



Populatie analyse van de Schoonebeeker en het Drents heideschaap

Inzicht in de genetische gezondheid van de Schoonebeeker en Drents heideschaap populaties en adviezen voor de toekomst

Noëlle Hoorneman en Mira Schoon

CGN rapport 61

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Populatie analyse van de Schoonebeeker en het Drents heideschaap

Inzicht in de genetische gezondheid van de Schoonebeeker en Drents heideschaap populaties en adviezen voor de toekomst

Noëlle Hoorneman^{1,2}, Mira Schoon^{1,2}

¹ Animal Breeding and Genomics, Wageningen University & Research

² Centre for Genetic Resources, the Netherlands (CGN), Wageningen University & Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door CGN en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), in het kader van WOT-03 Genetische Bronnen (projectnummer WOT-03-002-068).

Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN), Wageningen University & Research
Wageningen, oktober 2024

CGN rapport 61

Hoorneman, J.N., M. A. Schoon, 2024. *Populatie analyse van de Schoonebeeker en het Drents heideschaap; Inzicht in de genetische gezondheid van de Schoonebeeker en Drents heideschaap populaties en adviezen voor de toekomst*. Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN), Wageningen University & Research, CGN rapport 61. 40 blz.; 24 fig.; 11 tab.; 6 ref.

Samenvatting - Het Drents heideschaap en de Schoonebeeker behoren tot de zeldzame Nederlandse landbouwhuisdierrassen. Voor het in stand houden van zeldzame rassen is het van groot belang om de populatiegrootte (aantal fokdieren) en de toename in inteelt in de populaties te monitoren. In 2024 heeft het Centrum voor Genetische bronnen Nederland (CGN) een genetisch populatie onderzoek uitgevoerd voor de Drents heideschappen en de Schoonebeekers. De resultaten laten een dalende trend zien in het aantal fokdieren en lammeren per jaar voor beide rassen en een onevenredig groot aandeel van de meest gebruikte rammen. De inteelttoename kon helaas niet betrouwbaar vastgesteld worden door de grote hoeveelheid missende data in het stamboekbestand voor beide rassen. Het advies luidt dan ook om eerst in te zetten op een zo volledig mogelijk stamboekbestand met zoveel mogelijk afstammingen.

In het tweede deel van het onderzoek zijn met behulp van computersimulaties verschillende maatregelen vergeleken om vast te stellen hoe een verlaging van de verwachte inteelttoename zou kunnen worden bereikt. Het stamboek gebruikt al een dekbeperking voor de rammen en de simulaties lieten zien dat deze dekbeperking inderdaad een gunstig effect heeft op het verlagen van de inteelttoename. Strengere dekbeperkingen en rammencirkels hebben maar heel beperkt effect. De selectie van fokdieren die het minst verwant zijn aan de totale populatie van fokdieren zal de laagste verwachte inteelttoename opleveren. Deze methode is echter alleen mogelijk met een complete en betrouwbare stamboom registratie.

Een combinatie van maatregelen, zoals het handhaven van de dekbeperking en in de toekomst mogelijk het selecteren op lage gemiddelde verwantschappen, zal het meest gewenste effect hebben.

Summary - The Drenthe heath sheep and the Schoonebeeker are two of the rare native livestock breeds in the Netherlands. Monitoring trends in the number of breeding animals and the rate of inbreeding is essential for the conservation of rare breeds. In 2024, the Center for Genetic Resources, the Netherlands (CGN) carried out a population genetic analysis for the Drenthe heath sheep and the Schoonebeekers. The results show a downward trend in the number of breeding stock and lambs born per year for both breeds and a disproportionate share from the most commonly used rams. Unfortunately, the inbreeding rate could not be reliably determined due to the large amount of missing data in the studbook for both breeds. The advice is therefore to first focus on developing a studbook file that is as complete as possible with as many pedigrees as possible.

In the second part of the study, various measures were compared using computer simulations to determine how a reduction in the expected rate of inbreeding could be achieved. The studbook already uses a breeding restriction for the rams and the simulations showed that this breeding restriction indeed has a beneficial effect on reducing the inbreeding rate. Stricter breeding restrictions and breeding circles have only a very limited effect. The selection of breeding animals with the lowest mean kinship will result in the lowest expected rate of inbreeding. However, this method is only possible with a complete and reliable pedigree registration. A combination of measures, such as maintaining the breeding restriction and, in the future, possibly selecting for low mean kinships, will have the most desired effect.

Dit rapport is gratis te downloaden op <http://doi.org/10.18174/678852> of op www.wur.nl/cgn onder Publicaties.

© 2024 Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN), Wageningen University & Research
E cgn@wur.nl

Wageningen University & Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 onderstreept ons kwaliteitsniveau.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Introductie	11
2 De huidige stand van zaken	14
2.1 Onderzoeksvragen	14
2.2 Materiaal en methodes	14
2.2.1 Dataset	14
2.2.2 Analyse	15
2.3 Resultaten	15
2.3.1 Volledigheid van stambomen	15
2.3.2 Aantal geboren lammeren per jaar en inzet als fokdier	16
2.3.3 Bijdrage rammen bij houders zonder kudde overeenkomst	18
2.3.4 Gemiddeld aantal lammeren per ram en per ooi	19
2.3.5 Generatie interval	21
2.3.6 Inteelt en verwantschap	21
3 Advies genetisch beheer	22
3.1 Simulaties	22
3.1.1 Populatiegegevens en uitwisselingsschema's	22
3.1.2 Opzet van de verschillende simulaties	24
3.2 Resultaten	26
3.2.1 Inteeltoename bij verschillend beleid in de Schoonebeeker	26
3.2.2 Inteeltoename bij verschillend beleid in het Drents heideschaap	30
3.2.3 Inteeltoenames per generatie	34
4 Conclusies en aanbevelingen	35
Literatuur	37
Bijlage 1. Uitwisselingsschema's voor rammen gebruikt in de simulaties	39

Woord vooraf

Het Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN) geeft op aanvraag adviezen aan rasverenigingen en stamboeken over het behoud van genetische diversiteit binnen rassen, en over strategieën voor duurzame instandhouding van rassen. Daarbij ligt de nadruk op de ontwikkeling en evaluatie van fokstrategieën en fokprogramma's met behoud van genetische diversiteit.

Op verzoek van de Nederlandse Fokkersvereniging Het Drents Heideschaap en Schoonebeeker (NFDH) zijn de populaties van het Drents heideschaap en de Schoonebeeker door CGN geanalyseerd. Vervolgens is met behulp van computersimulaties gekeken naar de (mogelijke) effecten van verschillende maatregelen om de verwachte inteelttoename in de toekomst te verlagen.

Bij deze willen wij graag het bestuur van de NFDH bedanken voor de constructieve samenwerking en hopen wij gezamenlijk de gegeven adviezen verder uit te werken.

Samenvatting

Het Drents heideschaap en de Schoonebeeker zijn heideschappen die bij uitstek thuishoren in begrazingskuddes die ingezet worden voor natuurbeheer, maar ook hobbyhouders hebben deze schappen ontdekt. Ze behoren beide tot de zeldzame Nederlandse landbouwhuisdierrassen. Voor het in stand houden van zeldzame rassen is het van groot belang om de populatiegrootte (aantal fokdieren) en de toename in inteelt en verwantschap in de populaties te monitoren. In 2024 heeft het Centrum voor Genetische bronnen Nederland (CGN) een genetisch populatie onderzoek uitgevoerd voor de Drents heideschappen en de Schoonebeekers. Hierbij is gekeken naar het aantal lammeren per jaar, hoeveel rammen en ooien er worden ingezet voor de fokkerij en wat de verdeling van de inzet van deze rammen is, het gemiddeld aantal lammeren dat rammen of ooien voortbrengen in hun leven, en het generatie interval. De inteelttoename en de verwantschap binnen de populatie kon helaas niet betrouwbaar vastgesteld worden door de grote hoeveelheid missende data in het stamboekbestand voor beide rassen. Dit wordt veroorzaakt door de inzet van de schappen in natuurbegrazing, de schappen lopen hierdoor in grote kuddes wat de registratie van moederdier voor individuele lammeren bemoeilijkt. Echter is deze missende data van bijna de helft van de raszuivere dieren zijn ook gelijk het grootste aandachtspunt. Het advies luidt dan ook om eerst in te zetten op het uitwerken van een zo volledig mogelijk stamboekbestand met zoveel mogelijk afstammingen. Daarnaast laten de resultaten van dit onderzoek een dalende trend zien in het aantal fokdieren en het aantal lammeren per jaar voor beide rassen en dat een onevenredig groot aandeel van alle lammeren komt van de 10 meest gebruikte rammen. Dit zijn tekenen dat zorg geboden is en dat het voor de toekomst van beide rassen van belang is om beleid op te stellen voor het verlagen van de inteelttoename.

In een vervolgonderzoek zijn op basis van computersimulaties verschillende maatregelen vergeleken om vast te stellen hoe een verlaging van de verwachte inteelttoename zou kunnen worden bereikt. Het stamboek gebruikt al een dekbeperking voor de rammen en de simulaties lieten zien dat deze dekbeperking inderdaad een gunstig effect heeft op het verlagen van de inteelttoename. Vervolgens is er onderzocht wat het effect zou zijn van strengere dekbeperkingen of het gebruik van zogenaamde rammencirkels, waarbij er rammen uitgewisseld worden binnen een gesloten kring van kuddes in een vaste volgorde. Als laatste zijn twee selectiemethodes bekeken op basis van verwantschappen. Hieruit kwam dat de strengere dekbeperkingen en rammencirkels maar heel beperkt effect hebben en mogelijk zelfs een lichte verhoging van de inteelttoename kunnen veroorzaken. De selectie van fokdieren die het minst verwant zijn aan de totale populatie van fokdieren zal de laagste verwachte inteelttoename opleveren. Deze methode is echter alleen mogelijk met een complete en betrouwbare stamboom registratie. Omdat de stambomen nu nog erg incompleet zijn en ongeveer de helft van de dieren niet individueel geregistreerd staan in het stamboek, is deze optie momenteel niet bruikbaar.

In de praktijk kan door een combinatie van maatregelen, zoals het handhaven van de dekbeperking, een gelijkmatigere spreiding van de dekkingen per ram en in de toekomst mogelijk het selecteren op lage gemiddelde verwantschappen, de inteelttoename zo laag mogelijk gehouden worden.

Voor beide rassen kwam duidelijk naar voren dat als de stamboekdieren als alleenstaande populaties verder zou moeten, zonder de kuddes met kuddeovereenkomst, de inteelt veel sneller zou oplopen. Beide groepen hebben grote waarde voor elkaar en voor het duurzaam en gezond in stand houden van het ras.

1 Introductie

De Nederlandse Fokkersvereniging Het Drentse Heideschaap en Schoonebeeker (NFDH) bestaat sinds 1985 en is een erkend stamboek volgende de EU Fokkerijverordening (EU 2016/1012). Het stamboek zet zich in voor de instandhouding van het oude type Drents heideschaap en de Schoonebeeker. De fokkersvereniging heeft een fokdoel voor beide rassen vastgesteld en in het reglement van het stamboek is vastgelegd waaraan schapen moeten voldoen voor de fokkerij.

Kenmerkend voor beide rassen is dat ze veel worden ingezet voor natuurbeheer en in grote kuddes worden gehouden waar het bijhouden van stamboomgegevens moeilijker is. Een deel van deze kuddes heeft zogenaamde 'kudde overeenkomsten' afgesloten met de Fokkersvereniging. Dit wil zeggen dat er aparte afspraken gemaakt kunnen worden omtrent zaken als fokkerij, administratie, keuring en selectie. Dit gaat om 7 - 9 kuddes per jaar voor de Schoonebeeker en 12 - 15 kuddes per jaar voor het Drents heideschaap. Meer dan de helft van alle Drenten worden in deze grotere kuddes gehouden en ruim 75% van de Schoonebeeker. Daarnaast is er een groep particuliere houders, waarvan de houders variëren van kleinschalige hobbyhouders met een kleiner aantal dieren tot enkele grotere kuddes (deze hebben geen kudde overeenkomsten).

Zowel de Schoonebeeker als het Drents heideschaap zijn van oorsprong Nederlandse rassen en hebben beide een zeldzame status. Voor het Drents heideschaap staan er ongeveer 1.500 raszuivere vrouwelijke fokdieren in de hoofdsectie het stamboek en nog eens rond de 2.000 fokkooien in de verschillende kuddes geregistreerd via de kuddeovereenkomsten (Rassenlijst 2024). Voor de Schoonebeeker zijn dit er aanzienlijk minder, namelijk 496 raszuivere vrouwelijke fokdieren in de hoofdsectie van het stamboek en daarnaast ook rond de 2.000 fokkooien in de kuddes geregistreerd via de kuddeovereenkomsten (Rassenlijst 2024).

Van de huidige populatie Schoonebeekers wordt aangenomen dat ze vrijwel geheel afstamt van één overgebleven kudde in Westerbork en later in Orvelte. Ook het Drents heideschaap heeft een smalle basis, o.a. doordat er na de invoer van kunstmest minder heideschapen nodig waren en de aantallen toen sterk terugliepen. Deze smalle uitgangssituatie en beperkte populatieomvang veroorzaken vaak verhoogde inteelttoenames. Hoge inteeltniveaus brengen risico's met zich mee, de kans op erfelijke afwijkingen wordt steeds groter, er kan inteeltdepressie optreden, en er is minder genetische diversiteit voor selectie.

Voor het in stand houden van zeldzame rassen is het van groot belang om de populatiegrootte en de toename in inteelt en verwantschap in de populaties te monitoren. Om de huidige risicostatus van de Schoonebeeker en Drents heideschaap populaties in kaart te brengen en te onderzoeken of er maatregelen noodzakelijk zijn voor het behoud van gezonde populaties in de toekomst, heeft het Centrum voor Genetische bronnen Nederland (CGN), Wageningen University & Research (WUR) in 2024 een populatie genetisch onderzoek uitgevoerd. Hierbij is gekeken naar huidige stand van zaken, het gaat hierbij om het aantal dieren, hoeveel rammen worden er ingezet en wat is de verdeling van de inzet van deze rammen, de inteelttoename en de verwantschap binnen de populatie. Op basis van computersimulaties zijn verschillende maatregelen vergeleken om vast te stellen welke maatregelen een verlaging van de verwachte inteelttoename teweeg zouden kunnen brengen.

Hieronder zijn de relevante begrippen uitgewerkt die van toepassing zijn op de resultaten van het onderzoek. In hoofdstuk 2 volgen de resultaten van het eerste deel, de huidige stand van zaken. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van het vervolgonderzoek uitgewerkt en worden toekomstperspectieven voor de Schoonebeeker en Drents heideschaap populaties geschetst.

Verwantschap en inteelt

Hier volgt een uitleg van de relevante begrippen die van toepassing zijn op de resultaten van het onderzoek. Meer over deze begrippen en verhelderende infographics zijn te vinden en te downloaden op; www.fokkenmetverstand.nl

Verwantschap

Twee dieren zijn verwant wanneer zij één (of meerdere) voorouder(s) delen. Bijvoorbeeld, koe Bertha is verwant aan haar neef Bertus omdat zij dezelfde grootouders hebben, de grootouders zijn hun gemeenschappelijke voorouders. Omdat zij gemeenschappelijke voorouders hebben, hebben Bertha en Bertus deels hetzelfde DNA afkomstig van dezelfde gemeenschappelijke voorouder(s). Verwantschap (kinship) kan gezien worden als het percentage DNA dat twee individuen beide bezitten en wat afkomstig is van één gemeenschappelijke voorouder. Dit kan uitgedrukt worden in een cijfer, de kinship coëfficiënt. De kinship coëfficiënt geeft de mate van verwantschap tussen twee dieren aan en heeft een waarde tussen 0 (geen verwantschap en dus 0% DNA wat afkomstig is van één gemeenschappelijke voorouder) en 1 (100% van het DNA is afkomstig van één gemeenschappelijke voorouder).

Inteelt

Inteelt is het resultaat van het paren van verwante dieren, zoals Bertha en Bertus. Zij komen genetisch gezien meer overeen dan onverwante dieren omdat ze voor een groter deel hetzelfde DNA hebben. Wanneer dieren meer genetisch overeenkomen, is er minder genetische diversiteit, en zullen dieren vaker homozygoot zijn. Hoe minder variatie er in een populatie aanwezig is, hoe groter de kans op een opeenstapeling van erfelijke gebreken. De kans dat een dier hetzelfde allel van beide ouders ontvangt wordt uitgedrukt in een cijfer, de inteelt coëfficiënt. De inteeltcoëfficiënt heeft een waarde tussen 0 (geen inteelt) en 1 (volledige inteelt) en geeft de mate van inteelt van een individueel dier weer. De inteeltcoëfficiënt zegt iets over een individueel dier, en is gelijk aan de kinship coëfficiënt van de ouders.

