

# STIMA DELLA DENSITÀ DELLA POPOLAZIONE DI CERVO E DI CAPRIOLO NEL PARCO NAZIONALE D'ABRUZZO, LAZIO E MOLISE

Roberta Latini  
Servizio Scientifico PNALM

## INTRODUZIONE

Il monitoraggio delle popolazioni di ungulati selvatici è una delle attività fondamentali per poter gestire e proteggere la biocenosi di un'area protetta. A tale scopo, ormai più di dieci anni fa, nel PNALM si è iniziato a sviluppare la tecnica del *pellet-group count*.

Descritto per la prima volta da Bennet et al. (1940), il pellet-group count è ampiamente utilizzato per stimare densità, abbondanza relativa e utilizzo dell'habitat soprattutto dei Cervidi (e.g. Neff 1968, Collins & Urness 1981, Rowland et al. 1984, Ratcliffe & Mayle 1992, Harkonen & Heikkila 1992, Mayle et al. 1999, Rivero et al. 2004, Torres et al. 2010). Nel PNALM viene applicato per monitorare la presenza e la consistenza delle popolazioni di cervo e capriolo.

Questa metodologia si basa sull'assunto che la densità degli animali corrisponda al numero di pellet-group (ossia le tipiche defecazioni a grappolo degli ungulati poligastrici) rilevati sul campo all'interno di un'area campione. La relazione positiva e lineare tra gli indici derivati dal pellet-group count e la densità di animali è stata in effetti verificata sperimentalmente (Forsyth et al. 2007).

Alcuni parametri di base sono necessari per analizzare i dati ottenuti dall'applicazione di questa tecnica: il tasso di defecazione (ossia il numero di pellet prodotti da un animale in un giorno), il tempo di accumulo dei pellet-group (cioè i giorni totali in cui gli animali hanno depositato i pellet) e il tempo di decadimento. L'accuratezza delle stime di tali parametri è importante ai fini del risultato finale (e.g. Plumptre 2000, Laing et al. 2003, Camargo-Sanabria & Mandujano 2011).

Esistono due fondamentali varianti del pellet-group count: il FAR (Faecal Accumulation Rate), in cui si esegue una conta dei pellet-group accumulatisi nelle unità campionarie successivamente alla loro pulitura completa; e il FSC (Faecal Standing Crop), che si basa sulla conta dei pellet-group rilevati dopo un determinato periodo di tempo; siccome in questo caso non vi è pulitura preliminare, il tasso di decadimento viene considerato all'interno delle formule per la stima di densità. Entrambe le varianti comportano vantaggi e limiti ed è buona norma calibrare il metodo sull'area di studio (e.g. Camargo-Sanabria & Mandujano 2011).

Il FAR può risultare più accurato soprattutto in ambienti dove il tempo di scomparsa degli escrementi è estremamente variabile (Campbell et al. 2004), però può anche risentire di fonti di errore determinate dalla stima del tempo di decadimento (Laing et al. 2003, Hemami & Dolman 2005) e dalle potenzialmente numerose conte zero (Buckland 1992); inoltre, è più dispendioso del FSC (Campbell et al. 2004; Smart et al. 2004). Il FSC, d'altra parte, consente un notevole risparmio di tempo e di risorse ma garantisce comunque stime di densità non dissimili in termini di precisione, accuratezza e potere statistico, soprattutto in aree di studio molto ampie (Marques et al. 2001, Smart et al. 2004); inoltre resta valido anche per studiare uso e selezione dell'habitat (Månsson et al. 2011).

Le unità campionarie in cui si contano i pellet-group possono essere transetti lineari di varia lunghezza, oppure plot di varie forme e dimensioni. La scelta di quale tipologia utilizzare

dipende dalle densità locali degli animali, dal tipo di habitat, dagli obiettivi da conseguire e dalle risorse umane e temporali a disposizione (Neff 1968, Smith 1968, Marques et al. 2001, McKelvey et al. 2002, Noor et al. 2010).

Tutti questi aspetti sono stati valutati e studiati dal Servizio Scientifico negli anni trascorsi. Precedenti lavori condotti nel Parco (Ferrera 2002, Latini 2003), in cui si è confrontato il FSC mediante transetti lineari con il FAR mediante plot quadrati, hanno dimostrato che, almeno in aree a bassa densità, l'applicazione del FSC con transetti lineari è in generale più efficace rispetto al FAR con plot, poiché oltretutto consente una notevole ottimizzazione delle risorse disponibili. In effetti, transetti allungati sono più efficacemente perlustrati dagli operatori rispetto a plot circolari o quadrati (Neff 1968, Thompson et al. 1998) e sono preferibili se la distribuzione della popolazione è aggregata, come è il nostro caso, poiché riducono la varianza del campione (Thompson et al. 1998). Un ulteriore studio, in cui si è effettuata una simulazione con i dati del pellet-group count raccolti nel 2003, ha consentito di stabilire che, almeno per le condizioni del PNALM, il miglior compromesso in termini di costi (risorse impiegate) e benefici (varianze contenute) sia garantito da una lunghezza di 500 metri per transetto (Latini 2003, Grottoli 2011).

