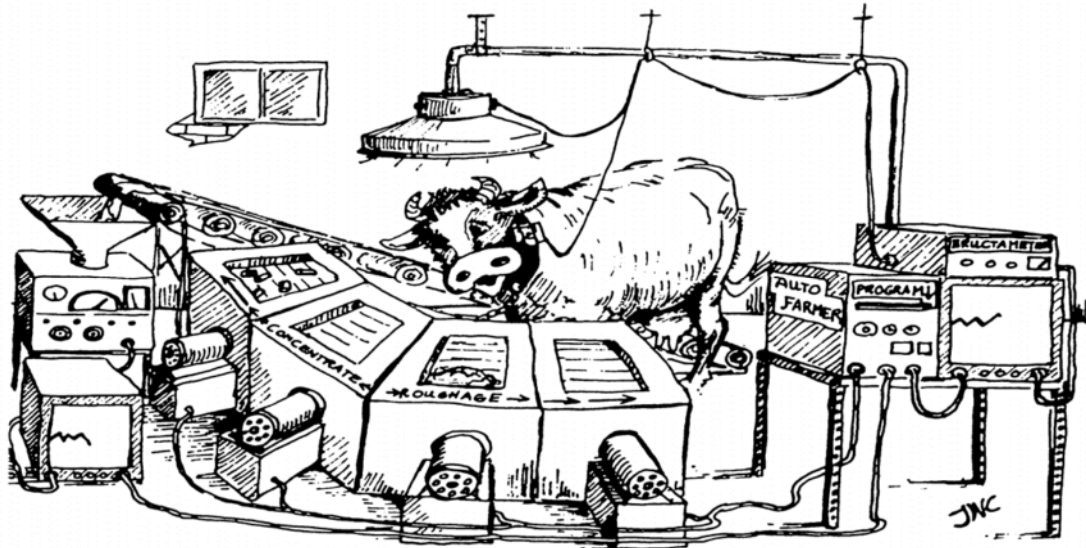


Gagnasafn úr íslenskum fóðrunartilraunum með mjólkurkúr—nýting í leiðbeiningastarfi



Jóhannes Sveinbjörnsson

# Gagnasafn úr íslenskum fóðrunartilraunum með mjólkurkúr—nýting í leiðbeiningastarfi

Jóhannes Sveinbjörnsson

Verkefnið var fjármagnað af;  
Framleiðnisjóði (þróunarsjóði nautgriparæktari),  
og Landbúnaðarháskóla Íslands

Febrúar 2018  
Landbúnaðarháskóli Íslands

## Efnisyfirlit

Inngangur .....	2
Fóðuráætlanagerð í Norfor .....	2
Gagnasafnið, efnagreiningar og útreikningar varðandi fóðrið .....	3
Hversu vel skýrir átgetulíkan Norfor þurrefnisátið? .....	5
Áhrifaþættir á orkujafnvægi kúnna í tilraununum.....	8
Áhrifaþættir á efnahlutföll mjólkur .....	10
Próteinhlutfallið.....	10
Fituhlutfallið.....	10
Umræður.....	11
Heimildir .....	12

## Inngangur

Frá því um 1990 og til dagsins í dag hafa verið gerðar margar rannsóknir á fóðrun íslenskra mjólkurkúa á tilraunabúunum á Stóra-Ármóti, Möðruvöllum og Hvanneyri. Spurningarnar sem leitað var svara við í þessum tilraunum hafa verið fjölbreyttar og tekið mið af kalli tímans hverju sinni. Jafnframt má fullyrða að niðurstöður þessara tilrauna hafa haft mikil áhrif á þróun í mjólkurframleiðslu yfir allt þetta tímabil. Breytingar á afkastagetu kúnna á þessu tímabili öllu eru gríðarlegar. Árið 2016 var meðalnytin 6.129 kg á árskú (rml.is) en árið 1990 var meðalnytin 4.141 lítrar á árskú (Jón Viðar Jónmundsson, 1991).

Umræddar tilraunir hafa fengið umfjöllun bæði í ræðu og riti í gegnum tíðina og niðurstöður þeirra hafa verið nýttar í leiðbeiningastarfi til bænda og kennslu bændaefna. Hver og ein þeirra tekur aðeins fyrir afmarkað viðfangsefni en hér er ætlunin að skoða stærri mynd með því að gera sameiginlega greiningu á niðurstöðum þessara tilrauna, einkum varðandi þætti sem alltaf eru í lykilhlutverki við fóðuráætlanagerð og val á fóðrunarskipulagi, svo sem átgetu og fóðurnýtingu.

Eitt af því sem hefur breyst á umræddu tímabili eru aðferðir við fóðurmat og fóðuráætlanagerð. Í upphafi tímabilsins voru tekin upp ný kerfi fyrir orkumat (Ólafur Guðmundsson og Tryggvi Eiríksson, 1995) og próteinmat (Bragi L. Ólafsson, 1995). Enn meiri breyting varð þó við upptöku Norfor-fóðurmatskerfisins fyrir mjólkurkúr (Volden, 2011a). Þar er tekið á öllum þáttum fóðurmats og fóðuráætlanagerðar í einu kerfi.

Meirihluti tilraunanna sem hér eru til umfjöllunar voru gerðar fyrir tíma Norfor-kerfisins og voru því efnagreiningar fóðurs og uppgjör tilraunanna miðaðar við eldri kerfi. Til að aðlaga Norfor-kerfið betur íslenskri mjólkurframleiðslu er töluverð eftirspurn eftir tilraunagögnum. Því er það þess virði að reyna að átta sig á því hvernig gögn úr eldri tilraunum gætu nýst til að þróa Norfor og gera þannig fóðurleiðbeiningar fyrir íslenskar mjólkurkúr enn markvissari.

## Fóðuráætlanagerð í Norfor

Kjarni fóðuráætlanagerðarinnar í Norfor er að ákvarða það hlutfall gróffóðurs og kjarnfóðurs sem uppfyllir **orkuþarfir** gripisins á hverjum tíma miðað við útreiknað **heildarátt** á þessu fóðri. Hægt er að skilgreina orkuþarfir út frá fóðrunarskipulagi, þannig að fóðrað sé nokkuð undir raunverulegum þörfum í upphafi mjaltaskeiðs og nokkuð yfir þeim seinna á mjaltaskeiðinu. En það sem þarf til að geta spáð fyrir um fóðurát í Norfor er tvennt:

- a) **Fylligildi einstakra fóðurtegunda.** Fylligildin (FV) eru mælikvarði á hversu mikið pláss 1 kg þe af fóðurtegundinni tekur í vömbinni. Fyrir gróffóður er fylligildið lægra eftir því sem gróffóðrið er snauðara af tréni (NDF) og eftir því sem meltanleiki hækkar. Algennt er að fylligildi gróffóðurs sé á bilinu 0,40 til 0,55. Kjarnfóður hefur fast fylligildi, 0,22.
- b) **Átgeta (IC)** gripanna. Hún er háð kúakyni, áætlaðri ársnyt, lífpunga, stöðu á mjaltaskeiði og er hærri fyrir fullorðnar kúr en fyrsta kálfs kvígur. Gildin eru gjarnan á bilinu 3 til 8 háð öllum þessum breytum.