Gemiddelde verwantschap (mean kinship)

Mean kinship is de gemiddelde verwantschap van een dier met de hele populatie. We berekenen voor koe Bertha haar verwantschap met haar ouders, eventuele broers en zussen, nichten en neven zoals Bertus, haar zonen en dochters, maar ook met verre achternichten en koeien waar ze geen familieband mee heeft. Alle levende dieren in de populatie worden meegenomen. Al deze verwantschappen worden bij elkaar opgeteld en gedeeld door het aantal levende dieren in de populatie, en dit getal geeft de mean kinship oftewel de gemiddelde verwantschap van Bertha weer.

De gemiddelde verwantschap is een maatstaf voor hoeveel van de genetische variatie van een dier al voorkomt in de populatie. Als veel van deze variatie ook voorkomt in andere dieren in de populatie zal het dier kunnen bijdragen aan inteelt in de toekomst van een ras, maar komt de variatie nog weinig voor in de populatie dan is het interessant om deze unieke variatie te bewaren.

Inteelttoename

Vaak wordt er gesproken over inteelt, of het inteeltpercentage bij een individueel dier. Voor een duurzame instandhouding van een ras of fokpopulatie is het echter vooral belangrijk om naar de inteelttoename per generatie op populatieniveau te kijken (Oldenbroek en van der Waaij, 2015).

Om op populatieniveau inteelt te kunnen monitoren en zo iets te zeggen over de risicostatus van een ras wordt gebruik gemaakt van de inteelttoename. Voor de inteelttoename wordt de gemiddelde inteeltcoëfficiënt van alle op dat moment levende dieren uit dat geboortjaar vergeleken met de gemiddelde inteeltcoëfficiënt van de voorgaande geboortejaren. Deze inteelttoename zegt iets over de trend (stijging of daling) van de gemiddelde inteeltcoëfficiënt in de populatie van het desbetreffende ras.

Inteelttoename per generatie

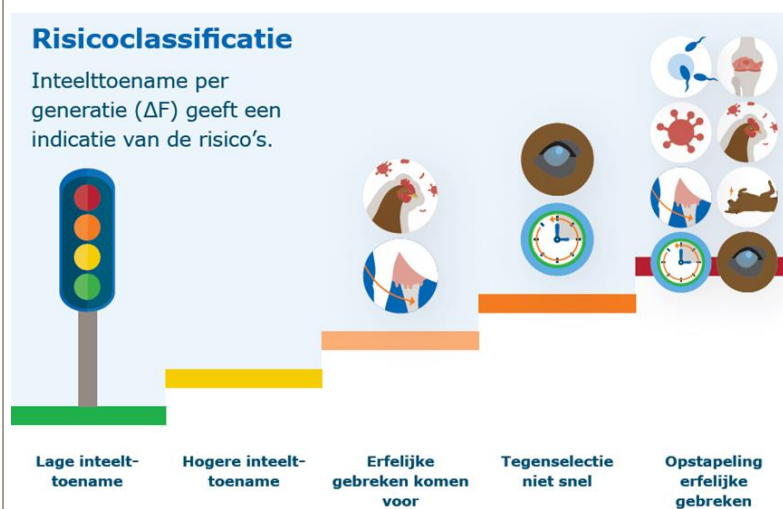
De inteelttoename per generatie maakt het mogelijk om de inteelttrisico's tussen diersoorten te vergelijken. De ene diersoort plant zich veel sneller voort dan andere diersoorten, zo kan een konijn in één jaar al meerdere nieuwe generaties hebben gecreëerd en is het rund net vruchtbaar. Doordat het konijn al meerdere generaties verder is, is de kans ook groter dat daar de inteelt sneller toeneemt dan bij een dier dat nog geen nieuwe generatie nakomelingen heeft. Een te hoge inteelttoename per generatie heeft een directe relatie met de kans op

Verwantschap en inteelt

het optreden van erfelijke aandoeningen. Voor de beoordeling van deze risico's heeft de FAO een referentiekader vastgesteld (FAO, 2013), voor een samenvatting zie figuur 1.1 en 1.2.



Figuur 1.1 Inteeltoename per generatie in relatie tot de kans op erfelijke gebreken.



Figuur 1.2 Risicoclassificatie op basis van de inteelttoename per generatie.

2 De huidige stand van zaken

2.1 Onderzoeksvragen

De Schoonebeeker en het Drents heideschaap behoren met respectievelijk ongeveer 500 raszuivere fokooien (2.800 incl. fokooien kuddes) en 1.500 raszuivere fokooien (3.500 incl. fokooien kuddes) ingeschreven in het stamboek tot één van de zeldzame Nederlandse schapenrassen (Rassenlijst 2024). Voor kleine populaties is het van belang om deze goed te monitoren en periodiek de populatie in het geheel te analyseren en te kijken of er maatregelen nodig zijn voor een gezonde toekomst van het ras. In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven van de genetische populatie analyse uitgevoerd in 2024.

Om de status van de beide heideschaap populaties goed te kunnen beoordelen is het onderzoek en de hoofdvraag opgesplitst in deelvragen.

Hoofdvraag

Wat is de huidige risicostatus van de Schoonebeeker en Drents heideschaap populaties en zijn maatregelen noodzakelijk voor het behoud van gezonde populaties in de toekomst?

Doelstellingen

- I. Uitvoeren van een genetische populatie analyse voor de Schoonebeeker en Drents heideschaap op basis van afstammingsgegevens; om te onderzoeken hoe de huidige populatie er voor staat (qua aantallen, geboren lammeren, verdeling in mannelijke en vrouwelijke fokdieren, en zo mogelijk de (toename in) inteelt en verwantschap tussen schapen);
- II. Inzicht in de mogelijke effecten van verschillende potentiële maatregelen voor het verlagen van de inteelttoename (indien nodig); ten behoeve van een advies over het genetisch beheer van de Schoonebeeker en Drents heideschaap populaties.

2.2 Materiaal en methodes

2.2.1 Dataset

Voor de analyse zijn alle stamboomgegevens van alle Schoonebeeker en Drentse heideschapen uit Falcoo (stamboekregistratiesysteem) aangeleverd door de Nederlandse Fokkersvereniging het Drentse Heideschaap en Schoonebeeker (NFDH). Daarnaast is er aanvullende informatie aangeleverd over de dieren binnen de kuddes met een kuddeovereenkomst. Voor deze kuddes gelden aparte afspraken omtrent zaken als fokkerij, administratie, keuring en selectie. Voor de analyse zijn er gegevens aangeleverd van alle kuddes die een kuddeovereenkomst hebben vanaf 2017. Dit zijn tussen de 7 en 9 kuddes per jaar voor de Schoonebeeker en tussen de 12 en 15 kuddes per jaar voor de Drent. Van deze kuddes worden de individuele ooien en lammeren niet geregistreerd en afstamming niet bijgehouden, maar de aantallen aanwezige dieren per jaar wel, uitgesplitst over volwassen ooien, enters en lammeren (ram/ooi).

In totaal waren er bij de houders zonder kuddeovereenkomst gegevens beschikbaar van 18.365 Schoonebeekers geboren tussen 1989 en 2023. Hiervan was 56,0% vrouwelijk en 44,0% mannelijk. Bij de houders met kuddeovereenkomst zijn er gegevens beschikbaar over ca. 4.000 schapen per jaar, waarvan ca. 1.500 nieuwe aanwas is en de rest enters en volwassen ooien. Volwassen rammen binnen de kuddes zijn niet geregistreerd.

Van de Drents heideschapen waren er bij de houders zonder kuddeovereenkomst gegevens beschikbaar van 39.272 schapen geboren tussen 1986 en 2023. Hiervan was 57,0% vrouwelijk en 43,0% mannelijk. Bij de houders met kuddeovereenkomst zijn er gegevens beschikbaar over ca. 4.000-5.000 schapen per jaar, waarvan een kleine 2.000 nieuwe aanwas is en de rest enters en volwassen ooien. Volwassen rammen zijn niet geregistreerd binnen de kuddes.

2.2.2 Analyse

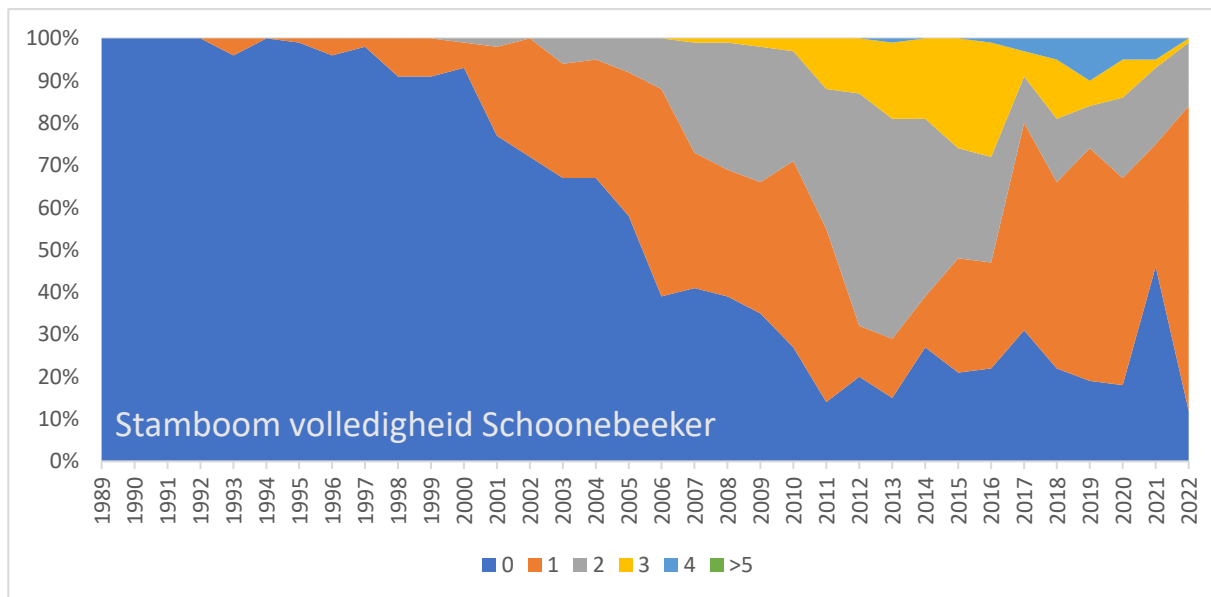
Met behulp van het computerprogramma Retriever (Windig & Oldenbroek) zijn de stambomen van de Schoonebeeker en Drents heideschappen geanalyseerd om inzicht te krijgen in de aantallen, geboren lammeren, verdeling in mannelijke en vrouwelijke fokdieren, inzet van het aantal rammen, generatie interval, en zo mogelijk de inteelt en verwantschap van de schapen vast te stellen, evenals de trend in deze parameters. Een te snelle stijging van inteelt en verwantschap vergroot de kans op het optreden van erfelijke gebreken, zoals een verminderde vruchtbaarheid of een verkorte levensduur. De algemeen aanvaarde maximum inteelttoename per generatie ligt op 0,5% per generatie.

Diverse scenario's voor mogelijk benodigde aanpassingen in het fokprogramma werden gesimuleerd met behulp van het programma Pointer (Windig & Oldenbroek). Met dit programma wordt de populatie in de computer nagebootst voor meerdere generaties en de inteelttoename geschat waarbij verschillende vormen van genetisch beheer gesimuleerd en vergeleken kunnen worden.

2.3 Resultaten

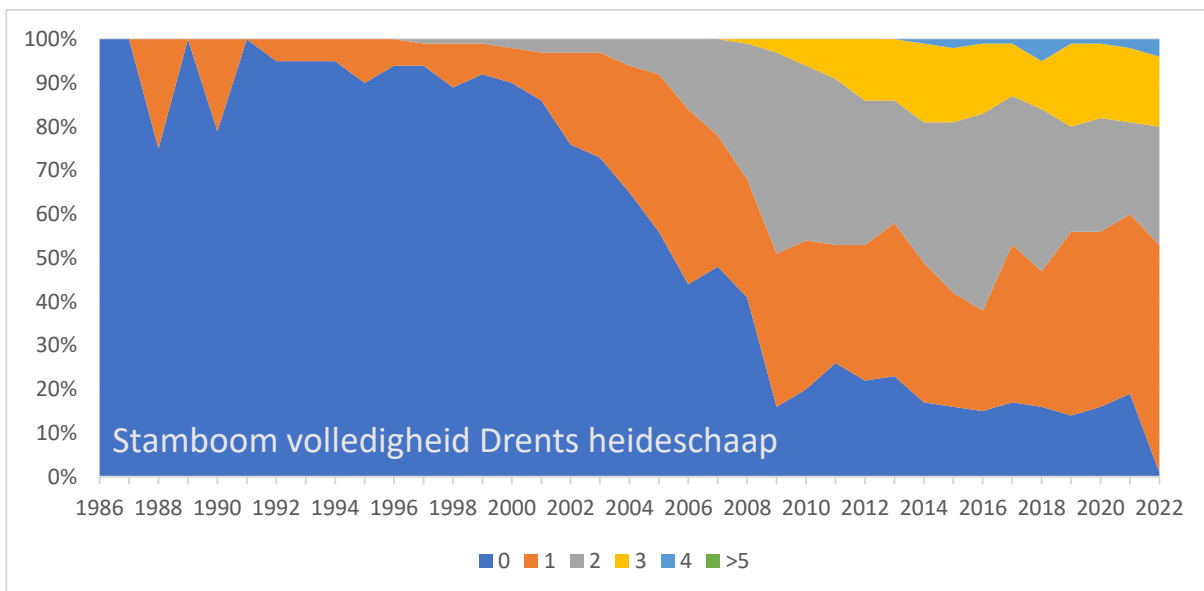
2.3.1 Volledigheid van stambomen

Met de volledigheid van de stambomen worden het aantal generaties en voorouders die in een stamboom bekend zijn bedoeld. Het aantal generaties aan gegevens heeft invloed op het berekende inteeltpercentage, bij beperkte gegevens over de voorouders zullen er minder gemeenschappelijke voorouders gevonden worden en zal het inteeltpercentage eerder worden onderschat. Het is daarom van belang om inzicht te hebben in de volledigheid van de stambomen. Uit de analyses kwam naar voren dat de volledigheid van de stambomen van de dataset voor beide rassen onvoldoende was om berekeningen op uit te voeren. Voor 16% van de Schoonebeeker lammeren geboren in 2023 waren twee of meer generaties bekend.



Figuur 2.1a Volledigheid van stambomen in de Schoonebeeker populatie. Het aantal generaties waarvan voorouders in de stambomen bekend zijn, per geboortjaar.

Voor het Drents heideschaap was er voor 20% van de lammeren in 2023 drie of meer generaties bekend (Figuur 2.1b). Eén generatie terug is dit percentage reeds gedaald naar circa 16% van de geboren lammeren.

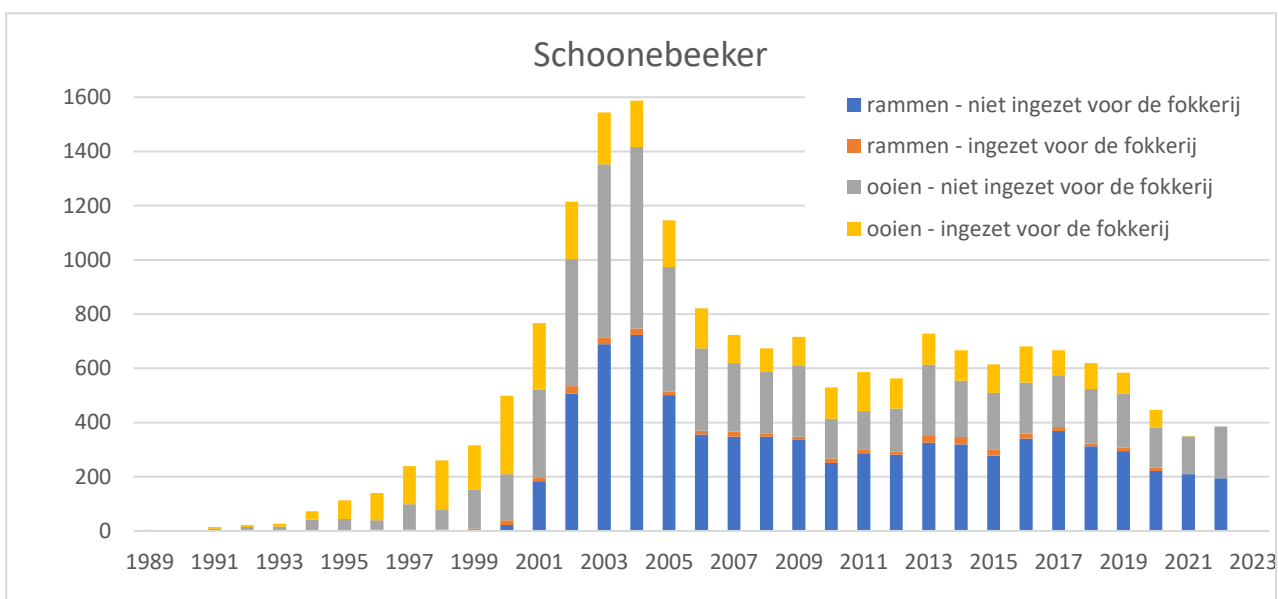


Figuur 2.1b Volledigheid van stambomen voor het Drents heideschaap. Het aantal generaties waarvan voorouders in de stambomen bekend zijn, per geboortjaar.

