

# Mittausjakson pituuden ja elopainopunnitusten määrän vaikutus residuaalisen syönnin määrittämisen luotettavuuteen nuorilla loppukasvatettavilla sonneilla

*Jaakko Mononen, Joel Kostensalo, Maiju Pesonen,  
Arto Huuskonen & Katariina Manni*

Luonnonvarakeskus

## Johdanto: **Tausta**

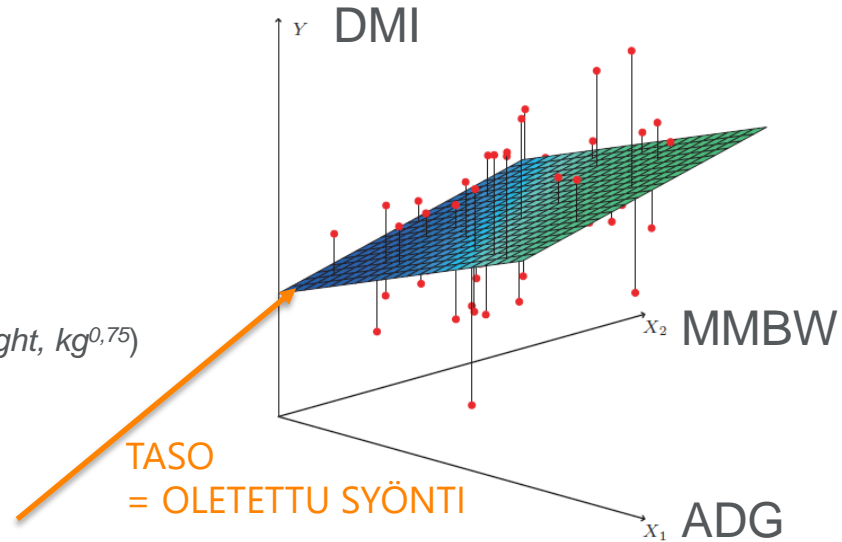
- Residuaalinen syönti (*residual feed intake*, RFI) on lihanaudoilla keskimukaisesti periytyvä rehuhyötysuhdetta kuvaava ominaisuus, jonka käyttö jalostustyössä on yleistynyt.
- Haasteena RFI:n hyödyntämisessä on, että se on hankala ja kallis määrittää, koska tarvitaan suhteellisen pitkä rehun syönnin ja kasvun mittausjakso → **voisiko selvittää vähemmällä mittausdatalla?**

# Johdanto: Residuaalinen syönti (1)

- Kuiva-aineen **syönti**
  - DMI (*dry matter intake, kg/d*)
- Keskimääräinen päivä**kasvu**
  - ADG (*average daily gain, kg*)
- Metabolinen elopaino koejakson puolivälissä
  - MMBW (*mid-test metabolic body weight, kg<sup>0.75</sup>*)



$$\text{DMI} = \beta_0 + \beta_1 \text{ADG} + \beta_2 \text{MMBW}$$



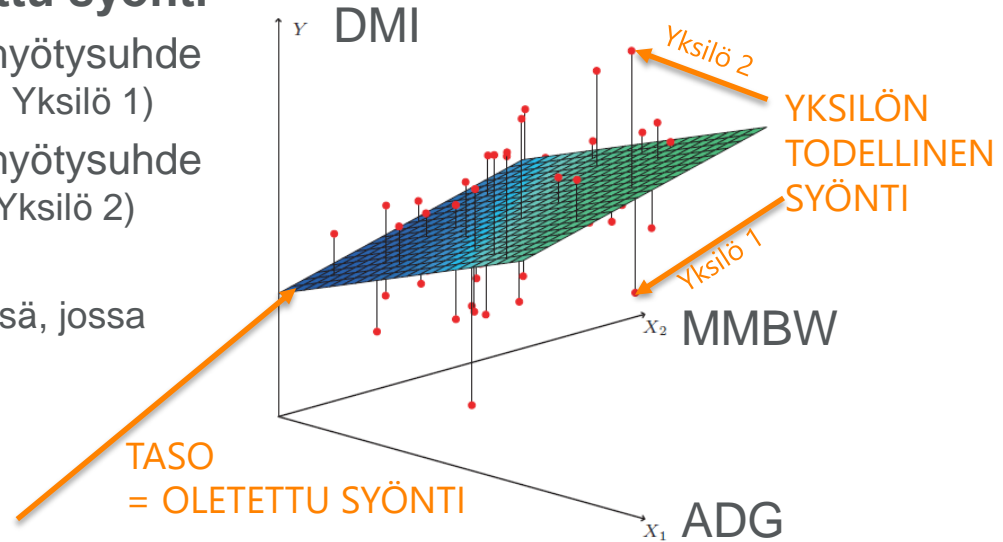
**FIGURE 3.4.** In a three-dimensional setting, with two predictors and one response, the least squares regression line becomes a plane. The plane is chosen to minimize the sum of the squared vertical distances between each observation (shown in red) and the plane.