Mögulegt **þurrefnisát** kýrinnar er sú tala sem fæst með því að deila meðalfylligildi fóðursins upp í átgetu hennar. Dæmi: ef átgeta kýrinnar er 5,60 og meðalfylligildi er 0,35 þá er þurrefnisáttíð =  $5,60/0,35 = 16$  kg þe/dag

Þegar þekkt eru bæði fylligildi og orkugildi þeirra fóðurtegunda sem í boði eru, vinnur Norfor „bestun“ sem gengur út á að orkuþarfir séu uppfylltar innan þeirra marka sem átgeta kýrinnar

leyfir. Eftir því sem orkuþörfin er meiri þarf meðalfylligildi fódursins að vera lægra til að kýrin geti étið fleiri kg þurrefnis. **Átgeta** og **orkuþarfir** eru *kjarnabreytur* í Norfor, sem sagt þær breytur sem mestu ráða í fóduráætlunargerðinni (bestuninni).

Við það að valdar eru fódurtegundir með lægri fylligildi má að öllu jöfnu reikna með að styrkur NDF í heildarfóðri lækki, styrkur sterkju og einfaldra kolvetna hækki, tyggítími verði styttri. Allt þetta raskar vambarjafnvæginu á þann veg að auknar líkur eru á súrri vömb og truflaðri vambarstarfsemi. Þess vegna eru sett ákveðin mörk á það innan hvaða marka gildi þessara breyta megi vera. Sömuleiðis eru sett efri og neðri mörk á æskilegt hlutfall ýmissa annarra breyta, t.d. hlutfall nýtanlegs próteins á móti orku, fitusýrur í fóðri, ómeltanleg efni í fóðri, o.s.frv.

Framangreind lýsing á fóduráætlanagerð í Norfor er á engan hátt tæmandi, en ætti að vekja athygli á mikilvægi þekkingar á átgetu kúa (K) og fylligilda fódurs, og hvernig þessar breytur í samhengi við aðrar eru ráðandi í því að gera góðar fóduráætlanir.

## Gagnasafnið, efnagreiningar og útreikningar varðandi fóðrið

Í gagnasafnið sem hér er tekið til meðferðar voru valdar þær tilraunir frá því um 1990 og fram til nútímans sem birt hafði verið uppgjör á og uppfylltu ákveðin skilyrði. Mælingar á áti, nyt, og þunga kúnna, aldur kúnna og staða á mjaltaskeiði þurfti allt að liggja fyrir. Varðandi efnagreiningar á fóðri var eingöngu gerð krafa um greiningar samkvæmt FEm – kerfinu fyrir orkumat (Ólafur Guðmundsson og Tryggvi Eiríksson, 1995) og AAT-PBV- próteinmatskerfinu (Bragi L. Ólafsson, 1995). Ítarlegri greiningar skv. kröfum Norfor-kerfisins (Åkerlind et al., 2011) eru til staðar fyrir þær tilraunir í safninu sem gerðar eru eftir upptöku Norfor-fóðurmatskerfisins. Æskilegt hefði auðvitað verið að hafa slíkar greiningar fyrir allar tilraunirnar, einkum varðandi tréniþætti. Ef slík krafa hefði verið gerð hefði gagnasafnið minnkað að mun og náð yfir mun styttra tímabil. Hér er farin sú leið að vinna með það sem til er með það fyrir augum að fá heildarmynd í þróuninni yfir þetta langa tímabil. Vel má vera að það leiði í ljós að eftirsóknarvert gæti verið að gera frekari greiningar á tiltækum fódursýnum úr einhverjum eldri tilraunanna.

Eins og áður hefur komið fram byggir aðferð Norfor (Volden, 2011b) við útreikninga á fylligildum gróffóðurs á tveimur mæliþáttum í fóðri, meltanleika og NDF gildi. Þar sem NDF gildi gróffóðurs liggja ekki fyrir nema í nýjustu tilraununum var notuð eldri líking (Kristensen & Ingvarsen, 2003) til útreikninga á fylligildum. Sú líking er einfaldlega svona:

Fylligildi gróffóðurs =  $0,86 - 0,005 \times$  meltanleiki lífræns efnis

Í flestum tilraunanna sem eru í gagnasafninu var mældur meltanleiki þurrefnis. Til að hægt væri að reikna fylligildi gróffóðurs skv. ofangreindri líkingu var meltanleiki lífræns efnis reiknaður út frá meltanleika þurrefnis með viðeigandi aðferðum (Ólafur Guðmundsson og Tryggvi Eiríksson, 1995).

Orkugildi ( $FE_m$ ) í gróffóðri eru reiknuð út frá meltanleika þurrefnis (Ólafur Guðmundsson og Tryggvi Eiríksson, 1995). Próteingildin AAT og PBV eru reiknuð á hefðbundin hátt (Bragi L. Ólafsson, 1995), þó er leysanleiki próteins í gróffóðri reiknaður skv. niðurstöðum síðari rannsókna (Bragi L. Ólafsson ofl., 2000).

