

Skyldleikarækt í íslenskum geitum

STEFÁN AÐALSTEINSSON

Institutt for husdyrfag, Postboks 5025, N-1432 Ås, Norge

ÓLAFUR R. DÝRMUNDSSON

Búnaðarfélagi Íslands, Bændahöllinni v/Hagatorg, 107 Reykjavík

SIGRÍÐUR BJARNADÓTTIR

Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Möðruvöllum, 601 Akureyri

og

EMMA EYÞÓRSDÓTTIR

Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Keldnaholti, 112 Reykjavík

YFIRLIT

Talið er að íslenski geitastofninn sé um það bil 1100 ára gamall. Ekki er vitað til að hann hafi orðið fyrir innblöndun á síðustu öldum. Frá því geitur voru fyrst taldar í landinu árið 1703 hafa þær oftast verið undir 1000 að tölu. Tvisvar hefur þeim fækkað háskalega, þ.e. niður fyrir 100 einstaklinga, annars vegar um 1885 og hins vegar um 1960. Geitur í landinu voru alls 348 árið 1993 á 48 búum, eða um 7 geitur á bæ. Skyldleikarækt er mikil í stofninum, 26% að meðaltali síðustu árin í þeim efnivið sem hér er fjallað um.

Könnuð voru áhrif hækkandi skyldleikaræktarstuðuls á frjósemi geita með ættarstuðul 0,7 eða hærri (128 geitur, 368 paranir), og á fjölda fæddra kiða og fjölda lifandi kiða um burð (120 geitur, 329 burðir). Frjósemi geita og kiðafjöldi breyttist lítið og ekki marktækt með hækkun á skyldleikaræktarstuðli. Við 10% hækkun á skyldleikaræktarstuðli lækkaði frjósemi geita um 2,8%, fæddum kiðum alls fækkaði um 0,8% og lifandi fæddum kiðum um 2,6%. Hin tiltölulaga litlu áhrif skyldleikaræktar á frjósemiseiginleika íslensku geitarinnar eru rædd nánar í ályktunum.

SUMMARY

Inbreeding in Icelandic goats

The Icelandic goat breed is regarded to be around 1100 years old, originating from Norway and being introduced to Iceland during the Settlement period 874–930 A.D. No incidence of later goat importation to the country is known. From the first census of goats in Iceland in 1703, their number has mainly been below 1000 animals. Their number declined seriously twice, below 100 animals, around 1885 and around 1960. In 1993 the breed counted 348 animals in 48 herds or 7 animals per herd. Inbreeding coefficient has been high during the last two decades, 26% on the average. The effect of inbreeding in goats, with a pedigree completeness index of 0.7 or higher, on fertility (128 goats, 368 matings), and on total number of kids born and kids born alive, was investigated (120 goats, 329 births). Fertility and fecundity of goats, as well as total number of kids born and kids born alive, changed slightly but not significantly in the expected direction, with an increase in the inbreeding coefficient from zero to above 45%. A 10% increase in the inbreeding coefficient resulted in a decrease of 2.8, 0.8 and 2.6% in fertility, total number of kids born and kids born alive, respectively. The reasons for the limited effect of inbreeding on fertility, fecundity and survival of kids within the Icelandic goat breed are discussed.

Key words: fertility traits, Icelandic goats, inbreeding.

INNGANGUR

Talið er að geitfé hafi verið á Íslandi frá því á landnámsöld. Engar heimildir eru til um innflutning geita til landsins á síðari öldum (Stefán Aðalsteinsson, 1981). Íslenska geitin er að því leyti sérstæð að hún hefur meira þel í feldinum en geitur í nágrennalöndunum. Þel geitarinnar er kallað kasmírull erlendis. Ástæða þess að svo mikið þel er í íslenskum geitum er líklega náttúruval að aukinni vörn gegn kulda í erfiðu tíðarfari. Einangrun frá öðrum geitastofnum hefur leyft íslensku geitinni að bæta einangrunina með úrvali, ætlið eftir ætlið, án þess að íblöndun snögghærðra kynja kæmi til og drægi úr árangri.