# Johdanto: Residuaalinen syönti (2)

- Residuaalinen syönti,  
**RFI = Todellinen syönti – Oletettu syönti**
  - Matala RFI (<0): tehokas rehuhyötysuhde (syö vähemmän kuin oletettu, esim. Yksilö 1)
  - Korkea RFI (>0): tehoton rehuhyötysuhde (syö enemmän kuin oletettu, esim. Yksilö 2)
  - RFI pätee vain siinä vertailuryhmässä, jossa määrittäminen on tehty



$$\text{DMI} = \beta_0 + \beta_1 \text{ADG} + \beta_2 \text{MMBW}$$



**FIGURE 3.4.** In a three-dimensional setting, with two predictors and one response, the least squares regression line becomes a plane. The plane is chosen to minimize the sum of the squared vertical distances between each observation (shown in red) and the plane.

# Johdanto: **RFI:n mittaaminen työlästä**

- Mittausjakson pituutta pyritty optimoimaan ("riittävän luotettava tulos")
  - **Suositus 10-12 viikkoa:** *Archer & Bergh 2000, Castilhos ym. 2009, Marzocchi ym. 2019*
  - **Suositus 8-9 viikkoa:** *Wang ym. 2006, Culbertson ym. 2015*
- Mittausten määrä jakson sisällä
  - **Syönti (DMI)** yleensä päivittäin automaattisilla laitteistoilla → **ei tarvetta tutkia harvempaa mittaamista**
  - **Kasvu (ADG):** punnitukset viikon tai kahden välein → **ei varsinaisesti tutkittu (?), mutta voisiko vähentää?**
  - **Metabolinen elopaino (MMBW)** saadaan kasvun mittaamisen ohessa

→ **Tulosten luotettavuus (ja sen arviointi), jos vähemmän mittaustuloksia?**

# Johdanto: **RFI tulosten luotettavuuden arviointi**

- Menetelmät, joilla karsittujen mittausten (dataa poistettu) tuottamia RFI-arvoja verrattu ”kultaisen standardin” (kaikki data) tuottamiin RFI-arvoihin
  - Spearmanin korrelaatiokerroin, Pearsonin korrelaatiokerroin (fenotyyppinen korrelaatio), geneettinen korrelaatio, regressioyhtälön selitysaste, regressiokertoimien vertailu... (Archer ym. 1997, Wang ym. 2006, Castilhos ym. 2011, Mao ym. 2013, Manafiazar ym. 2017, Culbertson ym. 2015, Ahlberg ym. 2018, Marzocchi ym. 2019)
- Kuitenkin: **kyse on eläinten järjestyksestä** vertailuryhmänsä sisällä → **omassa tutkimuksessamme**
  - **Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin** (MTP tiivistelmä ja esitys) → myös **Kendallin järjestyskorrelaatiokerroin** (vain esitys)
  - **Siirtymätodennäköisyydet tertiilien rajaamien luokkien (ala-, keski- ja yläkolmannes) välillä**
    - Eläimiä ryhmitellään monesti RFI:n suhteen ala-, keski- ja yläkolmanneksiin, kun halutaan tutkia RFI:n yhteyttä muiden muuttujien kanssa (Aldrighi ym. 2019: käyttäytyminen, Parsons ym. 2020: käyttäytyminen, McKenna ym. 2021: fysiologia)

# Tavoitteet


- **Selvittää mittausjakson lyhentämisen ja/tai eläinten punnituskertojen vähentämisen vaikutusta RFI-tulosten luotettavuuteen.**
- **Ehdottaa helposti ymmärrettäviä luotettavuutta kuvaavia mittareita.**

