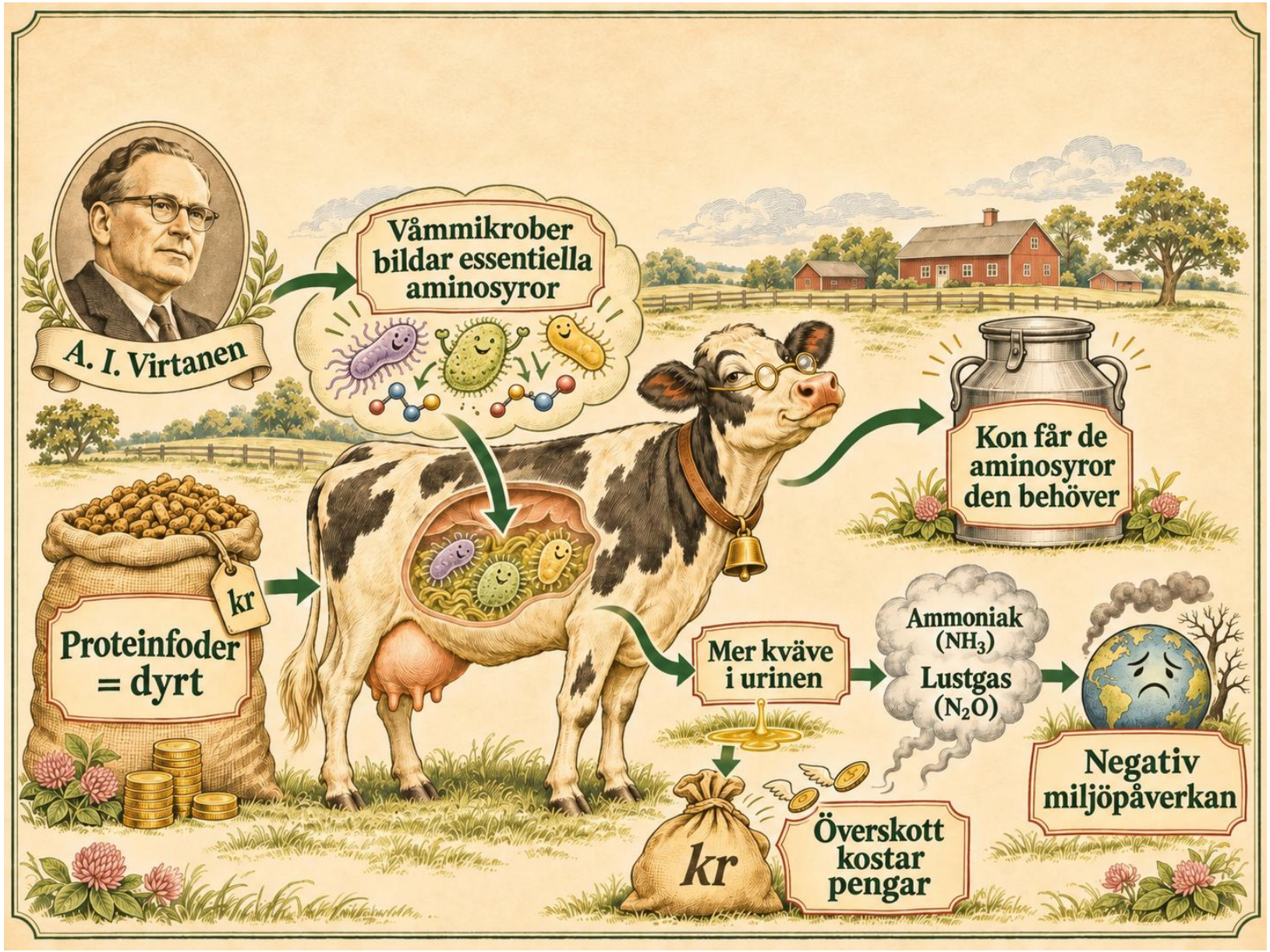
Från foderprotein till mjölkprotein – hur effektiva är våra mjölkkor?

Mikaela Lindberg | Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

Jordbruksverket, november 2026

Idisslarnas unika förmåga



Hur mycket av kvävet hamnar i mjölken?



Mjölkprotein ca 25-30% Övrigt ca 70-75%

Råprotein = $N \, x \, 6{,}25$

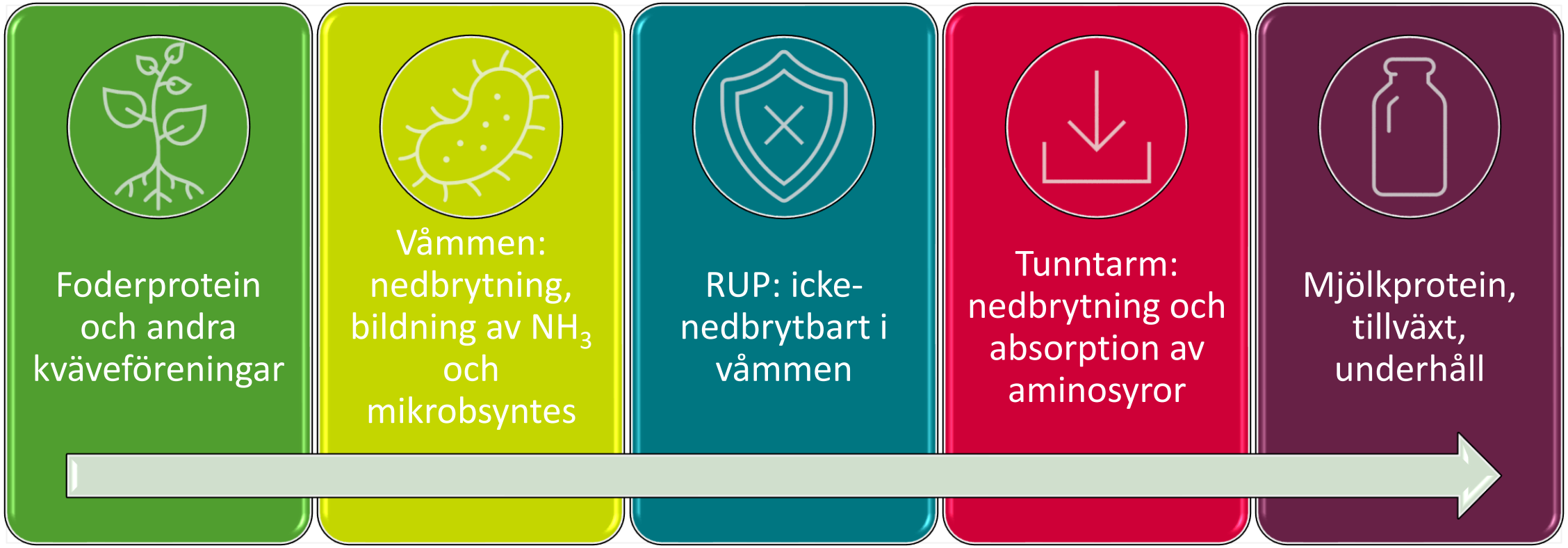
Kväveeffektivitet, %:

$N \; i \; mjölk \div N \; i \; foder \; x \; 100$

Främst urin och träck
+ mindre mängder som omsätts eller lagras i kroppen



Hur fungerar proteinomsättningen hos mjölkkor?



Parallellt: NH_3 absorption, ureabildning i levern, återcirkulering av urea till våmmen, kväveutsöndring

Fördelning av protein vid inflöde till duodenum

Illustrativ fördelning



Detta är vad vi kallar AAT i foderstatsberäkning

Schematisk fördelning av proteinflödet till duodenum. Baserat på Lapierre et al. (2006) och Hristov et al. (2019).

