstand is na de startweek worden de hennen in de startweek direct opgezet.

Tabel 4.2 Economische resultaten per legperiode van witte en bruine leghennen wanneer rui niet wordt geïnduceerd (guldens per opgehokte hen)

Aanhoudingschema	Witte leghennen		Bruine leghennen	
	65-0	60-0	64-0	60-0
Opbrengst eieren	34,59	32,50	34,47	32,78
Slachtopbrengst	0,79	0,79	1,00	1,01
Kosten opgehokte hen	7,00	7,00	7,15	7,15
Voerkosten	21,48	19,95	21,90	20,64
Overige toegerekende kosten	1,24	1,15	1,23	1,16
Saldo legperiode	5,66	5,20	5,19	4,85
Saldo per jaar	4,20	4,16	3,91	3,88

De aanhoudingschema's van de eerste 3 koppels worden weergegeven in tabel 4.3 (witte leghennen) en in tabel 4.4 (bruine leghennen).

Voor witte leghennen wordt, uitgaande van startweek 1, het eerste koppel direct opgezet. Er is geen vrijwillige leegstand. Na de vaste overgangperiode van 3 weken volgt een legperiode van 67 weken. Het eerste koppel wordt in de negentiende week van het tweede jaar afgeleverd. Na een gedwongen leegstand van 2 weken en een vrijwillige leegstand van 5 weken wordt het tweede koppel opgezet in week 26. Het tweede koppel wordt 69 weken aangehouden. Direct na de gedwongen leegstand van 2 weken wordt het derde koppel opgezet. Na de overgangperiode van 3 weken wordt ook het derde koppel 69 weken aangehouden.

Tabel 4.3 illustreert dat er weinig gebruik wordt gemaakt van de mogelijkheid om via vrijwillige leegstand de planning te beïnvloeden, in het bijzonder wanneer uitgegaan wordt van de startweken 14, 27 of 40. Volledige benutting van de stal gedurende het jaar geeft meestal het beste economisch resultaat.

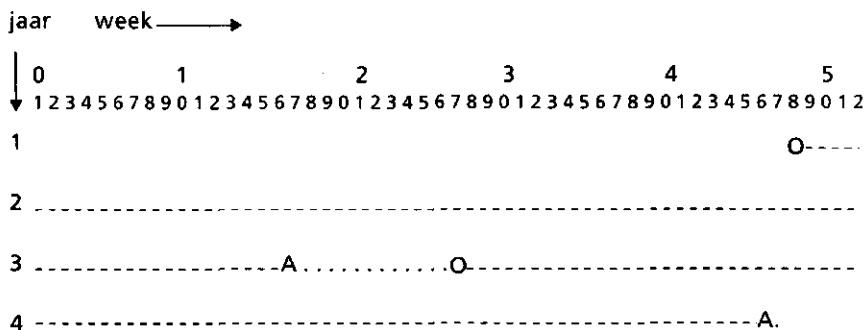
Tabel 4.3 Optimaal aanhoudingschema van witte leghennen wanneer rui niet wordt geïnduceerd

Start-week	Koppel	Weken vrijwillige leegstand	Opzetten		Afleveren		Aanhoudingschema
			jaar	week	jaar	week	
1	1	0	1	1	2	19	67-0
	2	5	2	26	3	46	69-0
	3	0	3	48	5	16	69-0
14	1	0	1	14	2	26	61-0
	2	0	2	28	3	46	67-0
	3	0	3	48	5	16	69-0
27	1	0	1	27	2	46	68-0
	2	0	2	48	4	16	69-0
	3	0	4	18	5	26	57-0
40	1	0	1	40	2	48	57-0
	2	0	2	50	4	17	68-0
	3	0	4	19	5	27	57-0

Tabel 4.4 Optimaal aanhoudingschema van bruine leghennen wanneer rui niet wordt geïnduceerd

Start-week	Koppel	Weken vrijwillige leegstand	Opzetten		Afleveren		Aanhoudingschema
			jaar	week	jaar	week	
1	1	0	1	1	2	18	66-0
	2	7	2	27	3	46	68-0
	3	0	3	48	5	17	70-0
14	1	0	1	14	2	26	61-0
	2	0	2	28	3	46	67-0
	3	0	3	48	5	17	70-0
27	1	0	1	27	2	46	68-0
	2	0	2	48	4	17	70-0
	3	8	4	27	5	46	68-0
40	1	0	1	40	2	48	57-0
	2	0	2	50	4	17	69-0
	3	8	4	27	5	46	68-0

Het optimale aanhoudingschema is nogal afhankelijk van de seizoenschommelingen in eierprijzen en slachtopbrengsten. Bij de gekozen startweken loopt de aanhoudingsduur uiteen van 57 tot 69 legweken. Variatie in de aan-



O= opzetten, --- = aanhouden, A= afleveren, . = leegstand

Figuur 4.2 Stabiele optimale aanhoudingschema van bruine leghennen wanneer rui niet wordt geïnduceerd

4.3 Resultaten met de mogelijkheid van rui-inductie

In sommige situaties kan het economisch voordelig zijn om rui te induceren en zo de lengte van de legperiode te verlengen. Wanneer de mogelijkheid tot rui-inductie wordt toegestaan, berekent het programma of het voordelig is wel of geen rui te induceren. Wanneer geen rekening wordt gehouden met seizoeninvloeden op de eierprijzen en slachtopbrengsten is het optimale aanhoudingschema voor witte hennen 51-35. Dat wil zeggen dat na een eerste legperiode van 51 weken rui wordt geïnduceerd waarna een tweede legperiode volgt van 35 weken. De weken waarin geruid wordt behoren tot de tweede legperiode. Daarna worden de hennen afgeleverd. De optimale aanhoudings-

