UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA DI VITERBO

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECOLOGICHE E BIOLOGICHE

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA

EVOLUZIONE BIOLOGICA E BIOCHIMICA - XXIV Ciclo.

SVILUPPO E VALIDAZIONE DI UN MODELLO D'IDONEITÀ AMBIENTALE SU UNA SPECIE MINACCIATA: IL LEONE IN GHANA

BIO/05

Coordinatore: Prof.ssa Laura Zucconi Galli Fonseca

Firma .....

Tutor: Prof.ssa Anna Maria Fausto

Firma.....

Co-tutor: Dr. Francesco Maria Angelici

Firma.....

Dottorando: Dr. Fabio Petrozzi

Firma .....

Indice:

Astract	Pag 3
Introduzione	Pag 9
Area di studio	Pag 33
Materiale e metodi	Pag 42
Risultati	Pag 55
Discussione	Pag 71
Ringraziamenti	Pag 84
Bibliografia	Pag 85

Abstract

Il leone africano (*Panthera leo*) nel corso dello scorso secolo ha subito un forte decremento di popolazione a causa di molti fattori quali la perdita di habitat (sfruttamento dei territori a fini agricoli, distruzione dell'habitat a causa di guerre, estrazione di materie prime dal sottosuolo, etc), e la persecuzione diretta , sia come animale "nocivo" rispetto le attività antropiche, sia per l'utilizzo di alcune parti del suo corpo, per rituali tribali e/o legati all'animismo.

Studiando le stime della popolazione africana, dalla metà del secolo scorso ad oggi si nota una diminuzione drastica del suo numero. Infatti la popolazione storica dei leoni in tutta l'Africa, all'inizio del XX secolo, si aggirava intorno alle 400.000 unità, nel 1990 si stimava una popolazione che andava dai 30.000 ai 100.000 leoni.

Per quanto riguarda l'areale storico, esso si estendeva in tutta l'Africa, ad eccezione del deserto del Sahara e delle foreste del Congo, quello attuale, altamente frammentato, è stimato intorno ai 3.000.000 km^2, in pratica meno di un quarto dell'areale storico.

Uno degli ultimi gruppi di leone occidentale è rappresentato dall'esiguo numero presente nel Mole National Park (12-28 individui), che risulterebbe essere la quasi totalità della popolazione di leoni del Ghana.

Risulta così estremamente importante il ruolo svolto da questo parco, vasta area protetta (4.800 Km^2 circa) che può garantire l'oculata conservazione e gestione dei leoni, una volta identificati e monitorati, per la sua vicinanza con altre aree protette di nazioni limitrofe.

La popolazione di leone presente in questo parco non è mai stata studiata, ad eccezione di alcuni studi recenti sulla presenza di carnivori, a carattere introduttivo.

Lo scopo della presente ricerca è quello di creare e validare un modello di idoneità ambientale per il leone.

L'elaborazione di tale modello è stata sviluppata analizzando gli avvistamenti storici di leone all'interno del parco ed interpolandoli con le tipologie di habitat presenti nell'area, andando poi a costruire un nuovo modello ed esaminare dove la presenza del leone risulta maggiormente probabile. Ciò è stato fatto in visione anche del differente habitat in cui la specie vive in Africa occidentale, ed in modo particolare nel Mole National Park, la cui estensione è principalmente occupata da savana molto chiusa (savana occidentale o guineana) e circondata da foreste, un fattore altamente discriminante.

Una volta creato il modello di idoneità si è proceduto alla validazione di questo tramite due metodologie: l'utilizzo di foto-trappola e l'esecuzione di transetti sia a piedi, che su autoveicolo 4x4 per osservazioni e record vari diretti e/o indiretti, come tracce di leone (orme, resti di predazione, escrementi). Tramite transetto, sia in automobile che a piedi, sono stati coperti complessivamente circa 900 Km. Per i transetti effettuati tramite autoveicolo si è proceduto con una velocità media di 20 km orari con 5 osservatori. I transetti effettuati a piedi avevano una lunghezza che variava dai 2 ai 4 Km ognuno.

Le foto-trappola posizionate sono state 18 in differenti aree del parco, sia a livello territoriale, sia a livello di potenziale idoneità ambientale, per un totale di 3600 giorni/trappola e di 23 postazioni, spostando 5 foto-trappola. I luoghi dove sono state ubicate sono principalmente aree nei pressi di pozze, fiumi o zone di abbeverata, approfittando del fatto che soprattutto durante la stagione secca gli animali tendono a concentrarsi in tali aree.

Le analisi statistiche, modelli backward stepwise e modello di Von Bertalannfy, hanno dato come risultato cinque variabili correlate alla presenza del leone e dimostrano come la popolazione selezioni positivamente la savana chiusa e le aree nei pressi di foreste -($P < 0.033$), modello backward stepwise AIC = 75.006 e modello di Von Bertalannfy AIC = 75.117; $\Delta AIC = 0.111$-, evitando la savana aperta; inoltre dimostrano come la presenza della popolazione del parco sia influenzata positivamente dall'indice pluviometrico -($P<0.001$), con i modelli backward stepwise (AIC = 48.663) e Von Bertalannfy (AIC = 44.714) ($\Delta AIC = 3.949$) che hanno un risultato simile-, dalla presenza di bacini di acqua -($P<0.045$), con una calibrazione in entrambi i modelli quasi simile (rispettivamente AIC = 77.114 e 77.361; $\Delta AIC = 0.247$-, probabilmente a causa della preferenza di quelle aree da parte delle prede potenziali. Tali peculiarità sono alquanto discordanti con quelle delle popolazioni di leone dell'Africa Australe ed Orientale. Infatti quest'ultime sono solite prediligere gli ambienti aperti (savana aperta), e solitamente non abbisognano della presenza di molta acqua per la loro sopravvivenza. Il modello GIS, in cui sono state utilizzate tutte le variabili positive dell'analisi statistica, ha suffragato tali risultati, la percentuale di avvistamenti storici che rientra all'interno dell'alta idoneità ambientale è pari a circa l'88,7% degli avvistamenti totali ($P<0.002$). Inoltre l'elaborazione di tale modello ha indicato le aree di idoneità suddivise accorpandole in tre categorie (alta, media e bassa).

Dalle tre tipologie di idoneità sono state scelte le aree in cui effettuare i transetti e ubicare le foto-trappola. Le escursioni sul campo hanno permesso di registrare un'impronta di leone, in prossimità di un fiume, e un ruggito, mentre una delle foto-trappola ha registrato un filmato di un giovane maschio mentre si aggirava in una zona densamente alberata.

I risultati dei questo studio hanno delle forti implicazioni di tipo conservazionistico per il leone nel parco, soprattutto perchè la sua popolazione è limitata e per l'ubicazione geografica strategica del Mole N.P.

Inoltre, questa metodologia può essere applicabile in altre zone dove la specie (o anche specie paragonabili dal punto di vista ecologico) manifesta abitudini elusive, come nell'area di studio, in cui non era stato registrato per 11 anni alcun record del felide (1998-2009).

Abstract

During the past century, African lion (*Panthera leo*) suffered a strong population decline because of several factors as loss of habitat (exploitation of the land for agricultural purposes, habitat destruction due to wars, extraction of raw materials from the underground, etc.), and direct persecution, both as an "harmful" animal for human activities, both for the use of some parts of his body, related to tribal rituals and / or animism.

Studying the estimation of African population, since the second half of the past century until today, we can notice a dramatic decrease. In fact, at the beginning of the XX century, in the whole Africa, lion population was about 400,000 units; in 1990 it was estimated between 30,000 and 100,000 lions.

Historical range occupied the whole Africa, except for the Sahara and the rainforests in Congo; the current range, highly fragmented, is estimated about 3,000,000 km^2, that is less than a quarter of the historical distribution.

One of the last group of Western lion population is represented by the small group in the Mole National Park (perhaps 12-28 lions), which would be almost the entire population of them in Ghana.

Because of its proximity to other protected areas in neighboring countries, it is extremely important the role played by this park, a vast protected area (about 4,800 km^2) that can ensure the conservation and management of lions, once they are identified and monitored.

Lion population in Mole National Park has never been studied, with the exception of some recent general studies about the presence of carnivores.

The aim of this research is to create and validate an environmental suitability model for the lion.