2.3.2 Aantal geboren lammeren per jaar en inzet als fokdier

Aantal lammeren per jaar bij de Schoonebeeker

Er is informatie over de Schoonebeekers en het aantal lammeren geboren per jaar tussen 1989 tot 2023, dit gaat alleen om geregistreerde lammeren in het stamboek en niet om de dieren in de kuddes met een kuddeovereenkomst (Figuur 2.2a). Tussen 2003 en 2005 werden de meeste lammeren per jaar geregistreerd, circa 1.500 Schoonebeekers per jaar. In 2020 werden 584 Schoonebeeker lammeren geboren, daarna daalde het aantal verder, naar ongeveer 350 in 2022. Dit geeft een duidelijke afname weer van het aantal geboren lammeren per jaar geregistreerd in het stamboek. Gedurende de laatste jaren werden gemiddeld 15 van de Schoonebeeker ramlammeren per geboortjaar op volwassen leeftijd ingezet in de fokkerij. Dit aantal is vrij constant gebleven, dus er worden wel minder lammeren geboren, maar het aantal dat daaruit geselecteerd wordt voor de fokkerij blijft stabiel.

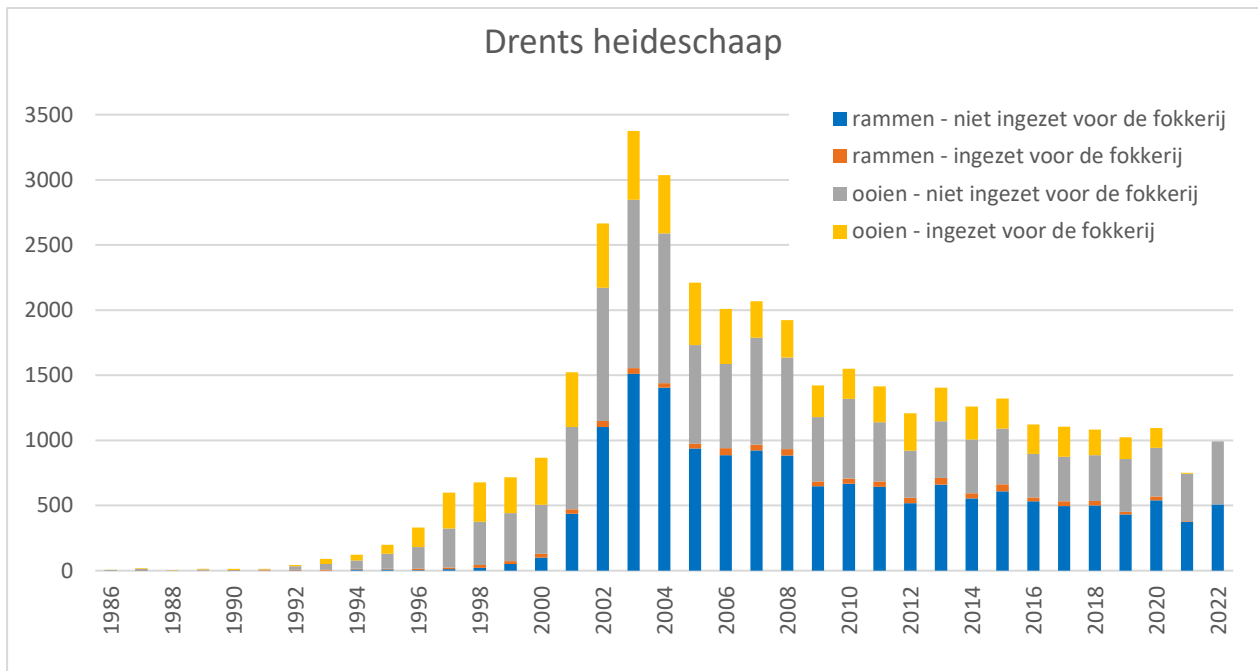


Figuur 2.2a Het aantal Schoonebeeker lammeren (uitgesplitst naar geslacht) per geboortjaar dat op latere leeftijd wel of geen nakomelingen heeft voortgebracht.

Aantal lammeren per jaar bij het Drents heideschaap

De beschikbare dataset bevatte geboortejaren 1986 tot 2023 voor de geregistreerde heideschappen in het stamboek voor de Drentse heideschappen (Figuur 2.2b). Dit gaat alleen om geregistreerde lammeren in het stamboek en niet om de dieren in de kuddes met een kuddeovereenkomst. Tussen 2003 en 2005 werden de meeste lammeren per jaar geregistreerd, circa 3.000 Drenten per jaar. In 2020 werden 1.024 Drentse lammeren geregistreerd. Het aantal daalde verder, naar 750 in 2022. Dit duidt op een afname van het aantal geboren lammeren per jaar.

Gedurende de laatste jaren werden gemiddeld 40 van de Drentse ramlammeren die per jaar geboren werden op volwassen leeftijd ingezet in de fokkerij. Dit aantal is vrij constant gebleven, dus er worden wel minder lammeren geboren, maar het aantal dat daaruit geselecteerd wordt voor de fokkerij blijft stabiel.



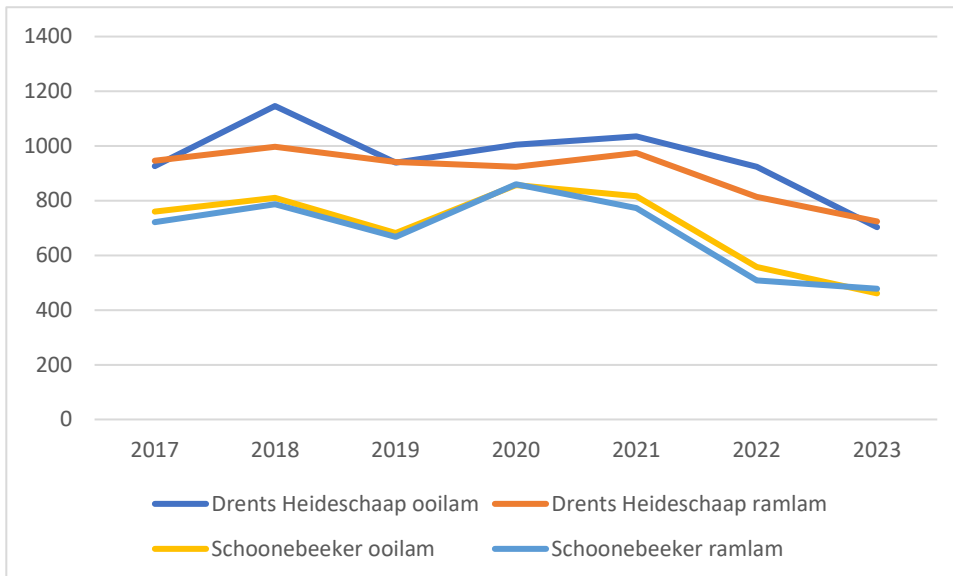
Figuur 2.2b Het aantal Drents heideschaap lammeren (uitgesplitst naar geslacht) per geboortjaar dat op latere leeftijd wel of geen nakomelingen heeft voortgebracht

Aantal lammeren op latere leeftijd ingezet voor de fokkerij

Het aantal en het percentage schapen dat op latere leeftijd werd ingezet in de fokkerij (en dus nakomelingen voortbrengt) lag in 2005 rond de 26% (Schoonebeeker) en 28% (Drents heideschaap) voor de ooien, maar dit steeg naar ca. 34% rond 2010-2012 voor beide rassen (zie Figuur 2.2a,b). Deze resultaten duiden erop dat er percentueel meer oilammeren later worden ingezet in de fokkerij. Het aantal en het percentage rammen dat op latere leeftijd wordt ingezet in de fokkerij (en dus nakomelingen voortbrengt) lag, zoals verwacht, een stuk lager dan bij de ooien. Ook bij de rammen lijkt een percentuele toename te worden geobserveerd in het aantal rammen dat wordt ingezet in de fokkerij, qua absolute aantallen blijft dit vrij stabiel.

Aantal lammeren per jaar geboren in de kuddes met kuddeovereenkomsten

Kijkend naar de cijfers van 2007 – 2023 worden jaarlijks meer dan de helft van de lammeren bij de houders met kudde overeenkomst geboren. We zien daar de laatste jaren een dalende trend (figuur 2.3). Hoeveel van deze dieren ingezet worden in de fokkerij is onbekend.



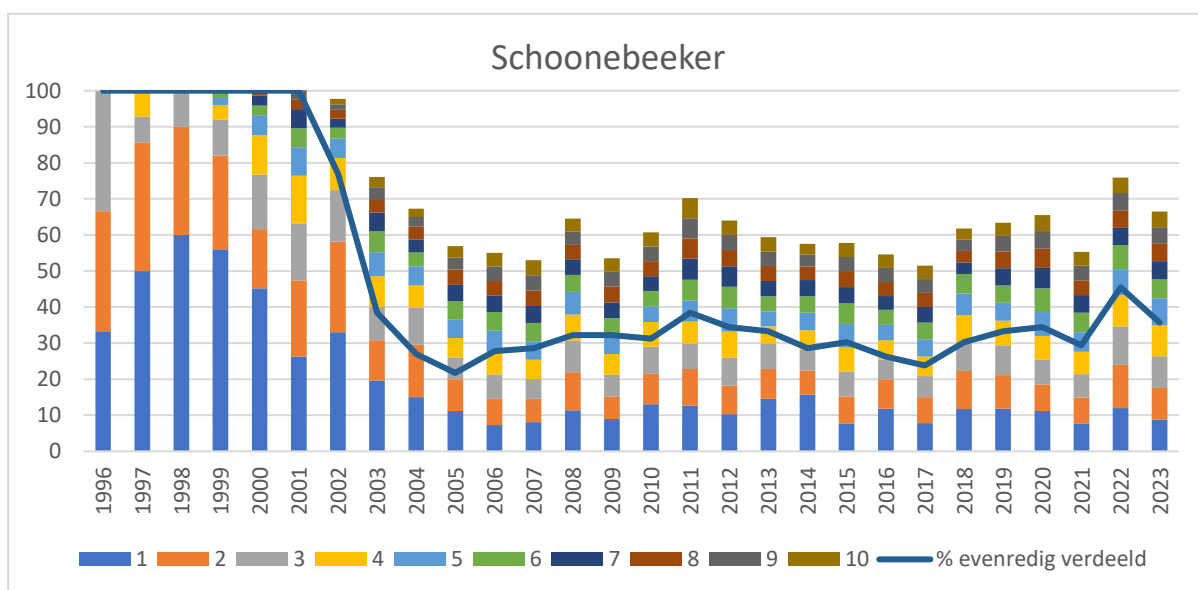
Figuur 2.3 Het aantal lammeren per geboortjaar in de kuddes met kudde overeenkomst.

2.3.3 Bijdrage rammen bij houders zonder kudde overeenkomst

Schoonebeeker

Door selectie en praktische redenen is het aandeel lammeren wat elke ram produceert nooit helemaal gelijk. Sommige rammen zullen populairder zijn en vaker worden ingezet dan anderen. Het totale aandeel van de top tien Schoonebeeker rammen met de grootste bijdrages per jaar is weergegeven in figuur 2.4a. Na een dalende trend zijn deze bijdrages sinds 2005 redelijk gestabiliseerd. De tien toprammen met de grootste bijdrages hadden gedurende de afgelopen twee generaties een totaal aandeel van rond de 60% in de Schoonebeekers. De overige 40% van de geboren lammeren per jaar stamden af van andere fokrammen, met elk een beperkte bijdrage. Als alle beschikbare dekrammen een evenredige bijdrage zouden hebben, dan zouden de top 10 rammen tussen de 30% en 40% bijdragen in de Schoonebeekers, dus bijna de helft van wat het daadwerkelijk nu is.

De bijdrage van de 10 toprammen met de grootste bijdrages per jaar lag gedurende de afgelopen twee generaties op circa 10% per Schoonebeeker ram (zie figuur 2.4a). Een aantal van de toprammen stonden meerdere jaren achter elkaar in de top tien. De totale bijdrage van deze rammen werd elk jaar dan ook met resp. 10% vergroot en in totaal is dit een aanzienlijke bijdrage.

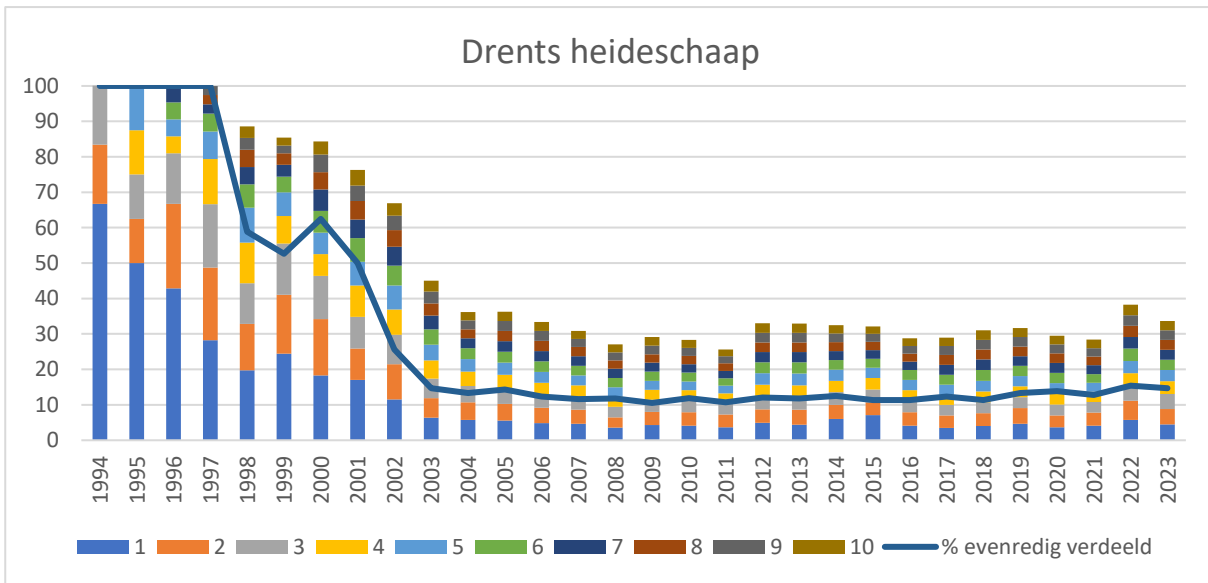


Figuur 2.4a Het totale aandeel (in percentages) van de tien toprammen per ras die de meeste lammeren per jaar voortbrachten. De donkere lijn geeft de bijdrage van de tien toprammen weer als alle beschikbare dekrammen een evenredige bijdrage zouden hebben.

Drents heideschaap

Het totale aandeel van de top tien Drentse rammen met de grootste bijdrages per jaar is met de tijd afgenomen en sinds 2004 redelijk gestabiliseerd (zie figuur 2.4b). De tien toprammen met de grootste bijdrages hadden gedurende de afgelopen twee generaties een totaal aandeel van rond de 30% in de Drents heideschappen. De overige 70% van de geboren lammeren per jaar stamden af van andere fokrammen, met elk een beperkte bijdrage. Als alle beschikbare dekrammen een evenredige bijdrage zouden hebben, dan zouden de top 10 rammen tussen de 10% en 15% bijdragen in de Drents heideschappen (zie blauwe lijn in figuur 2.4b), dus bijna de helft van wat het daadwerkelijk nu is.

De bijdrage van de 10 toprammen met de grootste bijdrages per jaar lag gedurende de afgelopen twee generaties op circa 3% per Drentse ram. Een aantal van de toprammen stonden meerdere jaren achter elkaar in de top tien. De totale bijdrage van deze rammen werd elk jaar dan ook met 3% vergroot wat in totaliteit aardig kan oplopen.



Figuur 2.4b Het totale aandeel (in percentages) van de tien toprammen per ras die de meeste lammeren per jaar voortbrachten. De donkere lijn geeft de bijdrage van de tien toprammen weer als alle beschikbare dekrammen een evenredige bijdrage zouden hebben.

Effect dekbeperking op aandeel populaire rammen

Een ram met een grote bijdrage zorgt voor vele nakomelingen. Aangezien al deze nakomelingen aan elkaar verwant zijn, is de kans aanzienlijk dat daarmee de toekomstige inteelt zal toenemen. Het stamboek ondervangt dit risico door een dekbeperking te hanteren voor de rammen van 20-25 ooien per jaar en 100 ooien in zijn totale levensduur. Zo kan het aandeel van elke individuele ram nooit te hoog oplopen. Wel is het mogelijk dat de ingezette rammen onderling sterk verwant zijn. Door de beperkte stamboomgegevens is het niet altijd mogelijk om hier grip op te houden.

