

Kynbótamat fyrir endingu mjólkurkúa

Baldur Helgi Benjamínsson

Bændasamtökum Íslands

YFIRLIT

Markmið verkefnisins var að meta erfðabreytileika í endingu íslenskra mjólkurkúa. Tveir endingareiginleikar voru skilgreindir: Virk ending (FPL) og júgurbólgu-tengd ending (MPL). Við rannsóknina voru notuð gögn um 62.518 kýr sem báru 1. kálfi frá 1983–2001 og voru dætur 462 nauta. Þróun förgunarástæðna 1983–2001 var athuguð. Erfðabreytileiki þessara endingareiginleika var metinn með Weibull féðralíkani, þar sem kannaður var tími í dögum frá fyrsta burði til förgunar eða gögnunar. Fylgni kynbótaeinkunna fyrir FPL (birt sem áhætta á förgun) og kynbótaeinkunna fyrir byggingu, frumutölu, mjaltir, gæðaröð og skap var könnuð; sömuleiðis fylgni MPL og þessara eiginleika. Förgun vegna júgurbólgu hefur stóraukist á sl. tveimur áratugum, árið 1983 höfðu 18,2% kúa júgurbólgu sem förgunarástæðu, árið 1998 41,9% og 35,6% árið 2001. Arfgengi (h^2_{eff}) FPL og MPL var metið 0,10 og 0,18. Flestir byggingareiginleikar júgurs höfðu marktæka ($P < 0,001$) fylgni við FPL; júgurfasta (−0,31), júgurband (−0,32), júgurdýpt (−0,38), spenalengd (−0,45) og spenabykkt (0,32). Af skrokkeiginleikum sýndu aðeins boldýpt (0,31) og malabreidd (0,28) marktæka fylgni við FPL. Fylgni einkunna fyrir mjaltir, frumutölu og gæðaröð var marktæk: −0,38, −0,40 og −0,54. Fylgni júgurbyggingar og MPL var marktæk við júgurfestu (−0,32), júgurband (−0,28), júgurdýpt (−0,42), spenalengd (−0,44) og spenabykkt (0,32). Af skrokkeiginleikum sýndu aðeins boldýpt (0,35) og malabreidd (0,34) marktæka fylgni við MPL. Fylgni einkunna fyrir mjaltir, frumutölu og gæðaröð við MPL var marktæk: −0,30, −0,51 og −0,42. Rannsóknin sýnir að erfðabreytileiki í endingu er til staðar í íslenska kúastofninum og að úrval með hliðsjón af henni getur skilað árangri.

INNGANGUR

Mjólkurframleiðsla á Íslandi býr við kvótakerfi. Til þess að framleiðslan megi vera arðbær er mikilvægt að halda kostnaði á framleiddan mjólkurlíter í lágmarki. Skert ending mjólkurkúnna (tími frá fyrsta burði að förgun) eykur kostnað við uppeldi, sem nemur um 15–20% af heildarkostnaði við framleiðsluna (Heinrichs 1993). Ennfremur lækkar hlutfall fullþroska kúa sem eru komnar í hámarks framleiðslu (Rendel og Robertson 1950). Efnahagslegt vægi endingar hefur því verið metið sem ríflega helmingur af efnahagslegu vægi afkastagetu í mjólkurframleiðslunni (Essl 1998).

Á síðastliðnum 20 árum hefur ending mjólkurkúa hér á landi stytst um 40% og tíðni förgunar vegna júgurbólgu aukist um rúm 100% (Jón Viðar Jónmundsson 1994, 2002). Ending kúnna hefur enn sem komið er ekki verið hluti af ræktunarmarkmiðum stofnsins, enda hefur ekkert kynbótamat verið unnið fyrir eiginleikann hér á landi til þessa (Jón Viðar Jónmundsson og Ágúst Sigurðsson 2002).

Förgun má skipta í tvo flokka: (1) stýrð förgun, sem bóndinn hefur veruleg áhrif á, yfirleitt vegna lítillar afkastagetu; (2) bundin förgun, sem bóndinn hefur takmörkuð áhrif á, að mestu vegna sjúkdóma, aðallega júgurbólgu og frjósemisvandamála, sem gera það að verkum að gripurinn verður óhæfur sem framleiðslutæki. Ending sem leiðrétt er fyrir afurðasemi er því það sem eftirsóknarverðast er í ræktuninni, þar sem hún gefur mat á bundinni förgun kúa (Essl 1998). Á ensku er þessi skilgreining jafnan nefnd „functional longevity“, sem í beinni þýðingu merkir virk ending á vorri tungu.

Til þess að ná fram úrvalssvörun verður eiginleikinn sem unnið er með að sýna erfðabreytileika. Mat á erfðabreytileika gegnir mikilvægu hlutverki þegar ræktunarskipulag er byggt upp. Í fyrsta lagi segir þetta mat til um fýsileika þess að taka eiginleikann með í ræktunarmarkmiðum og í öðru lagi er nauðsynlegt að þekkja erfðabreytileikann til að þróa megi gagnlegt og skilvirkt ræktunarskipulag. Fjöldi rannsókna hefur verið unninn á þessu

sviði sl. ár, sem hafa nýtt sk. „Survival analysis“ (lifunargreining) aðferðir til að meta erfða-breytileika á endingu mjólkurkúa. Í þeim rannsóknum þar sem þessi aðferð hefur verið notuð hefur arfgengi (h^2) verið metið á bilinu 0,08–0,20 (t.d. Buenger o.fl. 2001, Ducrocq 1999, de Jong o.fl. 1999, Schneider og Miglior 1999, Vukasionvich o.fl. 2001). Einnig er mögulegt að meta sk. sérhæfða endingu (e. cause-specific longevity), t.d. jógurbólgu-tengd ending þar sem allir gripir sem ekki er fargað vegna jógurbólgu eru gagnaðir (e. censored). Niðurstaða Roxström og Strandberg (2001) var að arfgengi á jógurbólgu-tengdri endingu væri 0,29.

Þar sem hugtökin „Survival analysis“ og „gögnun“ (censoring) eru flestum framandi er ástæða til að fara um þau nokkrum orðum. Gögn sem notuð eru til að kanna endingu mjólkurkúa skera sig frá flestum öðrum gangasöfnum hvað varðar hlutfall ófullkominna færslna. Í þessum gagnasöfnum er ávallt talsverður hluti gripanna enn á lífi þegar gagnasöfnun lýkur, eitthvað er um að bú hætti tímabundið eða alveg í skýrsluhaldi og er þá allur gangur á hvort förgun gripanna er skráð eður ei. Ennfremur er talsverður fjöldi búa sem hættir alveg mjólkurframleiðslu og hverfur þannig úr skýrsluhaldinu. Með því að nota „Survival analysis“ geta þessar ófullkomnu færslur nýst, þar sem hægt er að ákveða neðri mörk líftíma gripsins. Vitað er því að gripurinn lifði a.m.k. svo og svo lengi, þannig að færslur gripa sem t.d. eru enn lifandi þegar gagnasafnið endar veita mikilvægar upplýsingar. Ekki verður farið nánar út í þær tölfræðilegu aðferðir sem liggja hér að baki, en áhugasömum er bent á yfirlitsritið „Survival Analysis Applied to Animal Breeding and Epidemiology“ eftir Frakkann Vincent Ducrocq (Ducrocq 2001), sem telst einn af aðal hugmyndafræðingunum á þessu sviði innan nautgripa-ræktarinnar.

