



Notat om populationsstørrelse for bæredygtigt avlsarbejde

Peer Berg

Seniorforsker

Dato: 30. marts 2011

Side 1/5

Dette notat er udarbejdet efter aftale med Fødevarestyrelsen med henblik på, at konkretisere kravene til populationsstørrelse i forhold til ansøgning om godkendelse som stambogsførende forening. For at opnå denne ret kræves blandt andet en vurdering af, om foreningen kan gennemføre et bæredygtigt avlsarbejde.

Bæredygtighed i avlsarbejde

Begrebet bæredygtigt avlsarbejde er ikke særligt præcist defineret (Gamborg & Sandøe 2005) og indeholder en række elementer relateret til genetisk diversitet, husdyrvelfærd, miljø påvirkning, etiske og sociale aspekter samt afvejning af kort- og langsigtede effekter. Her fokuseres på det element af bæredygtighed, der relateres til risikoen for at tabe genetisk diversitet og dermed muligheden for fremtidig genetisk tilpasning af en population. Andre vigtige elementer for en vurdering af bæredygtighed på et operationelt niveau relateres til definitionen af et klart avlsmål, og en struktur der sikrer, at dette avlsmål reelt kan opnås. Avlsmålet skal klart angive, hvilke egenskaber der ønskes forbedret og deres relative betydning enten i form af deres marginale værdi eller som mindstekrav. Derudover skal der tages højde for at avlsmålet ikke resulterer i væsentlige uønskede effekter på andre egenskaber af betydning for dyrenes sundhed og velfærd (Woolliams et al. 2005). Avlsplanen skal sikre, at der er en effektiv registrering i forhold til avlsmålet, metoder til avlsværdivurdering og klare regler for udvælgelse og anvendelse af dyr til avl.

Effektiv populationsstørrelse

Med en lille population er der en risiko for, at ikke alle gen-varianter (allel'er) videreføres til næste generation. Dette skyldes dels at forældrene ikke nødvendigvis repræsenterer alle gener i populationen, og dels at det er tilfældigt hvilket af forældrenes to allel'er, der gives videre til et afkom. Jo mindre en population er des større ændringer kan der ske i allel frekvenser fra generati-

on til generation, og dermed er risikoen for at tabe alleler også større jo mindre populationen er.

Risikoen for tab af alleler kan beskrives som en funktion af enten indavlsstigning per generation eller effektiv populationsstørrelse. Der er en nær sammenhæng mellem disse to begreber, da den effektive populationsstørrelse (N_e) kan skrives som en funktion af indavlsstigning per generation (ΔF)

$$N_e = \frac{1}{2\Delta F}$$

Vi vil her primært anvende den effektive populationsstørrelse som kriterie. Den effektive populationsstørrelse angiver størrelsen på en idealiseret population med lige mange hun- og hundyrl og tilfældig selektion og parring, der ville resultere i den samme indavlsstigning som den aktuelle population. Med tilfældig selektion og parring menes, at alle individer har den samme chance for at levere afkom til næste generation. I virkelighedens verden er den faktiske populationsstørrelse betydeligt større end den effektive populationsstørrelse. Det skyldes blandt andet, at der er forskel i antallet af han- og hundyrl der anvendes som forældre. En effektiv populationsstørrelse der tager højde for forskelle i antal han- og hundyrl kan beregnes fra

$$\frac{1}{N_e} = \frac{1}{4N_m} + \frac{1}{4N_f}$$

Hvor N_m er antal hundyrl og N_f antal hundyrl. Af denne formel fremgår klart, at den effektive populationsstørrelse kan være betydeligt mindre end den faktiske. Hvis der kun er et hundyrl, så vil den effektive populationsstørrelse ikke blive større end 4 uanset hvor mange hundyrl, der er i populationen.

Det er kun dyr, der er aktive i avl, der bidrager til næste generation og dermed chancen for at genetisk variation (alleler) fortsætter i næste generation. Antal han- og hundyrl refererer derfor kun til de dyr, der indgår i avl. Dyr, der ikke indgår i avl, er ikke relevante for at vurdere effektiv populationsstørrelse og avlsplanens bæredygtighed i forhold til bevarelse af genetisk diversitet.

Ovenstående formel antager, at alle han- og hundyrl bidrager ligeligt til næste generation. Det er sjældent tilfældet, og i nogle arter med en stor hanlig reproduktionsrate kan nogle få hundyrl bidrage meget og mange hundyrl bidrage lidt. Hvis dette er tilfældet, bør man korrigere antallet af specielt hundyrl for at tage højde for, at det effektive antal hundyrl anvendt er mindre end det faktiske antal.