Íslenskum geitum var ætlað við kasmírgeitur af fjórum óskyldum stofnum í Skotlandi. Þar kom í ljós að íslensku geiturnar sýndu meiri blendingsþrótt í afkvæmum sínum en allir hinir stofnarnir (Bishop og Russel, 1994). Það bendir til þess að þær séu minnst skyldar öðrum stofnum í tilrauninni.

Í yfirgripsmikilli ritgerð sem Halla Eygló Sveinsdóttir (1993) ritaði um íslensku geitina og sögu hennar kemur m.a. fram að geitur voru fyrst taldar á Íslandi árið 1703 og voru þá 818 talsins. Á síðari hluta 19. aldar fækkaði geitum og urðu færstar 60 talsins um 1885 og aftur tæplega 100 árið 1960 (1. mynd). Árið 1965 voru samþykkt á Alþingi lög um verndun íslenska geitastofnsins. Síðan hefur verið greiddur styrkur á geitur til eigenda þeirra til að tryggja viðhalds stofnsins. Búnaðarfélag Íslands sér um framkvæmd verndunarstarfsins.

RANNSÓKNAREFNI OG AÐFERÐIR

Gögn um geitastofninn sem notuð voru í rannsókn þá sem hér er lýst fengust úr gagnagrunni Norræns genbanka fyrir búfé. Upplýsingar um íslenskar geitur í gagnagrunninum koma úr skýrsluhaldi Búnaðarfélags Íslands um íslenska geitastofninn í sambandi við verndun hans. Skráð gögn voru frá skýrsluárunum 1976/77–1992/93.

Alls höfðu 1387 einstaklingar verið skráðir í gagnagrunni genbankans sumarið 1993, 901

geit og 486 hafrar. Sumir þessara einstaklinga komu eingöngu fyrir sem forfeður í ættartöflum á árunum áður en skýrslurnar voru teknar en aðrir komu fyrir í skýrsluhaldinu.

Alls var 1886 geitum haldið á tímabilinu 1976/77–1991/92. Þar af voru 340 veturgamlar huðnur sem eignuðust 249 kið og 1546 fullorðnar sem áttu alls 1831 kið.

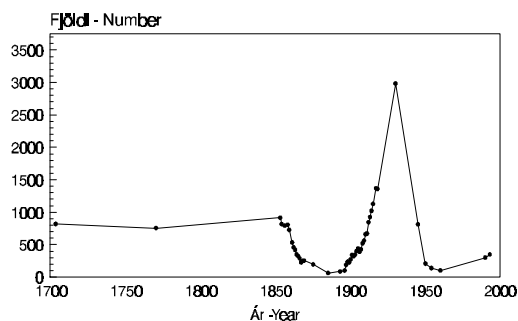
Í þeirri rannsókn sem hér er lýst voru notaðar upplýsingar um 128 geitur sem haldið var, veturgamlar og eldri, og uppfylltu það skilyrði að svokallaður ættarstuðull þeirra (Pedigree completeness index, I_c), reiknaður aftur í 5. lið, væri 0,7 eða hærri (MacCluer o.fl., 1983). Ættarstuðull einstaklings er reiknaður út frá því hlutfalli forfeðra af heild sem þekkt er í hvorri ætt um sig. Formúla fyrir ættarstuðli er eftirfarandi:

$$I_c = \frac{4 \times I_f \times I_m}{(I_f + I_m)}$$

þar sem I_f og I_m eru ættarstuðlar föður og móður. Formúla fyrir ættarstuðli föður er:

$$I_f = \sum \left\{ \frac{i_1}{2} + \frac{i_2}{4} + \frac{i_3}{8} + \frac{i_4}{16} + \frac{i_5}{32} \right\} / 5$$

og ættarstuðull móður, I_m , er fundinn á hliðstæðan hátt. Í formúlu fyrir ættarstuðli tákna i_j -gildið fjölda þekktra forfeðra í ætlið j í hvorri ætt um sig. Hámark forfeðra hjá föður getur orðið 1, 2, 4, 8 og 16 í ætliðum 1–5 (faðir meðtalinn). Deilitalan í hverjum lið er fjöldi forfeðra í báðum ættum saman í hverjum ætlið, þ.e. 2, 4, 8, 16 og 32. I_f getur þar með



1. mynd. Talningar á geitum á Íslandi 1703–1993. Figure 1. Goat numbers in Iceland 1703–1993.