Í dag eru þessar aðferðir notaðar við kynbótamat vegna endingar mjólkurkúa í a.m.k. 6 löndum Interbull (van der Linde og de Jong 2002). Einnig hafa verið þróaðar aðferðir til að nýta einkunnir fyrir útlitsmat til að auka öryggi kynbótaeinkunna fyrir endingu (Vukasinovich o.fl. 2002).

Hér á landi hefur erfðabreytileiki endingar mjólkurkúa verið rannsakaður einu sinni áður (Baldur Helgi Benjamínsson 1999). Í þeirri rannsókn var notast við MTDFREML við mat á erfðastuðlum og BLUP við mat á kynbóttagildum. Var ending skilgreind sem hlutfall dætra á lífi við ákveðinn aldur (36, 48, 60, 72 og 84 mánaða), lengd tímabilsins frá fyrsta burði til förgunar, einnig leiðrétt fyrir afurðum á fyrsta mjaltaskeiði og sem æviafurðir gripsins. Arfgengi þessara eiginleika var 0,09–0,25. Vandkvæðin í þessari rannsókn voru hins vegar þau að ekki var hægt að nýta gögn frá síðustu 4 árum gagnasafnsins, þannig að slíkar aðferðir duga ekki við kerfisbundið mat í ræktunarstarfinu.

Í ljósi þessa var því farið út í að meta erfðastuðla fyrir endingu mjólkurkúa með þeim aðferðum sem nefndar eru hér að framan. Vinna við þetta verkefni fór fram við búfjárræktardeild Rannsóknarstofnunar landbúnaðarins í Danmörku (Danmarks JordbrugsForskning, Afdeling for Husdyravl og Genetik) á tímabilinu 9. október 2001 til 4. október 2002. Verkefni þetta var lokaritgerð mín til meistara-gráðu í búfjárrækt frá Landbúnaðarháskólanum í Kaupmannahöfn (Baldur Helgi Benjamínsson 2002).

Markmið verkefnisins var eftirfarandi:

- Að meta erfðastuðla fyrir virkri endingu.

Í ljósi þessa hve förgun vegna jógurbólgu hefur aukist gríðarlega á undanförunum árum var annað markmið verkefnisins sett:

- Að meta erfðastuðla fyrir jógurbólgu-tengda endingu.

Á umliðnum árum hefur mikill fjöldi rannsókna verið gerður á því hvort nota megi útlitsdóma til að spá fyrir um endingu kúnna (t.d. Keller og Allaire 1987, Foster o.fl. 1989, Brotherstone og Hill 1991a, Brotherstone og Hill 1991b, Boldman o.fl. 1992, Klassen o.fl.

1992, Short og Lawlor 1993, Dekkers o.fl. 1994, Visscher og Goddard 1995, Vukasinovich o.fl. 1995). Í flestum þessara rannsókna hefur fundist lág til meðalhá erfðafylgni milli útlitsþátta og endingar. Að jafnaði er fylgnin jákvæðust milli endingar og júgurfestu, júgurdýptar, spena og stöðu hækla frá hlið. Funk (1993) kemst að sömu niðurstöðu í yfirlitsgrein.

Nú nýlega hafa verið þróaðar aðferðir til að nýta upplýsingar um útlitsdóma til að auka öryggi kynbótaeinkunna fyrir endingu (Vukasinovich o.fl. 2002), þess vegna var þriðja markmið verkefnisins sett:

- Að kanna fylgni kynbótaeinkunna fyrir endingu og júgurbólgu-tengda endingu og eftirtalinna eiginleika: byggingareiginleika í línulega útlitsmatinu, frumutölu, gæðaraðar, mjalta og skaps.

EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

Gagnasafnið

Við þessa rannsókn voru gögn úr nautgripaskýrsluhaldi Bændasamtaka Íslands notuð, um alls 62.518 kýr. Upphaflega gagnasafnið hafði að geyma upplýsingar um 185.429 kýr sem báru fyrsta kálfi á árabílinu 1974–2001. Hver færsla hafði að geyma upplýsingar um fæðingardag, bú, númer, fyrsta–þriðja burðardag, förgunardag og förgunarástæðu, hæstu dagsnyt á fyrsta, öðru og ≥þriðja (síðasta) mjaltaskeiði.

Gripafjöldinn sem útreikningar byggðu á fékkst eftir að eftirfarandi hreinsun gagnanna hafði átt sér stað, fjöldi færslna sem var eytt í sviga:

- Búsnúmer vantaði (1).
- Fæðingarár vantaði (8277).
- Fæðingarmánuð vantaði (24.064).
- Ár fyrsta burðar vantaði (3464).
- Mánuður fyrsta burðar utan við 1–12 (244).
- Aldur við fyrsta burð <15 mánuðir og >40 mánuðir (22.097).
- Ending (tími frá fyrsta burði til förgunar/gögnunar) ≤0 eða ≥5475 dagar (4890).
- Á bú með minna en 10 fargaðar kýr (7195).
- Dætur kynbótanauta með minna en 10 fargaðar kýr, allar dætur heimanauta og holdanauta (31.308).
- Númer grips tvítekið (280).
- Ef kýrin hefur borið fyrsta sinni fyrir árið 1983 (21.349).

Upplýsingar um endingu byggðu á burðardögum, förgunardögum og förgunarástæðum sem skráðar eru í skýrsluhaldinu. Kýrnar koma inn í gagnagrunninn við fyrst burð.

Ætternisfærslur

Þessar 62.518 kýr voru dætur 462 nauta. Í ætternisskrá voru 63.626 gripir eftir að ætterni hafði verið rakið eins langt til baka og unnt var.

Mælingar

Förgunarástæður yfir tímabilið 1983–2001 voru rannsakaðar varðandi hlutfall kúa sem var fargað hvert ár vegna júgurbólgu, frjósemi, lélegra afurða, júgur- og spenagerðar og elli.

Eiginleikar

Ending var skilgreind sem tími í dögum frá fyrsta burði að förgun eða loka gagnasafnsins (31.12.2001). Tveir endingareiginleikar voru skilgreindir:

- *Virk ending* (FPL), þar sem færslur voru gagnaðar ef kýrin var enn á lífi 31.12.2001, eða þegar bú hvarf úr skýrsluhaldi. Ef engir fyrstu burðir voru skráðir á ákveðnu búi í meira en eitt ár voru allar færslur gagnaðar við síðasta burðardag gripisins sem var að finna í gagnasafninu. Ef bú hætti mjólkurframleiðslu og öllum gripum var fargað í sama mánuði voru þær færslur gagnaðar. Kýr sem voru seldar, drápu af slysförum eða höfðu enga skráða förgunarástæðu (15) voru gagnaðar. Eftir að þessum reglum hafði verið beitt voru 33% af færslunum gagnaðar.
- *Júgurbólgu-tengd ending* (MPL), kýr voru einungis skráðar dauðar ef förgunarástæða þeirra var júgurbólga (förgunarlykill 2 í skýrsluhaldi), aðrir gripir voru gagnaðir. Í lifunargreiningu er svona lagað nefnt „samkeppnisáhætta“ (e. competing risks), sem þýðir að ef búið er að lóga grip af einni ástæðu getur gripurinn ekki sýnt getu sína til að forðast förgun af neinni annarri ástæðu. Í þessum hluta rannsóknarinnar voru 72% færslanna gagnaðar.

