



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

ATTIVITÀ DI CONSULENZA TECNICO-SCIENTIFICA NELL'AMBITO DEL PROGETTO DUALBREEDING “LE RAZZE BOVINE A DUPLICE ATTITUDINE: UN MODELLO ALTERNATIVO DI ZOOTECNIA ECO-SOSTENIBILE” – PSRN PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE NAZIONALE 2014/2020 – SOTTOMISURA 10.2 - SOSTEGNO PER LA CONSERVAZIONE, L’USO E LO SVILUPPO SOSTENIBILI DELLE RISORSE GENETICHE IN AGRICOLTURA – ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE DELLE RISORSE GENETICHE ANIMALI DI INTERESSE ZOOTECNICO E SALVAGUARDIA DELLA BIODIVERSITÀ

Unità del Dipartimento di Agraria dell’Università degli Studi di Sassari

Relazione tecnico-scientifica di chiusura progetto

Analisi eseguite per tutte le Associazioni

Durante il progetto, l’Unità AGR_UNISS si è occupata di eseguire analisi su:

- A. studio della diversità genetica nelle razze bovine a duplice attitudine oggetto del progetto;
- B. caratterizzazione delle produzioni.



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

A) Diversità genetica nelle razze a duplice attitudine

Per le analisi di biodiversità delle razze bovine italiane a duplice attitudine sono stati utilizzati animali appartenenti a 17 razze diverse genotipizzati con diversi *beadchip* processati in tempi diversi durante il progetto. Di tutti questi diversi files sono stati selezionati i marcatori molecolari comuni a tutti (119,280) che sono poi stati sottoposti a controllo di qualità per cui sono stati eliminati dal dataset:

- marcatori con frequenza dell'allele minore < 5% e tasso di chiamata < 95%;
- marcatori con deviazione dall'equilibrio di Hardy-Weinberg ($P < 1e^{-6}$);
- animali con tasso di chiamata minore del 95%.

Sono stati poi eliminati i marcatori mappati sui cromosomi sessuali o non mappati. Dopo il controllo di qualità sono rimasti a disposizione 3,070 animali con 101,805 marcatori (Tabella 1).

Le tecniche utilizzate per studiare la diversità genetica sono state:

1. studio delle frequenze alleliche/genotipiche e della stratificazione di popolazione;
2. indice di fissazione di Wright (FST);
3. distanze genetiche tra le razze;
4. regioni di omozigosi (Runs of Homozygosity, ROH);
5. linkage disequilibrium (LD) e popolazione effettiva (Ne).



Università degli Studi di Sassari
Dipartimento di Agraria
Viale Italia 39, 07100 Sassari
Partita IVA 00196350904

Tabella 1. Nome, codice numero, sigla e numerosità delle 17 razze oggetto di studio.

Razza	Codice Razza	Sigla razza	Animali
Valdostana Pezzata Rossa	3	VPR	316
Pezzata Rossa Italiana	4	PRI	391
Modenese	6	MDN	96
Reggiana	7	REG	192
Modicana	8	MDC	299
Rendena	10	REN	283
Grigio Alpina	11	GA	181
Pinzgauer	14	PZG	85
Valdostana Pezzata Nera	18	VPN	146
Burlina	19	BUR	92
Garfagnina	58	GAR	32
Valdostana Castana	61	VDC	326
Cabannina	62	CAB	48
Agerolese	63	AGE	21
Varzese	67	VAR	39
Pustertaler	77	PST	201
Cinisara	96	CIN	322



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

A1. Studio delle frequenze alleliche/genotipiche e della stratificazione di popolazione

Le frequenze alleliche e genotipiche sono state calcolate per tutti i marcatori separatamente per ciascuna razza. In Tabella 2 sono riportati i valori di frequenza dell'allele minore (MAF) mediata per cromosoma, mentre in Tabella 3 i valori medi per cromosoma di eterozigosi (HET).

L'eterozigosi media registrata nelle 17 razze oggetto di studio era 0.38 ± 0.01 , con il valore più basso (0.35) registrato in MDC e quello più alto (0.40) in BUR e AGE.

Per quanto riguarda, invece, la MAF, il valore medio delle razze era 0.29 ± 0.02 ; il valore di MAF più basso è stato registrato nella razza GAR (0.25), mentre quello più alto nelle razze AGE, PST e CIN (0.31).



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

Tabella 2. Frequenza dell'allele minore (MAF) media nei 29 cromosomi autosomali per le 17 razze oggetto di studio.

CHR	VPR	PRI	MDN	REG	MDC	REN	GA	PZG	VPN	BUR	GAR	VDC	CAB	AGE	VRZ	PST	CIN
1	0.29±0.12	0.3±0.13	0.28±0.14	0.3±0.13	0.28±0.1	0.28±0.13	0.29±0.13	0.3±0.12	0.29±0.12	0.3±0.12	0.26±0.13	0.29±0.12	0.28±0.12	0.31±0.13	0.29±0.13	0.31±0.12	0.31±0.1
2	0.28±0.12	0.3±0.13	0.29±0.14	0.3±0.13	0.27±0.1	0.28±0.13	0.3±0.13	0.29±0.13	0.29±0.12	0.31±0.11	0.25±0.13	0.3±0.12	0.29±0.11	0.31±0.13	0.3±0.13	0.31±0.12	0.31±0.1
3	0.28±0.12	0.3±0.13	0.29±0.13	0.29±0.13	0.27±0.1	0.27±0.13	0.29±0.12	0.3±0.12	0.28±0.12	0.3±0.12	0.25±0.13	0.29±0.12	0.29±0.11	0.3±0.13	0.28±0.14	0.31±0.12	0.31±0.1
4	0.28±0.12	0.3±0.13	0.29±0.13	0.3±0.13	0.26±0.1	0.27±0.13	0.29±0.13	0.29±0.13	0.29±0.12	0.3±0.12	0.25±0.14	0.28±0.13	0.29±0.11	0.31±0.13	0.3±0.13	0.31±0.12	0.31±0.1
5	0.27±0.13	0.3±0.13	0.28±0.14	0.3±0.13	0.26±0.1	0.27±0.13	0.29±0.13	0.3±0.12	0.28±0.12	0.3±0.12	0.25±0.13	0.28±0.12	0.29±0.12	0.3±0.13	0.3±0.13	0.31±0.12	0.3±0.1
6	0.29±0.12	0.3±0.13	0.28±0.14	0.3±0.13	0.26±0.1	0.28±0.13	0.29±0.13	0.28±0.13	0.28±0.12	0.31±0.11	0.27±0.13	0.29±0.12	0.29±0.12	0.3±0.13	0.3±0.14	0.32±0.12	0.31±0.1
7	0.28±0.12	0.3±0.13	0.29±0.13	0.3±0.13	0.27±0.1	0.27±0.13	0.29±0.13	0.3±0.12	0.29±0.12	0.3±0.12	0.25±0.14	0.29±0.12	0.29±0.12	0.31±0.13	0.29±0.14	0.32±0.12	0.31±0.1
8	0.28±0.12	0.3±0.13	0.28±0.14	0.3±0.13	0.27±0.1	0.27±0.13	0.29±0.12	0.3±0.12	0.28±0.12	0.3±0.12	0.25±0.14	0.29±0.12	0.29±0.12	0.31±0.13	0.3±0.13	0.31±0.12	0.31±0.1
9	0.29±0.12	0.3±0.13	0.28±0.14	0.3±0.13	0.27±0.1	0.28±0.13	0.29±0.13	0.3±0.12	0.29±0.12	0.3±0.11	0.24±0.13	0.29±0.12	0.29±0.11	0.31±0.13	0.3±0.13	0.32±0.12	0.31±0.1
10	0.29±0.12	0.3±0.13	0.29±0.14	0.3±0.13	0.27±0.1	0.26±0.13	0.29±0.13	0.29±0.12	0.29±0.12	0.3±0.11	0.26±0.13	0.29±0.12	0.29±0.12	0.31±0.13	0.29±0.14	0.31±0.12	0.31±0.1
11	0.28±0.12	0.3±0.13	0.28±0.14	0.3±0.13	0.27±0.1	0.28±0.13	0.29±0.13	0.28±0.13	0.28±0.12	0.31±0.12	0.26±0.13	0.29±0.12	0.29±0.12	0.31±0.13	0.29±0.13	0.31±0.12	0.31±0.1
12	0.28±0.12	0.3±0.13	0.29±0.14	0.3±0.13	0.27±0.1	0.26±0.13	0.29±0.12	0.3±0.12	0.29±0.12	0.3±0.12	0.25±0.13	0.29±0.12	0.29±0.12	0.3±0.13	0.29±0.14	0.31±0.12	0.31±0.1
13	0.29±0.12	0.31±0.12	0.29±0.13	0.3±0.13	0.27±0.1	0.27±0.13	0.28±0.13	0.29±0.13	0.29±0.12	0.3±0.12	0.25±0.13	0.29±0.12	0.28±0.12	0.31±0.12	0.29±0.13	0.32±0.12	0.31±0.1
14	0.28±0.13	0.3±0.13	0.28±0.14	0.29±0.13	0.27±0.1	0.28±0.13	0.29±0.13	0.29±0.12	0.28±0.12	0.29±0.12	0.25±0.12	0.28±0.13	0.28±0.11	0.29±0.13	0.29±0.13	0.31±0.12	0.3±0.1
15	0.29±0.12	0.31±0.13	0.29±0.13	0.31±0.13	0.28±0.1	0.27±0.13	0.29±0.13	0.3±0.12	0.29±0.12	0.3±0.12	0.25±0.13	0.29±0.12	0.29±0.11	0.3±0.13	0.3±0.14	0.32±0.12	0.31±0.1
16	0.29±0.12	0.3±0.13	0.29±0.13	0.29±0.13	0.28±0.1	0.27±0.13	0.29±0.13	0.29±0.12	0.29±0.12	0.29±0.12	0.25±0.13	0.29±0.12	0.29±0.11	0.31±0.13	0.3±0.13	0.32±0.12	0.31±0.1
17	0.29±0.12	0.3±0.13	0.29±0.14	0.28±0.13	0.27±0.1	0.27±0.13	0.28±0.13	0.3±0.12	0.29±0.12	0.29±0.12	0.26±0.14	0.29±0.12	0.29±0.11	0.3±0.13	0.29±0.13	0.31±0.12	0.3±0.1
18	0.29±0.12	0.3±0.13	0.29±0.14	0.3±0.13	0.27±0.1	0.27±0.13	0.29±0.13	0.29±0.13	0.29±0.12	0.31±0.12	0.25±0.13	0.29±0.12	0.29±0.11	0.31±0.13	0.29±0.13	0.32±0.12	0.31±0.1
19	0.28±0.13	0.31±0.13	0.29±0.13	0.3±0.13	0.26±0.1	0.29±0.13	0.29±0.13	0.3±0.12	0.29±0.12	0.3±0.12	0.26±0.13	0.29±0.12	0.29±0.12	0.31±0.13	0.3±0.13	0.32±0.12	0.31±0.1