## 1. tafla. Tilraunirnar í gagnasafninu.

Tilraun nr.	Heimild (sjá heimildaskrá)	Meginsamanburður	Mjaltaskeið	Áhrif mjaltask. greind	Tímalengd frá burði, dagar	Kjarnf-hlutf., meðalt.
1	GR, 1994	Túnvingull Blandaðar grasteg. Vallarfoxgras	1, 2, 3+	Já	111-174	20%
2	ÞS & GR, 1995	Vallarfoxgras Vallarsveifgras Snarrót	1, 2, 3+	Nei	114-177	10%
3	GR og EG, 1995 a	Þurrhey Þurrhey+ rýgresi Þurrhey+ kál	Bara kvígur (1)	Nei	50-113	27%
4	SB, 1996	Snarrót, 3 sláttutímar	Blandað, kvíg. meirihl.	Nei	140-203	15%
5	GR o.fl., 1997	Kjarnfóðurhlutfall, hærra og lægra	1, 2, 3+	Já	1-196	31%
6	SB, 1998	Þurrhey af 1. slætti Há af 2. slætti Blanda af þessu	1, 2, 3+	Nei	66-130	19%
7	LB & ÞS, 1999	Vallarfoxgras, 3 sláttutímar	1, 2, 3+	Nei	108-171	23%
8	SB, 1999	Samanburður þriggja grænfóðurtegunda	1, 2, 3+	Nei	132-162	22%
9	GR & SB, 1999	Vallarfoxgr. 1. sláttur Vallarfoxgr. 2. Sláttur Hálíngresi, 1. sláttur	1, 2, 3+	Nei	80-142	30%
10	ÞS o.fl., 2002	Heilfóðrun, söxun	Blandað, kvíg. meirihl.	Nei	60-123	42%
11	GR & EG, 1995 b	Kjarnfóðurhlutfall, hærra og lægra	2, 3+	Nei	28-168	25%
12	EG & GR, 1996	Vothey ± rúlluv. kál Kjarnfóður± fituviðbót	1, 2, 3+	Nei	92-148	29%
13	SB, 1997	Íslenskt, þurrt bygg Íslenskt, votv. bygg Innflutt, þurrt bygg	1, 2, 3+	Nei	133-196	37%
14	GR, 1998	Íslenskt, þurrt bygg Íslenskt, votv. bygg Innflutt, þurrt bygg	1, 2, 3+	Nei	83-167	44%
15	JS & GHH, 2008	Samanburður mjaltaskeiða	1, 2, 3+	Já	1-84	48%
16	BÓÓ, 2009	Mismunandi geldstöðufóðrun	1, 2, 3+	Nei	22-84	62%
17	LDG (1), 2016	Mælingar á áti án samanburða	1, 2, 3+	Nei	99-162	55%
18	LDG (2), 2016	Aðskilin fóðrun og heilfóðrun (2 kjarnfóðurstig)	1, 2, 3+	Nei	33-110	48%
19	HB & JS, 2017	Fituinnblöndun í fóður	1, 2, 3+	Nei	59-150	57%

## Hversu vel skýrir átgetulíkan Norfor þurrefnisátið?

Eins og áður var frá sagt lýsir Norfor átgetu (IC) mjólkurkúa út frá áætlaðri ársnyt, lífbunga og stöðu á mjaltaskeiði. Átgetan er háð kúakynjum og er hærri fyrir fullorðnar kýr en fyrsta kálfs kvígur. Líkingin fyrir IC var upprunalega svona (Volden et. al, 2011):

$$IC_{cow} = a * DIM^b * exp^{c*DIM} - DIM^{-d} + e * ECM + (BW - f) * g \quad (\text{Líking 1})$$

Þar sem  $IC_{cow}$  er átgeta kýrinnar mæld í fylligildum (FV/dag),  $a$ - $g$  eru stuðlar líkingarinnar,  $DIM$  er staða (dagar) á mjaltaskeiði;  $ECM$  er framleiðsla orkuleiðréttrar mjólkur (kg/dag)  $BW$  er lífbungi kýrinnar.

Síðar hefur líkingunni verið breytt þannig að hún getur tekið tillit til áhrifa holdabreytinga innan mjaltaskeiðsins á orkunotkun kýrinnar. Gagnasafnið á núverandi formi býður ekki upp á að vinna með þær tölur svo við höldum okkur við upprunalegu líkinguna eins og hún er skrifuð hér að ofan. Eins og lýst er hjá Volden et al. (2011) voru stuðlarnir  $a$ - $g$  í líkinguna fundnir með Solver (Fylstra et al., 1998) í Microsoft® Excel sem notar ólínulegan bestunarkóða (Lasdon et al., 1978) til að finna þá stuðla sem best lýsa gögnunum m.t.t. þess að lágmarka skekkju spágilda (Sveinbjörnsson et al., 2006).

Gagnasafnið sem hér er notað byggir á meðaltölum yfir tiltekin tímabil á mjaltaskeiðinu, og staða á mjaltaskeiði ( $DIM$ ) er meðalstaðan fyrir þá tilraunameðferð sem um ræðir. Því er ekki hægt að vænta þess að líkingin að ofan falli mjög nákvæmlega að gögnunum, þar sem hún byggir mjög á stöðu á mjaltaskeiði ( $DIM$ ). Hins vegar er fróðlegt að skoða hversu vel líkingin spáir fyrir um átið, ekki síst með það fyrir augum að átta sig á hvaða tilraunameðferðir skera sig úr. Í þeim tilgangi voru fyrst prófuð þrenns konar stuðlasett fyrir fullorðnar íslenskar kýr (2. tafla). Stuðlasett 1a eru þeir stuðlar sem birtir eru í Norfor-bókinni (Volden et al. 2011) og voru afrakstur af MS-verkefni Hrafnhildar Baldursdóttur (2010). Stuðlasett 2a eru þeir stuðlar sem notaðir eru í dag (Norfor, 2014). Stuðlasett 3a eru stuðlar sem fundnir voru í MS-verkefni Lilju D. Guðnadóttur (2016).

Freistandi var að nota gagnasafnið til að finna enn nýja og betri stuðla en það hefur takmarkaðan tilgang að hreyfa við stuðlum  $a$ - $d$  sem hafa með að gera stöðu á mjaltaskeiði ( $DIM$ ) vegna þeirra takmarkana gagnasafnsins sem getið var um að ofan. Hins vegar var prófað að láta Excel Solver finna ný gildi fyrir stuðla  $e$ - $g$  sem hafa með að gera nyt og lífbunga. Stuðlasett 1b er afrakstur slíkra breytinga á stuðlasetti 1a, stuðlasett 2b kemur út frá 2a og 3b frá 3a.

Mat á gæðum átgetuspánna með mismunandi stuðlasettum er að finna í 3. töflu. Meðalspágildi eru nokkuð undir meðaltölum mælds áts þegar stuðlasett 1a og 2a eru notuð, en meðalspágildið er nánast hið sama og meðaltal mældra gilda þegar stuðlasett 3a er notað.