TÖLFRÆÐILEG ÚRVINNSLA

Erfðabreytileiki hvers þessara þriggja endingareiginleika var metinn með Weibull feðralíkani, þar sem kannaður var tími í dögum frá fyrsta burði til förgunar eða gögnunar. Eftirfarandi líkan var notað:

$$\lambda(t; \mathbf{z}) = \lambda_0(t) \exp\{\mathbf{z}'(t)\boldsymbol{\beta}\} \quad [1]$$

þar sem:

$\lambda(t; \mathbf{z})$ er áhætta kýrinnar á förgun við tíma t ; $\lambda_0(t)$ er fall grunnáhættu, sem fylgir Weibull dreifingu ($\lambda_0(t) = \lambda\rho(\lambda t)^{\rho-1} = \rho t^{\rho-1} e^{\rho \log \lambda}$) með stuðlunum λ og ρ og t er tími í dögum frá fyrsta burði.

$\boldsymbol{\beta}$ inniheldur (mögulega) tímaháðar breytur sem hafa áhrif á áhættu gripanna á förgun, þar sem $\mathbf{z}'(t)$ er tilsvareandi sniðvektor.

Breyturnar sem eru innifaldar í líkaninu eru eftirfarandi:

- ys* Föst, tímaháð hrif árs og mánaðar, eru eins og allar tímaháðar breytur eins milli skipta (e. piecewise constant), skiptast í 228 lotur, skipti eru fyrsta hvers mánaðar.
- hy* Tímaháð slembihrif bús og árs, fylgja log-gamma dreifingu. Forritið heildar þessi hrif út við úrvinnslu. Áhrif bús og árs breytast fyrsta janúar hvert ár.
- kkl* Föst hrif aldurs við fyrsta burð, frá 15–40 mánaða, í allt 24 flokkar, <18, 18, 19, ... ,40 mánaða.
- ykl* Föst, tímaháð hrif afurða, reiknuð sem hlutfall hæstu dagsnytar á gefnu mjaltaskeiði af meðaltali bús og árs, skipt í 9 flokka, <65%, 65–75%, 125–135%, >135%. Skipti eru í upphafi hvers mjaltaskeiðs.
- dimkl* Föst, tímaháð víxlhrif mjaltaskeiðs*stöðu á mjaltaskeiði; staða á fyrsta og öðru mjaltaskeiði skiptir við 0, 81, 161 og 241 dag frá burði; og við 0, 81, 161, 241 og 300 daga frá burði á þriðja mjaltaskeiði.
- fcl* Föst hrif skyldleikastuðuls grips, 11 flokkar þar sem F er <1%, 1–2%, ≥10%. Aðferð sem lýst hefur verið af Ágústi Sigurðssyni og Jóni Viðari Jónmundssyni (1994) var notuð til að reikna skyldleikastuðlana og framkvæmdi Ágúst Sigurðsson, búfjárerfðafræðingur Bændasamtaka Íslands, þá útreikninga.
- sire* Slembihrif föðurs. Feðraáhrifin voru MVN $\sim(0, A\sigma_s^2)$ og fjöldi feðra 462.

Útreikningar voru gerðir í forritinu The Survival Kit v. 3.12 (Ducrocq og Sölkner 1998, 2001). Arfgengi var metið sem sk. „effective heritability“, sem skilgreint var af Yazdi o.fl. (2002):

$$h_{\text{eff}}^2 = (4 \times \sigma_s^2) / (\sigma_s^2 + 1)$$

þar sem σ_s^2 er feðrabreytileiki (e. sire variance). Aðrar skilgreiningar á arfgengi endingar-eiginleika hafa einnig verið settar fram (Korsgaard o.fl. 2002).

Fylgni kynbótaeinkunna

Fylgni milli kynbótaeinkunna fyrir FPL og byggingu, frumutölu, gæðaröð, mjaltir og skap var metin með PROC CORR í SAS®, eins fyrir MPL. Fyrir FPL voru einkunnir 202 nauta sem áttu ≥ 40 fargaðar dætur og ≥ 10 byggingadæmdar dætur notaðar. Fyrir MPL voru einkunnir 138 nauta sem áttu ≥ 20 fargaðar dætur og ≥ 10 byggingadæmdar dætur notaðar. Fylgni telst marktæk ef $P > 0,05$. Það er hagstætt ef fylgni er neikvæð, þar sem kynbótaeinkunnir fyrir endingu eru birtar sem áhætta á förgun (því lægri, því betra) og há gildi fyrir aðra eiginleika gefa í skyn jákvætt mat á eiginleikanum, að spenaþykkt undanskildri. Einkunnir nautanna voru fengin úr kynbótamati frá í febrúar 2002 (Ágúst Sigurðsson munnl. heimild). Gert var ráð fyrir að fylgni þessara eiginleika væri línuleg, en í erlendum rannsóknum hefur komið fram að svo er ekki ætíð (Larroque og Ducrocq 1999).

NIÐURSTÖÐUR

Mælingar

Meðal endingartími var 3,2 og 3,3 ár fyrir FPL og MPL. Lágmarks endingartími var einn dagur fyrir báða eiginleikana og hámarks endingartími var 13,9 og 13,8 ár fyrir FPL og MPL (1. tafla).

Förgun vegna jógurbólgu hefur aukist gríðarlega á undangengnum áratugum. Árið 1983 var um 18% kúa fargað vegna jógurbólgu, en rúm 40% kúa sem fargað var árið 1998 höfðu þennan vágast sem förgunarástæðu. Tilsvarandi lækkun sést á tíðni annarra förgunarástæðna, t.d. er förgun vegna elli orðin fátíð og förgun vegna frjósemi og lélegra afurða hefur minnkað talsvert (1. mynd).

1. tafla. Helstu niðurstöður svipfarsmælinga úr gagnasöfnunum þremur.

Eiginleiki	FPL	MPL
Heildarfjöldi færslna	62 518	62 518
Gagnaðar færsur ¹⁾	20 667	44 875
Lágmarks gögnunartími	1	1
Hámarks gögnunartími	5 468	5 468
Meðal gögnunartími	1 021	1 098
Fullkomnar færsur ²⁾	41 851	17 643
Lágmarks endingartími	1	1
Hámarks endingartími	5 072	5 025
Meðal endingartími	1 183	1 209

1) Lægri mörk endingar þekkt.

