

Predizione delle emissioni di metano nella bovina da latte: il Progetto FAME per una genetica a supporto dell'allevatore

Prof. Massimo De Marchi – Dott.ssa Silvia Magro

Dipartimento Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente, Università di Padova



Bressanvido (VI) – 11 Ottobre 2025



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**



Fig. 8.4.1 Sustainability pillars.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Fig. 8.4.3 Sustainability pillars.



Fig. 8.4.3 Sustainability pillars.

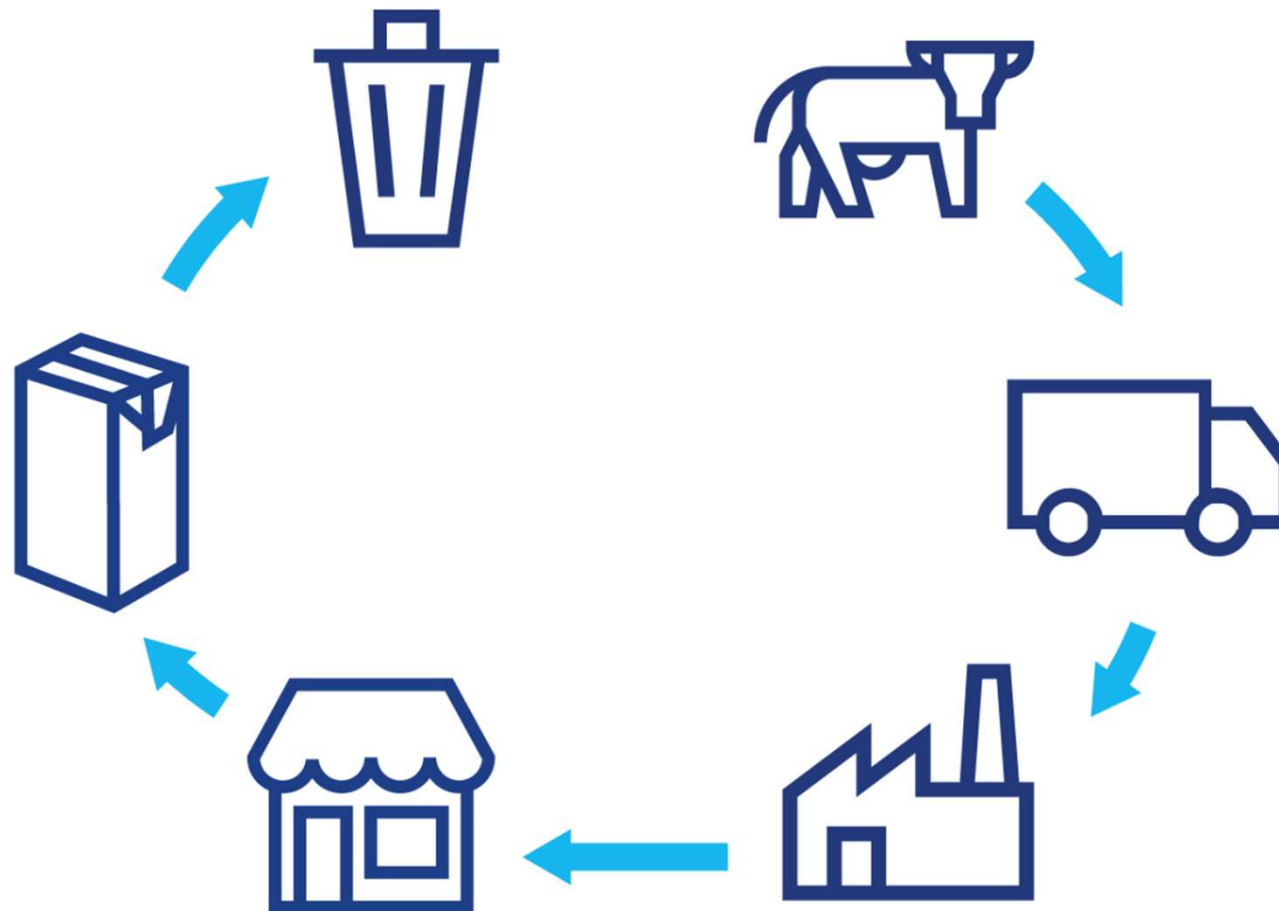


Fig. 8.4.2 The dairy value chain.

- I gas serra più rilevanti provenienti dall'industria lattiero-casearia sono l'anidride carbonica (CO₂), il protossido di azoto (N₂O) e il metano (CH₄).
- Le emissioni si verificano lungo tutta la filiera del latte: produzione del latte crudo, trasporto, trasformazione e confezionamento, distribuzione dei prodotti, consumo e smaltimento rifiuti.
- Il maggiore contributo alle emissioni di gas serra avviene in azienda agricola durante la produzione del latte, questo dovuto all'attività ruminale delle vacche (CH₄).

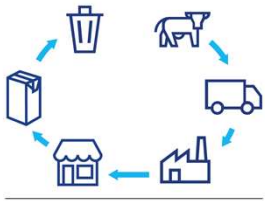


Fig. 8.4.2 The dairy value chain.



Fig. 8.4.3 Sustainability pillars.

- I gas serra più rilevanti provenienti dall'industria lattiero-casearia sono l'anidride carbonica (CO₂), il protossido di azoto (N₂O) e il metano (CH₄).
- Le emissioni si verificano lungo tutta la filiera del latte: produzione del latte crudo, trasporto, trasformazione e confezionamento, distribuzione dei prodotti, consumo e smaltimento rifiuti.
- Il maggiore contributo alle emissioni di gas serra avviene in azienda agricola durante la produzione del latte, questo dovuto all'attività ruminale delle vacche (CH₄).



Fig. 8.4.2 The dairy value chain.



Fig. 8.4.3 Sustainability pillars.

ISPRA, emissioni: calano in agricoltura

Scritto da Anna Simone / 08 Lug 2024

Nuovo report ISPRA sulle emissioni in Italia: dal 1990 le emissioni inquinanti si sono ridotte del 21%. Dati più che positivi arrivano dal comparto agricolo, negativi da quello dei trasporti.

Da nord a sud della nostra penisola l'agricoltura contribuisce a circa il 7,4% delle emissioni totali di gas serra e nel 2022 si è registrato un calo di queste emissioni del -18,9% dal 1990. I dati emergono dall'ultimo rapporto "Le emissioni di gas serra in Italia. Obiettivi di riduzione al 2030" firmato dall'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (Ispra). A emettere di più non è il comparto agricolo, come spesso erroneamente si ritiene, ma quello dei trasporti.