Í öllum tilvikum verður meðalspágildi mjög nálægt meðaltali mældra gilda þegar nýir stuðlar  $e$ ,  $f$  og  $g$  hafa verið fundnir (stuðlasett 1 b, 2b og 3b). Sömuleiðis lækkar sú aðgerð spáskekkjana. Spáskekkjan er í raun meðalfrávik fyrir allar mælingar í gagnasafninu milli mældra gilda og spágilda, og er í sömu einingunni, kg þe/dag. Þar sem átgeta er lykilstærð í fóðuráætlunum er afar mikilvægt að spáskekkjan sé sem minnst. Hér er hún tæplega 1,5 kg þurrefnis með  $b$ -útgáfunum af stuðlunum sem er fullmikið en ber ekki að leggja of djúpa merkingu í vegna áðurgreindra takmarkana gagnasafnsins. Tilgangurinn hér er fyrst og fremst sá að sjá hvernig mæld átgeta í einstökum tilraunum og tilraunameðferðum í gagnasafninu falla að átgetuspám þó grófar séu. Slíkur samiburður hjálpar til við að leggja mat á gæði gagnanna og þá hvaða tilraunir væri ákjósanlegast að vinna með áfram til að styrkja Norfor-grunninn.

## 2. tafla. Stuðlar í átgetulíkingu, sjá skýringar í texta.

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
<i>Stuðlasett 1a</i>	4,77	0,071	-0,0013	0,14	0,035	523	0,0013
<i>Stuðlasett 2a</i>	2,77	0,134	-0,0011	0,003	0,091	450	0,006
<i>Stuðlasett 3a</i>	3,79	0,134	-0,0015	0,003	0,044	470	0,006
<i>Stuðlasett 1b</i>	4,77	0,071	-0,0013	0,14	<b>0,053</b>	<b>511</b>	<b>0,008</b>
<i>Stuðlasett 2b</i>	2,77	0,134	-0,0011	0,003	<b>0,077</b>	<b>353</b>	<b>0,0069</b>
<i>Stuðlasett 3b</i>	3,79	0,134	-0,0015	0,003	<b>0,064</b>	<b>513</b>	<b>0,0076</b>

## 3. tafla. Samanburður á gæðum átgetuspáa með mismunandi stuðlasettum.

	Stuðla- sett 1a	Stuðla- sett 2a	Stuðla- sett 3a	Stuðla- sett 1b	Stuðla- sett 2b	Stuðla- sett 3b
<u>Heildarátt í kg þe/dag:</u>						
Mæld gildi, meðalt.	14,36	14,36	14,36	14,36	14,36	14,36
Spágildi, meðalt.	14,55	13,51	14,35	14,34	14,34	14,34
Spáskekkja <sup>1)</sup> , meðalt.	1,54	1,69	1,47	1,44	1,47	1,45
<u>Skipting spáskekkju:</u>						
Bjagi meðaltala <sup>2)</sup>	6,3%	22,9%	0,3%	0,5%	0,5%	0,5%
Bjagi línu <sup>3)</sup>	17,7%	19,9%	21,1%	25,1%	24,2%	24,6%
Slembibreytileiki <sup>4)</sup>	76,0%	57,2%	78,6%	74,5%	75,3%	74,8%
Skýringarhlutf. R <sup>2</sup> , %	76,1%	77,9%	77,4%	78,5%	77,4%	78,0%

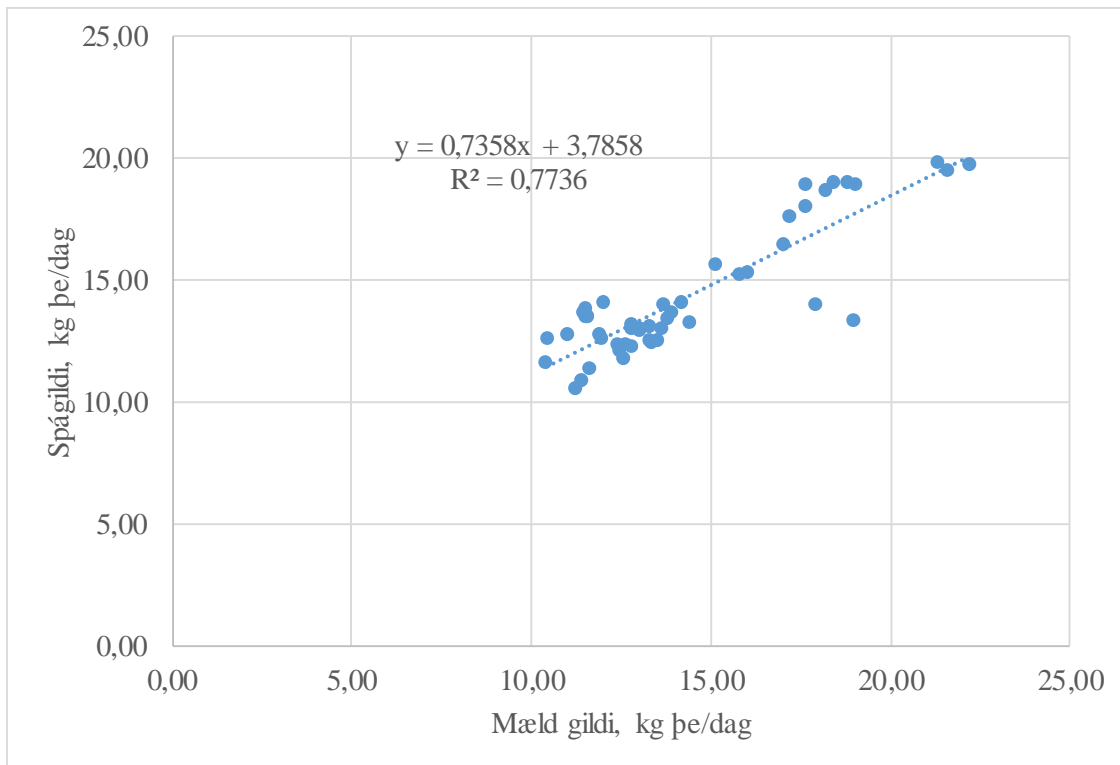
<sup>1)</sup>Spáskekkja= RMSPE (root of mean squared prediction error); <sup>2)</sup>Bjagi meðaltala (*e.* mean bias), % af spáskekkju

<sup>3)</sup>Bjagi línu (*e.* line bias), % af spáskekkju); <sup>4)</sup>Slembibreytileiki (*e.* random variation), % af spáskekkju

Spáskekkjan í heild sinni minnkar við að láta Excel Solver laga til stuðla e-f, einkum fyrir stuðlasett 1 (1a→1b) og stuðlasett 2 (2a→2b), en mjög lítið fyrir stuðlasett 3 (3a→3b). Í síðastnefnda tilvikinu er meðaltal spágilda fyrir óbreytt stuðlasett nánast hið sama og meðaltal mældra gilda, sem þýðir að bjagi meðaltala er lágur. Bjagi línu segir til um hve mikill hluti af spáskekkjunni er til kominn vegna þess að lögun kúrfunnar fellur ekki nægilega vel að gögnunum (Roseler et al., 1997). Þannig er hægt að lesa út úr 3. töflu að lögun kúrfanna batnar ekki við að breyta stuðlum e-g í líkingunum. Í ljósi alls þessa er valið að nota stuðlasett 3a til að vinna með áfram.

