

# APPLICAZIONI GPS-GIS PER IL CONTROLLO DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEL PASCOLO BOVINO SEMIBRADO

Matteo BARBARI (\*), Leonardo CONTI (\*), Gianni MASI (\*),  
Paolo PELLEGRINI (\*), Francesco SORBETTI GUERRI (\*)

(\*) Università di Firenze, Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Via San Bonaventura, 13-50145 Firenze,  
Tel. +39 055 30231224, Fax + 39 055 310224, [francesco.sorbettiguerrri@unifi.it](mailto:francesco.sorbettiguerrri@unifi.it)

## Riassunto

La continua evoluzione delle apparecchiature che utilizzano il sistema di posizionamento satellitare (GPS) ha permesso lo sviluppo di collari GPS-ricevitori idonei per lo studio degli spostamenti degli animali al pascolo al fine di favorire e razionalizzare sistemi di allevamento estensivi. Nel presente lavoro dati di posizionamento GPS rilevati per singoli animali sono stati gestiti, con altri dati informativi territoriali, in un Sistema Informativo Geografico (GIS) con lo scopo di analizzare e valutare le effettive caratteristiche comportamentali degli animali e il diverso grado di utilizzazione delle realtà pascolive considerate.

I concetti fondamentali di questa metodologia di lavoro e i risultati preliminari della ricerca sono stati precedentemente proposti in altre pubblicazioni (Barbari et al., 2005); questo lavoro si prefigge quindi l'obiettivo di approfondire dettagliatamente l'analisi dei dati di posizionamento dei bovini in relazione ai principali fattori morfologici condizionanti l'attività pascoliva, quali pendenze ed esposizioni.

Le soluzioni applicative della metodologia di analisi ambientale illustrata dovrebbero fornire considerazioni oggettive nella risoluzione dei problemi di pianificazione territoriale relativi al pascolo estensivo di bovini.

## Summary

The ongoing evolution of technologies based on the use of Global Positioning System (GPS) has allowed the development of GPS-receivers on radio collar, which can be utilized in studies concerning the distribution of grazing animals. The objective of these studies is to rationalise the managerial practices related to extensive beef cattle grazing. In this study the GIS (Geographical Information System) technology has been used to correlate the GPS location data with other informative territorial data in order to analyse and evaluate the real features of the animal behaviour and the different degrees of exploitation of pasture areas.

The main concepts of this methodology and the preliminary results of the research were proposed in previous publications (Barbari et al., 2005); the aim of this study is to analyse thoroughly the animal location data in connection with specific features of the pasture areas which can affect the degree of exploitation, such as slopes and exposures.

The methodology of environmental analysis shown throughout this work should provide objective remarks which should enable us to solve the problems related to land planning for extensive cattle grazing.

## 1. Introduzione

La determinazione della collocazione spazio-temporale degli animali si è avvalsa del prezioso contributo di sempre più raffinate tecnologie di rilevamento. Per quanto riguarda l'aspetto dello studio delle di-

namiche di distribuzione degli animali sul territorio, la bibliografia in materia mostra come negli anni si sia passati dalla semplice osservazione visiva, all'utilizzo di strumentazioni più adeguate che hanno permesso di passare da osservazioni sporadiche a valutazioni dettagliate dei movimenti giornalieri e dell'uso dell'*habitat* da parte degli animali (Rodgers et al., 1996). Il continuo progresso tecnologico relativo alle tecniche di rilevamento si è rivolto principalmente a risolvere limitazioni strumentali di vario genere e ha offerto necessariamente stimoli per la progettazione di dispositivi sempre più affidabili e idonei alle ricerche per la predizione del comportamento animale (Hulbert et al., 1998; Udal et al., 1998). È stato quindi evidente come la tecnologia satellitare abbia suscitato fin da subito l'interesse crescente degli studiosi del settore di fronte alla necessità di determinare, con elevata accuratezza spaziale e frequenza temporale, informazioni sul movimento degli animali.

Di fatto, lo sviluppo di sistemi basati sulla tecnologia di posizionamento satellitare come potente strumento di ricerca, ha reso disponibili informazioni più numerose e rigorose per gli studi di pianificazione territoriale connesse alla corretta gestione degli animali.