The model has been developed by analyzing historical sightings of lion in the park and linking them with the types of habitats in the area, then building a new model and examining where the lion is more likely to be.

This was done considering also the different habitat where the species lives in West Africa, and particularly in the Mole National Park, whose extension is mainly occupied by very closed savannah (Western savannah) and surrounded by forests, a high discriminating factor.

Once the model was created, I proceeded to validate it with two methods: By using camera traps, and by carrying out transects on foot, or by car (4 wheel drive) to collect direct and / or indirect records, as tracks of a lion (footprints, remains of predation, scats).

Through transept, both by car and on foot, we covered in total about 900 km.

About transects done by car, the vehicle proceeded at an average speed of 20 km/h, with 5 observers. The transects carried out on foot had a range of distance from 2 to 4 km each.

Camera-traps were placed in 18 different areas of the park, both at the regional level and in terms of potential environmental suitability, for a total amount of 3600 days / trap and 23 stations, shifting 5 camera traps.

The places where they were located were mainly in areas near ponds, rivers or watering areas, taking advantage of the fact that, especially during the dry season, the animals tend to concentrate in these areas.

The statistical analysis, applying both backward stepwise model, and Von Bertalannfy model, resulted in five variables that are related to the presence of the lion and that show how population selects positively closed savannah and areas near forests - ($P < 0.033$), model backward stepwise AIC = 75,006 and Von Bertalannfy model AIC = 75,117; $\Delta AIC = 0.111$-, avoiding the open savannah. They also demonstrate how the presence of the population in the park is positively influenced by the rainfall - ($P < 0.001$), with models backward stepwise (AIC = 48,663) and Von Bertalannfy (AIC = 44,714) ($\Delta AIC = 3949$) which have a similar result-, by the presence of water basins - ($P < 0.045$), with model fitting almost similar in both models (AIC = 77,114 and 77,361 respectively; $\Delta AIC = 0.247$, probably because potential preys prefer those areas.

These distinctive features are somewhat discordant with those of lion populations in Southern and Eastern Africa. In fact, these ones prefer open places (open savannah), and they usually don't require the presence of plenty of water for their survival.

The GIS model, in which all positive variables of the statistical analysis have been used, corroborated these results, the percentage of historical sightings that falls within high environmental suitability is about 88, 7% of total sightings ($P < 0.002$). Furthermore, the development of this model indicated the suitability areas, divided into three categories (high, medium, and low).

We chose the places where carry out transects and locate camera-traps from these three categories of suitable areas.

The transects permitted to record a lion footprint, near a river, and a roar, while a camera-trap recorded a video of a young lion moving in a densely wooded area.

Study results have a strong implication on the conservation of lion in the park, especially because its population is limited and because of the strategic geographical location of Mole NP.

Furthermore, this methodology may be applicable in other areas where the species (or comparable species from an ecological point of view) has elusive habits, as in the study area, in which any record of the cat was not recorded for 11 years (1998 -2009).

Introduzione

Genesi del progetto di ricerca

La ricerca sul leone (*Panthera leo*) nel Mole National Park nasce con la preparazione di un progetto di Cooperazione internazionale, che, dopo un'attesa di quattro anni per l'accettazione ufficiale da parte del Ministero Affari Esteri, è ufficialmente iniziato nel Gennaio 2012. Partner di tale progetto sono: l'Università della Tuscia, l'ONG Ricerca e Cooperazione (Roma), la Wildlife Division del Ghana, l'Università del Ghana (Accra, Ghana) e la University of Development Study (Tamale, Ghana).
Finalità di questo intervento sono: lo sviluppo dell'economia locale, tramite la creazione di un turismo responsabile e sostenibile nel parco, la creazione di un centro di ricerche ecologico permanente e, infine, lo studio dell'ultima popolazione vitale di leoni occidentali (*Panthera leo senegalensis*) del Ghana (fig.1), presente per l'appunto nel Mole National Park.



Fig. 1: Maschio di *Panthera leo senegalensis*

Durante la prima missione conoscitiva effettuata dal Dr. F. M. Angelici, per conto delle Nazioni Unite (Ufficio UNEP) e di Seniores Italia, nel 2005, e nelle successive effettuate sempre dal Dr. Angelici e dal sottoscritto è subito apparso evidente come lo status del leone sia in quell'area molto preoccupante, come d'altronde per tutta l'Africa occidentale.

Sistematica

Classe: Mammalia

Ordine: Carnivora

Famiglia: Felidae

Genere: *Panthera*

Specie: *Panthera leo* (Linnaeus, 1758)

La sistematica e la tassonomia del leone sono state e tuttora sono oggetto di dibattito tra i vari specialisti. Infatti, a parte i vari *taxa* descritti per l'Africa, si è sempre dibattuto sul fatto che questa specie in Africa sia presente soltanto con delle popolazioni o con delle vere e proprie sottospecie.

La teoria maggiormente accettata è quella di Smithers (1983) e Skinner & Smithers (1990), i quali raggruppano e considerano tutti i leoni del continente africano come appartenenti alla stessa specie monotipica *Panthera leo* e le diverse forme dovute soltanto ad un trend geografico.

MacDonald (1995), invece, riclassifica il leone *Panthera leo* in 7 sottospecie (scheda 1) e riconosce gli estinti leoni del Capo (*P.l. melanochaita*) e leone Berbero (*Panthera leo leo*) come sottospecie distinte.

Classificazione di MacDonald (1995)

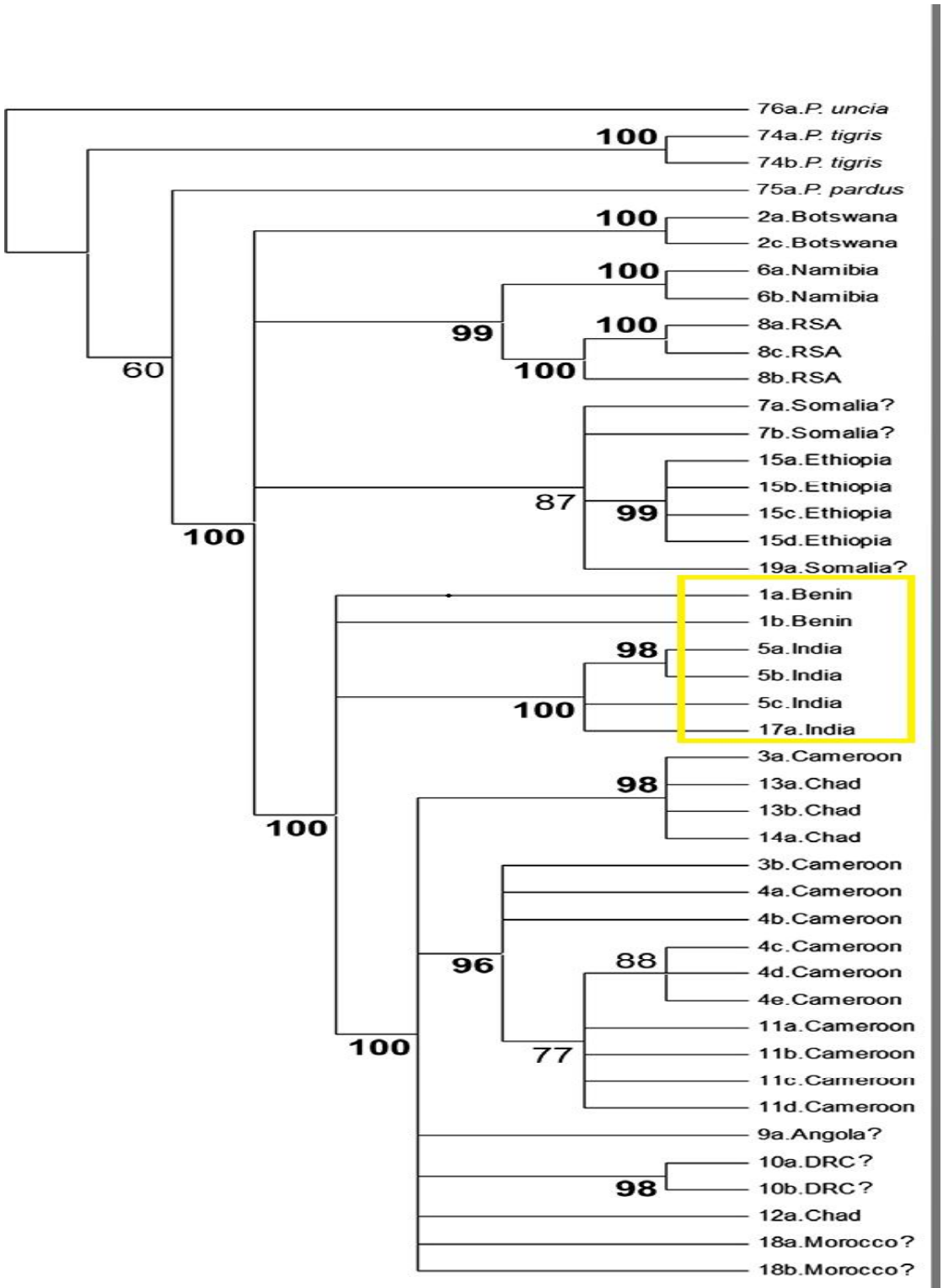
- Leone d'Angola (*P.l .bleyenberghi*) presente in Zimbabwe, Angola e Zaire.
- Leone Maasai (*P.l. massaicus*) presente in Africa Orientale, es. Kenya e Tanzania.
- Leone del Senegal (*P.l. senegalensis*) presente nell'Africa Occidentale, approssimativamente dal Senegal alla Nigeria.
- Leone Sudafricano o del Transvaal (*P.l .krugeri*), Sudafrica.
- Leone Asiatico (*P.l. persica*) presente esclusivamente nella Foresta di Gir (India nordoccidentale).