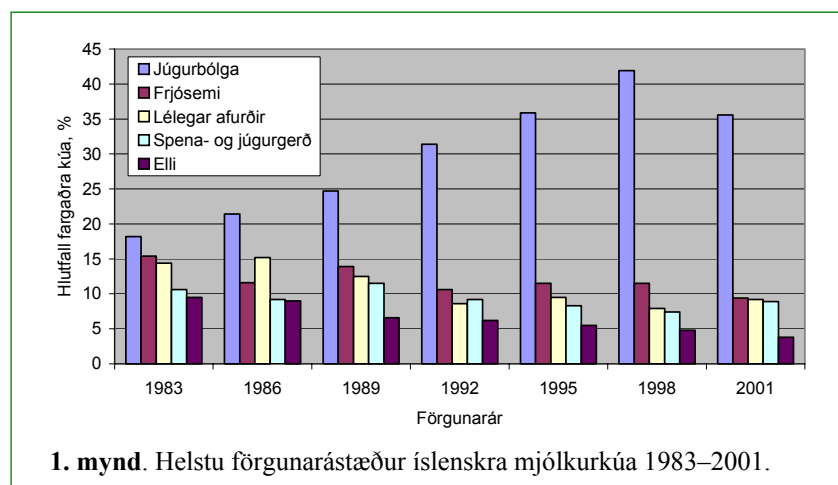
2) Gripum sem sannarlega hefur verið fargað.

Erfðabreytileiki

Feðrabreytileiki, σ_s^2 (s.d.) var metinn sem 0,02622 (0,00296) og 0,04584 (0,00585) fyrir FPL og MPL. Þetta svarar til arfgengis (h^2_{eff}) fyrir FPL upp á 0,10 og 0,18 fyrir MPL.

Fylgni við aðra eiginleika

Allir jógureiginleikar, að spenastöðu undanskilinni, höfðu neikvæða fylgni við áhættu á förgun. Aukinni boldýpt og malabreidd fylgir aukin áhætta, aðrir skrokkeiginleikar hafa ekki marktækt samhengi við endingu. Fylgni kynbótaeinkunna fyrir mjaltir, frumutölu og gæðaröð hafði meðalháa neikvæða fylgni við áhættu kúnna á förgun. Samhengi virkrar endingar (FPL) og annarra



eiginleika er nánar útlístað í 2. töflu.

Fylgnitölur fyrir MPL eru svipaðar og fyrir FPL, þó er fylgni mjálta og gæðaraðar veikari, en fylgni frumutölu er talsvert sterkari. Sjá nánar í 3. töflu.

Kynbótaeinkunnir nauta

Einkunnir 138 nauta sem fædd eru eftir 1990 eru á bilinu 0,645–1,540 fyrir FPL. Það þýðir að dætur lökustu nautanna eru í 2,3 sinnum meiri áhættu á að vera fargað heldur en dætur þeirra nauta sem best endast. Það vekur nokkra athygli að nokkur fjöldi nauta sem hlaut ekki frekari notkun að loknum afkvæma-prófunum fær allgóða niðurstöðu. Í 4. töflu má sjá lista yfir þau 20 naut sem fá hagstæðasta matið í rannsókninni.

Umhverfispættir

Ár-mánuður. Áhætta á förgun eykst jafnt og þétt yfir tímabilið, það er í góðu samræmi við styttingu endingartíma kúnna. Áhættan sveiflast einnig mikið innan ársins, framan af er hún mest að haustinu, en á síðari hluta tímabilsins verður sveiflan óreglulegri, þá má sjá toppa þegar stjórnvaldsaðgerðir sem hafa áhrif á framleiðslumhverfi koma til framkvæmda (2. mynd).

Aldur við fyrsta burð. Hækkandi aldur við fyrsta burð virðist valda aukinni áhættu á förgun, upp að 24 mánaða aldri. Engin aukning verður á aldursbilinu 24–34 mánuðir, úr því eykst

2. tafla. Fylgni kynbótaeinkunna fyrir FPL og annarra eiginleika.

Eiginleiki	Fylgni við FPL	P	Samhengi við áhættu á förgun
Boldýpt	0,31	<0,001	Dýpri bolur, aukin áhætta
Útlögur	0,17	0,31	
Yfirlína	-0,09	0,18	
Malabreidd	0,28	<0,001	Breiðari malir, aukin áhætta
Bratti mala	0,01	0,81	
Halli mala	0,06	0,36	
Staða hækla frá hlið	0,11	0,10	
Staða hækla að aftan	-0,06	0,38	
Halli klaufa	-0,06	0,38	
Júgurfasta	-0,31	<0,001	Betri júgurfasta, minni áhætta
Júgurband	-0,32	<0,001	Sterkara júgurband, minni áhætta
Júgurdýpt	-0,38	<0,001	Dýpra júgur, aukin áhætta
Spenalengd	-0,45	<0,001	Lengri spenar, aukin áætta
Spenaþykkt	0,32	<0,001	Þykkari spenar, aukin áhætta
Spenastaða	-0,09	0,20	
Mjaltir	-0,38	<0,001	Betri mjaltir, minni áhætta
Skap	0,01	0,83	
Frumutala	-0,40	<0,001	Meiri júgurhreysti, minni áhætta
Gæðaröð	-0,54	<0,001	Betri gæðaröðun, minni áhætta

3. tafla. Fylgni kynbótaeinkunna fyrir MPL og annarra eiginleika.

Eiginleiki	Fylgni við MPL	P	Tengsl við áhættu á förgun
Boldýpt	0,35	<0,001	Aukin boldýpt, aukin áhætta
Útlögur	0,16	0,06	
Yfirlína	0,03	0,72	
Malabreidd	0,34	<0,001	Breiðari malir, aukin áhætta
Bratti mala	0,05	0,55	
Halli mala	0,07	0,43	
Staða hækla frá hlið	0,09	0,31	
Staða hækla að aftan	-0,02	0,80	
Halli klaufa	-0,02	0,80	
Júgurfasta	-0,32	<0,001	Sterkari festa, minni áhætta
Júgurband	-0,28	<0,001	Sterkara júgurband, minni áhætta
Júgurdýpt	-0,42	<0,001	Dýpra júgur, aukin áhætta
Spenalengd	-0,44	<0,001	Lengri spenar, aukin áhætta
Spenaþykkt	0,32	<0,001	Þykkari spenar, aukin áhætta
Spenastaða	-0,09	0,31	
Mjaltir	-0,30	<0,001	Betri mjaltir, minni áhætta
Skap	0,13	0,12	
Frumutala	-0,51	<0,001	Meiri júgurhreysti, minni áhætta
Gæðaröð	-0,42	<0,001	Betri gæðaröðun, minni áhætta

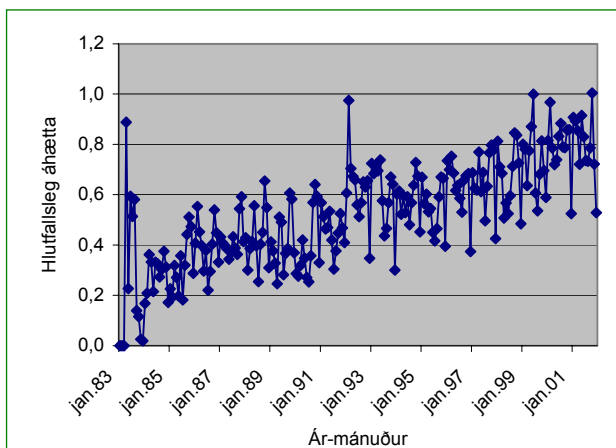
áhættan á ný. Kýr sem eru 39 mánaða við fyrsta burð eru í rúmlega 30% meiri hættu á að vera fargað en kýr sem bera fyrsta kálfi við 24–32 mánaða aldur. Sárálitill munur er á FPL og MPL hvað þessi aldursáhrif varðar. Nánari útlistun er á 3. mynd.