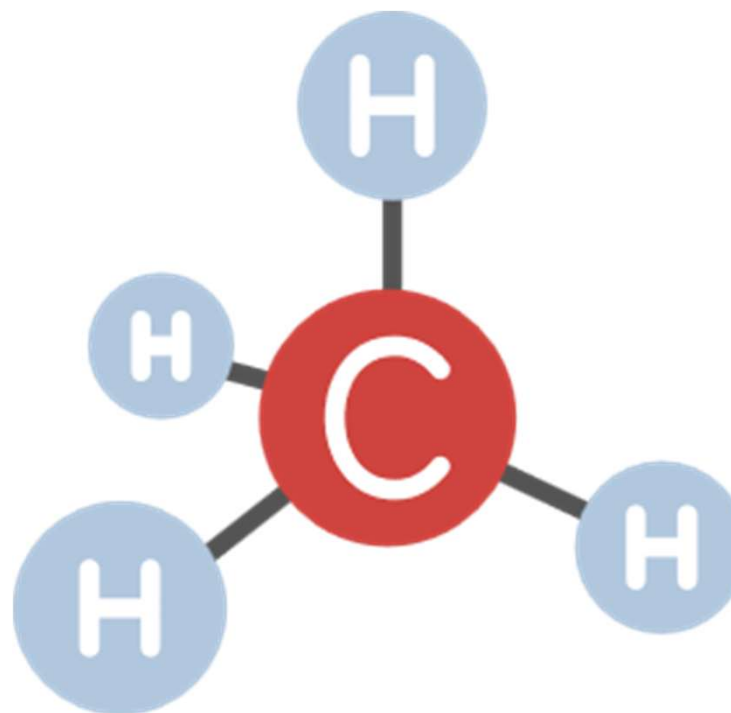


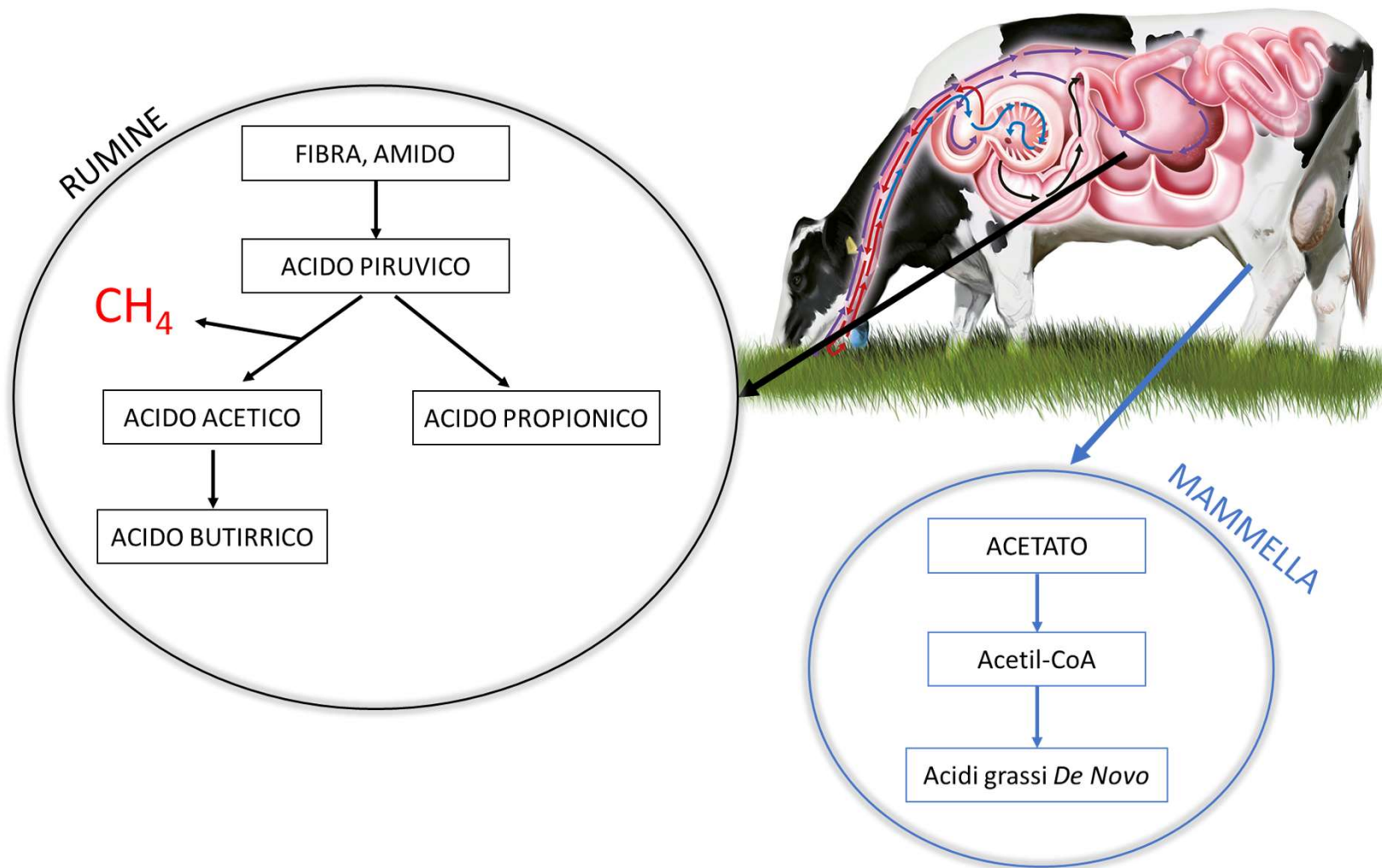
Idrocarburo molto
presente in natura

A temperatura ambiente è un
GAS incolore e inodore



Partecipa all'effetto serra

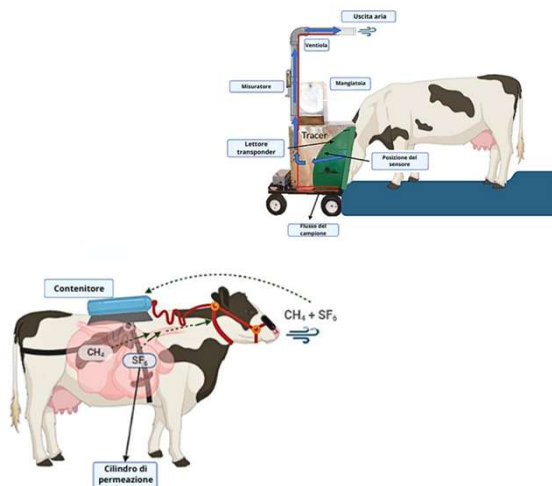
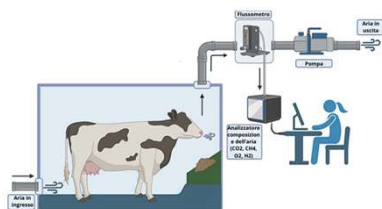




Come misuriamo il Metano ?

Metodi diretti

- Camera di respirazione
- Esafluoruro di zolfo tracciante (SF₆)
- Green Feed
- Anidride carbonica tracciante
- Rilevatore laser



Metodi indiretti o predittivi

- Equazioni di stima
- Infrarosso



Progetto FAME (Milk Fatty Acids and Methane Emission)

Attività Aggiuntive al programma C.F. 2024

Progetto FAME (Milk Fatty Acids and Methane Emission)