Specie estinte:

- Leone del Capo (*P.l. melanochaitus*, o *P.l. melanochaita)*, era presente dalla Provincia del Capo al Natal (Sudafrica), è noto anche come "leone dalla criniera nera" estinto nel 1850.
- Leone Berbero (*Panthera leo leo*) dall'Africa settentrionale. Si pensa si sia estinto allo stato selvatico intorno al 1920.

scheda 1: tassonomia del leone secondo Mc Donald, 1995

Dal 2011 la discussione sulla tassonomia dei leoni si è riaccesa grazie ad un lavoro di Bertola *et al* (2011a), in cui viene rimessa in discussione la divisione tassonomica tra leone africano e quello asiatico, in quanto questa non riflette appieno la diversità genetica complessiva all'interno della specie. In questo lavoro, dove sono stati studiati i DNA mitocondriali di 126 esemplari, provenienti da tutte le aree geografiche di presenza passata e presente del leone, vengono riclassificate le varie popolazioni, tanto da arrivare a definire molte di queste come vere e proprie sottospecie. In pratica vengono rivalutate molte delle sottospecie già descritte in tempi passati solo sulla base di caratteri fenotipici. Inoltre i leoni dell'Africa occidentale e centrale risultano più affini al leone asiatico che agli altri leoni africani (fig.2).


76a.P. uncia
100
74a.P. tigris
74b.P. tigris
75a.P. pardus
100
2a.Botswana
2c.Botswana
100
6a.Namibia
6b.Namibia
99
100
8a.RSA
8c.RSA
60
100
8b.RSA
7a.Somalia?
7b.Somalia?
15a.Ethiopia
15b.Ethiopia
87
99
15c.Ethiopia
15d.Ethiopia
100
19a.Somalia?
1a.Benin
1b.Benin
98
5a.India
5b.India
100
5c.India
17a.India
3a.Cameroon
98
13a.Chad
13b.Chad
100
14a.Chad
3b.Cameroon
4a.Cameroon
4b.Cameroon
96
88
4c.Cameroon
4d.Cameroon
4e.Cameroon
100
11a.Cameroon
77
11b.Cameroon
11c.Cameroon
11d.Cameroon
9a.Angola?
10a.DRC?
98
10b.DRC?
12a.Chad
18a.Morocco?
18b.Morocco?

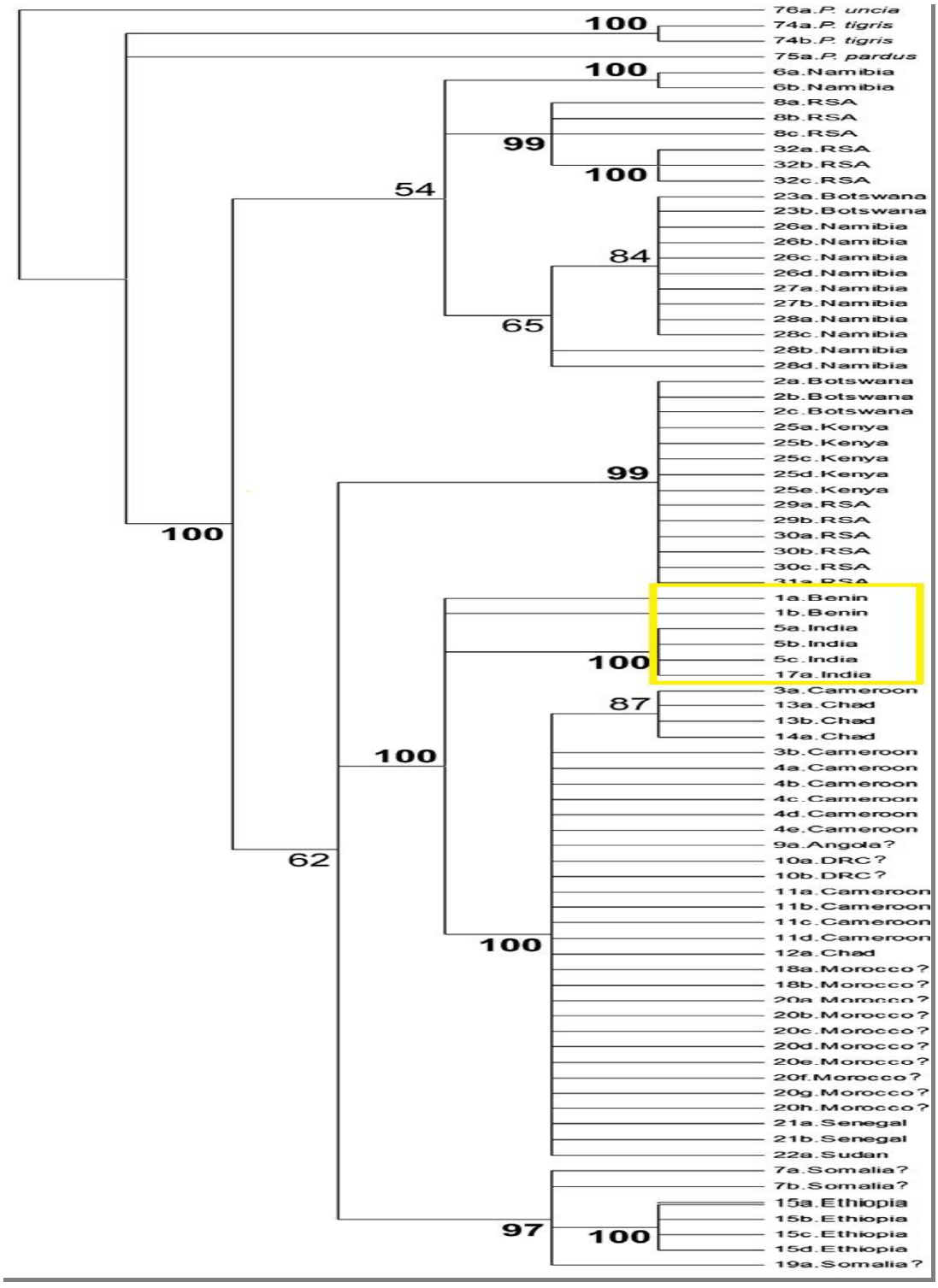


Fig. 2: albero filogenetico risultante dall'analisi Bayesiana di due set di sequenza di leone, in cui si nota l'affinità genetica della *Pahtera leo senegalensis*, in questo caso definita come leone del Benin, e la *Panthera leo persica*. In Bertola *et al.*, 2011

Dal punto di vista morfologico il leone occidentale differisce dal leone dell'Africa orientale e meridionale per le dimensioni lievemente minori, una criniera meno sviluppata (fig. 3), a volte quasi assente, ed alcune differenze craniometriche (Mazák, 2010).