1. tafla. Skyldleikaræktarstuðull (F-gildi).
Table 1. Inbreeding coefficient (F-value).

Flokkur Class	Fjöldi Number	Nær yfir gildin Range	Meðaltal Mean
0	14	0,0	0,00
1	11	0,1–10,0	0,07
2	25	10,1–20,0	0,16
3	29	20,1–30,0	0,25
4	19	30,1–40,0	0,34
5	30	40,1 og hærra	0,49
Alls—Total	128	0,0–71,1	0,26

orðið hæst 0,5 og sama gildir um I_m . Þegar allir forfeður í báðum ættum eru þekktir í 5 liði verður ættarstuðull einstaklingsins $I_c=1,0$ en ættarstuðullinn lækkar eftir því sem þekktum forfeðrum fækkar og verður 0 ef annaðhvort foreldrið eða bæði eru óþekkt.

Þeim 128 geitum sem uppfylltu ofanefnd skilyrði hafði verið haldið að meðaltali 2,9 sinnum og eru niðurstöður úr öllum þörum teknar í uppgjör.

Í uppgjöri sem áður er birt úr þessum sama gagnagrunni (Stefán Aðalsteinsson o.fl., 1994), var aðeins gerð sú krafa um ætternisupplýsingar að báðir foreldrar væru þekktir og að minnsta kosti einn einstaklingur í næsta lið að baki foreldrum. Það jafngildir ættarstuðlinum 0,24.

Frjósemi geitanna fékk gildið 1 ef geitin bar en 0 ef hún var algeld. Kiðafjöldi við burð var talinn hjá geitum sem báru og var annaðhvort 1, 2 eða 3. Lifandi kið um burð voru talin hjá geitum sem báru og voru þau annaðhvort 0, 1, 2 eða 3.

Aldur geita var greindur í tvo flokka, 1 fyrir veturgamlar huðnur og 2 fyrir tveggja vetra og eldri. Fæðingarár geita voru tekin saman í fjögur tímabil fyrir fjögur samliggjandi ár, 1977–80, 1981–84, 1985–88 og 1989–92. Skyldleikaræktarstuðull var reiknaður til loka í hverri ættartöflu, þ.e. rakin voru áhrif allra þekktra forfeðra á skyldleikastuðul. Notuð var formúla fyrir skyldleikaræktarstuðli (F-gildi) frá Li (1976). F-gildi voru flokkuð í 5 flokka, sjá 1. töflu.

Gerð voru upp gögn um ættarstuðla og skyldleikaræktarstuðla geita eftir aldursflokkum (1–2) og tímabilum. Frjósemi geita, þ.e. hvort þær voru geldar eða með kiði, kiðafjöldi alls og fjöldi lifandi kiða um burð, var gert upp eftir aldursflokkum, tímabilum og skyldleikaræktarflokkum (0–5).

Við tölfraðilegt uppgjör var notuð reikni-aðferðin „General Linear Models Procedure“ (SAS/Stat User's Guide, 1990).

NIÐURSTÖÐUR

Fervikagreiningar voru gerðar í tvennu lagi. Annars vegar voru 128 geitur (368 paranir) og fyrir þær voru gerðir upp ættarstuðlar, skyldleikaræktarstuðlar og frjósemi. Hins vegar voru 120 geitur sem báru (329 burðir). Þar var gerður upp kiðafjöldi alls og lifandi kið um burð.

Í 2. töflu er sýnd fervikagreining á ættarstuðli geita og skyldleikaræktarstuðli eftir aldursflokkum og tímabilum. Í 3. töflu eru sýnd meðaltöl fyrir sömu þætti eftir aldursflokkum og tímabilum.