Hæsta dagsnyt. Áhrif afurða eru mjög greinileg á FPL. Kýr sem fara í innan við 65% af meðaltali hæstu dagsnytar á búinu eru í ríflega 120% meiri hættu á að vera stytur aldur en meðalkýrin á búinu. Mjög afurðamiklar kýr virðast hins vegar endast lítið betur en meðal-gripurinn, kýr sem fara í >135% af meðaltali eru í 78% af áhættu meðal-kýrinnar. Varðandi MPL eru áhrifin ekki eins afgerandi, kýr sem mjólka >65% af meðaltali eru í 66% meiri áhættu á förgun en meðalkýrin. Á 4. mynd má sjá nánari útlistun á þessum eiginleika.

4. tafla. Þau 20 naut fædd 1990 og síðar sem eiga dætur með minnsta áhættu á förgun.

Naut	Einkunn fyrir FPL	Fjöldi fargaðra dætra	Röðun
Hafur 90026	0,645	49	1
Almar 90019	0,690	138	2
Punktur 94032	0,698	19	3
Mars 95007	0,711	20	4
Völsungur 94006	0,719	26	5
Drómi 94025	0,726	23	6
Óðinn 94012 ¹⁾	0,731	29	7
Kaðall 94017	0,737	25	8
Tindur 95006 ¹⁾	0,750	10	9
Dalur 90010	0,757	68	10
Gnúpur 90018 ¹⁾	0,763	66	11
Tími 90014 ¹⁾	0,769	60	12
Trefill 96006 ²⁾	0,778	10	13
Búði 91014	0,780	52	14
Ölur 93032 ¹⁾	0,780	26	15
Tjakkur 92022	0,782	40	16
Lukkuláki 90015 ¹⁾	0,783	67	17
Snarfari 93018	0,784	23	18
Foss 93006	0,788	29	19
Múkki 90027 ¹⁾	0,793	34	20

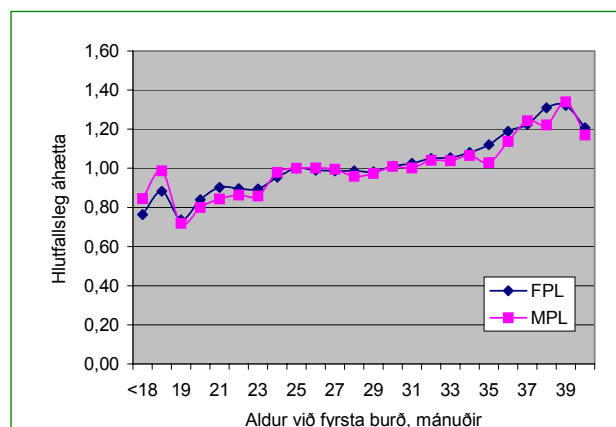
1) Ekki tekinn til frekari notkunar að loknum afkvæmaprófunum. 2) Afkvæmaprófun ekki lokið.



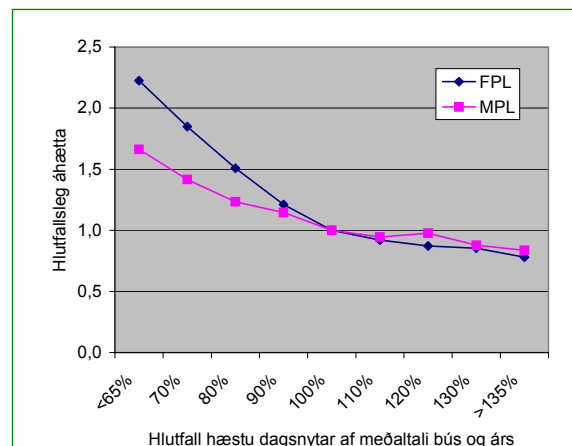
2. mynd. Áhrif árs og mánaðar á förgunaráhættu.

Staða á mjaltaskeiði. Nokkur munur er á FPL og MPL á fyrsta mjaltaskeiði, á síðari mjaltaskeiðum er mynstrið svipað. Áhætta á förgun er býsna mikil í byrjun fyrsta mjaltaskeiðs, en dvínar þegar líður á. Á öðru og þriðja mjaltaskeiði er áhættan lítil í upphafi, eykst mjög hratt á bilinu 81–160 dagar frá burði og dvínar þegar líða tekur á mjaltaskeiðið (5. mynd).

Skyldleikastuðull. Skyldleikastuðull kúnna hafði ekki marktæk áhrif á endingu þeirra.



3. mynd. Áhrif aldurs við fyrsta burð á förgunar-áhættu.



4. mynd. Áhrif afurða á förgunaráhættu.

UMRÆÐUR OG ÁLYKTANIR

Virk ending

Mjög svipaður erfðabreytileiki á virkri endingu hefur fundist í erlendum rannsóknum. Roxström og Strandberg (2001) fundu sama arfgengi á eiginleikanum og í þessari rannsókn, 0,10. Samkvæmt van der Linde og de Jong (2002) er það sama uppi á teningnum í Danmörku og Þýskalandi, þar hefur arfgengi þessa eiginleika verið metið 0,10 og 0,11. Í Frakklandi hefur mælst hæst arfgengi á þessum eiginleika, 0,20 (Ducrocq 1999). Þess ber þó að geta að skilgreining á arfgengi sem þar er notuð er lítillega frábrugðin þeirri sem hér er notuð.

Júgurbólgu-tengd ending

Einungis er vitað um tvær rannsóknir á þessum eiginleika; Roxström og Strandberg (2001) mátu arfgengi á þessum eiginleika vera 0,29, sem er talsvert hærra en í þessari rannsókn, og Dürr (1997) fann arfgengi á júgurbólgu-tengdri endingu upp á 0,14. Mat á arfgengi á þessum eiginleika er talsvert hærra en á júgurbólgunni sjálfri, en samkvæmt Nielsen o.fl. (1996) er það yfirleitt lægra en 0,05. Hér á landi er frumutalan notuð sem mælikvarði á júgurhreysti, arfgengi hennar er 0,08–0,14, á fyrsta–þriðja mjaltaskeiði (Ágúst Sigurðsson munnl. heimild).

Tengsl við aðra eiginleika

Í erlendum rannsóknum hefur júgurbygging sterkasta tengingu við endingu kúnna, sem er í góðu samræmi við niðurstöður verkefnis þessa. Rogers o.fl. (1996) benda á sterk tengsl eru milli góðrar júgurfestu, vel borinna júgra og lágrar tíðni júgurbólgu, sem er helsta dánarorsök íslenskra mjólkurkúa. Einnig er vel þekkt að kýr með langa og þykka spena eru í meiri hættu á spenaslysum, spenastigi o.þ.h. Mjaltir kúnna hafa veruleg áhrif á vinnu við gripina, niðurstöður þessarar rannsóknar benda til að kýr með hraðar og jafnar mjaltir séu í minni hættu á förgun, sem kemur ekki á óvart.