Attività Aggiuntive al programma C.F. 2024

Aprile 2024



Ottobre 2024



30 allevamenti



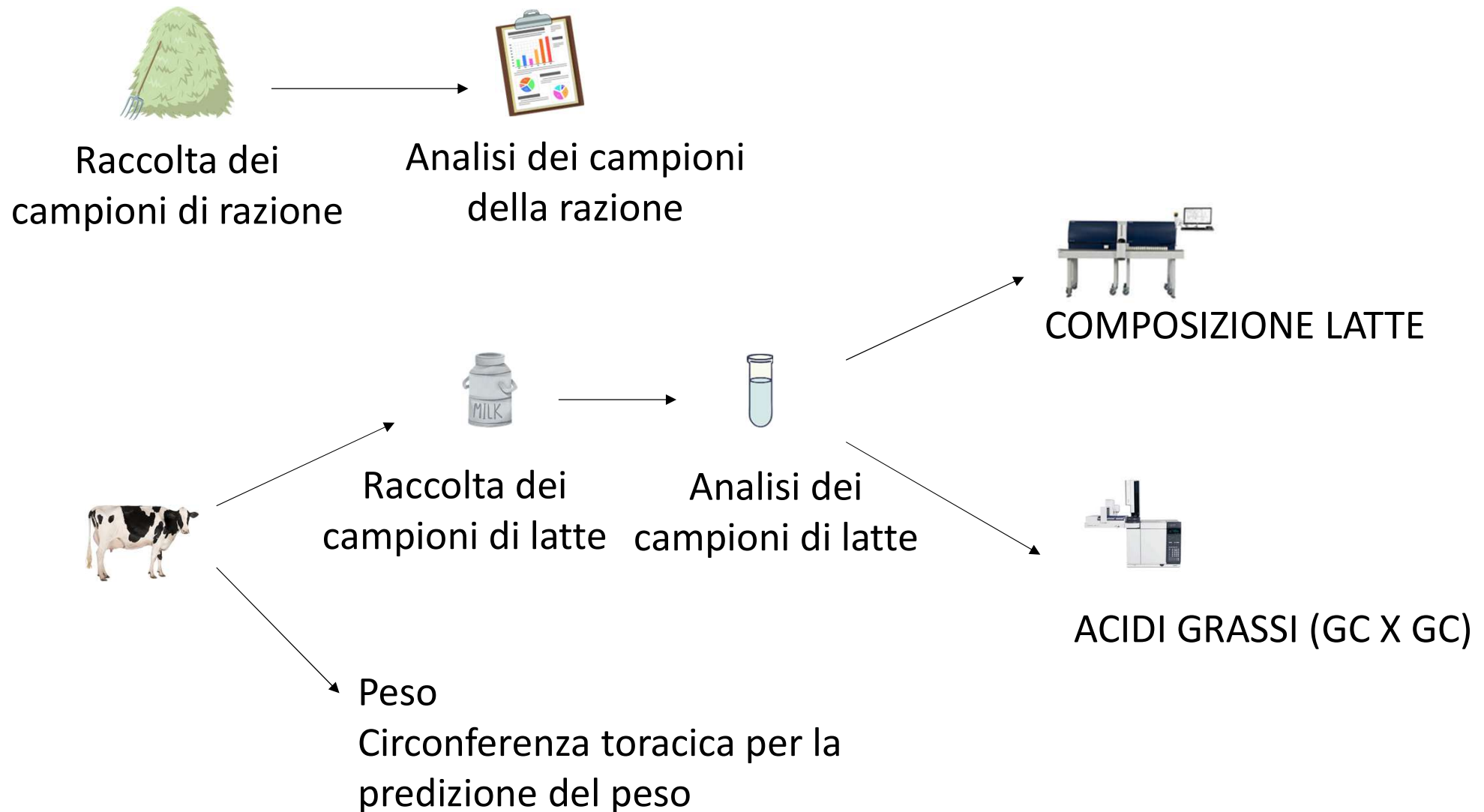
10 robot di mungitura
20 sala di mungitura



1.800 vacche



Frisona
Pezzata rossa
Rendena



92 diverse tipologie di acidi grassi
individuati



24 utilizzati nelle equazioni di stima
per la predizione del metano

Acidi grassi, g/100g acidi grassi	Media	DS	Min	Max
C10:0	2.88	0.50	0.82	4.36
C15:0	1.15	0.27	0.43	3.15
anteiso C15:0	0.45	0.09	0.16	0.85
iso C15:0	0.21	0.06	0.02	0.46
C16:0	31.67	3.43	22.63	46.34
iso C16:0	0.25	0.09	0.01	0.58
C16:1 trans-9	0.05	0.02	0.00	0.30
C17:0	0.63	0.16	0.03	1.49
C17:0 anteiso	0.01	0.01	0.00	0.10
iso C17:0	0.35	0.06	0.18	0.59
C17:1 cis-9	0.22	0.07	0.10	0.63
C18:1 trans-15	0.41	0.18	0.00	1.00
C18:1 cis-11	0.58	0.22	0.00	1.55
C18:1 cis-13	0.07	0.04	0.00	0.40
C18:1 trans-10	0.49	0.42	0.09	4.77
C18:1 trans-11	0.92	0.29	0.32	2.50
C18:1 cis-15	0.10	0.03	0.00	0.25
C18:1 cis-9	19.21	2.88	0.00	31.87
C18:2 trans-11, cis-15	0.04	0.07	0.00	1.67
C18:2 cis-9, cis-12	2.43	0.59	0.03	4.36
C18:3n3 cis 9,12,15	0.34	0.11	0.01	0.83
C20:4n6 cis 5,8,11,14	0.16	0.03	0.00	0.36
C22:5n3`	0.07	0.02	0.00	0.38
C24:0	0.04	0.02	0.00	0.13

- Acidi grassi latte
- Composizione latte
- Ingestione sostanza secca
- Peso vivo
- Composizione razione



Production (g/giorno per vacca)

Yield (g/kg di sostanza secca ingerita)

Intensity (g/kg di latte)

Predicting enteric methane emission of dairy cows with milk Fourier-transform infrared spectra and gas chromatography–based milk fatty acid profiles

S. van Gastelen,^{*}†¹ H. Mollenhorst,[‡]†² E. C. Antunes-Fernandes,^{*}§³ K. A. Hettinga,[§] G. G. van Burgsteden,[‡]†⁴ J. Dijkstra,[†] and J. L. W. Rademaker[†]†⁵

^{*}Top Institute Food and Nutrition, PO Box 557, 6700 AN Wageningen, the Netherlands

†Animal Nutrition Group, Wageningen University & Research, PO Box 338, 6700 AH Wageningen, the Netherlands

‡Qlip B.V., PO Box 119, 7200 AC Zutphen, the Netherlands

§Food Quality and Design Group, Wageningen University & Research, PO Box 17, 6700 AH Wageningen, the Netherlands

Individual milk fatty acids are potential predictors of enteric methane emissions from dairy cows fed a wide range of diets: Approach by meta-analysis

A. Bougouin,¹ J. A. D. Ranga Niroshan Appuhamy,² A. Ferlay,¹ E. Kebreab,³ C. Martin,¹ P. J. Moate,⁴ C. Benchaar,⁵ P. Lund,⁶ and M. Eugène^{1*}

¹Université Clermont Auvergne, INRA, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

²Department of Animal Science, Iowa State University, Ames 50011

³Department of Animal Science, University of California, Davis 95616

⁴Agriculture Victoria Research, Ellinbank, Victoria 3821, Australia

⁵Agriculture and Agri-Food Canada, Sherbrooke Research and Development Centre, Sherbrooke, Quebec, Canada J1M 0C

⁶Department of Animal Science, Aarhus University, AU Foulum, DK-8830 Tjele, Denmark

Relationships between methane production and milk fatty acid profiles in dairy cattle

J. Dijkstra^{a,*}, S.M. van Zijderveld^b, J.A. Apajalahti^c, A. Bannink^d, W.J.J. Gerrits^a, J.R. Newbold^b, H.B. Perdok^b, H. Berends^a