# Aineisto ja menetelmät: **Eläinkoe (Luke, Ruukki)**

- Eläimet: 52 aberdeen angus- ja 52 simmental-sonnia (4 outlieria poistettiin)
  - Ikä kokeen alussa keskimäärin 211 päivää
  - Viiden eläimen ryhmissä, joissa oli molempia rotuja
- Kokeen kesto 9 viikkoa: 13.11.2019 - 14.1.2020
- Sonnit ruokittiin koko kokeen ajan vapaasti seosrehulla, joka koostui nurmisäilörehusta, rehuviljasta (40 % seoksen kuiva-aineesta) ja kivennäis-vitamiiniseoksesta
- Eläinten päivittäinen syönti mitattiin GrowSafe-järjestelmällä
- Eläimet punnittiin viikon välein (punnituskertoja 10) → päiväkasvu = kasvusuoran (x: punnituspäivä, y: elopaino) kulmakerroin ja metabolinen elopaino koejakson puolivälissä
- Yksilökohtainen RFI määritettiin kunkin yksilön kuiva-aineen syönnin (DMI) ja regressioyhtälöllä kaikkien eläinten perusteella lasketun oletetun DMI:n erotuksena



# Aineisto ja menetelmät: **Koeasetelma**

 = syönnin mittaus  
P = punnitus

Tilanne	VK 1	VK 2	VK 3	VK 4	VK 5	VK 6	VK 7	VK 8	VK 9	Selite
S1	P	P	P	P	P	P	P	P	P P	<b>Kultainen standardi</b>
S2	P		P		P		P		P	Punnituksia vähemmän
S3	P				P				P	Punnituksia vähemmän
S4		P	P	P	P	P	P	P	P P	Alusta lyhennetty jakso
S5			P	P	P	P	P	P	P P	Alusta lyhennetty jakso
S6				P	P	P	P	P	P P	Alusta lyhennetty jakso
S7					P	P	P	P	P P	Alusta lyhennetty jakso
S8	P	P	P	P	P	P	P	P P		Lopusta lyhennetty jakso
S9	P	P	P	P	P	P	P P			Lopusta lyhennetty jakso
S10	P	P	P	P	P	P P				Lopusta lyhennetty jakso
S11	P	P	P	P	P P					Lopusta lyhennetty jakso
S12=S6				P	P	P	P	P	P P	Kuuden viikon koe
S13=S10	P	P	P	P	P	P P				Kuuden viikon koe
S14			P	P	P	P	P	P P		Kuuden viikon koe
S15		P	P	P	P	P	P P			Kuuden viikon koe

# Aineisto ja menetelmät: **Tilastolliset vertailut (1)**

- **Kaikkia muita tilanteita verrattiin S1:een (kultaiseen standardiin)**
- **Spearmanin järjestyskorrelaatio**
- **Kendallin järjestyskorrelaatio: kertoo kuinka suuressa osassa kaikkien yksilöiden pareittaisista vertailuista parien keskinäinen järjestys on sama**
  - Kendallin korrelaatiokertoimen avulla voidaan arvioida Spearmanin korrelaatiokerroin (Gilpin 1993)

Kendallin tau-järjestyskorrelaatiokerroin on

$$\tau = \frac{n_s - n_v}{n_0},$$

missä

$n_s$  = samansuuntaisten parien lukumäärä

$n_v$  = vastakkaissuuntaisten parien lukumäärä

$n_0 = n(n - 1)/2$  (parien lukumäärä yhteensä).

## Aineisto ja menetelmät: **Tilastolliset vertailut (2)**

- Kaikkia muita tilanteita verrattiin S1:een (kultaiseen standardiin)
- Spearmanin järjestyskorrelaatio
- Kendallin järjestyskorrelaatio: kertoo kuinka suuressa osassa kaikkien yksilöiden pareittaisista vertailuista parien keskinäinen järjestys on sama

### Esim 1:

- **N = 100 → 4950 vertailtavaa paria**
- **Samansuuntaisia pareja 95 % = 4702 kpl**
- **Erisuuntaisia pareja 5 % = 248 kpl**
- **→ tau = (4702 - 248) / 4950 = 0,90**

Kendallin tau-järjestyskorrelaatiokerroin on

$$\tau = \frac{n_s - n_v}{n_0},$$

missä

$n_s$  = samansuuntaisten parien lukumäärä

$n_v$  = vastakkaissuuntaisten parien lukumäärä

$n_0 = n(n - 1)/2$  (parien lukumäärä yhteensä).