Í 4. töflu er sýnd fervikagreining á frjósemi geita ásamt kiðafjölda alls eftir geit sem bar og fjölda lifandi fæddra kiða um burð eftir aldursflokkum, tímabilum og skyldleikaræktarflokkum.

Á fervikagreiningu í 2. töflu sést að áhrif aldursflokka eru ekki marktæk en bæði ættarstuðlar og skyldleikaræktarstuðlar breytast marktækt með tímabilum. Í 3. töflu má sjá að ættarstuðull er lítið eitt hærri fyrir veturgamlar geitur en þær sem eldri eru, en hann hækkar verulega með tímabilum. Það sýnir að upplýsingar í ættartöflum hafa aukist eftir því sem leið á tímabilið sem rannsóknin nær til. Á það er rétt að benda að meðaltal ættarstuðulsins í 3. töflu jafngildir því að allir forfeður einstaklings í móðurætt séu þekktir og allir forfeður aftur í 3. lið og 6 af 8 í 4. lið í föðurætt, en það gæfi ættarstuðulinn 0,84. Stuðullinn á fyrsta tímabili (1977–80) jafngildir því að ættin sé að fullu þekkt í 5 liði í aðra ættina og að fullu í 3 liði í hina.

Skyldleikaræktarstuðullinn breytist ekki eftir tímabilum í beinu hlutfalli við ættarstuðul-

2. tafla. Fervikagreining á ættarstuðli geita og skyldleikaræktarstuðli eftir aldri og fæðingarári.
Table 2. ANOVA of pedigree completeness index and inbreeding coefficient by age groups and birth year.

Flokkun <i>Classification</i>	Frítala <i>DF</i>	Fervik <i>Mean square</i>	F <i>F</i>	P-gildi <i>P-value</i>
<i>Ættarstuðull—Pedigree completeness index</i>				
Aldursflokkur— <i>Age group</i>	1	0,0387	6,25	>0,05
Tímabil— <i>Period</i>	3	0,0408	6,60	<0,001
Skekka— <i>Residual</i>	123	0,0062		
<i>Skyldleikaræktarstuðull—Inbreeding coefficient</i>				
Aldursflokkur— <i>Age group</i>	1	0,0798	2,99	>0,05
Tímabil— <i>Period</i>	3	0,1039	3,89	<0,05
Skekka— <i>Residual</i>	123	0,0267		

3. tafla. Flokkameðaltöl minnstu kvaðrata fyrir ættarstuðul og skyldleikaræktarstuðul.

Table 3. Least squares means for pedigree completeness index (PEC) and inbreeding coefficient.

Flokkun <i>Classification</i>	Fjöldi geita <i>No. of goats</i>	Ættar- stuðull <i>PEC</i>	Skyldleika- ræktarstuðull <i>Inbreeding coefficient</i>
<i>Aldur—Age group</i>			
1	70	0,85	0,28
2	58	0,82	0,23
<i>Tímabil—Period</i>			
1977–80	3	0,76	0,23
1981–84	22	0,82	0,25
1985–88	45	0,88	0,32
1989–92	58	0,89	0,21
Alls og meðaltal <i>Total and average</i>	128	0,85	0,26

inn heldur fer hann hækkandi fram á 3. tímabil, 1985–88. Þá er hann orðinn 0,32, eða þó nokkru hærri en væntanlegt er í afkvæmum alsystkina, en það er 0,25. Síðan lækkar skyldleikaræktarstuðullinn þrátt fyrir hækkandi ættarstuðul og þar með meiri ættarupplýsingar. Bendir það til að menn hafi á síðustu árum gert sér betur grein fyrir nauðsyn þess að ná sér í óskylda eða lítið skylda hafra þar sem þess var kostur.

Fervikagreining í 4. töflu sýnir að frjósemi

geita breyttist ekki marktækt með aldursflokkum, tímabilum né skyldleikaflokkum. Kiðafjöldi á geit var hins vegar marktækt misjafn eftir aldri og tímabilum, bæði fjöldi kiða alls og lifandi fædd kið. Veturgömlu geiturnar voru mun sjaldnar tvíkiða en þær eldri og kiðafjöldi á geit var lægri á fyrsta tímabili en síðar.