Tabel 4.5 Technische resultaten per legperiode van witte en bruine leghennen wanneer rui mag worden geïnduceerd

Aanhoudingschema	Witte leghennen		Bruine leghennen	
	51-35	50-30	47-35	50-30
Legpercentage	74,86	75,52	74,57	74,66
Aantal eieren opgehokte hen	419,32	395,89	401,68	393,76
Kg eieren opgehokte hen	26,76	28,18	25,94	25,36
Percentage tweede soort	14,52	13,27	14,19	13,27
Uitvalpercentage	16,92	15,51	14,75	14,22
Kg voer opgehokte hen	60,36	56,42	59,86	58,57
Voerconversie	2,26	2,24	2,31	2,31

duur van bruine hennen is 47-35. Voor bruine hennen is het bij de gekozen uitgangspunten dus voordeliger om op jongere leeftijd rui te induceren.

De tabellen 4.5 en 4.6 geven respectievelijk enkele bijbehorende technische en economische kengetallen. Om een vergelijking mogelijk te maken zijn ook de resultaten van het (willekeurige) aanhoudingschema 50-30 weergegeven.

Tabel 4.6 Economische resultaten per legperiode van witte en bruine leghennen wanneer rui mag worden geïnduceerd (gulden per opgehokte hen)

Aanhoudingschema	Witte leghennen		Bruine leghennen	
	51-35	50-30	47-35	50-30
Opbrengst eieren	41,61	39,23	41,13	40,27
Slachtopbrengst	0,73	0,74	0,94	0,94
Kosten opgehokte hen	7,00	7,00	7,15	7,15
Voerkosten	26,30	24,61	26,10	25,55
Overige toegerekende kosten	1,59	1,49	1,53	1,50
Saldo legperiode	7,44	6,87	7,29	7,01
Saldo per jaar	4,25	4,20	4,35	4,29

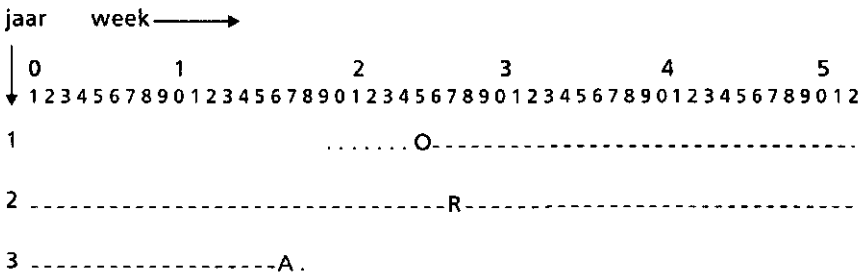
Wanneer rui wordt geïnduceerd liggen de resultaten van witte en bruine leghennen dicht bij elkaar dan wanneer rui niet mag worden geïnduceerd. Alle kosten en opbrengsten nemen toe behalve de slachtopbrengst.

Tabel 4.7 Optimale aanhoudingschema van witte leghennen wanneer rui mag worden geïnduceerd

Start week	Koppel	Weken vrijwillige leegstand	Opzetten		Rui-induceren		Aflleveren		Aanhoudingschema
			jaar	week	jaar	week	jaar	week	
1	1	0	1	1	-	-	2	19	67-0
	2	4	2	25	3	27	4	17	51-42
	3	6	4	25	5	27	6	17	51-42
14	1	0	1	14	-	-	2	26	61-0
	2	0	2	28	3	28	4	18	49-42
	3	5	4	25	5	27	6	17	51-42
27	1	0	1	27	2	27	3	17	49-42
	2	6	3	25	4	27	5	17	51-42
	3	6	5	25	6	27	7	17	51-42
40	1	0	1	40	2	42	3	25	51-35
	2	0	3	27	4	27	5	17	49-42
	3	6	5	25	6	27	7	17	51-42

Bij de startweken 1, 14, 27 en 40 zijn optimalisaties uitgevoerd waarbij het mogelijk is om door middel van rui-inductie een hoger saldo per opgehokte hen te behalen. Voor witte leghennen staan de resultaten in tabel 4.7.

Afhankelijk van de gekozen startweek wordt het eerste koppel wel of niet geruid, waardoor zo snel mogelijk naar het stabiele aanhoudingschema wordt overgegaan. Het stabiele schema kenmerkt zich door opzetten in week 25, rui-induceren in week 27 van het tweede jaar en afleveren in week 17 van het derde jaar. Na een gedwongen leegstand van 2 weken en een vrijwillige leegstand van 6 weken wordt het volgende koppel weer in week 25 opgezet. Het bijbehorende optimale aanhoudingschema is 51-42 en het saldo per opgehokte hen per jaar f 4,41. Rui-inductie en vrijwillige leegstand worden dus allebei toegepast om een zo hoog mogelijk saldo per opgehokte hen per jaar te behalen. In figuur 4.3 wordt het stabiele aanhoudingschema grafisch weergegeven.