Fördelning av protein vid inflöde till duodenum

Illustrativ fördelning

50-70%	20-30%	10-20%
Mikrobiellt protein	Foderprotein	Endogent protein

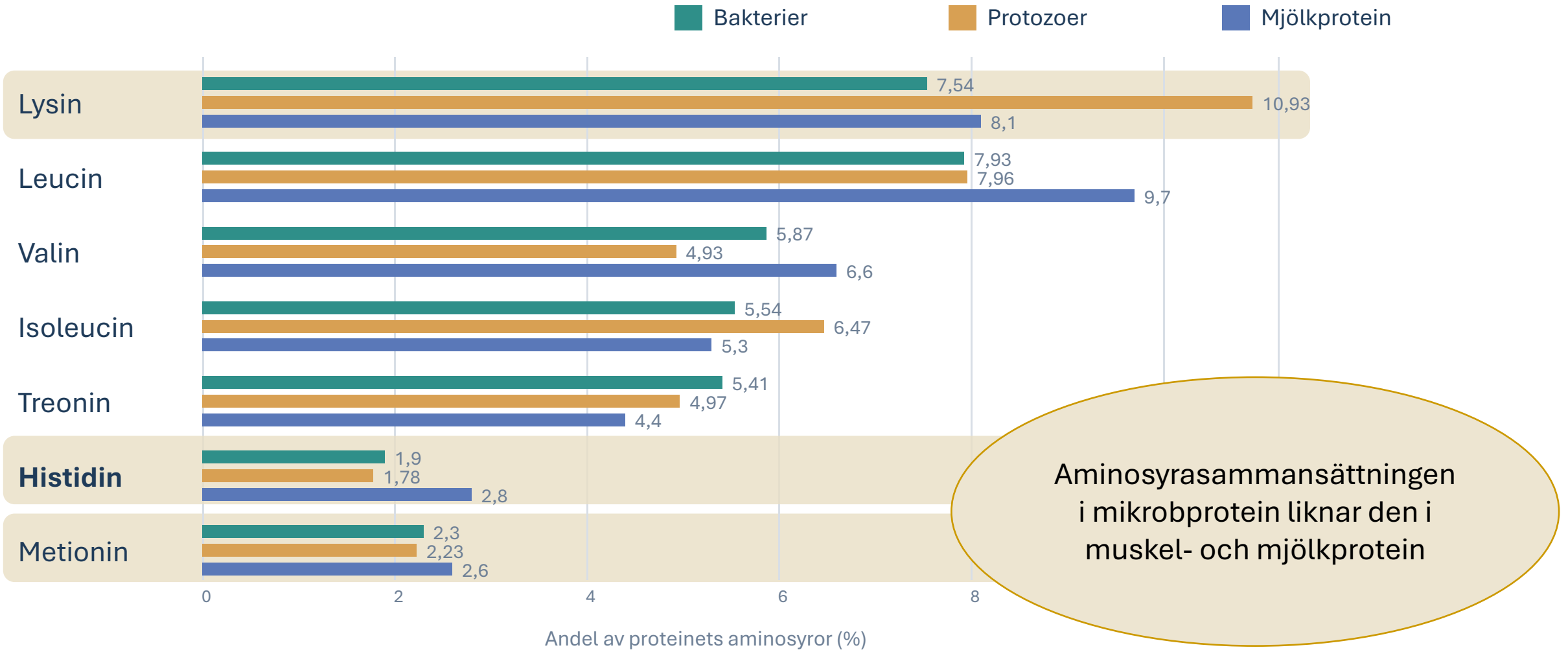


Aminosyrorna transporteras via blodet till juvret där de byggs ihop till mjölkprotein, främst kasein och vassleproteiner

Schematisk fördelning av proteinflödet till duodenum. Baserat på Lapierre et al. (2006) och Hristov et al. (2019).

Från vårmikrober till mjölkprotein

Essentiella aminosyror – jämförelse av profiler



Aminosyrasammansättningen i mikrobprotein liknar den i muskel- och mjölkprotein

Illustrativ jämförelse. Mikrobdata: g/100 g totala aminosyror (Sok et al., 2017; tabell 3). Bakterier = 40 % FAB + 60 % PAB. Mjölk: g/100 g råprotein (Livsmedelsdatabasen).

NorFor: så bedöms mjölkkons proteinförsörjning

1 Beräkna kons AAT-behov

- Underhåll
- Mjölkproduktion
- Dräktighet, tillväxt & vikt

Beräknat AAT-behov (g/dag)

Modellen tar hänsyn till ett varierande utnyttjande av AAT

2 Beräkna foderstatens AAT-tillförsel

- Mikrobiellt protein
- RUP (foder-protein)
- Endogena aminosyror

AAT till tunntarmen (g/dag)

Beroende av fodermedel, TS-intag, nedbrytning och passage

3 Tre kontroller vid foderstatsoptimering

AAT-balans

95–105 %

AAT tillfört / beräknat behov

AAT/NEL för mjölk

≥ 15 g/MJ

AAT för mjölk / NEL-behov för mjölk

PBV – våmbalans

10–40 g/kg ts

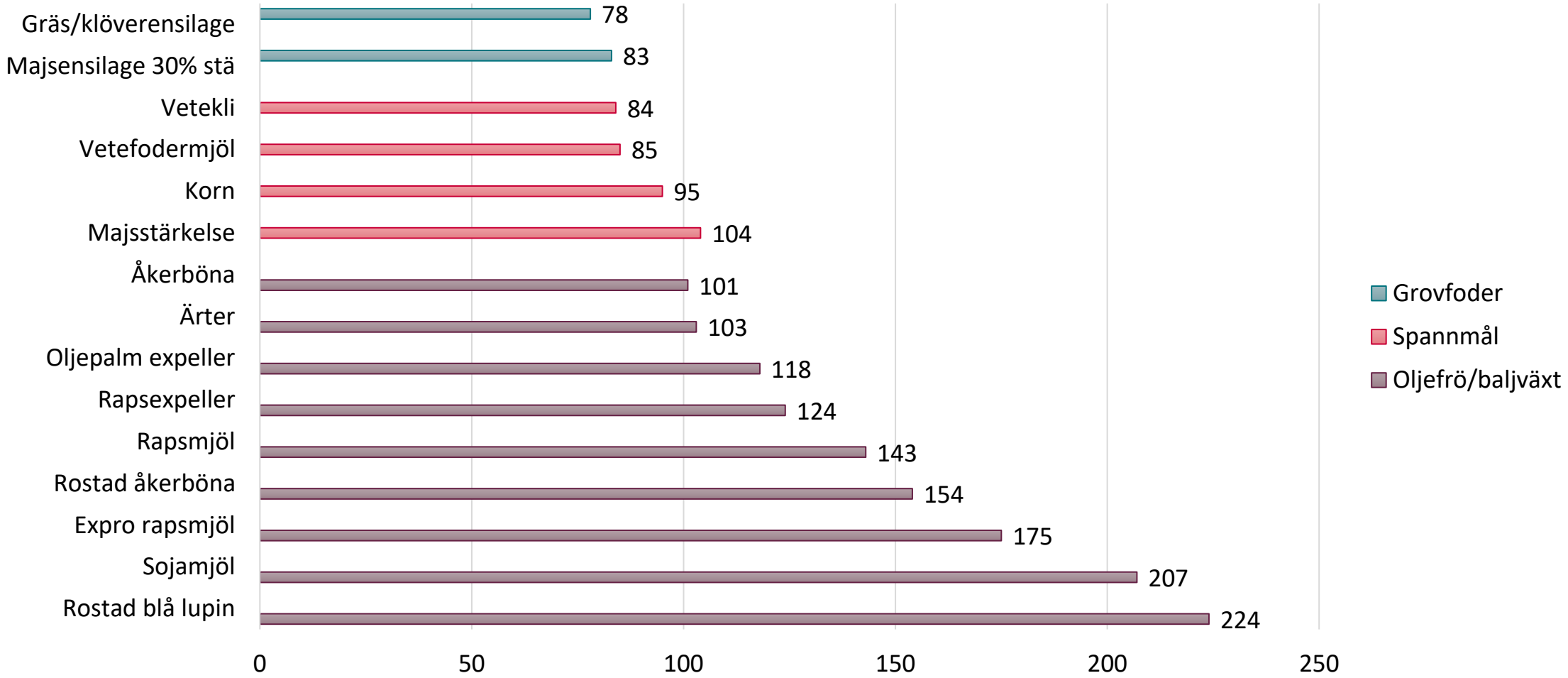
Tillräckligt N till våmmikroberna

EAA som komplement — **His ≈ 2,2 %** **Lys ≈ 6,6 %** **Met ≈ 2,2 % av AAT**

Riktvärden för AA-profil – inte behov i g/dag

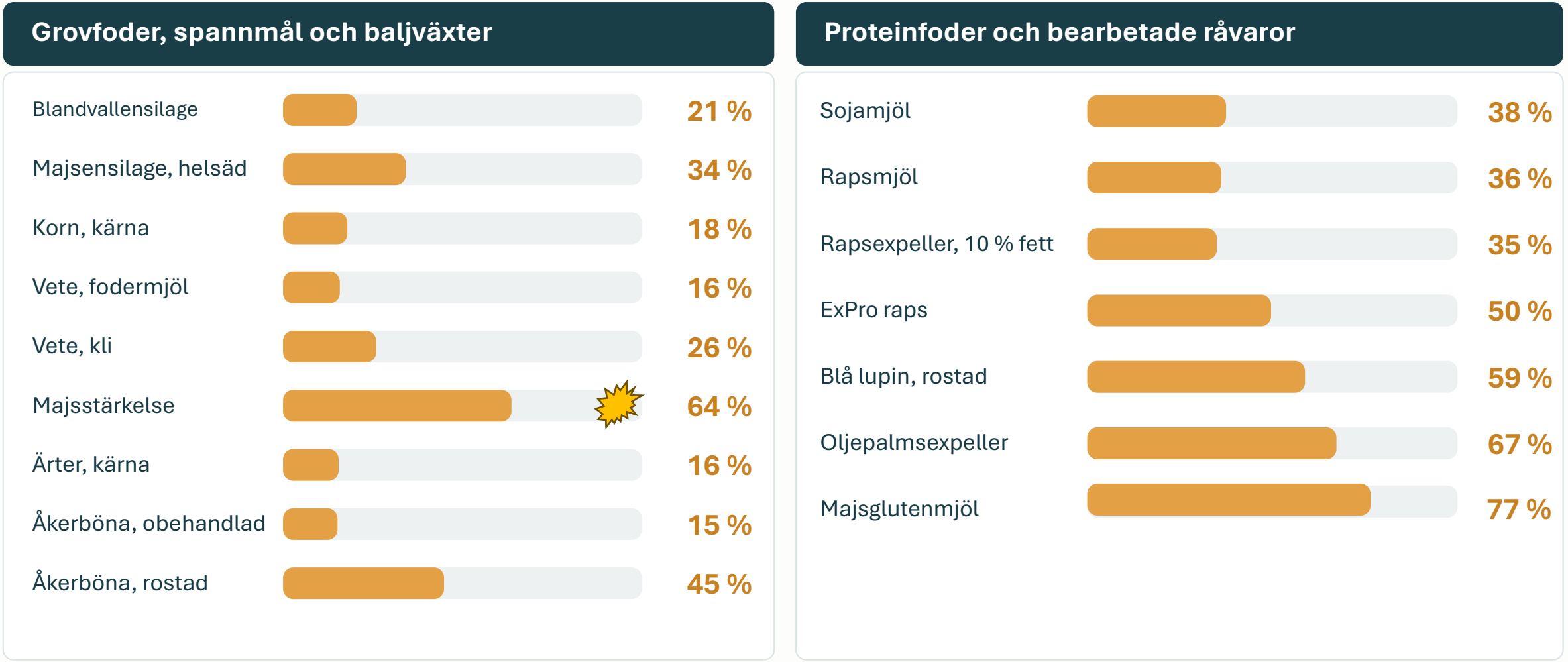
Inget generellt RP-mål i %

Några vanliga fodermedel (AAT, g/kg ts) NorFor Feedtable



Hur stor andel av råproteinet är vårstabilt?