Áhrif hækkandi skyldleikaræktarstuðuls voru lítil og ekki marktæk að því er snerti kiðafjölda alls við burð og fjölda lifandi fæddra kiða.

Í 5. töflu eru sýnd meðaltöl fyrir frjósemi geita og kiðafjölda, eftir aldursflokkum, tímabilum og skyldleikaflokkum.

Í 5. töflu sést að frjósemi og kiðafjöldi hefur verið lægri hjá veturgömlum geitum en þeim sem eldri voru og vanhöld nokkru meiri.

Breytingar með hækkun á skyldleikaræktarstuðli eru litlar að því er varðar frjósemi og kiðafjölda (2. mynd) en vanhöld á kiðum hafa farið nokkuð vaxandi með aukinni skyldleikarækt, eins og sést á því að sundur dregur með dálkunum yfir kiðafjölda með hækkandi skyldleikarækt. Fervikagreiningin í 1. töflu sýnir þó að ekkert þessara atriða hefur breyst marktækt með vaxandi skyldleikaræktarstuðli.

UMRÆÐUR OG ÁLYKTANIR

Þótt hvergi komi fram marktæk áhrif skyldleikaræktar á frjósemiseiginleika er eigi að síður nokkur fækkun lifandi kiða við burð og einnig

4. tafla. Fervikagreining á frjósemi geita, kiðafjölda alls og lifandi fæddum kiðum um burð eftir aldursflokkum, tímabilum og skyldleikaflokkum.

Table 4. ANOVA of fertility, litter size at birth and number of kids born alive by age groups, periods and inbreeding classes.

Flokkun <i>Classification</i>	Frítala <i>DF</i>	Fervik <i>Mean square</i>	F <i>F</i>	P-gildi <i>P-value</i>
Frjósemi geita—Fertility				
Aldursflokkur— <i>Age group</i>	1	0,0025	0,03	>0,05
Tímabil— <i>Period</i>	3	0,0381	0,40	>0,05
Skyldleikaflokkur— <i>Inbreeding class</i>	5	0,1252	1,32	>0,05
Skekka— <i>Residual</i>	358	0,0951		
Kiðafjöldi alls við burð—Litter size at birth				
Aldursflokkur— <i>Age group</i>	1	2,2789	12,08	<0,001
Tímabil— <i>Period</i>	3	1,0942	5,80	<0,001
Skyldleikaflokkur— <i>Inbreeding class</i>	5	0,1512	0,80	>0,05
Skekka— <i>Residual</i>	319	0,1887		
Lifandi kið um burð—No. kids born alive				
Aldursflokkur— <i>Age group</i>	1	3,1837	14,12	<0,001
Tímabil— <i>Period</i>	3	0,7546	3,35	<0,05
Skyldleikaflokkur— <i>Inbreeding class</i>	5	0,2258	1,00	>0,05
Skekka— <i>Residual</i>	319	0,2254		

5. tafla. Flokkameðaltöl minnstu kvaðrata fyrir frjósemi og kiðafjölda, eftir aldri, tímabilum og skyldleikaflokkum.

Table 5. Least square means for fertility, litter size at birth and number of kids born alive by age groups, periods and inbreeding classes.

Flokkun <i>Classification</i>	Fjöldi <i>Number</i>	Frjósemi % <i>Fertility %</i>	Fjöldi <i>Number</i>	Fædd kið <i>Litter size</i>	Lifandi kið <i>No. of kids alive</i>
Aldursflokkur—Age group					
1	72	90,4	64	1,03	0,97
2	296	91,1	265	1,25	1,23
Tímabil—Period					
1977–80	23	89,4	20	0,92	0,91
1981–84	96	93,9	89	1,32	1,25
1985–88	132	90,3	115	1,16	1,13
1989–92	117	89,5	105	1,15	1,12
Skyldleikaræktarflokkur Inbreeding class					
0	34	100,0	34	1,17	1,16
1	28	95,8	27	1,19	1,19
2	80	86,8	70	1,07	1,04
3	87	89,1	78	1,19	1,15
4	56	87,5	49	1,10	1,05
5	83	85,4	71	1,11	1,03

nokkur aukning í vanhöldum með vaxandi skyldleikarækt, þ.e. munur á kiðafjölda alls og fjölda lifandi kiða eykst með aukinni skyldleikarækt. Er það í samræmi við að skyldleikarækt hefur að jafnaði neikvæð áhrif á lífsþrótt.