^a Animal Nutrition Group, Wageningen University, P.O. Box 338, 6700 AH Wageningen, The Netherlands

^b Provimi Research Centre, Veilingweg 23, 5334 LD Velddriel, The Netherlands

^c Alimetrix, Koskelontie 19B, FI-02920 Espoo, Finland

^d Livestock Research, Animal Sciences Group, Wageningen University and Research Centre, Lelystad, The Netherlands

Meta-analysis of relationships between enteric methane yield and milk fatty acid profile in dairy cattle

H. J. van Lingen,^{*}†¹ L. A. Crompton,[‡] W. H. Hendriks,[†]§ C. K. Reynolds,[‡] and J. Dijkstra[†]

^{*}TI Food and Nutrition, PO Box 557, 6700 AN Wageningen, the Netherlands

†Animal Nutrition Group, Wageningen University, PO Box 338, 6700 AH Wageningen, the Netherlands

‡Division of Food Production and Quality, School of Agriculture, Policy and Development, University of Reading, Reading RG6 6AR, United Kingdom

§Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University, PO Box 80.163, 3508 TD Utrecht, the Netherlands

Production (g/giorno per vacca)

Equation	Level	Prediction equation
1	Milk composition	$467.3 (\pm 49.24) + 26.7 \times \text{C10:0} (\pm 8.66) - 101.1 \times [\text{iso C17:0} + \text{trans-9 C16:1}] (\pm 47.34) - 122.8 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 23.48) - 37.3 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 9.76)$ (RMSE = 65.1; $R^2 = 0.84$)
2	Milk composition + intake	$219.1 (\pm 43.90) - 67.9 \times [\text{iso C17:0} + \text{trans-9 C16:1}] (\pm 39.28) - 85.1 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 21.40) - 10.9 \times \text{trans-10 C18:1} (\pm 3.63) - 37.9 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 7.72) + 13.9 \times \text{DMI} (\pm 1.39)$ (RMSE = 56.9; $R^2 = 0.89$)
3	Milk composition + intake + diet composition	$-85.4 \times \text{iso C17:0} + \text{trans-9 C16:1} (\pm 36.69) - 70.3 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 19.43) - 11.2 \times \text{trans-10 C18:1} (\pm 3.47) - 37.2 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 7.42) + 13.9 \times \text{DMI} (\pm 1.14) + 5.7 \times \text{NDF} (\pm 0.81)$ (RMSE = 53.9; $R^2 = 0.90$)
4	Milk composition + animal characteristics	$198.5 (\pm 61.72) + 13.014.9 \times \text{C10:0} (\pm 8.40) - 101.6 \times [\text{iso C17:0} + \text{trans-9 C16:1}] (\pm 45.92) - 145.4 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 21.30) - 38.2 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 9.01) + 0.5 \times \text{BW} (\pm 0.07)$ (RMSE = 57.3; $R^2 = 0.88$)
5	Milk composition + intake + dairy performance	$-54.9 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 18.60) - 9.7 \times \text{trans-10 C18:1} (\pm 3.58) - 37.1 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 6.63) + 15.7 \times \text{DMI} (\pm 1.05) + 31.2 \times \text{milk fat} (\pm 5.48)$ (RMSE = 57.3; $R^2 = 0.89$)
6	Milk composition + dairy performance	$372.5 (\pm 51.68) + 18.6 \times \text{C10:0} (\pm 8.69) - 79.3 \times \text{iso C17:0} + \text{trans-9 C16:1} (\pm 45.37) - 103.4 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 24.44) - 38.9 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 9.39) + 3.6 \times \text{milk} (\pm 0.77)$ (RMSE = 62.5; $R^2 = 0.86$)
7	Milk composition + dairy performance	$178.6 (\pm 57.13) + 22.7 \times \text{C10:0} (\pm 7.96) - 100.0 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 22.96) - 41.5 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 8.81) + 4.2 \times \text{milk} (\pm 0.77) + 31.2 \times \text{milk fat} (\pm 7.96)$ (RMSE = 61.2; $R^2 = 86.3$)
8	Milk composition + intake + dairy performance + diet composition	$-165.2 (\pm 76.42) + 15.6 \times \text{C10:0} (\pm 7.57) - 66.7 \times [\text{iso C17:0} + \text{trans-9 C16:1}] (\pm 38.81) - 63.4 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 20.40) - 30.6 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 8.00) + 13.2 \times \text{DMI} (\pm 1.36) + 24.3 \times \text{milk fat} (\pm 6.75) + 6.27 \times \text{NDF} (\pm 1.24)$ (RMSE = 52.6; $R^2 = 0.90$)
9	Milk composition + intake + diet composition + animal characteristics	$-127.55 (\pm 63.07) - 90.4 \times [\text{iso C17:0} + \text{trans-9 C16:1}] (\pm 36.82) - 108.0 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 16.42) - 20.6 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 8.64) + 11.3 \times \text{DMI} (\pm 1.28) + 6.6 \times \text{NDF} (\pm 0.08) - 8.7 \times \text{EE} (\pm 2.75) + 0.3 \times \text{BW} (\pm 0.06)$ (RMSE = 46.6; $R^2 = 0.92$)
10	Milk composition + dairy performance + animal characteristics	$-62.1 \times \text{iso C17:0} + \text{trans-9 C16:1} (\pm 39.31) - 132.2 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 18.47) - 41.7 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 7.70) + 4.4 \times \text{milk} (\pm 0.64) + 27.0 \times \text{milk fat} (\pm 6.59) + 0.4 \times \text{BW} (\pm 0.05)$ (RMSE = 52.8; $R^2 = 0.90$)
11	Milk composition + dairy performance + diet composition + animal characteristics	$-344.3 (\pm 93.83) + 17.8 \times \text{C10:0} (\pm 7.71) - 83.5 \times [\text{iso C17:0} + \text{trans-9 C16:1}] (\pm 39.33) - 119.2 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 19.47) - 32.5 \times \text{trans-11, cis-15 C18:2} (\pm 8.04) + 4.5 \times \text{milk} (\pm 0.75) + 46.6 \times \text{milk protein} (\pm 16.26) + 7.3 \times \text{NDF} (\pm 1.18) + 0.4 \times \text{BW} (\pm 0.07)$ (RMSE = 50.72; $R^2 = 0.91$)

Yield (g/kg di sostanza secca ingerita)

Equation	Level	Prediction equation
12	Milk composition	$21.0 (\pm 1.09) + 10.5 \times \text{iso C16:0} (\pm 2.32) - 2.7 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 0.54) - 0.8 \times \text{trans-10 C18:1} (\pm 0.13) - 1.1 \times \text{cis-9, cis-12 C18:2} (\pm 0.28)$ (RMSE = 2.8; $R^2 = 0.82$)
13	Milk composition + diet composition	$9.3 (\pm 3.10) + 0.1 \times \text{C16:0} (\pm 0.05) + 6.0 \times \text{iso C16:0} (\pm 2.30) - 2.8 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 0.53) - 0.6 \times \text{trans-10 C18:1} (\pm 0.13) - 1.0 \times \text{cis-9, cis-12 C18:2} (\pm 0.28) + 0.3 \times \text{NDF} (\pm 0.05) - 0.4 \times \text{EE} (\pm 0.14)$ (RMSE = 2.6; $R^2 = 0.85$)
14	Milk composition + dairy performance + animal characteristics	$14.9 (\pm 2.29) + 0.1 \times \text{C16:0} (\pm 0.04) + 8.2 \times \text{iso C16:0} (\pm 2.26) - 2.7 \times \text{cis-11 C18:1} (\pm 0.50) - 0.7 \times \text{trans-10 C18:1} (\pm 0.13) - 0.9 \times \text{cis-9, cis-12 C18:2} (\pm 0.27) - 0.01 \times \text{BW} (\pm 0.003)$ (RMSE = 2.5; $R^2 = 0.85$)