## **MATERIALI E METODI**

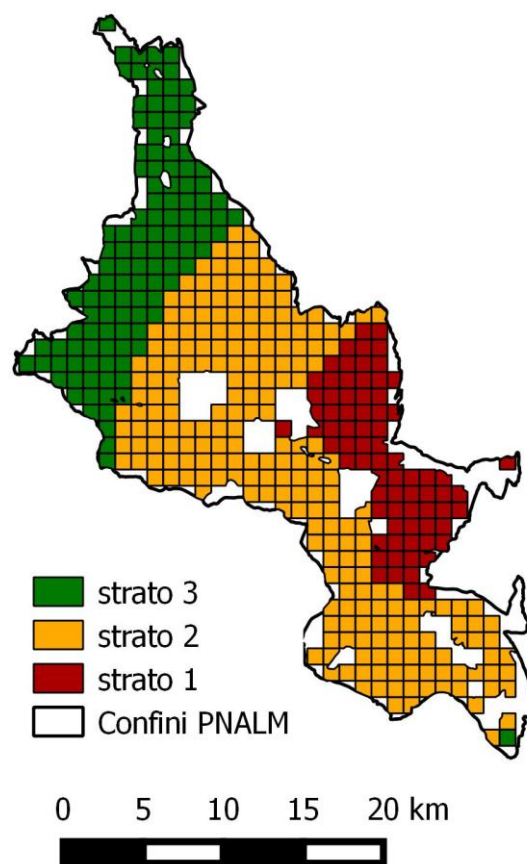
Il pellet-group count del 2019 è stato applicato con le medesime modalità degli anni scorsi, ossia attraverso un campionamento stratificato a doppio stadio (Thompson et al. 1998).

L'area di studio, corrispondente all'intero PNALM, è stata suddivisa in tre strati di campionamento corrispondenti a differenti densità di cervo sulla base dell'ipotesi che la densità diminuisca all'aumentare della distanza dai punti di rilascio utilizzati negli anni '70.

Una serie di simulazioni su dati pregressi effettuate in passato, ha consentito di sviluppare lo scenario migliore di stratificazione al fine di diminuire la varianza delle stime finali (Cristofari 2006, Grottoli 2011). L'area campionabile è rappresentata da una griglia di quadrati di 1X1 km ricadenti per almeno il 70% entro i confini del Parco, da cui sono state sottratte le maglie contenenti zone impercorribili o urbanizzate. Le 431 maglie totali dell'area campionabile sono perciò così suddivise tra gli strati (Fig. 1):

- ✓ strato 1: 95 maglie
- ✓ strato 2: 218 maglie
- ✓ strato 3: 118 maglie

Ogni maglia costituisce una Unità Campionaria (UC). All'interno di ogni UC selezionata è stato scelto di leggere almeno due transetti in base ai principi di campionamento per il calcolo della varianza



**Figura 1** – Griglia di campionamento del pellet-group count nel PNALM. Gli strati sono riportati con diversi colori.

(Thompson et al. 1998). I due transetti sono le Sotto-Unità Campionarie (SUC).

In ogni strato sono state estratte in modo random le UC e poi, all'interno di ciascuna UC sono state selezionate 2 tra le 500 possibili SUC di 2 m di ampiezza. Le SUC sono orientate secondo la direttrice Est-Ovest in quanto in gran parte del PNALM tale disposizione corrisponde alla linea di massima pendenza e quindi ottimizza la probabilità di attraversare diverse tipologie di habitat (Neff 1968).

Con l'obiettivo di ridurre ulteriormente l'intervallo di confidenza della stima di densità nello strato 1 (quello con la più elevata disomogeneità di distribuzione dei pellet-group nelle unità campionarie), il numero di UC è stato via via incrementato nel corso degli anni. Rispetto all'ultimo campionamento effettuato nel 2012, è stato deciso di incrementare ulteriormente le UC dello strato 1, stavolta aumentando anche il campione totale.

Tenendo conto delle analisi sulla varianza e della formula dell'allocatione di Neyman, il campione selezionato è stato costituito da 45 UC totali, suddivise nei tre strati come indicato in Tabella 1 e rappresentato in Figura 2. L'area campionata rappresenta lo 0,20% di quella totale, percentuale simile o superiore ad altri studi analoghi (e.g. Loft & Kie 1988, Marques et al. 2001, Borkowski 2004, Prokešová et al. 2006, Aryal et al. 2010).

**Tabella 1** – Campionamento del pellet-group count nel PNALM per il 2019.

Area	Peso dello strato	UC campionate	SUC campionate	area totale (m <sup>2</sup> )	area campionata (m <sup>2</sup> )	superficie campionata (%)
Strato 1	0,22	23	46	23000000	46000	<b>0,20</b>
Strato 2	0,50	14	28	14000000	28000	<b>0,20</b>
Strato 3	0,27	8	16	8000000	16000	<b>0,20</b>
<b>TOTALE</b>		<b>45</b>	<b>90</b>	<b>45000000</b>	<b>90000</b>	<b>0,20</b>

### **Modalità di raccolta**

Il lavoro di campo è stato condotto dalle seguenti persone:

Nominativo	Servizio appartenenza
Roberta Latini	Servizio Scientifico
Dolores Saltarelli	Servizio Scientifico
Giulia Colasacco	Servizio Civile
Salvatore Bruno	Servizio Civile
Silvia Maria Aureli	Servizio Civile
Roberta C	Servizio Civile
Guardia Parco	Servizio Sorveglianza
Volontari	

Ogni transetto è stato individuato sul terreno grazie ad una fettuccia metrica di 20 m. Lungo il percorso, all'interno di una fascia di 1 m per lato, sono stati individuati e contati i gruppi di

escrementi delle varie specie. Si considera gruppo un insieme di almeno 6 pellet, quantità minima per considerare il gruppo completamente decomposto (Smart et al. 2004). Il gruppo, per essere considerato valido, deve avere il suo centro di massa contenuto nella fascia di un metro a destra e sinistra della linea mediana del transetto. Se l'escremento fosse ricaduto esattamente metà dentro e metà fuori, si è proceduto come consuetudine considerando alternativamente dentro il primo e fuori il successivo e così via.