O= opzetten, --- = aanhouden, R= rui-induceren, A= afleveren, . = leegstand

Figuur 4.3 Stabiele optimale aanhoudingschema van witte leghennen wanneer rui mag worden geïnduceerd

Bij de uitgangspunten voor bruine leghennen is het altijd voordeliger om rui te induceren (tabel 4.8). Afhankelijk van de startweek variëren de lengtes van de eerste en tweede legperiode aanzienlijk. Bij geen enkele situatie wordt gebruik gemaakt van vrijwillige leegstand. Het stabiele patroon wordt gekenmerkt door 3 opeenvolgende koppels, waarbij respectievelijk wordt opgezet in week 29, 19 en 49, rui wordt geïnduceerd in week 28, 18 en 45 en er wordt afgeleverd in week 17, 47 en 27. Het bijbehorende aanhoudingschema is achtereenvolgens 48-41, 48-29 en 45-34. Het saldo per opgehokte hen per jaar daarbij is f 4,90, f 4,21 en f 4,38. Gemiddeld komt dit neer op f 4,52. Na afleveren van het derde koppel wordt het vierde koppel weer in week 29 opgezet.

Tabel 4.8 Optimale aanhoudingschema van bruine leghennen wanneer rui mag worden geïnduceerd

Start week	Koppel	Weken vrijwillige leegstand	Opzetten		Rui-induceren		Afleveren		Aanhoudingschema
			jaar	week	jaar	week	jaar	week	
1	1	0	1	1	1	49	2	28	45-31
	2	0	2	30	3	28	4	17	47-41
	3	0	4	19	5	18	5	47	48-29
14	1	0	1	14	2	17	2	46	52-29
	2	0	2	28	3	44	4	26	45-34
	3	0	4	28	5	28	6	17	49-41
27	1	0	1	27	2	27	3	16	49-41
	2	0	3	18	4	18	4	47	49-29
	3	0	4	28	5	45	6	27	45-34
40	1	0	1	40	2	36	3	20	45-36
	2	0	3	22	4	19	4	47	46-28
	3	0	4	49	5	45	6	27	45-34

4.4 Resultaten bij variatie in technische uitgangspunten

Het optimale aanhoudingschema voor goede en slechte koppels is alleen bepaald voor de situatie waarin geen rui mag worden geïnduceerd. De optimale aanhoudingsduur voor slechte witte en bruine leghennen is respectievelijk 63 en 62 legweken. Voor goede witte en bruine hennen is de optimale aanhoudingsduur respectievelijk 67 en 66 legweken (tabel 4.9).

Over het algemeen moeten goede koppels langer worden aangehouden dan slechte koppels. Goede witte koppels worden bij een stabiel schema opgezet op week 48 of week 24. De hennen hebben dan respectievelijk een aanhoudingsduur van 72 en 71 weken en een bijbehorend saldo per opgehokte hen per jaar van f 5,37 en f 4,89. Gemiddeld is het saldo per opgehokte hen f 5,13. Voor opzet in week 24 is er 3 weken vrijwillige leegstand. Bij startweken 1, 14, 27 en 40 varieert de aanhoudingsduur tussen de 60 en 72 weken voordat na 1 of 2 koppels de stabiele situatie wordt bereikt.

Het stabiele aanhoudingschema van goede bruine koppels is bijna gelijk aan dat van goede witte koppels. Opzetten vindt plaats in de weken 48 en 25. Afleveren vindt plaats in de weken 18 en 46. Na afleveren in week 18 volgen er 7 weken leegstand waarvan 5 weken vrijwillig. Bij de stabiele optimale aanhoudingsduur van 71 en 70 weken worden saldo's per opgehokte hen per jaar berekend van f 5,18 en f 4,58. Afhankelijk van de startweek ligt de aanhoudingsduur van de eerste koppels tussen 63 en 71 weken.

Een stabiel aanhoudingschema voor slechte witte koppels wordt gekenmerkt door 3 koppels met achtereenvolgens een aanhoudingsduur van 69, 58 en 66 weken. Opzetten vindt plaats in week 48, 18 en 29, afleveren vindt plaats

in week 16, 27 en 46. De respectievelijke saldo's per opgehokte hen per jaar zijn f 3,73, f 2,98 en f 3,64. Gemiddeld komt dat neer op f 3,47. Er wordt geen gebruik gemaakt van vrijwillige leegstand. De aanhoudingsduur van de eerste koppels varieert van 56 tot 69 weken voordat het stabiele schema wordt bereikt.

Tabel 4.9 Technische en economische resultaten per legperiode van relatief goede en slechte witte en bruine leghennen wanneer rui niet wordt geïnduceerd

Aanhoudingschema	Witte leghennen		Bruine leghennen	
	goed 67-0	slecht 63-0	goed 66-0	slecht 62-0
Legpercentage	83,05	79,89	81,07	77,83
Aantal eieren opgehokte hen	377,12	331,41	365,24	320,15
Kg eieren opgehokte hen	23,77	20,80	23,25	20,29
Percentage tweede soort	15,06	14,13	14,83	13,90
Uitvalpercentage	7,18	12,81	5,83	11,45
Kg voer opgehokte hen	51,43	46,94	52,42	47,84
Voerconversie	2,16	2,26	2,25	2,36
Per opgehokte hen (in gld.):				
opbrengst eieren	36,94	32,40	36,86	32,24
slachtopbrengst	0,81	0,76	1,04	0,97
kosten opgehokte hen	7,00	7,00	7,15	7,15
voerkosten	22,47	20,54	22,91	20,94
overige toegerekende kosten	1,30	1,18	1,29	1,17
saldo legperiode	6,98	4,44	6,55	3,96
saldo per jaar	5,04	3,40	4,80	3,07