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

20	0.28±0.13	0.3±0.13	0.29±0.13	0.3±0.13	0.27±0.1	0.27±0.13	0.28±0.13	0.3±0.12	0.28±0.13	0.3±0.12	0.24±0.13	0.29±0.12	0.28±0.12	0.31±0.13	0.29±0.14	0.31±0.12	0.31±0.1
21	0.28±0.12	0.31±0.13	0.28±0.14	0.3±0.13	0.27±0.1	0.27±0.13	0.29±0.13	0.3±0.12	0.28±0.13	0.3±0.12	0.26±0.13	0.28±0.12	0.29±0.11	0.3±0.13	0.3±0.13	0.32±0.12	0.31±0.1
22	0.29±0.12	0.3±0.13	0.28±0.14	0.3±0.13	0.28±0.1	0.27±0.13	0.3±0.12	0.31±0.12	0.29±0.12	0.31±0.12	0.25±0.13	0.29±0.12	0.29±0.11	0.3±0.13	0.3±0.13	0.32±0.12	0.31±0.1
23	0.28±0.12	0.3±0.13	0.28±0.14	0.3±0.13	0.27±0.1	0.27±0.13	0.29±0.13	0.3±0.12	0.29±0.12	0.3±0.11	0.24±0.14	0.29±0.12	0.28±0.12	0.31±0.13	0.29±0.13	0.31±0.12	0.31±0.1
24	0.29±0.12	0.31±0.13	0.29±0.14	0.3±0.13	0.27±0.1	0.28±0.13	0.3±0.12	0.3±0.12	0.29±0.12	0.3±0.12	0.22±0.13	0.3±0.12	0.29±0.11	0.31±0.13	0.3±0.13	0.32±0.12	0.3±0.1
25	0.29±0.12	0.31±0.12	0.29±0.13	0.3±0.13	0.27±0.1	0.27±0.14	0.3±0.12	0.31±0.12	0.29±0.12	0.31±0.11	0.26±0.14	0.3±0.12	0.3±0.11	0.31±0.13	0.3±0.13	0.32±0.12	0.31±0.1
26	0.29±0.12	0.3±0.13	0.29±0.14	0.29±0.13	0.27±0.1	0.26±0.13	0.28±0.13	0.3±0.13	0.28±0.13	0.3±0.12	0.25±0.13	0.28±0.12	0.29±0.12	0.3±0.13	0.3±0.13	0.31±0.12	0.31±0.1
27	0.29±0.12	0.31±0.13	0.29±0.13	0.3±0.13	0.28±0.1	0.26±0.13	0.3±0.13	0.3±0.12	0.29±0.12	0.31±0.12	0.24±0.13	0.3±0.12	0.29±0.12	0.31±0.13	0.31±0.13	0.32±0.12	0.31±0.1
28	0.29±0.12	0.3±0.13	0.3±0.13	0.3±0.13	0.27±0.1	0.28±0.13	0.3±0.13	0.3±0.12	0.28±0.12	0.3±0.12	0.25±0.14	0.29±0.12	0.29±0.12	0.31±0.13	0.3±0.13	0.32±0.12	0.3±0.1
29	0.29±0.12	0.3±0.13	0.28±0.14	0.28±0.13	0.27±0.1	0.27±0.13	0.29±0.13	0.29±0.12	0.28±0.12	0.3±0.12	0.26±0.13	0.29±0.12	0.28±0.12	0.31±0.13	0.29±0.13	0.31±0.12	0.31±0.1
Media	0.29	0.30	0.29	0.30	0.27	0.27	0.29	0.30	0.29	0.30	0.25	0.29	0.29	0.31	0.30	0.31	0.31



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

Tabella 3. Eterozigosi (HET) media nei 29 cromosomi autosomali per le 17 razze oggetto di studio.

CHR	VPR	PRI	MDN	REG	MDC	REN	GA	PZG	VPN	BUR	GAR	VDC	CAB	AGE	VRZ	PST	CIN
1	0.39±0.12	0.39±0.12	0.37±0.14	0.39±0.12	0.36±0.1	0.38±0.14	0.39±0.13	0.4±0.13	0.39±0.13	0.39±0.12	0.35±0.16	0.39±0.12	0.38±0.14	0.41±0.15	0.36±0.14	0.39±0.11	0.39±0.09
2	0.38±0.13	0.39±0.12	0.38±0.14	0.39±0.13	0.36±0.1	0.38±0.14	0.39±0.13	0.39±0.13	0.39±0.13	0.4±0.12	0.35±0.17	0.39±0.12	0.39±0.13	0.39±0.15	0.4±0.15	0.39±0.11	0.39±0.09
3	0.38±0.13	0.39±0.12	0.39±0.14	0.38±0.13	0.36±0.1	0.38±0.14	0.39±0.13	0.4±0.13	0.39±0.13	0.39±0.12	0.35±0.17	0.39±0.12	0.39±0.13	0.39±0.15	0.37±0.15	0.39±0.11	0.39±0.09
4	0.38±0.13	0.39±0.12	0.39±0.14	0.39±0.13	0.35±0.11	0.37±0.14	0.39±0.13	0.39±0.14	0.39±0.13	0.4±0.12	0.36±0.19	0.38±0.13	0.4±0.13	0.39±0.16	0.4±0.14	0.39±0.11	0.39±0.09
5	0.37±0.14	0.39±0.12	0.38±0.15	0.39±0.12	0.34±0.11	0.37±0.15	0.39±0.13	0.4±0.13	0.38±0.13	0.4±0.12	0.36±0.17	0.38±0.13	0.4±0.14	0.37±0.14	0.39±0.15	0.39±0.11	0.39±0.1
6	0.39±0.13	0.39±0.12	0.37±0.15	0.39±0.13	0.34±0.11	0.38±0.14	0.39±0.14	0.38±0.14	0.39±0.13	0.41±0.11	0.36±0.16	0.38±0.13	0.38±0.13	0.38±0.15	0.38±0.14	0.39±0.11	0.39±0.09
7	0.39±0.13	0.39±0.12	0.38±0.14	0.4±0.12	0.35±0.11	0.37±0.15	0.39±0.14	0.4±0.13	0.39±0.13	0.39±0.13	0.35±0.18	0.38±0.12	0.38±0.13	0.41±0.15	0.38±0.15	0.4±0.11	0.39±0.1
8	0.38±0.13	0.39±0.12	0.38±0.15	0.4±0.12	0.35±0.1	0.37±0.14	0.39±0.13	0.4±0.13	0.38±0.13	0.4±0.12	0.36±0.18	0.39±0.13	0.38±0.13	0.39±0.14	0.37±0.14	0.39±0.11	0.39±0.09
9	0.39±0.12	0.39±0.12	0.38±0.14	0.39±0.13	0.35±0.1	0.38±0.14	0.39±0.13	0.4±0.13	0.39±0.13	0.4±0.12	0.34±0.17	0.39±0.12	0.39±0.13	0.39±0.14	0.4±0.14	0.39±0.11	0.39±0.09
10	0.39±0.13	0.39±0.12	0.38±0.14	0.39±0.13	0.35±0.11	0.36±0.15	0.39±0.13	0.39±0.13	0.39±0.13	0.4±0.12	0.38±0.17	0.39±0.12	0.38±0.13	0.4±0.15	0.38±0.15	0.39±0.11	0.39±0.09
11	0.38±0.13	0.38±0.12	0.37±0.14	0.39±0.13	0.35±0.1	0.38±0.14	0.4±0.13	0.38±0.13	0.39±0.13	0.39±0.12	0.37±0.18	0.38±0.13	0.4±0.13	0.39±0.15	0.37±0.14	0.39±0.11	0.39±0.09
12	0.38±0.13	0.39±0.13	0.37±0.13	0.39±0.12	0.35±0.1	0.36±0.14	0.39±0.13	0.4±0.13	0.39±0.13	0.4±0.12	0.34±0.17	0.39±0.12	0.39±0.14	0.4±0.15	0.4±0.16	0.39±0.11	0.39±0.09
13	0.39±0.13	0.4±0.12	0.39±0.14	0.39±0.13	0.35±0.11	0.37±0.15	0.39±0.14	0.39±0.13	0.39±0.13	0.4±0.12	0.37±0.18	0.39±0.12	0.38±0.14	0.41±0.15	0.38±0.14	0.4±0.11	0.39±0.1
14	0.37±0.13	0.39±0.12	0.37±0.15	0.39±0.13	0.35±0.1	0.37±0.14	0.39±0.13	0.39±0.13	0.39±0.13	0.39±0.13	0.37±0.17	0.38±0.13	0.38±0.13	0.37±0.15	0.38±0.14	0.39±0.12	0.39±0.1
15	0.39±0.12	0.39±0.12	0.38±0.14	0.39±0.12	0.36±0.1	0.37±0.15	0.39±0.13	0.4±0.12	0.39±0.13	0.39±0.12	0.36±0.18	0.38±0.12	0.39±0.13	0.4±0.15	0.39±0.14	0.4±0.11	0.39±0.1
16	0.39±0.12	0.39±0.12	0.38±0.14	0.38±0.13	0.36±0.1	0.37±0.14	0.39±0.13	0.39±0.13	0.38±0.13	0.39±0.12	0.34±0.16	0.39±0.12	0.39±0.13	0.41±0.15	0.4±0.15	0.39±0.11	0.39±0.09
17	0.39±0.13	0.38±0.12	0.38±0.14	0.38±0.14	0.36±0.11	0.37±0.14	0.38±0.13	0.4±0.13	0.39±0.13	0.39±0.12	0.35±0.17	0.39±0.12	0.38±0.13	0.4±0.15	0.38±0.14	0.39±0.11	0.39±0.1
18	0.39±0.13	0.38±0.12	0.37±0.14	0.39±0.13	0.35±0.1	0.37±0.14	0.39±0.13	0.39±0.13	0.39±0.13	0.41±0.12	0.37±0.19	0.39±0.12	0.4±0.13	0.41±0.16	0.38±0.14	0.4±0.11	0.39±0.1
19	0.38±0.13	0.39±0.12	0.38±0.14	0.4±0.12	0.33±0.11	0.39±0.14	0.39±0.14	0.4±0.13	0.39±0.13	0.4±0.12	0.37±0.18	0.39±0.12	0.4±0.14	0.41±0.15	0.38±0.14	0.4±0.11	0.38±0.09