La presenza di due operatori durante la lettura del transetto nonché la standardizzazione delle procedure sviluppata durante le passate sessioni, hanno consentito di minimizzare le potenziali fonti di errore che questo metodo naturalmente comporta (e.g. Eberhardt & Van Etten 1956, Van Etten & Bennett 1965, Neff 1968, Jenkins & Manly 2008).

### Variabili ambientali

Per eseguire in futuro analisi di uso e selezione dell'habitat, per ogni 20 metri di transetto sono state quantificate come sempre le seguenti variabili ambientali (v. scheda Allegato 1):

- fisionomia della vegetazione e dell'ambiente;
- composizione della vegetazione (identificazione delle specie principali);
- copertura del sottobosco (su scala con 4 classi: < 20%, 20-70 % > 70 %), stimata ad occhio.

Altre variabili, come pendenza ed esposizione verranno determinate direttamente da GIS.

### Stima del numero medio di gruppi di pellet e della varianza della media

Le formule riportate di seguito sono state applicate indipendentemente per i valori relativi ad ogni strato (Thompson et al. 1998, pp. 345-347).

La stima del numero medio di gruppi di pellet si ricava utilizzando i seguenti stimatori:

$$\bar{N}_i = \frac{\sum_{j=1}^v N_{ij}}{v} \quad (1)$$

$$\hat{N}_i = V_x \bar{N}_i \quad (2)$$

$$\bar{\hat{N}}_i = \frac{\sum_{i=1}^u \hat{N}_i}{u} \quad (3)$$

dove,

$N_{ij}$  = numero di pellet nella  $j$ -esima subunità (SUC) all'interno della  $i$ -esima UC

$\bar{N}_i$  = stimatore della media dei pellet nelle sottounità (SUC) all'interno delle  $i$ -esime UC selezionate

$\hat{N}_i$  = stimatore del numero di pellet all'interno di ogni  $i$ -esima UC selezionata

$\bar{\hat{N}}_i$  = stimatore del numero medio di pellet nelle UC campionate

La varianza della media si ricava utilizzando il seguente stimatore:

$$V\hat{ar}(\bar{N}) = \left(1 - \frac{u}{U}\right) \frac{\hat{S}_{Ni}^2}{u} + \frac{u}{U} \left(1 - \frac{v}{V}\right) \frac{\hat{S}_{Nij}^2}{uv} \quad (5)$$

dove,

$V\hat{ar}(\bar{N})$  = stima della varianza della media

$U$  = numero di UC

$V$  = numero di SUC in ogni UC

$v$  = SUC campionate in ogni UC

$u$  = UC campionate (i.e., sample size)

$\hat{S}_{Ni}^2$  = stima della varianza della media a livello UC,

$\hat{S}_{Nij}^2$  = stima della varianza della media a livello delle SUC

$$\hat{S}_{Ni}^2 = \frac{\sum_{i=1}^u (\hat{N}_i - \bar{N})^2}{u - 1} \quad (6)$$

$$\hat{S}_{Nij}^2 = \frac{\sum_{i=1}^u \sum_{j=1}^v (N_{ij} - \bar{N}_i)^2}{u(v - 1)} \quad (7)$$

### Stima del limite inferiore e superiore dell'Intervallo Fiduciale al 95%

I valori medi e di varianza in ciascuno degli areali, vengono utilizzati per calcolare i valori relativi agli estremi dell'intervallo fiduciale al 95%, secondo la formula suggerita da Cochran (1977, p.95):

$$\bar{N}_{st} \pm t_a \sqrt{Var(\bar{N}_{st})} \quad (8)$$

Di nuovo, il numero appropriato di gradi di libertà dovrebbe essere valutato in funzione della stratificazione e teoricamente compreso tra  $(u_h - 1)$  e  $(\sum u_h - 1)$ . Al fine di stimare il numero effettivo di gradi di libertà ( $n_e$ ), è stata utilizzata la formula proposta da Cochran (1977, p.96):

$$n_e = \frac{(\sum g_h S_h^2)^2}{\sum \frac{g_h^2 S_h^4}{n_h - 1}} \quad (9)$$

dove,

$$g_h = \frac{U_h(U_h - u_h)}{u_h} \quad (10)$$

Le stime di abbondanza ricavate dai dati dei transetti possono essere trasformate in stime di densità attraverso formule che includono il tasso di defecazione e il tasso di accumulo od di decomposizione. Per il tasso di defecazione sono stati utilizzati valori bibliografici di 20 pellet/giorno per il capriolo e 25 pellet/giorno per il cervo (Mitchell et al. 1985, Mayle et al. 1999). Il tasso di accumulo è stato calcolato considerando il periodo intercorso tra il tempo medio in cui nel PNALM cade il 50% delle foglie (stimato il 15 ottobre) e il giorno di campionamento in cui è stato completato il 50% delle UC (25 maggio 2019) : il risultato è **222** giorni.

## **RISULTATI**

Il campionamento è iniziato il 30 aprile e si è concluso l'21 giugno, per un totale di 27 giorni di lavoro di campo. Il tempo di lettura medio ( $\pm$  d.s.) per ogni transetto è stato di  $77 \pm 57$  minuti (min = 15, max = 480), per uno sforzo totale di oltre 186 ore su campo. Complessivamente, sono stati registrati 2222 gruppi di escrementi, 2072 di cervo e 150 di capriolo.