Slechte bruine koppels kennen een stabiel aanhoudingschema van 66 en 69 legweken. Opzetten vindt plaats in de weken 29 en 48, afleveren in de weken 46 en 16. Tussen het afleveren in week 16 en het weer opzetten in week 29 is er 11 weken leegstand. Negen daarvan zijn vrijwillig. Gemiddeld wordt er een saldo per opgehokte hen per jaar van f 3,11 behaald. Voor de 2 koppels is dat f 3,38 en f 2,87. Afhankelijk van de startweek hebben de eerste koppels een aanhoudingsduur die ligt tussen 57 en 69 weken.

Stabiele aanhoudingschema's worden gekenmerkt door een cyclus van 2 of 3 koppels waarna de cyclus weer van voren af aan begint. Bij de gekozen technische en financiële uitgangspunten gaat er meestal voor het opzetten in de zomer een aantal weken vrijwillige leegstand vooraf wanneer het stabiele schema uit 2 koppels bestaat.

4.5 Resultaten bij variatie in economische uitgangspunten

In tabel 4.10 staan de saldo's die behaald worden met de stabiele aanhoudingschema's bij variatie in de eierprijzen. De resultaten bij de uitgangspunten zijn al besproken in paragrafen 4.2 en 4.3.

Tabel 4.10 Saldo's in guldens per opgehokte hen per jaar bij stabiele aanhoudingschema's voor witte en bruine hennen bij verschillende eierprijzen

	Witte leghennen			Bruine leghennen		
	1,45	1,60	1,75	1,48	1,63	1,78
Basisprijs per kg eieren						
Geen rui-inductie	1,95	4,30	6,75	1,70	3,96	6,42
Rui-inductie toegestaan	2,34	4,41	6,77	2,39	4,52	6,82
Voordeel rui-inductie	0,39	0,11	0,02	0,69	0,56	0,40

Wanneer geen rekening wordt gehouden met seizoeninvloeden is het optimale aanhoudingschema voor witte leghennen bij een eierprijs van f 1,75 64-0 (geen rui-inductie toegestaan) of 51-36 (wel rui-inductie toegestaan). Wanneer geen rui-inductie wordt toegestaan, kenmerkt het stabiele schema zich door 3 koppels met respectievelijk een aanhoudingsduur van 66, 69 en 58 weken. Het gemiddelde saldo per opgehokte hen per jaar is f 6,75. Wordt wel rui-inductie toegestaan, dan wordt een stabiel schema met 2 koppels bereikt. Het bijbehorende aanhoudingschema is 58-0 en 48-40. Het gemiddelde saldo per opgehokte hen per jaar is f 6,77. Een geruid koppel wordt afgewisseld met een koppel dat niet geruid wordt. Er wordt in beide situaties bij deze hoge eierprijs geen gebruik gemaakt van vrijwillige leegstand.

Wanneer met een eierprijs van f 1,45 voor witte hennen wordt gerekend, verandert het aanhoudingschema. Zonder de mogelijkheid van rui-inductie wisselt de aanhoudingsduur tussen 67 en 69 legweken. Er wordt respectievelijk opgezet in week 28 en 48. Voor opzetten in week 28 is er 10 weken vrijwillige leegstand. Het saldo per opgehokte hen per jaar is f 1,95. Het stabiele optimale aanhoudingschema in de situatie waarin wel rui-inductie wordt toegestaan wordt gekenmerkt door opzetten in week 28, rui-inductie in week 27 van het volgende jaar en afleveren in week 16 van het jaar daarop. Tussen afleveren en opzetten is er 12 weken leegstand waarvan 10 weken vrijwillig. In de stabiele situatie wordt een saldo per opgehokte hen per jaar behaald van f 2,34.

Wanneer gerekend wordt met een eierprijs van f 1,78 voor bruine hennen zonder de mogelijkheid van rui-inductie, blijkt het stabiele aanhoudingschema gelijk te zijn aan die voor witte hennen bij een hoge eierprijs. Het gemiddelde saldo per opgehokte hen per jaar is f 6,42. Met de mogelijkheid van rui-inductie is het gemiddelde saldo per opgehokte hen per jaar f 6,82.

De resultaten van berekeningen met een eierprijs van f 1,48 voor bruine leghennen zijn vergelijkbaar met die voor witte hennen met een lage eierprijs.

Het saldo per opgehokte hen per jaar is f 1,70. Met de mogelijkheid van rui-inductie is het gemiddelde saldo per opgehokte hen per jaar f 2,39. Dit verschil van f 0,69 leidt voor een volwaardig bedrijf van 35.000 opgehokte hennen tot het grote voordeel van f 24.150,- per jaar.

Bij lage eierprijzen wordt vrijwillige leegstand een instrument om te komen tot een betere afstemming van produktie op de seizoenschommelingen in opbrengstprijzen. Een langere aanhoudingsduur wordt voordeliger bij lage eierprijzen, om zo tot een lagere kostprijs per kilogram eieren te komen. Het voordeel van rui-inductie neemt bij lagere eierprijzen toe.