## Aineisto ja menetelmät: **Tilastolliset vertailut (2)**

- Kaikkia muita tilanteita verrattiin S1:een (kultaiseen standardiin)
- Spearmanin järjestyskorrelaatio
- Kendallin järjestyskorrelaatio: kertoo kuinka suuressa osassa kaikkien yksilöiden pareittaisista vertailuista parien keskinäinen järjestys on sama

### **Esim 2:**

- **Kun tiedetään, että tau on esim. 0,80 saadaan samansuuntaisten parien %-osuus (C%) kaavalla  $C\% = 50 \times \text{tau} + 50 = 50 \times 0,8 + 1 = 90 \%$**

Kendallin tau-järjestyskorrelaatiokerroin on

$$\tau = \frac{n_s - n_v}{n_0},$$

missä

$n_s$  = samansuuntaisten parien lukumäärä

$n_v$  = vastakkaissuuntaisten parien lukumäärä

$n_0 = n(n - 1)/2$  (parien lukumäärä yhteensä).



## Aineisto ja menetelmät: **Tilastolliset vertailut (3)**

- **Siirtymätodennäköisyydet tertiilien rajaamien luokkien välillä: alakolmannes (paras RFI), keskikolmannes ja yläkolmannes (huonoin RFI)**
  - Siirtymätodennäköisyydet ja niiden epävarmuudet laskettiin käyttäen bootstrap-menetelmää, jossa otantajakaumaa siirtymille kolmannesten välillä simuloitiin laskemalla residuaalit bootstrap-otoksiin perustuen

# Tulokset: Regressiomallien vertailu

**Table 7.** Regression coefficients, their standard errors (SE) and the R<sup>2</sup> value for different measurement standards (S1-15, see Table 4 for the details of the standards) based on the data from experiment 3.

S	(intercept)	ADG <sup>1</sup>	MMBW <sup>2</sup>	SE(intercept)	SE(ADG)	SE(MMBW)	R <sup>2</sup> -value
1	-0.515	1.841	0.077	0.714	0.380	0.008	0.63
2	-0.204	1.678	0.076	0.712	0.384	0.009	0.62
3	-0.131	1.699	0.074	0.708	0.373	0.009	0.62
4	-1.591	2.574	0.079	0.963	0.493	0.011	0.55
5	-0.365	2.045	0.074	0.705	0.373	0.009	0.64
6/12	-0.163	2.354	0.067	0.788	0.389	0.010	0.60
7	0.408	1.688	0.074	1.072	0.474	0.013	0.40
8	-0.491	1.555	0.081	0.928	0.455	0.010	0.50
9	-0.435	1.467	0.083	0.714	0.330	0.008	0.62
10/13	-0.068	1.227	0.082	0.808	0.338	0.009	0.53
11	-0.277	0.796	0.090	0.942	0.366	0.011	0.46
14	-0.362	1.591	0.082	0.812	0.396	0.009	0.56
15	-0.797	1.495	0.088	0.948	0.398	0.011	0.50

<sup>1</sup>Average daily gain.

<sup>2</sup>Mid-test metabolic body weight.

# Tulokset: Korrelaatiot (1)

$r_s \geq 0,986$	Gilpin 1993	$t \geq 0,90$
$0,946 \leq r_s < 0,986$		$0,80 < t < 0,90$
$r_s < 0,946$		$t < 0,80$

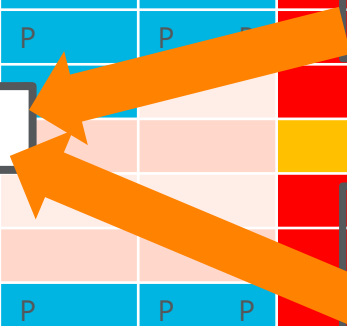
Tilanne	VK 1	VK 2	VK 3	VK 4	VK 5	VK 6	VK 7	VK 8	VK 9	Spearman	Kendall
S1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	-
S2	P		P		P		P		P	0,99	0,91
S3	P				P				P	0,98	0,88
S4		P	P	P	P	P	P	P	P	0,63	0,49
S5			P	P	P	P	P	P	P	0,95	0,82
S6				P	P	P	P	P	P	0,74	0,56
S7					P	P	P	P	P	0,60	0,43
S8	P	P	P	P	P	P	P	P		0,67	0,51
S9	P	P	P	P	P	P	P			0,98	0,88
S10	P	P	P	P	P	P				0,86	0,67
S11	P	P	P	P	P					0,82	0,64
S12=S6				P	P	P	P	P	P	0,74	0,56
S13=S10	P	P	P	P	P	P				0,86	0,67
S14			P	P	P	P	P	P		0,82	0,63
S15		P	P	P	P	P	P			0,65	0,50