### **Cervo**

Il numero medio dei gruppi di pellet di cervo nelle UC e la varianza relativa sono come sempre più elevati nello strato 1 (Tab. II).

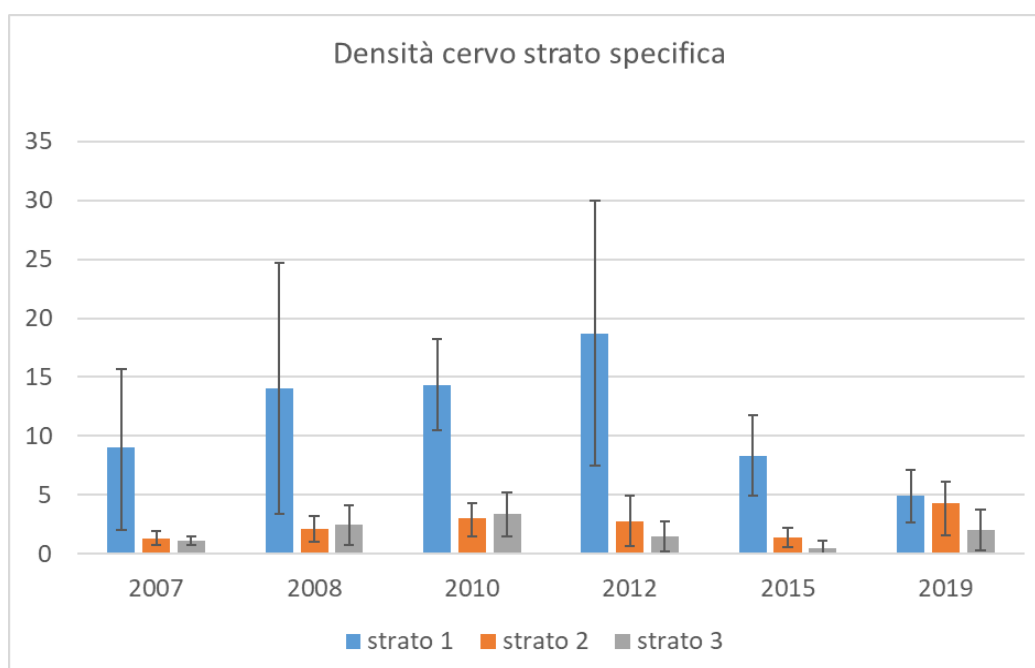
**Tabella II** - Stima del numero medio di gruppi di pellet di cervo e della varianza della media all'interno dei tre strati di campionamento.  $U_h$  = numero totale di UC nello strato;  $W_h$  = peso dello strato in percentuale sul totale dell'area campionabile.

Strato	UC	Numero medio pellet nelle UC	$U_h$	$W_h$	Media pesata	Varianza UC	Varianza SUC	Varianza totale	Varianza pesata
1	23	27.217	95	0,22	5999	976.996.047	264,96	32193920	51540
2	21	24071	218	0,50	12175	695.994.505	861,14	46521257	795528
3	8	11312	118	2,27	3123	139852678,6	137,9375	16296392	144760

**Tabella III - Stima della densità del cervo ( $n/km^2$ ) nei tre strati del PNALM. Tempo di Accumulo (TdA) = 222 giorni; tasso di defecazione (F) = 25 pellet /cervo/giorno. ES = Errore Standard.**

Strato	Numero medio pellet nelle SUC	ES della media	IF 95% inferiore	IF 95% superiore	Densità media	Limite inferiore	Limite superiore
1	27	5,8	15,2	39,2	<b>4,9</b>	<b>2,7</b>	<b>7,1</b>
2	24	7	9	39,1	<b>4,3</b>	<b>1,6</b>	<b>7</b>
3	11	4,1	1,6	21	<b>2</b>	<b>0,3</b>	<b>3,8</b>

La densità media del cervo su tutta l'area di studio risulta di **3,8 capi/ $km^2$**  (IF 95% = 3,6-4,2). Analizzando i dati per strati emerge una maggiore omogeneità tra lo strato 1 e lo strato 2, mentre la densità nello strato 3 risulta inferiore sebbene gli intervalli di confidenza si sovrappongono tra gli strati (Figura 2).

