

---

# Íslenskar landbúnaðarrannsóknir

ÚTGEFANDI:

RANNSÓKNASTOFNUN LANDBÚNAÐARINS,  
REYKJAVÍK

6. ÁRGANGUR, 1.—2. HEFTI

# Journal of Agricultural Research in Iceland

PUBLISHER:

THE AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,  
REYKJAVÍK, ICELAND

VOLUME 6, 1—2

---

## Kynbótaskipulag fyrir íslenska kúastofninn

MAGNÚS B. JÓNSSON  
JÓN VIÐAR JÓNUNDSSON  
Bændaskólanum, Hvanneyri.

### YFIRLIT

Skýrt er frá niðurstöðum runureikninga (simulation) til að kanna áhrif ýmissa þátta í framkvæmd kynbótastarfsins á væntanlega erfðaför í íslenska mjólkurkúastofninum. Rannsóknin er miðuð við úrval fyrir aðeins einum eiginleika, mjólkurafköstum.

Kjörstærð afkvæmahópsins er fundin 20—30 dætur, sé viðmiðunin hámarkserfðaför. Þegar tillit er tekið til kostnaðar við framkvæmd, virðist hópstærð 80—100 dætur ráðleg.

Rétt virðist að nota óreynd naut heldur meira en reynd naut.

Erfðaframfarir aukast eftir því sem meira sæði er safnað úr hverju nauti. Með hliðsjón af kostnaði virðist ráðlegt að miða sæðistöku við 5000—6000 skammta úr hverju nauti.

Tveir nautsfeður í árgangi er talið ráðlegt. Sýnt er fram á, að unnt er að auka verulega notkun holdanauta án áhrifa á kynbótastarfið í mjólkurkúastofninum.

Sýnt er fram á veruleg áhrif arfgengis, þátttöku í skýrsluhaldinu og stofnstærðar á væntanlegan árangur kynbótastarfsins.

Niðurstöðurnar eru ræddar allitarlega bæði út frá erlendum rannsóknum og með tilliti til núverandi framkvæmdar kynbótastarfsins í nautgripærkt hér á landi.

### Inngangur.

Kynbætur nautgripa hér á landi eru samvinnustarfsemi, sem lýtur stjórn Búnaðarfélag Íslands samkvæmt búfjárræktarlögum. Fjármögnun kynbótastarfsins er að miklu leyti á vegum ríkisvaldsins. Viðleitni þeirra, sem kynbótastarfinu stjórna, er, að það fjármagn, sem til þess er varið, skili sem mestum arði með kynbótaframförum í stofninum.

Það eru ákaflega margir þættir, sem áhrif hafa á hagkvæmni kynbótastarfsins. Hagkvæmstu lausnina verður því að vinna með því að setja upp módel, þar sem tekið er tillit til sem flestra þátta, og leita síðan hagkvæmstu lausna. Erlendis hafa á síðasta áratug verið gerðar margar rannsóknir á þessu

sviði. Yfirlit yfir þær er gefið af CUNNINGHAM (1973).

Hér á eftir verður gerð grein fyrir rannsókn, sem gerð hefur verið, um kynbætur nautgripa við íslenskar aðstæður.

### Aðferðir.

Erfðayfirburði hjá völdum hópi einstaklinga má skrifa:

$$I = i r_{IG}^{\sigma} G$$

þar sem  $i$  er úrvalsstyrkleikinn í stöðluðum einingum,  $r_{IG}$  er samhengið milli erfðaeðlisins, sem bæta skal, og svipfarsins, sem

valið er eftir, og  $\sigma_G$  er meðalfrávik erfðaeðlisins.

Öryggið í mati á erfðaeðli einstaklings, þegar byggt er á upplýsingum um fleiri en eitt afurðarár, er eftirfarandi:

$$r_{IG} = \sqrt{\frac{h^2 n}{1 + (n-1)r}}$$

þar sem  $h^2$  er arfgengi eiginleikans,  $n$  er fjöldi ára og  $r$  er tvímælingargildi eiginleikans.

Við afkvæmarannsókn er öryggið í mati á erfðaeðli einstaklings, sem dæmdur er, reiknað á eftirfarandi hátt:

$$r_{IG} = \sqrt{\frac{0.25 n h^2}{1 + (n-1)0.25h^2}}$$

og er þá reiknað með, að í afkvæmahópnum séu einungis hálf systkini, og er skyldleiki þeirra 0.25 og fjöldi afkvæmanna er  $n$ . Við einstaklingsúrval er

$$r_{IG} = \sqrt{h^2}$$

Erfðirnar berast frá kynslóð til kynslóðar eftir fjórum leiðum:

1. Frá föður til sonar (SS)
2. Frá föður til dóttur (SD)
3. Frá móður til sonar (DS)
4. Frá móður til dóttur (DD)

Væntanlega árlega erfðaframsför ( $\Delta G$ ) má þá reikna, eins og sýnt var af ROBERTSON og RENDEL (1950), á eftirfarandi hátt:

$$\Delta G = \frac{I_{SS} + I_{SD} + I_{DS} + I_{DD}}{L_{SS} + L_{SD} + L_{DS} + L_{DD}} = \frac{\sum I}{\sum L}$$

og táknar  $L$  hér ætliðabilið fyrir hina fjóra leiði.

Við útreikninga er nauðsynlegt að skipta liðnum fyrir kýrfeður frekar niður. Við fáum

$$I_{SD} = k I_{OR} + (1-k) I_R = (1-k) I_R$$

þar sem  $k$  er hlutur óreyndra nauta í næstu kynslóð,  $I_R$  úrvalsýfirburðir reyndra nauta og  $I_{OR}$  úrvalsýfirburðir ungu nautanna, en

þeir eru engir samkvæmt skilgreiningu. Á tilsvarendi hátt fáum við fyrir ætliðabilið

$$L_{SD} = kL_{OR} + (1-k)L_R$$

#### TAFLA I.

Fastar stærðir í útreikningunum.  
Constants used in the model simulations.

Meðalafurðir — Mean yield	4000 kg
Svipfarsbreytileiki — Phenotypic standard deviation	720 —
Úrvalsstyrkleiki kúa, sem aldar eru kýr undan	
Selection differential for cow to breed daughter	0,35
Ætliðabil — Generation interval	
Faðir sonur — Sire son	7 ár
Faðir dóttir, reynd naut — Sire daughter proven bulls	7 year
Faðir dóttir, óreynd naut — Sire daughter young bulls	3 —
Móðir sonur — Dam son	7 —
Móðir dóttir — Dam daughter	6 —
Skyldleikahnignun prósent pr. prósent aukningu í F	1,5
Inbreeding depression in per cent pr. per cent increase in F	



TAFLA 2.

Breytilegar stærðir í útreikningum. — Factors varied in the model simulations.