Precedenti lavori (Agouridis et al., 2003; Barbari et al., 2005) hanno illustrato l'efficacia di metodologie di analisi ambientale per applicazioni nel settore dell'allevamento bovino semibrado, indicando alcune potenzialità applicative delle strumentazioni GPS-GIS. L'integrazione di queste, per la gestione ed analisi dei dati raccolti, ha infatti permesso la relazione dei *position fixes* con i dati informativi territoriali rilevabili da carte tematiche.

Scopo del presente lavoro è approfondire la conoscenza sulle possibilità di analisi di tale metodologia ponendo in relazione i dati di localizzazione con una delle più influenti caratteristiche morfologiche del territorio: la pendenza; ciò al fine di verificare l'attitudine della stessa ad evidenziare elementi limitanti o condizionanti il pascolo al variare delle pendenze del terreno.

Altri studi (Turner et al., 2000) hanno già indagato sugli aspetti qualitativi (creazione automatizzata del *database*, miglioramento dell'*accuracy*, ecc.) e sull'adattabilità del GPS per lo studio di animali selvatici e domestici.

Un approccio metodologico che combini l'utilizzo delle due tecnologie considerate si pone quindi l'obiettivo di ricavare effettive indicazioni di carattere applicativo.

## 2. Materiali e metodi

Sulla base dei rapporti di collaborazione fra il Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale (DIAF) dell'Università di Firenze e il *Department of Biosystem and Agricultural Engineering* dell'Università del Kentucky (USA) sono stati condotti *test* sperimentali di monitoraggio di bovini allevati allo stato semibrado (Agouridis et al., 2003): 15 bovini da carne di razza *Angus* sono stati equipaggiati individualmente di collari GPS per essere monitorati, ad intervalli regolari di tempo ( $T_{GPS}=5^s$ ), nei loro spostamenti all'interno di 6 zone di pascolo sperimentali con estensioni dai 2ha ai 3ha presso l'*Animal Research Center* dell'Università del Kentucky,

Ciascun dei 15 collari GPS ha registrato, per un periodo continuativo dal 5 al 24 maggio 2004, le seguenti informazioni:

“numero identificativo” del collare (ID), “data e orario” delle misurazioni, “coordinate geografiche” del punto (in gradi sessagesimali secondo il *Datum* WGS84), “quota altimetrica sull'ellissoide”, “diluizione di precisione” (DOP) e “*fix status*” (2D o 3D).



Fig. 1. Bovina equipaggiata di collare GPS

I dati memorizzati (circa 5200 per ciascun strumento GPS) in una *RAM* interna allo strumento in modalità non-differenziale sono stati scaricati su PC e corretti in modalità *post-processing*.

Di seguito i *files*-dati corretti in formato *ASCII*, sono stati importati in un GIS, con lo scopo di studiare

le potenziali relazioni intercorrenti tra i dati di localizzazione degli animali e i dati informativi territoriali relativi alle diverse realtà ambientali dell'area di studio (pendenze, esposizioni, ecc.).

Per la gestione e analisi dei dati rilevati si è usato ArcView GIS V.3.0 (ESRI), Nel presente lavoro sono state inoltre utilizzate *extensions* supplementari al programma per funzionalità GIS avanzate, in particolare *Spatial Analyst*, *3D Analyst*, *XTools*, *Geoprocessing* e *Animal Movement Analysis* per lo studio dei movimenti degli animali secondo il metodo “*Kernel Home Range*”

PESO	950 gr
DIMENSIONI	12.0x8.6x14.6 cm
BATTERIA	Ricaricabile al litio
OPERATIVITÀ DELLA BATTERIA	Fix ogni 5 min=21gg Fix ogni 10 min=34gg Fix ogni 15 min=52gg
VALORI ESTREMI DI TEMPERATURA	-30°C - +50°C
CAPACITÀ IMMAGAZZINAMENTO DATI	10423fix-non differenziali 5208 fix-differenziali
ACCURACY	> 5 m
SENSORI	Temperatura, mortalità, attività
SOFTWARE DI PROGRAMMAZIONE	GPS 2000 Host

Tab. 1. Principali caratteristiche tecniche dei collari GPS

Dall'interpolazione dei dati vettoriali delle curve di livello si è realizzato un *Triangulated Irregular Network (TIN)* dal quale è stato possibile risalire ad una matrice di celle di dimensione assegnata: trattandosi di analisi di dettaglio condotte su superfici ridotte (circa 34.213m<sup>2</sup>), si è effettuata l'analisi con matrici di celle di piccola dimensione (0,5m<sup>2</sup>). A partire da questo modello si è creato uno strato informativo matriciale delle pendenze suddivise in 8 classi di pendenza di ampiezza pre-stabilita (Fig. 3).