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

20	0.37±0.13	0.38±0.13	0.38±0.13	0.38±0.13	0.35±0.1	0.37±0.14	0.37±0.14	0.4±0.13	0.38±0.13	0.39±0.13	0.36±0.18	0.38±0.13	0.39±0.14	0.4±0.15	0.38±0.15	0.39±0.11	0.39±0.1
21	0.38±0.13	0.4±0.12	0.38±0.14	0.4±0.12	0.36±0.1	0.37±0.14	0.39±0.13	0.4±0.13	0.38±0.13	0.4±0.12	0.38±0.18	0.38±0.12	0.4±0.13	0.4±0.15	0.38±0.14	0.4±0.11	0.39±0.09
22	0.39±0.13	0.39±0.12	0.37±0.14	0.39±0.13	0.36±0.1	0.36±0.15	0.4±0.13	0.4±0.13	0.39±0.13	0.41±0.12	0.36±0.17	0.39±0.12	0.38±0.13	0.41±0.16	0.39±0.14	0.4±0.11	0.39±0.1
23	0.38±0.13	0.39±0.12	0.37±0.14	0.39±0.13	0.36±0.1	0.38±0.14	0.39±0.13	0.39±0.12	0.39±0.13	0.4±0.12	0.33±0.17	0.39±0.13	0.39±0.13	0.4±0.15	0.39±0.15	0.39±0.11	0.4±0.09
24	0.39±0.12	0.4±0.12	0.39±0.14	0.39±0.12	0.36±0.1	0.38±0.14	0.4±0.12	0.4±0.13	0.4±0.12	0.4±0.12	0.34±0.19	0.39±0.12	0.37±0.12	0.41±0.15	0.4±0.14	0.4±0.1	0.39±0.09
25	0.39±0.12	0.4±0.12	0.39±0.14	0.39±0.13	0.35±0.11	0.36±0.15	0.4±0.12	0.4±0.12	0.39±0.13	0.4±0.11	0.37±0.18	0.4±0.12	0.39±0.13	0.41±0.15	0.39±0.15	0.41±0.11	0.39±0.1
26	0.38±0.13	0.39±0.13	0.38±0.14	0.38±0.13	0.36±0.11	0.37±0.15	0.39±0.14	0.39±0.13	0.38±0.13	0.4±0.12	0.37±0.17	0.38±0.13	0.39±0.13	0.4±0.15	0.39±0.14	0.39±0.11	0.39±0.1
27	0.39±0.13	0.4±0.12	0.38±0.14	0.39±0.13	0.36±0.1	0.36±0.15	0.39±0.13	0.4±0.13	0.4±0.13	0.4±0.12	0.33±0.16	0.4±0.12	0.37±0.13	0.4±0.16	0.41±0.14	0.41±0.11	0.39±0.09
28	0.4±0.12	0.39±0.12	0.39±0.14	0.39±0.12	0.35±0.1	0.39±0.14	0.4±0.13	0.39±0.13	0.39±0.13	0.4±0.12	0.34±0.16	0.38±0.13	0.39±0.13	0.42±0.15	0.4±0.15	0.4±0.11	0.39±0.09
29	0.39±0.12	0.39±0.12	0.36±0.15	0.38±0.13	0.36±0.11	0.37±0.14	0.39±0.13	0.38±0.13	0.39±0.13	0.4±0.12	0.38±0.17	0.38±0.12	0.38±0.14	0.4±0.15	0.39±0.15	0.4±0.11	0.39±0.1
Media	0.38	0.39	0.38	0.39	0.35	0.37	0.39	0.39	0.39	0.40	0.36	0.39	0.39	0.40	0.39	0.39	0.39



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

Dal dataset generale (3070 animali e 101805 marcatori) sono state estratte le componenti principali (PC). Gli *scores* per due prime componenti principali sono stati mediate entro razze e raffigurati in Figura 1. In asse X è rappresentata la PC1, che spiegava il 15% della variabilità totale, mentre in asse Y la PC2, che spiegava 11% della variabilità totale. Dalla raffigurazione grafica si possono notare 3 cluster:

- la razza MDC, con valori negativi sia di PC1 che di PC2;
- un grosso cluster centrale, con le razze REN, CIN, BUR, GAR, PZG, MDN, CAB, GA, VAR, AGE e REG;
- un cluster di 5 razze (VDC, VPN, VPR, PRI e PST) situato a valori positivi sia di PC1 che di PC2.

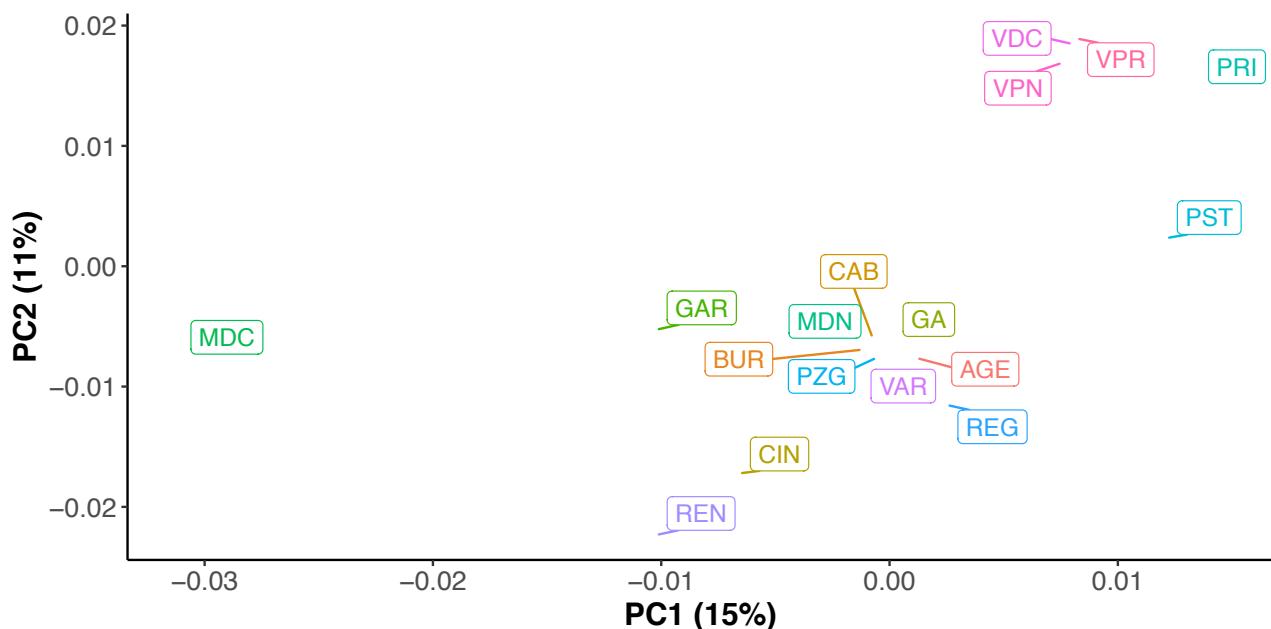


Figura 1. Componenti principali estratte dalla matrice dei marcatori molecolari.