Fig. 3: Leone occidentale maschio

Struttura sociale: pride

Il leone, oltre al gatto domestico (*Felis silvestris catus*), è l'unico felide sociale che vive in gruppi, chiamati, nel caso del leone, "pride" (Schaller, 1972) (fig. 4).



Fig.4: Pride di leoni

In Africa meridionale e orientale i pride sono composti solitamente da 4 a 37 esemplari (in media 15). Spesso il pride occupa lo stesso territorio per generazioni (Hanby *et al.*, 1995).
In generale i sui membri difendono collettivamente un territorio all'interno dell'home-range (Schaller, 1972).
Il pride è un'unità sociale fissa e la presenza di estranei è fortemente contrastata da individui appartenenti allo stesso sesso, mentre è più tollerata se di sesso opposto (Schaller, 1972; Packer *et al.*, 1988).
I soggetti appartenenti ad esso vengono detti residenti, quelli che hanno perso (maschi anziani), non hanno ancora formato (femmine giovani) o non hanno ancora guadagnato un gruppo (maschi giovani) sono detti nomadi (Schaller, 1972).
Il pride è composto da 2-18 femmine imparentate tra le quali non esiste alcuna gerarchia (solo in casi eccezionali le femmine del pride possono non essere direttamente imparentate; Owens & Owens, 1984), dai loro diretti discendenti, e da una coalizione di 1-9 maschi che controlla il pride per un certo periodo di tempo, ovvero finché non verrà sostituita da un altra coalizione (Packer & Pusey, 1983a). Le nascite all'interno di un pride tendono ad essere sincrone (Bertram, 1975) e i cuccioli nati a meno di un anno di distanza formano insieme la cosiddetta "coorte" (Hanby *et al.*, 1995). Il numero di individui dipende spesso dal tipo di ambiente dove il pride è presente, questo è dovuto alla grande plasticità adattativa della specie.
Ad eccezione di casi particolari di condizioni di inincrocio (come ad esempio nel cratere Ngorongoro: Packer *et al.*, 1991; Packer, 1992), i maschi che entrano in un pride provengono da altri, assicurando così un regolare ricambio genico all'interno dei pride (Hanby & Bygott, 1987). Raramente tutti i membri di un pride trascorrono la giornata insieme, ma spesso formano sottogruppi, la cui dimensione e composizione possono variare anche giornalmente;

alcuni sottogruppi possono non incontrarsi per anni pur essendo distribuiti in una zona piuttosto piccola.

Per la tendenza a dividersi e a riaggregarsi, l'unità sociale del pride è detta anche di "fissione-fusione" (Packer *et al.*, 1990).

La dimensione dei sottogruppi e del pride varia stagionalmente ed è direttamente proporzionale all'abbondanza delle prede (Schaller, 1972), mentre la dimensione del pride-range è inversamente proporzionale alla stessa (Heinsohn & Packer, 1995).

I leoni sono carnivori fortemente territoriali e denunciano la loro presenza sul territorio d'appartenenza ruggendo, graffiando le cortecce degli alberi e nel caso dei soli maschi marcando il territorio con urina (Schaller, 1972); l'unica eccezione alla territorialità nel corso della vita è rappresentata dai periodi di nomadismo, in cui gli individui vagano anche per centinaia di chilometri (Funston *et al.*, 2003).

Il territorio di un pride può sovrapporsi ampiamente con quello di pride contigui, sebbene i membri appartenenti a pride diversi rimangano il più delle volte ad alcuni chilometri di distanza (Hanby *et al.*, 1995). Una delle principali attività delle femmine è la difesa del territorio contro altre leonesse e maschi estranei, potenziali infanticidi (Heinson, 1997). Nel Parco Nazionale del Serengeti, in Tanzania, sono stati condotti studi, utilizzando il metodo del playback per trasmettere ruggiti di animali non appartenenti al pride in esame, per testare la tolleranza dei soggetti nei confronti di intrusi; è stato dimostrato che le femmine residenti si avvicinano in maniera aggressiva alla fonte di trasmissione dei vocalizzi per scacciarli, ma ciò avviene solo se sono certe di essere in numero superiore; tale superiorità numerica è verificata dalle stesse leonesse a distanza, poichè riconoscono il numero dei leoni che ruggisce e allo stesso modo riconoscono tali ruggiti come emessi da estranei (Mc Comb *et al.*, 1993 e 1994). Seguendo un simile protocollo di sperimentazione, Grinnel *et al*. (1995) hanno verificato il grado di cooperazione dei maschi di una coalizione nella difesa del territorio e delle femmine, simulando la presenza di maschi estranei sul territorio mediante playback: il test voleva valutare se la reazione dei maschi fosse differente in caso di parentela tra gli stessi. E' stato rilevato che questi si avvicinano sempre e con aggressività al luogo di trasmissione, eccetto il caso in cui un maschio solo doveva confrontarsi con almeno tre intrusi (simulati dai ruggiti). Tale risposta non sembra collegata al grado di parentela tra i maschi e alla reazione allo stimolo da parte degli altri membri della coalizione, ma alla necessità di ogni singolo membro di difendere la propria possibilità di riprodursi che sussiste solo nel breve lasso di tempo di dominanza sul gruppo di femmine del pride.

Caccia e comportamento alimentare

La caccia di gruppo può essere considerata come un'importante spinta evolutiva alla socialità in quanto presenta i seguenti vantaggi:

1) consente di catturare prede di grandi dimensioni, in modo da soddisfare tutti i membri del gruppo (Kruuk, 1972);

2) minimizza il rischio del singolo di rimanere senza fonte trofica (Clark, 1987)

3) consente di cacciare gruppi di prede altamente disperse (MacDonald, 1983);

4) massimizza l'apporto di cibo pro-capite (Caraco & Wolfe, 1975;

Packer & Ruttan, 1988).

I leoni cacciano spesso, ma non sempre, di notte (Schaller, 1972; Van Orsdol, 1982; Steer, 1992). Uno studio di Joubert (1994) riporta che nel Parco Nazionale Savuti (Botswana) il successo di caccia è maggiore durante le notti senza luna.

Questi felidi solitamente cacciano in gruppi, i cui membri si disperdono in una data zona per circondare il gruppo di potenziali prede: se queste avvistano uno dei predatori, possono iniziare a fuggire rischiando così di passare nel raggio d'azione di un altro leone, che può predarle (Bertram, 1979).

Le differenti caratteristiche delle prede possono generare nel leone una diversa propensione a cacciare in maniera cooperativa (fig. 5): se un gruppo di predatori si specializza su una preda grossa e difficile da catturare, un singolo individuo può avere l'opportunità, senza cooperare alla caccia, di rubare la preda ai compagni, come pure ad altre specie di predatori (Packer, 1986; Kruuk, 1972).



Fig. 5: Pride durante la caccia

Scheel & Packer (1991) hanno dimostrato che i membri di un pride hanno differenti funzioni durante la caccia. Sono state identificate tre diverse attitudini durante la caccia a differenti prede:

1) refraining: mancata partecipazione alla caccia; i membri del pride rimangono immobili o fanno stalking (vedi oltre) solo a breve distanza dalla preda.

2) conforming: attiva partecipazione alla caccia di gruppo, in cui i membri hanno tutti un comportamento analogo.

3) pursuing: attiva partecipazione alla caccia di gruppo, con compiti distinti per ogni membro del pride.

Da questo studio risultano evidenti due tendenze: i maschi si astengono di più e inseguono meno le prede rispetto alle femmine, infatti le leonesse hanno ruolo attivo nella caccia per l'85-90% (Schaller, 1972), e la minore partecipazione da parte dei maschi è maggiore nelle cacce in cui la preda sembra più facile da catturare (es. facocero piuttosto che zebra e bufalo). La dimensione e l'abbondanza delle prede hanno importanti conseguenze sul comportamento

degli animali che cacciano in gruppo. In relazione al comportamento di caccia del leone, Packer & Ruttan (1988) descrivono quattro diverse strategie:

leone "cooperator": caccia sempre in presenza di un compagno, e insieme si comportano da coppia se anche il compagno è un "cooperator", altrimenti il primo caccia da solo.

leone "cheater": caccia se è il primo ad individuare la preda, ma poi si ferma quando gli altri si uniscono alla caccia. In questo caso caccia quando è obbligato e tende a rubare la preda, o parte di essa, quando è possibile; inoltre non si aggrega al gruppo che sta già cacciando. Così, se il partner in una coppia è un altro "cheater" ognuno dei due caccia da solo per circa la metà delle volte; se il partner è un "cooperator", sarà lui a cacciare da solo sempre.

leone "scavenger": non caccia mai. Un cooperator caccia sempre da solo se è in compagnia di uno "scavenger"; un "cheater" caccia da solo il 50% delle volte in cui è con uno "scavenger".

leone "solitary": evita i conspecifici e caccia da solo.