Reiknað hefur verið aðhvarf af frjósemi geita, kiðafjölda við burð og lifandi fæddum kiðum á skyldleikaræktarstuðul út frá meðalgildunum í 5. töflu og skyldleikaræktarstuðli einstakra skyldleikaflokka úr 1. töflu.

Þá kemur í ljós að fyrir hver 10% sem skyldleikarækt hækkar, lækkar frjósemin um 2,8%, kiðum alls við burð fækkar um 1,4 á 100 geitur (0,8%) og lifandi kiðum við burð fækkar um 3,0 á 100 geitur (2,6%). Hér eru prósentugildin reiknuð af kiðafjölda við skyldleikaræktarstuðul 0 í 5. töflu. Þessi gildi eru öll mjög lág samanborið við erlendar niðurstöður um áhrif skyldleikaræktar í ýmsum tegundum (Falconer, 1976, 1989; Lamberson og Thomas, 1984; Wiener o.fl., 1992, 1994).

Íslenska geitin er greinilega mikið skyldleikaræktuð. Þess ber að gæta að þeir einstaklingar sem hér er fjallað um eru langflestir fæddir á síðastliðnum 20 árum. Fyrri áratuga skyldleikarækt hlýtur að hafa verið veruleg, einkum þegar stofninn var í lágmarki. Hægt er að færa rök að því að stofninn hljóti að hafa verið mikið skyldleikaræktuður svo öldum skipti. Frá fyrstu talningu á stofninum er augljóst að hann er líttill. Rannsóknir á beinafundum í uppgreiftri frá 11. öld sýna að geitabein eru mjög fátíð

miðað við bein úr sauðfé (McGovern, 1982; McGovern og Amorosi, munnlegar upplýsingar) svo gera má ráð fyrir að á þeim tíma hafi stofninn verið líttill, dreifður á marga bæi og fátt á bæ, líkt og nú gerist, og veruleg skyldleikarækt hafi verið á hverjum bæ.

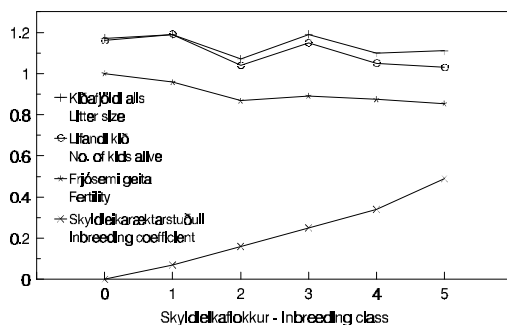
Almennt er talið að skyldleikarækt í búfé leiði til hnignunar. Orsök hnignunarinnar er talin vera sú að erfðavísar sem hafa neikvæð áhrif á vöxt og þroska komi fram í arfhreinni gerð við skyldleikaræktina. Því algengari sem slíkir erfðavísar eru í stofninum þeim mun meiri hætta er á hnignun við skyldleikarækt (Falconer, 1976).

Þar sem skyldleikarækt hefur verið framkvæmd í tilraunaskyni hafa meðaláhrif hennar oftast orðið á þann veg sem lýst er hér að ofan, nema hvað hér eru áhrifin mun minni en algengast er erlendis.

Meðaláhrif skyldleikaræktar eru að jafnaði neikvæð og hægt er að sýna fram á með fræðilegum rökum að skyldleikahnignunar sé að vænta í mældum eiginleikum þar sem frávik finnast frá samleggjandi erfðum (Falconer, 1989).

