

ATTIVITÀ E DINAMICHE DI MOVIMENTO DI VACCHE DI RAZZA GRIGIO ALPINA E BRUNA DURANTE IL PASCOLAMENTO IN MALGA

Raniolo S., Ramanzin M., Sturaro E.

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA, ANIMALI, ALIMENTI, RISORSE NATURALI E AMBIENTE -
Università di Padova

Riassunto

I collari GPS sono stati usati per monitorare i pattern di pascolamento di vacche Brune e Grigio Alpine in lattazione su un pascolo alpino estivo (2038 m s.l.m.; SD=146) nelle Dolomiti. Il pascolo (171 ha) è stato gestito con un sistema di pascolo continuo (0,52 UBA/ha) con mungitura mattutina e serale in stalla, conduzione durante il "giorno" e libero movimento durante la "notte". Le posizioni GPS di 9 vacche di razza Bruna pluripare e di 9 vacche di razza Grigio Alpina (4 primipare e 5 pluripare) sono state rilevate ogni due minuti. I comportamenti di pascolamento, riposo e spostamento sono stati dedotti dalle metriche di movimento, dai sensori di attività e dalle osservazioni comportamentali dirette attraverso l'applicazione di una Random Forest. Esclusi i periodi di mungitura, al giorno le vacche hanno pascolato per 8 ore, riposato per 10-11 ore e camminato per 1,5 ore. Il pascolamento è stato osservato fino a tarda sera dopo la mungitura, mentre il riposo ha prevalso per tutta la notte. L'uso dei pascoli è stato molto eterogeneo, con carichi di animali più elevati vicino alla stalla, soprattutto di notte, e in aree con pendenze più dolci. Le vacche primipare Grigio Alpine sono state meno limitate dalla pendenza e dalla distanza dalla stalla nei loro movimenti, ma sono state più selettive nell'uso dell'habitat rispetto alle vacche multipare. Le differenze tra le vacche multipare delle due razze sono state invece meno pronunciate. Futuri studi dovrebbero aiutare a comprendere i fattori interni ed esterni all'animale capaci di determinare i pattern di pascolamento dei bovini, al fine di sviluppare pratiche di gestione che combinino la produttività e il benessere degli animali con la conservazione dei servizi ecosistemici delle praterie.

Abstract

Grazing activity and movement dynamics of Gray Alpine and Italian Brown cows on alpine pasture - GPS collars were used to monitor grazing patterns of lactating Brown and Grey Alpine cows on a summer alpine pasture (2038 m a.s.l.; SD=146) in the Dolomites. The pasture (171 ha) was managed under a continuous grazing system (0.52 LU/ha) with morning and evening milking in the barn, conduction during the "day" and unrestricted movement during the "night." GPS positions of 9 multiparous Brown Swiss cows and 9 Alpine Grey cows (4 primiparous and 5 multiparous) were taken every two minutes. Grazing, resting, and walking behaviours were inferred by combining movement metrics, activity sensors, and direct behavioural observations using a Random Forest algorithm. Excluding milking periods, the cows grazed for 8 hours, rested for 10-11 hours, and walked for 1.5 hours per day. Grazing was observed until late in the evening after milking, while resting prevailed throughout the night. The cows showed heterogeneous pasture use, with higher animal loads near the barn, especially at night, and in areas with gentler slopes. Alpine Grey primiparous cows were less restricted by slope and distance from the barn in their movements but were more selective in habitat use than multiparous cows. In contrast, differences between multiparous cows of the two breeds were less pronounced. Future studies could provide insights into the internal and external animal factors capable of determining cattle grazing patterns to develop management practices that combine productivity and animal welfare with conservation of grassland ecosystem services.

Introduzione

I pascoli alpini sono ecosistemi seminaturali che svolgono un ruolo cruciale nell'allevamento di montagna, fornendo sia alimenti che habitat. Essi possono anche fornire molteplici servizi ecosistemici non-provisioning, come ad esempio lo stoccaggio di carbonio, la protezione dall'erosione del suolo, la regolazione dei flussi idrici e la conservazione della biodiversità (Bunce et al. 2004; Sturaro et al. 2013; Zendri et al. 2016; Schils et al. 2022). I pascoli sono gestiti attraverso diversi sistemi (Probo et al. 2013; 2014; Perotti et al. 2018; Pittarello et al. 2019; Raniolo et al. 2022), che mirano a controllare il pascolamento degli animali, per migliorare il loro benessere e produttività, pur influenzando anche i servizi ecosistemici associati alle praterie (Sturaro et al. 2013; Schils et al. 2022; Bai e Cotrufo 2022). Ad esempio, alte densità di utilizzo possono portare a un sovra pascolamento, che può trasformare le aree prative da stoccaggi a fonti di carbonio e modificare le condizioni del suolo, le comunità microbiche e la vegetazione attraverso il calpestio degli animali e la deposizione di escrementi (Chang et al. 2021; Bai e Cotrufo, 2022).

La determinazione dei pattern di pascolamento dipende dall'interazione di molteplici fattori esterni agli animali, come la pendenza del terreno (Kaufmann et al. 2013; Pittarello et al. 2021; Rivero et al. 2021), le condizioni climatiche (Caton e Olson 2016; Liao et al. 2017; Rivero et al. 2021) e la disponibilità e la distribuzione di ombra, ripari e fonti d'acqua (Probo et al. 2014; Rivero et al. 2021), e interne agli animali, come la produttività, le esigenze nutrizionali, il peso e la conformazione corporea, la capacità di muoversi su terreni difficili e l'attitudine al pascolo. Queste caratteristiche dipendono innanzitutto dalla specie, successivamente dalla razza (Isselstein et al. 2007; Bailey et al. 2010; Spiegel et al. 2019; Pauler et al. 2020; Rivero et al. 2021) e, all'interno della razza, dall'età (Bailey et al. 2001; Walburger et al. 2009; Lopes et al. 2013). Ad esempio, le razze bovine possono differire nella selezione dei pendii e delle altitudini (Raniolo et al. 2022), nei bilanci di attività (Hessle et al. 2008; Spiegel et al. 2019; Pauler et al. 2020) e nella selezione delle specie vegetali (Hessle et al. 2014; Koczura et al. 2019; Spiegel et al. 2019; Pauler et al. 2020). In generale, le razze locali sono più adatte a condizioni più difficili rispetto a quelle altamente produttive, come la Holstein o la Brune (Hessle et al. 2014; Zendri et al. 2016). All'interno delle razze, gli individui più giovani sono più piccoli di quelli maturi, favorendoli negli spostamenti su terreni difficili e, nel caso delle razze da latte, hanno livelli di produttività minori e quindi il loro fabbisogno nutrizionale può essere più facilmente soddisfatto al pascolo (Wyffels et al. 2020). Tuttavia, gli individui più giovani possono avere una

limitata esperienza al pascolo, il che potrebbe influenzare la selezione delle risorse (Dunn et al. 1988; Bailey et al. 2001; Walburger et al. 2009).