Il numero di prede catturate per predatore e le relative taglie corporee di preda e predatore hanno importanti effetti sulla dinamica della caccia di gruppo; per grosse prede l'intero gruppo insegue lo stesso esemplare, con un'attività di caccia altamente coordinata; per altre prede di dimensioni medio-piccole, ogni membro del gruppo insegue un individuo (Packer & Ruttan, 1988).

La taglia della preda solitamente è direttamente proporzionale al numero di leoni partecipanti alla caccia (Kruuk & Turner, 1967).

Per quanto riguarda le prede preferite dai leoni esse sono, tendenzialmente, gli ungulati, anche se si cibano di tutto ciò che è più abbondante e facilmente disponibile (Nowell & Jackson, 1996).

Per tale motivo il leone può essere considerato un predatore opportunista, inoltre è un classico esempio di specie cleptoparassita dato che, anche grazie al pride ed alla stazza, sottrae frequentemente la preda ad altri carnivori (Kruuk, 1972; Schaller, 1972).

Nel P.N. Serengeti i leoni si cibano per lo più di gnu (*Connochaetes taurinus*), zebre e bufali; quelli del P.N. Kruger di gnu, impala (*Aepyceros melampus*), zebra, kudu (*Tragelaphus strepsiceros*) e antilopi d'acqua (*Kobus ellypsiprimnus)* oltre che di facoceri adulti e istrici (*Histrix africaeaustralis*); nel P.N.Manyara di bufali e zebre (Schaller,1972).

Nell'Africa australe e orientale, i leoni sono responsabili della cattura del 54% della biomassa delle prede della savana, con pressione particolarmente forte sulla popolazione di gnu (Mills & Biggs, 1993). Essi manifestano una certa predisposizione a cacciare individui giovani o vecchi, comunque inesperti o debilitati (Schaller, 1972).

Tra le prede rientrano anche i cuccioli (<2 anni) di rinoceronte nero (*Diceros bicornis*). Si tratta comunque di predazioni occasionali, poiché il rischio del predatore di venire ferito o addirittura ucciso da un rinoceronte adulto o subadulto è elevato (Brain *et al.*, 1999).

La tecnica di caccia del leone è molto specializzata, con una velocità massima di 60 km./h, che può essere mantenuta per un centinaio di metri. Prima dell'attacco, il leone tende ad avvicinarsi, in modo da permettere al predatore stesso di acquistare velocità prima che la preda si accorga della sua presenza. Per avvicinarsi alla preda questo felide applica lo "stalking", cioè un'avanzata lenta e acquattata che, grazie alla perfetta mimetizzazione nell'erba della savana, permette di sfruttare il fattore sorpresa (Estes, 1991).

Nel P.N. Serengeti i leoni sfruttano lo stalking per l'88% delle cacce e solo il 3% delle volte utilizzano la tecnica dell'imboscata (Schaller, 1972).

Raggiunta la preda, il leone deve finirla evitando di rimanere ferito. Prede della dimensione di un impala o di un antilope cervicapra (*Redunca* spp) vengono abbattute con un colpo all'anca, fatte inciampare o afferrate con entrambe le zampe anteriori, e quindi uccise con un morso alla gola; per animali di dimensioni maggiori, il leone, dopo essersi avvicinato lateralmente, cerca di afferrare la preda per il dorso o le spalle sia con le zampe che con la bocca, atterrandola facendo leva su tutto il suo peso (Estes, 1991). Una volta a terra, l'uccisione avviene per soffocamento, questo avviene o tramite occlusione del naso tramite le fauci del felide, o per strangolamento, con le mascelle del leone serrate sulla gola, il tutto senza mai lasciare la presa dalle spalle o dal dorso.

Una volta abbattuta la preda, questa viene divisa tra i vari componenti del pride. Ciò avviene con un modo non del tutto pacifico. Tale comportamento aggressivo, secondo Schaller (1972), dipende dall'assenza di una vera e propria gerarchia sociale nel pride.

Tendenzialmente i primi ad appetire alla preda ed a monopolizzarla sono i maschi adulti in quanto più violenti nel comportamento, pur se, nella maggioranza dei casi, come appena accennato, sono le femmine a catturare le prede. In linea di massima, i cuccioli sono gli ultimi, all'interno del gruppo a foraggiarsi, soprattutto quando le prede sono di piccola taglia (Packer & Pusey, 1983b). In periodi di abbondanza di cibo, sia i cuccioli sia i soggetti anziani o malati hanno buone possibilità di sopravvivere grazie agli avanzi degli altri membri del gruppo.

Come visto, la struttura sociale del leone è tale da garantire la sopravvivenza anche ai soggetti che non partecipano attivamente all'attività della caccia, fintanto che questi hanno la forza di assicurarsi una posizione spaziale intorno alla carcassa.

Cleptoparassitismo e competizione con altri predatori

L'utilità della socialità del leone non dipende soltanto dai vantaggi dovuti all'organizzazione per la caccia. Il pride diventa fondamentale anche per la protezione della preda da potenziali specie cleptoparassite (Cooper, 1991), come ad esempio la iena macchiata (*Crocuta crocuta*) che ha una dieta sovrapposta ampiamente a quella del leone (Kruuk & Turner, 1967; Kruuk 1972; Mills 1985). Il cleptoparassitismo della iena macchiata sul leone può arrivare ad influenzare l'optimum di dimensione del gruppo di caccia del leone. L'interferenza delle iene ha impatto differente sui leoni a seconda della composizione del pride: in assenza di maschi adulti nel gruppo, le iene possono scacciare leonesse e subadulti di un pride dalla loro preda se sono in numero quattro volte maggiore a quello dei leoni, la presenza di leoni maschi sulla carcassa rende il gruppo di felidi virtualmente immune dall'attacco delle iene (Bertam, 1979). Vi è comunque da evidenziare come gruppi numerosi di leonesse e subadulti sono in grado, in buona parte dei casi, di difendere le prede catturate dall'attacco delle iene (Cooper, 1991).
La parte di popolazione più colpita dal cleptoparassitismo delle iene è quella dei subadulti nomadi, che tipicamente vivono in piccoli gruppi, sono cacciatori meno esperti, e non hanno più un pride con grossi maschi adulti ad aiutarli nella difesa delle prede (fig. 6).



Fig. 6: leone maschio mentre scaccia una iena

E’ comunque possibile che gruppi di leonesse possono a loro volta scacciare le iene dalla preda che hanno appena ucciso (nel qual caso la perdita per la iena è del 100%) (Cooper, 1991).

A tale proposito, nella tabella 1 sono elencati i carnivori ai quali i leoni sottraggono la preda e il tipo di preda sottratta nel parco del Serengeti (Schaller, 1972).

	Gnu	Zebra	Gazella di Thompson	Bufalo	Altro	Totale
Seronera						
Iena	3	1	5	0	0	9
Licaone	0	0	1	0	1	2
Ghepardo	0	0	22	0	0	22
Leopardo	0	0	3	0	1	4
Sciacallo	0	0	3	0	0	3
Non noto	1	0	5	0	1	7
Piane						
Iena	0	8	1	0	2	51
Licaone	6	2	1	0	0	9
Ghepardo	0	0	2	0	0	2
Leopardo	1	0	3	0	0	4
Non noto	5	3	4	0	1	13
Boscaglia						
Iena	9	4	8	0	1	22
Licaone	0	0	2	0	1	3
Ghepardo	0	0	0	0	0	0
Leopardo	0	0	0	0	0	0
Non noto	2	2	0		0	5

Tab.1: casi di cleptoparassitismo del leone nel Parco del Serengeti. Modificato da Schaller, 1972

Per quanto riguarda il leone dell'Africa occidentale, si è notato che tendenzialmente vive in pride piccoli (tabella 2) e che preferisca prede tendenzialmente più piccole, rispetto quelle dei leoni dell'Africa orientale e australe (Bertola *et al*, 2011b).