A	Fjöldi nautsfeðra	1, 2, 4, 6
A	Number of bull sires	
B	Úrvalsstyrkleiki nautsmæðra, prósent	1, 2, 3, 4, 10
B	Selection differential of bulldams, percentage	
C	Notkun á ungnautum, prósent	20, 40, 60, 80
C	Use of young bulls, percentage	
D	Notkun á holdanautum, prósent	0, 10, 20, 30, 40
D	Use of beef bulls, percentage	
E	Fjöldi sæðisskammta úr hverju nauti	2000, 4000, 6000, 8000, 10000
E	Number of semen doses collected	
F	Arfgengi	0,1, 0,2, 0,3
F	Heritability	
G	Stofnstærð, kýr	20000, 40000
G	Population size, cows	
H	Þátttaka í skýrsluhaldinu, prósent	25, 50, 75
H	Percentage of the cows recorded	
I	Stærð afkvæmahópsins	20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150
I	Number of daughter pr. bull	

Úrvalsstyrkleikann  $i$  má finna í töflubókum, þegar úrvalsprósentan  $p$  er þekkt. SMITH (1969) hefur sýnt, að úrvalsstyrkleikann megi einnig reikna með eftirfarandi formúlu, sem notuð var í þessum útreikningum:

$$0.8 + 0.41 \ln(1/p - 1)$$

Formúla þessi vanmetur úrvalsstyrkleikann, þegar úrvalið er mjög veikt.

Í töflu 1 eru gefnar þær föstu stærðir, sem notaðar voru í þessum útreikningum. Við ákvörðun þeirra var m. a. stuðst við þær rannsóknir, sem gerðar hafa verið á afurðatölum úr íslenska kúastofninum (Magnús B. JÓNSSON, 1968).

Tafla 2 sýnir breytilegar stærðir í útreikningunum. Samtenging allra stiga allra þeirra stærða, sem fyrir koma í töflum 1 og 2, gefur 36000 möguleika. Hluti þessara möguleika getur annaðhvort aldrei komið fyrir í reynd eða hefur lítið fræðilegt eða hagnýtt gildi fyrir rannsóknina. Því voru fyrst valdar ákveðnar samsetningar þáttanna í töflum 1 og 2 og byrjunarútreikningar gerðir á þeim. Í lokaútreikninga voru valdar þær þáttasam-

setningar, sem áhugaverðastar reyndust í forreikningunum.

Fjöldi nauta, sem afkvæmarannsókuð eru árlega, og fjöldi reyndra nauta í notkun ræðst af hópstærð í afkvæmarannsókn, notkunarhlutfalli óreyndra nauta, notkun holdanauta, sæðissöfnun úr hverju nauti, stofnstærð, þátttöku í skýrsluhaldinu og ásetningshlutfalli kvígukálfa. LINDHÉ (1968) gerir nánari grein fyrir, á hvern veg þessir þættir eru innbyrðis tengdir.

Í töflu 3 er sýnt það ásetningshlutfall kvígukálfa, sem notað var í útreikningunum. Þar er gert ráð fyrir misjöfnu ásetningshlutfalli undan reyndum og óreyndum nautum. Sé um 40% notkun holdanauta að ræða, þarf að setja á alla kvígukálfa, þannig að slík notkun holdanauta getur einasta haft fræðilegt gildi.

Ráð er fyrir gert, að 80% ásettra kvígukálfa komi í framleiðslu. Gert er ráð fyrir, að tvo sæðisskammta þurfi, til að kálfur fæðist. Þá er reiknað með, að 1,7 sæðingar þurfi á hverja kú (Ólafur E. STEFÁNSSON,

TAFLA 3.

Ásetningshlutfall kvígukálfa undan reyndum og óreyndum nautum við mismunandi notkun holdanauta.

*Replacement rate for heifers of proved and young bulls with varying use of beef bulls.*

Notkun holdanauta % Use of beef bulls %	Notkun ungnauta % Use of young bulls %				20		30	
	0	10	10	10	Ung Young	Reynd Proved	Ung Young	Reynd Proved
20	0,40	0,65	0,44	0,72	0,50	0,81	0,69	0,90
40	0,45	0,70	0,50	0,78	0,56	0,88	0,79	0,90
60	0,50	0,75	0,56	0,83	0,65	0,90	0,83	0,90
80	0,53	0,90	0,61	0,90	0,71	0,90	0,85	0,90

1969), og auk þess bætist við rýrnun á sæði í geymslu og við notkun.

Út frá þessum stærðum má reikna fjölda sæðis­skammta, sem senda þarf út úr hverju nauti til að fá dætrahóp af óskaðri stærð, eins og sýnt er í töflu 4.

#### *Skyldleikaræktarhnignun.*

Hinar raunverulegu erfðaframarir skrifum við nú:

$$\Delta G = \frac{\sum I}{\sum L} - F_a$$

þar sem  $F_a$  er skyldleikaræktarhnignunin, sem við fáum vegna aukinnar skyldleikaræktar í stofninum. Skyldleikaræktaraukning var reiknuð eftir formúlu hjá SKJERVOLD og LANGHOLTZ (1964) á eftirfarandi hátt:

$$F = \frac{1}{8} \frac{1}{4N_F} + \frac{\frac{3}{4N_{KR}} (1-k) + \frac{3}{4N_{OR}} k}{2}$$

Hér er  $N_F$  fjöldi nautsfeðra í kynslóð,  $N_{KR}$  fjöldi reyndra nauta og  $N_{OR}$  fjöldi óreyndra nauta,  $k$  er áður skýrt. Þessi formúla gefur skyldleikaaukningu á kynslóð.

Gert var ráð fyrir skyldleikaræktarhnignun, sem næmi 1,5% fyrir aukningu á skyld-

leikarækt um 1%. Þetta er allmiklu meiri skyldleikaræktarhnignun en yfirleitt er fundin hjá nautgripum (JOHANSSON og RENDAL, 1963). Kynbótanefnd óskaði þess, að mikið tillit væri tekið til þessa atriðis á útreikningunum. Ekki eru til neinar íslenskar rannsóknir til að styðjast við. Við túlkun á niðurstöðum var þess gætt, hvort skyldleikaræktarhnignun hefði einhver önnur áhrif en að lækka kynbótaframarir.

#### *Kostnaður.*

Kostnaðarþættir, sem teknir voru með í útreikningunum, voru annars vegar kostnaður við nautahaldið og hins vegar kostnaður við framleiðslu sæðis og geymslu þess.

Gert var ráð fyrir, að 15% þeirra nautkálfa, sem keyptir væru til notkunar, reyndust ónothæfir vegna gallaðs sæðis eða af öðrum ástæðum. Þetta er í samræmi við það, sem komið hefur í ljós við Nautastöðina á Hvanneyri, síðan hún tók til starfa (Díðrik JÓHANNESSON, 1973). Gert er ráð fyrir, að hægt sé að frysta 700 strá úr hverju nauti á mánuði.