Pasman og Reinhardt (1999) rannsökuðu samhengi endingar og útlitþátta í línulega matinu. Þeir fundu mjög svipað samhengi förgunaráhættu og boldýptar og hér (niðurstöður þessarar rannsóknar innan sviga), 0,28 (0,31), hins vegar er sterkara samhengi hér milli endingar og malabreiddar en þeir fundu, 0,16 (0,28). Fylgnin sem þeir fundu milli júgurfestu og júgurdýptar var eilítið sterkari en hér fannst, $-0,38$ og $-0,41$ ($-0,31$ og $-0,38$), kýr með vel fest og vel borin júgur eru því í minni hættu á að vera fargað en þær sem eru með meiri júgurdýpt og lakari festu. Á hinn bóginn bendir niðurstaða þeirra til veikara samhengis milli förgunaráhættu og júgurbands, $-0,15$ ($-0,32$), og spenalengdar, $-0,12$ ($-0,45$), en hér er á ferðinni.

Pedersen (2000) fann veikari fylgni milli förgunaráhættu og spenaþykktar en hér, 0,14 (0,32). Nielsen o.fl. (1999) fundu ekki marktækt samhengi milli mjalta og endingar. Visscher og Goddard (1995) mátu erfðafylgni hlutfalls dætra á lífi við upphaf 2–4 mjaltaskeiðs (e. stayability) og gæðaraðar í áströlskum Holstein sem $-0,55$, $-0,52$ og $-0,54$, í þessari röð talin. Þeir mátu sömu eiginleika hjá áströlskum Jersey kúm, niðurstaðan þar var mun skýrari en hjá svartskjöldóttu kúnum, eða $-0,92$, $-0,93$ og $-0,91$ fyrir hlutfall lifandi dætra við upphaf 2–4 mjaltaskeiðs. Eðlilegt er að fylgni gæðaraðar og lifunarhlutfalls sé neikvæð, þar sem einkunn fyrir gæðaröð er betri eftir því sem hún er lægri.

Það kemur ekki á óvart að fylgni kynbótaeinkunna fyrir MPL og frumutölu skuli vera nánari, heldur en fylgni frumutölu og FPL, þar sem frumutalan er notuð sem mælikvarði á júgurbólgu. Sama var upp á teningnum hjá Roxström og Strandberg (2001); fylgni frumutölu og MPL var $-0,75$ ($-0,51$), en fylgni frumutölu og FPL mældist $-0,36$ ($-0,40$).

Neerhof o.fl. (2000) könnuðu einnig samhengi milli kynbótaeinkunna nauta fyrir frumutölu og endingu dætra þeirra (FPL). Þegar einkunnir þeirra nauta sem áttu a.m.k. 50

fallnar dætur voru notaðar var fylgnin álíka og í þessari rannsókn, $-0,37$ ($-0,48$), ef eingöngu var stuðst við einkunnir nauta sem áttu 100 eða fleiri dætur var fylgnin nokkuð ákveðnari, $-0,48$.

Umhverfisþættir

Ár-mánuður. Förgunaráhætta innan árs-mánaðar eykst jafnt og þétt yfir tímabilið í heild og hægt er að greina þegar pólitískar ákvarðanir er varða framleiðsluumhverfið eru teknar. Kvótakerfi í mjólkurframleiðslunni er tekið upp um miðjan áttunda áratuginn, áhrif þess sjást þó vart að fullu í þessari rannsókn. Um leið fer frumutala mjólkurinnar að hafa áhrif sem gæðabáttur í framleiðslunni. Þær kröfur eru hertar jafnt og þétt, fyrst 1992, aftur 1994 og enn árið 1998. Þessum auknu kröfum sést staður í rannsókninni, t.d. í febrúar 1992 þegar talsverð förgun gripa átti sér stað, einnig tók nýr samningur um starfsskilyrði mjólkurframleiðslunnar gildi þá um haustið, sem eflaust hefur haft sín áhrif.

Framan af tímabilinu er förgunaráhættan mest að haustinu, þegar kýrnar eru að koma á innistöðu. Þá liggur einnig fyrir hver framleiðslurétturinn fyrir komandi ár er, þannig að framleiðendur sjá það nokkuð í hendi sér hver gripafjöldinn þarf að vera. Eftir 1990 breytist þetta mynstur nokkuð, sveiflurnar innan ársins verða minni, en um leið óreglulegri, mest í takt við breytingar sem verða á framleiðsluumhverfi. Þá koma t.d. inn álagsgreiðslur fyrir mjólk (C-greiðslur), sem án efa hafa haft áhrif á förgunarstefnu bænda. Ennfremur ber að geta þess að í upphafi tímabilsins sem gögnin ná yfir var starfsemi sláturhúsa árstíðabundin á sumum svæðum á landinu.

Aldur við fyrsta burð. Aldursáhrif sem Roxström og Strandberg (2000) og Ducrocq (1999) fundu eru í góðu samræmi við niðurstöður þessarar rannsóknar, að hækkandi aldur við fyrsta burð eykur áhættu á förgun. Ducrocq (1999) bendir þó á að kúm sem eru mjög ungar þegar þær koma í framleiðslu sé síður refsað fyrir litlar afurðir, þannig að þau áhrif sem sjá má neðst á skalanum séu samspilsáhrif aldurs og afurða.

Í þessu samhengi er ástæða til að velta fyrir sér hvort ekki ætti að skoða áhrif aldurs við fyrsta burð innan hvers árs, þar sem miklar breytingar hafa orðið á meðalaldri kvígnanna þegar þær bera fyrsta sinni. Talsverður fjöldi bænda hefur hætt að láta kvígur bera við ákveðinn aldur og látið þær þess í stað bera á ákveðnum tíma, að hausti til.

Afurðir. Í rannsókn de Jong o.fl. (1999) komu fram mjög svipuð áhrif afurða og hér, kýr sem komast ekki í 2/3 af meðalafurðum á búinu eru í u.þ.b. 3 sinnum meiri hættu á förgun en meðalkýrin. Líkt og hér voru afurðamestu kýrnar í tæplega helmingi áhættu á förgun m.v. meðalkýrnar. Í rannsókn Strandberg og Roxström (2001) var áhætta kúnna í lægstu afurðaflokkunum miklu hærri en hér, þar voru kýr sem náðu einungis 2/3 af meðaldagsnyt á búinu í 8–10 sinnum meiri áhættu á förgun en meðalkýrin. Í þeirra rannsókn höfðu afurðir sterkari áhrif á förgunaráhættuna í MPL en í FPL, sem er öfugt við það sem hér fannst.

Í þessu samhengi er rétt að velta fyrir sér hvort minni afurðir vegna júgurbólgu hafi meiri áhrif hér en í öðrum rannsóknum, þar sem júgurbólgan ber höfuð og herðar yfir aðrar förgunarástæður og er líklega meira vandamál hér en annars staðar. Það er vel þekkt að júgurbólga hefur neikvæð áhrif á afurðasemi kúnna og því kann sú að vera skýringin að ekki finnst eins sterkt samhengi afurða og endingar hér eins og annars staðar gerist.