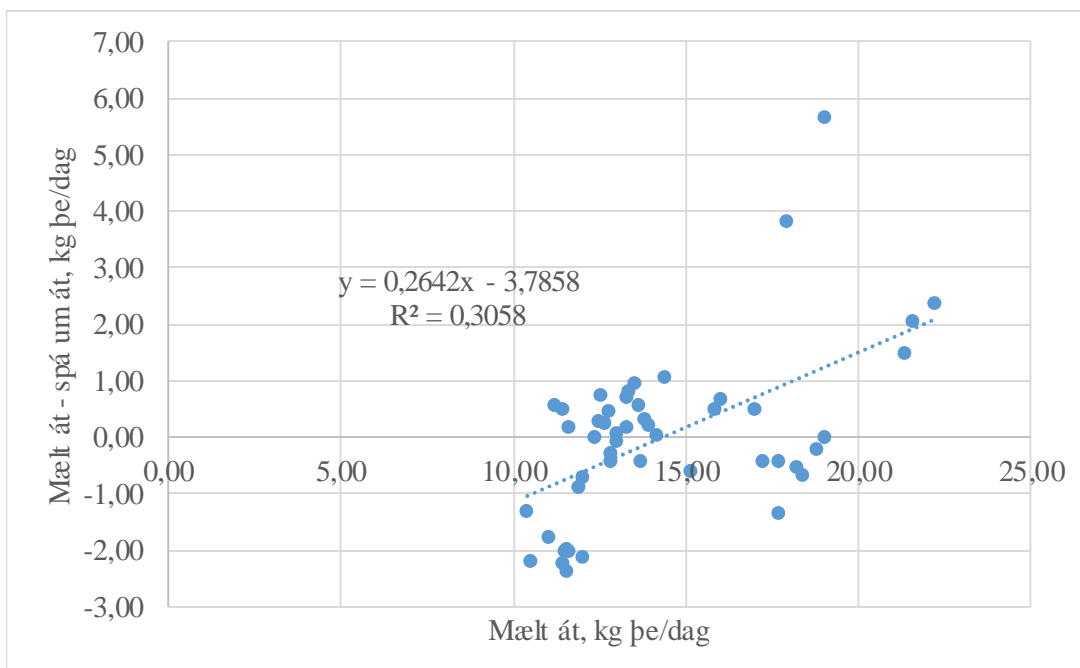
Eins og 1. mynd sýnir eru tvær tilraunamedferðir sem skera sig úr hvað varðar ósamræmi milli mælds áts og spágilda. Önnur er fyrsti sláttutími vallarfoxgras í tilraun Laufeyjar Bjarnadóttur og Þóroddar Sveinssonar (1999), hin er fyrri sláttur vallarfoxgras í tilraun Gunnars Ríkharðssonar og Sigríðar Bjarnadóttur (1999). Í báðum tilvikum mælist átið mun meira í tilrauninni en líkingin spáir fyrir um.





**1. mynd. Samanburður spágilda skv. líkingu 1 og stuðlasetti 3a (sbr. 2. töflu) við mæld gildi fyrir heildarþurrefnisát á dag (meðaltöl tilraunameðferða).**

Á 2. mynd má sjá að almennt ofmetur spálíkingin átið þegar mælt át er lítið en fer svo smám saman yfir í meira vanmat á áti eftir því sem mælt át er meira.



**2. mynd. Breyting á spáskekkju með vaxandi þurrefnisáti (mældu)**

Til að rýna aðeins frekar í mögulegar skýringar á spáskekkjunni voru gerðar aðhvarfsgreiningar til að kanna hvaða breytur gætu skýrt hana. Prófaðar voru eftirfarandi skýribreytur:

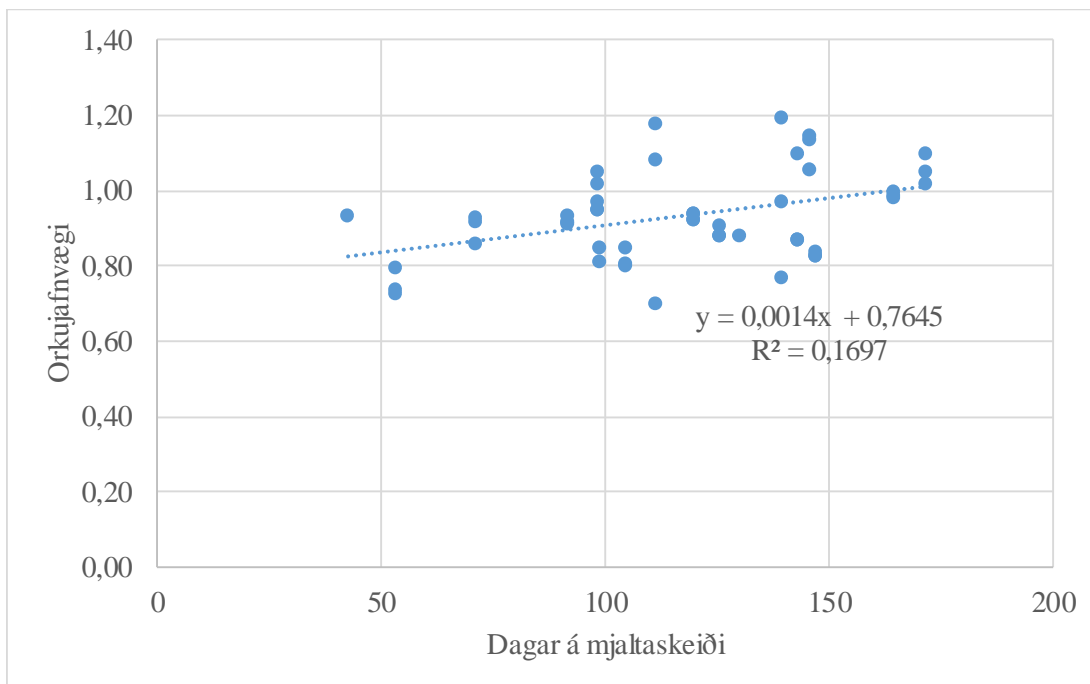
- Kjarnfóðurhlutfall
- AAT/FE<sub>m</sub> (hlutfall orku og próteins í fódri)
- Staða á mjaltaskeiði (meðaltal fyrir viðkomandi tilraunamedferð)

Líkan sem innihélt þessar þrjár breytur saman skýrði 34,4% af spáskekkjunni.