Í töflu 4 er sýndur kostnaður, sem verður á hvert naut við breytilegan fjölda sæðis­skammta, sem safnað er.

Kostnaður við sæðisframleiðslu er eftirfarandi (1/ 1973):



TAFLA 4.

Kostnaður við hvert naut, sem tekið er í notkun.  
Cost for feeding and management minus increased carcass value.

Fjöldi skammta No. of doses	Kostnaður í krónum Cost. kr.
2000	74400
4000	79800
6000	85200
8000	90600
10000	96000

Vinnulaun, 80% af árslaun- um eins starfsmanns . . .	5 kr. pr. strá
Stráið . . . . .	2 — — —
Blöndunarvökvi . . . . .	0,5 — — —
Frysting og annar kostn.	0,3 — — —
Samtals	7,8 — — —

Geymslukostnaður er 1,1 króna á hvert strá. Við notkun sæðis úr reyndum nautum bætist við vaxtakostnaður, sem er 4,47 krónur, þegar reiknað er með 12% vöxtum.

Ekki var tekið tillit til fastakostnaðar, svo sem úrvinnslu úr skýrslum nautgriparæktarfélaganna og kostnaðar við stækkun sæðingarstöðvar, sem sumir valkostirnir hefðu óneitanlega í för með sér. Þá er heldur ekkert tillit tekið til kostnaðar, sem tengdur er notkun holdanauta.

Útreikningar voru gerðir í tölvu við Landbúnaðarháskólann á Ási. Fyrir hvern valkost voru eftirfarandi atriði skrifuð út: árleg erfðaframtöl, skyldleikaræktaraukning, fjöldi nauta, sem tekin væru í notkun árlega, fjöldi reyndra nauta, sem notuð væru, fjöldi stráa, sem þyrfti að senda út úr hverju ungnauti til að fá nægan fjölda dætra í afkvæmarannsókn, kostnaður við nautahaldið, kostnaður við öflun og geymslu sæðis og auk þess prósentuleg skipting erfðayfirburða á hina fjóra liði.

TAFLA 5.

Fjöldi sæðisskammta úr hverju nauti til að framleiða dætrahópa við misjafna þátttöku í skýrsluhaldi. Í töluna þarf að deila með ásetningshlutfalli í töflu 3.

Number of doses to get a fixed daughter group-size with varying per cent of the population recorded. To get the number one must divide the number in the table with replacement rate in table 3.

Hópstærð Daughter group size	Þátttaka í skýrsluhaldi í prósentum Per cent of the population recorded		
	25	50	75
20	400	200	133
30	600	300	200
40	800	400	267
50	1000	500	333
60	1200	600	400
80	1600	800	533
100	2000	1000	667
150	3000	1500	1000

## NÍÐURSTÖÐUR

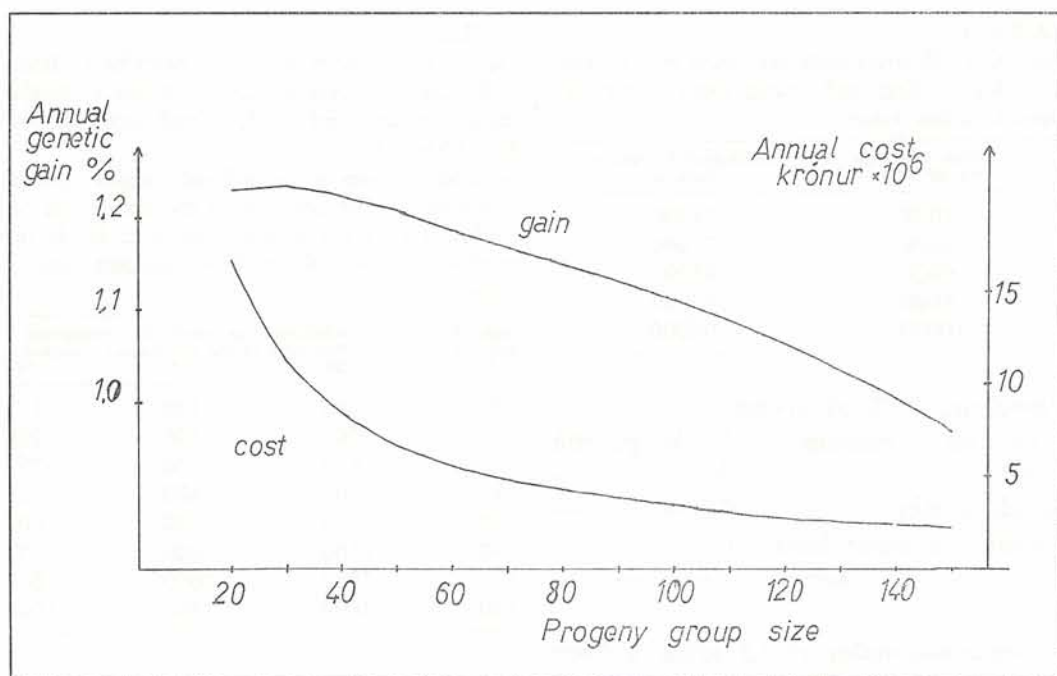
### Stærð afkvæmahópsins.

TAFLA 6.

Árlegar erfðaframtöl í kg mjólk (C=60%, D=0%, E=6000, F=0,2, G=40000, H=50%).

Annual genetic gain kg milk (C=60%, D=0%, E=6000, F=0,2, G=40000, H=50%).

Fjöldi nautsfeðra No. of bullsires	Hópstærð No. daughters			
	Selection of bull dams %			
	4	10	4	10
20	49,3	46,1	47,7	44,5
30	49,4	46,2	47,5	44,3
40	49,0	45,8	46,9	43,7
50	48,5	45,4	46,3	43,1
60	47,5	44,4	45,2	42,0
80	46,2	43,0	43,7	40,5
100	44,5	41,3	41,7	38,6
150	39,1	35,9	36,0	32,8



Mynd 1. Áhrif hópstærðar í afkvæmarannsókn á væntanlega erfðaframtörför og kostnað við nautahald og sæðisöflun.

Figure 1. Effect of varying size of daughter groups in progeny test on expected genetic gain and cost with bulls and semen.

Í mynd 1 og töflu 6 eru sýndar niðurstöður, er varða stærð afkvæmahópsins. Þar sést, að mest árleg erfðaframtörför fæst, þegar afkvæmahóparnir eru 20–30 dætur. Eftir því sem sæðissöfnun úr hverju nauti minnkar, aukast áhrif stærðar dætrahópsins á erfðaframtörförirnar. Þetta er sýnt í töflu 7.