Staða á mjaltaskeiði. Hin mikla áhætta framan af mjaltaskeiði kemur ekki á óvart í ljósi þess hve júgurbólga er stór ástæða þess að hérlendar kýr ganga fyrir ætternisstapann, en samkvæmt Heringstad (1999) koma 65% júgurbólgutílfella upp á fyrstu 80 dögum mjaltaskeiðsins. Dürr (1999) fann svipað mynstur í förgunaráhættu (FPL) innan mjaltaskeiðs, áhætta jókst hratt fyrri hluta mjaltaskeiðsins og minnkaði síðan er leið á. Strandberg og Roxström (2000) fundu allt

annað mynstur í förgun innan mjaltaskeiðs, í þeirra rannsókn var áhættan frekar lítil framan af mjaltaskeiðinu, en jókst skarplega eftir 180 daga frá burði.

Varðandi MPL þá fundu Roxström og Strandberg (2001) að förgunaráhætta var mjög lítil allt fyrsta mjaltaskeiðið, á síðari mjaltaskeiðum var förgunaráhættan mest í kringum burðinn, minnkaði síðan, en jókst á ný þegar 7 mánuðir voru liðnir frá burði, loks minnkaði hún aftur eftir 9 mánuði frá burði.

Skuldleikastuðull. Áhrif skuldleikastuðuls eru ekki marktæk í þessari rannsókn. Fuerst og Sölkner (1994) rannsökuðu áhrif skuldleikaræktar á endingu þriggja kúakynja í Ástralíu, niðurstöður þeirra bentu til að við eins prósentustigs aukningu á skuldleikarækt styttest endingartími kúnna um 4–6 daga. Goddard og Wiggans (1999) vísa til óbirtra niðurstaðna Smith o.fl., sem benda til að sama skuldleikaaukning stytta endinguna um 13 daga.

Þess ber að geta að ekki reyndist unnt að reikna skuldleikastuðul fyrir talsverðan hluta gripanna, því væri áhugavert að skoða hvaða áhrif það hefði að hafa þéttleika ættartöflu (e. pedigree completeness) með sem breytu í útreikningum, það er verkefni frekari rannsókna.

Ályktun

Af framangreindu má draga þá ályktun að erfðabreytileiki fyrir endingu er til staðar í íslenska kúastofninum og mögulegt er að hafa áhrif á hana með úrvali. Nú hefur verið ákveðið að hafa endingu inni í ræktunarmarkmiðum mjólkurkúa hér á landi sem sjálfstæðan eiginleika með 8% vægi. Viðast hvar í nágrannalöndunum, þar sem tekið er tillit til þessa eiginleika, er vægi hans í ræktunarmarkmiðum á bilinu 6–15% og því lægra eftir því sem fleiri eiginleikar, s.s. heilsufarseiginleikar, eru með í ræktunarmarkmiðinu. Minnst er vægið í Danmörku og Svíþjóð, hæst er það hins vegar í Bretlandi, þar sem einungis tveir eiginleikar eru í ræktunarmarkmiðunum, afurðir (85%) og ending (15%) (VanRaden 2002).

Þegar ending er tekin með í ræktunarmarkmiðinu er sá galli á gjöf Njarðar að kynbóta-einkunnir eru tiltölulega óöruggar. Fjöldi afkvæma nautanna, sem eru sannarlega fallin og öryggið byggist á, er fremur lítil þegar nautin eru afkvæmadæmd, yfirleitt minni en 30. Það þýðir að öryggi einkunna nautanna er <70% og úrvalssvörun verður þá í samræmi við það. Það liggur þó í hlutarins eðli að eftir því sem nautin eru slakari hvað þennan eiginleika varðar því öruggari verður dómur þeirra.

Í ljósi þess að nokkuð náíð samband virðist vera milli ýmissa útlitsþátta, mjaltaeiginleika og gæðaraðar og endingar, mætti hugsa sér að nota mat á þessum þáttum til að styrkja endingarmatið, þar sem þær upplýsingar liggja fyrir snemma á ævi kýrinnar, á fyrsta til öðru mjaltaskeiði. Þær aðferðir sem þróaðar hafa verið að Vukasinovich o.fl. (2002), og nefndar hafa verið hér að framan, eru eflaust nýtilegar í þessu samhengi.

Það er því von mín að unnt verði að snúa við þeirri óhagstæðu þróun sem orðið hefur á endingu íslenskra mjólkurkúa á undanförunum árum. Hana ber líka að skoða í ljósi annars vandamáls sem er ekki síður alvarlegt, en það er tíðni dauðfæddra kálfa sem hér er ein hin hæsta í heiminum og fer vaxandi (Baldur Helgi Benjamínsson 2001). Það er ljóst að ef ending kúnna heldur áfram að stytast og kálfadauðinn að aukast kemur að þeim tímapunkti að stofninn getur ekki viðhaldið sjálfum sér og er þá komið í talsverð óefni. Þá ber enn fremur að líta á það að ætliðabil í nautgriparækt er langt og að þær ákvarðanir sem teknar eru í dag koma ekki að fullu til áhrifa fyrr en að nokkrum tíma liðum.

ÞAKKARORÐ

Framleiðnisjóður landbúnaðarins styrkti verkefni þetta með myndarlegu fjárframlagi, fyrir það er þakkað.