Area	Nazione/regione	n. medio individui pride	fonte
Pendjari N.P.	Benin	2.06	Sogbohossou, 2011
Mole N.P.	Ghana	2,92	Angelici & Petrozzi, 2010
	Namibia	2	Leyhausen, 1988 in Kitchener, 1991
	Namibia	3,5	Leyhausen, 1988 in Kitchener, 1991
Kalahari area	Botswana	6	Leyhausen, 1988 in Kitchener, 1991
	DRC/Uganda	6,5	Leyhausen, 1988 in Kitchener, 1991
	Kenya →Transvaal	16	Leyhausen, 1988 in Kitchener, 1991
Gir Forest N.P.	India	5,5	Leyhausen, 1988 in Kitchener, 1991
	Rep. Centrafricana	6,25	Mésochina et al., 2010
Kruger N.P.	Sudafrica	12,92	Smuths, 1978
Niokolo Koba NP	Senegal	1,9	Bauer, 2003
Waza N.P.	Camerun	1,5	Bauer, 2003
Pendjari N.P.	Benin	2,30	Bauer, 2003
Ngorongoro C.A.	Tanzania	9,5	Sunquist & Sunquist, 2009; Kissui, 2008.
Serengeti N.P.	Tanzania	10,5	Packer et al., 1990
Serengeti N.P.	Tanzania	8,86	Schaller, 1972
Tsavo area	Kenya	8,4	Roland et al., 2002
Etosha N.P.	Namibia	6,6	Stander, 1990
	Mozambico	6,67	Chardonnet et al., 2009
Amboseli N.P.	Kenya	4	Van der Werf, 2008
Zakouma N.P.	Chad	2,75	Bauer et al., 2003
Tarangire N.P.	Tanzania	12,66	Telloli, 1999

Tab.2: Numero medio di individui componenti il pride in varie zone dell'areale del leone

Comunque, eccetto la grandezza del pride, di *Panthera leo senegalensis* poco si conosce sulle interazioni all'interno del pride e tra i pride, sulle abitudini comportamentali, sulle abitudini alimentari,il tipo di caccia, sulle interazioni con le altre specie di predatori e in generale sulla sua biologia e sul suo *status* (Celesia *et al.*, 2009).

Status del leone in Africa e in particolare in Africa occidentale

Il leone africano (*Panthera leo*) nel corso dello scorso secolo ha subito un forte decremento di popolazione a causa di molti fattori quali la perdita di habitat (sfruttamento dei territori a fini agricoli, distruzione dell'habitat a causa di guerre, estrazione di materie prime dal sottosuolo), e la persecuzione diretta (Angelici & Petrozzi 2010), sia come animale "nocivo" rispetto le attività antropiche, sia per l'utilizzo delle sue parti per rituali tribali (fig. 7).



Fig. 7: Feticcio usato per la medicina tradizionale con dente di leone e artiglio di leopardo

Studiando le stime della popolazione africana, dalla metà del secolo scorso ad oggi si nota una diminuzione drastica. Infatti se secondo Myers (1975) la popolazione storica dei leoni in tutta l'Africa si aggirava intorno alle 400.000, negli anni novanta Nowell & Jackson (1996) stimavano una popolazione che andava dai 30.000 ai 100.000 leoni. Lavori scientifici recenti propongono una popolazione ancora più esigua: Bauer & Van Der Merwe (2004) hanno stimato un totale di circa 23.000 individui in tutto il continente, mentre Chardonnet (2002) ha proposto una popolazione che si aggira intorno ai 39.000 leoni (tab. 3).

	Minimo		Massimo		Stima	
Area	Bauer & Van Der Merwe, 2004	Chardonnet, 2002	Bauer & Van Der Merwe, 2004	Chardonnet, 2002	Bauer & Van Der Merwe, 2004	Chardonnet, 2002
Africa occ.	450	968	1250	1358	850	1163
Africa centr.	500	2092	1550	3538	950	2815
Africa orient.	8000	11268	15000	18811	11000	15744
Africa merid.	7500	14526	12500	23425	10000	19651
totale	**16450**	**28854**	**30300**	**47132**	**22800**	**39373**

Tab. 3: distribuzione del leone in Africa suddivisa per macro aree, tratto da Bauer & Van Der Merwe, 2004; Chardonnet, 2002)

Infine studi commissionati dalla IUCN (2006) non si discostano molto da queste stime, stimando la popolazione dell'intero continente a circa 33,000 individui.

Per quanto riguarda l'areale storico, esso si estendeva in tutta l'Africa, ad eccezione del deserto del Sahara e delle foreste del Congo, quello attuale, altamente frammentato, è stimato intorno ai 3.000.000 km^2 (Chardonnet 2002; IUCN 2006) (fig. 8), in pratica meno di un quarto dell'areale storico.

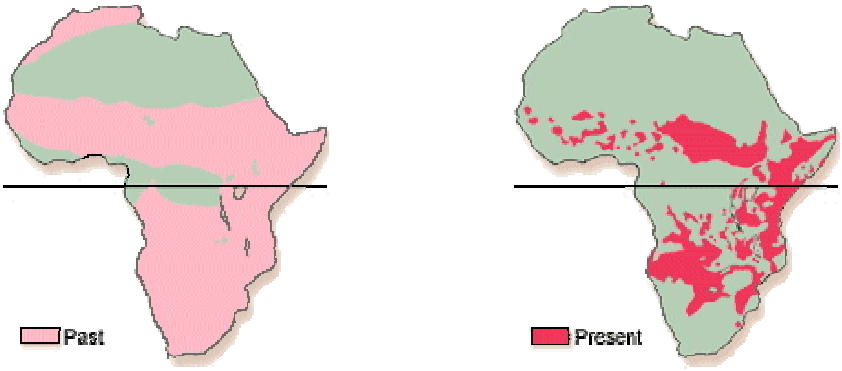


Fig. 8: Distribuzione del leone africano (figura tratta da African Lion working group)

In Africa settentrionale (Algeria, Tunisia, Libia e Marocco) il leone era presente con alcune popolazioni estinte tra la fine del XIX secolo e l'inizio del XX. Nelle montagne dell'Atlante è probabilmente sopravvissuto fino al 1940 circa (Nowell & Jackson, 1996).

Nell'Africa sub-sahariana la sua presenza era abbastanza continua in tutte le aree con habitat adatti alla specie, considerando anche la notevole adattabilità del leone.

Come detto, a partire dalla seconda metà del secolo scorso sono iniziati un progressivo declino numerico della specie a livello generale e una frammentazione sempre più consistente dell'areale, in modo particolare in Africa occidentale (fig. 9) dovuta maggiormente all'aumento della pressione antropica, con relativi problemi di competizione e persecuzione diretta, e alla perdita di habitat. Sempre secondo Chardonnet (2002) la popolazione di leone presente in tale area è pari al 2% della popolazione del continente, mentre secondo Bauer & Van Der Merwe (2004) essa è pari al 3.04%, quindi una quantità molto limitata.