Intensity (g/kg di latte)

Equation	Level	Prediction equation
15	Milk composition	$13.8 (\pm 1.19) + 9.8 \times \text{iso C16:0} (\pm 2.97) - 2.4 \times \text{cis-15 C18:1} (\pm 0.88) - 0.4 \times [\text{trans-10} + \text{trans-11 C18:1}] (\pm 0.12)$ (RMSE = 2.9; $R^2 = 0.70$)
16	Milk composition + diet composition	$17.0 (\pm 1.42) + 5.5 \times \text{iso C16:0} (\pm 2.60) - 0.9 \times \text{trans-10 C18:1} (\pm 0.12) - 0.3 \times \text{EE} (\pm 0.11) - 0.1 \times \text{starch} (\pm 0.04)$ (RMSE = 3.0; $R^2 = 0.71$)
17	Milk composition + dairy performance	$15.3 (\pm 5.37) + 3.9 \times \text{iso C16:0} (\pm 2.40) - 0.5 \times [\text{trans-10} + \text{trans-11 C18:1}] (\pm 0.09) + 1.9 \times \text{milk fat} (\pm 0.30) + 2.2 \times \text{milk protein} (\pm 0.69) - 3.2 \times \text{milk lactose} (\pm 0.88)$ (RMSE = 2.63; $R^2 = 0.77$)
18	Milk composition + animal characteristics	$4.6 (\pm 2.56) + 0.13 \times \text{C16:0} (\pm 0.04) - 0.4 \times [\text{trans-10} + \text{trans-11 C18:1}] (\pm 0.11) - 1.0 \times \text{cis-9, cis-12 C18:2} (\pm 0.27) + 0.01 \times \text{BW} (\pm 0.01) + 0.03 \times \text{DIM} (\pm 0.003)$ (RMSE = 2.8; $R^2 = 0.82$)
19	Milk composition + diet composition + animal characteristics	$-5.2 (\pm 2.63) + 0.2 \times \text{C16:0} (\pm 0.03) + 5.0 \times \text{iso C16:0} (\pm 2.28) - 0.7 \times \text{trans-10 C18:1} (\pm 0.11) + 0.2 \times \text{NDF} (\pm 0.05) + 0.03 \times \text{DIM} (\pm 0.004)$ (RMSE = 2.7; $R^2 = 0.77$)
20	Milk composition + diet composition + dairy performance + animal characteristics	$-10.8 (\pm 6.08) + 6.6 \times \text{iso C16:0} (\pm 2.66) - 0.4 \times [\text{trans-10} + \text{trans-11 C18:1}] (\pm 0.10) + 0.3 \times \text{NDF} (\pm 0.06) + 1.8 \times \text{milk fat} (\pm 0.32) + 2.1 \times \text{milk protein} (\pm 0.76) - 1.7 \times \text{milk lactose} (\pm 0.91) + 0.02 \times \text{BW} (\pm 0.01) + 0.01 \times \text{DIM} (\pm 0.003)$ (RMSE = 2.7; $R^2 = 0.72$)

Production (g/giorno per vacca)

5	Milk composition + intake + dairy performance	(RMSE = 57.3; R ² = 0.88) -54.9 × <u>cis-11 C18:1</u> (±18.60) - 9.7 × <u>trans-10 C18:1</u> (±3.58) - 37.1 × <u>trans-11, cis-15 C18:2</u> (±6.63) + 15.7 × <u>DMI</u> (±1.05) + 31.2 × <u>milk</u> <u>fat</u> (±5.48) (RMSE = 57.3; R ² = 0.89)
---	---	---