Beräknad andel av fodrets råprotein som undgår vårnedbrytning (RUP, % av RP)



* Majsstärkelse har endast 5 g råprotein/kg ts, trots relativt hög RUP-andel.

Schablon från NorFor-fraktioner, 17 nov 2026. Passage: 12 %/h (lösligt) och 6 %/h (partikelbundet). Ej officiellt NorFor-RUP.

Studie: effekt av ökad AAT genom processning av foder

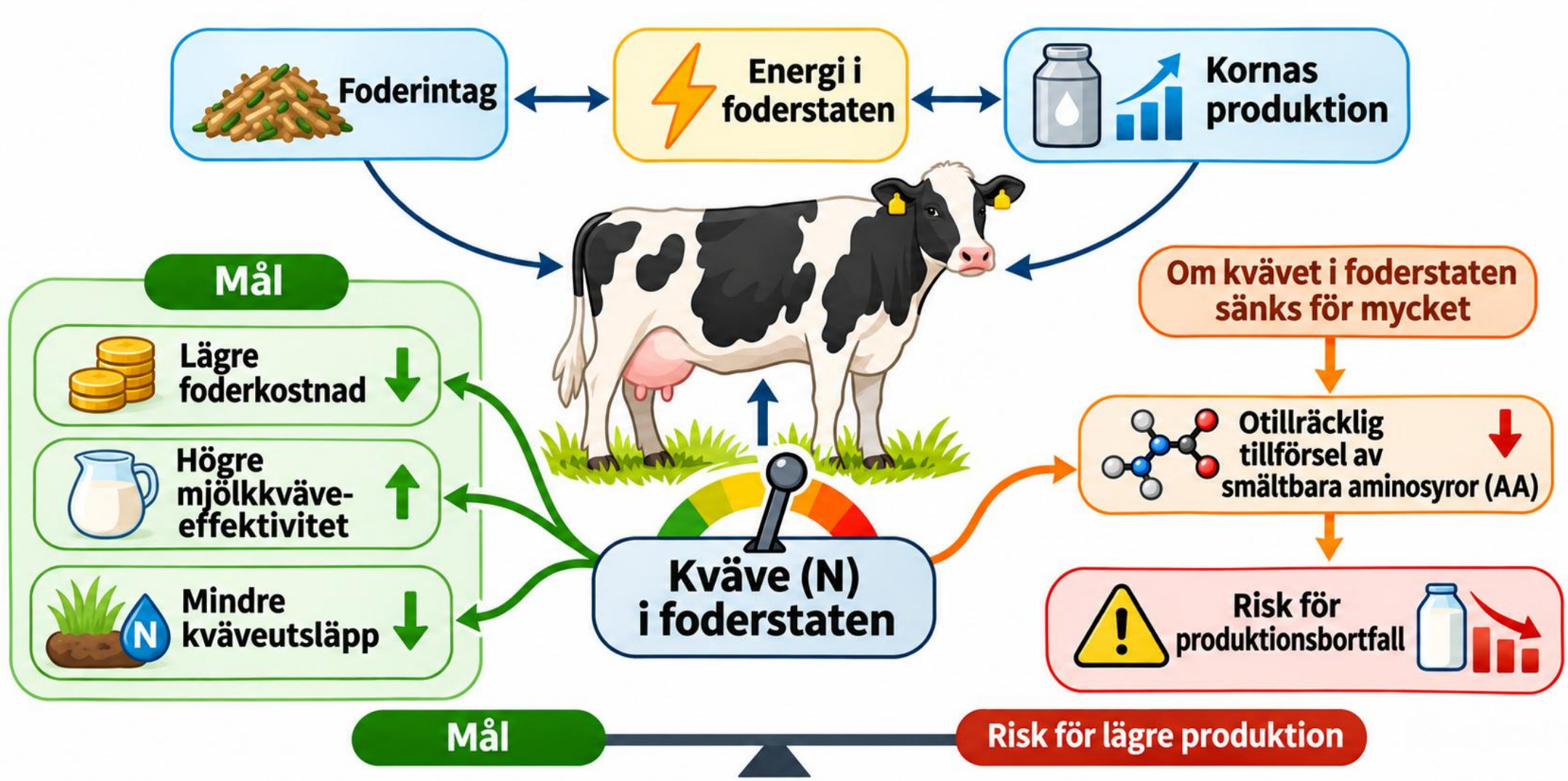
Effekter på mjölkproduktionen:

- 20 studier jämfördes
- Råprotein 14-19,8%
- Proteinfoder delades in i ”processade” och ”oprocessade”
- Mjölkavkastning: 35,2 vs. 35,4 kg ECM
- Mjölkprotein: 1186 vs. 1181 g/d
- Kväveeffektivitet 28,6 vs. 28,4%

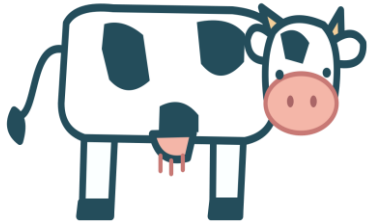
Slutsats: Ingen skillnad mellan foder. Högre mikrobproteinsyntes med oprocessade foder kan kompensera för högre RUP i processade foder. Mer studier behövs!?

Schei et al., 2026 NFSC

Varför är kväveeffektivitet en utmaning?



Vad vet vi från tidigare studier?

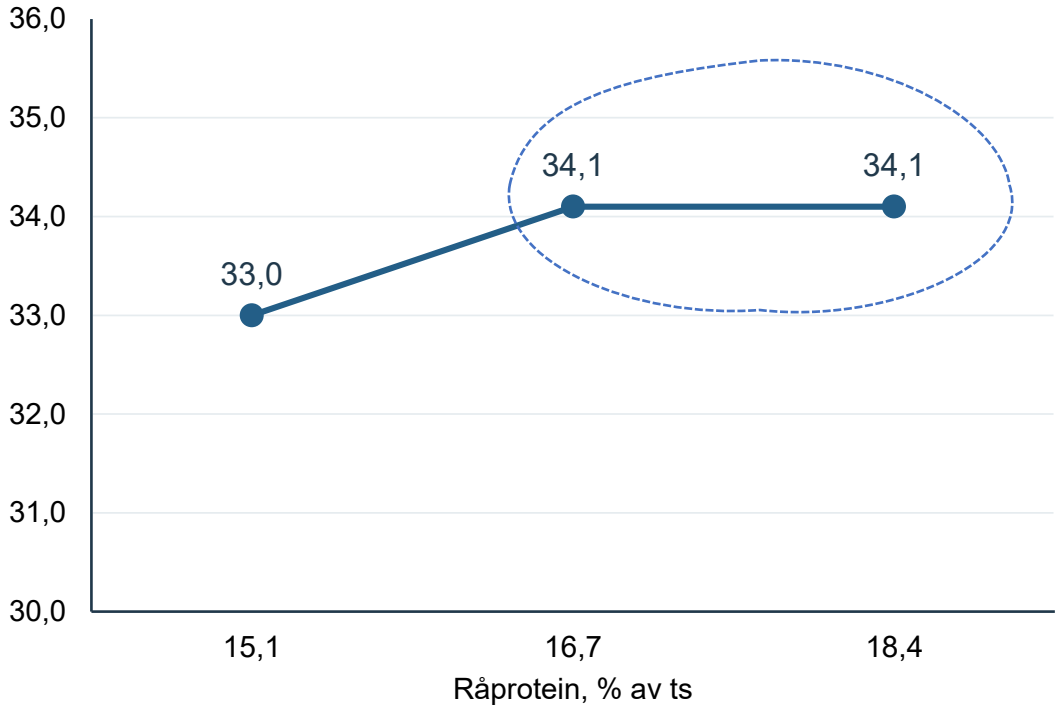


Hur påverkar råprotein (RP) halten mjölkproduktion och kväveeffektivitet? (Broderick, 2003)