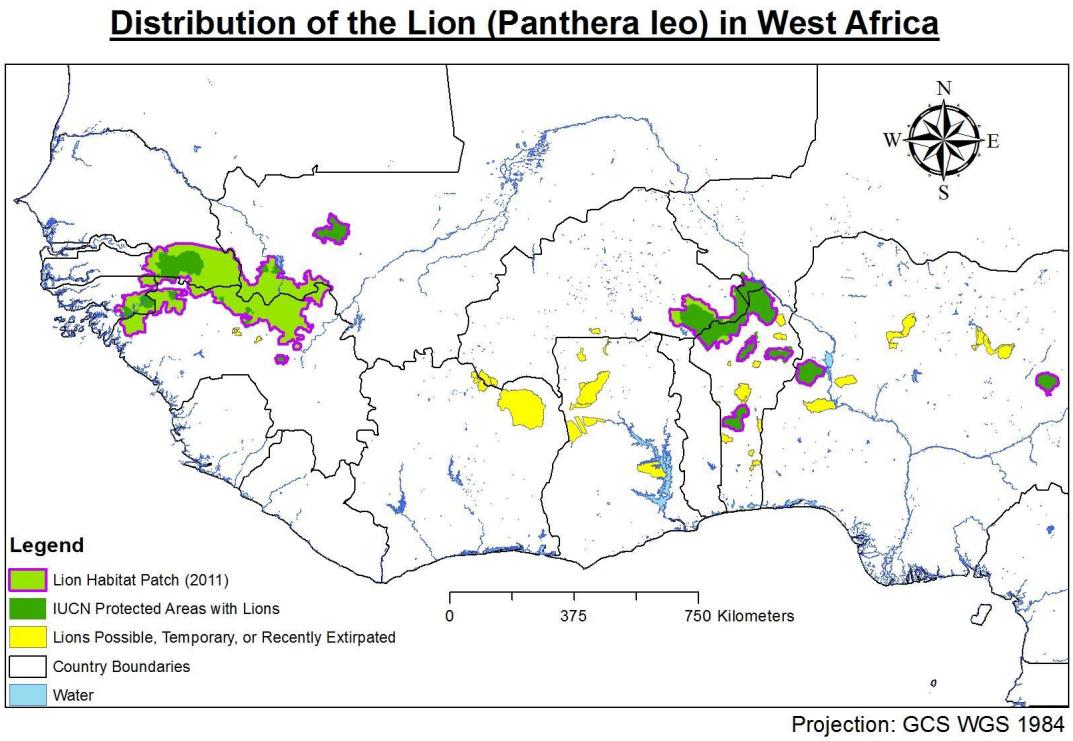


Fig. 9: Distribuzione attuale di leone occidentale (Riggio, 2011).

Oltre ai problemi inerenti il numero di individui, in questa regione dell'Africa esistono pochi nuclei di una certa rilevanza presenti all'interno di aree protette, spesso troppo distanti tra di loro (fig. 9). Tale distribuzione rende difficile il fenomeno di colonizzazione di nuove aree, il passaggio di individui da un nucleo all'altro e il relativo scambio genetico, infatti secondo Bjoerklund (2003) in questa regione i leoni potrebbero rischiare una forte erosione genetica ed andare incontro a inbreeding.

Status del leone in Ghana

Uno degli ultimi gruppi di leone occidentale è rappresentato dall'esiguo numero presente nel Mole National Park (12-28 individui) (Bauer & Van Der Merwe, 2004) (fig. 10), che risulterebbe essere la quasi totalità della popolazione di leoni del Ghana, che potrebbe, forse, comprende anche un ancor più piccolo nucleo (6-14 individui) (Bauer & Van Der Merwe, 2004) nella Gbele Resource Reserve.

Di questa popolazione, comunque, da molti anni non si hanno dati di presenza (Angelici & Petrozzi, 2010). Vi sono inoltre alcune notizie aneddotiche su individui solitari in altre aree del Paese, informazioni comunque da suffragare con dati più certi (Angelici & Petrozzi, 2010).

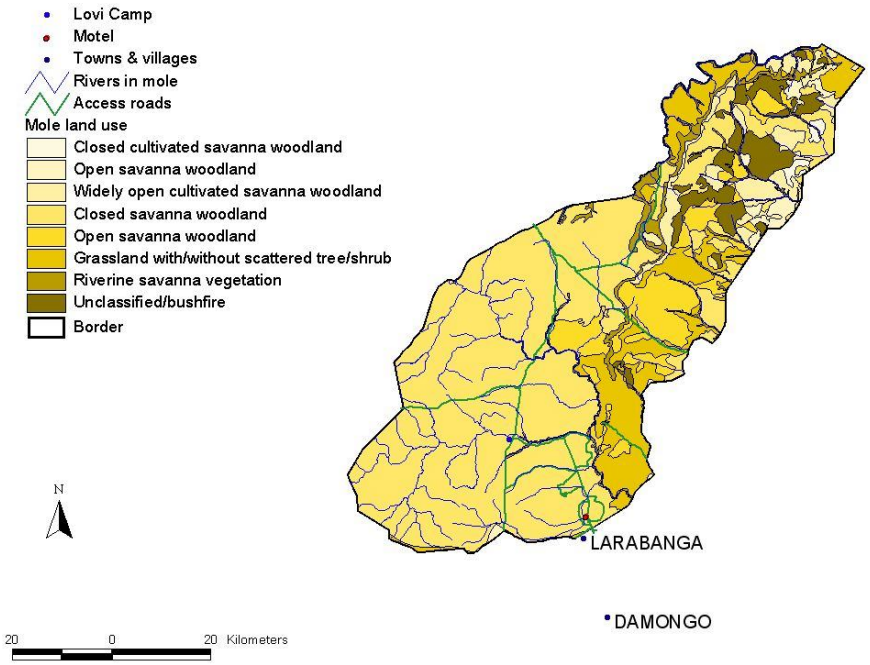


Fig.10: Mole National Park. da: Angelici & Petrozzi 2010

Risulta così estremamente importante il ruolo svolto dal Mole National Park, vasta area protetta (4.800 Km^2 circa), che può garantire l'oculata conservazione e gestione dei leoni, una volta identificati e monitorati, sia per la sua vicinanza con altre aree protette di nazioni limitrofe, sia considerando i nuovi risultati proposti da Bertola *et al*. (2011a).

Le osservazioni della specie in questo parco sono state molto sporadiche per una mancata applicazione, sinora, di un protocollo specifico, fino all'inizio della ricerca di dottorato, per la vastità del territorio e infine per il tipo di ambiente in cui essa vive.

L'importanza dello studio del leone in questo parco viene maggiormente evidenziata dalla controversia scientifica che in questi anni si è sviluppata circa la sua presenza. Infatti se da una parte Burton *et al*. (2010; 2011) affermano che la specie è assente e/o potenzialmente estinta, la ricerca eseguita da parte dell'Università della Tuscia e tutt'ora in essere (Angelici & Petrozzi, 2010; Angelici *et al*.,b) tende a ridimensionare questa tesi, pur se il leone è

probabilmente presente con un numero di individui molto basso. Queste tesi così discordanti possono essere spiegate dal fatto che i due filoni di ricerca, pur utilizzando tecniche simili, hanno utilizzato protocolli differenti. Infatti mentre Henskel (2010) e Burton *et al* (2010; 2011) hanno eseguito uno studio generico sulla presenza di carnivori all'interno del Mole, senza avere un riscontro di presenza, lo studio dell'Università della Tuscia, da cui ha preso spunto la presente ricerca di dottorato, si è basato esclusivamente sul leone, con l'accertamento della sua presenza, tramite il rilevamento di un' impronta e la registrazione di un breve filmato in cui si nota un giovane individuo maschio avanzare all'interno della foresta.

Vista la situazione generale della *Panthera leo* nel continente africano, in modo particolare dello *status* di conservazione del leone africano occidentale, e sulla base delle recenti scoperte di Bertola *et al* (2011a) diventa basilare un'azione globale e locale di conservazione della specie.

Per questo, finalità della presente ricerca è stata quella di costruire e validare un modello di idoneità ambientale per il leone all'interno del Mole National Park.

L'elaborazione di tale modello, non si basa sui dati bibliografici classici delle preferenze ambientali della specie (esiste una grande bibliografia sui leoni dell'Africa orientale o australe e sui relativi ambienti dove essi vivono), ma è stato elaborato studiando i record storici del parco ed interpolandoli con i tipi di habitat presenti nell'area, per poi costruire un nuovo modello ed esaminare dove la presenza del leone è maggiormente probabile. Ciò è stato fatto in visione anche del differente habitat in cui la specie vive nell'Africa occidentale, ed in modo particolare nel Mole National Park, la cui estensione è principalmente occupata da savana molto chiusa (savana occidentale o guineana) e circondata da foreste, un fattore altamente discriminante.

Area di studio

Il Mole National Park è la più grande e più importante area protetta del Ghana, ed è stata la prima ad essere istituita dallo stato ghanese, tra due zone geografiche - il 65% all'interno del bacino delle arenarie di Volta e il 35% all'interno di alte pianure della savana-. (GWD, 2005) Situato nella Northern Region (fig. 11), si estende per circa 4.600 Km^2 e rappresenta un esempio ben conservato di savana guineana (GWD, 2005).