Wanneer eieropbrengsten, voerkosten en kosten van opgehokte hennen lager worden zoals beschreven in paragraaf 3.7, is de optimale aanhoudingsduur van witte leghennen 50-42 en van bruine leghennen 49-42. In beide gevallen wordt rui geïnduceerd in week 27. Voor witte hennen is er een leegstand van 7 weken, voor bruine leghennen een leegstand van 8 weken. Het saldo per opgehokte hen per jaar is voor de witte hennen f 4,05 en voor bruine hennen f 4,13. Deze aanhoudingsduur komt tamelijk goed overeen met de situatie waarin alleen de eierprijs is verlaagd ten opzichte van de uitgangssituatie. De verwachting is dat de lagere opbrengsten gecompenseerd worden door de lagere voerkosten en de lagere kosten van opgehokte hennen. De lagere eieropbrengsten hebben een grotere invloed op het optimale aanhoudingschema dan de lagere voerkosten of de lagere kosten van opgehokte hennen.

Wanneer vrijwillige leegstand is toegestaan en een positief saldo behaald kan worden in de planninghorizon worden hennen opgezet. Wordt rui-inductie niet toegestaan, dan moet bij de uitgangspunten voor witte hennen de basisprijs per kilogram eieren minimaal f 1,34 zijn. Voor bruine hennen is dat f 1,38. Wanneer rui-inductie wel wordt toegestaan, dan geldt voor witte hennen een minimumprijs van f 1,30. De basisprijs per kilogram eieren voor gemiddelde bruine hennen moet minimaal f 1,32 bedragen. Bij deze minimumprijzen worden de vaste kosten niet vergoed.

4.6 Resultaten zonder vrijwillige leegstand

Tabel 4.11 bevat de saldo's per opgehokte hen per jaar wanneer wel of geen vrijwillige leegstand mag worden toegepast. De saldo's zijn berekend bij stabiele aanhoudingschema's. Alleen de resultaten bij lagere eierprijzen worden vermeld omdat dan vrijwillige leegstand een rol gaat spelen.

Vrijwillige leegstand is vooral voordelig wanneer de hennen geruid mogen worden en de eierprijzen laag zijn. Daarom is het voordeel van verlenging van de leegstand groter wanneer rui geïnduceerd mag worden dan wanneer de hennen niet geruid kunnen worden. Bij de toch al lage saldo's per opgehokte hen per jaar is de winst van het toepassen van vrijwillige leegstand relatief groot. Voor een bedrijf van 35.000 opgehokte hennen komt een verschil van f 0,20 per opgehokte hen per jaar neer op een jaarlijks verschil van f 7.000,-.

Tabel 4.11 Saldo's in guldens per opgehokte hen per jaar bij stabiele aanhoudingschema's wanneer wel of geen vrijwillige leegstand wordt toegestaan

	Geen rui-inductie		Rui-inductie toegestaan	
	witte leghennen	bruine leghennen	witte leghennen	bruine leghennen
Eierprijs	1,45	1,48	1,45	1,48
Geen leegstand	1,84	1,56	2,14	2,22
Leegstand toegestaan	1,95	1,70	2,34	2,39
Voordeel leegstand	0,11	0,14	0,20	0,17

4.7 Resultaten bij vergelijking met eigen aanhoudingschema's

Het gemiddelde saldo per opgehokte hen per jaar bij het stabiele aanhoudingschema voor witte hennen zonder rui-inductie is f 4,30. Wordt rui-inductie toegestaan, dan wordt een saldo van f 4,41 per opgehokte hen per jaar behaald. Het hoogste saldo met een éénjaarcyclus voor witte hennen wordt gehaald bij opzetten in week 23. Dit is f 3,79. Bij een legperiode van 60 weken (60-0) wordt na 4 koppels weer in dezelfde week opgezet. Daarmee is dit schema om de 5 jaar repeterend. Het hoogste saldo (f 4,18) wordt bereikt wanneer in week 4, 17, 30 of 43 wordt opgezet. Opzetten in andere weken van het jaar levert een lager saldo per opgehokte hen per jaar op.

Bruine hennen behalen zonder de mogelijkheid van rui-inductie een gemiddeld saldo per opgehokte hen per jaar van f 3,96. Wordt rui-inductie wel toegestaan dan wordt een saldo van f 4,52 behaald. Het hoogste saldo bij een schema van 47-0 (f 3,52) wordt behaald bij opzetten in week 23. Met het schema 60-0 wordt het hoogste saldo per opgehokte hen per jaar (f 3,91) behaald wanneer in dezelfde weken wordt opgezet als is aangegeven bij de witte hennen.

Een éénjaarcyclus is dus aanzienlijk minder voordelig dan een schema met de mogelijkheid van rui-inductie dat afgestemd is op de seizoenschommelingen in eierprijzen en slachtopbrengsten. Het saldo dat met het stabiele schema 60-0 behaald wordt, is enigszins afhankelijk van de week waarin het eerste koppel wordt opgezet. Desalniettemin is het voordeel van het optimale schema aanzienlijk ten opzichte van het beste vaste schema 60-0. Voor bruine hennen is het verschil f 0,61 met het schema waarin rui geïnduceerd mag worden. Voor een volwaardig bedrijf van 35.000 opgehokte hennen komt dit neer op een jaarlijks verschil van f 21.350,-.