Quantitativo di acidi grassi

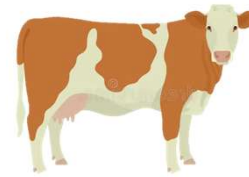
Ingestione di sostanza secca

Quantitativo di grasso nel latte

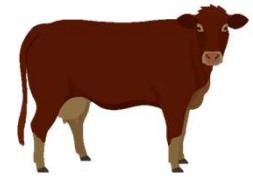
Medie stimate per l'effetto fisso RAZZA



Frisona



Pezzata Rossa



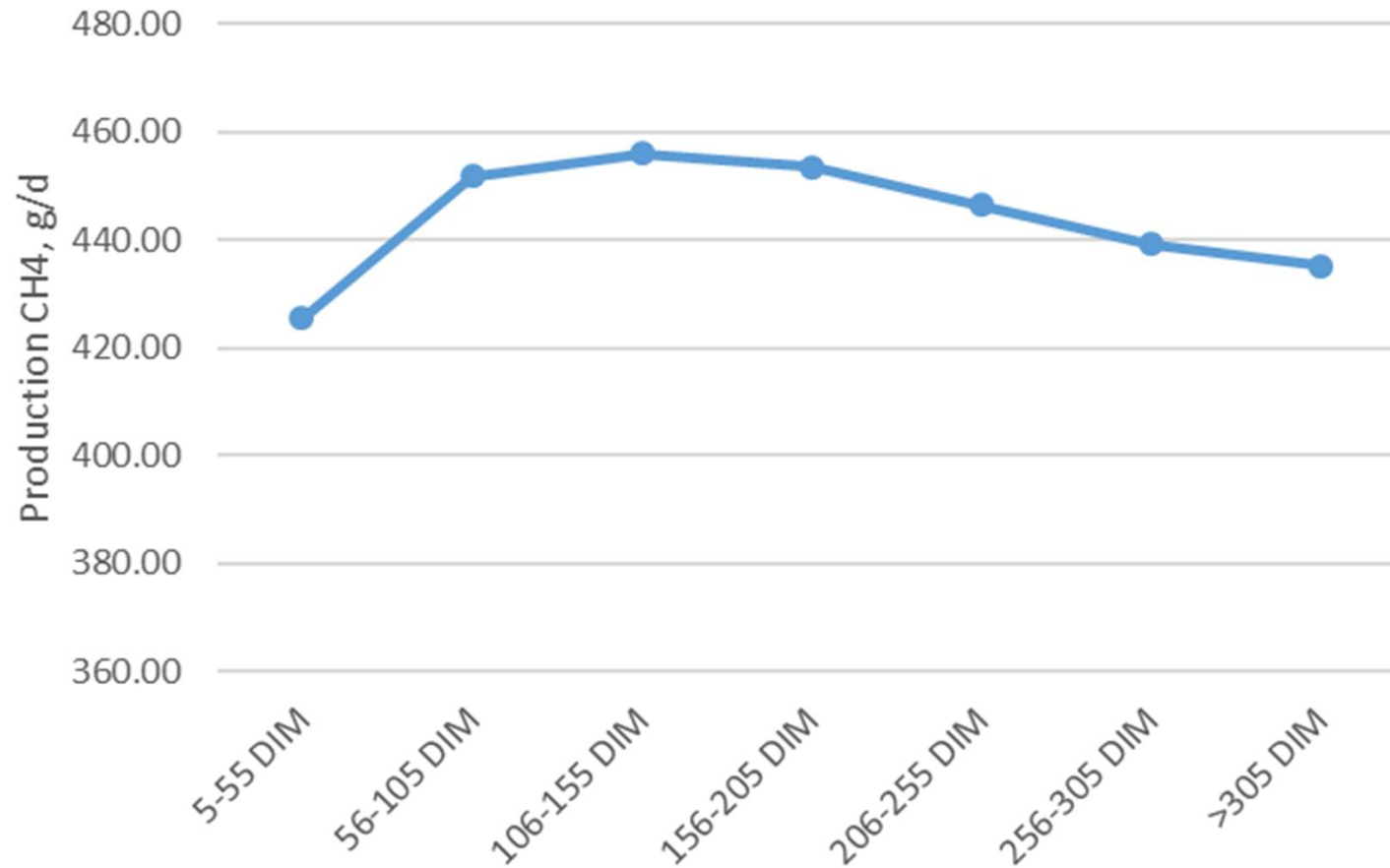
Rendena

CH ₄ Production, g/giorno per vacca	454.71 (312.99 – 573.84)	447.52 (285.37 – 560.74)	428.73 (332.62 – 510.64)
CH ₄ Yield, g/kg di SS ingerita	17.30 (13.44 – 20.57)	18.84 (15.22 – 22.61)	19.99 (17.02 – 22.27)
CH ₄ Intensity, g/kg di latte	15.05 (11.36 – 18.62)	16.15 (13.56 – 19.10)	17.01 (14.58 – 19.23)

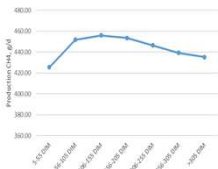
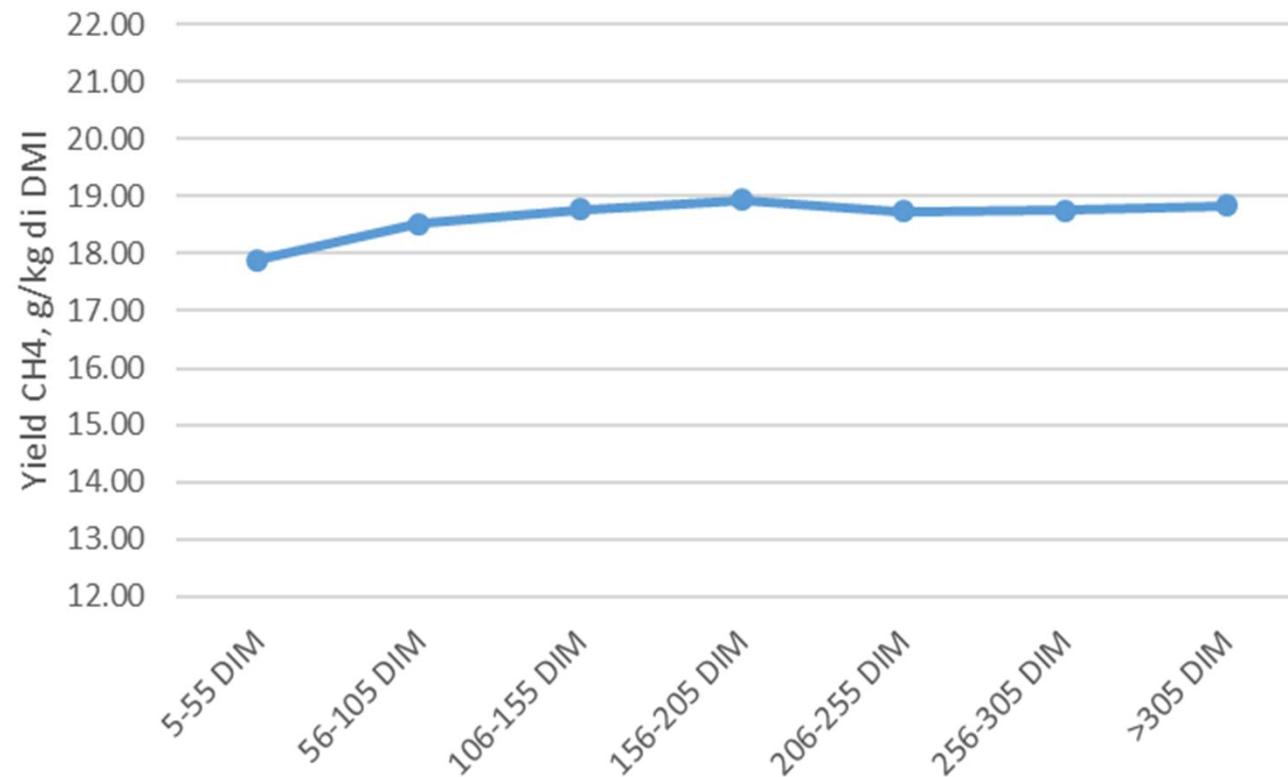
Medie stimate per l'effetto fisso ORDINE DI PARTO

	1	2	≥3
CH ₄ Production, g/giorno per vacca	435.37 (285.37 – 531.45)	459.33 (315.78 – 573.58)	459.58 (335.41 – 573.84)
CH ₄ Yield, g/kg di SS ingerita	15.38 (12.86 – 19.23)	15.52 (11.68 – 19.05)	15.44 (11.35 – 19.10)
CH ₄ Intensity, g/kg di latte	17.79 (13.44 – 22.08)	17.94 (13.55 – 21.96)	17.84 (13.52 – 22.61)

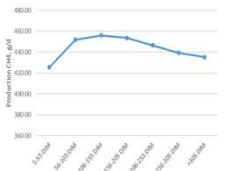
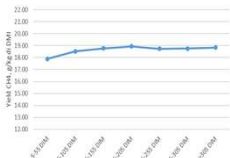
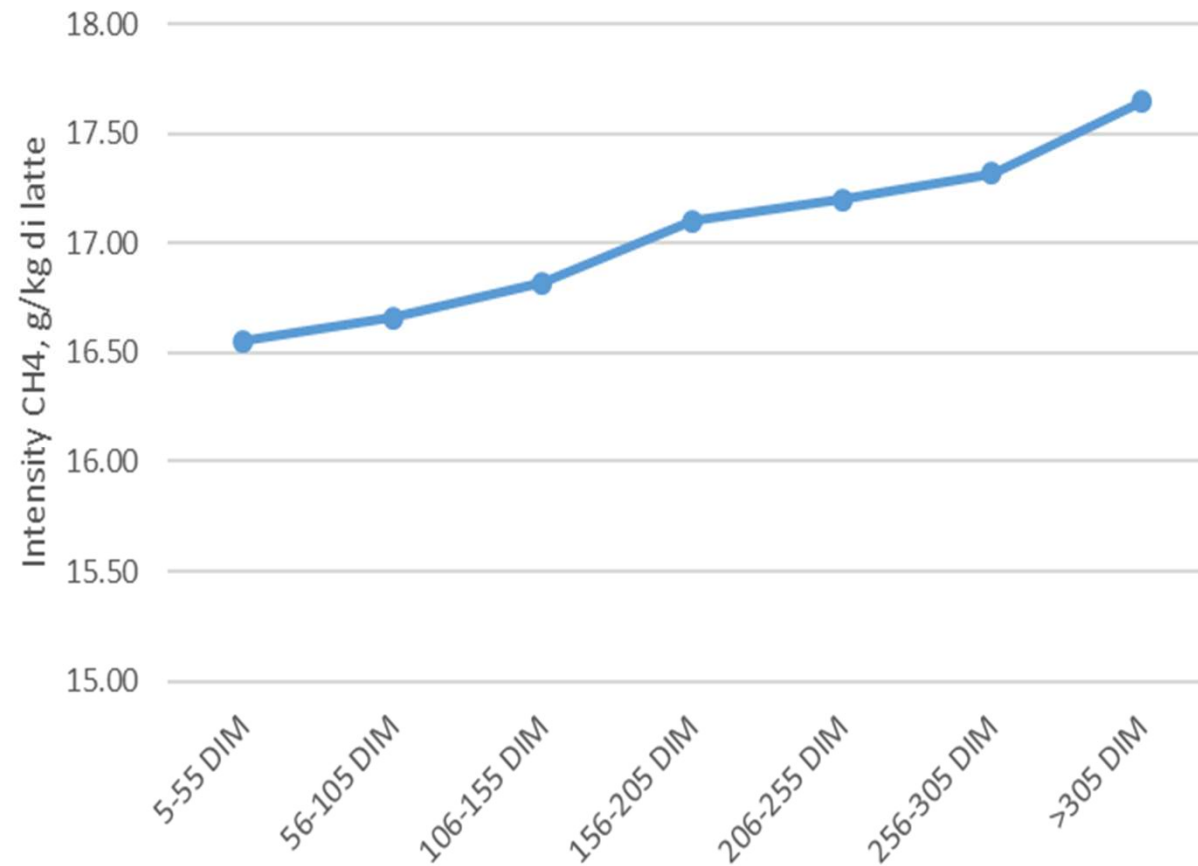
Medie stimate per l'effetto fisso STADIO DI LATTAZIONE