Recentemente, lo studio dei pattern di pascolamento ha fatto grandi progressi con la rapida espansione della tecnologia GPS, che consente di monitorare le posizioni individuali con una precisione spaziale di pochi metri e un'alta frequenza temporale (D'Eon et al. 2002; Tomkiewicz et al. 2010; Muminov et al. 2019). Oltre ai dispositivi di localizzazione GPS, l'associazione di sensori esterni consente di monitorare il comportamento degli animali indirettamente in continuazione e senza l'interferenza degli osservatori (Agouridis et al. 2004; Cagnacci et al. 2010; Pinter-Wollman e Mabry 2010; Homburger et al. 2014; Semenzato et al. 2021), permettendo di migliorare notevolmente la comprensione dell'ecologia di movimento sia della fauna (Nathan et al. 2022) sia degli animali allevati (Bailey et al. 2018; Rivero et al. 2021).

L'attuale letteratura di confronto tra le razze bovine in pascoli alpini si è finora concentrata principalmente sulla morfologia, comportamento e prestazioni (Zendri et al. 2016; Toledo-Alvarado et al. 2017), mentre i pattern di pascolamento sono stati confrontati tra genotipi altamente divergenti per produttività e dimensioni corporee (Hessle et al. 2008; Pauler et al. 2020). In questo studio si è voluto confrontare i bilanci di attività e l'uso del pascolo di vacche in lattazione di razza Grigia Alpina e Bruna durante il periodo di alpeggio in un pascolo alpino di alta quota gestito con una combinazione di pascolo a rotazione libera e continuo. La Grigia Alpina è una razza locale delle Alpi orientali a duplice attitudine (<https://www.grigioalpina.it/>), mentre la Bruna è una razza da latte cosmopolita (<http://www.anarb.it/en/home/>). Raniolo et al. (2022) hanno suggerito che la Grigia Alpina potrebbe essere più adatta al pascolo in montagna rispetto alla Simmental, una razza a duplice attitudine più grande e più produttiva (<https://www.anapri.eu/it/>). Inoltre, si è sfruttata la disponibilità di diverse categorie di parity all'interno della razza Grigio Alpina per confrontare le vacche primipare e pluripare.

Materiale e metodi

Durante l'estate 2020, lo studio è stato condotto presso la malga "Vallazza" nel Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino in provincia di Trento, Alpi orientali italiane (Fig.1, 46°18'28"N, 11°44'38"E). La malga si trova a 2038 m s.l.m. con clima alpino caratterizzato da inverni lunghi e freddi ed estati fresche e piovose (Tattoni et al. 2010). L'area pascolata (171 ha) è stata definita come la superficie contenente posizioni GPS valide (buffer di 50 m) in QGIS 3.22.7 (EPSG 4326 e 32632). La pendenza media (15,3°, SD = 7,9°) è stata attribuita attraverso un raster (risoluzione di 25 m)

fornito dal Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino. Gli habitat dell'area sono stati classificati tramite immagini satellitari a scala fissa 1:2500 del server ArcGIS. Gli habitat classificati sono stati "prateria" (48%), "bosco" (34%), "arbusteti sparsi" (12,6%), "strada-sentiero" (3,3%), "fiume" (1,3%), "superficie rocciosa" (0,3%), e "edifici" (0,5%).

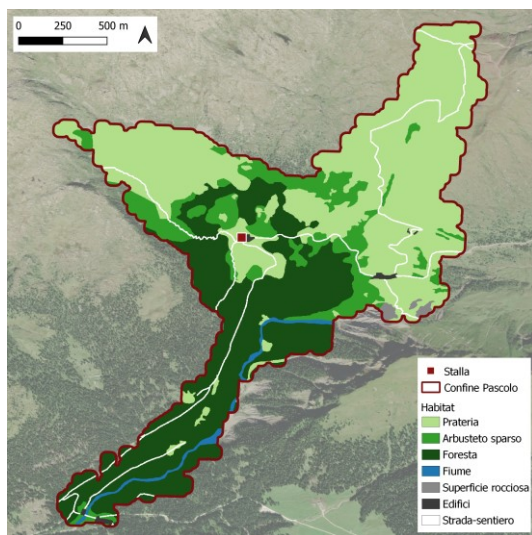


Figura 1 - Area pascolata con i principali tipi di habitat. La linea rossa esterna delimita una l'area che comprende tutte le posizioni GPS aventi un buffer esterno di 50 m. Gli habitat sono mappati come vettori a una scala fissa di 1:2500 (si veda il testo principale per i dettagli).

Gestione della malga e degli animali monitorati

La malga "Vallazza" gestisce il pascolo dallo scorso secolo (Zanella et al. 2010). Durante la prova, la malga ha ospitato una mandria di vacche da latte di razza mista (Bruna, Grigio Alpina) gestendo il pascolo con un basso carico (0,52 UBA/ha). Le vacche sono state munte due volte al giorno nella stalla e condotte dai pastori a pascolare in aree diverse del pascolo dopo la mungitura mattutina. Le vacche sono state lasciate libere di trascorrere la notte all'aperto dopo la mungitura serale. Durante la mungitura, tutte le vacche hanno ricevuto un supplemento di concentrato (composizione: proteina grezza: 14,7%; fibra grezza: 6,1%; grasso grezzo: 3,4%; ceneri totali: 5.2%. Quantità: Grigio alpina = 4 kg/capo/d; Bruna = 6 kg/d.) come d'abitudine in questi sistemi di pascolo (Zendri et al. 2016).

Sono state monitorate 9 vacche Grigio Alpine (4 primipare e 5 pluripare) e 9 Brune pluripare dal 5 luglio al 5 settembre 2020 per le

produzioni di latte individuali e il peso corporeo vivo. Le vacche sono state confrontate per "razza-parity" attraverso un'ANOVA a una via. Le produzioni di latte sono state ottenute dai controlli mensili effettuati dall'Associazione Allevatori di Trento e mediate per ogni vacca. Il peso corporeo vivo individuale è stato registrato all'inizio e alla fine della stagione di pascolo e mediato per ogni vacca.

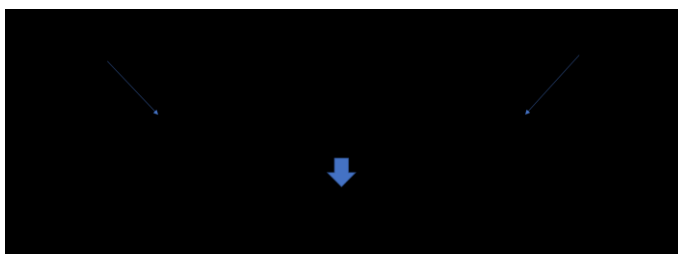


Figura 2 - Schema della metodologia di analisi utilizzata.