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

A2. Studio dell'indice di fissazione di Wright

Tramite il programma GCTA, le razze sono state confrontate a coppie (136 confronti) utilizzando l'indice di fissazione di Wright (FST) proposto da Weir (1996). Ai valori grezzi di FST è stata applicata la tecnica di regressione pesata locale (LOWESS), con un parametro diverso di *smoothing* tale da dividere ciascun cromosoma in intervalli di 20 marcatori SNPs. Per ciascun marcitore sono stati identificati i marcatori “significativi”, ovvero i quali presentavano un valore stimato superiori a tre deviazioni standard dalla media del cromosoma. In tabella 4 sono riportati il numero di marcatori significativi per ciascun confronto effettuato. Il numero minore di marcatori significativi (2136) è stato identificato nel confronto fra PRI e MDC, mentre il numero più alto (3598) nel confronto tra VPR e AGE.



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

Tabella 4. Numero di marcatori significativi sopra la diagonale e cromosoma (con il più alto numero di SNPs significativi) sotto la diagonale per ogni confronto FST.

	VPR	PRI	MDN	REG	MDC	REN	GA	PZG	VPN	BUR	GAR	VDC	CAB	AGE	VRZ	PST	CIN
VPR	–	3098	3186	3246	2390	2718	3008	3072	3086	3152	2640	3078	3294	3598	3362	3298	3012
PRI	2 (91)	–	2978	2854	2136	2452	2686	2926	2952	3022	2498	2868	3042	3294	3164	3246	2778
MDN	2 (97)	6 (116)	–	2940	2170	2628	2890	3012	3160	3096	2582	3012	3156	3430	2914	3110	2870
REG	1 (150)	6 (87)	6 (100)	–	2368	2790	2876	2988	2994	3030	2452	2994	3004	3374	2900	2844	3060
MDC	2 (77)	5 (77)	2 (78)	6 (87)	–	2308	2248	2746	2384	2674	2266	2268	2876	2890	2644	2598	2688
REN	1 (94)	5 (76)	1 (99)	2 (95)	1 (75)	–	2830	3142	2730	3086	3118	2484	3280	3382	3204	3082	2798
GA	2 (106)	4 (78)	7 (97)	7 (97)	4 (68)	1 (94)	–	2752	2532	3080	2668	2734	3204	3328	3062	2846	2814
PZG	2 (103)	1 (97)	1 (93)	3 (87)	1 (94)	1 (95)	3 (82)	–	2756	3026	2264	2994	2996	3042	2854	2900	2844
VPN	1 (107)	6 (92)	1 (101)	2 (102)	7 (77)	7 (88)	1 (87)	1 (86)	–	2788	2460	3460	2910	3494	2898	2908	2752
BUR	1 (121)	14 (98)	2 (89)	1 (91)	7 (83)	6 (114)	6 (107)	1 (103)	7 (91)	–	2418	3152	2910	3160	2670	2956	2992
GAR	1 (82)	1 (80)	1 (108)	1 (86)	1 (84)	1 (92)	6 (84)	1 (78)	6 (77)	14 (99)	–	2806	2316	2540	2448	2298	2214
VDC	2 (94)	6 (97)	7 (99)	1 (86)	2 (75)	1 (87)	6 (92)	2 (90)	7 (103)	5 (98)	1 (90)	–	3228	3546	3096	3230	2622
CAB	5 (107)	1 (91)	5 (105)	3 (92)	1 (103)	2 (94)	5 (94)	1 (117)	1 (106)	5 (102)	1 (94)	4 (102)	–	3194	2814	2972	2912
AGE	2 (126)	1 (110)	6 (122)	2 (117)	1 (100)	3 (98)	1 (111)	1 (109)	1 (104)	1 (103)	1 (98)	6 (110)	1 (86)	–	2752	3212	2984
VRZ	2 (108)	1 (96)	3 (89)	1 (103)	2 (88)	1 (103)	1 (114)	1 (92)	2 (91)	14 (82)	1 (91)	1 (92)	1 (81)	1 (82)	–	2750	2812
PST	1 (132)	1 (101)	1 (105)	5 (90)	7 (85)	1 (94)	1 (99)	6 (86)	6 (101)	2 (106)	1 (89)	1 (119)	1 (93)	1 (98)	1 (119)	–	2864
CIN	2 (109)	3 (75)	1 (92)	2 (91)	7 (82)	1 (90)	7 (90)	1 (103)	2 (85)	2 (108)	6 (87)	5 (79)	1 (97)	2 (97)	2 (100)	6 (83)	–



Università degli Studi di Sassari
Dipartimento di Agraria
Viale Italia 39, 07100 Sassari
Partita IVA 00196350904

A3. Studio delle distanze genetiche tra razze

Tramite il programma R, ed in particolare il pacchetto “*aadegenet*” sono state calcolate quattro diverse distanze genetiche tra le 17 razze oggetto di studio:

- distanza di Nei (1978) in Tabella 5;
- distanza di Rogers (1972) in Tabella 6.
- distanza di Edwards (1971) in Tabella 7;
- distanza di Reynolds (1983) in Tabella 8;

Di queste distanze 1 è una distanza non euclidea (Nei), mentre tre sono distanze euclidee (Edwards, Reynolds, Rogers). Le distanze calcolate tra le razze sono state rappresentate tramite dendogrammi ad albero (Figura 2). Dalle quattro figure è possibile notare come siano presenti 3 clusters:

- le razze VPN, VDC, VPR, PRI e PST formavano un cluster, come già evidenziato nell’analisi delle PCA;
- un grosso cluster contenente 11 razze posizionato sulla destra del grafico;
- una razza, la GAR, che è stata fusa con tutte le altre a distanze genetiche maggiori.

I risultati ottenuti con le quattro distanze erano praticamente gli stessi e, quindi, si è proceduto ad analizzare in dettaglio solo la distanza di Nei. Sono state calcolate le distanze medie di ciascuna razza da tutte le altre. La razza con la distanza genetica media maggiore era la GAR (0.038 ± 0.003), seguita dalla razza MDN (0.033 ± 0.004). Le razze con i valori più bassi di distanza genetica media erano PST (0.022 ± 0.006) e CIN (0.022 ± 0.004).



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

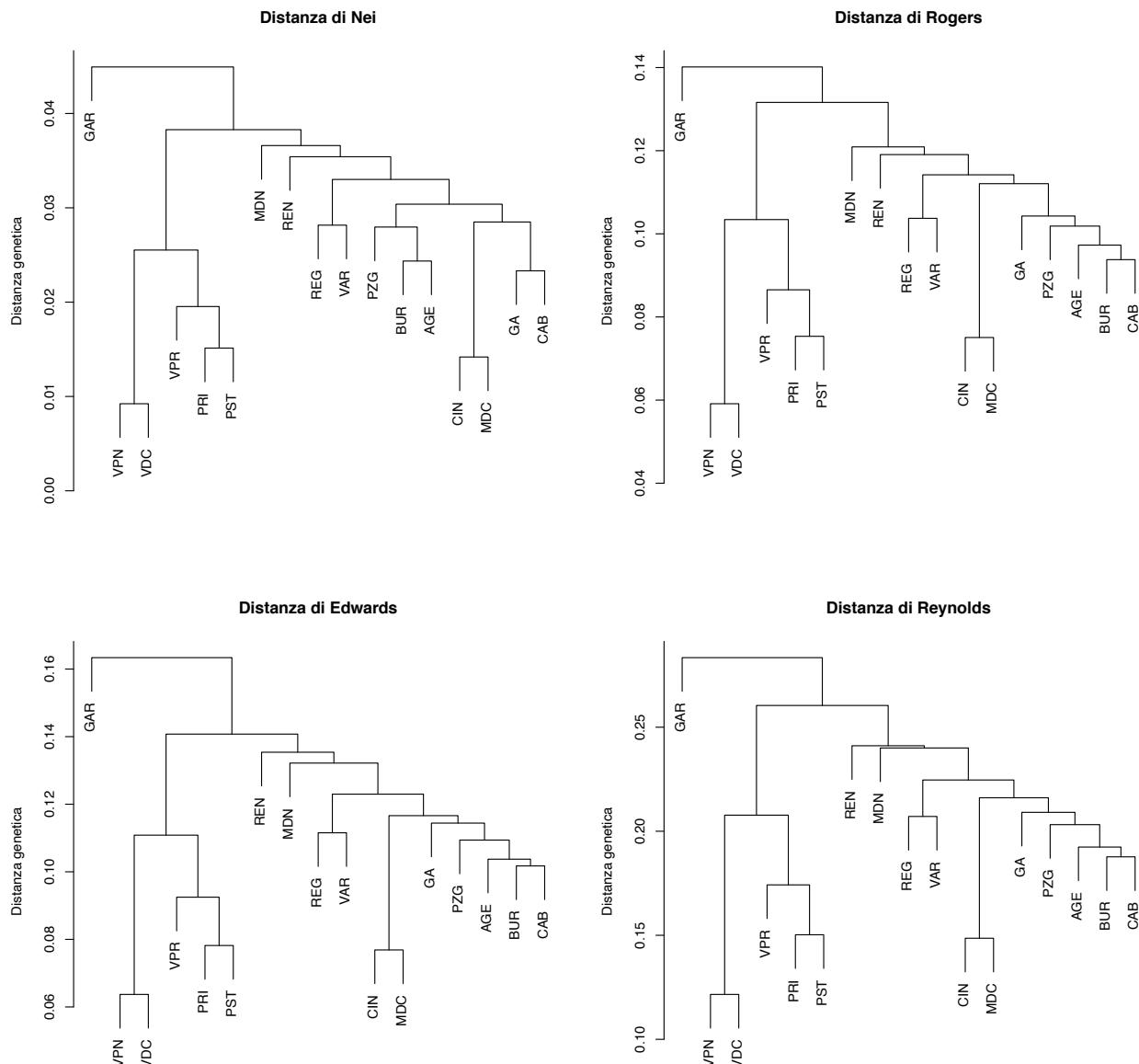


Figura 2. Dendogrammi ad albero delle quattro distanze genetiche calcolate tra le 17 razze oggetto di studio.