5. DISCUSSIE EN CONCLUSIES

5.1 Algemeen

Het criterium dat het economisch optimale aanhoudingschema bepaalt, het saldo per opgehokte hen per jaar, wordt berekend uit de eieropbrengsten, slachtopbrengsten, kosten voor opgehokte leghennen, voerkosten en overige variabele kosten. De vaste kosten hebben geen invloed op het optimale aanhoudingschema omdat ze op korte en middellange termijn niet beïnvloed kunnen worden. De kosten voor huisvesting en arbeid worden in de berekeningen als vast verondersteld. Omdat soms extra leegstand in de zomerperiode aantrekkelijk kan zijn, zou in toekomstig onderzoek nagegaan moeten worden in hoeverre huisvestingskosten en arbeidskosten voor een deel als variabel kunnen worden aangemerkt. De hoogte van de afschrijvingen van de huisvesting zijn afhankelijk van het wel of niet aanwezig zijn van een koppel leghennen. Daarnaast kan arbeid mogelijk deels alternatief worden aangewend als er een voldoende langere leegstand is. Variabele huisvestingskosten en arbeidskosten zouden dan in de saldoberekening moeten worden meegenomen bij de bepaling van het optimale aanhoudingschema.

5.2 Methode

Het optimale aanhoudingschema voor een individueel bedrijf wordt voor het belangrijkste deel bepaald door resultaten die door het simulatiemodel zijn berekend. Daarvoor is het nodig zuivere en bedrijfsspecifieke waarden voor de in de simulatie benodigde technische en economische uitgangspunten te hebben. Deze zullen afkomstig zijn van een nauwkeurige bedrijfsadministratie en van het opfokbedrijf dat de leghennen levert. Vooral voor de tweede legperiode kan het moeilijk zijn goede uitgangspunten aan te geven. Tevens is de beste schatting van de toekomstige prijzen nodig.

Naast zuivere invoergegevens voor het simulatiemodel moet de simulatie zelf reëel zijn. Zo is bijvoorbeeld de legcurve in de simulatie belangrijk gezien het grote effect dat de eieropbrengsten hebben op het optimale aanhoudingschema. Dit geldt ook voor andere kenmerken die invloed hebben op het optimale aanhoudingschema, zoals het eiergewicht en het voerverbruik. Doordat de technische invoergegevens met tussenstappen van 4 weken telkens worden ingevoerd, wordt de simulatie voldoende nauwkeurig uitgevoerd.

Behalve een reële simulatie van de produktie van een koppel onder normale omstandigheden, is het van belang dat ook de produktie onder meer extreme omstandigheden zuiver en nauwkeurig wordt gesimuleerd. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de produktie vanaf de zestigste week van de eerste

legperiode. Een aanhoudingsduur langer dan 60 weken komt in de praktijk weinig voor maar kan toch bij sommige uitgangspunten de optimale aanhoudingsduur zijn. De meest extreme, nog nauwkeurig te schatten produktieresultaten bepalen voor een groot deel de waarde van de resultaten van het optimalisatiemodel.

In het simulatiemodel vormen de prijzen een belangrijk onderdeel. De slachtopbrengsten en eierprijzen zijn aan sterke seizoenschommelingen onderhevig. Het is voor een reële simulatie van de productie van een koppel van belang deze schommelingen zo goed mogelijk in te schatten. De betrouwbaarheid van het optimale aanhoudingschema is sterk afhankelijk van de verwachting van de toekomstige prijzen. Anderzijds zullen deze toekomstige prijzen ook zo goed mogelijk moeten worden ingeschat wanneer de leghennenhouder zelf een eigen aanhoudingschema definieert.

In het optimalisatiemodel is gebruik gemaakt van de wiskundige techniek van het dynamisch programmeren (DP). Hiervoor werd gekozen omdat deze techniek reeds met succes wordt toegepast bij het ondersteunen van vervangingsbeslissingen bij melkvee (Van Arendonk, 1985) en zeugen (Huirne, 1990 en De Vries et al., 1994). Ook voor het bepalen van het optimale aanhoudingschema van leghennen kan DP met succes worden gebruikt.

Met behulp van DP kan het optimale aanhoudingschema over een langere tijd worden bepaald waarbij de resultaten van de verschillende koppels samen het maximale saldo per opgehokte hen over de hele planninghorizon aangeven. Het voordeel van de DP-techniek is dat niet alle mogelijke aanhoudingschema's moeten worden doorgerekend maar dat een sterke reductie in het aantal noodzakelijke berekeningen plaatsvindt. Daardoor kan de computer het optimale aanhoudingschema binnen een acceptabele tijd berekenen. De resultaten van zelf gedefinieerde aanhoudingschema's kunnen eenvoudig door middel van simulatie worden doorgerekend.

De lengte van de planninghorizon moet zo groot zijn dat de te kiezen waarde aan het einde van de planninghorizon, bijvoorbeeld de slachtwarde of de gebruikswaarde, geen invloed meer heeft op de resultaten van de eerste koppels waarvan het optimale aanhoudingschema wordt getoond. Met de gekozen planninghorizon van 3.000 weken is aan deze voorwaarde voldaan.

5.3 Resultaten

In de praktijk worden bruine leghennen over het algemeen korter aangehouden dan witte leghennen. De gangbare opvatting is dat de hogere slachtopbrengst van de bruine leghennen een kortere aanhoudingsduur economisch aantrekkelijker maakt. Uit de berekeningen komt naar voren dat bruine leghennen weinig korter dan witte hennen aangehouden moeten worden. De produktieresultaten van bruine leghennen zijn in de loop der jaren sterk verbeterd. Dit gaat gepaard met een lager hengewicht en dus een lagere slachtopbrengst. Door deze fokkerij-invloed is het verschil in productie, voerconsumptie en slachtgewicht tussen witte en bruine leghennen kleiner geworden.