Raccolta dei dati di movimento

Le vacche sono state monitorate con 9 collari GPS (modello Vertex Plus, Vectronic Aerospace GmbH) che registravano la posizione ogni 2 minuti con un errore medio di 6 m (Párraga Aguado et al. 2017). I gruppi erano composti da 9 vacche distribuite tra le tre categorie e monitorate per un mese ciascuno. Sono state ottenute 362.157 posizioni geolocalizzate (tasso di acquisizione delle posizioni: 97,1%), escludendo le posizioni impossibili (cime di montagne, ecc.) e quelle anomale rispetto alla traiettoria del movimento (velocità superiori a 16km/h e/o a deviazioni anomale dalla traiettoria del movimento). I dati geolocalizzati sono stati pre-processati usando PostgreSQL 14 e il plugin PostGIS 3.1.5. I periodi di mungitura sono stati identificati tra le 5:00-8:00 e 16:00-19:00, selezionando le posizioni all'interno di un buffer circolare di 50 m intorno alla stalla. I singoli periodi di mungitura sono stati identificati attraverso sequenze di 3 o più posizioni mancanti e valori medi di accelerazione dei sensori di attività X e Y inferiori a 35 (che indicano inattività) in intervalli di 10 minuti. I periodi di mungitura individuali sono stati poi controllati visivamente.

I collari GPS usati avevano un sensore di attività triassiale che memorizzava i valori di accelerazione come medie su intervalli di cinque minuti. I dati dell'accelerometro sono stati usati per classificare le posizioni in tre categorie di comportamento: "pascolamento" (ricerca con brevi movimenti, masticazione e ingestione delle piante; Owen-Smith et al. 2010), "riposo" (in piedi senza movimenti o sdraiati), e "spostamento" (movimenti con una chiara direzionalità, senza interruzioni per il pascolo). La

classificazione è stata basata su un modello di Random Forest (Liaw e Wiener 2002; Homburger et al. 2015) costruito su 2.237 posizioni corrispondenti ad osservazioni dirette.

Il geodatabase finale usato per le analisi conteneva 269.963 posizioni all'aperto, classificate come "giorno" e "notte". Ogni posizione è stata associata alle caratteristiche delle singole vacche, alle variabili temporali, alla distanza dalla stalla, alle caratteristiche del movimento ("pendenza" e "velocità", calcolate come la distanza in m tra ogni coppia di posizioni consecutive divisa per il tempo in secondi che ne separa l'acquisizione - Urbano e Cagnacci 2014), all'habitat e al comportamento.

Bilancio giornaliero dell'attività delle vacche

Ogni giorno è stato calcolato il tempo che ogni vacca ha trascorso in ogni comportamento ("pascolamento", "riposo", "spostamento ") come $NBi/30$, dove NBi è il numero di posizioni assegnate a ciascun comportamento. I tempi dei tre comportamenti sono stati analizzati separatamente per ogni periodo giornaliero, utilizzando modelli misti lineari con la funzione "lmer4" della libreria "lme4" (Bates et al. 2015) in R 4.2.0 (R Core Team 2016) per verificare gli effetti della razza-parity e della singola vacca come fattore random.

Intensità a scala fine dell'uso del pascolo

L'uso del pascolo è stato analizzato tramite la discretizzazione dell'area usata a griglia di celle 25x25 m caratterizzate dal numero di posizioni GPS per categoria di animali nei due periodi giornalieri. Ogni cella è stata caratterizzata attraverso la pendenza, la distanza lineare (m) dal centro della cella alla stalla e gli "habitat prevalenti", definiti come "prateria", "arbusteto" e "bosco" quando la loro copertura percentuale era superiore al 50% della cella. Queste variabili sono state usate nell'analisi della frequenza delle posizioni basata sull'approccio INLA (Integrated Nested Laplace Approximation), che gestisce l'autocorrelazione spaziale attraverso l'effetto random spaziale della cella (Rue et al. 2009; Homburger et al. 2015). L'approccio INLA è stato implementato utilizzando la funzione "INLA" della libreria INLA in R 4.2.0, confrontando le categorie animali e periodi giornalieri con sei modelli distinti basati su una distribuzione binomiale negativa inflazionata da zero. Gli iperparametri sono stati selezionati seguendo l'articolo di Homburger et al. 2015 (effetto strutturato spaziale (τ_S): Distribuzione gamma con forma 1 e tasso 0,00025; effetto non strutturato (τ_E): Distribuzione gamma con forma 0,5 e tasso 0,00149). Infine, i modelli sono stati confrontati utilizzando un forest plot per evidenziare le differenze in termini di rilevanza statistica (Anzures-Cabrera e Higgins 2010).

Aree utilizzate giornalmente dalle bovine

Le aree giornaliere utilizzate dalle vacche durante il "giorno" e la "notte" sono state calcolate (in ha) con il metodo di distribuzione dell'utilizzo (UD) e un parametro di smoothing di 25 m tramite la funzione "kernelUD" della libreria adehabitatHR (Calenge 2021) in R 4.2.0. Sono state stimate l'area totale utilizzata ("Area totale" - area contenente il 90% delle posizioni, escludendo il 10% di quelle più periferiche/occasionali) e la porzione utilizzata più intensamente dagli animali ("Core area" - area contenente il 50% delle posizioni - Viana et al. 2018; Floyd et al. 2022). Le dimensioni delle aree sono state analizzate con un modello lineare generalizzato misto utilizzando la funzione "glmer" della libreria "lme4" (Bates et al. 2015). I modelli sono stati basati sulla distribuzione Gamma e una funzione log link, includendo l'individuo come effetto random e l'interazione tra razza-parity e periodo giornaliero e la data giuliana come effetti fissi.

Risultati e discussione

In questo studio, abbiamo riscontrato che la razza e la parity influenzano il bilancio di attività delle vacche e il loro utilizzo del pascolo con distinzioni tra giorno e notte.

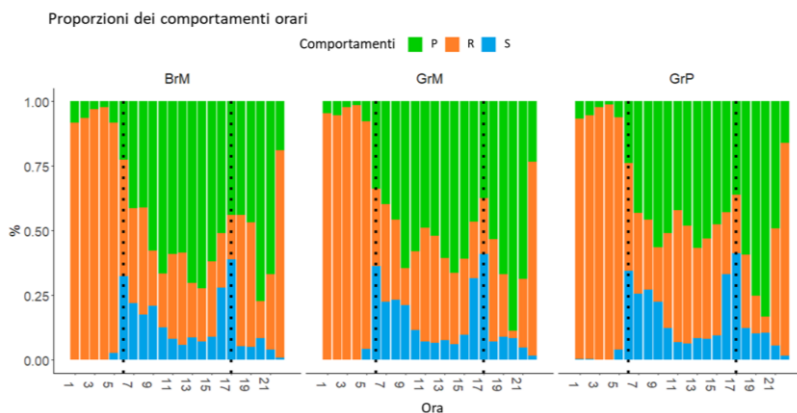


Figura 3 - Proporzioni dei comportamenti ("P": pascolamento - verde; "R": riposo - arancione; "S": spostamento - azzurro) orari suddivisi nelle tre categorie di razza-parity ("BrM": Bruna multipare; "GrM": Grigio Alpina multipare; "GrP": Grigio Alpina primipara). Le linee verticali tratteggiate corrispondono agli orari di mungiture.

Le ore di pascolamento sono state influenzate significativamente dalla razza-parity ($p < 0,01$) durante il "giorno" ma non durante la "notte".