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

Tabella 5. Distanza genetica di Nei tra le 17 razze oggetto di studio.



Università degli Studi di Sassari
Dipartimento di Agraria
Viale Italia 39, 07100 Sassari
Partita IVA 00196350904

Tabella 6. Distanza genetica di Rogers tra le 17 razze oggetto di studio.



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

Tabella 7. Distanza genetica di Edwards tra le 17 razze oggetto di studio.



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

Tabella 8. Distanza genetica di Reynolds tra le 17 razze oggetto di studio.



Università degli Studi di Sassari
Dipartimento di Agraria
Viale Italia 39, 07100 Sassari
Partita IVA 00196350904

A4. Studio delle regioni di omozigosi

Tramite il programma R, ed in particolare il pacchetto “*detectRuns*” sono state calcolate le regioni di omozigosi (ROH) utilizzando i seguenti parametri:

- lunghezza minima di 1 milione di paia di basi;
- minimo 50 marcatori omozigoti di fila;
- massimo 2 marcatori missing all’interno della ROH.

Per l’analisi dei risultati sono stati considerati solo gli animali che presentavano almeno 10 ROH per un totale di 2785 animali (Tabella 9).

Tabella 9. Numero di animali di ciascuna razza in cui sono state riscontrate almeno 10 regioni di omozigosi.

Razza	Sigla razza	Animali con almeno 10 ROH	
		n	% totale
Valdostana Pezzata Rossa	VPR	311	0.98
Pezzata Rossa Italiana	PRI	372	0.95
Modenese	MDN	93	0.97
Reggiana	REG	187	0.97
Modicana	MDC	205	0.69
Rendena	REN	282	1.00
Grigio Alpina	GA	181	1.00
Pinzgauer	PZG	82	0.96
Valdostana Pezzata Nera	VPN	144	0.99
Burlina	BUR	89	0.97
Garfagnina	GAR	27	0.84
Valdostana Castana	VDC	325	1.00
Cabannina	CAB	48	1.00
Agerolese	AGE	19	0.90
Varzese	VAR	30	0.77
Pustertaler	PST	184	0.92
Cinisara	CIN	206	0.64



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

In Tabella 10 sono riportati i valori riassuntivi dell’analisi delle ROH. La razza con il numero più elevato di ROH per animale era la razza GAR (64 ± 20), mentre quella con il numero minore la razza CIN (24 ± 13). Per quanto riguarda la lunghezza media (in Mb) delle ROH, il valore più basso (2.85 ± 2.29) è stato registrato nella razza PRI, mentre quello più alto (8.13 ± 8.51) nella razza VAR. Razze geneticamente vicine tra loro hanno mostrato caratteristiche delle ROH simili: un esempio su tutte sono le 3 razze Valdostane (VDC, VPR, VPN) per le quali è stata riscontrata una lunghezza media delle ROH molto simile.

Tabella 10. Numero di ROH totali e per animale, e loro lunghezza media, nelle 17 razze.

Razza	Numero di ROH		Lunghezza	
	Totale	ROH / animale	Mb	SNP
AGE	516	27 ± 12	5.58 ± 6.55	224.58 ± 255.01
BUR	2600	29 ± 10	4.84 ± 5.67	198.81 ± 223.32
CAB	1308	27 ± 14	5.98 ± 7.32	244.07 ± 294.53
CIN	4877	24 ± 13	5.30 ± 6.53	216.64 ± 262.23
GA	5717	32 ± 6	4.48 ± 4.64	183.36 ± 185.58
GAR	1723	64 ± 20	7.26 ± 7.72	292.96 ± 303.37
MDC	7985	39 ± 16	4.47 ± 5.08	182.99 ± 204.02
MDN	3221	35 ± 12	6.32 ± 6.66	256.58 ± 263.46
PRI	18240	49 ± 18	2.85 ± 2.29	115.26 ± 91.52
PST	5540	30 ± 14	4.93 ± 6.41	200.54 ± 255.52
PZG	2281	28 ± 8	5.16 ± 5.67	211.34 ± 225.24
REG	5420	29 ± 9	5.46 ± 5.52	223.56 ± 217.51
REN	14171	50 ± 10	5.02 ± 5.26	204.67 ± 207.66
VAR	855	28 ± 15	8.13 ± 8.51	330.46 ± 340.16
VDC	15478	48 ± 8	3.02 ± 2.99	121.72 ± 119.22
VPN	6203	43 ± 7	3.10 ± 3.73	124.3 ± 145.12
VPR	15036	48 ± 8	3.44 ± 3.78	138.95 ± 149.03



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

Tramite le ROH sono stati calcolati i coefficienti di inbreeding, come rapporto tra la lunghezza del genoma coperto da ROH e la lunghezza totale del genoma (Tabella 11 e Figura 3). Sono state considerate 5 diverse classi di lunghezza minima delle ROH: > 1 Mb, > 2 Mb, > 4 Mb, > 8 Mb e > 16 Mb. Come atteso, i valori più elevati di inbreeding sono stati riscontrati quando sono state considerate tutte le ROH (> 1 Mb), mentre diminuivano all'aumentare della lunghezza minima delle ROH. Per quanto riguarda la prima classe di lunghezza (> 1 Mb), il valore più elevato (18.39 ± 8.5) di inbreeding è stato calcolato nella razza GAR, mentre quello più basso (4.99 ± 5.37) nella razza CIN. Nella classe di lunghezza maggiore (> 16 Mb) i valori più alti di inbreeding sono stati trovati per la razza GAR (8.32 ± 5.03), mentre quelli più bassi nella razza VDC (1.38 ± 1.11).

Tabella 11. Valori di inbreeding calcolato con ROH di diversa lunghezza.

Razza	Lunghezza minima delle ROH				
	> 1 Mb	> 2 Mb	> 4 Mb	> 8 Mb	> 16 Mb
VPR	6.61 ± 2.35	5.32 ± 2.32	3.65 ± 2.24	2.10 ± 1.93	1.60 ± 1.65
PRI	5.55 ± 2.97	4.16 ± 2.85	2.42 ± 2.29	1.46 ± 1.44	1.65 ± 1.43
MDN	8.69 ± 4.53	8.18 ± 4.50	7.16 ± 4.34	5.31 ± 3.74	3.03 ± 2.37
REG	6.28 ± 2.89	5.82 ± 2.87	4.84 ± 2.71	3.28 ± 2.34	1.95 ± 1.57
MDC	6.91 ± 4.97	6.05 ± 4.92	5.68 ± 4.35	3.82 ± 3.45	2.51 ± 2.29
REN	10.02 ± 2.55	9.14 ± 2.52	7.38 ± 2.45	4.76 ± 2.24	2.37 ± 1.52
GA	5.62 ± 1.63	4.96 ± 1.62	3.91 ± 1.58	2.49 ± 1.42	1.51 ± 1.02
PZG	5.69 ± 2.67	5.20 ± 2.65	4.24 ± 2.44	3.00 ± 2.10	1.94 ± 1.34
VPN	5.31 ± 2.20	4.08 ± 2.17	2.50 ± 2.15	1.73 ± 2.01	1.89 ± 1.69
BUR	5.62 ± 3.28	4.99 ± 3.25	4.14 ± 3.06	3.05 ± 2.57	2.32 ± 1.62
GAR	18.39 ± 8.5	17.62 ± 8.76	15.71 ± 8.73	13.57 ± 6.91	8.32 ± 5.03
VDC	5.70 ± 1.78	4.35 ± 1.76	2.60 ± 1.61	1.50 ± 1.33	1.38 ± 1.11
CAB	6.47 ± 6.03	5.95 ± 5.95	5.13 ± 5.71	4.29 ± 5.12	3.58 ± 4.40
AGE	6.02 ± 3.75	5.47 ± 3.71	4.88 ± 3.43	4.18 ± 3.06	2.58 ± 2.16
VAR	9.20 ± 7.85	8.86 ± 7.84	8.12 ± 7.65	7.07 ± 6.99	4.84 ± 5.04
PST	5.89 ± 4.62	5.18 ± 4.60	4.51 ± 4.42	4.20 ± 3.95	3.18 ± 3.10
CIN	4.99 ± 5.37	4.48 ± 5.34	3.93 ± 5.22	3.82 ± 4.89	3.13 ± 3.80