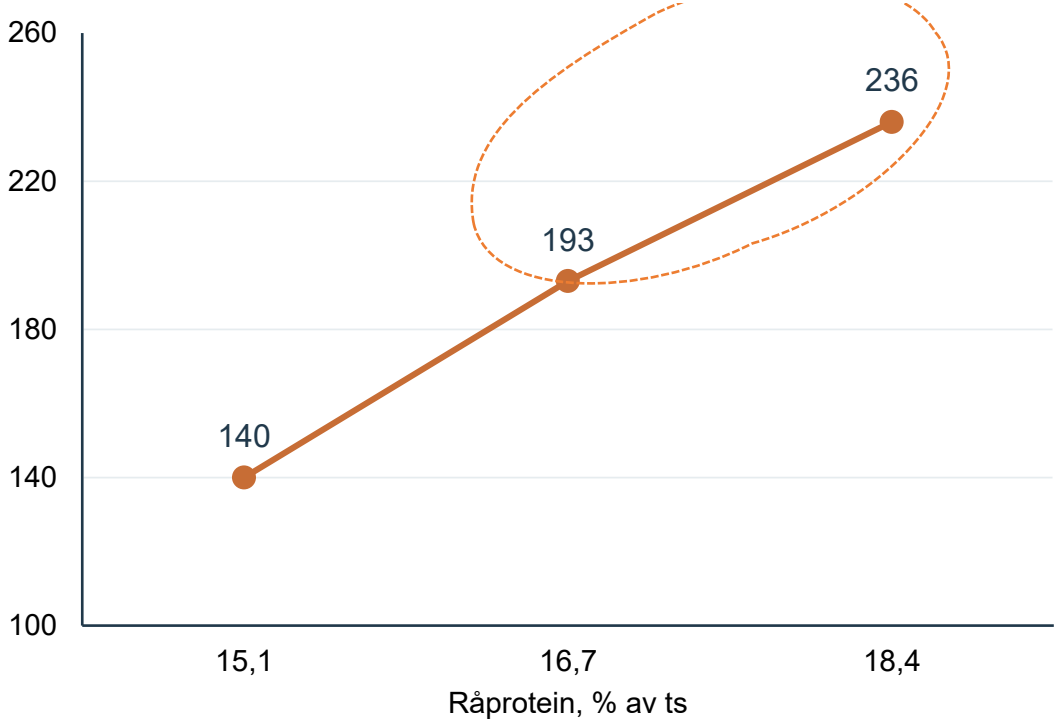
- 63 Holsteinkor i ett försök med 3 nivåer av RP: **15,1 16,7 18,4 %**
- Majs- och lucernensilage (40:60), majskorn och sojamjöl.
- Foderintag: **21,2 22,1 och 22,6** kg ts per ko och dag för **15,1 16,7 18,4 % RP.**

Över 16,7 % råprotein: ingen mer mjölk, men mer urin-N

Mjölkavkastning (kg/d)



Kväve i urin (g/d)

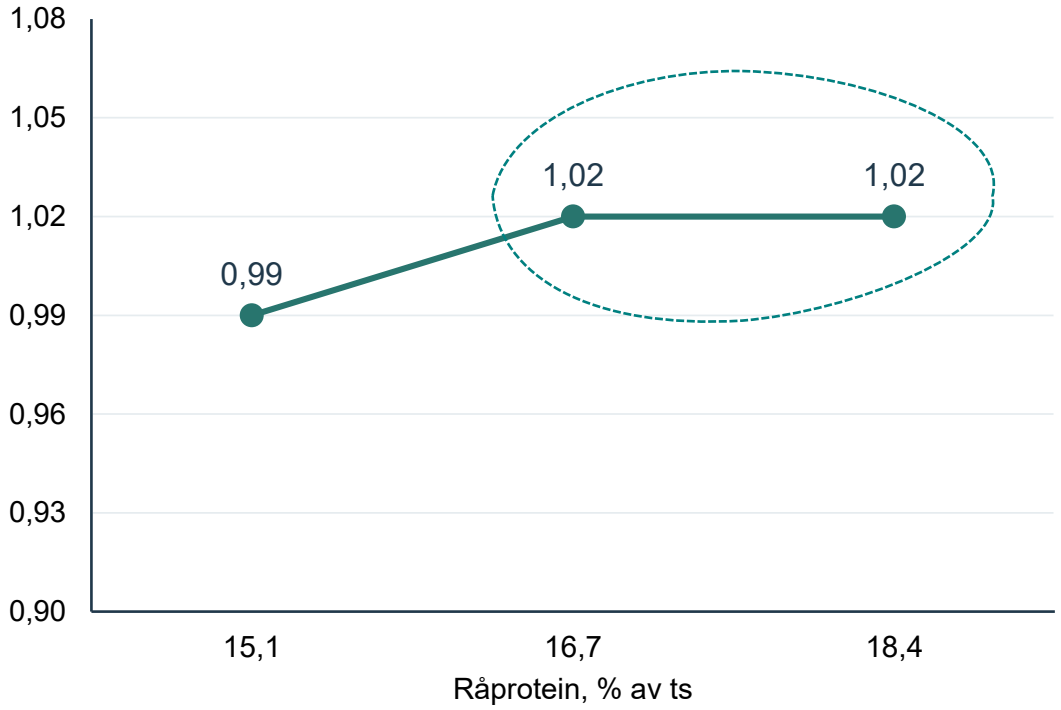


Ökning 16,7 → 18,4 % råprotein: ingen extra mjölk | +43 g urin-N per ko och dag

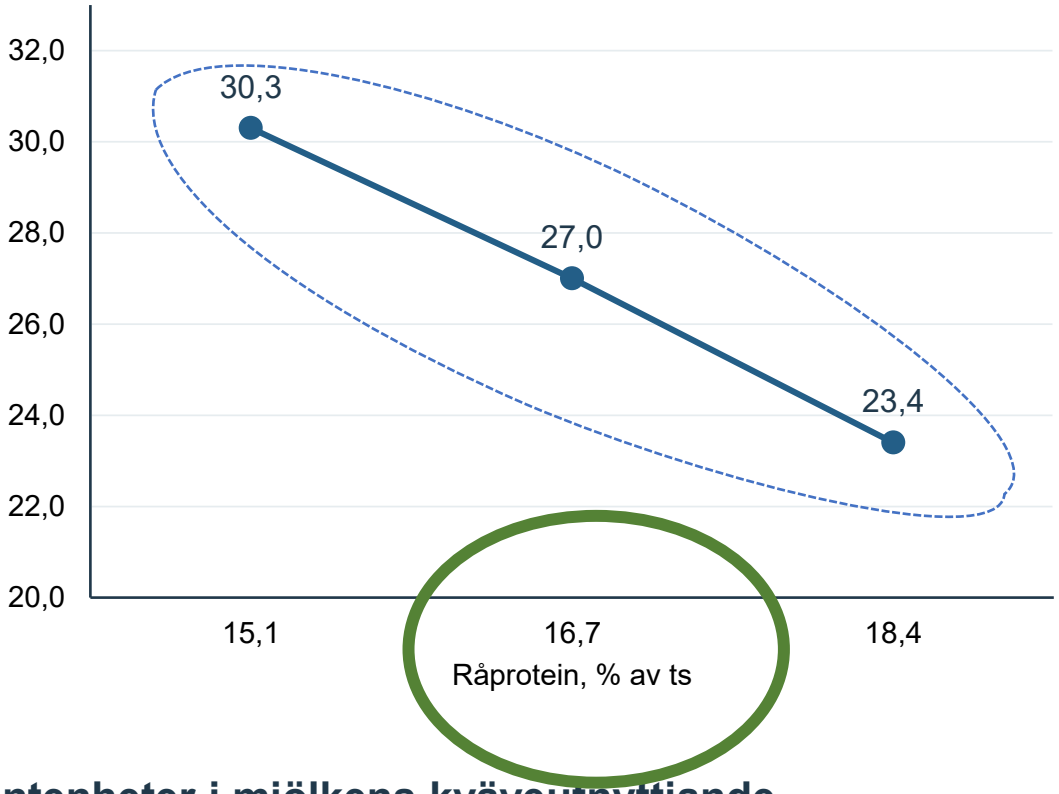
Källa: Broderick, G. A. 2003

Mer foderprotein gav sämre kväveeffektivitet

Mjölkproteinavkastning (kg/d)



Kväveeffektivitet (%)

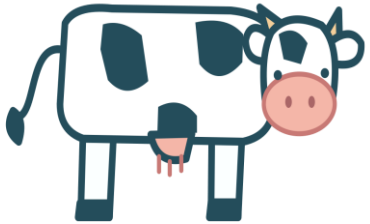


Från 15,1 till 18,4 % råprotein: –6,9 procentenheter i mjölkens kväveutnyttjande

Källa: Broderick, 2003.

Vad vet vi från tidigare studier?

Analys av flera studier i Nordeuropa: 207 olika försök



Foderstater

Gräs/klöver-ensilage, korn, havre, biprodukter, rapsmjöl, sojamjöl.