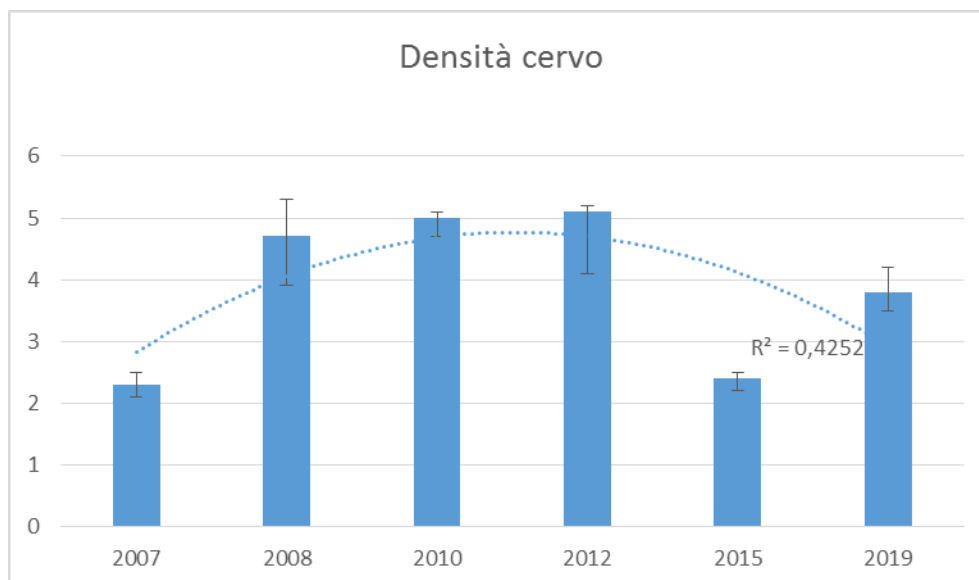


**Figura 2 –** Variazione della densità di cervo da quando si esegue il pellet-group count nel PNALM calcolata per ognuno dei 3 strati. Le barre di errore rappresentano gli intervalli di confidenza.

**Tabella IV - Stima della densità del cervo ( $n/km^2$ ) nel PNALM. Tempo di Accumulo (TdA) = 222 giorni; tasso di defecazione (F) = 25 pellet /cervo/giorno..**

Anno	Densità media	Limite inferiore	Limite superiore
<b>2007</b>	<b>2,3</b>	0,2	0,2
<b>2008</b>	<b>4,7</b>	0,8	0,6
<b>2010</b>	<b>5</b>	0,3	0,1
<b>2012</b>	<b>5,1</b>	1	0,1
<b>2015</b>	<b>2,4</b>	0,2	0,1
<b>2019</b>	<b>3,8</b>	0,3	0,4

La densità media complessiva (Tabella IV, Figura 3) risulta aumentata rispetto all'annualità 2015 in maniera significativa, sebbene la linea di tendenza sia in diminuzione rispetto ai campionamenti 2008-2010-2012.



**Figura 3** – *Variazione della densità di cervo da quando si esegue il pellet-group count nel PNALM. Le barre di errore rappresentano gli intervalli di confidenza.*



## Capriolo

Come già accaduto le altre volte, il numero medio di pellet di capriolo e le varianze associate sono distribuite tra gli strati più omogeneamente rispetto al cervo (Tabella V).

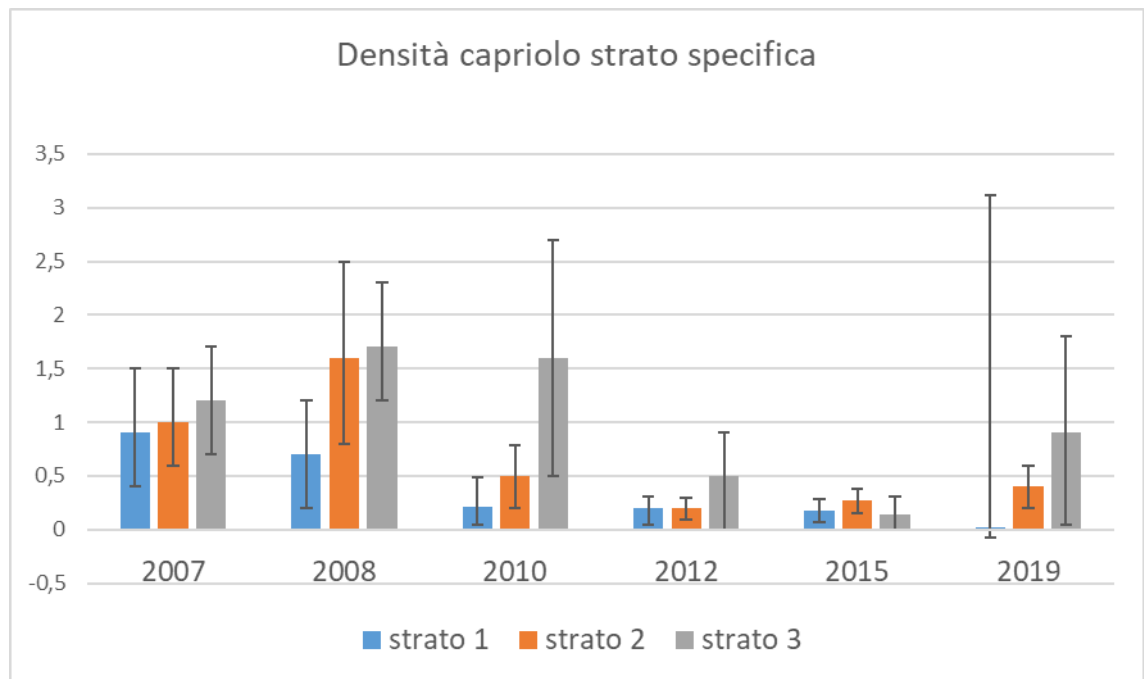
La densità media del capriolo su tutta l'area del PNALM è però estremamente bassa (**0,5 capi/km<sup>2</sup>, IF 95% = 0,4-0,6**) e appare maggiore nello strato 2 (Tabella VI), ossia dove diminuisce molto sensibilmente quella del cervo. Le densità maggiori di capriolo si sono sempre registrate nei due strati più periferici, tuttavia in tutti gli strati il trend appare negativo (Figura 4).

**Tabella V** - Stima del numero medio di gruppi di pellet di capriolo e della varianza della media all'interno dei tre strati di campionamento. Uh = numero totale di UC nello strato; Wh = peso dello strato in percentuale sul totale dell'area campionabile.