Skýringin er sú, að þegar litlu sæði er safnað, er stór hluti þess notaður til að framleiða dætrahóp í afkvæmarannsókn. Þess vegna verður að nota meginhlutann af geymdu sæði og því lítið úrval hægt að framkvæma, þegar afkvæmadómur fæst og úrvalsstyrkleiki því lítill.

Hve mikið holdanaut eru notuð, virðist ekki hafa nein veruleg áhrif á kjörstærð afkvæmahópsins.

Þegar stofnstærð er 20000 kýr, hefur aukin stærð dætrahóps meiri áhrif en í stærri stofni, eins og sést í töflu 8.

TAFLA 7.

Árleg erfðaframtörför í prósentum við misstóra dætrahópa og mismikið sæði úr hverju nauti (A=2, B=4%, C=60%, D=0%, F=0,2, G=40000, H=50%).

Per cent annual genetic gain with varying number of daughter pr bull and varying number of doses collected pr. bull (A=2, B=4%, C=60%, D=0%, F=0,2, G=40000, H=50%).

Stærð dætrahópsins Number of daughter pr. bull	Fjöldi sæðisskammta Number of doses				
	2000	4000	6000	8000	10000
20	1,18	1,22	1,23	1,25	1,25
30	1,16	1,22	1,23	1,25	1,26
40	1,13	1,20	1,23	1,24	1,25
50	1,08	1,18	1,21	1,22	1,23
60	—	1,16	1,19	1,21	1,22
80	—	1,11	1,16	1,18	1,19
100	—	1,03	1,11	1,15	1,16
150	—	—	0,98	1,05	1,07

TAFLA 8.

Árleg erfðafrámför við mismunandi stærð afkvæmahópsins í 20000 kúa stofni og 40000 kúa stofni (A=2, B=4%, C=60%, D=0%, E=6000, F=0,2, H=50%).

Per cent annual gain with varying number of daughter pr. bull in population of 20000 cows and one of 40000 cows (A=2, B=4%, C=60%, D=0%, E=6000, F=0,2, H=50%).

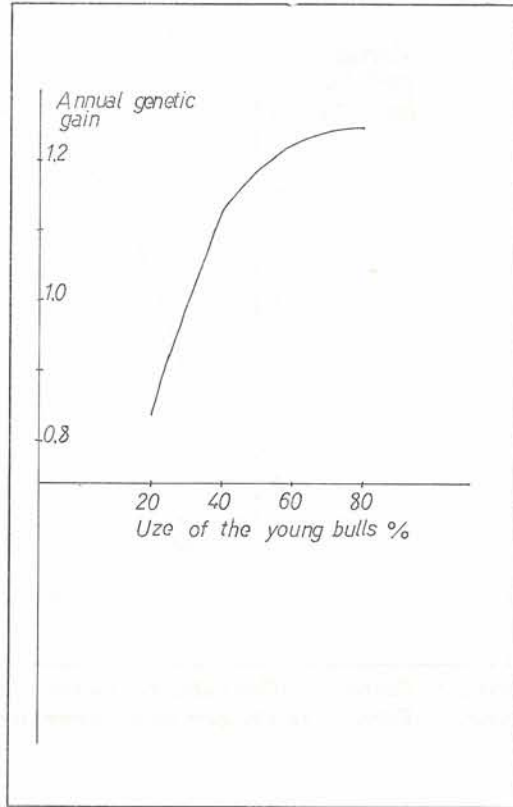
Stofnstærð Population	20000	40000
Hópstærð Number of daughter pr. bull		
20	1,15	1,23
30	1,14	1,23
40	1,13	1,23
50	1,11	1,21
60	1,09	1,19
80	1,07	1,16
100	1,00	1,11
150	0,87	0,98

Þetta bendir einnig til, að úrvalsstyrkleikinn ráði meira um kynbótafrámfarirnar en öryggi úrvalsins. Öryggið er orðið allhátt þegar við 20 dætur, og vex hægt úr því.

Arfgengið virðist engin teljandi áhrif hafa á kjörstærð afkvæmahópsins innan þeirra marka, sem rannsóknin náði til.

Eins og mynd 1 sýnir, verður kostnaðurinn við litla dætrahópa mjög mikill. Því er ljóst, að það kynbótaskipulag, sem gefur mesta erfðafrámför, er ekki hagkvæmast. Jaðarkostnaður við 80 dætra hópa er 11–12 krónur á hvern mjólkurlíttra. Því virðist, að hópstærð á bilinu 80–100 dætur sé heppilegust við núverandi aðstæður.

Sé þessi hópstærð valin, ætti að taka árlega í notkun um 30 naut.

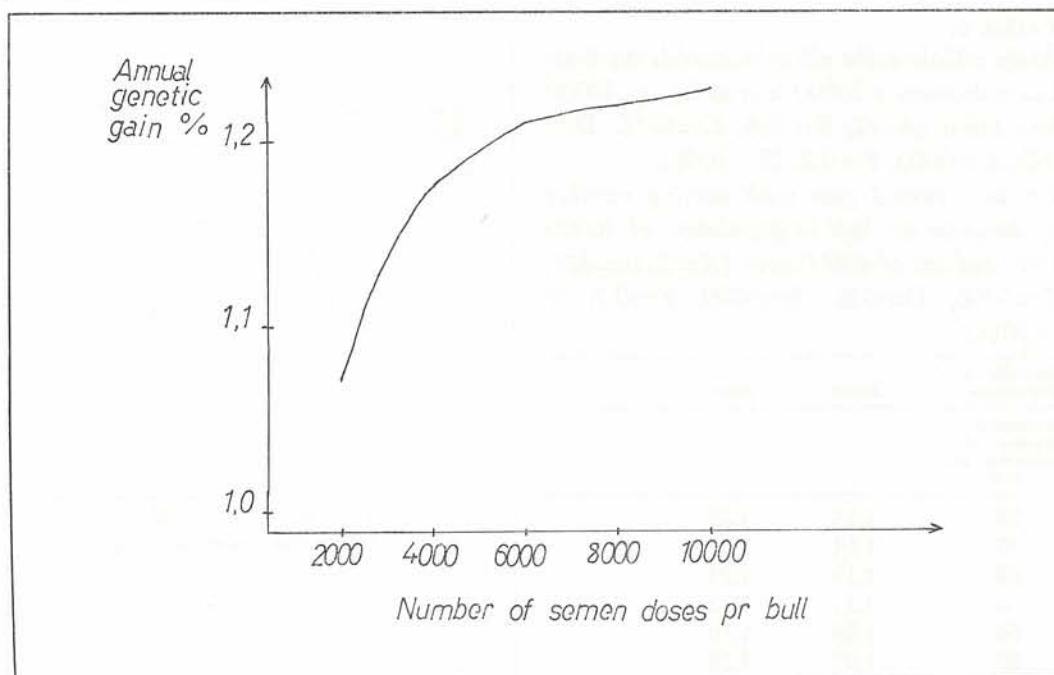


Mynd 2. Áhrif mismikillar notkunar á óreyndum nautum á væntanlegar erfðafrámfarir.