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

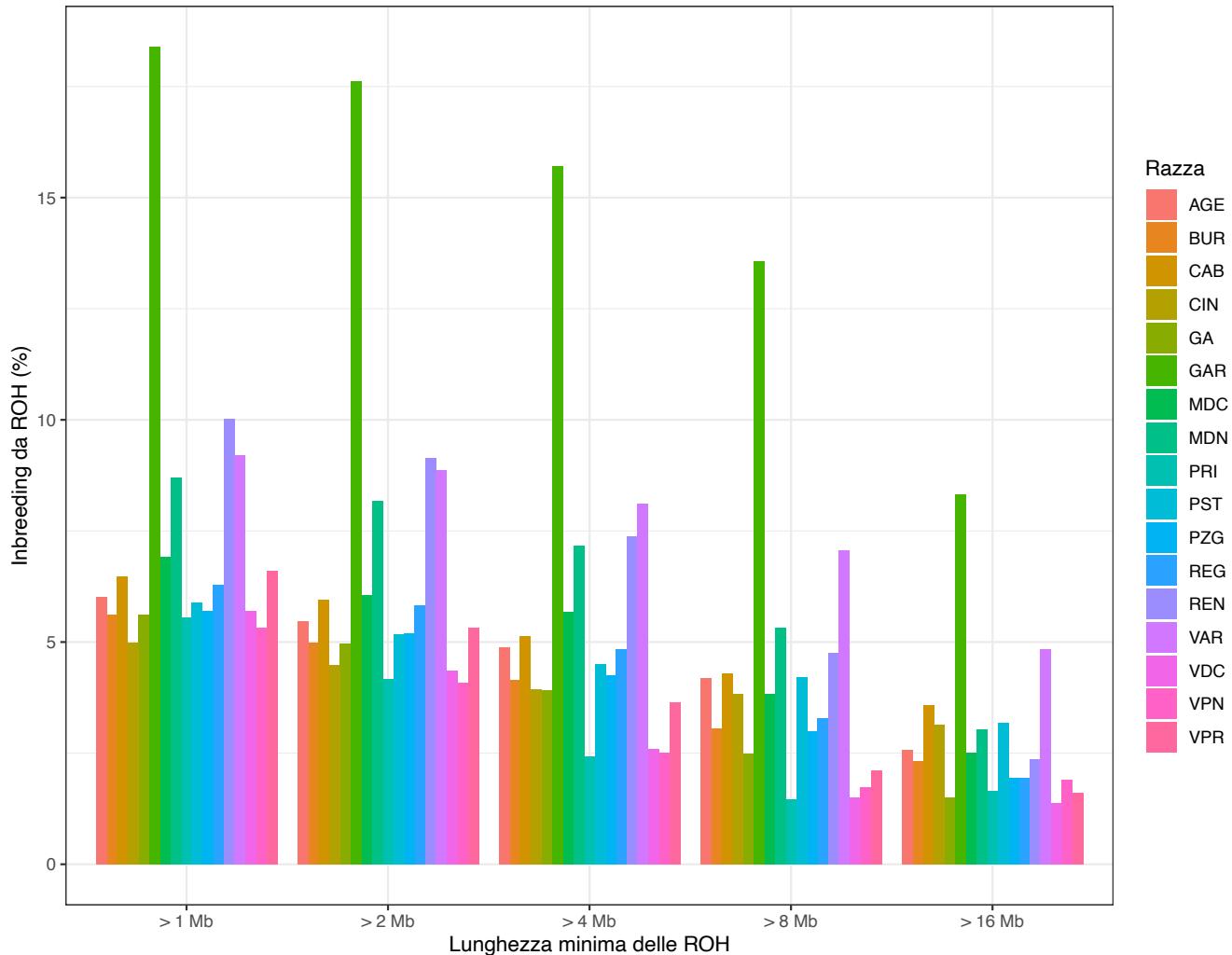


Figura 3. Coefficienti di inbreeding da ROH al variare della lunghezza minima delle ROH.



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

C5. Studio del Linkage Disequilibrium e delle popolazioni effettive

Tramite il programma Haplovew è stato calcolato il livello di Linkage Disequilibrium (LD) tra marcatori con una distanza massima di 10000 kb. Il numero di confronti nei 29 cromosomi autosomali per ciascuna razza è riportato in Tabella 12. La razza con il numero di confronti più basso era la MDC (32.93 milioni), mentre la razza con il numero più alto di confronti era la BUR (38.40 milioni). Il tasso di LD è stato stimato tramite il parametro r^2 , il quale ha assunto il tipico andamento decrescente all'aumentare della distanza tra i marcatori (Figura 4). Le razze con i livelli di LD più elevati erano le razze GAR, AGE e VAR. A partire dai valori di r^2 sono state stimate le popolazioni effettive delle razze oggetto di studio da 500 a 25 generazioni indietro nel tempo. Come atteso, tutte le popolazioni effettive hanno mostrato una tendenza a diminuire passando da 500 a 25 generazioni, anche se con differenze nella velocità (inclinazione della curva) con cui queste diminuivano. Guardando a 500 generazioni fa, le popolazioni effettive maggiori sono state stimate per le razze CIN e MDC; a 25 generazioni fa, invece, le popolazioni effettive maggiori sono state stimate per le razze MDN e CIN.



Università degli Studi di Sassari
Dipartimento di Agraria
Viale Italia 39, 07100 Sassari
Partita IVA 00196350904

Tabella 12. Numero di confronti nell'analisi del Linkage Disequilibrium (LD).

CHR	VPR	PRI	MDN	REG	MDC	REN	GA	PZG	VPN	BUR	GAR	VDC	CAB	AGE	VAR	PST	CIN
1	2321847	2258235	2286384	2256928	1994630	2296094	2297443	2321591	2318453	2323404	2204397	2322222	2309039	2298376	2286466	2298627	2251312
2	2117035	2080977	2096200	2076657	1867727	2086500	2103728	2109819	2106694	2121384	2017156	2110611	2107158	2101494	2082326	2116055	2063044
3	1905776	1860584	1881257	1866981	1660400	1884371	1902046	1909764	1911950	1917711	1839684	1909361	1908408	1883149	1853540	1900491	1863983
4	1710071	1663453	1682728	1686555	1483938	1684194	1703276	1699981	1714151	1709939	1598654	1714137	1705072	1688844	1681011	1702764	1655574
5	1914606	1847693	1880897	1892335	1598485	1883538	1898692	1909749	1916876	1915877	1827579	1917783	1904489	1893800	1888939	1916759	1866366
6	2110561	2036579	2068231	2031144	1721081	2080700	2087025	2112594	2116815	2116262	2014780	2114167	2101779	2084484	2057684	2070632	2062374
7	1976664	1921160	1961416	1960679	1708869	1942442	1966591	1975746	1981572	1982232	1859165	1987437	1971205	1970232	1931602	1982823	1918721
8	1611890	1566384	1593970	1595158	1398507	1592330	1602259	1606887	1606146	1614711	1531742	1608988	1597784	1595501	1590875	1609860	1571102
9	1580021	1544343	1558606	1544710	1313965	1564802	1568772	1581160	1586905	1587174	1519028	1585812	1581024	1565601	1564734	1569401	1541906
10	1569053	1528617	1547115	1549375	1323141	1543994	1548597	1568130	1561053	1570841	1490503	1563802	1556618	1560287	1533729	1559479	1513561
11	1548294	1498217	1526994	1535045	1309193	1533343	1536725	1545678	1550554	1553184	1473484	1551181	1540298	1523539	1506067	1537765	1502831
12	1319477	1268087	1299175	1302310	1134043	1301972	1311243	1322425	1321901	1323262	1244456	1318174	1313969	1301390	1290199	1316213	1286425
13	1154568	1122181	1144326	1137753	1002992	1128309	1153156	1159293	1154616	1158991	1102812	1158560	1145203	1146338	1140768	1157291	1130382
14	1711783	1676097	1675038	1695331	1467910	1676361	1700818	1695227	1711873	1701474	1599370	1711291	1695374	1679238	1692465	1711452	1664823
15	1235366	1200784	1206710	1216587	1095497	1207918	1220153	1232486	1241222	1236212	1157768	1235674	1234181	1217509	1204028	1231686	1204227
16	1101197	1057670	1088027	1068718	974622	1089155	1097403	1100337	1101574	1099309	1046153	1104601	1096283	1094287	1068372	1097637	1067459
17	1030840	1001145	1019374	1009872	895852	1023042	1023681	1029748	1035269	1033319	975308	1032132	1027873	1019728	1017004	1028873	1015071
18	905545	869350	892201	881594	788873	891009	902593	901150	902522	907252	845852	902798	897983	896977	895119	904432	875142
19	913064	895039	903858	907120	744058	900021	909181	916652	916540	912818	865302	913574	905961	904581	894016	917184	891352



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

20	1289185	1256727	1292861	1258420	1118363	1282273	1274988	1297784	1303072	1295317	1249403	1300041	1284788	1290038	1280381	1303987	1257731
21	1073469	1037444	1060610	1059603	937783	1063960	1056400	1071950	1069899	1074812	1034884	1072536	1073569	1058748	1057429	1072613	1046220
22	877716	851157	873019	864392	757771	860909	875546	875841	878987	878376	840220	880519	876823	866830	865955	873396	855275
23	764313	739539	753125	744761	669772	757686	760112	765223	767412	766385	727516	761072	768209	759921	748150	763884	752388
24	1251860	1219637	1230617	1232373	1069523	1243188	1247563	1245851	1249654	1253947	1139870	1248388	1252849	1243705	1235901	1248125	1207934
25	623004	600740	616913	611347	530168	606451	622137	624148	620954	622226	584284	621089	615965	615833	614521	623908	599394
26	748901	724583	747413	729033	656907	735532	750576	751923	751449	747603	721936	750211	744170	740210	739242	749831	724197
27	617676	603903	611493	612857	532027	611595	611549	616649	616264	620827	581437	619656	608479	604484	611795	619943	589663
28	635428	608983	625066	625293	540432	623919	633289	636467	636806	636896	610816	633582	634605	627304	624194	638808	605526
29	719528	690489	712082	693231	637972	703797	716705	716214	720006	718618	659291	717254	717704	712738	702394	699541	693135
Tot.	38338738	37229797	37835706	37646162	32934501	37799405	38082247	38300467	38371189	38400363	36362850	38366653	38176862	37945166	37658906	38223460	37277118