Strato	UC	Numero medio pellet nelle UC	Uh	Wh	Media pesata	Varianza UC	Varianza SUC	Varianza totale	Varianza pesata
1	23	804	95	0,22	177,3	1403162,1	2,2	46237	74
2	21	1642	218	0,51	831,0	2439560,4	4,4	163064	2788
3	8	4187	118	0,27	1156,18	22495535,7	44,1	2621302	23285

**Tabella Vi** - Stima della densità del capriolo (n/km<sup>2</sup>) nei tre strati del PNALM. Tempo di Accumulo (TdA) = 222 giorni; tasso di defecazione (F) = 20 pellet /capriolo/giorno. ES = Errore Standard.

Strato	Numero medio pellet nelle SUC	ES della media	IF 95% inferiore	IF 95% superiore	Densità media	Limite inferiore	Limite superiore
1	0,80	0,23	0,3	1,3	<b>0,18</b>	<b>0,07</b>	<b>3,25</b>
2	1,6	0,41	0,74	2,54	<b>0,37</b>	<b>0,17</b>	<b>0,57</b>
3	4,19	1,67	0,22	8,15	<b>0,94</b>	<b>0,05</b>	<b>1,83</b>

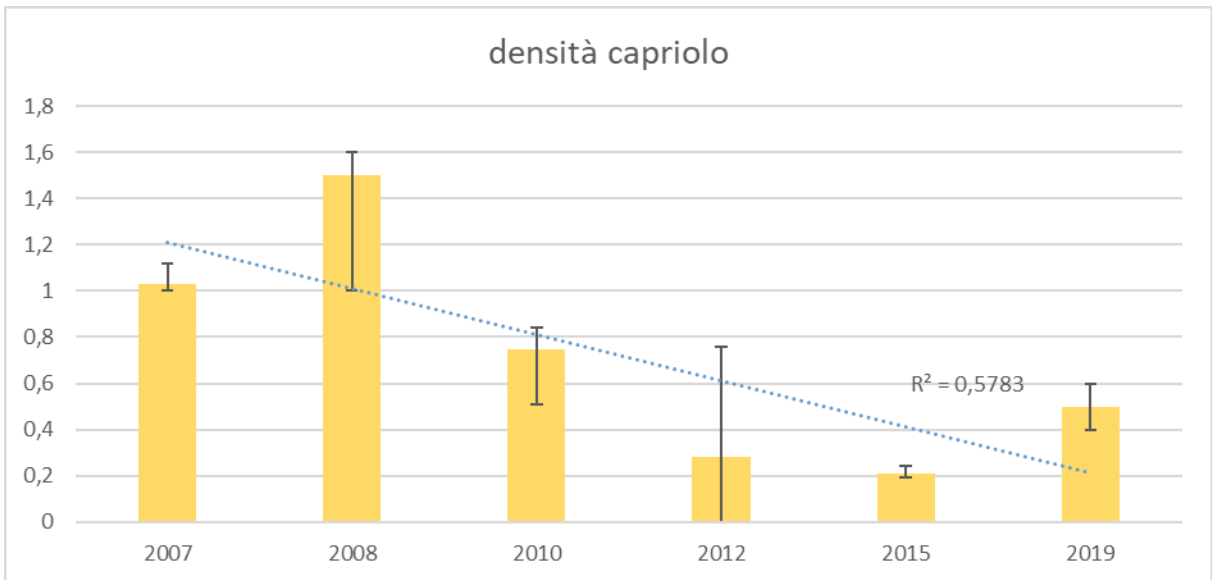


**Figura 4** – Variazione della densità di capriolo da quando si esegue il pellet-group count nel PNALM. Le barre di errore rappresentano gli intervalli di confidenza.

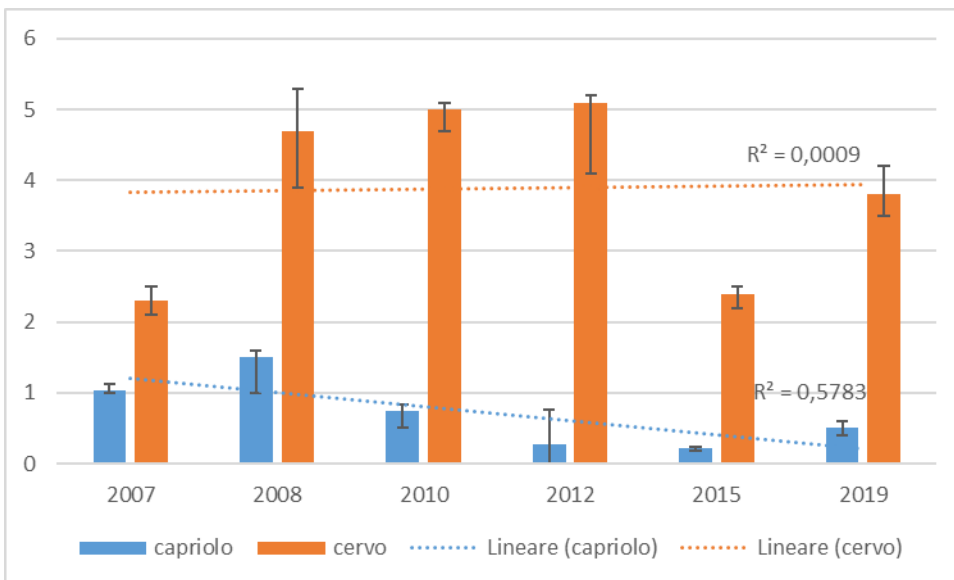
**Tabella VII** - Stima della densità del capriolo ( $n/km^2$ ) nel PNALM. Tempo di Accumulo (TdA) = 222 giorni; tasso di defecazione (F) = 20 pellet /capriolo/giorno.