HEIMILDIR

- Ágúst Sigurðsson & Jón Viðar Jónmundsson, 1995. Inbreeding and its impact in the closed population of Icelandic dairy cattle. *Acta Agric. Scand., sect. A, Animal Sci.* 45: 11–16.
- Baldur Helgi Benjamínsson, 1999. Áhrif erfða á endingu mjólkurkúa af íslensku kyni. B.Sc. verkefni. Búvísinda-deild Bændaskólans á Hvanneyri, 32 s.
- Baldur Helgi Benjamínsson, 2001. Undersøgelse af kalvedødelighed i den islandske population – omfang og årsager. 9 ein. verkefni í faraldsfræði við Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Institut for Husdyrbrug og husdyrsundhed, 28 s.
- Baldur Helgi Benjamínsson, 2002. Genetic variation for longevity exists in the Icelandic dairy cattle population. M.Sc. verkefni. The Royal Veterinary- and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, 95 s.
- Boldman, K.G., Freeman, A.E., Harris, B.L. & Kuck, A.L., 1992. Prediction of sire transmitting abilities for herd life from transmitting abilities for linear type traits. *J. Dairy Sci.* 75: 552–563.
- Brotherstone, S. & Hill, W.G., 1991a. Dairy herd life in relation to linear type traits and production. 1. Phenotypic and genetic analyses in pedigree type classified herds. *Anim. Prod.* 53: 279–287.
- Brotherstone, S. & Hill, W.G., 1991b. Dairy herd life in relation to linear type traits and production. 2. Genetic analyses for pedigree and non-pedigree cows. *Anim. Prod.* 53: 279–287.
- Buenger, A., Ducrocq, V. & Swalwe, H.H., 2001. Analysis of survival in dairy cows with supplementary data on type scores and housing systems from a region of Northwest Germany. *J. Dairy Sci.* 84: 1531–1541.
- Dekkers, J.C.M., Jairath, L.K. & Lawrence B.H., 1994. Relationships between sire genetic evaluations for conformation and functional herd life of daughters. *J. Dairy Sci.* 77: 844–854.
- Ducrocq, V., 1999. Two years of experience with the French genetic evaluation of dairy bulls on production-adjusted longevity of their daughters. Erindi á GIFT-vinnubúðum, Jouy-en-Josas, Frakklandi, maí 1999.
- Ducrocq, V., 2001. Survival Analysis Applied to Animal Breeding and Epidemiologi. Námskeiðsefni. Station de Génétique Quantitative et Appliquée. Institut National de la Recherche Agronomique. F-78352 Jouy-en-Josas Cedex, France, 91 s.
- Ducrocq, V. & Sölkner, J., 1998. The Survival Kit – V3.0. A package for large analyses of survival data. Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production 27, 447–448.
- Ducrocq, V. & Sölkner, J., 2000. The Survival Kit V3.12. Users manual, 78 s.
- Dürr, J.W., 1997. Genetic and phenotypic studies of culling in Quebec Holstein cows. Ph.D. thesis, Dept. Anim. Sci., McGill University, Canada.
- Essl, A., 1998. Longevity in dairy cattle: a review. *Livest. Prod. Sci.* 57(1998): 79–89.
- Foster, W.W., Freeman, A.E., Berger, P.J. & Kuck, A., 1989. Association of type traits scored linearly with production and herd life of Holsteins. *J. Dairy Sci.* 72: 2651–2664.
- Funk, D.A., 1993. Optimal genetic improvement for the high producing herd. *J. Dairy Sci.* 76: 3278–3286.
- Heinrichs, A.J., 1993. Raising dairy replacements to meet the needs of the 21st century. *J. Dairy Sci.* 64: 3179–3187.
- de Jong, G., Vollema, A.R., van der Beek, S. & Harbers, A., 1999. Breeding for functional longevity in the Netherlands. Erindi á GIFT-vinnubúðum, Jouy-en-Josas, Frakklandi, maí 1999.
- Jón Viðar Jónmundsson, 1994. Förgun íslenskra mjólkurkúa. Í: Nautgripæræktin XI. Bændasamtök Íslands, Reykjavík, 114–131.
- Jón Viðar Jónmundsson, 2002. Skýrslur nautgripæræktarfélaganna árið 2001. Nokkrar helstu niðurstöður. *Freyr* 89: 8–13.
- Jón Viðar Jónmundsson & Ágúst Sigurðsson, 2002. Kynbótaeinkunnir nauta 2002. *Freyr* 89: 28–31.
- Keller, D.S. & Allaire, F.R., 1987. Relationships of first lactation milk and type traits to cow survival and a sire index for discounted total milk. *J. Dairy Sci.* 70: 2116–2126.
- Klassen, D.J., Monardes, H.G., Jairath, L., Cue, R.I., & Hayes, J.F., 1992. Genetic correlations between lifetime production and linearized type in Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 75: 2272–2282.
- Korsgaard, I.R., Andersen, A.H. & Jensen, J., 2002. Prediction error variance and expected response to selection, when selection is based on the best predictor – for Gaussian and threshold characters, traits following a Poisson mixed model and survival traits. *Genet. Sel. Evol.* 34: 307–333.

- van der Linde, C. & de Jong, G., 2002. Feasibility of MACE for longevity traits. Ársfundur Interbull 2002, Interlaaken, Switzerland, 26.–27. maí 2002. Interbull Bulletin no. 29, 2002.
- Larroque, H. & Ducrocq, V., 1999. Phenotypic relationship between type and longevity in the Holstein breed. Paper presented at GIFT-workshop, Jouy-en-Josas, France, May 1999.
- Neerhof, H.J., Madsen, P., Ducrocq, V.P., Vollema, A.R., Jensen, J. & Korsgaard, I.R., 2000. Relationships between mastitis and functional longevity in Danish black and white dairy cattle. Estimated using survival analysis. *J. Dairy Sci.* 83: 1064–1071.
- Nielsen, U.S., Pedersen, G.Aa. & Pedersen, J., 1996. Indices for resistance against diseases. Proceedings of the Interbull Annual Meeting, Veldhoven, The Netherlands. Interbull Bulletin no. 14, 161–166.
- Nielsen, U.S., Pedersen, G.Aa., Pedersen, J. & Jensen, J., 1999. Genetic variation in disease traits and their relationships with survival in Danish dairy cattle. Paper presented at GIFT-workshop, Jouy-en-Josas, France, May 1999.
- Pasman, E. & Reinhardt, F., 1999. Genetic relationships between type composites and length of productive life of Black-and-White Holstein cattle in Germany. Paper presented at GIFT-workshop, Jouy-en-Josas, France, May 1999.
- Pedersen, O.M., 2000. Fastlæggelse af genetiske parametre for holdbarhed hos Dansk Jersey ved anvendelse af overlevelsesanalyse. M.Sc. thesis. [Á dönsku með ensku yfirliti]. Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Copenhagen.
- Rendel, J.M. & Robertson, A., 1950. Some aspects of longevity in dairy cows. *Empire Journal of Exper. Agric.* 18(69): 49–56.
- Rogers, G., Banos, G. & Nielsen, U.S., 1996. Genetic correlations among somatic cell scores, productive life and type traits from the United States and udder health measures from Denmark and Sweden. Proceedings of the Interbull Annual Meeting, Veldhoven, The Netherlands. Interbull Bulletin no. 14, 34–38.
- Roxström, A. & Strandberg, E., 2001. Genetic analysis of functional, fertility-, mastitis- and production-determined length of productive life in Swedish dairy cattle. (Í prentun).
- Schneider, P. & Miglior, F., 1999. A proposal for genetic evaluation for herd life in Italian Holsteins. Erindi á 50th ársfundu EAAP 1999, Zürich, Sviss.
- Short, T.H. & Lawlor, T.J., 1992. Genetic parameters of conformation traits, milk yield, and herd life in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 75: 1987–1998.
- VanRaden, P.M., 2002. Selection of dairy cattle for lifetime profit. Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 19.–23. ágúst 2002, Montpellier, Frakklandi.
- Visscher, P.M. & Goddard, M.E., 1995. Genetic parameters for milk yield, survival, workability, and type traits. *J. Dairy Sci.* 78: 205–220.
- Vukasinovich, N., Moll, J. & Künzi, N., 1995. Genetic relationships among longevity, milk production and type traits in Swiss Brown cattle. *Livest. Prod. Sci.* 41: 11–18.
- Vukasinovich, N., Moll, J. & Casanova, L., 2001. Implementation of a routine genetic evaluation for longevity based on survival analysis techniques in dairy cattle populations in Switzerland. *J. Dairy Sci.* 84: 2073–2080.
- Vukasinovich, N., Schleppe, Y. & Künzi, N., 2002. Using conformation traits to improve reliability of genetic evaluation for herd life based on survival analysis. *J. Dairy Sci.* 85: 1556–1562.