Figure 2. Effect of varying use of young bulls on expected genetic gain.

Í mynd 2 eru sýnd áhrif mismikillar notkunar óreyndra nauta í ræktuninni. Kynbótafrámfarir aukast verulega við notkun óreyndra nauta að 60%, en við meiri notkun virðist breytingin óveruleg. Aukningin á bilinu 20–40% er sérstaklega greinileg. Notkunarhlutfall reyndra og óreyndra nauta er háð arfgengi eiginleikans. Samfara hækkandi arfgengi virðist eiga að auka notkun ungu nautanna.





Mynd 3. Væntanleg erfðafrámför við mismikla sæðissöfnun úr hverju nauti.

Figure 3. Expected genetic gain with varying number of semen doses collected from each bull.

TAFLA 9.

Árleg erfðafrámför við breytilega þátttöku í skýrsluhaldi og mismikla notkun óreyndra nauta ( $A=2$ ,  $B=4\%$ ,  $D=0\%$ ,  $E=6000$ ,  $F=0,2$ ,  $I=40$ ).

Per cent annual genetic gain with varying recording and varying use of young bulls, ( $A=2$ ,  $B=4\%$ ,  $D=0\%$ ,  $E=6000$ ,  $F=0,2$ ,  $I=40$ ).

Notkun ungra nauta Use of young bulls	Þátttaka í skýrsluhaldi Per cent of the population record			
	Hópstærð Population	25	50	75
0,2	—	0,77	0,84	1,02
0,4	0,94	1,03	1,14	1,22
0,6	1,09	1,13	1,23	1,30
0,8	1,13	1,15	1,25	1,31

Með aukinni þátttöku í skýrsluhaldi virðist eiga að lækka notkunarhlutfall óreyndra nauta, eins og sýnt er í töflu 9, þar sem einnig má sjá hliðstæð áhrif stofnstærðar.

Við aukna notkun holdanauta má minnka notkun ungra nauta í hlutfalli við reynd naut. Skýringin á því er m. a. sú breyting, sem gert er ráð fyrir að verði í ásetningshlutfalli hjá afkvæmum þessara tveggja hópa og sýnd er í töflu 3.

Kostnaðurinn eykst með aukinni notkun óreyndra nauta, bæði vegna aukningar á geymslukostnaði sæðis og vegna stofnkostnaðar. Notkun óreyndra nauta á yfir 60% kúastofnsins virðist því ekki ráðleg. Þá eykst kostnaður einnig hlutfallslega meira, þegar safnað er auknu magni sæðis úr hverju nauti og notkun ungnauta eykst, eins og sýnt er í töflu 10.

TAFLA 10.

Erfðafrámför í prósentum og kostnaður við mismunandi notkun nauta og mismikla söfnun sæðis.

*Annual genetic gain and cost with varying use of young bulls and varying number of doses pr. bull. (A=2, B=10%, D=0%, F=0,2, G=40000, H=50%).*

Notkun ungnauta Use of young bulls	40			60			80		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Árleg framför % Annual gain %	% kostn. á sæði % cost on semen	kostn. alls millj. kr. cost total millj. kr.						
Fjöldi skammta Number of doses									
2000	—	—	—	—	—	—	0,99	19	3,87
4000	—	—	—	1,03	32	3,55	1,11	31	4,84
6000	0,92	42	2,67	1,08	40	4,24	1,12	39	5,83
8000	0,97	47	3,10	1,10	45	4,94	1,13	44	6,78
10000	1,00	51	3,52	1,11	49	5,65	1,13	48	7,78

*Magn sæðis úr hverju nauti.*

Í mynd 3 er sýnt, á hvern hátt kynbótaframarir breytast eftir því, hve miklu af sæði er safnað úr hverju nauti. Þessi þáttur virðist aðeins hafa veruleg áhrif, þegar safnað er 2000 skömmtum úr hverju nauti. Það er aðeins úrvalsstyrkleiki kýrfeðra, sem breytist með magni sæðis úr hverju nauti, en úrval þeirra hefur mun minni áhrif á heildarframarirnar en úrvalsstyrkleiki nautsfeðra.

Kostnaðurinn eykst eftir því sem fjöldi sæðisskammta úr hverju nauti eykst, bæði vegna þess að nautin þurfa að standa lengur á stöð og að magn þess sæðis eykst, sem ekki nýtist. Þetta má sjá í töflu 10.

Þessi þáttur virðist lítið háður breytingum í öðrum þáttum. Hagkvæmast virðist því, að safnað sé 4000—6000 skömmtum úr hverju nauti.

*Fjöldi nautsfeðra.*

Í töflu 11 eru sýndar árlegar kynbótaframarir við mismunandi fjölda nautsfeðra í hverjum árgangi. Hér koma skýrt fram hin miklu áhrif af úrvali nautsfeðra á heildar-

framfarir. Ráðlegast virðist að nota tvö bestu naut í árgangi sem nautsfeður.

TAFLA 11.

Árleg erfðafrámför í prósentum við ólíkan fjölda nautsfeðra.

*Annual genetic gain with varying number of bull sires.*

Fjöldi nautsfeðra Number of bull sires	Með 1,5% skyldleika-hnignun With 1,5% inbreed depression	Án skyldleika-hnignunar Without inbreed depression
1	1,18	1,31
2	1,15	1,23
4	1,09	1,14
6	1,04	1,08

*Úrval nautsmæðra.*

Í töflu 12 eru sýndar áhrif af missterku úrvali nautsmæðra. Áhrifin eru mjög skýr. Árleg erfðafrámför minnkar um 0,18 prósentueiningar ef nautsmæður eru valdar þannig, að yfirburðir þeirra svari til 10% bestu kúnna í stofninum í stað besta hundradshlutans.

TAFLA 12.

Árleg erfðafrámför við missterkt úrval nautsmæðra.

*Annual gain with varying intensity of bull-dams selection.*

Prósenta bestu kúnna sem nautsmæðra Per cent of the best cows as bull-dams	Fjöldi nautsfeðra Number of bull-sires	
	2	4
1	1,25	1,19
2	1,21	1,14
4	1,15	1,09
10	1,07	1,01

#### *Notkun holdanauta.*

Þar sem ekki var tekið tillit til aukningar í kostnaði við notkun holdanauta, er ekki hægt að draga miklar ályktanir þar um. Einnig vantar upplýsingar um þá tekjuaukningu, sem fengist með aukinni holdanautanotkun. Þær niðurstöður, sem fengust úr þessum útreikningum, sýna, að veruleg aukning á notkun holdanauta er framkvæmanleg án þess, að það þurfi á nokkurn hátt að draga úr úrvalsmöguleikum fyrir mjólkurafköstum í mjólkurkúastofninum.