Anno	Densità media	Limite inferiore	Limite superiore
<b>2007</b>	1,03	0,03	0,09
<b>2008</b>	1,5	0,5	-0,5
<b>2010</b>	0,75	0,6	-0,6
<b>2012</b>	0,28	1,1	-1,1
<b>2015</b>	0,21	0,4	-0,4
<b>2019</b>	0,5	0,17	-0,17

La densità media complessiva (Tabella VII, Figura 5) risulta sempre molto bassa e in diminuzione.



**Figura 5** – Variazione della densità di capriolo da quando si esegue il pellet-group count nel PNALM. Le barre di errore rappresentano gli intervalli di confidenza.



**Figura 6**– Confronto delle densità tra cervo e capriolo ricavate nel PNALM nei campionamenti dal 2007 al 2019 tramite la tecnica del pellet-group count. Le barre di errore rappresentano gli intervalli di confidenza.

## **DISCUSSIONE**

La densità media è risultata di 3,8 capi/km<sup>2</sup> (IF 95% = 3,6-4,2) per il cervo e di 0,5 capi/km<sup>2</sup> (IF 95% = 0,4-0,6) per il capriolo. Questi valori mostrano una tendenza positiva per entrambe le specie rispetto al campionamento del 2015, con alcune differenze negli anni: mentre il capriolo presenta densità molto basse in tutti gli anni e mostra una tendenza negativa, la densità del cervo risulta più stabile.

Le densità strato specifiche sono meno omogenee a causa dell'elevato valore della doppia varianza (la varianza tra le SUC, o transetti e la varianza tra le UC, le unità campionarie) e i risultati sono di più difficile interpretazione.

Nonostante ciò, il pellet-group count si conferma ancora oggi il migliore metodo per monitorare il trend della popolazione di cervo e capriolo nel PNALM.

Infatti, pur non restituendo il numero assoluto di cervi e caprioli ma delle stime di densità relative, fornisce un quadro dei trend di crescita e decrescita nel tempo, permettendo di rilevare una possibile relazione tra gli andamenti delle due specie. Sicuramente, per ottenere dei dati più precisi, bisognerebbe lavorare sull'intervallo di confidenza della stima delle densità: una riduzione di tale valore permetterebbe di avere una lettura più chiara delle dinamiche di popolazione. Sarebbe inoltre utile affiancare al pellet-group count altre tecniche (osservazioni per parametri demografici e struttura di popolazione) per implementare i risultati finali e avere un quadro più completo di queste due specie nel PNALM. Al momento questa seconda opzione è di difficile realizzazione per tutta una serie di motivazioni (in generale relativi alle disponibilità di risorse umane, economiche e di tempo). Di conseguenza sarà opportuno concentrarsi su miglioramenti nella attuale strategia di campionamento (ad esempio rivedere la stratificazione), che portino a una riduzione dell'errore nelle stime.

Sarebbe inoltre importante approfondire alcune tematiche chiave come ad esempio l'impatto del cervo sugli habitat e sulle altre specie o la diminuzione così marcata del capriolo. È noto che il cervo è una specie invasiva (Richard et al. 2010) e nel Parco era già stato rilevato come la sua presenza possa "relegare" il capriolo in zone meno appetibili, come ad esempio i versanti più settentrionali durante la stagione invernale (Latini et al. 2003). Come già sottolineato in precedenti relazioni sarebbe necessario verificare se l'apparente diminuzione di densità del capriolo sia dovuta effettivamente all'ingombrante e diffusa presenza del cervo, oppure ad altre cause. In assenza di lavori specifici si resta nel campo delle ipotesi.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Aryal A., Raubenheimer D., Subedi S. & Kattel B. (2010). Spatial habitat overlap and habitat preference of Himalayan musk deer (*Moschus chrysogaster*) in Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal. *Curr. Res. J. Biol. Sci.*, 2(3): 217-225.
- Bennett L.J., English P.F. & McCain R. (1940). A study of deer populations by use of pellet-group counts. *J. Wildl. Manage.*, 4 (4): 398-403.
- Borkowski J. (2004). Distribution and habitat use by red and roe deer following a large forest fire in South-western Poland. *Forest Ecology and Management* 201: 287–293.
- Buckland S.T. (1992). Review of deer count methodology. Unpublished report to the Scottish Office, Agriculture and Fisheries Department, Edinburgh, UK.
- Camargo-Sanabria A.A. & Mandujano S. (2011). Comparison of pellet-group counting methods to estimate population density of white-tailed deer in a Mexican tropical dry forest. *Trop. Cons. Sci.*, 4 (2): 230-243.
- Campbell D., Swanson G.M. & Sales J. (2004). Comparing the precision and cost-effectiveness of faecal pellet group count method. *J. Appl. Ecol.*, 41, 1185–1196.
- Cochran W.G. (1977). Sampling Techniques. 3rd ed. John Wiley and Sons, New York.
- Collins, W.B. & Urness P.J. (1981). Habitat preferences of mule deer as rated by pellet-group distributions. *J. Wildl. Manage.*, 45: 969-972.
- Eberhardt L. & Van Etten R.C. (1956). Evaluation of the pellet group count as a deer census method. *J. Wildl. Manage.*, 20 (1): 70-74.
- Forsyth D.M., Barker R.J., Morriss G. & Scroggie M.P. (2007). Modeling the relationship between fecal pellet indices and deer density. *J. Wildl. Manage.*, 71 (3): 964-970.
- Harkonen S. & Heikkila R. (1999). Use of pellet group counts in determining density and habitat use of moose *Alces alces* in Finland. *Wildl. Biol.*, 5:233–239.
- Hemami M.R. & Dolman P.M. (2005). The disappearance of muntjac (*Muntiacus reevesi*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) pellet groups in a pine forest of lowland England. *Eur. J. Wildl. Res.*, 51: 19-24.
- Grottoli L. (2011). Assetto territoriale ed ecologia alimentare del lupo (*Canis lupus*) del Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise. Tesi di dottorato, Università di Roma «La Sapienza».
- Jenkins K.J. & Manly B.F.J. (2008). A double-observer method for reducing bias in faecal pellet surveys of forest ungulates. *J. Appl. Ecol.*, 45: 1339-1348.
- Laing S.E., Buckland S.T., Burn R.W., Lambie D. & Amphlett A. (2003). Dung and nest surveys: estimating decay rates. *J. Appl. Ecol.*, 40: 1102-1111.
- Latini R. (2003). Definizione di un protocollo di monitoraggio per la determinazione della consistenza numerica di cervo e capriolo nel Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise: analisi di uno studio pilota. Tesi di Master, Università di Roma "La Sapienza".
- Latini R., Pizzol I., Ferrera G. & Kleuser H. (2003). Selezione invernale dell'habitat e densità del cervo (*Cervus elaphus*) e del capriolo (*Capreolus capreolus*) nel Parco Nazionale d'Abruzzo. *Hystrix, It. J. Mamm. (special issue IV ATIt Congress)*, 14: 180.
- Loft E.R. & Kie J.G (1988). Comparison of pellet-group and radio triangulation methods for assessing deer habitat use. *J. Wildl. Manage.*, 52 (3): 524-527.
- Månsson J., Andrén H. & Sand H. (2011). Can pellet counts be used to accurately describe winter habitat selection by moose *Alces alces*? *Eur. J. Wildl. Res.*, 57: 1017-1023.
- Marques F.F.C., Buckland S.T., Goffin D., Dixon C.E., Borchers D.L., Mayle B.A. & Peace A.J. (2001). Estimating deer abundance from line transect surveys of dung: sika deer in southern Scotland. *J. Appl. Ecol.*, 38, 349-363.