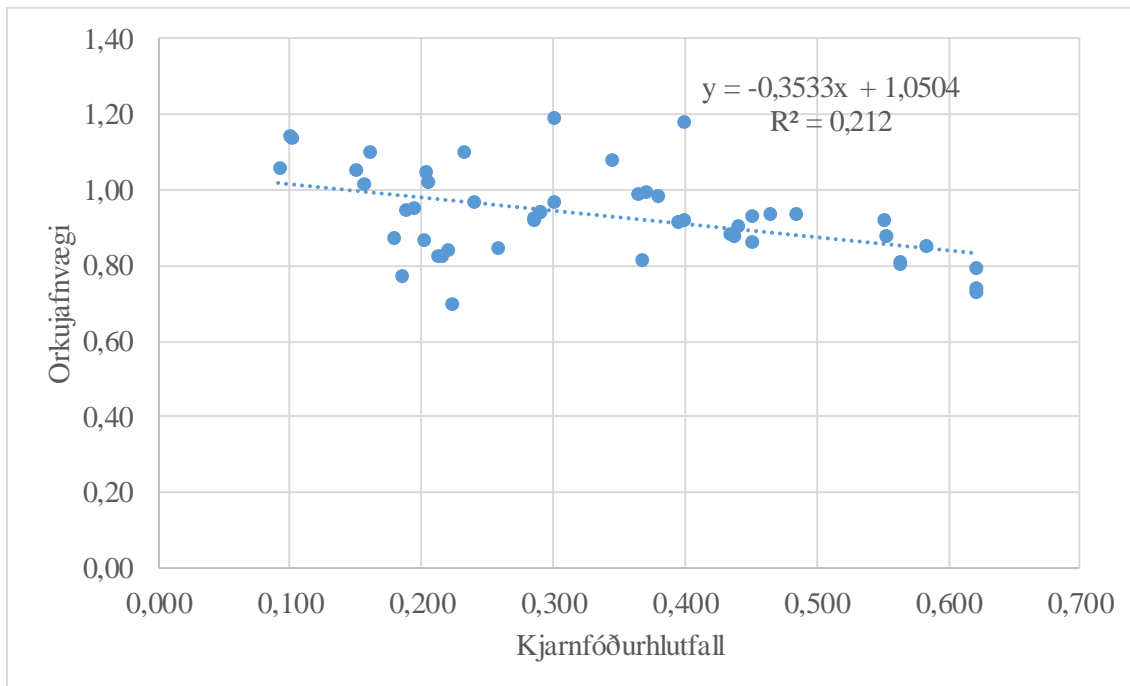
## Áhrifaþættir á orkujafnvægi kúnna í tilraununum

Sömu þrír þættir og samanlagt skýra rúman þriðjung spáskekkjunnar, sbr. hér að ofan, eru mjög tengdir orkujafnvægi kúnna. Samkvæmt aðhvarfsgreiningu má skýra 32,6% af breytileika í orkujafnvægi kúnna í tilraununum með þessum þremur þáttum sameiginlega. Myndirnar hér á eftir (3., 4. og 5. mynd) skýra áhrif hvers þeirra um sig á orkujafnvægið.

Það þarf ekki að koma á óvart (3. mynd) að fyrri hluta mjaltaskeiðs er orkujafnvægið neikvætt en verður smám saman jákvæðara eftir því sem líður á það. Þetta er þekkt skýring á því að át og nyt fylgjast ekki jafnvel að og vænta mætti. Á fyrri hluta mjaltaskeiðs mjólkur kýrin af holdum en á seinni hlutanum safnar hún holdum. Þetta er tekið með í reikninginn í fóduráætlanagerð fyrir mjólkurkýr í Norfor- fódurmatskerfinu.

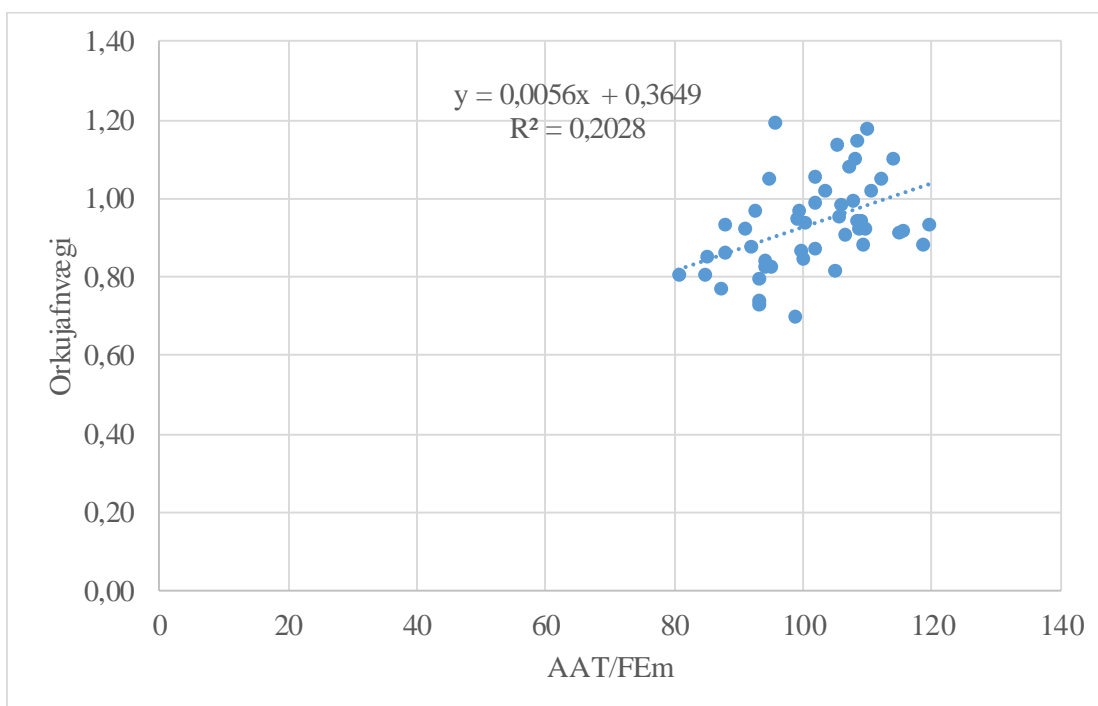


**3. mynd. Áhrif meðalstöðu á mjaltaskeiði á orkujafnvægi kúnna, metið sem hlutfallið FE<sub>m</sub> til viðhalds og mjólkurframleiðslu/FE<sub>m</sub> í fódri.**