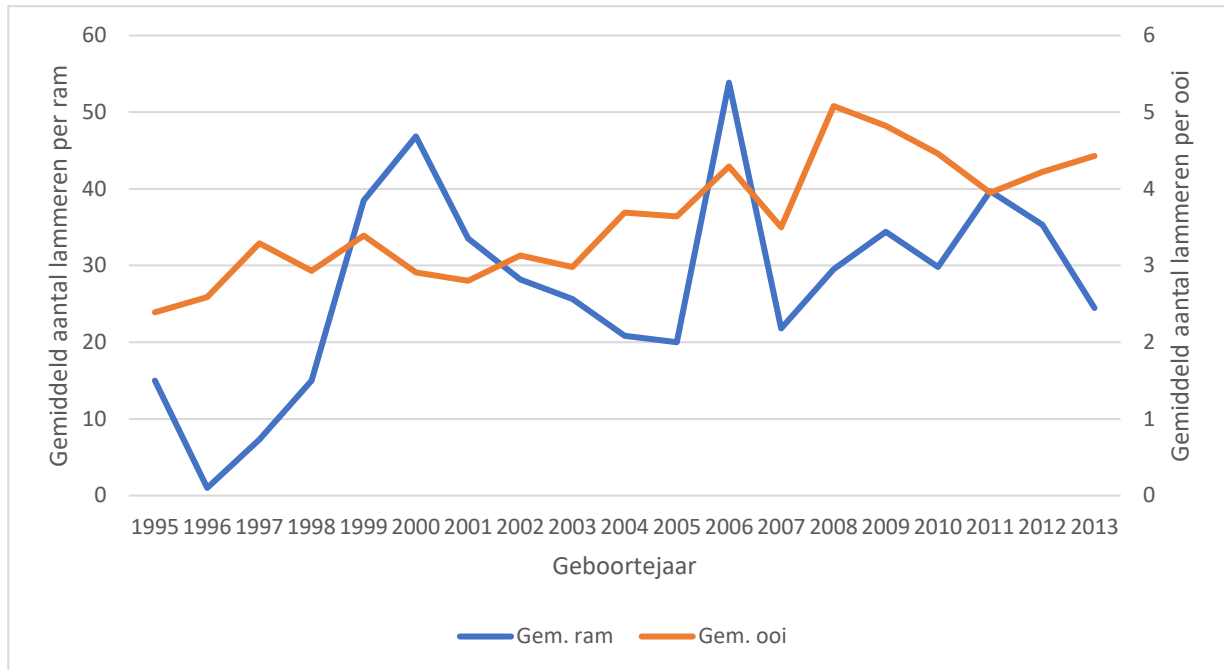
2.3.4 Gemiddeld aantal lammeren per ram en per ooi

Schoonebeeker

Om zicht te hebben op het totaal aantal lammeren over het hele leven van een ouderdier zijn gegevens nodig van de hele levensduur van een dier. Daarom zijn de eerste jaren en de laatste jaren niet meegenomen in de grafiek (zie figuur 2.5a). In de eerste jaren waren er dieren die al nakomelingen hadden voordat de registratie startte, en in de laatste jaren hadden nog levende dieren nog niet hun volle potentieel bereikt aan nakomelingen.

Zoals te verwachten was het totaal aantal lammeren over het hele leven voor de moeders veel lager dan voor de vaders. Bij de moeders zien we een licht stijgende trend uitkomend rond de 4,5 lammeren per levensduur.

Voor de vaders is er veel fluctuatie te zien met 2 hoge pieken in 2000 en 2006, maar gemiddeld ligt het rond de 35 lammeren per ram over zijn hele leven. Dit zal een onderschatting zijn, aangezien de geboren lammeren in kuddes met kuddeovereenkomst hierin niet worden meegenomen.

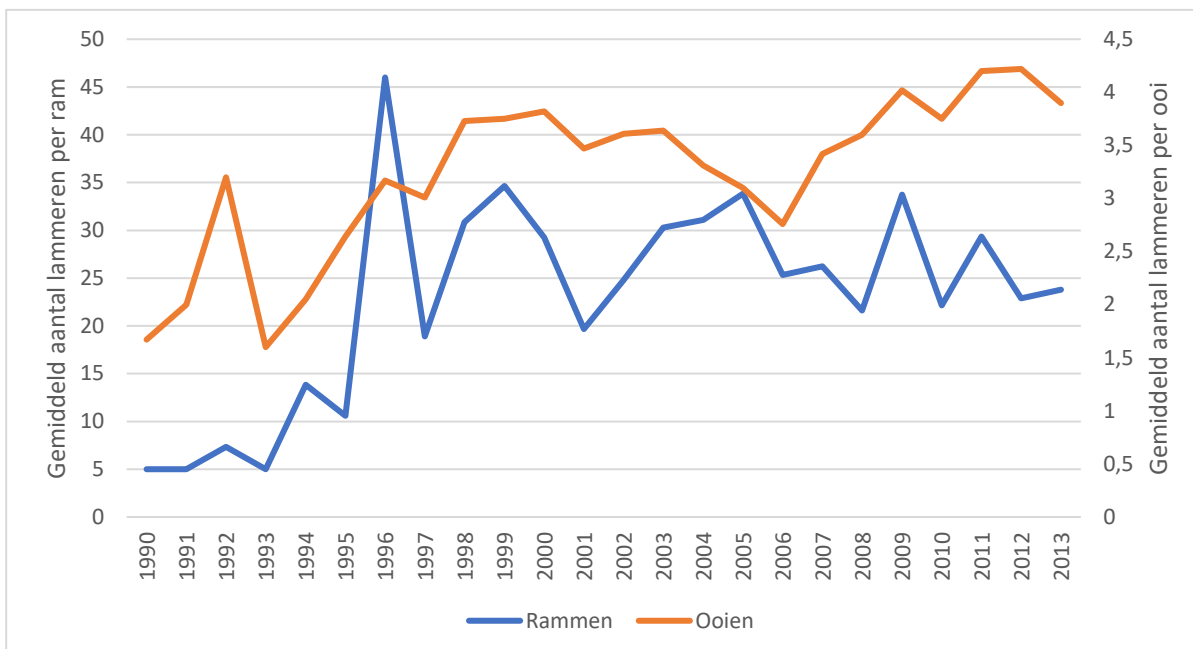


Figuur 2.5a Het gemiddeld totaal aantal Schoonebeeker lammeren over het hele leven van de vaders of moeders geboren in een bepaald jaar.

Drents heideschaap

Om zicht te hebben op het totaal aantal lammeren over het hele leven van een ouderdier zijn gegevens nodig van de hele levensduur van een dier. Daarom zijn de eerste jaren en de laatste jaren niet meegenomen in de grafiek (zie figuur 2.5b). In de eerste jaren waren er dieren die al nakomelingen hadden voordat de registratie startte, en in de laatste jaren hadden nog levende dieren nog niet hun volle potentieel bereikt aan nakomelingen.

Zoals te verwachten was het totaal aantal lammeren over het hele leven voor de moeders veel lager dan voor de vaders. Voor de moeder is de eerste jaren een stijgende trend te zien, daarna vlakt dit af. Er is tussen 1998 en 2013 nog wel wat fluctuatie te zien met een dip rond 2006, maar het gemiddelde totaal komt toch rond de 3,5 lammeren per levensduur uit voor de ooiën. Bij de rammen is de fluctuatie groter, maar deze worden naarmate de tijd vordert wel kleiner en lijkt redelijk te stabiliseren rond gemiddeld 25 a 30 lammeren per levensduur voor de rammen. Dit zal een onderschatting zijn, aangezien deze aantallen op basis van de stamboekgegevens zijn. Op het moment dat rammen verkocht of uitgeleend worden aan een houder met kudde overeenkomst en zijn nakomelingen niet geregistreerd worden, zullen deze ook niet meetellen in de aantallen die hier getoond zijn.



Figuur 2.5b Het gemiddelde totaal aantal Drents heideschaap lammeren over het hele leven van de vaders of moeders geboren in een bepaald jaar.

2.3.5 Generatie interval

Het generatie interval, de gemiddelde leeftijd waarop ouders hun nakomelingen krijgen, bepaalt de snelheid van genetische vooruitgang door selectie in een populatie. Het berekende generatie interval in de Schoonebeeker populatie bedroeg 3,62 jaar, waarbij er een klein verschil was tussen vaders' (3,34 jaar) en moeders' zijde (3,91 jaar). Het berekende generatie interval in de Drents heideschaap populatie bedroeg 3,73 jaar, waarbij er een vergelijkbaar verschil was tussen vaders' (3,53 jaar) en moeders' zijde (3,92 jaar). Dit generatie interval is stabiel gebleven door de jaren heen.

2.3.6 Inteelt en verwantschap

Het gemiddelde inteelt percentage was niet betrouwbaar vast te stellen door de grote hoeveelheid missende data in het stamboekbestand voor beide rassen. De incompleetheid van de stambomen zoals weergegeven in figuur 2.1a,b toont dat ook duidelijk aan.

3 Advies genetisch beheer

Naar aanleiding van het genetische populatie onderzoek (hoofdstuk 2) en de noodzaak om de inteelttoename in de nabije toekomst te verlagen zijn in een vervolgonderzoek verschillende maatregelen vergeleken met behulp van computersimulaties. De Schoonebeeker populatie is zo nauwkeurig mogelijk nagebootst op grond van de verzamelde gegevens uit hoofdstuk 2. Het mogelijke effect van de verschillende maatregelen op het verlagen van de inteelttoename wordt in dit hoofdstuk beschreven.

3.1 Simulaties

Alle simulaties zijn uitgevoerd voor de komende 50 jaar en op basis van 50 herhalingen. De simulaties zijn opgedeeld in drie onderdelen, als eerste de 'standaard' simulatie op basis van de gegevens uit de genetische populatie analyse (hoofdstuk 2). Deze simulatie geeft de verwachte inteelttoename weer wanneer het huidige beleid word vervolgd, zonder verdere maatregelen. Resultaten van alternatieve simulaties worden vergeleken met de standaard simulatie. In het tweede onderdeel van de simulatie is gekeken naar het effect van de inzet van verschillend methodes om de inteelttoename te beperken, zoals het gebruik van een rammencirkel of verwantschapsberekeningen met de rest van de populatie.

3.1.1 Populatiegegevens en uitwisselingsschema's

Voor beide rassen is de populatie min of meer in tweeën gesplitst, zuivere dieren in het stamboek (stamboekdieren) en dieren in de kuddes met een kuddeovereenkomst (kuddedieren), er is uitwisseling tussen beide 'subpopulaties'. Van de stamboekdieren zijn vrij veel gegevens bekend, terwijl de gegevens van kuddedieren beperkter is. Hierdoor zijn er voor de simulaties een aantal aannames gedaan over de tweede subpopulatie, de kuddedieren. De aantallen beschikbare vader- en moederdieren uit deze kuddes zijn geschat met behulp van de aantallen volwassen ooien en geboren lammeren per kudde, en de ingediende dekkingen per ram in 2022.

Schoonebeeker

Het aantal dieren dat als populatie wordt beschouwd is het totaal aantal van de stamboekdieren en de kuddedieren, dit waren 110 dekrammen en 2.450 fokooien voor de Schoonebeeker. Het aantal worpen van 1.275 is ook gebaseerd op het totaal. Uit het onderzoek van de stamboomgegevens bleek dat de laatste jaren de vier Schoonebeeker toprammen (meest gebruikte rammen) verantwoordelijk waren voor 34% van de lammeren.

Uit de genetische populatie analyse van de stamboekdieren kwam de gemiddelde leeftijd van ouderdieren uit op 3,34 jaar voor de Schoonebeeker rammen en 3,92 voor de ooien. De exacte verhouding tussen het aantal ouderdieren per leeftijdscategorie is weer gegeven in tabel 3.1a. De leeftijd van een ooi bij eerste keer aflammeren is gezet op 12 maanden. Bij de Schoonebeekers waren 56 procent van de geboortes éénlingen, 43 procent van de geboortes gaf een tweeling en in 1 procent was er een drieling.

Tabel 3.1a Populatiegegevens gebruikt voor de simulatie van de Schoonebeekers

Populatiegegevens										
Aantal dekrammen	110									
Aantal fokooien	2450									
Aantal "worpen"/jaar	1275									
Aandeel van de 4 toprammen	34%									
Minimum leeftijd fokooi	1 jaar									
Leeftijdsverdeling, jaar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Dekrammen	14%	24%	33%	14%	11%	3%	1%	0%	0%	
Fokooien	14%	23%	22%	18%	11%	7%	3%	2%	0%	

Omdat een deel van de raspopulatie in kuddes wordt gehouden waarvan de lammeren en de afstamming niet geregistreerd worden in het stamboek, zijn de aantallen beschikbare vader- en moederdieren uit deze kuddes geschat met behulp van de aantallen volwassen ooien en geboren lammeren per kudde, en de ingediende dekkingen per ram in 2022.

Tabel 3.2 *Populatiegegevens gebruikt per kudde en apart de groep stamboekdieren voor de simulatie van de Schoonebeeker.*

Kudde	Vaders	Moeders
Buitenkamp Begrazing	12	320
KO Kudde 1	7	550
KO Kudde 2	7	290
KO Kudde 3	13	280
KO Kudde 4	16	250
KO Kudde 5	6	290
KO Kudde 6	19	170
KO Kudde 7	30	300
Stamboek schapen	110	2150

Het aantal rammen en ooien en de uitwisseling van rammen tussen de kuddes verschilt per scenario dat is gesimuleerd. Als uitgangspunt is een gelijke uitwisseling tussen alle kuddes met kuddeovereenkomst gebruikt. Er is een grotere kans toegekend aan de rammen uit stamboekkuddes, omdat deze groep groter is en er uit de rammenlijst van 2022 ook bleek dat er een groter aandeel rammen werd gebruikt vanuit de groep stamboekdieren.

Ook is er gekeken naar de gemiddelde uitwisseling van rammen zoals die in de laatste 5 jaar heeft plaatsgevonden. Dit zijn het aantal dekkingen van een ram komende uit de ene kudde (op de rijen van de tabel, te vinden in de bijlage) en ingezet in een andere kudde (op de kolommen van de tabel). Dat is weergegeven in percentages van het totale aantal dekkingen.

Op basis hiervan is er een tweede uitwisselingsschema gemaakt, die beter de huidige situatie weer geeft. De percentages zijn hier niet overal gelijk, maar op basis van de aangeleverde gegevens over ingezette rammen in de verschillende kuddes in de laatste 5 jaar is er een gemiddelde genomen wat de recente situatie nabootst.

Beide uitwisselingschema's zijn terug te vinden in de bijlage.

Drents heideschaap

Uit het onderzoek van de stamboomgegevens bleek dat de laatste jaren vier Drentse toprammen verantwoordelijk waren voor 15% van de lammeren.

Uit de genetische populatie analyse van de stamboekdieren kwam de gemiddelde leeftijd van ouderdieren uit op 3,53 jaar voor de Drentse rammen en 3,92 voor de ooien (hetzelfde als bij Schoonebeeker). De exacte verhouding tussen het aantal ouderdieren per leeftijdscategorie is weer gegeven in tabel 3.1b. De leeftijd van een ooi bij eerste keer aflammeren is gezet op 12 maanden. Bij de Drenten waren 59 procent van de geboortes eenlingen, 40 procent tweelingen en in 1 procent van de geboortes was er een drieling.

Tabel 3.1b *Populatiegegevens gebruikt voor de simulatie van de Drents heideschapen.*

Populatiegegevens									
Aantal dekrammen	200								
Aantal fokooien	2600								
Aantal "worpen"/jaar	2000								
Aandeel van de 4 toprammen	15%								
Minimum leeftijd fokooi	1 jaar								
Leeftijdsverdeling, jaar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dekrammen	14%	25%	26%	17%	8%	5%	2%	2%	1%
Fokooien	13%	24%	19%	16%	12%	8%	5%	2%	1%

Omdat een deel van de raspopulatie in kuddes wordt gehouden waarvan de lammeren en de afstamming niet geregistreerd worden in het stamboek, zijn de aantallen beschikbare vader- en moederdieren uit deze kuddes geschat met behulp van de aantallen volwassen ooien en geboren lammeren per kudde, en de ingediende dekkingen per ram in 2022.

Tabel 3.2b Populatiegegevens gebruikt per kudde met een kudde overeenkomst (KO) en apart de groep stamboekdieren voor de simulatie van de Drents heideschappen.

Kudde	Vaders	Moeders
KO Kudde 1	8	125
KO Kudde 2	7	100
KO Kudde 3	6	50
KO Kudde 4	8	200
KO Kudde 5	2	75
KO Kudde 6	25	350
KO Kudde 7	30	200
KO Kudde 8	20	275
KO Kudde 9	8	150
KO Kudde 10	10	250
KO Kudde 11	10	100
Stamboek schapen	66	725
totaal	200	2600

De uitwisseling van rammen tussen de kuddes verschilt per scenario dat is gesimuleerd. Als uitgangspunt is een gelijke uitwisseling tussen alle kuddes met kuddeovereenkomst gebruikt. Er is een grotere kans toegekend aan de rammen uit stamboekkuddes, omdat deze groep groter is en er uit de rammenlijst van 2022 ook bleek dat er een groter aandeel rammen werd gebruikt vanuit de groep stamboekdieren. Deze standaard simulatie van de opbouw van kuddes en de uitwisseling van rammen is voor bijna alle scenario's als basis gebruikt.