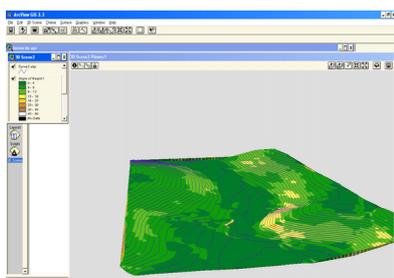


Fig. 3. Rappresentazione matriciale delle classi di pendenza

La successiva conversione in formato vettoriale degli strati informativi ottenuti ha consentito lo sviluppo di nuove fasi di analisi mediante operazioni di *GeoProcessing (Union, Intersect, Merge e Clip)* per sviluppare considerazioni sulle superfici occupate e sui tempi di permanenza degli animali in tali aree. Le Figg. 4 e 5 visualizzano graficamente il risultato delle analisi condotte, rappresentando le porzioni di territorio delle 4 zone più frequentate caratterizzate dalle classi di pendenza ottenute mediante

un'operazione di *Clip* tra lo strato informativo delle pendenze e quello delle zone 1, 2, 3 e 4. La fase immediatamente successiva ha riguardato l'*Intersect* tra le zone in oggetto, le relative classi di pendenza e le localizzazioni del collare GPS 004. Questi ultimi dati sono stati ripartiti in 24 fasce orarie al fine di considerare il comportamento degli animali (e quindi il grado di sfruttamento del pascolo) in due intervalli del giorno diversi: il periodo notturno (9pm-6am) e quello diurno (7am-8pm) (Figg. 6 e 7). In tal modo è possibile evidenziate le zone soggette a maggiori danni strutturali del terreno e i valori soglia di frequentazione e di pendenza.

Questo metodo in base alle coordinate geografiche dei *fix* rilevati consente di individuare, nella zona pascoliva analizzata, aree con vario grado di frequentazione<sup>1</sup>.

Ciò ha permesso di individuare 4 aree più densamente frequentate all'interno della zona oggetto di studio (Fig. 2) per le quali sono state condotte analisi sull'interazione fra intensità di pascolamento e pendenza del terreno rappresentata attraverso un *Digital Terrain Model (DTM)*.

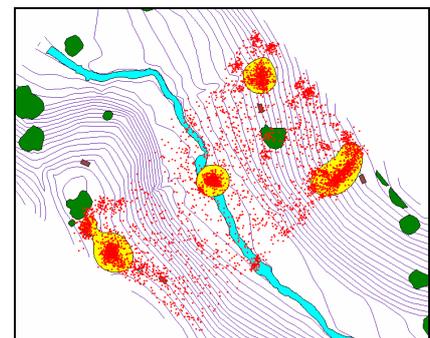


Fig. 2. Individuazione delle 4 aree più densamente frequentate

<sup>1</sup> Nella presente indagine, a titolo dimostrativo, è stato impostato il calcolo dell'indice di *Kernel* con indice probabilistico del 70% considerando i dati di posizionamento del collare GPS 004 dell'area di pascolo n°2 (Conti, 2005).