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

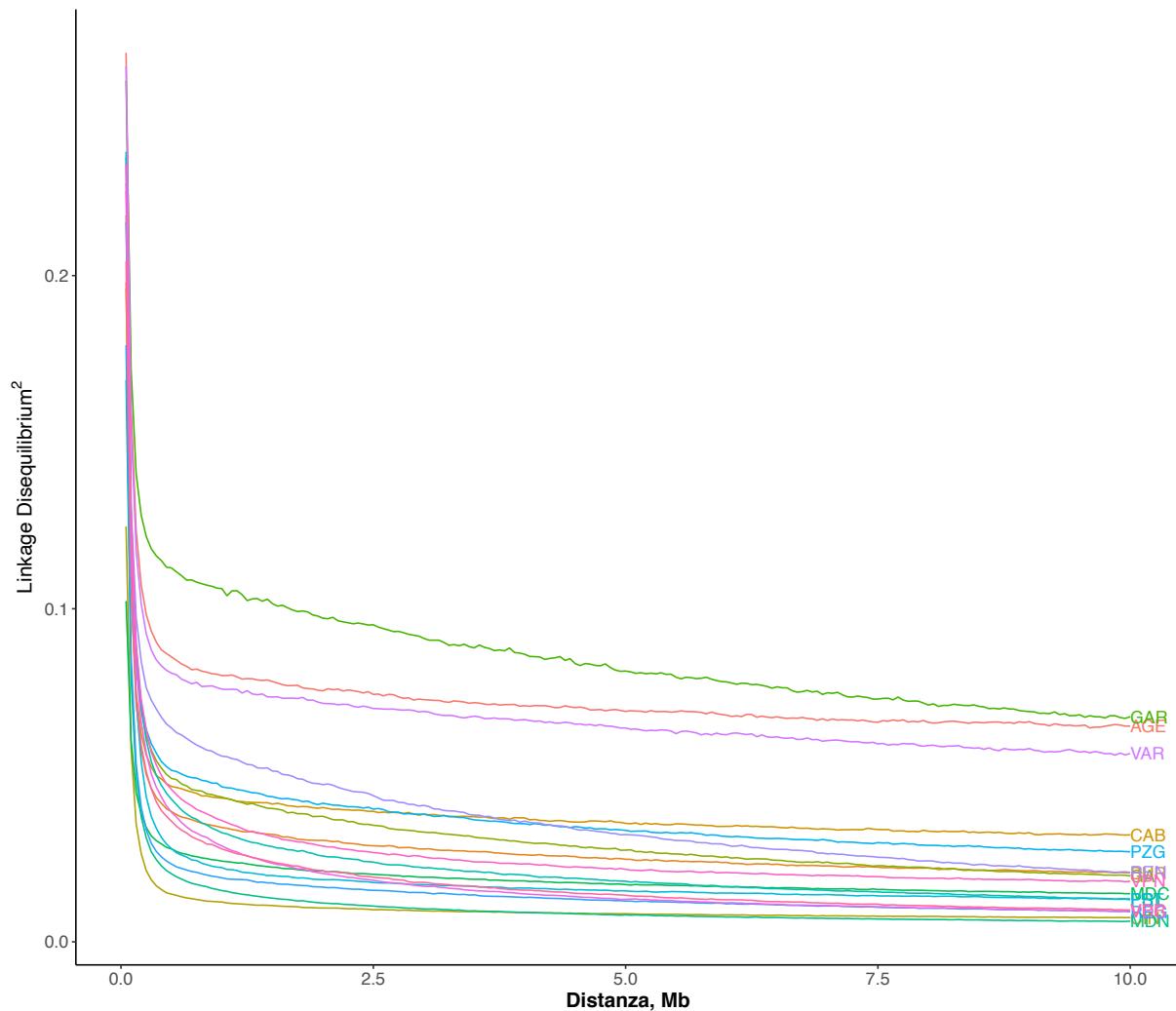


Figura 4. Andamento del livello di linkage disequilibrium (LD), espresso con il parametro r2, all'aumentare della distanza tra i marcatori.



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

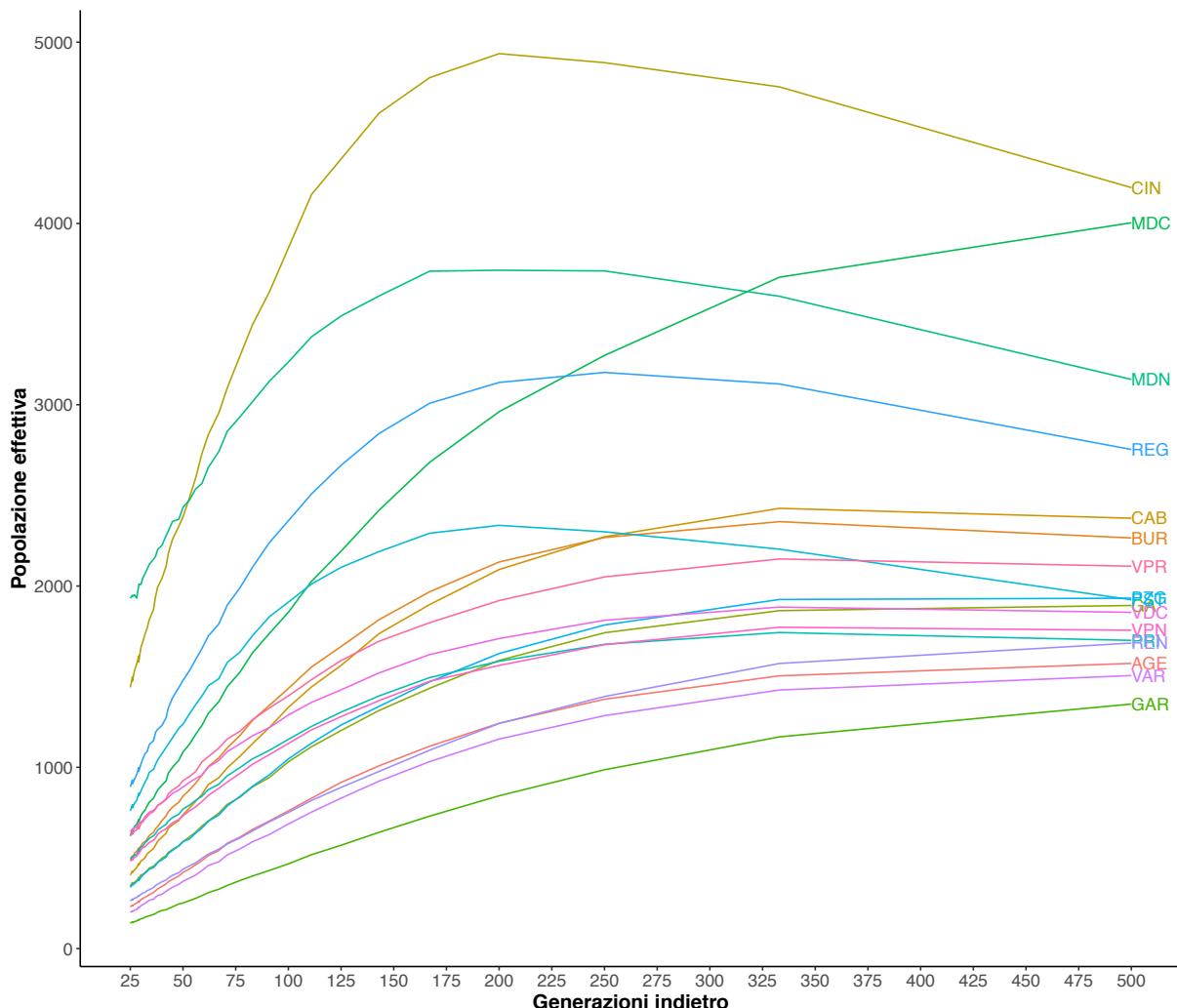


Figura 5. Popolazione effettiva, calcolate a partire dai livelli di r_2 , nelle 17 razze da 500 a 25 generazioni indietro nel tempo.



Università degli Studi di Sassari
Dipartimento di Agraria
Viale Italia 39, 07100 Sassari
Partita IVA 00196350904

B. Caratterizzazione delle produzioni.

Il lavoro svolto nell'ambito della caratterizzazione delle produzioni ha riguardato lo studio dei marcatori razza-specifici. In particolare, tramite l'analisi discriminante, sono stati individuati i marcatori in grado di discriminare tra le razze oggetto di studio. L'analisi è stata condotta in due parti: nel primo step è stata applicata l'analisi stepwise per ridurre il numero di marcatori, cromosoma per cromosoma; nel secondo step i marcatori selezionati nel primo step in ciascun cromosoma sono stati messi insieme e sottoposti ad un'ulteriore analisi stepwise. Infine, i marcatori residui sono stati utilizzati nell'analisi discriminante per individuare i marcatori che massimizzavano le differenze tra le razze oggetto di studio, ossia i marcatori molecolari che potrebbero essere utilizzati per la caratterizzazione dei prodotti di originale animale.

Il dataset generale (3070 animali e 101805 marcatori) è stato diviso in 29 files, uno per ogni cromosoma autosoma. In ogni cromosoma è stata applicata la procedura *stepclass* del pacchetto di R “klaR”, usando la razza come fattore di classificazione: dall'analisi sono stati estratti i marcatori che, in ogni cromosoma, avevano il maggior potere di separazione tra le razze. Il numero di marcatori tenuti in ogni cromosoma è riportato in Tabella 13.

Tabella 13. Numero di marcatori utilizzati nell'analisi *stepwise* per cromosoma e numero di marcatori mantenuto sulla base dell'abilità a separare le razze oggetto di studio.