Det effektive antal hundyrl kan beregnes med følgende formel

$$N_m^e = \frac{1}{\sum_i f_i^2}$$

Hvor f_i er andelen af afkom det i 'te hundyrl bidrager med i en generation (se Caballero & Toro (2000) for beskrivelse af effektive aner).

Hvis 40% af hannerne er fædre til 60% af afkommet er det effektive antal hundyrl ca. 15% lavere end det faktiske antal, så hvis der er anvendt 20 hundyrl

er det effektive antal 17. Hvis 30% af hannerne er fædre til 70% af afkommet er det effektive antal hanner 43% lavere end det faktiske (11,4 effektive hanner hvis der er brugt 20 hanner). I tilfælde af at 20% af hannerne er fædre til 80% af afkommet så er det effektive antal 69% lavere end det faktiske antal (6 effektive hanner hvis der er brugt 20 hanner).

Ovenstående formel tager heller ikke hensyn til, at der er selektion, og dermed at beslægtede dyr har en større sandsynlighed for at blive anvendt som avlsdyr end med en tilfældig udvælgelse af avlsdyr. Denne effekt vil dog delvis korrigeres ved den nævnte korrektion for variation i antal afkom per handyr. Det vurderes at det ikke er muligt at korrigere yderligere for selektion i en konkret sagsbehandling. Det betyder dog, at de krav til populationsstørrelse der beregnes skal tages som minimumsværdier.

Krav til effektiv populationsstørrelse

Jo større den effektive populationsstørrelse er, jo mindre er risikoen for at tabe genetisk variation. I aktive populationer er den generelle retningslinie at den effektive populationsstørrelse skal være mellem 50 og 100 for at få en tilstrækkelig lille risiko for at tabe nyttige gen varianter. Dette er baseret på en kortsigtet optimering i evolutionær forstand, svarende til 20 til 100 år for de fleste arter (se Meuwissen & Woolliams (1994) for argumenter). Hvis tidshorisont er længere skal den effektive populationsstørrelse være betydeligt større.

Der refereres generelt til antal avlsdyr per generation. Det skyldes, at avlsdyr har varierende alder. Beregningen af aktive avlsdyr per generation kan baseres på det totale antal afkom de får i løbet af deres liv, under antagelse af at generationsintervallet er konstant.

Faktisk populationsstørrelse

FAO (2007) klassificerer populationer som kritisk truede af udryddelse (critical) eller i risiko for udryddelse (endangered) på baggrund af kriterierne beskrevet i Tabel 1.

Tabel 1. Kriterier for klassificering af populationer som udrydningstruede eller i risiko for udryddelse. Blot et af kriterierne skal være opfyldt for at blive klassificeret. FAO 2007

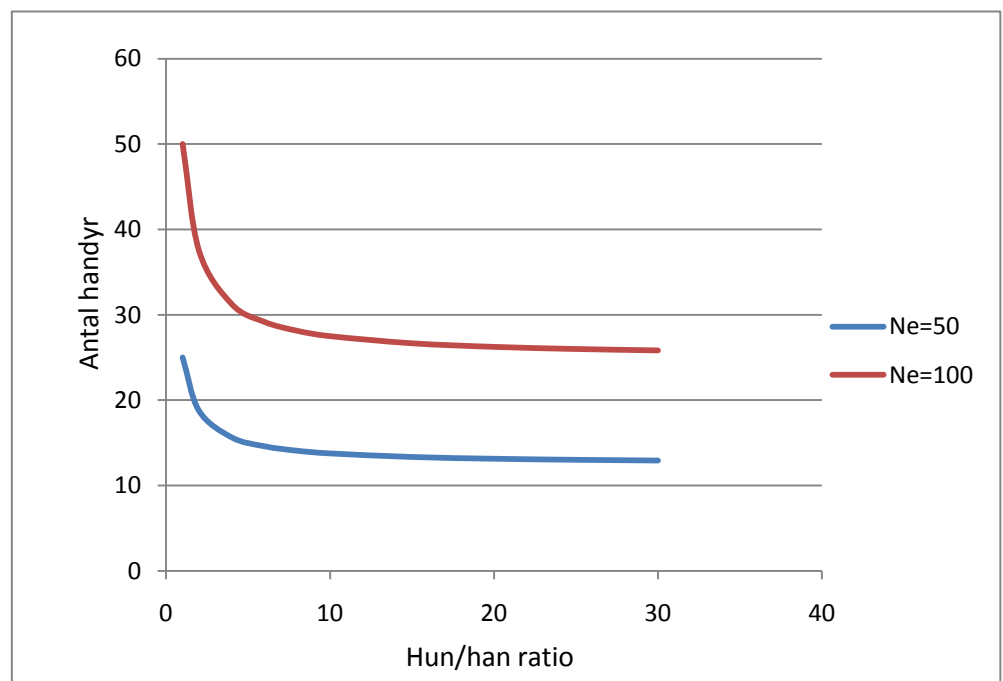
| | Populationen er truet | Populationen er i risiko |
|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Antal hundyr | ≤ 100 | > 100 ≤ 1000 |
| Antal handyr | ≤ 5 | > 5 ≤ 20 |
| Populationsstørrelse | ≤ 120 | > 80 og stigende ≤ 1200 |