Durante il "giorno" (Figura 3), le vacche Grigio Alpine primipare hanno pascolato in media per 4:30 ore (SE = 0:12; proporzione totale: 37.5%), le Grigio Alpine multipare per 5:00 ore (SE: 0:13; proporzione totale: 41.6%) e le Brune multipare per 5:18 ore (SE: 0:09; proporzione totale: 44.2%). Durante la "notte" (Figura 3), le vacche di tutte le categorie di razza e parità hanno pascolato per circa 2:36-2:54 ore (SE = 0:06-0:09; proporzione totale: 21.6%-26.7%). Anche le ore di riposo sono state influenzate significativamente dalla razza-parity ($p < 0,01$) durante il "giorno", ma non durante la "notte". Durante il "giorno" (Figura 3), le vacche Grigio Alpine primipare hanno riposato più a lungo (3:12 ore, SE = 0:10; proporzione totale: 26.7%) rispetto alle vacche Brune e Grigio Alpine multipare (2:24-2:42 ore; SE = 0:08-0:12; proporzione totale: 20%-22.5%). Durante la "notte" (Figura 3), il tempo di riposo è variato tra le 7:36 e le 7:54 ore (SE = 0:06-0:10; proporzione totale: 63.3% - 65.8%) per tutte le categorie di razza-parity. Infine, il tempo trascorso a camminare non è stato influenzato dalla razza-parity sia durante il "giorno" che durante la "notte" (Figura 3). Durante il "giorno", le vacche hanno camminato per 1:18-1:24 ore (SE= 0:07-0:11; proporzione totale: 10.8%-11.6%), mentre durante la "notte" per 0:18-0:24 ore (SE= 0:02-0:03; proporzione totale: 2.5%-3.3%).

Durante le 24 ore, le vacche hanno generalmente trascorso circa 8 ore a pascolare, 10-11 ore a riposare e 1,5 ore a camminare. Un simile tempo totale di pascolamento è stato osservato negli studi esaminati da Kilgour (2012), che ha riscontrato un'ampia variabilità nella proporzione di tempo tra il "giorno" e la "notte" senza però spiegarla. Il tempo osservato può essere parzialmente legato alla consistente integrazione di concentrati ricevuta dalle vacche durante la mungitura. Infatti, l'integrazione di concentrati ha un noto effetto negativo sia sul tempo di pascolo sia sull'ingestione di foraggio (Krysl e Hess 1993; Gekara et al. 2001; Bovolenta et al. 2002; Soca et al. 2014). Del tempo totale di pascolamento, circa il 30% si svolgeva nel periodo "notturno" tra la sera e la mungitura del mattino, rivelando la sua importanza nell'assunzione giornaliera di foraggio delle vacche. La presenza di pascolamento notturno pone in discussione specifiche pratiche di gestione. In passato, le vacche erano tenute all'interno della stalla dopo la mungitura serale e liberate solo dopo la mungitura del mattino successivo. Questa pratica ormai è rara ma ancora praticata (Raniolo et al. 2022) e può ridurre il tempo di pascolamento delle vacche con impatti negativi sul mantenimento degli apporti energetici degli animali. Un impatto simile potrebbe essere ottenuto anche l'adozione di recinzioni "notturne" o la permanenza in stalla per proteggere il bestiame dalla popolazione di lupi alpini in rapida espansione (Marucco et al. 2022) potrebbe.

Tuttavia, questa pratica dovrebbe essere più rilevante per categorie di bestiame più vulnerabili rispetto alle vacche adulte, come le giovani giovenche (Faccioni et al. 2005), che non abbiamo considerato in questo studio.

Quando sono liberi di pascolare, i bovini mostrano due principali fasi giornaliere di pascolamento associate all'alba e al tramonto (Kilgour et al. 2012). Questo ritmo giornaliero potrebbe essere influenzato dal clima, in particolare dalla temperatura, poiché i bovini rispondono allo stress termico riducendo l'attività e l'assunzione di cibo (Silanikove 2000). Lo stress termico non è raro per i bovini nei climi temperati durante l'estate (Veissier et al. 2018) e probabilmente diventerà sempre più frequente a causa dell'attuale riscaldamento globale. In condizioni di stress termico, i bovini potrebbero mostrare plasticità comportamentale anticipando il pascolo mattutino, ritardando e prolungando quello serale, come osservato in altri erbivori sensibili al caldo (Semenzato et al. 2021) e come sostenuto dai pastori (Ramanzin M. comunicazione personale). Le pratiche di gestione potrebbero essere così in conflitto con questa risposta adattativa. Ad esempio, il bilancio orario dell'attività delle vacche (Figura 3) mostra come il pascolo non iniziasse al mattino dopo la mungitura e tendesse a interrompersi nel pomeriggio al rientro alla stalla per la mungitura serale, riprendendo successivamente. La riduzione del tempo di pascolamento durante il giorno dovrebbe essere compensata da un aumento di quello serale-notturno, periodo dedicato quasi esclusivamente al riposo.

L'intensità di utilizzo dell'area pascolata è stata molto disomogenea (Figura 4), con un'evidente riduzione nelle zone periferiche rispetto alla stalla. L'utilizzo del pascolo in prossimità della stalla è stato più intenso durante la "notte" che durante il "giorno". La presenza di prateria ha avuto un effetto positivo e rilevante all'utilizzo del pascolo sia durante il "giorno" che la "notte" tra tutte le categorie di animali (Figura 4). Invece, la presenza di arbusti sparsi ha avuto un effetto positivo per le Brune multipare durante il giorno ma neutro durante la notte, per le Grigio Alpine ha avuto effetti tendenzialmente negativi durante il giorno e positivi durante la notte. Infine, la presenza di foreste durante il giorno ha avuto un effetto positivo e rilevante per le Brune multipare, negativo e rilevante per Grigio Alpine primipare e neutro per quelle multipare (Figura 4). Durante la notte, la presenza di foreste ha tendenzialmente avuto un effetto negativo per tutte le categorie di animali monitorati (Figura 4).