Daarnaast is er gekeken naar de gemiddelde uitwisseling van rammen zoals die in de laatste 5 jaar heeft plaatsgevonden. Dit zijn het aantal dekkingen van een ram komende uit de ene kudde (op de rijen van de tabel, te vinden in de bijlage) en ingezet in een andere kudde (op de kolommen van de tabel). Dat is weergegeven in percentages van het totale aantal dekkingen. Op basis hiervan is er een tweede uitwisselingsschema gemaakt, die beter de huidige situatie weer geeft.

Beide uitwisselingschema's zijn terug te vinden in de bijlage.

3.1.2 Opzet van de verschillende simulaties

Voor de eerste simulatie is gebruik gemaakt van de resultaten uit hoofdstuk 2 zoals weergegeven in tabel 3.1a,b en het gemiddelde ingezette en uitgewisselde aantal rammen ingezet zoals weergegeven in het tweede uitwisselingsschema (zie bijlage) Dit is simulatie: **situatie_nu**.

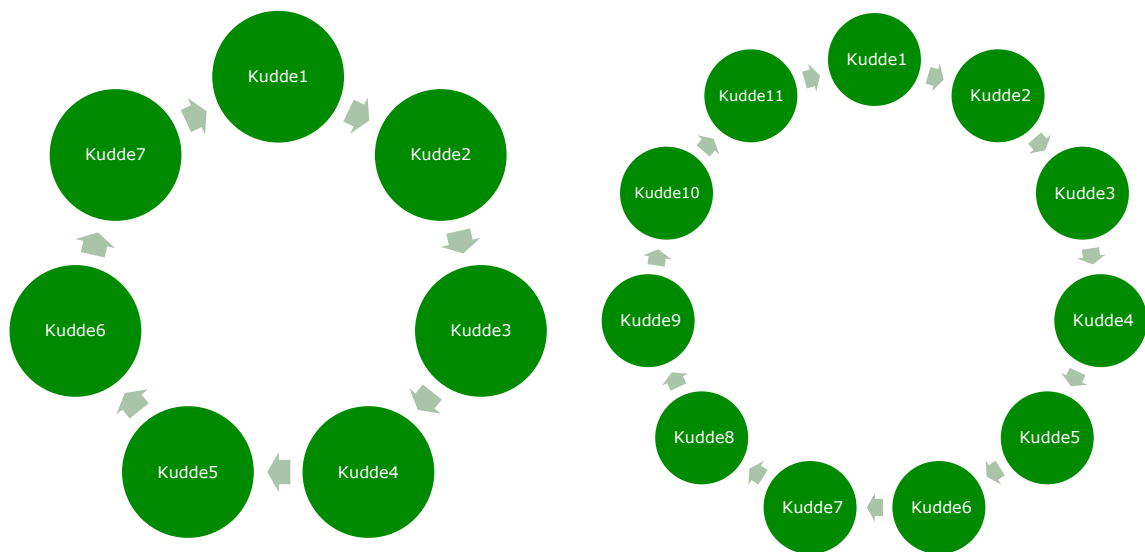
Er is ook een simulatie toegevoegd waarin alleen is uitgegaan van de situatie zoals deze nu in het registratiebestand staat (simulatie: **zuiver_stamboek**). Dus alleen de stamboekdieren van houders zonder kuddeovereenkomst, alle kuddes met kuddeovereenkomst zijn buiten beschouwing gelaten en daarmee is er ook geen uitwisselingsschema gebruikt voor de rammen. Dit is uiteraard een onderschatting van het totaal aantal beschikbare fokdieren, echter zijn dit officieel geregistreerde dieren en vormen hiermee de zuivere basis voor het ras. Door te vergelijken met deze simulatie is ook goed te zien wat de waarde is van de kuddes met kuddeovereenkomst voor de instandhouding het ras.

In een volgende simulatie is er gekeken wat er zou gebeuren als er geen restricties voor de rammen zijn (simulatie: **geen_restricties**). De opbouw van de subpopulaties van houders met kuddeovereenkomsten en stamboek houders is zoals weergegeven in tabel 3.1a,b en de uitwisseling tussen de kuddes zoals in het eerste schema met gelijke aandelen van elke kudde (zie bijlage).

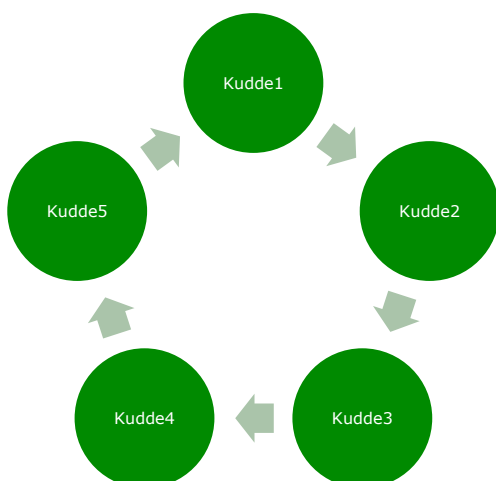
Daarna is de invloed van de huidige dekbeperking van maximaal 25 ooien per jaar en maximaal 100 per leven (simulatie: **restrictie_25/100**) gesimuleerd.

Deze dekbeperking geldt voor alle rammen, zowel binnen de kuddes met kuddeovereenkomst als bij de stamboek dieren. Er is ook gesimuleerd wat strengere beperkingen voor effect zouden hebben. Hiervoor is gekozen om het aantal zonen van een ram wat voor de fokkerij gebruikt mag worden te beperken tot 5 of tot 2 (simulatie: **restrictie_max5** / simulatie: **restrictie_max2**). Daarnaast is een situatie met een strengere beperking per ram met maximaal 10 oaien per jaar, 50 oaien per leven en 5 zonen gesimuleerd (simulatie: **restrictie_streng**).

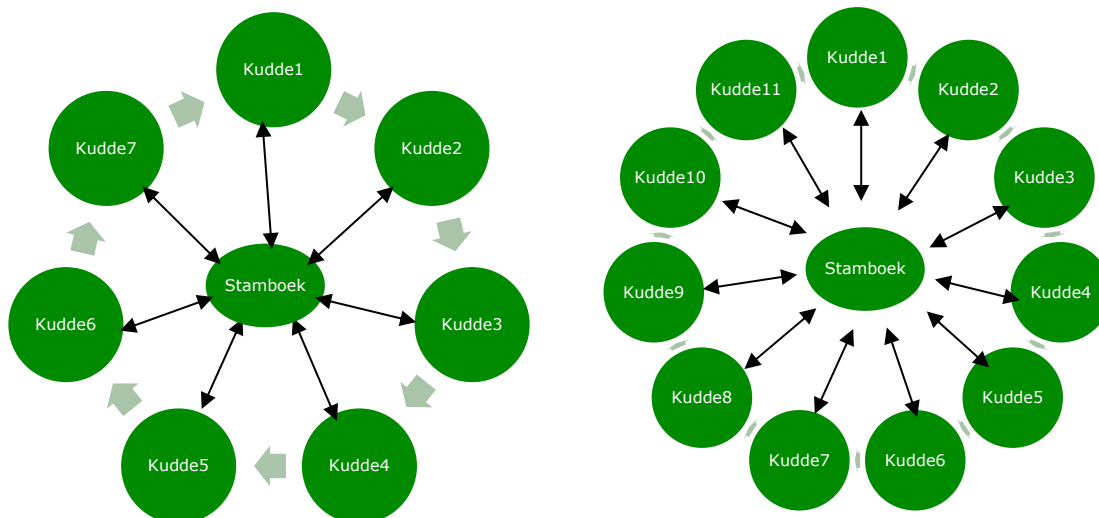
Een andere mogelijke manier om inteelt toename in te perken kan het gebruik zijn van een rammencirkel. Hierbij worden er rammen uitgewisseld binnen een gesloten kring van kuddes in een vaste volgorde. Voor de rammencirkel zijn in de basis twee simulaties uitgevoerd; één met uitwisseling tussen de 7 of 11 kuddes, respectievelijk Schoonebeeker en Drents heideschaap, en daarbij ook uitwisseling met particuliere houders (simulatie: **cirkel_incl**) en één zonder uitwisseling met de particuliere houders (simulatie: **cirkel_excl**). Voor het Drents heideschaap is een derde scenario's uitgewerkt waarin 5 van de in totaal 11 kuddes mee zouden doen (simulatie: **cirkel_klein**).



Figuur 3.1 Rammencirkel met 7 kuddes voor de Schoonebeeker en 11 kuddes voor het Drents heideschaap. Dit zijn allemaal kuddes met kuddeovereenkomst. Simulatie: **cirkel_excl**.



Figuur 3.2 Rammencirkel met 5 kuddes met kuddeovereenkomst voor het Drents heideschaap. Simulatie: **cirkel_klein**.



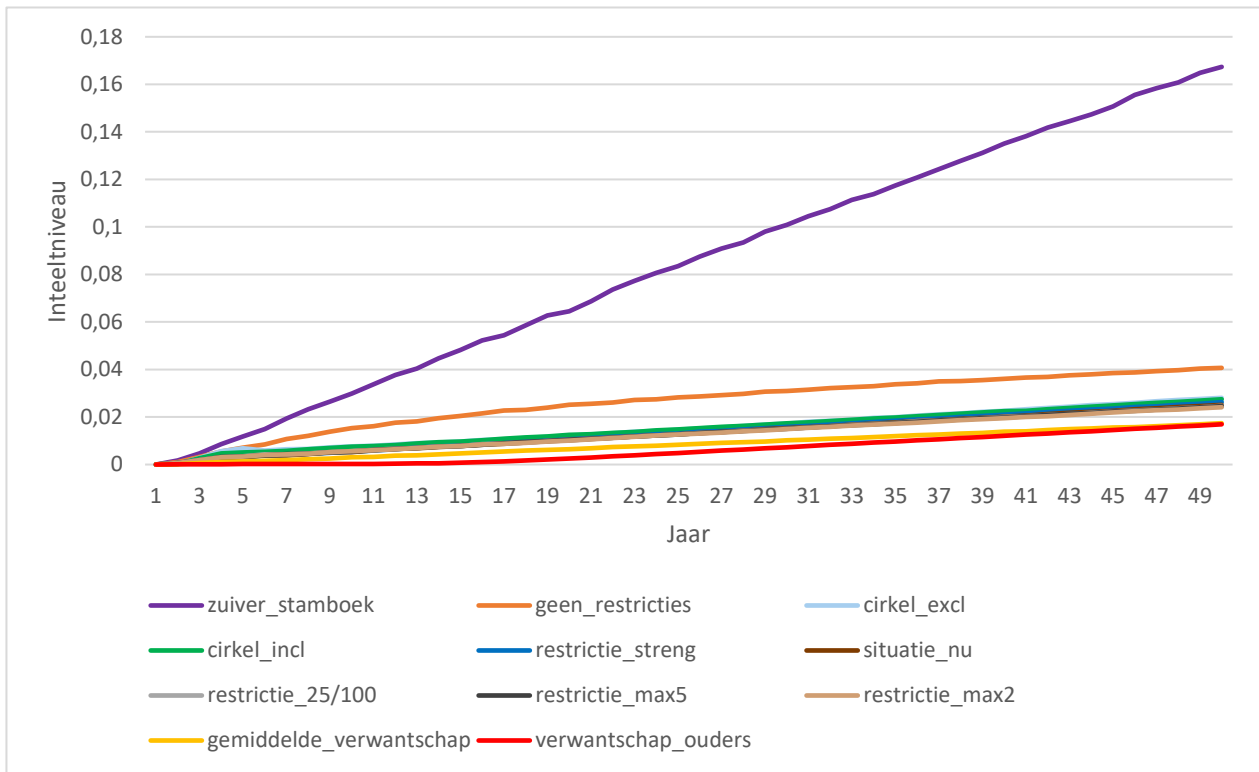
Figuur 3.3 Rammencirkel met 7 kuddes voor de Schoonebeeker en 11 kuddes voor het Drents heideschaap met kuddeovereenkomst en uitwisseling met stamboek kuddes. Simulatie: **cirke_incl.**

Als laatste simulaties zijn twee methodes meegenomen die op het moment nog niet gelijk praktisch in te zetten zijn binnen deze twee heideschaap rassen, omdat daarvoor de afstamming van alle dieren bekend moet zijn en dat is in het huidige systeem niet het geval. Bij de eerste methode wordt voor elke paring de verwantschap van de ouders (en dus de verwachte inteelt in de lammeren) berekend en gekozen voor de laagste verwantschap (simulatie: **verwantschap_ouders**). Als tweede methode wordt voor elk dier de gemiddelde verwantschap met de rest van het ras berekend en de dieren met de laagste gemiddelde verwantschappen (mean kinship) worden ingezet voor de fokkerij (simulatie: **gemiddelde_verwantschap**). Met het oog op de toekomst zijn deze simulaties toch uitgevoerd, ook om te kunnen zien wat het effect zou kunnen zijn als deze gegevens wel bekend zouden zijn.

3.2 Resultaten

3.2.1 Inteelttoename bij verschillend beleid in de Schoonebeeker

Het effect van de inteelttoename's in verschillende gesimuleerde scenario's in de Schoonebeeker over een periode van 50 jaar is weergegeven in figuur 3.5. Alle mogelijke scenario's zijn hierin meegenomen en het is duidelijk dat de zuiver_stamboek situatie een vele malen hogere inteelt oplevert. Voor de overige simulaties is de gehele (ook niet volledig geregistreerde dieren) populatie meegenomen, omdat dit is wat het kan worden wanneer alle dieren zorgvuldig worden geregistreerd.

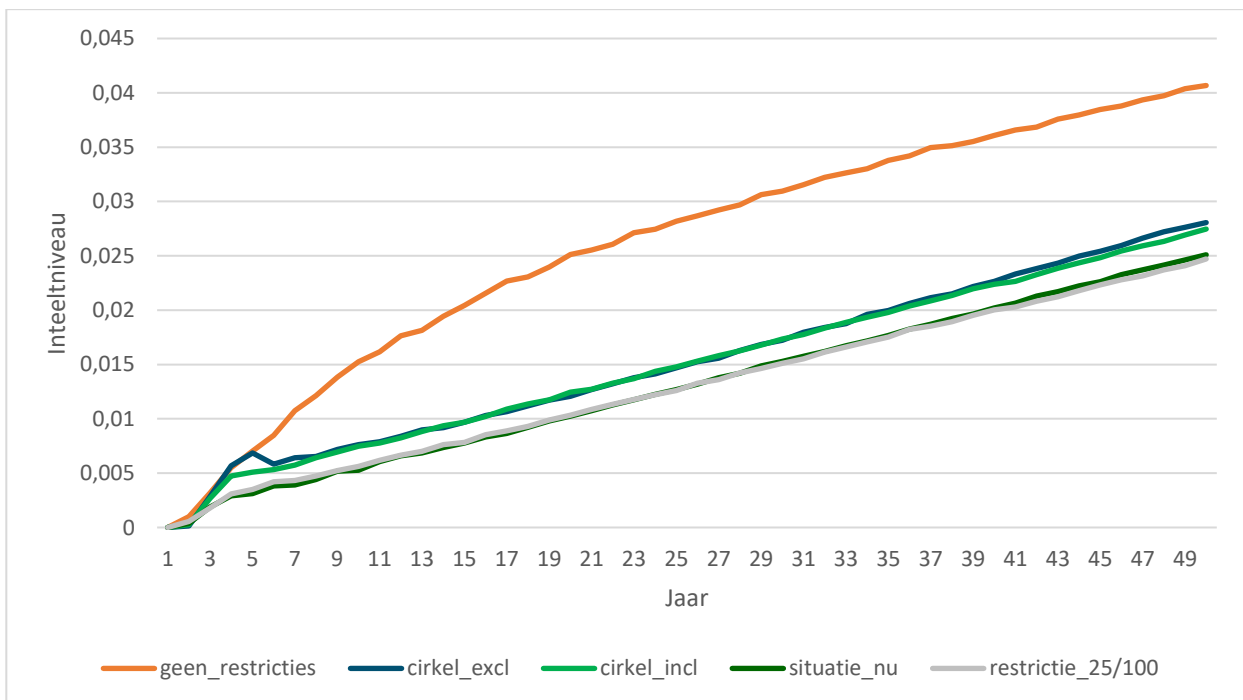


Figuur 3.5 Inteelttoename over 50 jaar in 11 verschillende gesimuleerde scenario's aangaande dekbeperkingen en uitwisseling tussen kuddes in de Schoonebeeker.