- Mayle B. A., Peace A. J. , & Gill R. M. A. (1999). How many deer? A field guide to estimating deer population size. Forestry Commission, Edinburgh, United Kingdom.
- McKelvey K.S., McDaniel G.W., Mills L.S., & Griffin P.C. (2002). Effects of plot size and shape on pellet density estimates for snowshoe hares. *Wildl. Bull.*, 30 (3): 751-755.
- Mitchell B., Rowe J.J., Ratcliffe P. & Hinge M. (1985). Defecation frequency in roe deer (*Capreolus capreolus*) in relation to the accumulation rate of faecal deposits. *J. Zool. Lond.*, 207: 1-7.
- Neff D. J. (1968). The pellet-group count technique for big game trend, census, and distribution: a review. *J. Wildl. Manage.*, 32: 597-614.
- Noor A., Habib B., & Kumar S. (2010). Effects of plot size and shape on the encounter rate of ungulate faecal pellet groups and abundance estimate precision. *Current Science*, 99 (6): 800-804.
- Plumptre A.J. (2000). Monitoring mammal populations with line transect techniques in African forests. *J. Appl. Ecol.*, 37: 356-368.
- Prokešová J., Barančeková M. & Homolka M. (2006). Density of red and roe deer and their distribution in relation to different habitat characteristics in a floodplain forest. *Folia Zool.*, 55 (1): 1-14.
- Ratcliffe P.R. (1987). The management of red deer in upland forests. HMSO, London, UK.
- Ratcliffe P.R. & Mayle B.A. (1992). Roe deer biology and management. *Forestry Commission Bulletin*, 105.
- Richard E., Gaillard J-M., Saïd S., Hamann J-L. & Klein F. (2010). High red deer density depresses body mass of roe deer fawns. *Oecologia*, 163: 91-97.
- Rivero K., Rumiz D.I. & Taber A.B. (2004). Estimating brocket deer (*Mazama gouazoubira* and *M. americana*) abundance by dung pellet counts and other indices in seasonal Chioquitano forest habitats of Santa Cruz, Bolivia. *Eur. J. Wildl. Res.*, 50: 161-167.
- Rowland M.M., White G.C. & Karlen E.M. (1984). Use of pellet-group plots to measure trends in deer and elk populations. *Wildl. Soc. Bull.*, 12 (2): 147-155.
- Smart J.C.R., Ward A.I. & White P.C.L. (2004). Monitoring woodland deer populations in the UK: an imprecise science. *Mammal Rev.*, 34 (1): 99 – 114.
- Smith R.H. (1968). A comparison of several sizes of circular plots for estimating deer pellet group density. *J. Wildl. Manage.*, 32: 585-591.
- Thompson W., White G.C. & Gowan C. (1998). Monitoring vertebrate population. Academic Press, San Diego, California, 365 pp.
- Torres R.T., Santosa J., Linnell J. D.C., Virgós E. & Fonseca C. (2010). Factors affecting roe deer occurrence in a Mediterranean landscape, Northeastern Portugal. *Mamm. Biol.*, 76: 491-497.
- Van Etten R.C. & Bennett C.L. (1965). Sources of error in using pellet-group counts for censusing deer. *J. Wildl. Manage.*, 29 (4): 723-729.