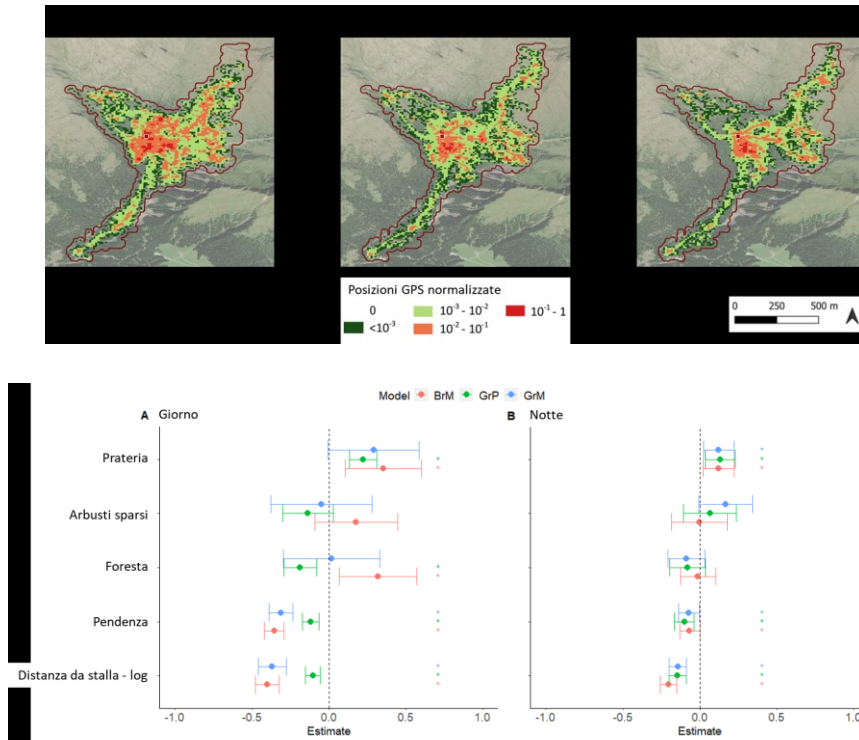


Figura 4 - Mappe dell'intensità normalizzata d'uso spaziale a scala fine (25m) dell'area di pascolo per le tre categorie di animali (Riga sopra). Effetti stimati del tipo di habitat prevalente (prateria, arbusto sparso e foresta), della distanza dalla stalla, della pendenza e della razza-parity ("BrM": Bruna multipara; GrM: Grigio Alpina multipara; GrP: Grigio Alpina primipara) sull'intensità dell'uso del pascolo durante il "Giorno" (pannello A) e la "Notte" (pannello B). Le linee orizzontali indicano gli intervalli di confidenza al 95% delle stime posteriori, che differiscono significativamente quando non si sovrappongono alla linea tratteggiata in corrispondenza della stima = 0. Gli asterischi (*) indicano la rilevanza statistica.

La distanza dalla stalla e la pendenza hanno avuto rilevanti effetti sull'intensità d'uso per tutte le categorie di razza sia durante il giorno che la notte, sebbene in modo meno marcato per le Grigio Alpine primipare (Figura 4).

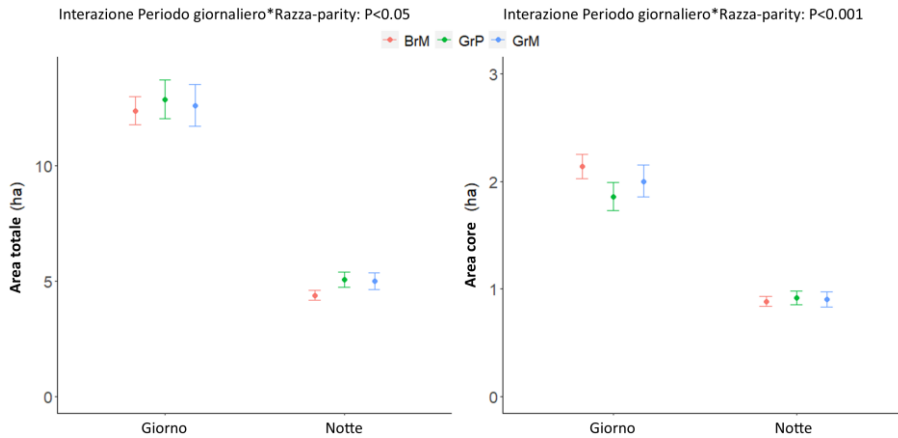


Figura 5 - Effetti dell'interazione a 2 vie tra razza-parity e periodo giornaliero sulla superficie (ha) delle aree totali (90% delle località) e delle aree core (50% delle località; la scala dell'asse y differisce da quella del pannello A). Le linee indicano gli intervalli di confidenza del 95%. "BrM: Bruna multipara; GrM: Grigio Alpina multipara; GrP: Grigio Alpina primipara.

Le dimensioni delle aree totali e delle aree core sono diminuite all'aumentare della data giuliana ($p < 0,001$) e sono state significativamente influenzate dall'interazione tra il periodo giornaliero e la razza-parity. Le aree totali (Figura 5) hanno presentato le massime ampiezze (12,60 ha, SE = 0,02) senza significative differenze tra le categorie animali durante il "giorno" (Figura 5). Durante la "notte", le aree totali hanno presentato le minime ampiezze con significative differenze tra le categorie animali con le Brune multipare aventi le minori superfici rispetto le Grigio Alpine (BrM: 4,38 ha, SE = 0,02; GrM: 5,06 ha, SE = 0,03 GrP: 4,99 ha, SE = 0,03 – Figura 5). Le aree core (Figura 5) hanno presentato ampiezze significativamente maggiori per le Brune multipare rispetto alle Grigio Alpine multipare e primipare durante il "giorno" (BrM: 2,14 ha, SE = 0,03; GrM 1,99 ha, SE = 0,04; GrP: 1,85 ha, SE = 0,03, rispettivamente), mentre durante la notte le differenze sono scomparse (BrM: 0,88 ha, SE = 0,02; GrM: 0,90 ha, SE = 0,03; GrP: 0,92 ha, SE = 0,03).

L'uso spaziale del pascolo è stato molto disomogeneo, in accordo con altre realtà simili (Probo et al. 2014; Homburger et al. 2015; Raniolo et al. 2022). Tale eterogeneità è il risultato di una complessa interazione tra le preferenze di habitat, i comportamenti delle vacche e le pratiche di gestione del pascolo (la selezione giornaliera delle aree dove condurre le vacche hanno certamente contribuito ad aumentare l'uso delle aree più periferiche, ma a diversa intensità rispetto quelle più vicine alla stalla). La pendenza si è

confermata essere un importante fattore negativo nell'uso dell'area di pascolamento, confermando i risultati di altri studi (Kaufmann et al. 2013; Pittarello et al. 2021; Rivero et al. 2021; Raniolo et al. 2022). Su scala individuale, l'eterogeneità dell'uso del pascolo è stata evidenziata dalle aree core giornaliere, pari 20% della superficie delle aree totali e contenenti il 50% delle postazioni. Pertanto, le singole vacche hanno trascorso metà del tempo all'aperto su un quinto della superficie totale utilizzata. L'eterogeneità d'uso è aumentata durante la "notte", quando le aree core sono diminuite di 2-2,5 volte al "giorno" concentrandosi in prossimità alla stalla, rivelando un incremento del carico animale per unità di superficie più elevato e concentrato. Queste aree a maggiore utilizzo presentano probabilmente un'intensità di deposizione di escrementi e di calpestio (White et al. 2001), che potrebbero avere un impatto sulle proprietà chimico-fisiche del suolo, sul bilancio dei nutrienti e sulla vegetazione (Pietola et al. 2005; Bilotta et al. 2007; Jewell et al. 2007; Toboada et al. 2011). Ridurre l'eterogeneità del carico degli animali, rendendo più omogeneo il rilascio degli escrementi e preservando la vegetazione dal sovra pascolamento, è una sfida per i sistemi d'allevamento al pascolo dove gli animali sono lasciati libero durante la "notte". Il conseguimento di questa sfida potrebbe trovare soluzione nell'adozione del sistema a rotazione notturno, sebbene questo sia in conflitto con la necessità di ridurre la manodopera, tipica dei sistemi di pascolo estensivo (Probo et al. 2014; Herzog e Seidl 2018).