Medie stimate per l'effetto fisso STADIO DI LATTAZIONE

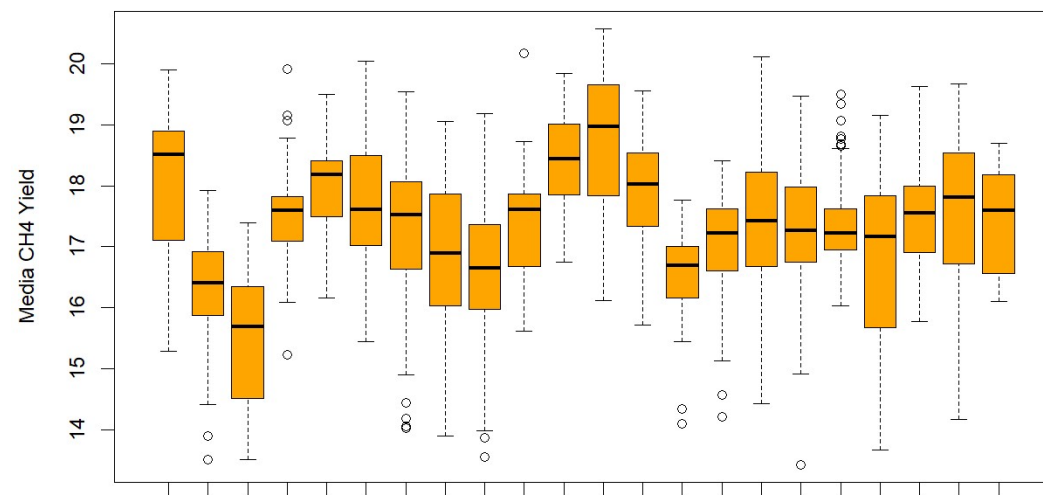
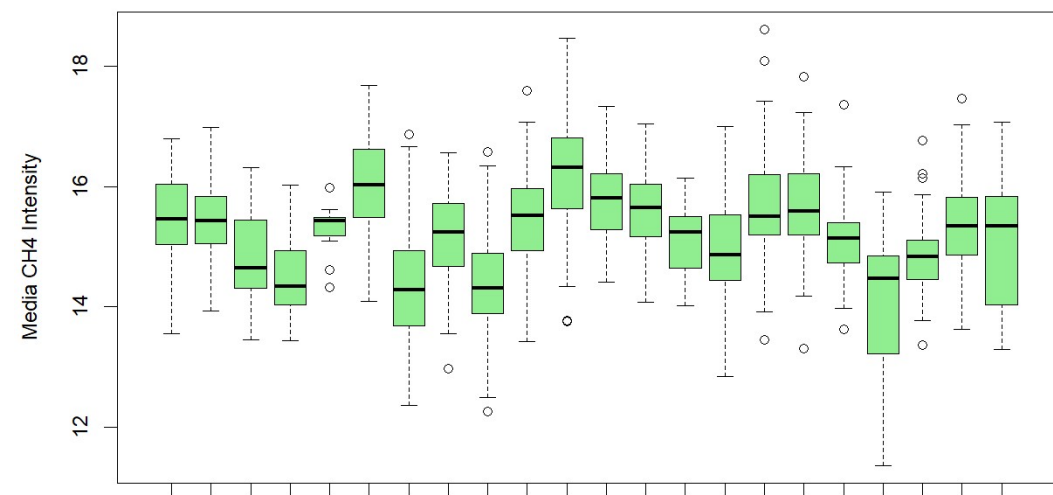
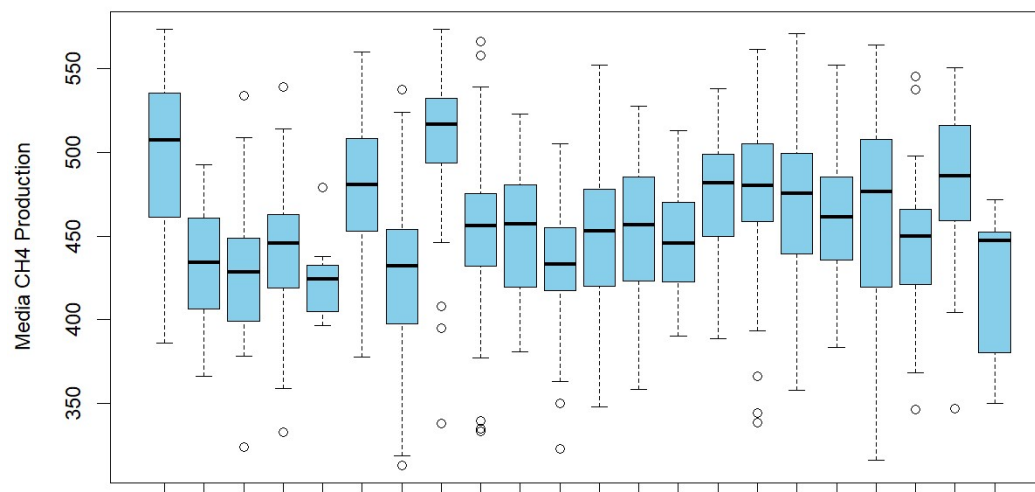