I de fleste tilfælde er der betydeligt færre handyr aktive i avl end hundyr. Ovenstående sammenhæng mellem antal han- og hundyr og effektiv populationsstørrelse kan omskrives til

$$N_m = \frac{(1+k) \cdot N_e}{4k}$$

hvor k er antal hundyr per handyr der er forældre til næste generation.

I figur 1 er vist det nødvendige effektive antal handyr der skal bidrage til avlsarbejdet for at sikre en effektiv populationsstørrelse på henholdsvis 50 og 100.



Figur 1. Antal effektive handyr der sikrer en effektiv populationsstørrelse på henholdsvis 50 og 100 ved varierende antal hundyr per handyr (hun/han ratio).

Af Figur 1 fremgår, at med et stigende antal hundyr per handyr skal der være mindst 12 til 25 effektive hanner i avlsarbejdet per generation. Hvis der er få hundyr per handyr skal antallet af handyr være højere. Med effektive handyr menes her, at de er korrigeret for, at de har et forskelligt bidrag til næste generation.

FAO's anbefalinger vil hvis der er få handyr i forhold til hundyr resultere i, at der skal være mindst 20 avlsaktive handyr per generation. Dette vil i de fleste tilfælde være i overensstemmelse med ovennævnte når der tages højde for at der tales om effektive hanner.



Det effektive antal handyr afspejler det antal handyr der er aktive i avlsarbejdet. Dette indeholder også dyr der er tappet sæd af, og hvor dyret ikke længe lever, men alligevel er anvendt som avlsdyr.

Den fysiske placering af dyrene spiller også en rolle for risikoen for en population. Jo færre fysiske enheder (besætninger) dyrene er placeret i, desto større er risikoen for at sygdomme eller uheld kraftigt reducerer antallet af aktive avlsdyr.

Anbefalinger

1. Det skal dokumenteres hvor mange han- og hundyr der indgår i avlsarbejdet og forventes at indgå i de kommende generationer.
2. Antallet af avlsaktive handyr er den begrænsende faktor for populationens effektive størrelse.
3. Der skal anvendes **mindst** 12 til 25 effektive handyr til avl per generation, og højere hvis der mange handyr i forhold til hundyr i populationen.
4. Dokumentation bør indeholde en oversigt over antal afkom per handyr, så det effektive antal handyr per generation kan beregnes. Hvis en sådan dokumentation ikke er tilgængelig bør antal avls aktive handyr per generation være højere end i 3), således at der er mindst 25 avlsaktive handyr per generation.
5. Jo mere intensiv selektion der gennemføres jo flere aktive avlsdyr bør der være per generation.

Referencer

- Caballero A. & Toro M. 2000. Interrelations between effective population size and other pedigree tools for the management of conserved populations. *Genet. Res. Camb.* 75:331-343
- FAO. 2007. *The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*, edited by Barbara Rischkowsky & Dafydd Pilling. Rome.
- Gamborg C. & Sandøe P. 2005. Sustainability in farm animal breeding: a review. *Livestock Production Science* 92:221-231
- Meuwissen T.H.E. & Woolliams J.A. 1994. Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness. *Theoretical and Applied Genetics.* 89:1019-1026
- Woolliams J., Berg P., Mäki-Tanila A., Meuwissen T. & Fimland E. 2005. Sustainable management of animal genetic resources. NHG Nordisk Genbank Husdyr. ISBN 92-893-1089-8