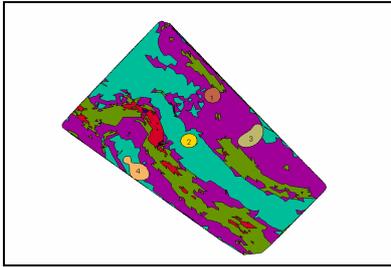


Fig. 4. Variazioni di pendenza all'interno dell'area di pascolo

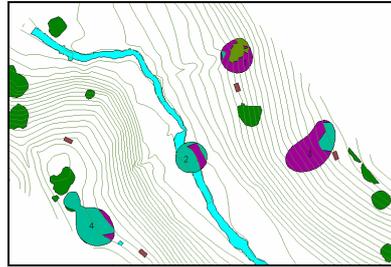


Fig. 5. Variazioni di pendenza nelle 4 zone più frequentate

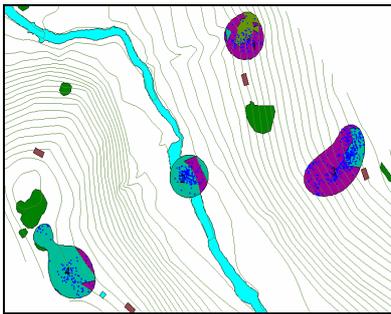


Fig. 6. Intersect tra pendenze e fix notturni del GPS 004

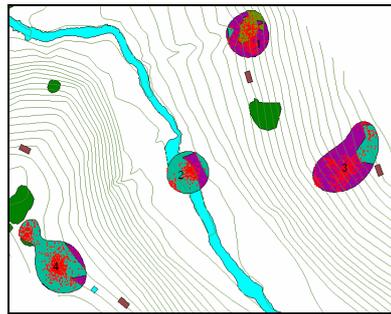


Fig. 7. Intersect tra pendenze e fix diurni del GPS 004

Il crescente aumento delle pendenze può infatti determinare pericoli di denudamento degli strati superficiali del terreno dovuti all'insistenza degli animali in tali zone con conseguente rischio di innescamento di fenomeni erosivi; inoltre, l'aumento delle pendenze potrebbe rendere oltremodo difficoltoso l'impianto di attrezzature necessarie per le varie fasi di gestione dell'allevamento.

È evidente che la metodologia testata in questa fase di lavoro tiene conto solo di un parametro morfologico, pur essendo tuttavia possibile implementarla con altri parametri ambientali.

### 3. Risultati e discussione

I risultati delle sovrapposizioni tra gli strati informativi delle pendenze e delle 4 zone più densamente frequentate del pascolo n°2 sono rappresentati in Fig. 5 e in tab. 2 che mostra la distribuzione delle classi di pendenza di ciascuna zona, espresse in m<sup>2</sup> di superficie.

Sul totale complessivo delle 4 zone pari a 3.773,95 m<sup>2</sup>, appare evidente come le classi di pendenza 1 e 2 siano le più consistenti con il 48,1% e 45,8% di superficie rappresentata; la classe di pendenza 3 occupa soltanto il restante 6,1% di superficie ed è presente soltanto nella zona 1.

	CLASSE 1 (0 ≤ P ≤ 4%)	CLASSE 2 (4% < p ≤ 8%)	CLASSE 3 (8% < p ≤ 12%)	
	sup. m <sup>2</sup>	sup. m <sup>2</sup>	sup. m <sup>2</sup>	TOTALE m <sup>2</sup>
ZONA 1	17,8	442,4	229,6	<b>689,80</b>
ZONA 2	464,05	157,0	0	<b>621,05</b>
ZONA 3	268,9	1032,2	0	<b>1.301,10</b>
ZONA 4	1065,6	96,4	0	<b>1.162,00</b>
<b>TOTALE m<sup>2</sup></b>	<b>1.816,35</b>	<b>1.728</b>	<b>229,6</b>	<b>3.773,95</b>
<b>%</b>	<b>48,1</b>	<b>45,8</b>	<b>6,1</b>	<b>100</b>

Tab. 2 Superficie di utilizzazione in relazione alle classi di pendenza

puntuali sono stati convertiti in dati orari e, in tal modo, è stato possibile ricavare i tempi di frequentazione notturni e diurni dell'animale nelle 3 classi di pendenza secondo quanto riportato nelle Figg. 8 e 9. Risulta evidente che nel periodo notturno la 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> classe di pendenza sono le più frequentate, rispettivamente con 1.840 e 1.365 minuti di occupazione. Al contrario la 3<sup>a</sup> classe, con estensione modesta e presente soltanto nella zona 1, ha tempi di occupazione pari a 205 minuti. Il valore massimo di perma-

occupa soltanto il restante 6,1% di superficie ed è presente soltanto nella zona 1.

La successiva fase di analisi ha posto in evidenza le relazioni intercorrenti tra i dati di posizionamento del collare GPS 004 (suddivisi in 2 fasce temporali) con le caratteristiche morfologiche del pascolo (Figg. 6 e 7). Partendo dal calcolo delle localizzazioni rilevate in ciascuna classe di pendenza di ogni zona, i dati

nenza, pari a 945 minuti, è registrato nella zona 3 per la 2<sup>a</sup> classe di pendenza mentre i valori minimi sono registrati nelle zone 2 e 4 in corrispondenza della 2<sup>a</sup> classe di pendenza.