De verschillende mogelijkheden van beleid kunnen we grofweg verdelen in rammencirkels (met meer/minder uitwisseling met de particuliere houders), dekbependingen (variërend in strengheid) en het beperken van verwantschappen. Deze zullen we in de volgende kopjes beter bekijken.

Rammencirkels

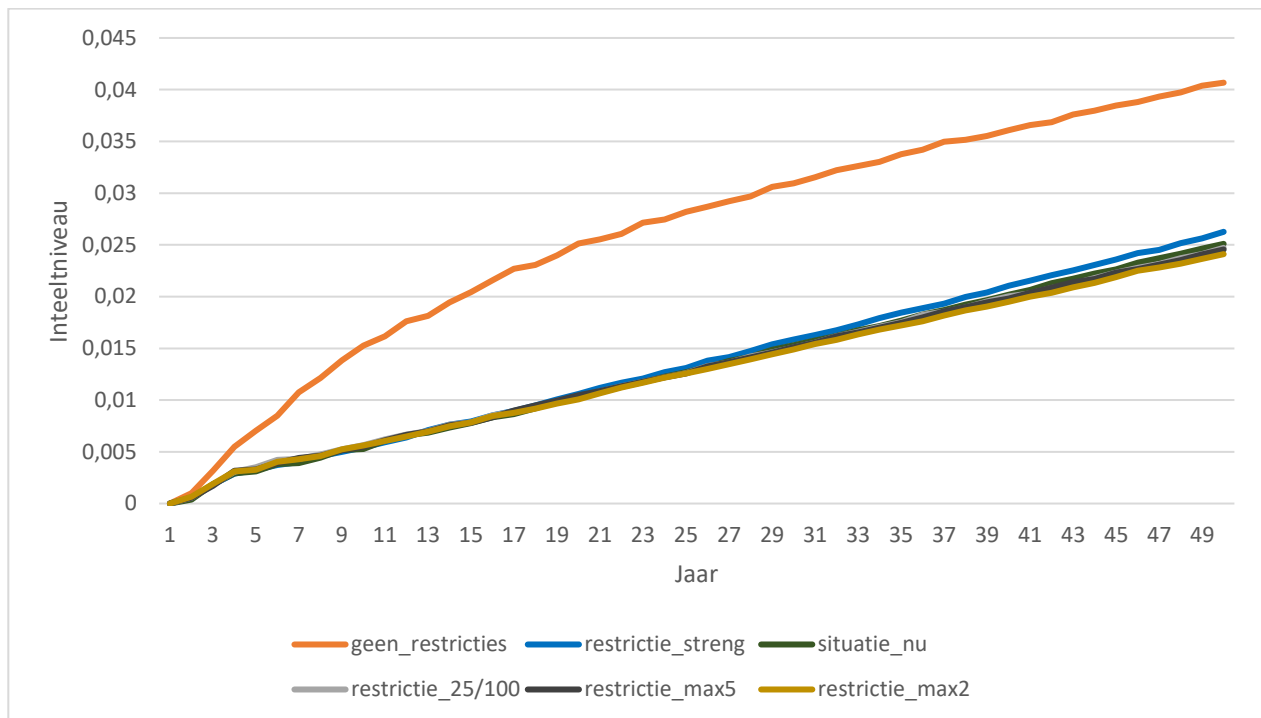
Beide gesimuleerde rammencirkels voor de Schoonebeeker (figuur 3.6) toonden een verlaging van het inteeltniveau vergeleken met de situatie zonder enige beperking, maar een verhoging van het inteeltniveau vergeleken met de huidige uitwisselingssituatie of met de huidige gehanteerde dekbepending. Het verschil tussen beide rammencirkels was verwaarloosbaar.



Figuur 3.6 Inteelttoename over 50 jaar in 5 verschillende gesimuleerde scenario's aangaande rammencirkels in de Schoonebeeker.

3.2.1.1 Dekbeperkingen

De huidige gehanteerde dekbeperking van 25 ooiën per jaar en 100 ooiën per leven (restrictie_25/100) heeft een duidelijk verlagend effect op de inteelttoename wanneer deze vergeleken wordt met de situatie geen_restricties (fig. 3.7). Het uitbreiden van de dekbeperking, restrictie_max5, restrictie_max2 en restrictie_streng, gaf maar kleine verschillen, waarbij de strengste beperking zelfs een iets hoger inteeltniveau opleverde dan de mildere maatregelen.



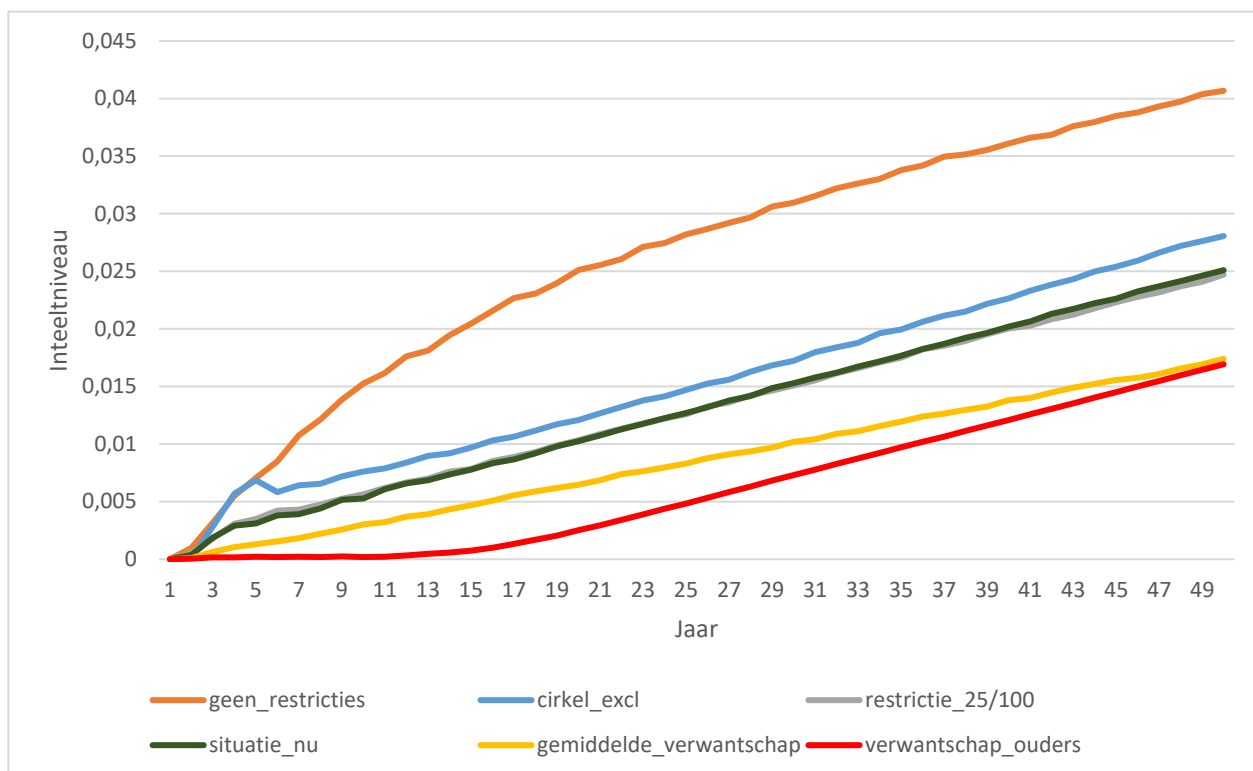
Figuur 3.7 Inteelttoename over 50 jaar in 6 verschillende gesimuleerde scenario's aangaande dekbeperkingen in de Schoonebeeker.

3.2.1.2 Verwantschappen

In figuur 3.8 worden de simulaties verwantschap_ouders en gemiddelde_verwantschap vergeleken met de simulaties geen_restricties, restrictie_25/100, situatie_nu en cirkel_excl.

De twee methodes gericht op het minimaliseren van verwantschappen zijn duidelijk effectiever dan de andere vormen van genetisch beleid. Het minimaliseren van de verwantschap van de ouderdieren (verwantschap_ouders) was in eerste instantie het meest effectief, maar na 15 jaar is de verwantschap zoveel als mogelijk verdeeld over de populatie en vanaf dan stijgt de inteelt een stuk sneller. Het gebruik van gemiddelde verwantschapsberekeningen (gemiddelde_verwantschap) blijft over de hele periode van 50 jaar een relatief lage inteelttoename behouden en deze methode is voor de lange termijn dus het meest effectief.

Echter, deze beide methodes zijn op dit moment nog niet toepasbaar in de Schoonebeeker, omdat een groot deel van de dieren niet in de stamboek registratie is opgenomen en er ook van de wel geregistreerde dieren een groot deel is met incomplete stamboom.

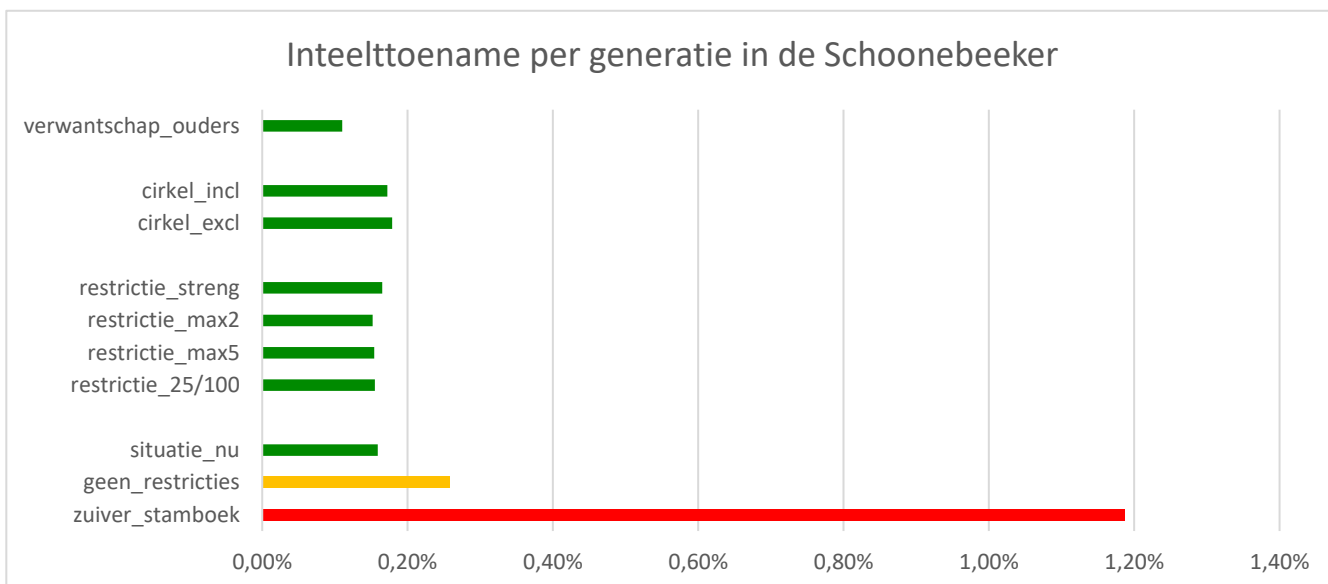


Figuur 3.8 Inteelttoename over 50 jaar in 6 verschillende gesimuleerde scenario's aangaande verwantschapsbeperking in de Schoonebeeker.

3.2.1.3 Inteelttoename per generatie

In de vorige alinea's zijn de verschillende vormen van genetisch beleid met elkaar vergeleken in simulaties over 50 jaar. Samenvattend kunnen deze weergegeven worden als de gemiddelde inteelttoename per generatie over deze gesimuleerde 50 jaar. Daarnaast zijn de gemiddelde inteelttoenames ook apart berekend over de eerste 10 jaar van de simulaties en de 40 jaar die daarop volgt, om meer inzicht te krijgen in het verloop van de inteelttoenames door de tijd. Deze tabel is terug te vinden in de Bijlage aan het eind van dit rapport (Tabel 3a en 3b).

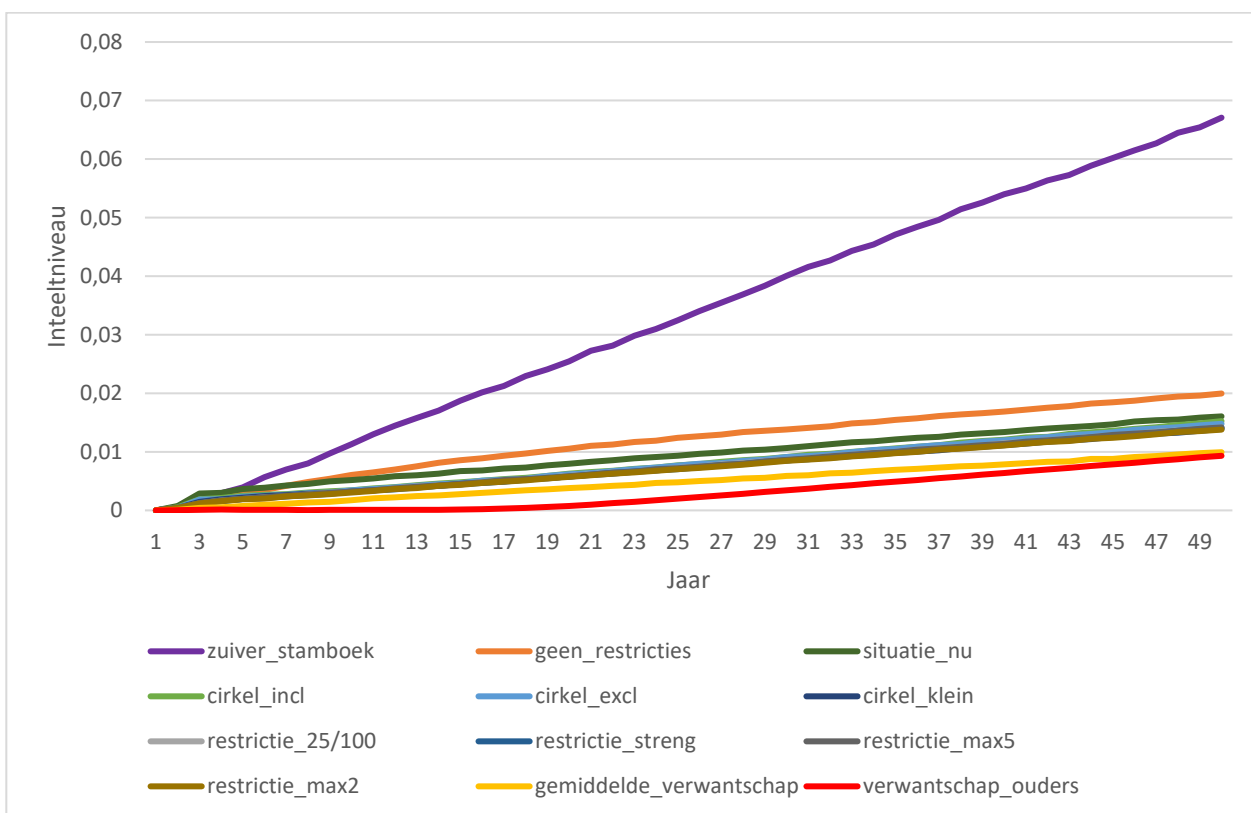
Figuur 3.9 toont de inteelttoenames voor de Schoonebeeker over de volledige 50 jaar. Duidelijk is te zien in de onderste lijn, zuiver_stamboek, dat met het beperkte aantal dieren de inteelttoename snel oploopt ver boven de 1% inteelttoename per generatie. De overige simulaties geven een veel gunstiger beeld weer. Om dit in de praktijk te realiseren dienen wel alle dieren in het stamboek geregistreerd te worden, maar het laat zien dat zowel de kudde met kuddeovereenkomst en de stamboek kudde elkaar echt nodig hebben voor een gezonde instandhouding van het ras.



Figuur 3.9 Inteelttoename per generatie bij verschillend genetisch beleid in de Schoonebeeker.

3.2.2 Inteelttoename bij verschillend beleid in het Drents heideschaap

Het effect van de inteelttoenames in verschillende gesimuleerde scenario's in het Drents heideschaap over een periode van 50 jaar is weergegeven in figuur 3.10. Alle mogelijke scenario's zijn hierin meegenomen en het is erg duidelijk dat de zuiver_stamboek situatie een vele malen hogere inteelt oplevert. Voor de overige simulaties is de gehele (ook niet volledig geregistreerde dieren) populatie meegenomen, omdat dit is wat het kan worden wanneer alle dieren zorgvuldig worden geregistreerd.