#### *Áhrif arfgengis.*

Áhrif mismunandi arfgengis á kynbótafráfarir eru mjög skýr. Sé tekið dæmi með 40000 kýr og helmingur þeirra skýrslufærðar, 4 nautsfeður, nautsmæður meðal bestu 4% kúnna, sæðissöfnun 6000 skammtar, óreynd naut notuð á 60% kúnna og afkvæmahópurinn 80 dætur, verður árleg erfðafrámför við arfgengið 0,1, 0,64% við 0,2, 1,09% og við arfgengið 0,3, 1,46%.

Munurinn verður mun meiri, séu notaðir minni dætrahópar í afkvæmarannsókn. Þannig eru samsvarandi tölur fyrir afkvæmahópa með 40 dætrum 0,61, 1,04, 1,59.

#### *Þátttaka í skýrsluhaldinu.*

Sé tekið sama dæmi og að framan greinir varðandi áhrif mismunandi arfgengis og í stað þess, að arfgengi sé breytilegt, sé þátttaka í skýrsluhaldinu breytileg, þá verður árleg erfðafrámför 0,86%, 1,09% og 1,19% við 25, 50 og 75% þátttöku í skýrsluhaldinu. Gildi aukins skýrsluhalds verður enn meira, sé arfgengi eiginleikans lægra.

Aukist skýrsluhald, eykst kostnaður vegna aukins nautafjölda, en verður þó ekki mjög mikill.

Væri reiknað með sama fjölda afkvæmarannsakaðra nauta, verður kostnaðurinn jafn. Þá verður minni aukning í erfðafrámför með auknu skýrsluhaldi, en þó veruleg.

Með aukinni þátttöku í skýrsluhaldi má einnig draga úr notkun ungra nauta og nýta þannig sæðisbirgðir betur. Áhrif þess á erfðafráfarir voru sýnd í töflu 9.

#### *Stofnstærð.*

Með aukningu á stofnstærð frá 20000 kúm til 40000 kúa virðist erfðafrámför aukast um 10—25%, sjá töflu 9. Niðurstöðurnar eru háðar skyldleikaræktarhnignun. Skyldleikaræktarhnignunin verður alvarlegri í minni erfðahópi.

Kostnaður á hvern grip vex í engu tilfelli við stofnfækkun. Kostnaður ætti þvert á móti að minnka með hagræðingu í rekstri.

Eins og fram hefur komið, eru ýmsir þættir næmari fyrir breytingum í minni stofni. Þetta þýðir, að framkvæmdir í minni stofni verða óruggari jafnframt minni kynbótafrámförum.

#### *Skipting erfðayfirburða á liði.*

Í töflu 13 er sýnd skipting erfðayfirburða á hinar fjórar leiðir, sem þeir berast eftir milli kynslóða. Taflan sýnir glögggt mikilvægi úrvals nautsfeðra og nautsmæðra. SKJERVOLD (1963) fann jafna skiptingu milli nauts-



TAFLA 13.

Skipting úrválsyfirburða á liði.

*The way in which the genetic improvement is transmitted.*

Fjöldi nautsfeðra	Prósenta bestu kúnna sem nautsmæðra	Leið			
		SS	SD	DS	DD
2	4	44	15	35	5
2	10	43	17	34	6
4	4	40	16	38	6
4	10	43	18	33	6

mæðra og kýrfeðra, en hann reiknaði með stærri erfðahópi og minni notkun ungra nauta.

Væntanleg erfðafrámför samkvæmt þessum útreikningum er 1,0—1,3% á ári.

#### UMRÆÐUR OG ÁLYKTANIR

Hér að framan er getið niðurstæðna varðandi nokkra þætti, sem taka verður tillit til við skipulagningu kynbótastarfsins í nautgripa-rækt. Niðurstöður slíkra útreikninga ráðast að sjálfsögðu af þeim stærðum, sem notaðar eru.

Á erfðastuðlum eru rannsóknir mjög takmarkaðar og brýnt að bæta úr því. Einu rannsóknir á þessu efni hérlendis eru rannsóknir Magnúsar B. JÓNSSONAR (1968) og Reynis SIGURSTEINSSONAR (1973). Þær benda til, að arfgengi fyrir mjólkurafköstum sé fremur lágt eða 0,15—0,20.

Kostnaðarmat, sem notað er í þessum útreikningum, byggir einnig á tiltölulega litlu efni og lítið rannsókuðu. Aðeins var gerð bráðabirgðaathugun vegna þessara útreikninga. Þó að kostnaður í krónutölum breytist fljótt, eru það ekki raunverulegar kostnaðartölur, sem máli skipta, heldur hlutfall kostnaðarpátta.

Niðurstöðurnar sýna, að breytingar á ýms-um þessara þátta geta haft áhrif á, hvernig skipuleggja beri kynbótastarfið.

Þannig koma fram greinileg áhrif hækkan- di arfgengis á væntanlega erfðafrámför. Rannsóknir í því skyni að auka öryggi við úrval kynbótagripa ber því að auka.

Sama máli gegnir um kostnaðinn við nautahaldið. Hinn hái stofnkostnaður gerir kjörmörkin nokkuð önnur en ef hann væri hóflegri, samanber töflur 4 og 10 og mynd 1.

Í stofni, sem er af líkri stærð og að framan greinir, virðist úrvalsstyrkleikinn ráða meira um framfarir en öryggi dómsins. Þetta þýðir litla dætrahópa og mörg naut í afkvæma- rannsókn árlega. Þarna hefur kostnaðurinn við nautahaldið því veruleg áhrif. Hag- kvæmnin mundi aukast, ef sæðistaka væri möguleg á skemmri tíma. Hér er reiknað með, að 8400 skammtar náist árlega, sem er verulega lægra en víða erlendis (HINKS, 1971, Innstilling NRF, 1972).

Niðurstöður útreikninganna undirstrika mikilvægi þess, að allur íslenski kúastofninn verði ræktaður sem einn erfðahópur. Áhrif skýrsluhaldsins á möguleika til erfðafrám- fara í stofninum eru einnig mjög ljós. Auk- ning erfðafrámfaranna er 20—30%, ef skýrsluhaldið eykst frá 25% í 50% allra kúa í stofninum. Þessar niðurstöður sýna, að skipulagsbreytinga í uppbyggingu nautgripa- ræktarstarfseminnar er þörf. Eðlilegt virðist að sameina á einhvern hátt starfsemi beggja nautastöðvanna, og sameiginlegt nautaup- peldi virðist líklegt til lækkunar á stofnkost- naði við nautahaldið. Þá virðist fjárfesting til eflingar og aukningar skýrsluhaldsins vera fyllilega réttlætunleg.