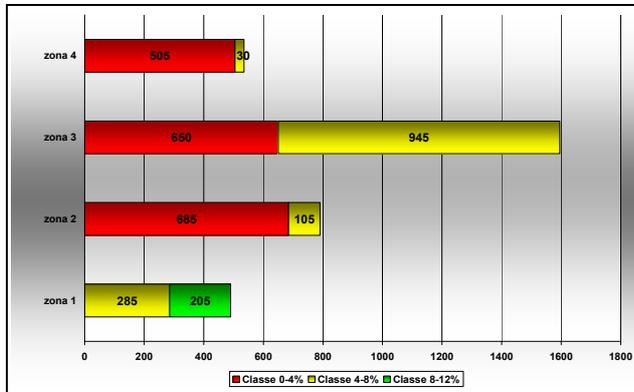


Fig. 8. Tempi notturni (min) di frequentazione delle 4 zone in relazione alle classi di pendenza

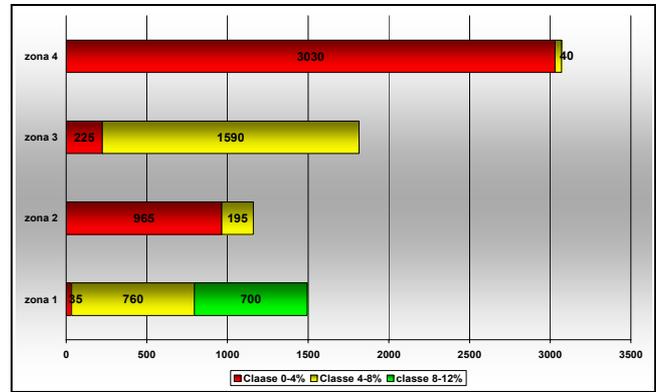


Fig. 9. Tempi diurni (min) di frequentazione delle 4 zone in relazione alle classi di pendenza

Nella zona 1 (prima classe) si è verificata permanenza nulla. Analizzando graficamente i sub-totali delle 4 zone (Fig. 8) emerge che la zona 3, oltre ad essere la più estesa, ha tempi di occupazione più elevati (1.595 minuti) rispetto alle altre. La zona 2 ha un tempo di frequentazione di 790 minuti, mentre la zona 1 e la zona 4 hanno rispettivamente tempi di frequentazione di 490 e 535 minuti. Occorre rilevare che i valori di permanenza riscontrati nelle varie zone potrebbero essere messi in relazione con le limitate estensioni delle stesse, oltre che con cause di carattere ambientale, comportamentale, ecc. Per tale motivo si è proceduto a calcolare i valori di densità di frequentazione espressi in minuti di permanenza a m<sup>2</sup> di superficie per ciascuna classe di pendenza in ciascuna zona. (tab. 3):

Classe di pendenza	TEMPI DI PERMANENZA (min/m <sup>2</sup> )			DENSITÀ MEDIA PER ZONA
	1 (0 ≤ p ≤ 4%)	2 (4% < p ≤ 8%)	3 (8% < p ≤ 12%)	
ZONA 1	0,00	0,64	0,89	<b>0,51</b>
ZONA 2	1,48	0,67	=	<b>1,07</b>
ZONA 3	2,42	0,92	=	<b>1,67</b>
ZONA 4	0,47	0,31	=	<b>0,39</b>
<b>DENSITÀ MEDIA PER CLASSE</b>	<b>1,09</b>	<b>0,63</b>	=	

Tab. 3. Densità di frequentazione notturna

Dall'analisi dei dati di densità è possibile rilevare che le aree con minore pendenza (ad eccezione della zona 1 nella quale l'area con pendenza fino al 4% è di modestissima estensione) risultano preferite nella maggior parte dei casi.

L'analisi condotta con la stessa procedura nel periodo diurno ha portato a definire i valori mostrati in Fig. 9: le classi di pendenza 1 e 2 sono le più frequentate con valori complessivi pari a 4.255 e 2.585 minuti; diversamente la classe di pendenza 3, rilevata nella sola zona 1, ha tempi di occupazione di circa 700 minuti. Dal confronto con i tempi totali di frequentazione notturni, emerge che le 4 zone considerate sono state maggiormente occupate nel periodo diurno (7.540 minuti totali) rispetto alla notte (3.410 minuti totali); tutto ciò potrebbe confermare l'abitudine manifestata dall'animale a muoversi maggiormente durante la notte rispetto al giorno, come ampiamente discusso in analisi precedenti applicate ai 2 archi temporali considerati (Barbari et al., 2005). Dal grafico di fig. 9 si deduce che la zona 4 è la più frequentata con 3.070 minuti complessivi, di cui 3.030 trascorsi nella 1<sup>a</sup> classe di pendenza. La zona 3 è occupata per 1815 minuti del tempo stimato, la zona 1 per 1495 minuti ed infine la zona 2 per 1.160 minuti. Dalla comparazione con i tempi notturni si evidenzia come i periodi di occupazione delle zone in esame siano diversi: l'animale sembra propendere per la zona 3 nella fascia notturna