Hins vegar finnast þess mörg dæmi að einstakir stofnar af músum og rottum sem hafa verið skyldleikaræktuðir í tilraunastofum hafi sýnt lítil merki um hnignun af völdum skyldleikaræktar, enda þótt aðrir stofnar í sömu tilraunum hafi dáðið út með vaxandi skyldleikarækt. Skýringin á því að sumir stofnar þola skyldleikarækt vel en aðrir ekki er helst talin vera sú að við fremur væga skyldleikarækt á löngum tíma veljist þeir einstaklingar úr stofninum sem ekki þola skyldleikarækt og við það styrkist stofninn og sýni smám saman minni hnignun við mikla skyldleikarækt (Siegismund, 1993).

Hafi íslenska geitastofninum verið haldið við um aldaðir í mörgum smáhópum og veruleg skyldleikarækt átt sér stað í hverjum hópi getur hafa vinsast úr stofninum það sem verst þoldi skyldleikaræktina en það lifað af sem þoldi hana best. Slík þróunarsaga gæti skýrt það hve líttill áhrif skyldleikaræktarinnar eru í stofninum í dag.



2. mynd. Áhrif skyldleikaræktar á frjósemi og kiðafjölda.

Figure 2. Effect of inbreeding on fertility traits.

ÞAKKARORÐ

Við þökkum Morten Bakken fyrir umræður um efni greinarinnar og Erlend Raanaas fyrir aðstoð við tölvuvinnslu á gögnum á ýmsum stigum.

HEIMILDIR

- Bishop**, S.C. & A.J.F. **Russel**, 1994. Cashmere production from feral and imported cashmere goat kids. *Animal Production* **58**: 135–144.
- Falconer**, D.S., 1976. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Group Ltd, London.
- Falconer**, D.S., 1989. *Introduction to Quantitative Genetics*. 3rd edition. Longman Scientific and Technical, Harlow.
- Halla Eygló **Sveinsdóttir**, 1993. *Íslenska geitin*. B.Sc. ritgerð, Bændaskólinn á Hvanneyri, Búvísindadeild: 67 s..
- Lamberson**, R.W. & D.L. **Thomas**, 1984. Effects of inbreeding in sheep: a review. *Animal Breeding Abstracts* **52(5)**.
- Li**, C.C., 1976. *First Course in Population Genetics*. Boxwood Press, Pacific Grove, California.
- MacCluer**, J.W., A.J. **Boyce**, B. **Dyke**, L.R. **Weitkamp**, D.W. **Pfennig** & C.J. **Parsons**, 1983. Inbreeding and pedigree structure in Standardbred horses. *Journal of Heredity* **74**: 394–399.
- McGovern**, Th., 1982. *Preliminary report of animal bone collection from Aðalból in Hrafnkeldalur, Eastern Iceland*. Submitted to the National Museum of Iceland.
- SAS Institute Inc., 1990. *SAS/Stat User's Guide, Volume 2, GLM-VARCOMP*. Cary, NC 27512-8000, USA.
- Siegismund**, H.R., 1993. *Naturbevaring og genetik*. TemaNord 1993(6). Nordisk Ministerråd, København K.: 23–46.
- Stefán Aðalsteinsson**, 1981. Origin and conservation of farm animal population in Iceland. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* **98**: 258–264.
- Stefán Aðalsteinsson**, Ólafur R. **Dýrmundsson**, Sigríður **Bjarnadóttir** & Emma **Eyþórsdóttir**, 1994. The Icelandic goat – a case study of a small old population. Í: *Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production Vol. 21*: 517–519.
- Wiener**, G., G.J. **Lee** & J.A. **Woolliams**, 1992. Effects of rapid inbreeding and of crossing of inbred lines on conception rate, prolificacy and ewe survival in sheep. *Animal Production* **59**: 245–249.
- Wiener**, G., G.J. **Lee** & J.A. **Woolliams**, 1994. Consequences of inbreeding for financial returns from sheep. *Animal Production* **55**: 115–121.
- Handrit móttakið 6. desember 1994,
samþykkt 19. desember 1994.