**4. mynd. Áhrif kjarnfóðurhlutfalls á orkujafnvægi kúnna, metið sem hlutfallið  $FE_m$  til viðhalds og mjólkurframleiðslu/ $FE_m$  í fóðri.**

Af 4. mynd má ráða að eftir því sem kjarnfóðurhlutfall er hærra ofmetur  $FE_m$ -orkumatskerfið mjólkurframleiðslugetu fódursins æ meira. Þetta má m.a. skýra með því að auðmelt kolvetni (sykrur og sterkja) sem mikið er af í kjarnfóðrinu lækka sýrustig vambarinnar sem dregur úr meltanleika tréni í vömbinni vegna óhagstæðari skilyrða fyrir vambarörverur. Þetta er ekki tekið með í reikninginn í  $FE_m$ -kerfinu en er hins vegar mjög mikilvægur þáttur í Norfor-kerfinu.



**5. mynd. Samhengi AAT/ $FE_m$  hlutfalls og orkujafnvægis kúnna, metið sem hlutfallið  $FE_m$  til viðhalds og mjólkurframleiðslu/ $FE_m$  í fóðri.**

Á 5. mynd má sjá að kýrnar skila meiri mjólk fyrir hverja  $FE_m$  sem fóðrið gefur þeim umfram viðhaldsþarfir, eftir því sem hlutfallið AAT/ $FE_m$  er hærra. Vaxandi próteinstyrkur fóðursins gerir það sem sagt mjólkurgæfara ef svo má segja. Þetta þarf ekki að koma á óvart en betri skilningur fengist líklega á þessum niðurstöðum með því að beita aðferðum Norfor á þessi gögn. Í Norfor er AAT reiknað á töluvert annan hátt en í hinu eldra AAT-PBV-kerfi. Meginmunurinn felst í því að Norfor tekur tillit til flæðihraða. Flæðihraði hækkar bæði með vaxandi áti og með hækkandi kjarnfóðurhlutfalli, sem oft fer líka saman. Vaxandi flæðihraði hefur jákvæð áhrif á AAT, bæði vegna meiri örverupróteínframleiðslu og vegna þess að meira af torleystu fóðurpróteini kemst ómelt í gegnum vömb og er melt í smápörmum.

## Áhrifaþættir á efnahlutföll mjólkur

Gerð var aðhvarfsgreining þar sem prófuð voru áhrif eftirtalinnna þátta á prótein- og fituhlutfall mjólkur:

- Staða á mjaltaskeiði (meðalstaða í viðkomandi tilraunaeðferð)
- Orkujafnvægi, metið sem hlutfallið  $FE_m$  til viðhalds og mjólkurframleiðslu/ $FE_m$  í fóðri.
- Kjarnfóðurhlutfall
- Hlutfall próteins á móti orku í fóðri (g AAT/ $FE_m$ )

### Próteinhlutfallið

Staða á mjaltaskeiði var sá einstaki þáttur af þessum fjórum sem mest áhrif hafði á próteinhlutfall mjólkurinnar, með skýringarhlutfall ( $R^2$ ) = 25,8% og hámarktæk áhrif ( $p < 0,001$ ). Sú breyta sem mestu bætti við þessa skýringu á próteinhlutfalli var orkujafnvægið, væri sú breyta ( $p < 0,01$ ) inni í líkaninu ásamt stöðu á mjaltaskeiði ( $p < 0,01$ ) var  $R^2 = 28,7\%$ .

Þegar prófað var að bæta hinum tveimur breytunum við, hvort heldur var saman eða sitt í hvoru lagi, reyndust áhrif þeirra á próteinhlutfallið ekki marktæk.

### Fituhlutfallið

Staða á mjaltaskeiði ( $p < 0,0001$ ), orkujafnvægi ( $p < 0,01$ ), og hlutfallið AAT/ $FE_m$  ( $p < 0,0001$ ) skýrðu sameiginlega 61,3% af breytileikanum í fituhlutfalli mjólkur. Kjarnfóðurhlutfall sem fjórða breyta í líkanið hafði ekki marktæk áhrif.

## Umræður

Það safn tilraunagagna sem hér hefur verið til umfjöllunar er fjölbreytt, nær yfir langt tímabil og lýsir mikilli þróun í mjólkurframleiðslu á Íslandi. Sú skoðun þessara gagna í heild sinni sem lýst hefur verið í þessu riti sýnir vel að Norfor-kerfið sem nú er að verða í æ almennari notkun hjá íslenskum kúabændum, getur lýst samhengi fóðrunar og afurða miklum mun betur heldur en hægt var að gera með eldri fóðurmatskerfum. Mikill ávinningur væri að því að ná gögnum úr sem flestum af þessum tilraunum á það form sem þarf, til að styrkja grunn Norfor-kerfisins hvað varðar íslenskar mjólkurkúr. Sú vinna hefur þegar farið af stað og gengur þannig fyrir sig að gögn úr íslensku tilraununum eru sett inn í sérstakt form þar sem unnið er með fóður og gripi eftir stöðluðum aðferðum Norfor. Best er ef hægt er að vinna með einstaka gripi en að öðrum kosti meðaltöl tilraunaeðferða, þó ekki yfir heil tímabil heldur skiptir máli að sundurgreina gögnin vel eftir stöðu á mjaltaskeiði. Gögnin úr mjög mörgum þeirra tilrauna sem eru til umfjöllunar í þessu riti eru til á nægilega nákvæmu formi til að nýta megi í þessum tilgangi. Fundað hefur verið með starfsfólki Norfor um hvernig best verði staðið að því að vinna þessa vinnu, og þar er fyrir hendi vilji og geta til að leysa úr álitamálum og reikna ýmsar stærðir sem til þarf svo gagnagrunnurinn verði fullnægjandi.

Sá grunnur sem hér hefur verið lagður ætti því að nýtast til að halda áfram að styrkja leiðbeiningastarf varðandi fóðrun mjólkurkúna í gegnum notkun Norfor-kerfisins.