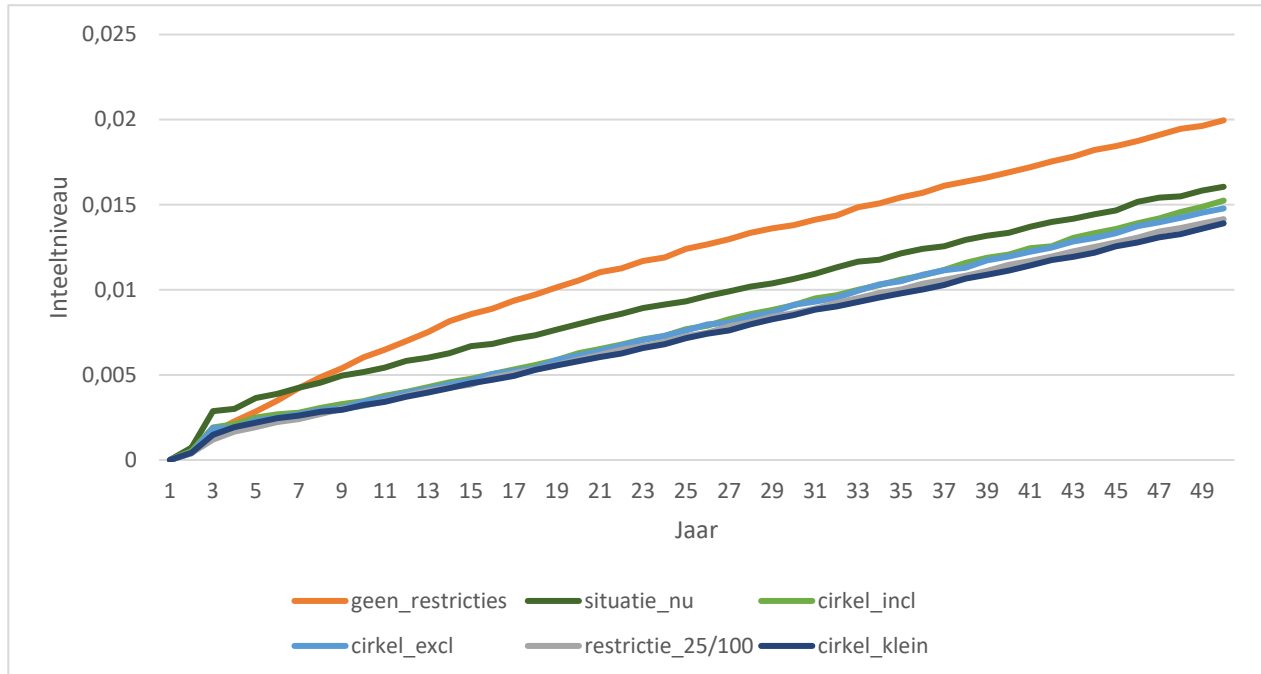


Figuur 3.10 Inteelttoename over 50 jaar in 12 verschillende gesimuleerde scenario's aangaande dekbepervingen en uitwisseling tussen kuddes in het Drents heideschaap.

De verschillende mogelijkheden van beleid kunnen we grofweg verdelen in rammencirkels (met meer/minder kuddes en meer/minder uitwisseling met de particuliere houders), dekbeperkingen (variërend in strengheid) en het beperken van verwantschappen. Deze zullen we in de volgende kopjes beter bekijken.

3.2.2.1 Rammencirkels

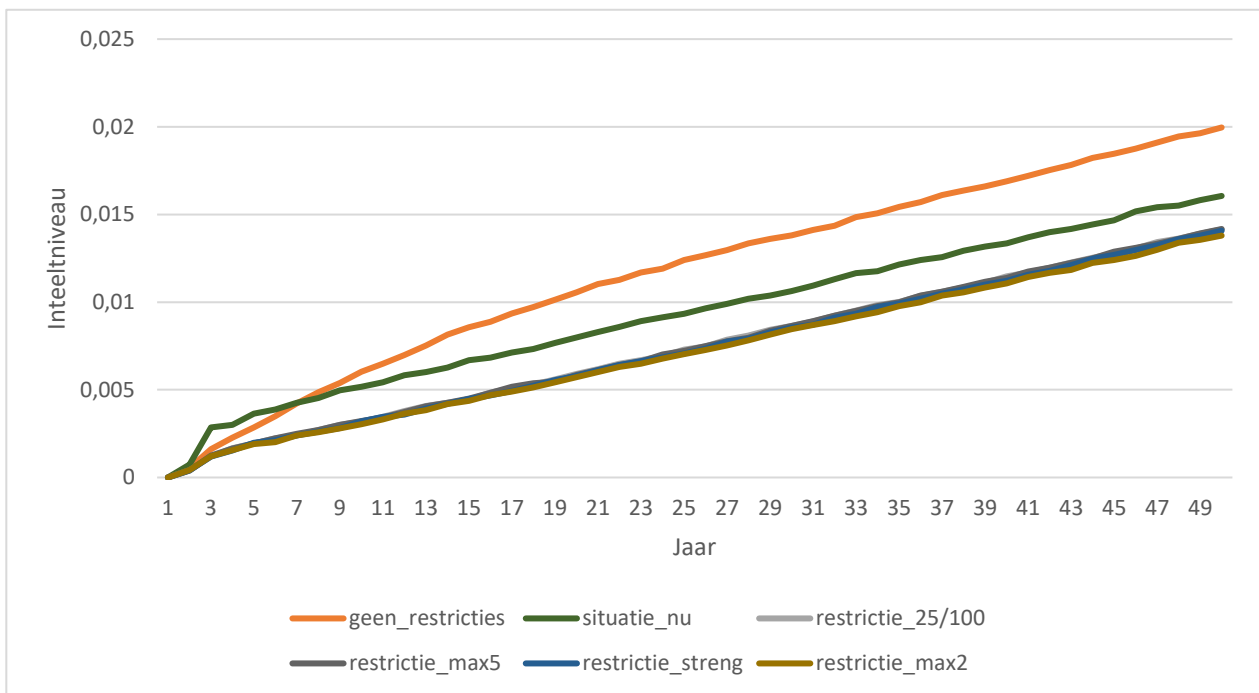
Alle drie de gesimuleerde rammencirkels voor het Drents heideschaap (figuur 3.11) toonden een verlaging van de inteelttoename vergeleken met de situatie_nu, maar het verschil met de restrictie_25/100 situatie is te verwaarlozen. Ook de verschillen tussen de 3 vormen van rammencirkels zijn klein.



Figuur 3.11 Inteelttoename over 50 jaar in 6 verschillende gesimuleerde scenario's aangaande rammencirkels in het Drents heideschaap.

3.2.2.2 Dekbeperkingen

De huidige gehanteerde dekbeperking van 25 ooiën per jaar en 100 ooiën per leven (restrictie 25/100) heeft een duidelijk verlagend effect op de inteelttoename wanneer deze vergeleken wordt met de situatie geen_restricties (figuur 3.12). Het uitbreiden van de dekbeperking, restrictie_max5, restrictie_max2 en restrictie_streng, gaf zeer weinig verschil.



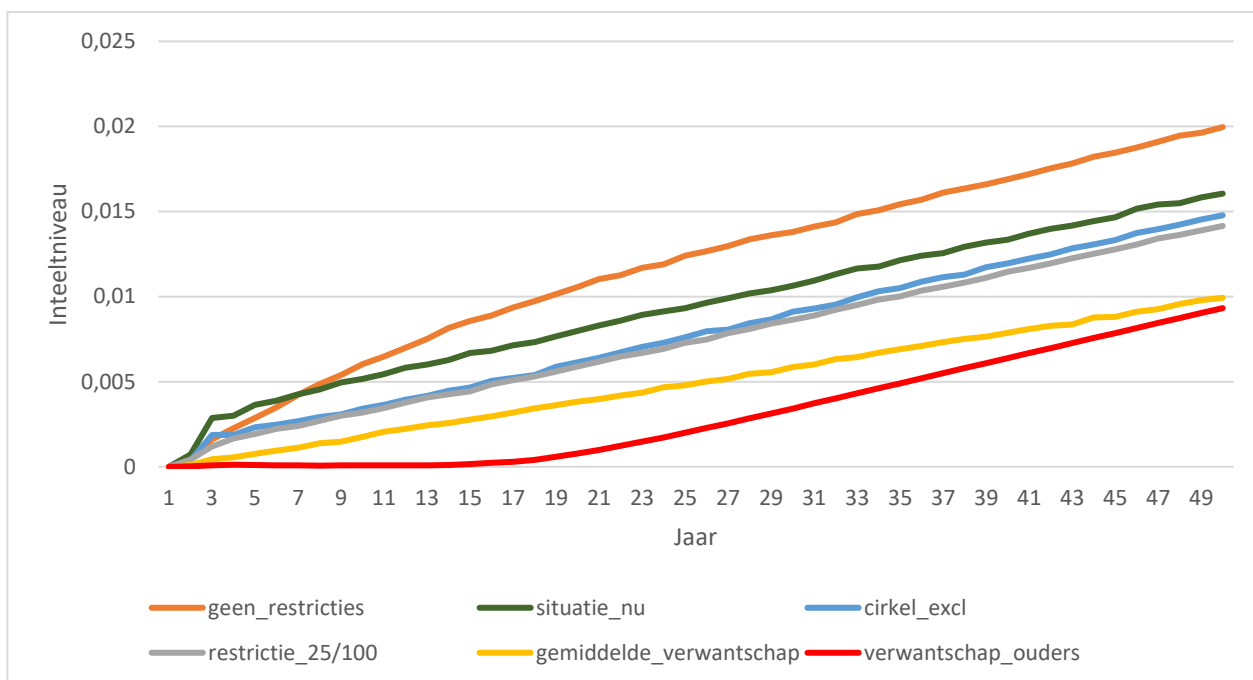
Figuur 3.12 Inteelttoename over 50 jaar in 6 verschillende gesimuleerde scenario's aangaande dekbeperkingen in het Drents heideschaap.

3.2.2.3 Verwantschappen

In figuur 3.13 worden de simulaties verwantschap_ouders en gemiddelde_verwantschap vergeleken met de simulaties geen_restricties, restrictie_25/100, situatie_nu en cirkel_excl..

De twee methodes gericht op het minimaliseren van verwantschappen zijn duidelijk effectiever dan de andere vormen van genetisch beleid. Het minimaliseren van de verwantschap van de ouderdieren (verwantschap_ouders) was in eerste instantie het meest effectief, maar na 15 jaar is de verwantschap zoveel als mogelijk verdeeld over de populatie en vanaf dan stijgt de inteelt een stuk sneller. Het gebruik van gemiddelde verwantschapsberekeningen (gemiddelde_verwantschap) blijft over de hele periode van 50 jaar een relatief lage inteelttoename behouden en deze methode is voor de lange termijn dus het meest effectief.

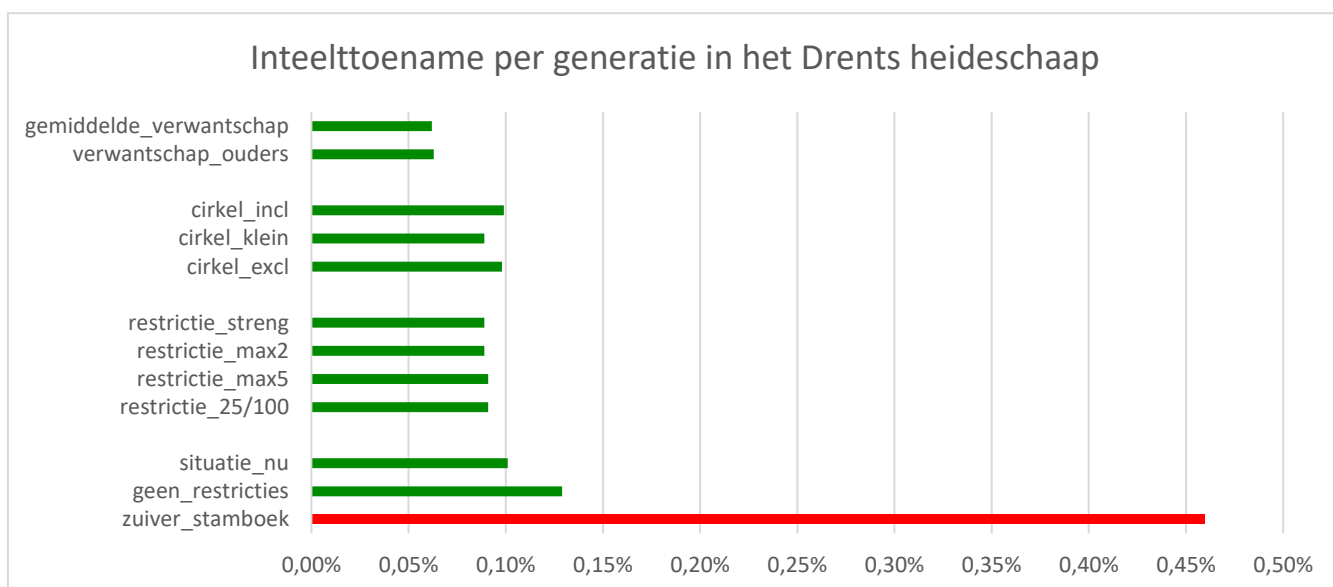
Echter, deze beide methodes zijn op dit moment nog niet toepasbaar in de het Drents heideschaap, omdat een groot deel van de dieren niet in de stamboek registratie is opgenomen en er ook van de wel geregistreerde dieren een groot deel is met incomplete stamboom.



Figuur 3.13 Inteelttoename over 50 jaar in 6 verschillende gesimuleerde scenario's aangaande verwantschapsbeperking in het Drents heideschaap.

3.2.2.4 Inteelttoename per generatie

In de vorige alinea's zijn de verschillende vormen van genetisch beleid met elkaar vergeleken in simulaties over 50 jaar. Samenvattend kunnen deze weergegeven worden als de gemiddelde inteelttoename per generatie over deze gesimuleerde 50 jaar. Figuur 3.14 toont deze inteelttoenames voor het Drents heideschaap. Duidelijk is te zien in de onderste lijn, zuiver_stamboek, dat met het beperkte aantal dieren de inteelttoename per generatie veel hoger ligt dan de veilige grens van 0,25%. De overige simulaties geven een veel gunstiger beeld weer. Om dit in de praktijk te realiseren dienen wel alle dieren in het stamboek geregistreerd te worden, maar het laat zien dat zowel de kuddeovereenkomst en de stamboek kudde elkaar echt nodig hebben voor een gezonde instandhouding van het ras.



Figuur 3.14 Inteelttoename per generatie bij verschillend genetisch beleid in het Drents heideschaap.

3.2.3 Inteeltoenames per generatie

Het simuleren van de verwachte inteelttoename op basis van de basispopulatiegegevens en de verschillende mogelijkheden voor genetisch beleid resulteerde in inteelttoenames (ΔF) wisselend tussen de 0,09% en 1,19% per generatie voor de komende 50 jaar (tabel 3.3). Hierbij moet gezegd worden dat dit hoogstwaarschijnlijk een onderschatting is van de daadwerkelijke inteelttoename aangezien er in de simulaties uitgegaan wordt van geen selectie en van een vrije keuze uit de beschikbare rammen en oaien.

De zuiver_stamboek simulatie waar alleen de dieren uit het stamboekbestand zijn meegenomen toonde een inteelttoename per generatie van 1,19% in bij de Schoonebeeker en 0,46% bij het Drents heideschaap en daarmee dus vele malen hoger dan de inteelttoenames in de andere scenario's. Met de volledige populatie (geschatte totaalcijfers voor de houders mét en zonder kudde overeenkomst), maar zonder enig beleid (ook geen dekbeperking), dalen de waardes naar 0,26% en 0,13%. Met de huidig gehanteerde dekbeperking (25 oaien per jaar, 100 oaien per leven) daalt dit naar 0,16% en 0,10%.

De situatie waar de uitwisseling tussen kuddes geschat is op basis van de geregistreerde dekkingen van de afgelopen 5 jaar geeft waarschijnlijk nog een iets realistischer beeld. De inteelttoenames zijn hier iets hoger dan in de situatie waar uitwisseling tussen de kuddes evenredig is, wat dus illustreert dat de simulaties een onderschatting geven van de werkelijkheid.

Wanneer genetisch beheer wordt uitgevoerd, neemt de inteelttoename aanzienlijk af. Hoeveel hangt af van het beleid. Het meest effectief op de lange termijn is het gebruik van gemiddelde verwantschapsberekeningen. Hiermee neemt de inteelt af tot 0,106% en 0,06% per generatie.

Tabel 3.3 Verwachte inteelttoename per generatie over 50 jaar bij verschillend genetisch beleid. De kleuren corresponderen met het stoplichtsysteem wat de risicostatus weergeeft, zoals opgesteld door de FAO. Zie voor meer uitleg de infobox in hoofdstuk 1 of de infographics of www.fokkenmetverstand.nl.