Vanuit deze optiek is het verklaarbaar dat de resultaten van de berekeningen voor witte en bruine leghennen weinig belangrijke verschillen laten zien.

Uit de berekeningen kan een aantal belangrijke conclusies worden getrokken. Wanneer de eierprijzen dalen en de variabele kosten blijven ongeveer gelijk, dan moet de gemiddelde aanhoudingsduur toenemen. Ook rui-inductie en het toepassen van vrijwillige leegstand worden een middel om een zo hoog mogelijk saldo per opgehokte hen te behalen. Ook bij hoge eierprijzen is rui-inductie nog vaak economisch voordelig. Voor vrijwillige leegstand wordt dan echter niet gekozen. Het is voordeliger om van rui-inductie gebruik te maken dan vrijwillige leegstand toe te passen en geen rui te induceren.

Goede koppels moeten over het algemeen langer worden aangehouden dan slechte koppels. Dit geldt ook als de opeenvolgende koppels telkens goed of slecht zijn. Bij slechte koppels is vrijwillige leegstand vaker een goede methode om het saldo per jaar te verhogen.

Stabiele schema's bestaan meestal uit 1, 2 of 3 achtereenvolgende koppels. Stabiele schema's die uit 3 koppels bestaan kennen meestal geen vrijwillige leegstand. Wanneer stabiele schema's uit 1 of 2 koppels bestaan, wordt er meestal wel van vrijwillige leegstand gebruik gemaakt. Ongeacht de uitgangspunten vertonen stabiele schema's die uit evenveel koppels bestaan veel overeenkomsten voor wat betreft aanhoudingschema's.

Het eerste koppel in een stabiel optimaal aanhoudingschema wordt altijd ongeveer rond week 28 opgezet. Dit is midden in de zomer wanneer de eierprijzen en slachtopbrengsten laag zijn. Het tweede koppel wordt meestal rond week 48 opgezet. Is er een derde koppel in het stabiele schema, dan wordt dat meestal rond week 18 opgezet. Rui-inductie vindt meestal rond dezelfde weken plaats als opzetten.

Opzetten of rui-induceren vindt plaats in periodes waarin de opbrengsten laag zijn. Op deze manier wordt bereikt dat de hoogste eierproductie samenvalt met de periodes waarin de eierprijzen het hoogste zijn. Door eventueel met behulp van vrijwillige leegstand en rui-inductie rekening te houden met seizoenschommelingen in eierprijzen en slachtopbrengsten kan een aanzienlijke winst behaald worden ten opzichte van niet optimale aanhoudingschema's.

Het patroon van de seizoenschommelingen is voor de tijd in het jaar waarin opgezet of rui-geïnduceerd moet worden belangrijker dan het niveau van de diverse prijzen. Het niveau van de prijzen is wel van belang voor het aantal pieken in het jaar waarin er opgezet moet worden.

In de optimalisatie is geen maximale lengte van de legperiode gesteld vanwege verminderende eierkwaliteit en daarmee samenhangende arbeidsvreugde of extra arbeidsbehoefte bij langer aanhouden. Met verminderende eierkwaliteit is rekening gehouden in het percentage tweede soort en de kortingen daarvoor op de basisprijs voor eieren. Arbeidsvreugde en arbeidsbehoefte zijn niet in het saldo opgenomen. Wanneer vanwege arbeidsvreugde of arbeidsbehoefte voor een ander aanhoudingschema wordt gekozen, kan met het computerprogramma worden doorgerekend welke invloed dit heeft op het te behalen saldo.

Volgens de stabiele optimale aanhoudingschema's moet telkens rond dezelfde weken in het jaar worden opgezet. Wanneer veel leghennenhouders

deze resultaten toepassen, betekent dit dat de vraag naar jonge hennen sterk zal gaan afhangen van de periode in het jaar. Vooral voor opfokbedrijven zal een evenwichtige planning, waarbij de opfokcapaciteit het hele jaar door goed benut wordt, lastiger worden. Het ligt voor de hand dat deze schommelingen in de vraag dan zullen leiden tot schommelingen in de prijs van jonge hennen. Daardoor zullen de voordelen van opzetten in bepaalde periodes van het jaar te niet worden gedaan door de hogere prijs van jonge hennen. Het gevolg is dat het minder belangrijk wordt in welke periode van het jaar de hennen worden opgezet. Ook is het mogelijk dat door eigen opfokcapaciteit de leghennenhouder meer gebonden is aan een ander aanhoudingschema dan het optimale.

In de berekeningen is verder geen rekening gehouden met fosfaatproductierechten. De kosten van het mestbeleid verlagen het saldo. Het is denkbaar dat in het aanhoudingschema daarmee rekening moet worden gehouden, bijvoorbeeld door extra leegstand op te nemen.

Berekeningen tonen aan dat het langere aanhouden van het koppel of rui-inductie bij de gekozen uitgangspunten vaak financieel aantrekkelijk is. Zeker wanneer het verschil tussen de eieropbrengsten en de kosten van opgehokte hennen groter wordt, vormen deze 2 opties reële mogelijkheden om saldo per opgehokte hen te verbeteren. In de praktijk wordt er echter over het algemeen korter aangehouden. Ook komt rui-inductie weinig voor. Blijkbaar zijn er ook andere dan strikt financiële factoren die de keuze van de leghennenhouder ten aanzien van het aanhoudingschema beïnvloeden.