# Tulokset ja pohdinta: Korrelaatiot (2)

$r_s \geq 0,986$	$t \geq 0,90$
$0,946 \leq r_s < 0,986$	$0,80 < t < 0,90$
$r_s < 0,946$	$t < 0,80$

Tilanne	VK 1	VK 2	VK 3	VK 4	VK 5	VK 6	VK 7	VK 8	VK 9	Spearman	Kendall
S1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	-
S2	P		P		P		P		P	0,99	0,91
S3	P				P				P	0,98	0,88
S4		P	P	P	P	P	P	P	P	0,63	0,49
S5			P	P	P	P	P	P	P	0,95	0,82
S6				P	P	P	P	P	P	0,74	0,56
S7					P	P	P	P	P	0,60	0,43
S8	P	P								0,67	0,51
S9	P	P								0,98	0,88
S10	P	P	P	P	P	P	P			0,86	0,67
S11	P	P	P	P	P	P				0,82	0,64
S12=S6				P	P	P	P	P	P	0,74	0,56
S13=S10	P	P	P	P	P	P	P			0,86	0,67
S14			P	P	P	P	P	P	P	0,82	0,63
S15		P	P	P	P	P	P	P		0,65	0,50

**Ei alle 7 viikon mittausjaksoa!**





# Tulokset ja pohdinta: Korrelaatiot (3)

$r_s \geq 0,986$	$t \geq 0,90$
$0,946 \leq r_s < 0,986$	$0,80 < t < 0,90$
$r_s < 0,946$	$t < 0,80$

Tilanne	VK 1	VK 2	VK 3	VK 4	VK 5	VK 6	VK 7	VK 8	VK 9	Spearman	Kendall
S1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	-
S2	P		P		P		P		P	0,99	0,91
S3	P				P				P	0,98	0,88
S4		P	P	P	P	P	P	P	P	0,63	0,49
S5			P	P	P	P	P	P	P	0,95	0,82
S6				P	P	P	P	P	P	0,74	0,56
S7					P	P	P	P	P	0,60	0,43
S8	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0,67	0,51
S9	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0,98	0,88
S10	P	P	P	P	P	P	P	P		0,86	0,67
										0,82	0,64
										0,74	0,56
										0,86	0,67
										0,82	0,63
S15		P	P	P	P	P	P	P		0,65	0,50

8 viikon kokeen tulokset surkeat, mutta  
 7 viikon kokeen tulokset hyvä(ksyttävä)t → ??  
**Varmuuden vuoksi vähintään 9 viikon mittausjakso!**



# Tulokset ja pohdinta: Korrelaatiot (4)

$r_s \geq 0,986$	$t \geq 0,90$
$0,946 \leq r_s < 0,986$	$0,80 < t < 0,90$
$r_s < 0,946$	$t < 0,80$

Tilanne	VK 1	VK 2	VK 3	VK 4	VK 5	VK 6	VK 7	VK 8	VK 9	Spearman	Kendall
S1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	-
S2	P		P		P		P		P	0,99	0,91
S3	P				P				P	0,98	0,88
S4		P	P	P	P	P	P	P		0,63	0,49
S5							P	P		0,95	0,82
S6								P	P	0,74	0,56
S7								P	P	0,60	0,43
S8							P			0,67	0,51
S9										0,98	0,88
S10										0,86	0,67
S11										0,82	0,64
S12								P	P	0,74	0,56
S13										0,86	0,67
S14			P	P	P	P	P	P	P	0,82	0,63
S15		P	P	P	P	P	P	P		0,65	0,50

**1. Joka viikko ei tarvitse punnita.**

**2. Jos riittää 94 %:n ( $\leftarrow t = 0,88$ ) varmuus siitä, että kahden eläimen järjestys säilyy samana, voi harventaa punnitukset tehtäväksi vain neljän viikon välein viikottaisten punnitusten sijaan.**



# Tulokset: **Siirtymätodennäköisyydet kolmannesten välillä** (valikoidut vertailut)

S1	S2: 9 vk, 5 pun.			S1	S3: 9 vk, 3 pun.		
	Alin	Keski	Ylin		Alin	Keski	Ylin
Alin	<b>95 %</b>	5 %	0 %	Alin	<b>94 %</b>	6 %	0 %
Keski	5 %	<b>87 %</b>	8 %	Keski	6 %	<b>83 %</b>	11 %
Ylin	0 %	8 %	<b>92 %</b>	Ylin	0 %	11 %	<b>89 %</b>

Laskevalla diagonaalilla todennäköisyys, että pysyy samassa kolmanneksessa.