Dalle analisi effettuate in questo studio sono emerse delle differenze tra le razze e le parity. Le Brune multipare hanno mostrato un bilancio di attività simile a quello delle Grigio Alpine multipare pur mostrando una minor selettività nell'uso dell'habitat. Infatti, le Brune sono state positivamente influenzate sia dalle praterie che dalle foreste nell'intensità dell'uso dell'area di pascolo, utilizzando così in modo meno eterogeneo le singole aree giornaliere totali, come indicato anche dalle aree core più ampie. In questo studio, le vacche Brune multipare erano più pesanti rispetto a quelle Grigio Alpine multipare, con possibili conseguenti riduzioni del tempo di pascolo (Aharaoni et al. 2013) e della capacità di muoversi su terreni più ripidi (Rivero et al. 2021). Tuttavia, al maggior peso è corrisposto una minor produzione di latte pur ricevendo un maggior apporto di concentrati con possibile riduzione nel tempo di pascolamento e le esigenze di movimento (Heublein et al. 2016). Pertanto, i risultati ottenuti suggeriscono che queste razze possano differire nell'uso dell'habitat e nei modelli di movimento, ma sono necessari ulteriori studi. In generale, le differenze tra le vacche primipare e quelle multipare sono state più marcate rispetto a quelle tra le vacche multipare delle due razze. Le vacche primipare hanno trascorso meno tempo a pascolare e più a riposare, mostrando una maggiore tendenza a evitare gli arbusti e soprattutto i boschi. Le primipare sono state meno influenzate negativamente dalla pendenza e dalla distanza dalla stalla

nella loro intensità d'uso. Le Grigio Alpine primipare hanno ricevuto la stessa quantità di concentrati delle multipare a fronte di un fabbisogno alimentare inferiore essendo più leggere e producendo meno latte. Questa uniformità potrebbe spiegare il minor tempo di pascolamento osservato per le primipare, mentre le loro dimensioni corporee più ridotte spiegherebbero la loro migliore capacità di movimento su aree più ripide (Rivero et al. 2021). L'utilizzo di aree ripide, tuttavia, potrebbe essere derivate da una mancanza di esperienza al pascolo precedente, che è importante nel pascolamento (Orr et al. 2013) e nell'uso degli habitat (Bailey et al. 2010; Wyffels et al. 2020). Tuttavia, non è possibile fare ipotesi in merito perché non è noto se le vacche primipare abbiano trascorso il precedente anno in alpeggio.

Conclusioni

Il bilancio dell'attività e l'uso spaziale del pascolo delle vacche in lattazione sono stati monitorati in un sistema estensivo alpino. Il pascolamento è stato predominante durante il "giorno" e si è esteso fino a tarda sera, mentre il riposo ha dominato durante la "notte". L'uso dell'area di pascolo è stato eterogeneo, con le vacche che si sono concentrate vicino alla stalla durante la "notte" preferendo le praterie ai pendii ripidi ed evitando arbusteti e foreste. I risultati indicano che il pascolamento e l'uso dei pascoli possono differire tra le razze, ma le limitazioni del campione limitano indicazioni assolute. Nello specifico, la razza locale Grigia Alpina è apparsa più selettiva nella scelta e nell'uso degli habitat quotidianamente rispetto a quella specializzata Bruna. Contestualmente, le vacche primipare Grigio Alpine sono state meno limitate dalla pendenza nei loro spostamenti e più selettive nell'uso degli habitat.

Ulteriori ricerche basate sulla telemetria GPS sono necessarie per capire il ruolo dell'integrazione di concentrati, delle variabili climatiche e ambientali e della gestione del pascolo sull'attività giornaliera delle vacche e i loro adattamenti. La comprensione dei fattori che influenzano l'uso del pascolo da parte delle vacche è essenziale per sviluppare pratiche di gestione dei pascoli che concilino produttività, benessere animale e conservazione delle praterie e dei servizi ecosistemici.

Bibliografia

- Agouridis CT, Stombaugh TS, Workman SR, Koostra BK, Edwards DR, Vanzant ES. 2004. Suitability of a GPS collar for grazing studies. *Trans ASAE*. 47(4): 1321-1329.
- Anzures-Cabrera J, Higgins JP. 2010. Graphical displays for meta-analysis: an overview with suggestions for practice. *Res Synth Methods*. 1(1): 66-80.
- Armstrong D. 2020. DAMisc: Dave Armstrong's miscellaneous functions. R package version 1.5.4.

- Bai Y, Cotrufo MF. 2022. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science*. 377(6606): 603-608.
- Bailey DW, Trotter, MG, Knight, CW, Thomas, MG. 2018. Use of GPS tracking collars and accelerometers for rangeland livestock production research. *Transl Anim Sci*. 2(1): 81-88.
- Bailey DW, Thomas MG, Walker JW, Witmore BK, Tolleson D. 2010. Effect of previous experience on grazing patterns and diet selection of Brangus cows in the Chihuahuan Desert. *Rangel Ecol Manag*. 63(2): 223-232.
- Bailey DW, Kress DD, Anderson DC, Boss DL, Miller ET. 2001. Relationship between terrain use and performance of beef cows grazing foothill rangeland. *J Anim Sci*. 79(7): 1883-1891.
- Bates D, Machler M, Bolker B, Walker S. 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *J Stat Softw*. 67(1): 1-48.
- Bilotta GS, Brazier RE, Haygarth PM. 2007. The impacts of grazing animals on the quality of soils, vegetation, and surface waters in intensively managed grasslands. *Adv Agron*. 94: 237-280.
- Bovolenta S, Ventura W, Malossini F. 2002. Dairy cows grazing an alpine pasture: effect of pattern of supplement allocation on herbage intake, body condition, milk yield and coagulation properties. *Anim Res*. 51: 15-23.
- Bunce RGH, Pérez-Soba M, Jongman RH, Gómez Sal A, Herzog F, Austad I. 2004. Transhumance and biodiversity in European mountains. IALE publication series nr 1, Wageningen UR
- Cagnacci F, Boitani L, Powell RA, Boyce MS. 2010. Animal ecology meets GPS-based radiotelemetry: A perfect storm of opportunities and challenges. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 365(1550): 2157-62.
- Calenge C. 2011. Home range estimation in R: the adehabitatHR package. Office national de la classe et de la faune sauvage: Saint Benoist, Auffargis, France.
- Caton JS, Olson BE. 2016. Energetics of grazing cattle: Impacts of activity and climate. *J Anim Sci*. 94: 74-83.
- Chang J, Ciais P, Gasser T, Smith P, Herrero M, Havlik P, Obersteiner M, Guenet B, Goll DS, Li W, Naipal V, Peng S, Qiu C, Tian H, Viovy N, Yue C, Zhu D. 2021. Climate warming from managed grasslands cancels the cooling effect of carbon sinks in sparsely grazed and natural grasslands. *Nat Commun*. 12: 118.
- D'Eon RG, Serrouya R, Smith G, Kochanny CO. 2002. GPS radiotelemetry error and bias in mountainous terrain. *Wildl Soc Bull*. 30(2): 430-39.
- Dunn RW, Havstad KM, Ayers EL. 1988. Grazing behavior responses of rangeland beef cows to winter ambient temperatures and age. *Appl Anim Behav Sci*. 21(3): 201-207.
- Faccioni G, Sturaro E, Calderola S, Ramanzin M. 2015. Wolf (*Canis lupus*) predation on dairy cattle in eastern Italian Alps. *Poljoprivreda*. 21:2015(1) Supplementary: 138-141.
- Floyd JR, Kwoba E, Mwangi T, Okotto-Okotto J, Wanza P, Wardrop N, Yu W, Wright JA. 2022. A spatiotemporal analysis of cattle herd movement in relation to drinking-water sources: implications for *Cryptosporidium* control in rural Kenya. *Environ Sci Pollut Res*. 29: 34314-34324.
- Gekara OJ, Prigge EC, Bryan WB, Schettini M, Nestor EL, Townsend EC. 2001. Influence of pasture sward height and concentrate supplementation on intake, digestibility, and grazing time of lactating beef cows. *J Anim Sci*. 79(3): 745-752.
- Herzog F, Seidl I. 2018. Swiss alpine summer farming: current status and future development under climate change. *Rangel J*. 40(5): 501-511.
- Hessle A, Dahlström F, Bele B, Norderhaug A, Söderström M. 2014. Effects of breed on foraging sites and diets in dairy cows on mountain pasture. *Int J Biodivers Sci Ecosyst Serv Manag*. 10(4): 334-342.
- Hessle A, Rutter M, Wallin K. 2008. Effect of breed, season and pasture moisture gradient on foraging behaviour in cattle on semi-natural grasslands. *Appl Anim Behav Sci*. 111(1-2): 108-19.
- Heublein C, Dohme-Meier F, Südekum K-H, Bruckmaier RM, Thanner S, Schori F. 2016. Impact of cow strain and concentrate supplementation on grazing behaviour, milk yield and metabolic state of dairy cows in an organic pasture-based feeding system. *Animal*. 11: 1163-1173.
- Homburger H, Lüscher A, Scherer-Lorenzen M, Schneider MK. 2015. Patterns of livestock activity on heterogeneous subalpine pastures reveal distinct responses to spatial autocorrelation, environment and management. *Mov Ecol*. 3(1): 1-15.
- Homburger H, Schneider MK, Hilfiker S, Lüscher A. 2014. Inferring behavioral states of grazing livestock from high-frequency position data alone. *PLoS One*. 9(12): 1-22.