Niðurstöður þær, er að erfðafræðinni líta, eru í fullu samræmi við niðurstöður SKJER- VOLD (1963). Ætla má, að skyldleikahnign- unin sé ofmetin í þessum útreikningum. Þann þátt þyrfti að rannsaka í íslenska kúastofn-

inum, þó að áhrif hennar á niðurstöðurnar virðist fremur lítil.

Á grundvelli fyrrnefndra niðurstaðna virðist ráðlegast að haga framkvæmd kynbóta- starfsins á eftirfarandi hátt:

Árlega væru tekin í notkun um 30 ný naut, sem væru synir bestu foreldra, sem myndust í stofninum hverju sinni. Frystir væru 5000—6000 sæðisskammtar úr hverju nauti. Sent væri strax það sæðismagn, sem þarf til að tryggja 80—100 skýrslufærðar dætur undan hverju nauti í nautgripærktar- félögunum. Þegar afkvæmadómur væri fenginn, væri það sæði, sem til væri úr 6—10 bestu nautunum, notað. Tvö bestu nautin væru notuð sem nautsfeður. Hér kæmi einnig til greina að nota allra bestu nautsfeðurna lengur en eitt ár, eins og HUTT et al. (1972) hafa bent á. Óreyndu nautin væru notuð til helminga, eða rúmlega það, á við reynd naut.

Þessi tilhögun er í ýmsum atriðum verulega frábrugðin því, sem nú tíðkast. Gert er ráð fyrir einni kynbótaeiningu og að kynbótastarfið byggi alveg á skýrsluhaldinu, en hlutverki afkvæmarannsóknastöðvanna sé lokið. Nautum, sem tekin eru í notkun árlega, fjölga verulega. Fryst er minna af sæði úr hverju nauti en gert er á kynbótastöðinni á Hvanneyri.

Ragnar EIRIKSSON (1971) kannaði nokkra þeirra þátta, sem hér hefur verið fjallað um. Af niðurstöðum hans má nefna, að hann leggur til, að afkvæmahópsstærð sé 40 dætur, 40 óreynd naut séu tekin í notkun árlega og að þau séu notuð á 35—50% kúnna. Hann tók ekki tillit til kostnaðar, heldur miðaði eingöngu við væntanlega erfðaframför. Niðurstöður hans eru því í ágætu samræmi við niðurstöður okkar.

Hér er gert ráð fyrir að nota óreynd naut tiltölulega mikið, en frysta fremur lítið sæðismagn úr hverju nauti. Er það í samræmi

við endurskoðun á norsku kynbótaáætluninni (Instilling NRF, 1972).

Aðrir útreikningar hafa sýnt, að tiltölulega mikil notkun á reyndum nautum og frýsting á miklu magni sæðis úr hverju nauti sé hagkvæmast (BRASCAMP, 1973 og HARING, 1972). Þær niðurstöður eru þó fengnar úr margfalt stærri erfðahópum en hér er reiknað með.

Takist að lækka kostnað við nautahaldið, ber að fjölga nautum, sem tekin eru í notkun árlega, og minnka dætrahópana í afkvæmarannsókn.

Magnús B. JÓNSSON (1969) hefur bent á, að taka verði tillit til fleiri eiginleika en mjólkurafkasta einna sér í kynbótastarfinu, og nefnir þar m.a. kjötsöfnunareiginleika og mjaltaeiginleika.

Hér hefur verið sýnt fram á, að verulega megi auka einblendingsrækt til kjötframleiðslu, sé slíkt af framleiðsluástandum æskilegt, án þess að það skaði kynbótaframfarir fyrir mjólkurafköstum.

Verði kjötframleiðsla af nautgripum veigamikil framleiðslugrein hérlendis, mun þó ávallt stór hluti af erfðaeðli framleiðslugrip-anna ráðast af erfðaeðli mjólkurkúastofnsins.

Úrval fyrir vaxtarhraða væri eðlilegast að framkvæma sem einstaklingsúrval vegna þess, hve arfgengi fyrir vaxtarhraða er hátt. Slíkt úrval þýddi þá fyrst og fremst minni úrvalsstyrkleika nautsmæðra, sé gert ráð fyrir, að þessir tveir eiginleikar séu ótengdir.

Erlendis hafa nokkrar rannsóknir farið fram á þessum þáttum. HILL (1971) og MC-CLINTOCK og CUNNINGHAM (1972) benda á, að rétt sé að nota einblendingsrækt eins mikið og viðhaldspörf stofnsins leyfir. Haring (1972) komst að raun um, að miðað við verðlag í Þýskalandi væri ekki rétt að velja fyrir vaxtarhraða með einstaklingsúrvali, en nýta slíkar upplýsingar þess í stað í kynbóta-



einkunn nautsins. HINKS (1971) komst að þeirri niðurstöðu, að fjárfesting til aukningar á afköstum í mjólkurkúastofninum væri mun arðbærari en fjárfesting í kynbótum fyrir auknum vaxtarhraða í sama stofni. PETERSEN et al. (1973) fundu, að við danskar aðstæður bæri að framkvæma allsterkt úrval meðal nautkálfa fyrir vaxtarhraða, áður en þeir væru teknir í notkun.

Úrval fyrir bættum mjaltæiginleikum er hugsanlegt að framkvæma á tvennan hátt. Í fyrsta lagi, að allar nautsmæður væru mjaltahæfnisprófaðar og gerðar til þeirra vissar lágmarkskröfur. Þetta minnkaði úrvalsstyrkleika nautsmæðra, sem fljótt minnkar kynbótaframfarir, samanber töflu 12 og 13.

Hin aðferðin er, að afkvæmarannsókn færi fram á eiginleikanum jafnhliða afkvæmarannsókn fyrir mjólkurafköstum. Arfgengi mjaltahæfnisæiginleika í íslenska stofninum er óþekkt, en erlendar rannsóknir benda til, að það sé öllu hærra en á mjólkurafköstum (SYRSTAD, 1967). Annmarki þessarar aðferðar er, að hún yrði líklega mjög kostnaðarsöm í framkvæmd.

Í kynbótum hér á landi hefur til þessa verið lögð nokkur áhersla á hækkun fituprósentu. Hagfræðilegt mat bendir til, að

einhlíða hækkun fituprósentu sé vafasöm (Pétur SIGURÐSSON, 1973). Erlendar rannsóknir hafa sýnt, að vegna sterkrar erfðafylgni fituprósentu og mjólkurmagns, en sú fylgni er neikvæð, gefi úrval fyrir mjólkurmagni einu sér yfir 90% af þeim framförum í mjólkurfitumagni, sem hugsanlegar eru með öðru úrvali (SYRSTAD, 1971, PHILIPSON, 1973).