Råprotein, medeltal

16,5% RP

Foderintag

1. 17.9 kg ts/d
1. 3,0 kg RP/d
2. 0,81 kg RUP
3. 1,7 kg AAT*

Mjölkproduktion

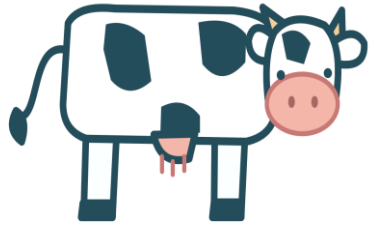
1. 25,4 kg mjölk
2. 26,1 kg ECM
3. 3,2% Mjölk-protein
4. 814 g Mjölk-protein

Kväveeffektivitet: 27,7%

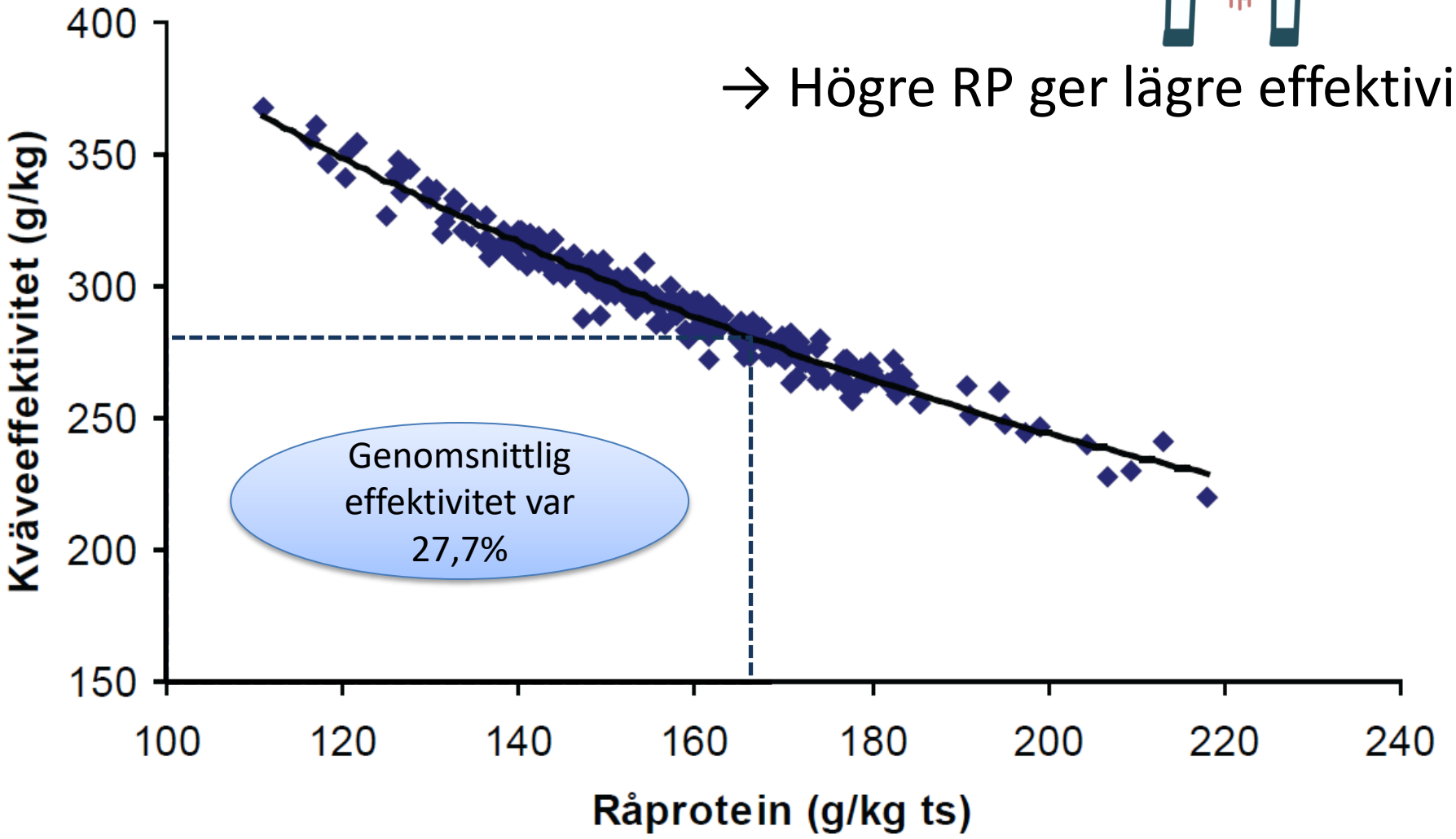
AAT* ~MP

Huhtanen et al., 2008

Vad vet vi från tidigare studier?



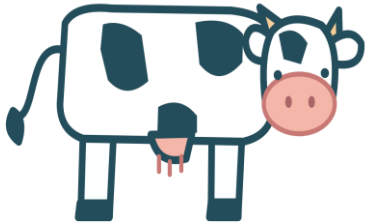
→ Högre RP ger lägre effektivitet.



(Huhtanen et al., 2008)

Vad vet vi från tidigare studier?

Analys av flera studier: 91 olika försök



Foderstater

Gräs/klöverensilage
Energifoder ersattes med proteinfoder: rapsmjöl, rapskaka eller sojamjöl

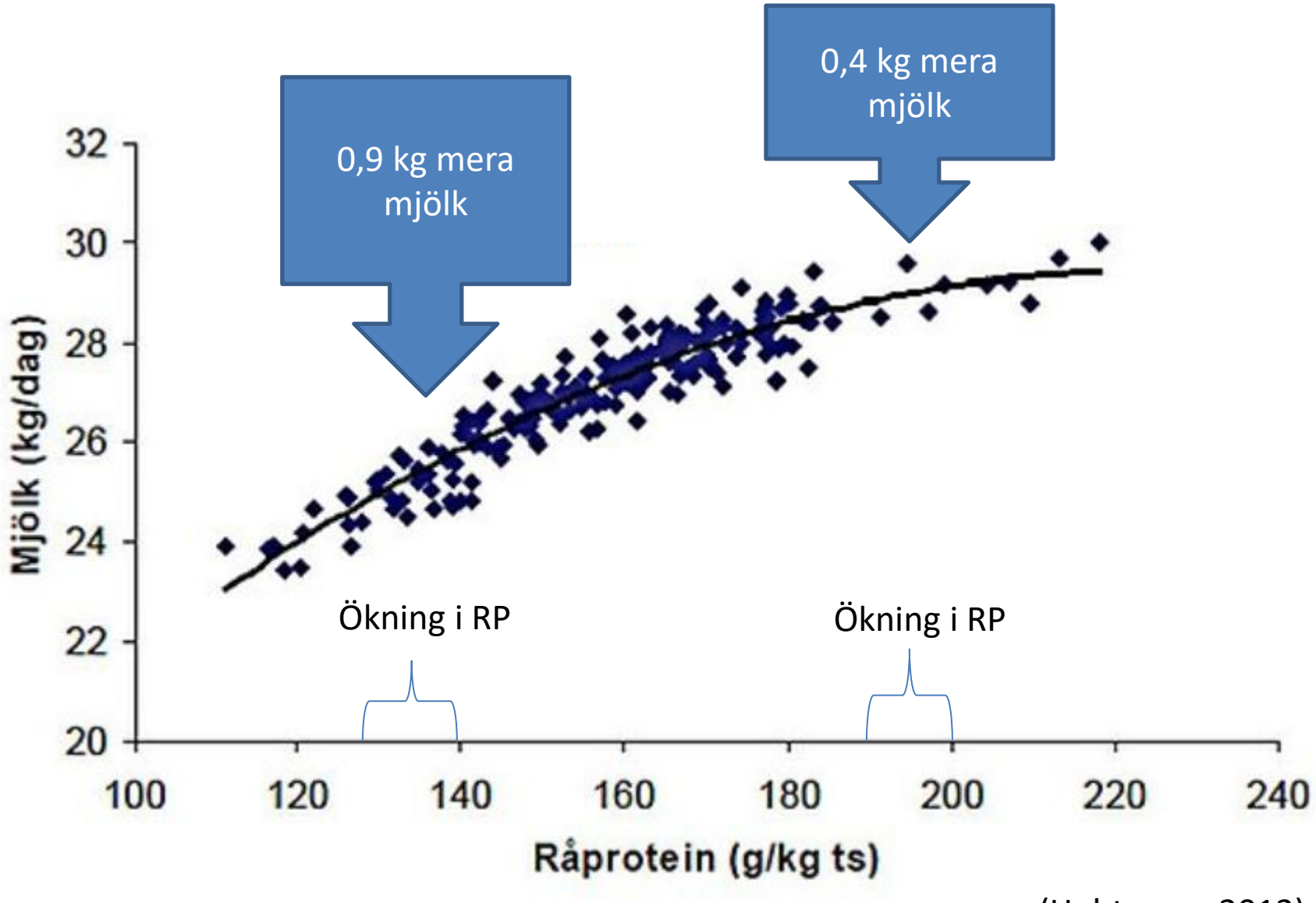
RP-innehåll

11-22 % RP

Mjölkproduktion

23-30 kg/d

Huhtanen, 2012



(Huhtanen, 2012)

Vilken är den först begränsande aminosyran I?

- Amerikanska studier med **hösilage, majsensilage, lucernhö, soja och spannmål**
- Fem + fyra försök med några få Holsteinkor i latin square design
- Infusion i löpmagen resp. duodenum av Met, Lys
- Testades i olika stadier av laktationen (1992)
- Ökad mjölkproteinmängd med **Lys + Met**



Lysin och metionin är ofta begränsande för mjölkproteinsyntesen i majsbaserade foderstater, men vilken aminosyra som är först begränsande påverkas också av laktationsstadium och den övriga proteinförsörjningen. (Schwab et al., 1976; 1992).