Beleid	Simulatie	Schoonebeeker	Drents heideschaap
Alleen geregistreerde populatie	Zuiver_stamboek	1,19%	0,46%
Geen restricties	Restrictie_geen	0,258%	0,129%
Uitwisseling laatste 5 jaar (met dekbeperking)	Situatie_nu	0,159%	0,101%
Dekbeperking (25/jaar, 100/leven)	Restrictie_25/100	0,155%	0,091%
Dekbeperking en max 5 zonen	Restrictie_max5	0,154%	0,091%
Dekbeperking en max 2 zonen	Restrictie_max2	0,152%	0,089%
Strengere dekbeperking (10/jaar, 50/leven, max 5 zonen)	Restrictie_streng	0,165%	0,089%
Rammencirkel	Cirkel_excl	0,179%	0,098%
Rammencirkel met 5 kuddes	Cirkel_klein		0,089%
Rammencirkel met uitwisseling	Cirkel_incl	0,172%	0,099%
Verwantschap ouders	Verwantschap_ouders	0,110%	0,063%
Gemiddelde verwantschap	Gemiddelde_verwantschap	0,106%	0,062%

4 Conclusies en aanbevelingen

Voor zowel de Schoonebeeker als het Drents heideschaap is een afname in het aantal lammeren per jaar te zien. Voor rassen die al zeldzaam zijn is zo'n teruglopende trend extra riskant en verhoogt het de kans op gezondheidsproblemen door te hoge inteelttoenames. Hoewel het aantal generaties wat bekend was in het stamboek bestand te gering was om de huidige inteelttoename te berekenen, zijn de dalende trends in het aantal lammeren en het grote aandeel van 10 meest gebruikte rammen in beide rassen wel tekenen dat er zorg geboden is.

Het stamboek gebruikt al een dekbeperking voor de rammen en de simulaties lieten zien dat deze dekbeperking inderdaad een gunstig effect heeft op het verlagen van de inteelttoename wanneer deze vergeleken wordt met een zelfde situatie maar dan zonder dekbeperking. Het toevoegen van extra beperkingen, zoals een maximum aantal zonen per dekram die toegelaten worden in de fokkerij, of een strengere beperking op het aantal ooien wat per jaar of per levensduur gedekt mag worden, had weinig toegevoegd effect. Sommige beperkingen lijken een kleine vermindering van de inteelttoename te geven, maar bijvoorbeeld de strengste beperking (50 ooien per levensduur, 10 per jaar, en 5 zonen in de fokkerij) gaf in de Schoonebeeker zelfs een lichte verhoging van de inteelttoename. Het lijkt dus verstandig om de dekbeperking te handhaven zoals deze nu gebruikt wordt en deze niet verder te verscherpen.

Een andere mogelijkheid om inteelttoename in te dammen kan het langdurig gebruik van rammencirkels zijn, waarbij rammen stelselmatig in een vaste volgorde elk jaar tussen kuddes worden uitgewisseld. Het grote voordeel van rammencirkels is dat je geen stambomen hoeft bij te houden, hierdoor zou het voor de kuddes met kuddeovereenkomst die nu nog geen complete registratie bijhouden een interessante optie kunnen zijn. Een belangrijk onderdeel van een rammencirkel is dat deze alleen effectief is bij de vaste volgorde. Hiervoor is niet alleen veel onderling vertrouwen noodzakelijk om jaarlijks nieuwe rammen te accepteren van steeds dezelfde kudde, het vereist ook discipline om het in deze strikte volgorde op lange termijn te blijven vasthouden ondanks veranderende omstandigheden.

In beide rassen gaven de gesimuleerde rammencirkels een verhoogde inteelttoename weer. Dit komt mogelijk door de grote aantallen die bij particuliere houders zitten en die niet in een gestructureerde manier meegenomen kunnen worden in de rammencirkel. Daarnaast worden rammen nu vaak meerdere jaren na elkaar ingezet, mede door de dekbeperking per jaar. Dit heeft voordelen in het beoordelen van de rammen en hun nakomelingen en het vergroten van het generatie interval. Echter het nadeel daarvan binnen een rammencirkel is dat de ram dan na 2 jaar mogelijk zijn eigen dochters of andere nauw verwanten zal gaan dekken en hierdoor lopen de inteelt niveaus uiteraard juist weer op. Op dit moment lijken rammencirkels dus geen goed passende oplossing.

Wat ook duidelijk uit de simulaties voor beide rassen naar voren kwam is dat als de groepen stamboek dieren als alleenstaande populaties verder zou moeten, zonder de kuddes met kuddeovereenkomst, de inteelt veel sneller oploopt. Andersom hebben de kuddes ook veel baat bij de diversiteit die bij de vele particuliere houders is ondergebracht en dat is ook te zien aan de relatief grote aantallen rammen die uit deze groep worden ingezet elk jaar. Beide groepen hebben grote waarde voor elkaar en voor het duurzaam en gezond in stand houden van het ras.

De twee methodes die de meeste winst opleverden in het verlagen van de inteelttoename waren de simulaties gericht op het minimaliseren van de verwantschap tussen twee ouderdieren of het selecteren van fokdieren met een zo laag mogelijke gemiddelde verwantschap. Het minimaliseren van de verwantschap tussen twee ouderdieren leverde in de simulaties alleen in de eerste jaren zoveel winst op, en dat in werkelijkheid niet eens zoveel zijn omdat veel dieren nu al aan elkaar verwant zijn. Het selecteren van fokdieren met een zo laag mogelijke gemiddelde verwantschap gaf wel een langdurige verlaging van de inteelttoename. Deze beide methodes zijn echter alleen mogelijk met een complete en betrouwbare stamboek registratie. Omdat de stambomen nu nog incompleet zijn en ongeveer de helft van de dieren niet individueel geregistreerd staan in het stamboek, zijn deze opties momenteel niet bruikbaar maar kunnen wel een overweging zijn voor de toekomst.

Het advies luidt om dan ook eerst in te zetten op het uitwerken van een zo volledig mogelijk stamboekbestand met zoveel mogelijk afstammingen.

Het bepalen van de vaders zal in grote kuddes nog steeds een beperking blijven. Mogelijkheden om dit met (steekproefgewijze) DNA testen te ondervangen zal in overleg worden verkend. Gezien nu ook de moeders en de individuele dieren nog niet altijd goed geregistreerd staan, blijft het beeld dan incompleet, dus hier is (op korte termijn) grote winst te behalen en essentieel om op de lange termijn de juiste beslissingen te kunnen maken.

Literatuur

Rassenlijst 2023, Centrum voor Genetische bronnen Nederland:

<https://www.wur.nl/web/show/id=872562/langid=43>.

FAO. 2013. In vivo conservation of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines. No. 14. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i3327e.pdf>.

Retriever: Windig JJ and Oldenbroek K 2015. Genetic management of Dutch golden retriever dogs with a simulation tool. Journal of Animal Breeding and Genetics 132, 428-440
<https://dutchanimalgenebank.nl/page/Retriever>.

Pointer: Windig JJ and Oldenbroek K 2015. Genetic management of Dutch golden retriever dogs with a simulation tool. Journal of Animal Breeding and Genetics 132, 428-440.
<https://dutchanimalgenebank.nl/page/Pointer>.

Fokken met verstand. Infographics en lezingen over inteelt, verwantschap, genetische diversiteit en overige informatie gerelateerd aan fokkerij. <http://www.fokkenmetverstand.nl>.

Oldenbroek, K. en L. van der Waaij, 2015. Leerboek Fokkerij en Genetica voor het HBO. Centrum voor Genetische Bronnen Nederland en Animal Breeding and Genomics Center (WUR). Groen Kennisnet: <https://wiki.groenkennisnet.nl/display/LFH>.

Bijlage 1. Uitwisselingsschema's voor rammen gebruikt in de simulaties

Ten behoeve van de simulaties zijn er uitwisselingsschema's opgezet om het lenen/verhuren/verkopen van rammen tussen de verschillende subpopulaties in kaart te brengen. Als uitgangspunt is een gelijke uitwisseling tussen alle kuddes met kuddeovereenkomst gebruikt. Er is een grotere probabilliteit toegekend aan de rammen uit stamboekkuddes, omdat deze groep groter is en er uit de rammenlijst van 2022 ook bleek dat er een groter aandeel rammen werd gebruikt vanuit de groep stamboekdieren. Deze standaard opbouw van kuddes en de uitwisseling van rammen is voor bijna alle scenario's als basis gebruikt.

Tabel 1a *Uitwisselingsschema tussen de verschillende kuddes met Kudde Overeenkomst en de stamboekdieren bij houders/kuddes zonder kudde overeenkomst, zoals gebruikt voor de simulaties van de Schoonebeekers. De uitwisseling van rammen is weergegeven in probabilliteit.*

	Kudde 1	Kudde 2	Kudde 3	Kudde 4	Kudde 5	Kudde 6	Kudde 7	Stamboek
Kudde 1	0,20	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,35
Kudde 2	0,075	0,20	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,35
Kudde 3	0,075	0,075	0,20	0,075	0,075	0,075	0,075	0,35
Kudde 4	0,075	0,075	0,075	0,20	0,075	0,075	0,075	0,35
Kudde 5	0,075	0,075	0,075	0,075	0,20	0,075	0,075	0,35
Kudde 6l	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,20	0,075	0,35
Kudde 7	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,20	0,35
Stamboek	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,5

Tabel 1b Uitwisselingsschema gebruikt tussen de verschillende kuddes met Kudde Overeenkomst en de stamboekdieren bij houders/kuddes zonder kudde overeenkomst, zoals gebruikt voor de simulaties van de Drents heideschappen. De uitwisseling van rammen is weergegeven in probabiliteit.

	Kudde 1	Kudde 2	Kudde 3	Kudde 4	Kudde 5	Kudde 6	Kudde 7	Kudde 8	Kudde 9	Kudde 10	Kudde 11	Stamboek
Kudde 1	0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25
Kudde 2	0,05	0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25
Kudde 3	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25
Kudde 4	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25
Kudde 5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25
Kudde 6	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25
Kudde 7	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25
Kudde 8	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05	0,05	0,25
Kudde 9	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05	0,25
Kudde 10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,25
Kudde 11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25	0,25
Stamboek	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,45

Ook is er gekeken naar de gemiddelde uitwisseling van rammen zoals die in de laatste 5 jaar heeft plaatsgevonden. Dit zijn het aantal dekkingen van een ram komende uit de ene kudde (weergegeven in de rijen van de tabel) en ingezet bij een andere kudde (weergegeven in de kolommen van de tabel). Dat is hier weergegeven in percentages van het totale aantal dekkingen.

Op basis hiervan is er een tweede uitwisselingsschema gemaakt, die beter de huidige situatie weer geeft. Dit schema is gebruikt als basis voor de **situatie_nu** simulatie.

Tabel 2a *Uitwisselingsschema tussen de verschillende kuddes met Kudde Overeenkomst en de stamboekdieren bij houders/kuddes zonder kudde overeenkomst, zoals gebruikt voor situatie_nu gebaseerd op de dekgegevens van de laatste 5 jaar (2019-2023) van de Schoonebeekers.*

% 2019-2023	Kudde 1	Kudde 2	Kudde 3	Kudde 4	Kudde 5	Kudde 6	Kudde 7	Stamboek
Kudde 1	0,00%	0,00%	32,52%	0,00%	15,04%	0,00%	0,00%	52,44%
Kudde 2	11,64%	13,15%	13,49%	0,00%	0,00%	3,54%	14,50%	43,68%
Kudde 3	27,85%	0,00%	0,00%	0,00%	15,19%	0,00%	0,00%	56,96%
Kudde 4	0,00%	0,00%	0,00%	7,17%	65,70%	0,00%	10,09%	17,04%
Kudde 5	7,48%	13,27%	0,00%	5,10%	0,00%	59,18%	3,57%	11,39%
Kudde 6	45,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	54,17%
Kudde 7	26,28%	10,26%	0,00%	4,51%	1,50%	0,00%	16,90%	40,55%
Stamboek	4,57%	19,78%	18,84%	13,59%	12,59%	1,31%	6,22%	23,10%

Tabel 2b *Uitwisselingsschema tussen de verschillende kuddes met Kudde Overeenkomst en de stamboekdieren bij houders/kuddes zonder kudde overeenkomst, zoals gebruikt voor situatie_nu gebaseerd op de dekgegevens van de laatste 5 jaar (2019-2023) van de Drents heideschappen.*

% 2019-2023	Kudde 1	Kudde 2	Kudde 3	Kudde 4	Kudde 5	Kudde 6	Kudde 7	Kudde 8	Kudde 9	Kudde 10	Kudde 11	Stamboek
Kudde 1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Kudde 2	34,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	12,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	53,33%
Kudde 3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Kudde 4	0,00%	0,00%	0,00%	36,42%	0,00%	8,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	55,20%
Kudde 5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Kudde 6	0,00%	3,47%	0,00%	0,00%	0,00%	76,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	19,97%
Kudde 7	0,00%	2,23%	2,05%	0,00%	0,00%	5,53%	14,44%	45,54%	0,00%	0,00%	0,00%	30,21%
Kudde 8	0,00%	0,00%	1,79%	0,00%	0,00%	8,95%	36,64%	28,37%	7,85%	0,00%	0,00%	16,39%
Kudde 9	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	12,08%	19,32%	0,00%	0,00%	0,00%	24,15%	44,44%
Kudde 10	0,00%	0,00%	51,43%	34,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,29%
Kudde 11	6,76%	14,08%	0,00%	0,00%	16,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	48,45%	13,80%
Stamboek	1,32%	2,98%	1,13%	3,83%	1,51%	2,07%	10,97%	12,39%	5,28%	7,34%	2,36%	48,80%

Tabel 3a Verwachte inteelttoename per generatie over 50 jaar bij verschillend genetisch beleid in de Schoonebeeker. De kleuren corresponderen met het stoplichtsysteem wat de risicostatus weergeeft, zoals opgesteld door de FAO. Zie voor meer uitleg de infobox in hoofdstuk 1 of de infographics of www.fokkenmetverstand.nl.

Beleid	Simulatie	Generatie interval (in jaar)	Inteelttoename per generatie over de eerste 10 jaar	Inteelttoename per generatie over de volgende 40 jaar	Inteelttoename per generatie over 50 jaar
Alleen geregistreerde populatie	Zuiver_stamboek	3,10	0,937%	1,148%	1,19%
Geen restricties	Restrictie_geen	3,11	0,476%	0,196%	0,258%
Uitwisseling laatste 5 jaar (met dekbeperking)	Situatie_nu	3,13	0,165%	0,151%	0,159%
Dekbeperking (25/jaar, 100/leven)	Restrictie_25/100	3,11	0,175%	0,146%	0,155%
Dekbeperking en max 5 zonen	Restrictie_max5	3,11	0,171%	0,145%	0,154%
Dekbeperking en max 2 zonen	Restrictie_max2	3,11	0,175%	0,142%	0,152%
Strengere dekbeperking (10/jaar, 50/leven, max 5 zonen)	Restrictie_streng	3,11	0,169%	0,161%	0,165%
Rammencirkel	Cirkel_excl	3,15	0,240%	0,162%	0,179%
Rammencirkel met uitwisseling	Cirkel_incl	3,09	0,232%	0,155%	0,172%
Verwantschap ouders	Verwantschap_ouders	3,23	0,006%	0,136%	0,110%
Gemiddelde verwantschap	Gemiddelde_verwantschap	3,03	0,091%	0,108%	0,106%

Tabel 3b Verwachte inteelttoename per generatie over 50 jaar bij verschillend genetisch beleid in het Drents Heideschaap. De kleuren corresponderen met het stoplichtsysteem wat de risicostatus weergeeft, zoals opgesteld door de FAO. Zie voor meer uitleg de infobox in hoofdstuk 1 of de infographics of www.fokkenmetverstand.nl.

Beleid	Simulatie	Generatie interval (in jaar)	Inteelttoename per generatie over de eerste 10 jaar	Inteelttoename per generatie over de volgende 40 jaar	Inteelttoename per generatie over 50 jaar
Alleen geregistreerde populatie	Zuiver_stamboek	3,32	0,377%	0,466%	0,46%
Geen restricties	Restrictie_geen	3,20	0,193%	0,109%	0,129%
Uitwisseling laatste 5 jaar (met dekbeperking)	Situatie_nu	3,11	0,161%	0,083%	0,101%
Dekbeperking (25/jaar, 100/leven)	Restrictie_25/100	3,20	0,102%	0,086%	0,091%
Dekbeperking en max 5 zonen	Restrictie_max5	3,20	0,103%	0,087%	0,091%
Dekbeperking en max 2 zonen	Restrictie_max2	3,20	0,097%	0,085%	0,089%
Strengere dekbeperking (10/jaar, 50/leven, max 5 zonen)	Restrictie_streng	3,15	0,101%	0,084%	0,089%
Rammencirkel	Cirkel_excl	3,28	0,112%	0,092%	0,098%
Rammencirkel met 5 kuddes	Cirkel_klein	3,19	0,103%	0,084%	0,089%
Rammencirkel met uitwisseling	Cirkel_incl	3,22	0,111%	0,093%	0,099%
Verwantschap ouders	Verwantschap_ouders	3,38	0,003%	0,078%	0,063%
Gemiddelde verwantschap	Gemiddelde_verwantschap	3,13	0,055%	0,062%	0,062%

CGN
Postbus 16
6700 AA Wageningen
cgn@wur.nl
wur.nl/cgn

Wageningen University & Research
CGN rapport 61

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