Úrval fyrir fleiri eiginleikum mundi því í öllum tilvikum þýða minni úrvalsstyrkleika fyrir afkastagetu, þeim eina eiginleika, sem áætlun þessi er miðuð við. Hve mikið hann minnkaði, réðist af innbyrðis erfðasamhengi þeirra eiginleika, sem valið væri fyrir.

Framkvæmd áætlunarinnar mundi væntanlega að litlu leyti raskast frá því, sem hér er gert ráð fyrir, því að afkastagetan mun í náinni framtíð verða einn þýðingarmesti eiginleikinn í ræktuninni og afkvæmarannsóknir umfangsmesta verkefnið í framkvæmd kynbótaáætlunarinnar.

Verði úrval framkvæmt fyrir fleiri eiginleikum, er nauðsynlegt, að það sé gert með kynbótaeinkunn. Því vantar frekari rannsóknir til að kanna arfgengi hinna ýmsu eiginleika hjá íslenska kúastofninum og innbyrðis samhengi eiginleikanna.



## SUMMARY

*A breeding programme for Icelandic dairy cattle*

Magnús B. Jónsson

Jón Viðar Jónmundsson

The Agricultural College, Hvanneyri

The results of a simulation analysis were used in order to investigate the influence of various cattle breeding practices on expected genetic gain in the Icelandic dairy breed population. The investigation deals with selection for one trait only, i.e. milk yield.

The optimum size of a progeny group was found to be 20—30 daughters for a maximum genetic gain. With regard to the cost of the breeding programme a group size of 80—100 daughters seems to be advisable.

It seems advisable to use untested sires somewhat more than tested sires.

Expected genetic gain increases with increasing semen collection from each sire.

With regard to cost it seems advisable to collect 5000—6000 doses of semen from each sire.

It is advisable to use the two best bulls as bull-sires in any given year, and it is indicated that it may be possible to increase considerably the use of sires of a beef breed without adversely affecting genetic improvement in the dairy breed.

The considerable influence of factors such as heritability, participation in record keeping and population size on expected results of the breeding programme, is demonstrated.

The conclusions are discussed in considerable detail, both in relation to results of studies carried out in other countries and with regard to practices applied at present to cattle breeding in this country.

A genetic gain of 1.0—1.5% per year is expected in the whole cattle population if the breeding programme advocated in this paper is put into practice.

## HEIMILDASKRÁ

*Brascamp, E. W.*, 1973. Model calculations concerning economic optimization of AI-breeding with cattle *Zeitsch. Tierz. Züchtungsbiol.*, 90: 1—15.

*Cunningham, E. P.*, 1973. Cost-effectiveness and population structure in cattle breeding programmes. *Ann. Génét. Sél. anim.*, 5: 239—256.

*Eiríksson, Ragnar*, 1971. *Íslandsk kvægavil í nútíð og framtíð. Aðalritgerð til kandidatsprófs frá KVL, Kaupmannahöfn* 1971, 60 s.

*Haring, J. F.*, 1972. Zuchtplanung in der Rinderzucht aus ökonomischer Sicht. *Fjölrit*, 16 s.

*Hill, W. G.*, 1971. Investment appraisal for national breeding programmes. *Anim. Prod.*, 13: 37—50.

*Hinks, C. J. M.*, 1971. The genetic and financial consequences of selection amongst dairy bulls

in artificial insemination. *Anim. Prod.*, 13: 209—218.

*Hunt, M. S., Burnside, E. P., Freeman, M. G. og Thomson, G. M.*, 1972. Impact of selection, testing, and operational procedures on genetic progress in a progeny testing artificial insemination stud. *J. Dairy Sci.*, 55: 829—839.

*Jóhannesson, Diðrik*, 1973. *Persónulegar upplýsingar*.

*Johannesson, I. og Rendal, J.*, 1963. *Ärftlighet och husdjursförädlings. LTs förlag*, 368 s.

*Jónsson, Magnús B.*, 1968. Variasjonsårsaker i melkeavdrätten hos íslandske kyr. *Licentiatritgerð N. L. H.*, 106 s.

*Jónsson, Magnús B.*, 1969. *Nautgripakynbætur. Framkvæmd kynbótastarfsins. Búnaðarritið*, 82: 390—405.

- Lindhé, B.*, 1968. Model simulation of AI breeding within a dual purpose breed of cattle. *Acta Agr. Scand.*, 18: 33—41.
- McIntock, A. E.* og *Cunningham, E. P.*, 1972. Selection in a dual purpose cattle populations: defining the breeding objective. Erindi EAAP-fundi Verona 1972. NRF. Instilling om justering av avlsplanen, 83 s.
- Petersen, P. H., Ovesen, E., Christensen, L. G., og Andersen, B. B.* 1973. Kvægeavlens planlegning for malke- og kombinationsraser. 411. Beretn. Forsøkslab., 86 s.
- Philipsson, J.*, 1973. Avelsmässiga synpunkter på mjölkens sammansättning. Erindi á seksjonsmøte í NJF, Klekken turisthotell, 4.—6. júní 1973: 41—53.
- Robertson, A.* og *Rendel, J. M.*, 1950. The use of progeny testing with artificial insemination in dairy cattle. *J. of Genetics*, 50: 21—31.
- Sigurðsson, Pétur*, 1973. Nautgriparækt með hliðsjón af markaði mjólkurafurða. *Freyr*, 69: 261—265.
- Sigursteinsson, Reynir*, 1973. Hlutur erfðabreytileika í afurðamun milli kúabúa og afurðaeinkunn til úrvals á nautsmæðrum. Aðalritgerð við framhaldsdeildina á Hvanneyri 1973. 28 s.
- Skjervold, H.* 1963. The optimum size of progeny groups and optimum use of young bulls in AI-breeding. *Acta Agr. Scand.*, 23: 131—140.
- Skjervold, H., og Langholz, H. J.*, 1964. Factors affecting the optimum structure of AI-breeding in dairy cattle. *Zeitsch. Tierz. Züchtungsbiol.*, 80: 25—40.
- Smith, C.* 1969. Optimum selection procedures in animal breeding *Anim. Prod.*, 11: 433—442.
- Stefánsson, Ólafur E.*, 1969. Nautgriparæktin 1968. *Búnaðarritið*, 82: 82—93.
- Syrstad, O.* 1967. Feavl III. Forelesninger ved NLH. Landbruksbokhandelen/Universitets forlaget, Vollebakk Oslo, 75 s.
- Syrstad, O.* 1971. Seleksjon for proteininnhold i mjólk. *Meld. fra Norges Landbr. høgsk.*, 50, nr. 27.