5.4 Gebruik van Optilay en toekomstperspectief

Het simulatiemodel gaat uit van identieke vervanging, dat wil zeggen dat de verwachte technische en economische resultaten van alle opeenvolgende koppels hetzelfde zijn. Er wordt geen rekening gehouden met technische en genetische vooruitgang. Zo zouden betere koppels gesimuleerd kunnen worden welke bijvoorbeeld pas in de loop van de tijd opgezet kunnen worden. Naast genetische vooruitgang kan ook aan bijvoorbeeld lagere voerprijzen of eierprijzen in de loop van de tijd worden gedacht. Deze bezwaren kunnen worden ondervangen door in de berekeningen het rentepercentage enigszins aan te passen.

Er wordt gerekend met gemiddelde seizoenschommelingen voor prijzen die zijn berekend over meerdere jaren. Er zijn van jaar tot jaar reële verschillen in het verloop van de eierprijzen. Hoewel duidelijk is dat in de zomermaanden de prijzen lager zijn dan in de wintermaanden, is een nauwkeurige inschatting van het toekomstige prijsverloop moeilijk te maken. Daardoor is vooral het optimale aanhoudingschema van de eerste koppel voor de praktijk van belang. Telkens wanneer een nieuwe koppel leghennen moet worden besteld kan het programma opnieuw gebruikt worden om van het huidige koppel de resterende aanhoudingsduur te berekenen, afhankelijk van de op dat moment beste schatting van het toekomstig prijsverloop.

Hierbij komt dat, in het geval leghennenhouders meer gaan inspelen op seizoenschommelingen in prijzen, de mogelijkheid bestaat dat deze schommelingen minder worden. Gezien het geringe aandeel dat Nederland heeft op de internationale eiermarkt en de duidelijk lagere vraag naar eieren in de zomermaanden dienen echter zeer grote aantallen Nederlandse pluimveehouders hun planning te veranderen voordat dit mogelijk een merkbaar effect heeft op seizoenschommelingen.

Modelberekeningen zijn vooral waardevol om een goed en zuiver inzicht te verkrijgen in het belang van de diverse invoergegevens op het optimale aanhoudingschema. Tevens is een zuiver financieel verschil aan te geven tussen het optimale aanhoudingschema en andere aanhoudingschema's.

Het computerprogramma Optilay is gebruiksvriendelijk en op de personal computer beschikbaar. Het kan daardoor gemakkelijk gebruikt worden op de plaats waar vervangingsbeslissingen daadwerkelijk genomen worden. Het model kan een reële beslissingsondersteunende rol spelen als het gaat om het optimale aanhoudingschema voor leghennen. Gezien de kleine marges die in de leghennenhouderij behaald worden, verdient het toepassing in de praktijk.

LITERATUUR

- Arendonk, J.A.M. van (1985)
Studies on replacement policies in dairy cattle; Landbouwhogeschool Wageningen; Proefschrift
- Beek, P. van en Th.H.B. Hendriks (1985)
Optimaliseringstechnieken: principes en toepassingen; Utrecht/Antwerpen, Bohn, Scheltema en Holkema; 2e druk
- Bellman, R.E. (1957)
Dynamic programming; Princeton, NJ, The Princeton University Press
- Horne, P.L.M. van, R.B.M. Huirne en A.A. Dijkhuizen (1991)
Model ter bepaling van de optimale aanhoudingsduur van leghennen; Landbouw-Economisch Instituut/Landbouwuniversiteit Wageningen; Onderzoekverslag 78
- Huirne, R.B.M. (1990)
Computerized management support for swine breeding farms; Landbouwuniversiteit Wageningen; Proefschrift
- Low, E.M. en J.K. Brookhouse (1967)
Dynamic programming and the selection of replacement policies in commercial egg production; Journal of Agricultural Economics (18), 339-350
- Sundermeier, H.H., R. Klepper en C.D. Hartjen (1986)
Dynamische Programmierung zur wirtschaftlichen Optimierung von Tierproduktionsprozessen; Universiteit Kiel, Institut für landwirtschaftliche Betriebs- und Arbeitslehre; Bericht 86/3
- Verheyen, G., O. Siau, M. Herremans en E. Decuyper (1990)
Economische levensduur van leghennen; Leuevn, Instituut tot Aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw (IWONL), Centrum voor Kleinveeteelt - sectie II; april
- Vries, A. de (1991)
Een nieuw model ter bepaling van de economisch optimale aanhoudingsstrategie van leghennen; Landbouwuniversiteit Wageningen; Scriptie afstudeervak Agrarische Bedrijfseconomie

Vries, A. de, R.B.M. Huirne, A.A. Dijkhuizen, J.T.F.M. Geurts en S.J.A. Dekker (1994)

Beslissingsondersteunende modellen: van onderzoek naar praktijk; In: H. Hogeveen et al. (ed); Informatietoepassingen in de agribusiness; VIAS-symposium 1994; Agro-informaticareeks 8 (juni 1994), 161-168

White, W.C. (1959)

The determination of an optimal replacement policy for a continually operating egg production enterprise; Journal of Farm Economics 41 (5), 1535-1545