Medie stimate per l'effetto fisso STADIO DI LATTAZIONE

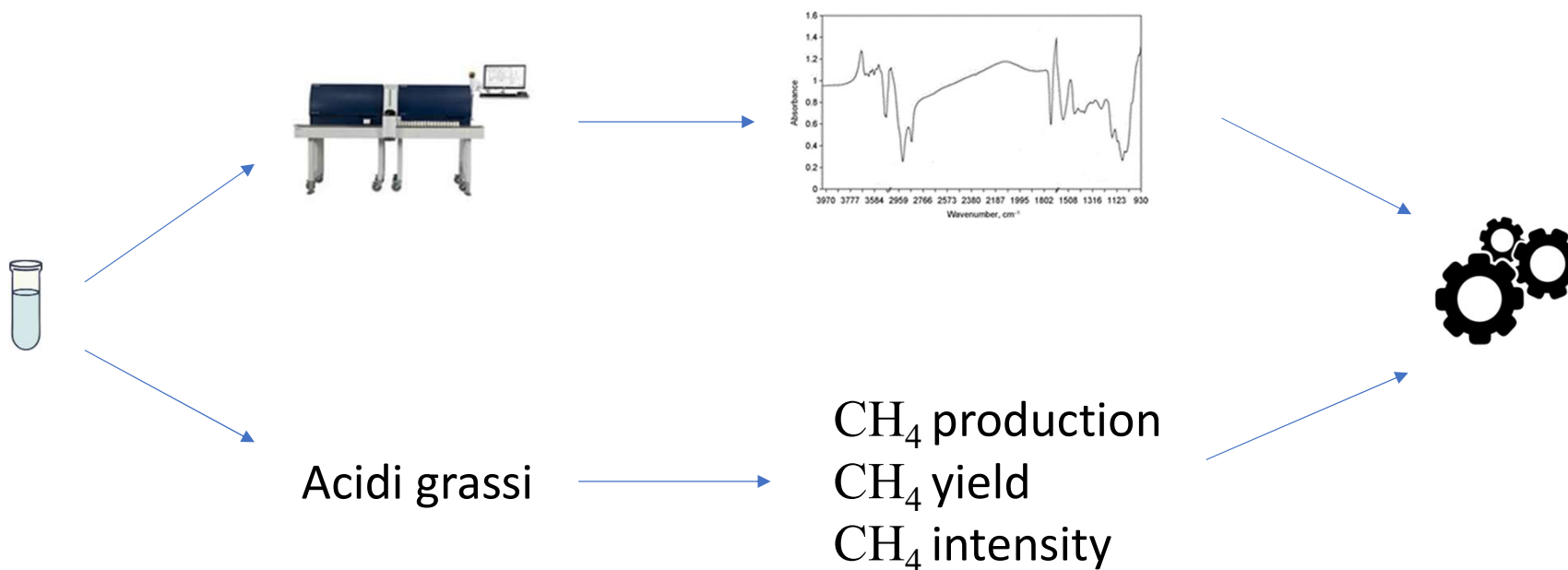




Produzione di metano entro azienda



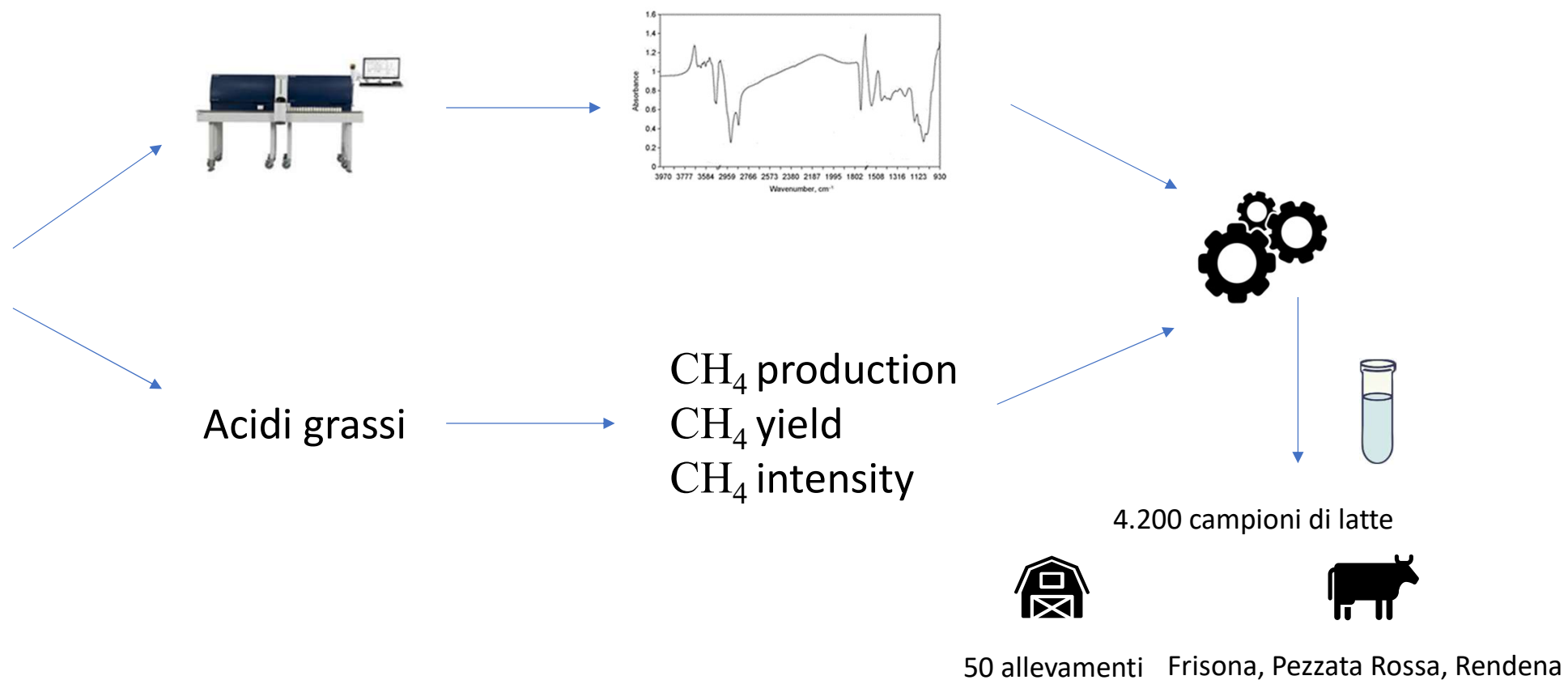
Predizione dei fenotipi di metano con l'infrarosso



Predizione dei fenotipi di metano con l'infrarosso

CH ₄ Production, g/giorno per vacca	→	R ² tra 0.37 a 0.64
CH ₄ Yield, g/kg di SS ingerita	→	R ² tra 0.33 a 0.68
CH ₄ Intensity, g/kg di latte	→	R ² tra 0.32 a 0.98

Predizione dei fenotipi di metano con l'infrarosso



Conclusioni

- Il progetto ha permesso lo studio fenotipico e genetico della produzione di metano (stimata per via indiretta) nella popolazione di vacche da latte (HF, PR, RE) in Veneto.
- I fenotipi raccolti mostrano una adeguata variabilità per obiettivi di miglioramento genetico e sono nelle mani delle Associazioni Nazionali Allevatori (ANA) per il miglioramento genetico a livello di popolazione.
- Il progetto ha permesso lo sviluppo di modelli di predizione per la produzione di metano basati sulla tecnologia (IR – Milkoscan) garantendo una potenziale continuità nella raccolta di questi fenotipi con la possibilità di proporre una stima delle emissioni di metano negli allevamenti di vacche da latte nel Veneto.



Prof. Massimo De Marchi
massimo.demarchi@unipd.it