Marcatori			Marcatori			Marcatori		
CHR	Totali	Tenuti	CHR	Totali	Tenuti	CHR	Totali	Tenuti
1	6208	6	11	4236	4	21	2860	6
2	5523	6	12	3599	6	22	2479	4
3	4971	5	13	3264	3	23	2150	6
4	4695	6	14	3856	4	24	2894	5
5	4951	8	15	3376	6	25	1774	6
6	5124	6	16	3133	5	26	2090	8
7	4904	7	17	2914	8	27	1814	4
8	4369	7	18	2586	7	28	1850	6
9	4222	8	19	2549	5	29	2032	5
10	4189	7	20	3193	5			



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

Tutti i marcatori tenuti in ciascun cromosoma sono stati uniti insieme ($N = 169$) ed utilizzati nell'analisi discriminante. Utilizzando questi 169 marcatori si è stati in grado di attribuire alla corretta razza di appartenenza 2728 animali (89% correttamente assegnati), mentre 342 animali (11% erroneamente assegnati) sono stati assegnati ad una razza diversa. Tuttavia, 106 animali assegnati alla razza sbagliata appartenevano alle 3 razze Valdostane (VDC, VPR, VPN) e sono stati assegnati ad un'altra delle 3 razze. Il numero di errori "effettivi" da considerare è, quindi, di 236: cioè 8% di animali erroneamente assegnati sui 3070 utilizzati nelle analisi. Utilizzando i valori delle prime canoniche discriminanti, le razze sono state raffigurate in Figura 6.

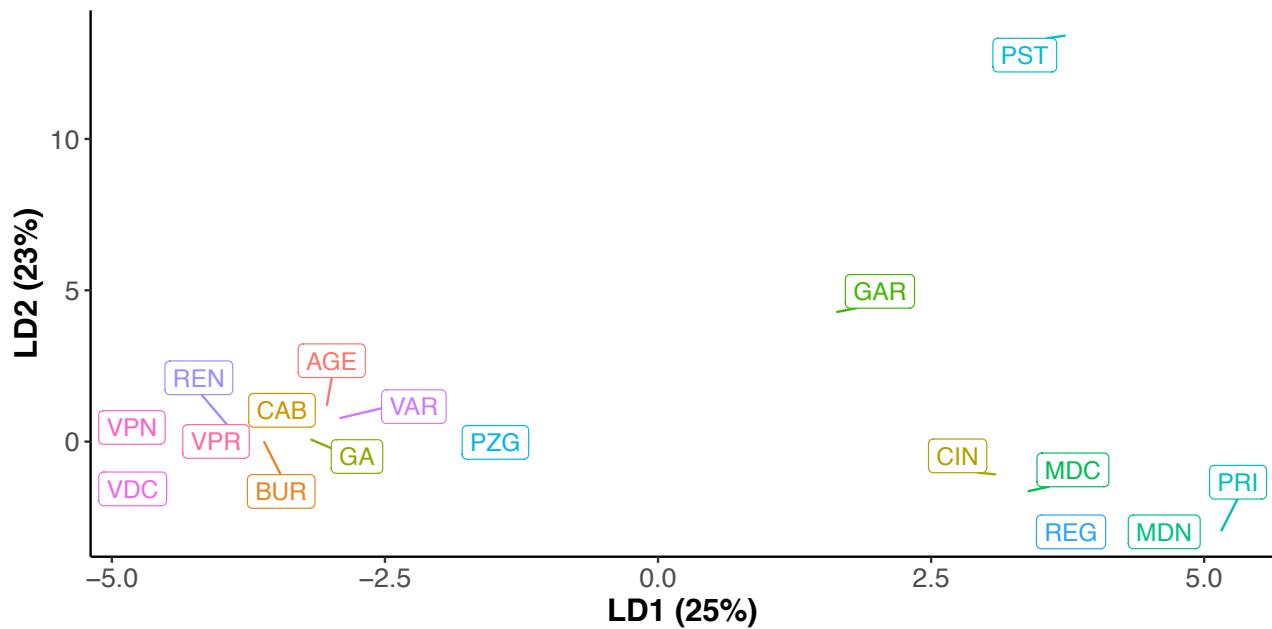


Figura 6. Grafico delle prime due canoniche discriminanti.

In Tabella 14 è riportato l'elenco dei 169 marcatori in grado di discriminare, e di assegnare correttamente alla razza di appartenenza, il 92% degli animali appartenenti alle 17 razze oggetto di studio.



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

Tabella 14. Elenco dei 169 marcatori utilizzati nell'analisi discriminante tra le 17 razze oggetto di studio.

BovineHD010000141 8	BovineHD1500005208	ARS-BFGL-NGS- 37473	BovineHD23000052 50	BovineHD070000 6922
BovineHD010000630 6	BovineHD1500009852	Hapmap57385- rs29020823	BovineHD23000073 66	BovineHD070002 5966
BovineHD010000646 6	BovineHD1500023162	BovineHD080002343 0	ARS-BFGL-NGS- 103331	ARS-USDA- AGIL-chr22- 37742180-000478
ARS-BFGL-NGS- 53144	BovineHD1500023649	BTB-00360865	BovineHD23000101 82	ARS-USDA- AGIL-chr22- 57468308-000483
ARS-BFGL-NGS- 92711	BovineHD1600000017	BovineHD080002427 2	BovineHD23000152 28	BovineHD080000 4696
BovineHD010002464 9	BovineHD1600000060	ARS-BFGL-NGS- 111224	BovineHD24000000 63	BTB-02067241
BovineHD020000393 0	BovineHD1600001719	BovineHD090000001 4	BovineHD24000005 87	BovineHD290000 0827
BovineHD020000554 7	BTA-25001-no-rs	BovineHD090000222 5	BovineHD24000008 82	ARS-BFGL-NGS- 110662
BovineHD020001241 7	BovineHD1600020273	ARS-BFGL-NGS- 80422	BovineHD24000071 06	BovineHD290000 5459
BovineHD020002580 4	BovineHD1700000551	ARS-BFGL-NGS- 104704	BovineHD24000072 69	BovineHD290001 1764
BTA-49501-no-rs	BTB-01831006	BovineHD090000626 8	BovineHD25000004 54	BovineHD290001 1822
BovineHD020003506 8	BovineHD1700007499	ARS-BFGL-NGS- 92667	BovineHD25000038 99	ARS-BFGL-NGS- 100405
BovineHD030001596 5	ARS-BFGL-NGS-68171	BovineHD090002420 3	BovineHD25000039 40	BovineHD230000 4301
BovineHD030001651 2	ARS-BFGL-NGS-34831	BovineHD090002953 3	BovineHD25000067 25	BovineHD140002 4339
BovineHD030001660 7	BovineHD1700011957	BovineHD100000001 9	BovineHD25000079 36	ARS-BFGL-NGS- 84397
ARS-BFGL-NGS- 28490	ARS-BFGL-NGS-36014	BovineHD100000754 9	BovineHD25000110 54	ARS-BFGL-NGS- 100788
BovineHD030003002 2	BTB-01564517	BovineHD100000797 2	BovineHD26000000 13	BovineHD140000 7365
ARS-BFGL-NGS- 93391	Hapmap47948-BTA-42577	BovineHD100000825 0	BovineHD26000009 47	BovineHD150000 0080
UA-IFASA-2130	BovineHD1800006125	BovineHD100000883 5	BovineHD26000041 24	BovineHD150000 0188
BovineHD040000972 4	BovineHD1800007680	BovineHD100000971 9	BovineHD26000049 22	BovineHD070003 4061
BovineHD040001371 7	BovineHD1800009146	BovineHD100002819 5	BovineHD26000151 62	BovineHD210000 0500
ARS-BFGL-NGS- 100449	BovineHD1800014599	BovineHD110001564 9	ARS-BFGL-NGS- 107207	BovineHD210000 0800
BovineHD040003294 3	BovineHD1800019875	BovineHD110001749 5	ARS-BFGL-NGS- 110216	BovineHD210000 6986
BTB-01787604	ARS-USDA-AGIL-chr18- 63016654-000045	ARS-BFGL-NGS- 41942	ARS-BFGL-NGS- 23845	ARS-USDA- AGIL-chr21- 50324130-000461
BovineHD410000338 2	BovineHD1900004449	BTA-26840-no-rs	BovineHD27000014 23	ARS-BFGL-NGS- 13205



Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Agraria

Viale Italia 39, 07100 Sassari

Partita IVA 00196350904

BovineHD050000708 1	BovineHD1900007083	BovineHD120000432 2	BovineHD27000069 47	BovineHD210001 7689
BovineHD050002030 4	ARS-BFGL-NGS-101953	BovineHD120000612 5	BovineHD41000183 43	BovineHD220000 9362
BovineHD050002123 9	BovineHD1900012391	ARS-BFGL-NGS- 13348	BovineHD27000101 58	ARS-USDA- AGIL-chr7- 9911888-000740
BovineHD050002310 3	BovineHD1900012657	ARS-BFGL-NGS- 101837	BovineHD28000008 18	ARS-USDA- AGIL-chr7- 11340236-000749
BovineHD050002669 1	BovineHD2000000234	Hapmap55178- rs29024455	BovineHD28000021 74	BovineHD070000 2801
ARS-BFGL-NGS- 37762	ARS-BFGL-NGS-109135	BovineHD120001731 5	BovineHD28000046 20	BovineHD070000 1337
BovineHD060001044 2	BovineHD2000001616	BovineHD130000001 0	BovineHD28000096 87	BovineHD060003 3278
Hapmap54103- rs29010895	BovineHD2000001747	BTA-33013-no-rs	BovineHD28000125 48	BovineHD060001 8904
BovineHD060001091 2	BovineHD2000008425	ARS-BFGL-NGS- 19009	BovineHD06000185 27	

Il responsabile scientifico

Nicolò P.P. Macciotta