## Heimildir

- Ákerlind M., Weisbjerg M.R., Eriksson T., Tøgersen R., Uden P., Ólafsson B.L., Harstad O.M. & Volden H., 2011. Feed analyses and digestion methods. In: Norfor- the Nordic feed evaluation system. EAAP publication No.130 (ed. by Volden H.), pp. 41-54. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Baldursdóttir H., 2010. Development of the feed intake capacity of Icelandic cows in the NorFor feed evaluation system. (M.Sc.), UMB, Ás.
- Berglind Ó. Óðinsdóttir, 2009. Effect of dry period diets varying in energy density on health and performance of periparturient dairy cows. M. Sc. ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, 37 bls.
- Bragi Línal Ólafsson, 1995. AAT-PBV próteinkerfið fyrir jórturdýr. Ráðunautafundur 1995: 46-60.
- Bragi L. Ólafsson, Tryggvi Eiríksson, Jóhannes Sveinbjörnsson, Eiríkur Þórkellsson, Lárus Pétursson, 2000. Próteingildi rúlluheys. Ráðunautafundur 2000: 138-143.
- Einar Gestsson og Gunnar Ríkhartsson, 1996. Hert loðnulýsi og fóðurkál fyrir mjólkurkúr. Ráðunautafundur 1996: 218-232.
- Fylstra D., Lasdon L., Watson J., & Waren, A., 1998. Design and use of the Microsoft Excel Solver. Interfaces, 28, 29-55.
- Gunnar Ríkhartsson, 1994. Áhrif grastegunda og aldurs kúa á át og afurðir. Ráðunautafundur 1994: 143-150.
- Gunnar Ríkhartsson og Einar Gestsson, 1995a. Grænfóður og þurrhey fyrir kúr á fyrsta mjaltaskeiði. Ráðunautafundur 1995: 128-139.
- Gunnar Ríkhartsson og Einar Gestsson, 1995b. Mismunandi orkufóðrun mjólkurkúa í byrjun mjaltaskeiðs: Áhrif fóðrunar á át og afurðir. Ráðunautafundur 1995: 91-102.
- Gunnar Ríkhartsson, Einar Gestsson, Þorsteinn Ólafsson og Grétar H. Harðarson, 1997. Mismunandi kjarnfóðurgjöf fyrir mjólkurkúr. Ráðunautafundur 1997: 242-254.
- Gunnar Ríkhartsson, 1998. Bygg í fóðri mjólkurkúa af íslensku kyni. Ráðunautafundur 1998: 78-86.
- Gunnar Ríkhartsson og Sigríður Bjarnadóttir, 1999. Hálíngresi og vallarfoxgras fyrir mjólkurkúr. Ráðunautafundur 1999: 192-199.
- Hrafnhildur Baldursdóttir og Jóhannes Sveinbjörnsson, 2017. Áhrif fóðrunar á efnainnihald mjólkur meða sérstaka áherslu á fitu. Rit Lbhí nr. 77, 25 bls.
- Jóhannes Sveinbjörnsson og Grétar H. Harðarson, 2008. Þungi og átgeta íslenskra mjólkurkúa. Fræðaping landbúnaðarins 6: 336-344.
- Jón Viðar Jónmundsson, 1991. Niðurstöður úr skýrslum nautgripaæktarfélaganna árið 1990. Freyr 87: 104-114.
- Kristensen V.F. & Ingvarsen K.L., 2003. Forudsigelse af foderoptagelsen hos malkekøer og ungdyr. In T. Hvelplund & N. Nørgaard (Eds.), Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering, DJF rapport Husdyrbrug 53 (pp. 511-563).
- Laufey Bjarnadóttir og Þóroddur Sveinsson, 1999. Áhrif sláttutíma á fóðrunarvirði vallarfoxgrass. Ráðunautafundur 1999: 164-173.
- Lasdon J., Waren A., Jain A., & Ratner M., 1978. Design and testing of generalized reduced gradient code for non-linear programming. ACM Transactions on Mathematical Software, 4, 34-49.
- Lilja Dögg Guðnadóttir, 2016. Intake capacity of the Icelandic dairy cow. Effect of animal factors, concentrate ratio and feeding method. M.Sc. ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, 63 bls.
- NorFor, 2014. Equation changes since NorFor 2011 (EAAP No.130).
- Ólafur Guðmundsson og Tryggvi Eiríksson, 1995. Breyting á orkumatskerfi fyrir jórturdýr. Ráðunautafundur 1995: 39-45.
- Roseler D.K., Fox D.G., Pell A.N., & Chase L.E., 1997. Evaluation of Alternative Equations for Prediction of Intake for Holstein Dairy Cows. Journal of Dairy Science, 80(5), 864-877.
- Sigríður Bjarnadóttir, 1996. Snarrót fyrir mjólkurkúr. Ráðunautafundur 1996: 206-217.

Sigríður Bjarnadóttir, 1997. Íslenskt bygg í fóðri mjólkurkúa. Ráðunautafundur 1997: 204–210.

Sigríður Bjarnadóttir, 1998. Þurrhey af fyrsta slætti og há í rúllum handa mjólkurkúm. Ráðunautafundur 1998: 68–77.

Sigríður Bjarnadóttir, 1999. Samanburður á þremur grænfóðurtegundum handa mjólkurkúm að hausti. Ráðunautafundur 1999: 182–191.

Sveinbjörnsson J., Huhtanen P., & Udén P., 2006. The Nordic dairy cow model, Karoline - Development of volatile fatty acid sub-model. In E. Kebreab, J. Dijkstra, A. Bannink, J. Gerrits & J. France (Eds.), *Nutrient Digestion and Utilisation in Farm Animals: Modelling Approaches* (pp. 1-14). Wallingford, UK: CAB International.

Volden H., 2011a. NorFor - The Nordic feed evaluation system (H. Volden Ed.). Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

Volden H., 2011b. Feed calculations in NorFor. In H. Volden (Ed.), *NorFor - The Nordic feed evaluation system* (pp. 55-58). Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

Volden H., Nielsen N.I., Åkerlind M., Larsen M., Havrevoll Ø., & Rygh A.J., 2011. Prediction of voluntary feed intake. In H. Volden (Ed.), *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

Þóroddur Sveinsson og Gunnar Ríkharðsson, 1995. Vallarfoxgras, vallarsveifgras og snarrót fyrir mjólkurkúr. Ráðunautafundur 1995: 116–127.

Þóroddur Sveinsson, Louise Mølbak og Gunnar Ríkharðsson, 2002. Heilfóður fyrir mjólkurkúr. Ráðunautafundur 2002: 113–124.