Vilken är den först begränsande aminosyran II?

- Finsk studie med **gräs/klöverensilage** ad lib och 8 kg kraftfoder (korn, havre, betfiber) inget proteinfoder, 13,2% RP
- Fyra Ayrshire kor i en latin square design
- Infusion i löpmagen av His, His+Met, His+Lys, His+Met+Lys

- Ökad mjölkavkastning och mjölkproteinmängd med **His**



Det är inte bara mängden absorberbara aminosyror som avgör mjölkproteinproduktionen, tillgången på den först begränsande aminosyran kan vara avgörande (Vanhatalo et al., 1999).

Vilken är den först begränsande aminosyran III?

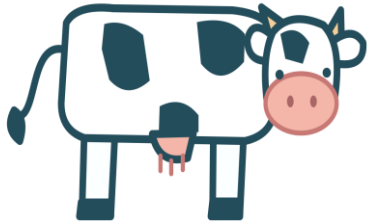
- ..Men, den först begränsande aminosyran bestäms av den samlade tillförseln av AAT

- Majs och majsglutenmjöl har låg lysinhalt jfrt med mjölkprotein
- Soja är rikt på lysin, men relativt lågt innehåll av metionin



Samma mängd AAT kan ge olika försörjning med essentiella aminosyror. Därför är det den totala foderstatens aminosyrabalans som avgör vilka aminosyror som begränsar mjölkproteinsyntesen.

Vad vet vi från tidigare studier?



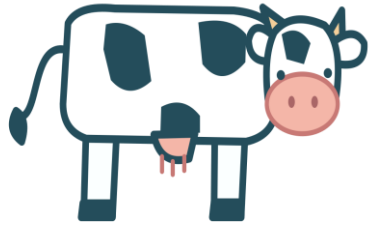
Hur påverkar våmskyddade aminosyror mjölkproduktionen? (Lee et al., 2012)

- 24 +24 Holsteinkor i två försök med 4 nivåer av AAT:

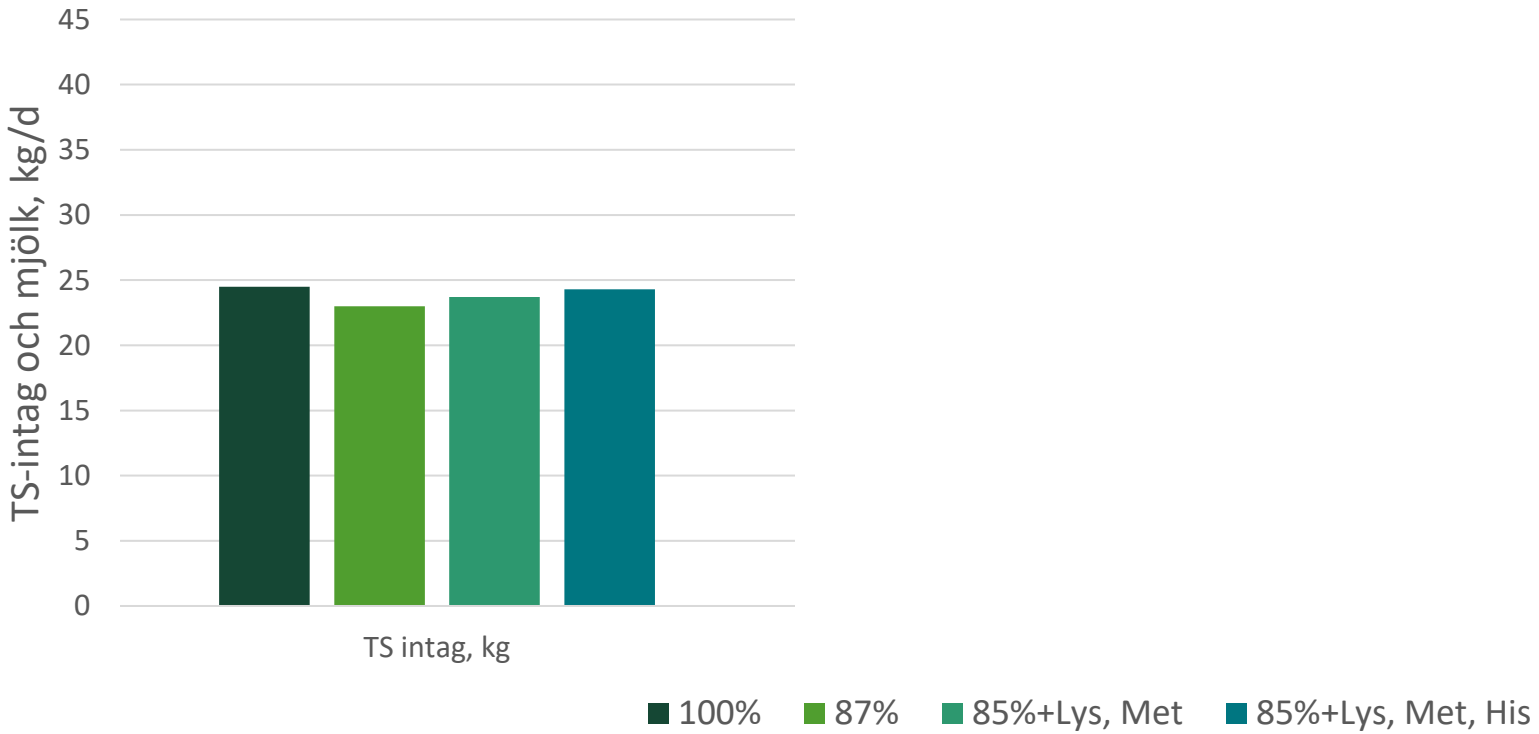
  1) 100% 2) 87% 3) 85%+Lys, Met 4) 85%+Lys, Met, His

- Majs- och lucernensilage (40:20), majskorn, rapsmjöl och sojabönor.

Vad vet vi från tidigare studier?

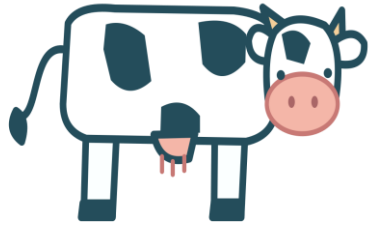


Respons vid olika nivåer av AAT och aminosyratillskott

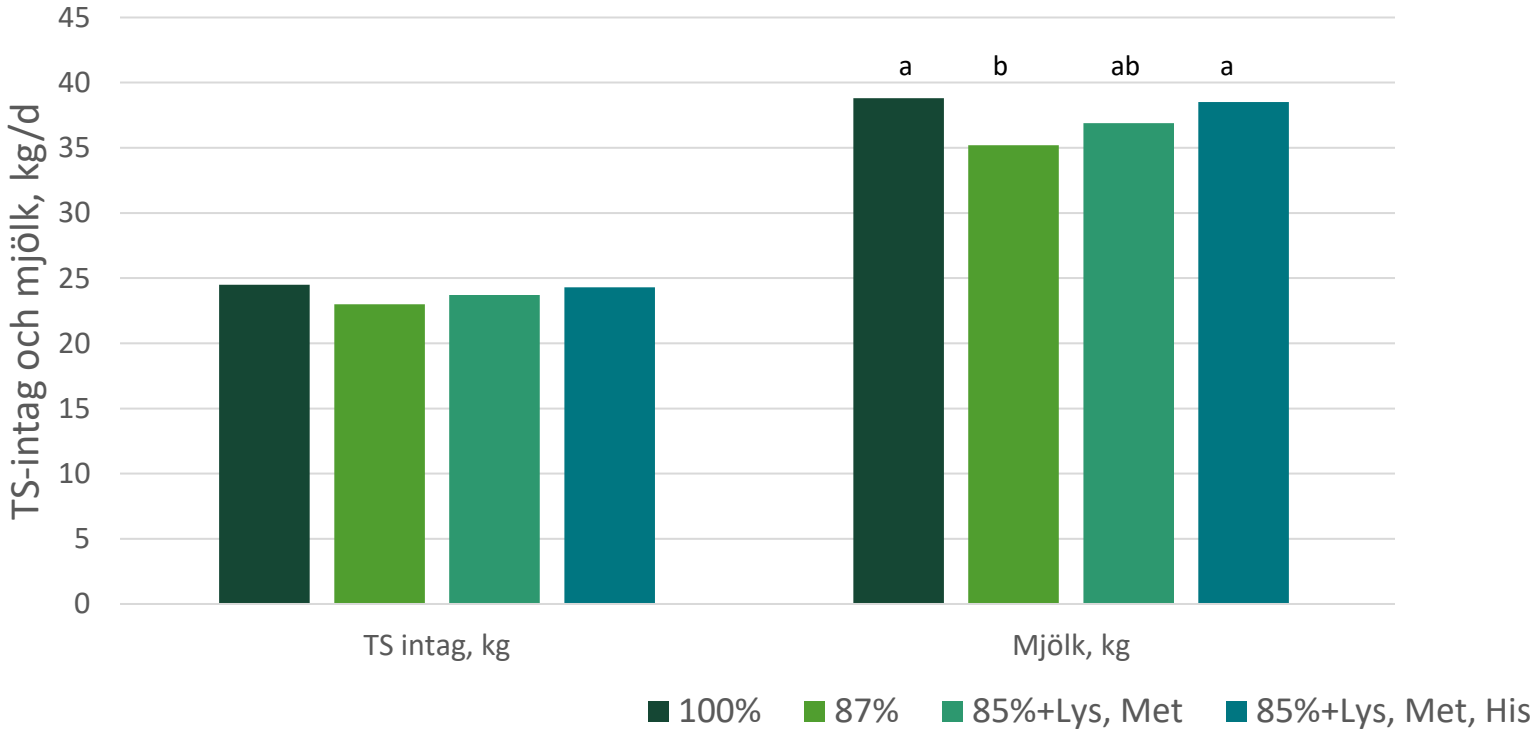


(Lee et al., 2012)

Vad vet vi från tidigare studier?