(1.595 minuti), mentre preferisce la zona 4 nel periodo diurno (3.070 minuti). Viceversa le zone meno frequentate risultano essere le zone 1 e 4 durante la notte (490 e 535 minuti) e la zona 2 per il giorno (1.160 minuti).

Allo stesso modo i dati di densità di frequentazione diurna confermano che in tale periodo le aree con minore pendenza risultano preferite anche se in questo caso la classe con minore pendenza si evidenzia in modo più marcato ( $1,93 \text{ min/m}^2$  per  $0 \leq p \leq 4\%$  e  $1,23 \text{ min/m}^2$  per  $4 \leq p \leq 8\%$ ).

Si nota quindi, come le zone di maggiore e minore frequentazione sembrano invertirsi tra il giorno e la notte.

#### 4. Conclusioni

Le considerazioni sviluppate nell'ambito del presente lavoro sono state finalizzate ad illustrare le possibilità applicative offerte dalla metodologia di analisi ambientale proposta, senza avere la pretesa di affermare se sussista una relazione reciproca tra i tempi di utilizzazione dell'area pascolive e le pendenze del terreno risultate come le più frequentate. I dati sopra riportati devono quindi essere interpretati esclusivamente in tal senso; sarà competenza esclusiva di etologi, zootecnici, ecc. disporre una corretta chiave di lettura delle informazioni ottenute dalla suddetta applicazione.

Questo al fine di contribuire allo sviluppo delle conoscenze necessarie a consentire di sostenere modalità di allevamento zootecnico, come quelle estensive, idonee a ridurre l'impatto ambientale, promuovere il benessere animale e a fornire prodotti di pregio.

#### Bibliografia

- Agouridis C. T., Koostra B. K., Edwards D. R., Stombaugh T. S., Vanzant E. S., Workman S. R. (2003). "Suitability of a GPS collar for grazing studies", *ASAE Annual International Meeting*. Las Vegas, Nevada, USA.
- Barbari M., Conti L., Koostra B. K., Masi G., Sorbetti Guerri F., Workman S. R. (2005). "Il monitoraggio GPS-GIS del pascolo semibrado", *VIII° Convegno Nazionale AIIA, L'ingegneria agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area mediterranea*, Catania.
- Conti L. (2005), "Il monitoraggio del pascolo bovino semibrado: studio di una metodologia di analisi ambientale mediante applicazioni GPS-GIS", *Tesi di Dottorato di ricerca in Ingegneria Agro-Forestale*, Università degli Studi di Firenze.
- Hulbert I. A. R., French J., Gooding R. F., Rackham D., Holland J. P., Waterhouse A. (1998). "A test of the accuracy of the differential Global Positioning System (DGPS) to track free-ranging hill sheep". *Proceedings of the IX<sup>th</sup> European Intake Workshop*. Institute of Grassland and Environmental Research. North Wyke, UK.
- Pedrotti L., Tosi G., Facoetti R., Piccinini S. (1995). "Organizzazione di uno studio mediante radio-tracking e analisi degli home-range: applicazione agli ungulati selvatici". *Suppl. Ric. Biol. Selvaggina* XXIII: 3-100.
- Rodgers A. R., Rempel S., Abraham K. F., (1996). "A GPS based telemetry system". *Wildlife Society Bulletin* 24: 559-566.
- Turner L. W., Udal M. C., Larson B. T., Shearer S. A. (2000). "Monitoring cattle behaviour and pasture use with GPS and GIS". *Canadian Journal of Animal Science* 80: 405-413.
- Udal M. C., Turner L. W., Larson B. T., Shearer S. A. (1998). "GPS tracking of cattle on pasture". *American Society of Agricultural Engineers Meeting*. Papers No. 983134. ASAE, USA.
- White G. C., Garrott A. R. (1990). *Analysis of wildlife radio-tracking data*. Academic Press, San Diego, California, USA.