- Isselstein J, Griffith BA, Pradel P, Venerus S. 2007. Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 1. Nutritive value of herbage and livestock performance. *Grass Forage Sci.* 62(2): 145–58.
- Jewell PL, Käuferle D, Güsewell S, Berry NR, Kreuzer M, Edwards PJ. 2007. Redistribution of phosphorus by cattle on a traditional mountain pasture in the Alps. *Agric Ecosyst Environ.* 122: 377-386.
- Kaufmann J, Bork EW, Blenis PV, Alexander MJ. 2013. Cattle habitat selection and associated habitat characteristics under free-range grazing within heterogeneous Montane rangelands of Alberta. *Appl Anim Behav Sci.* 146(1-4): 1-10.
- Kilgour RJ. 2012. In pursuit of “normal”: A review of the behaviour of cattle at pasture. *Appl Anim Behav Sci.* 138(1-2): 1-11.
- Koczura M, Martin B, Bouchon M, Turille G, Berard J, Farruggia A, Kreuzer M, Coppa M. 2019. Grazing behaviour of dairy cows on biodiverse mountain pastures is more influenced by slope than cow breed. *Animal.* 13(11): 2594-2602.
- Krysl LJ, Hess BW. 1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *J Anim Sci.* 71(9): 2546-2555.
- Larson-Praplan S, George MR, Buckhouse JC, Laca EA. 2015. Spatial and temporal domains of scale of grazing cattle. *Anim Prod Sci.* 55(3): 284-297.
- Liao C, Clark PE, Degloria SD, Barrett CB. 2017. Complexity in the spatial utilization of rangelands: pastoral mobility in the Horn of Africa. *Appl Geogr.* 86: 208–219.
- Liaw A, Wiener M. 2002. Classification and regression by Random Forest. *R News.* 2: 18–22.
- Lopes F, Coblenz W, Hoffman PC, Combs DK. 2013. Assessment of heifer grazing experience on short-term adaptation to pasture and performance as lactating cows. *J Dairy Sci.* 96(5): 3138-3152.
- Marucco F, Avanzinelli M, Boiani V, Menzano A, Perrone S, Dupont P, Bischof R, Milleret C, von Hardenberg A, pilgrim K, Friard O, Bisi F, Bombieri G, Calderola S, Caroli S, Chioso C, Fattori U, Ferrari P, Pedrotti L, Righetti D, Tomasella M, Truc F, Aragno P, La Morgia V, Genovesi P. 2022. La popolazione di lupo nelle regioni alpine italiane 2020-2021. Relazione tecnica dell'attività di monitoraggio nazionale nell'ambito del Piano di Azione del lupo ai sensi della Convenzione ISPRA-MITE e nell'ambito del Progetto LIFE 18 NAT/IT/000972 WOLFALPS EU. https://www.lifewolfalps.eu/wp-content/uploads/2022/05/REPORT_REGIONI_ALPINE_16_05_2022_FINALE.pdf.
- Muminov A, Sattarov O, Lee CW, Kang HK, Ko MC, Oh R, Ahn J, Oh HJ, Jeon HS. 2019. Reducing GPS error for smart collars based on animal's behavior. *Appl Sci.* 9(16): 3408.
- Nathan R, Monk CT, Arlinghaus R, Adam T, Alós J, Assaf M, Baktoft H, Beardsworth CE, Bertram MG, Bijleveld AI, Brodin T, Brooks JL, Campos-Candela A, Cooke SJ, Gjelland KØ, Gupta PR, Harel R, Hellström G, Jeltsch F, Killen SS, Klefoth T, Langrock R, Lennox RJ, Lourie E, Madden JR, Orchan Y, Pauwels IS, Říha M, Roeleke M, Schlägel UE, Shohami D, Signer J, Toledo S, Vilk O, Westrelin S, Whiteside MA, Jarić I. 2022. Big-data approaches lead to an increased understanding of the ecology of animal movement. *Science.* 375(6582): eabg1780.
- Orr RJ, Tallwin JRB, Griffith BA, Rutter SM. 2013. Effects of livestock breed and rearing experience on foraging behaviour of yearling beef cattle grazing unimproved grasslands. *Grass Forage Sci.* 69: 90-103.
- Owen-Smith N, Fryxell JM, Merrill EH. 2010. Foraging theory upscaled: the behavioural ecology of herbivore movement. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 365(1550): 2267-2278.
- Párraga Aguado MA, Sturaro E, Ramanzin M. 2017. Individual activity interacts with climate and habitat features in influencing GPS telemetry performance in an alpine herbivore. *Hystrix.* 28(1): 1–7.
- Pauler CM, Isselstein J, Berard J, Braunbeck T, Schneider MK. 2020. Grazing Allometry: Anatomy, Movement, and Foraging Behavior of Three Cattle Breeds of Different Productivity. *Front Vet Sci.* 7:1–17.
- Perotti E, Probo M, Pittarello M, Lonati M, Lombardi G. 2018. A 5-year rotational grazing changes the botanical composition of sub-alpine and alpine grasslands. *Appl Veg Sci.* 21(4): 647–57.
- Pietola L, Horn R, Yi-Halla M. 2005. Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. *Soil Tillage Res.* 82: 99-108.
- Pinter-Wollman N, Mabry KE. 2010. Remote-Sensing of Behavior. In: Breed M.D. and Moore J., (eds.) *Encyclopedia of Animal Behavior*, volume 3, pp. 33-40. Oxford: Academic Press.