S1	S9: 7 vk, 8 pun.			S1	S8: 8 vk, 9 pun.		
	Alin	Keski	Ylin		Alin	Keski	Ylin
Alin	<b>91 %</b>	9 %	0 %	Alin	<b>59 %</b>	37 %	4 %
Keski	9 %	<b>83 %</b>	8 %	Keski	27 %	<b>49 %</b>	24 %
Ylin	0 %	8 %	<b>92 %</b>	Ylin	14 %	14 %	<b>73 %</b>

# Tulokset ja pohdinta: **Siirtymätodennäköisyydet kolmannesten välillä** (valikoidut vertailut)

S1				S1			
s2: 9 vk, 5 punn.				s3: 9 vk, 3 punn.			
	Alin	Keski	Ylin		Alin	Keski	Ylin
Alin	95 %	5 %	0 %	Alin	94 %	6 %	0 %
Keski	5 %	87 %	8 %	Keski	6 %	83 %	11 %
Ylin	0 %	8 %	92 %	Ylin	0 %	11 %	89 %

S1				S1			
s8: 8 vk, 9 punn.				s9: 7 vk, 8 punn.			
	Alin	Keski	Ylin		Alin	Keski	Ylin
Alin	59 %	37 %	4 %	Alin	91 %	9 %	0 %
Keski	27 %	49 %	24 %	Keski	9 %	83 %	8 %
Ylin	14 %	14 %	73 %	Ylin	0 %	8 %	92 %

**Parhaat mittaustavat ovat parhaita tässäkin tarkastelussa, mutta lisäarvona havainnollisuus.**

- Voidaan laskea haluttuja kvanttiileja käyttäen eli sen mukaan kuinka suurista siirtymistä ollaan kiinnostuneita

# Johtopäätökset: **Mitä tulokset kertovat?**

- **1. Vahvistus aikaisemmille käsityksille, että RFI-tulosten luotettavuus heikkenee, kun mittausjakson pituus pudotetaan alle 7 (??) viikkoon**
  - Huom! Aiemmissa tutkimuksissa kultainen standardi huomattavasti pidempi kuin meidän 9 viikkoa
  - Huom! Riittävän luotettavuuden raja tulisi määrätä etukäteen
    - Useimmissa RFI-tutkimuksissa käytetty rajana  $r_s = 0,95 \rightarrow t \approx 0,80$  ja  $C\% \approx 90\%$
    - Joskus rajana käytetty myös  $r_s = 0,90 \rightarrow t < 0,73$  ja  $C\% < 86,5\%$
- **2. Vaikka mittausjakso olisi vain 9 viikkoa, eläinten punnitusväliksi riittää 2 viikkoa, tai jopa 4 viikkoa, ilman että RFI-tulosten luotettavuus heikkenee ratkaisevasti**
  - Voidaan vähentää eläinten turhaa käsittelyä
- **3. Spearmanin korrelaatiokerroin ja (etenkin) Kendallin korrelaatiokerroin yhdistettynä tertiilirajojen (tai muiden kvantiilirajojen) yli tapahtuvien siirtymien todennäköisyyksiin → havainnollinen kokonaisuus, jolla voidaan kuvata datan vähentämisen vaikutusta RFI-tulosten luotettavuuteen.**

## Johtopäätökset: **Eräs tulevaisuuden näkymä...**

- **Voisiko olemassa olevia ruokintakoeaineistoja käyttää sekundäärisesti RFI:n taustalla olevien mekanismien (esim. fysiologia ja käyttäytyminen) tutkimiseen?**
  - Pitkät kokeet → hyvä asia
  - Harvat punnitukset → ei ongelma
  - Vaihtelevat ruokinnat, pieni eläinmäärä per ruokinta ja muut koeasetelmaan liittyvät asiat → riesa → tertiililähestymistapa → esim. ylä- ja alakolmannesten vertailu tutkittavan muuttujan suhteen (meta-analyysi)
  - Jos käytössä esim. GrowSafe → syömiskäyttäytymisdataa saatavilla (esim. *Parsons ym. 2020*)

## Kiitokset

- Luken Ruukin henkilökunta
- Agronomiliitto ja Oiva Kuusisto säätiö