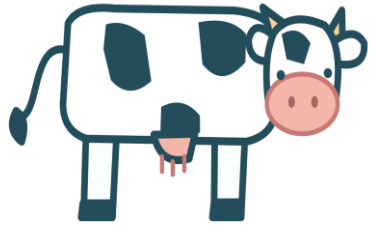


Respons vid olika nivåer av AAT och aminosyratillskott

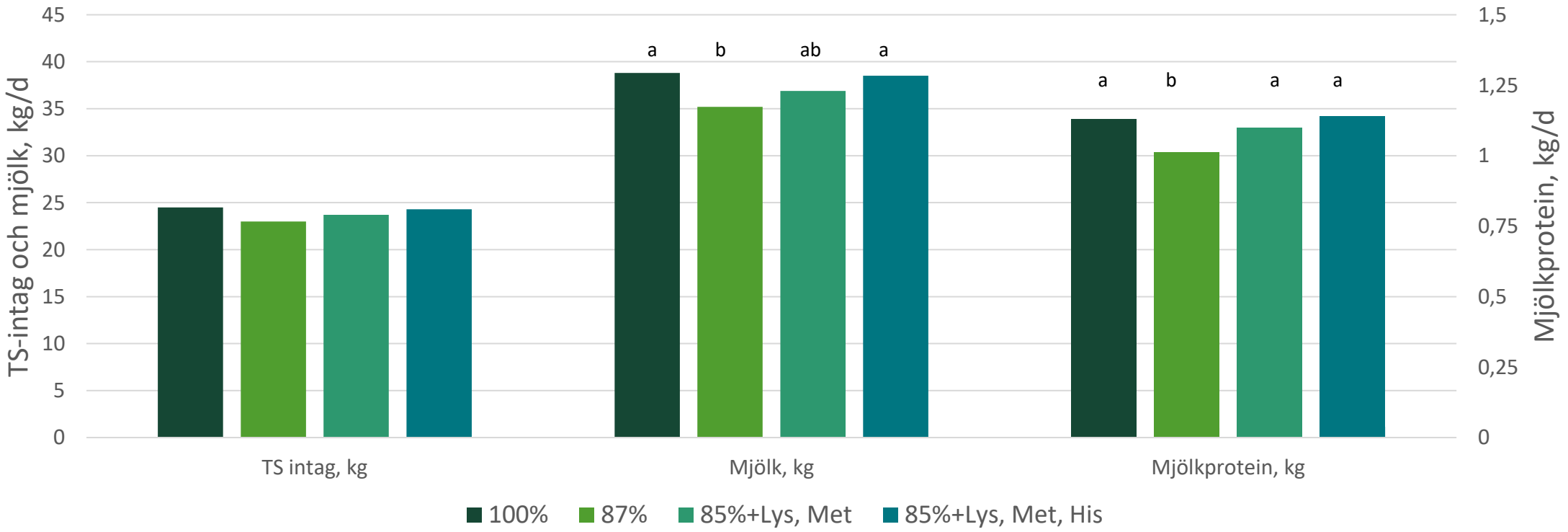


(Lee et al., 2012)

Vad vet vi från tidigare studier?

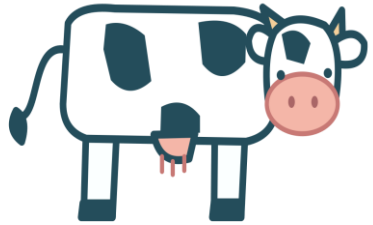


Respons vid olika nivåer av AAT och aminosyratillskott

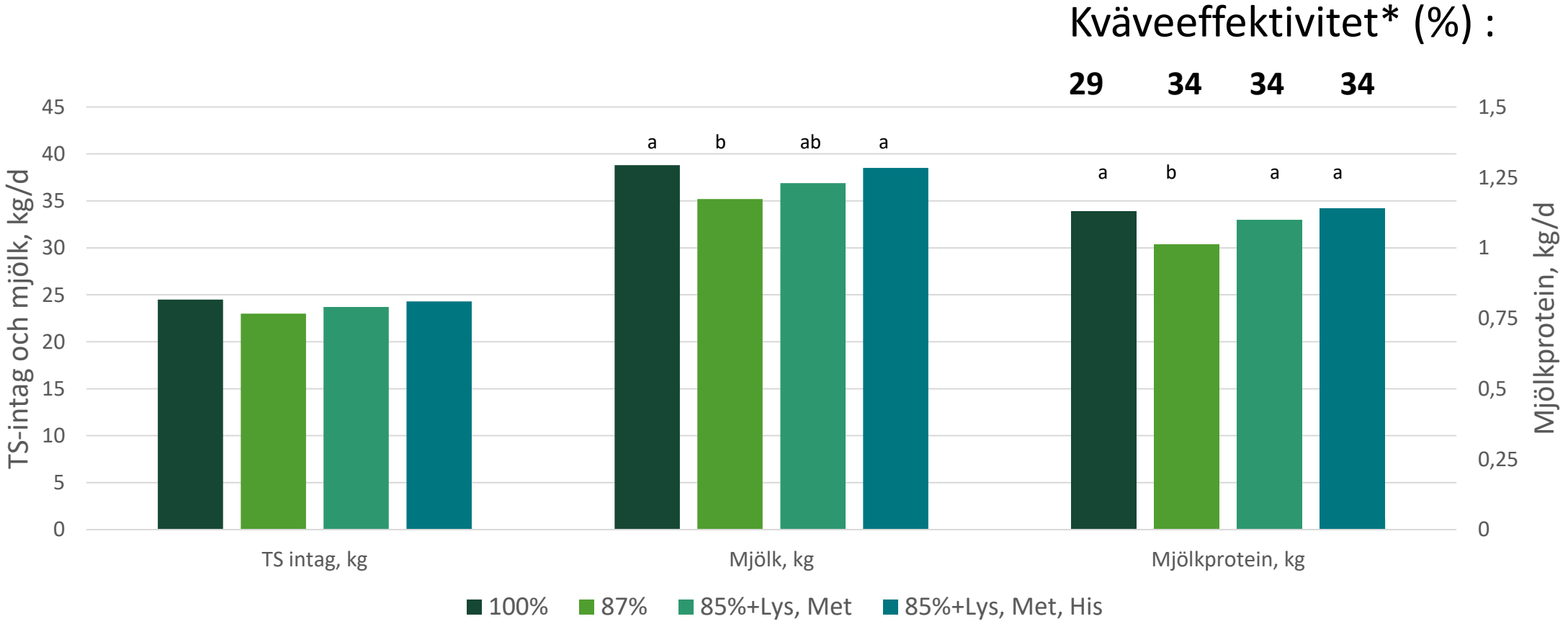


(Lee et al., 2012)

Vad vet vi från tidigare studier?



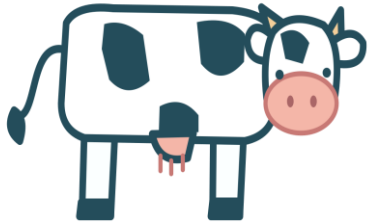
Respons vid olika nivåer av AAT och aminosyratillskott



*Kväveeffektivitet i True milk protein

(Lee et al., 2012)

Vad vet vi från tidigare studier?



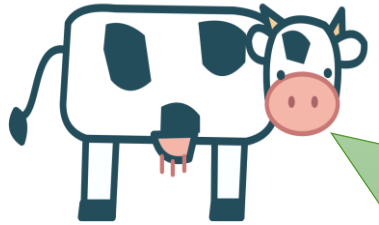
Hur påverkar stärkelsenivå och tillsats av His? (Peng et al., 2026)

- 12 Holsteinkor i Latin square med låg RP nivå (14%) och 2 nivåer av stärkelse (28,4% & 17,4%) och med eller utan His :