- Pittarello M, Ravetto Enri S, Lonati M, Lombardi G. 2021. Slope and distance from buildings are easy-to-retrieve proxies for estimating livestock site-use intensity in alpine summer pastures. *PLoS ONE*. 16(11): e0259120.
- Pittarello M, Probo M, Perotti E, Lonati M, Lombardi G, Ravetto E. S. 2019. Grazing Management Plans improve pasture selection by cattle and forage quality in sub-alpine and alpine grasslands. *J Mt Sci*. 16(9): 2126–35.
- Probo M, Lonati M, Pittarello M, Bailey DW, Garbarino M, Gorlier A, Lombardi G. 2014. Implementation of a rotational grazing system with large paddocks changes the distribution of grazing cattle in the south-western Italian Alps. *Rangel J*. 36(5): 445-458.
- Probo M, Massolo A, Lonati M, Bailey DW, Gorlier A, Maurino L, Lombardi G. 2013. Use of mineral mix supplements to modify the grazing patterns by cattle for the restoration of sub-alpine and alpine shrub-encroached grasslands. *Rangel J*. 35(1): 85–93.
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: The R Foundation for Statistical Computing
- Raniolo S, Sturaro E, Ramanzin M. 2022. Human choices, slope and vegetation productivity determine patterns of traditional alpine summer grazing. *Int J Anim Sci*. 21(:1): 1126-1139.
- Rivero MJ, Grau-Campanario P, Mullan S, Held SD, Stokes JE, Lee MR, Cardenas LM. 2021. Factors affecting site use preference of grazing cattle studied from 2000 to 2020 through GPS tracking: A review. *Sensors*. 21(8): 2696.
- Rue H, Martino S, Chopin N. 2009. Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models using integrated nested Laplace approximations (with discussion). *J R Stat Soc Series B Stat Methodol*. 71(2): 319-392.
- Schils RLM, Bufe C, Rhymer CM, Francksen RM, Klaus VH, Abdalla M, Milazzo F, Lellei-Kovács E, ten Berge H, Bertora C, Chodkiewicz A, Dămățircă C, Feigenwinter I, Fernández-Rebollo P, Ghiasi S, Hejduk S, Hiron M, Janicka M, Pellaton R, Smith KE, Thorman R, Vanwallegem T, Williams J, Zavattaro L, Kampen J, Derx R, Smith P, Whittingham MJ, Buchmann N, Newell Price JW. 2022. Permanent grasslands in Europe: Land use change and intensification decrease their multifunctionality. *Agric Ecosyst Environ*. 330(November 2021): 107891.
- Semenzato P, Cagnacci F, Ossi F, Eccel E, Morellet N, Hewison AJM, Sturaro E, Ramanzin M. 2021. Behavioural heat-stress compensation in a cold-adapted ungulate: Forage-mediated responses to warming Alpine summers. *Ecol Lett*. 24: 1556 –1568.
- Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci*. 67: 1–18
- Soca P, González H, Manterola H, Bruni M, Mattiauda D, Chilbroste P, Gregorini P. 2014. Effect of restricting time at pasture and concentrate supplementation on herbage intake, grazing behaviour and performance of lactating dairy cows. *Livest Sci*. 170: 35-42.
- Spiegel S, Estell RE, Cibils AF, James DK, Peinetti HR, Browning DM, Romig KB, Gonzalez AL, Lyons AJ, Bestelmeyer BT. 2019. Seasonal divergence of landscape use by heritage and conventional cattle on desert rangeland. *Rangel Ecol Manag*. 72(4): 590–601.
- Sturaro E, Marchiori E, Cocca G, Penasa M, Ramanzin M, Bittante G. 2013. Dairy systems in mountainous areas: Farm animal biodiversity, milk production and destination, and land use. *Livest Sci*. 158(1–3): 157–68.
- Tattoni C, Ciolli M, Ferretti F, Cantiani MG. 2010. Monitoring spatial and temporal pattern of Paneveggio forest (Northern Italy) from 1859 to 2006. *IForest*. 3: 72–80.
- Toledo-Alvarado H, Cecchinato A, Bittante G. 2017. Fertility traits of Holstein, Brown Swiss, Simmental, and Alpine Grey cows are differently affected by herd productivity and milk yield of individual cows. *J Dairy Sci*. 100(10): 8220-8231.
- Tomkiewicz SM, Fuller MR, Kie JG, Bates KK. 2010. Global positioning system and associated technologies in animal behaviour and ecological research. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 365(1550): 2163–76.
- Urbano F, Cagnacci F. 2014. Spatial Database for GPS Wildlife Tracking Data. A Practical Guide to Creating a Data Management System with PostgreSQL/PostGIS and R. 1st ed. Springer, Cham.
- Veissier I, Van laer E, Palme R, Moons CPH, Ampe B, Sonck B, Andanson S, Tuytens FAM. 2018. Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *Int J Biometeorol*. 62: 585–595.
- Viana DS, Granados JE, Fandos P, Pérez JM, Cano-Manuel FJ, Burón D, Fandos G, Párraga Aguado MA, Figuerola J, Soriguer RC. 2018. Linking seasonal total area size with habitat selection and movement in a mountain ungulate. *Mov Ecol*. 6(1): 1-11.

- Walburger KJ, Wells M, Vavra M, DelCurto T, Johnson B, Coe P. 2009. Influence of cow age on grazing distribution in a mixed-conifer forest. *Rangel Ecol Manag.* 62(3): 290-296.
- White SL, Sheffield RE, Washburn SP, King LD, Green JT. 2001. Spatial and time distribution of dairy cattle excreta in an intensive pasture system. *J Environ Qual.* 30: 2180–2187.
- Wyffels SA, Boss DL, Sowell BF, DelCurto T, Bowman JG, McNew LB. 2020. Dormant season grazing on northern mixed grass prairie agroecosystems: Does protein supplement intake, cow age, weight and body condition impact beef cattle resource use and residual vegetation cover?. *PLoS one.* 15(10): e0240629.
- Zanella A, Tattoni C, Ciolli M. 2010. Studio della variazione temporale della quantità e qualità del bestiame nel Parco di Paneveggio Pale di San Martino e influenza sui cambiamenti del paesaggio forestale. *Dendronatura.* 1: 24–33.
- Zendri F, Ramanzin M, Bittante G, Sturaro E. 2016. Transhumance of dairy cows to highland summer pastures interacts with breed to influence body condition, milk yield and quality. *Ital J Anim Sci.* 15(3):481–91.