  1) Hög STÄ 2) Hög STÄ+His 3) Låg STÄ 4) Låg STÄ+His

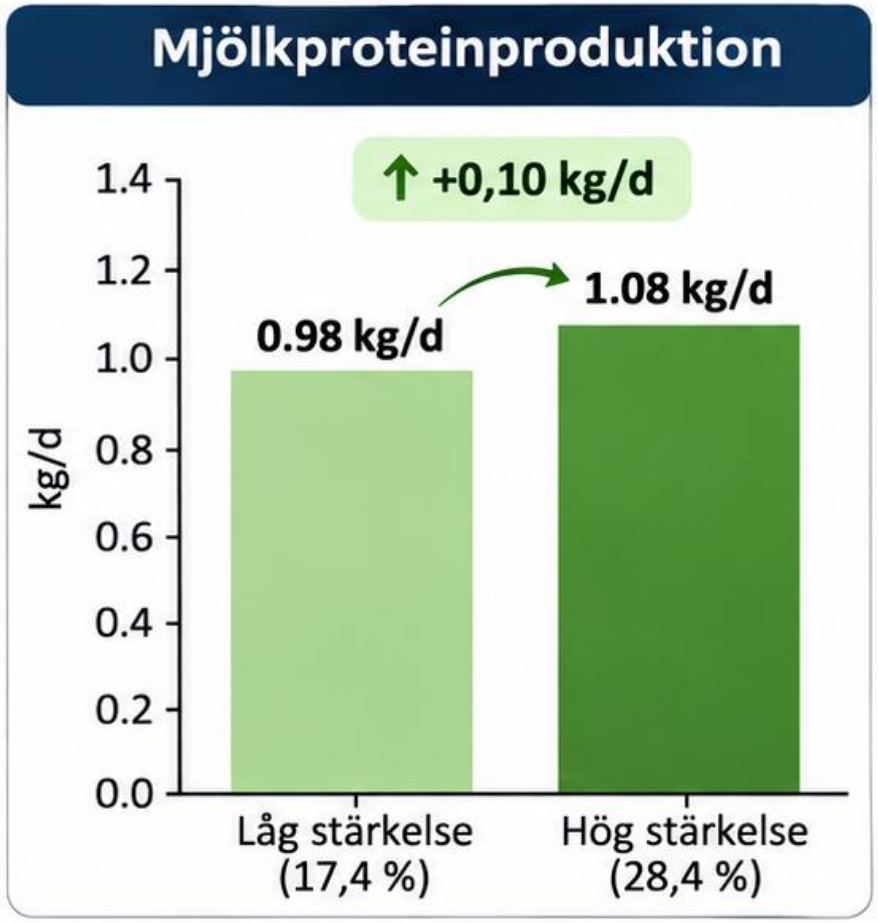
- Majs- och gräsensilage och lucernhö (72-81% av ts), majskorn + proteinfoder. Met och Lys tillsatt för att täcka behovet.

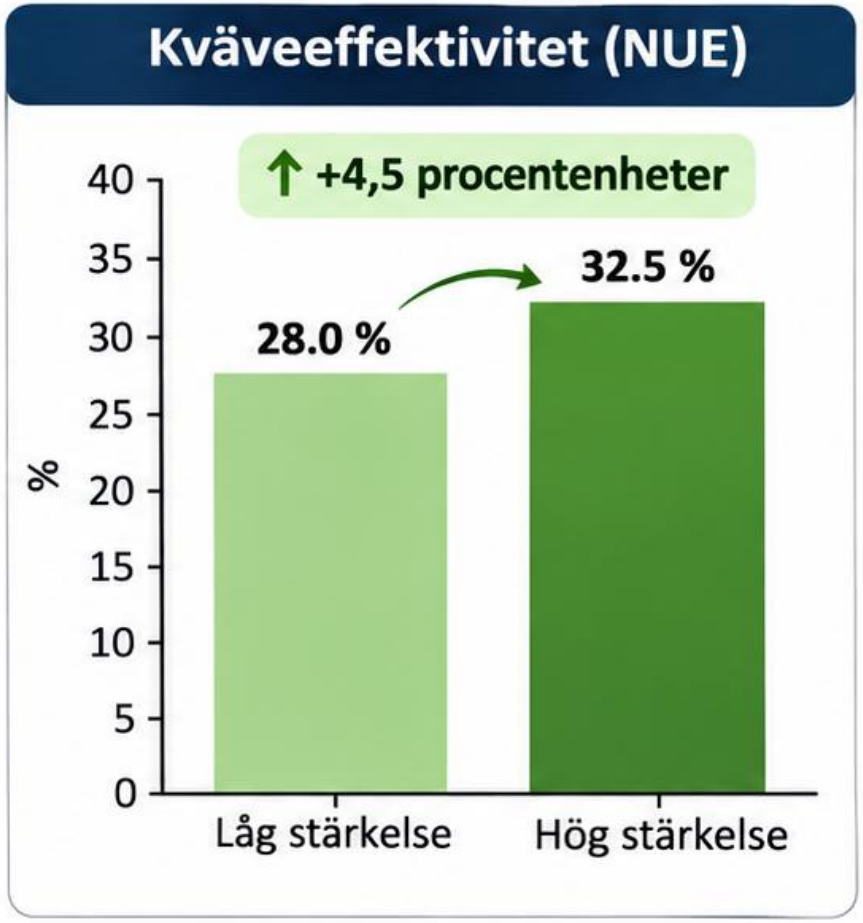
Vad vet vi från tidigare studier?



Ingen tydlig effekt av histidin

Respons vid 14% RP-halt och 2 olika stärkelsenivåer

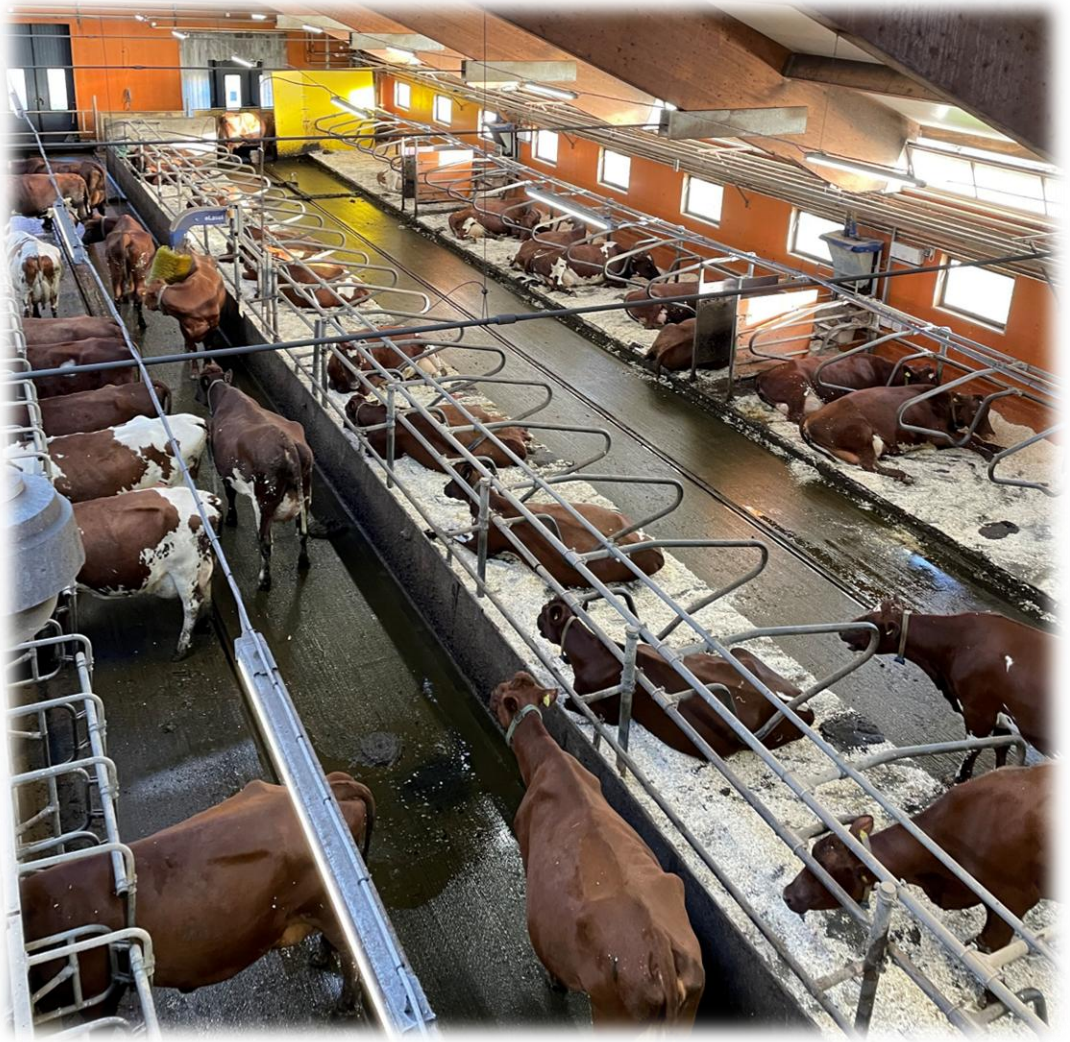




(Peng et al., 2026)

Aktuell forskning vid SLU

- Sänkt nivå AAT/MJ NEL från norm 15 till 14.
- Med eller utan våmskyddad-His tillsats
- 30 kor i Röbäcksdalen SLU Umeå 23/10-7/1
- Vallfoderbaserad foderstat 50:50
- Effekt på mjölkproduktion och kväveeffektivitet
- Preliminära resultat våren 2027



Slutsats – Högre kväveeffektivitet kräver mer än mindre RP

Avgörande:

- Råproteinets nedbrytbarhet och mängd fermenterbar energi i våmmen
- Förutsättningar för syntes av mikrobprotein
- Absorption av aminosyror från mikrober och foder i tunntarmen
- Aminosyrornas omsättning och mjölkproteinsyntes

- Hur väl skattas verklig aminosyratillförsel?
- Varför varierar responsen mellan individer?

Tack för uppmärksamheten, frågor?

Mikaela.Lindberg@slu.se