Fig. 11: ubicazione geografica dell'area di studio

Al contrario della savana orientale ed australe, dove il paesaggio è formato principalmente da grandi estensioni di territorio con erbe dominanti e vegetazione arbustiva rada, quella guineana, o occidentale, vede questo variare da foreste a volta aperta (fig. 12), con una modesta presenza di erbe, a vere e proprie savane (fig. 13), nelle quali invece le erbe sono dominanti e gli alberi sono più radi.



Fig. 12: Foresta a volta aperta



Fig. 13: savana aperta

In generale, nel Mole National Park il tipo di ambiente predominante è quello della savana boscosa (fig. 14), con precipitazioni annue medie pari a circa 1100 mm (GWD, 2005).

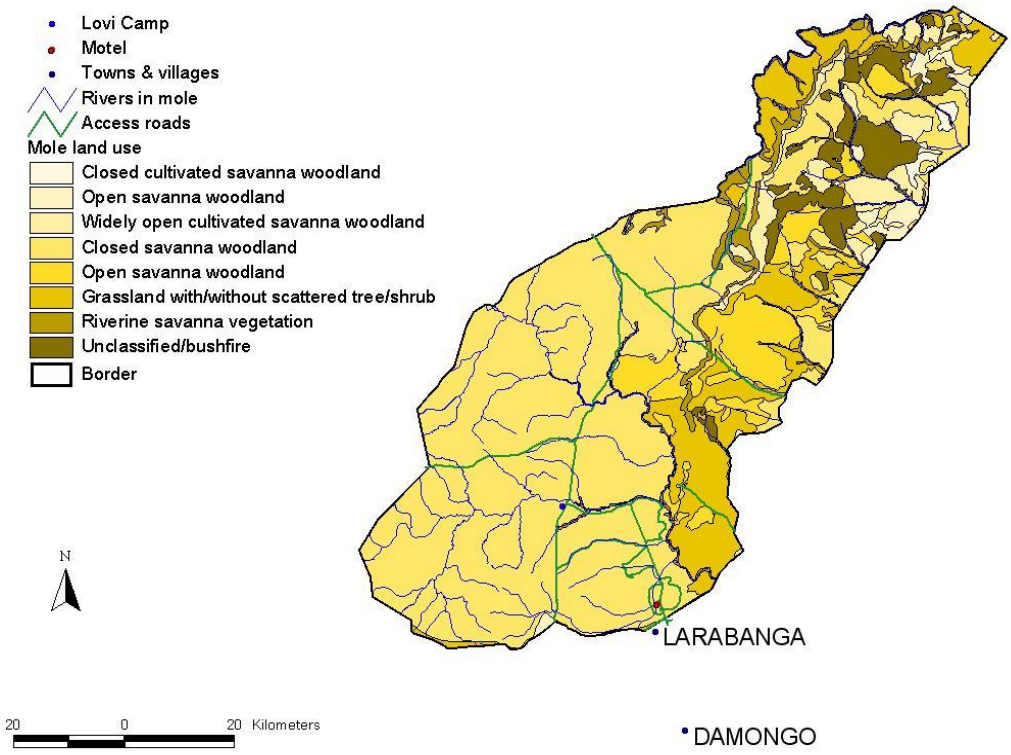


Fig 14: Corinne del Mole National Park

Tale tipologia di savana è tendenzialmente più umida di quella orientale ed è tra le zone di vegetazione principale del "Dahomey Gap" (White 1983; Loveland et al. 2000).

Nel Mole National Park il 90% delle precipitazioni atmosferiche si ha nel periodo che va da Aprile ad Ottobre (GWD, 2005), cioè nella stagione umida. Pur essendo il parco ricco di corsi d'acqua (fig. 15), la maggior parte di questi è a carattere stagionale e quindi l'acqua è un fattore limitante.

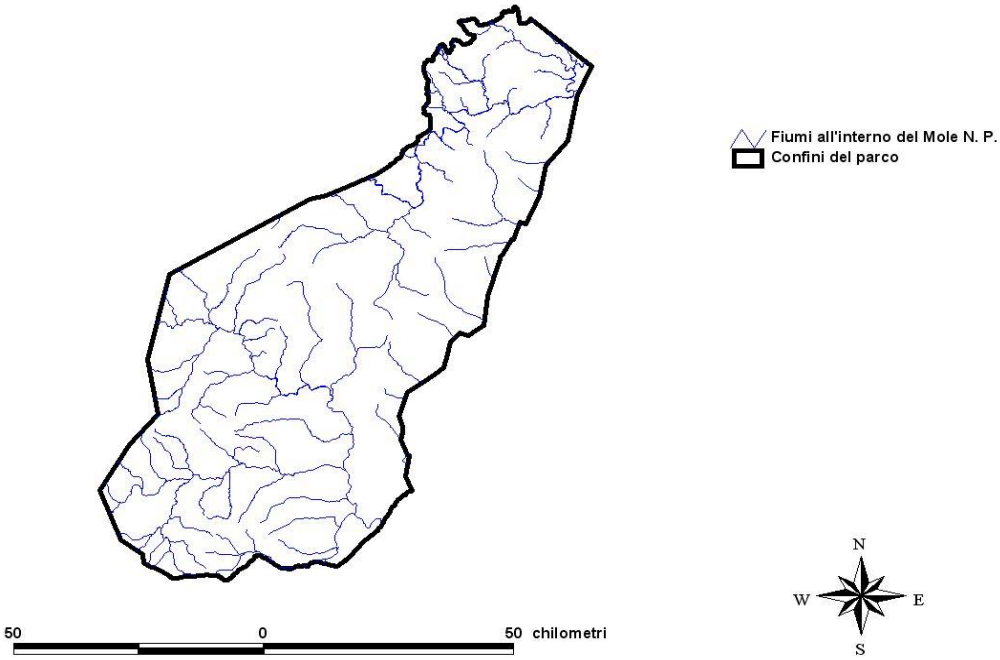


Fig. 15: bacino idrografico all'interno del Mole National Park

All’interno del Parco non vi sono villaggi o comunità, mentre circa 30.000 persone vivono in 29 villaggi situati nel raggio di 10 km dal confine del parco.

Il bracconaggio è diffuso sia all'interno che all'esterno del parco (Jackman, 2008, Angelici *et al*, submitted a) e resta un importante sfida per la gestione dei parchi, anche per la specie oggetto del presente studio. La caccia di frodo determina una scarsità di individui delle varie specie laddove essa è più sviluppata (in modo particolare nella zona nord del Parco).

L’orografia del terreno del Mole National Park è generalmente ondulata con un’altitudine media di circa 250 metri s.l.m. Il parco è parte del bacino idrografico del fiume Volta, e numerosi suoi affluenti vi si riversano o lo attraversano, gettandosi infine nel Volta Bianco.

Per quanto riguarda la vegetazione sono presenti circa 740 specie di piante vascolari, di cui 5 endemiche (Dubiure, 2011).

Per quanto riguarda la fauna, nel Mole National Park non è mai stato eseguito alcun tipo di studio o censimento di specie, poiché l'unico dato disponibile risulta essere la stima di 93 specie di mammiferi e circa 350 di uccelli (Dubiure, 2011), che rappresentano la più alta concentrazione faunistica conosciuta a tutt’oggi nel Ghana (fig. 16).



Fig.16: Falco giocoliere in volo

Tra le specie di mammiferi più importanti dal punto di vista biogeografico e conservazionistico vi sono l'elefante di savana (*Loxodonta africana*), il bufalo occidentale (*Syncerus caffer brachyceros*), l'antilope kob (*Kobus kob kob*) (fig. 17),



Fig. 17: Kob maschio

l'alcelafo occidentale (*Alcelaphus buselaphus major*), l'antilope roana (*Hippotragus equinus koba*) (fig. 18), l'antilope d'acqua di Defassa (*Kobus ellipsiprymnus defassa*) (fig. 19), l'oribi occidentale (*Ourebia ourebi quadriscopa*), il reedbook di Bohor (*Redunca redunca redunca*), il cefalofo dal dorso giallo (*Cephalophus silvicultor*) e tra i primati il colobo bianco e nero di Geoffroy (*Colobus vellerosus*).



Fig. 18: Antilope roana



Fig. 19: Giovani di antilope d'acqua di Defassa

La presenza di quest'ultima specie, tra le altre cose, risulta molto interessante, in quanto il parco del Mole si colloca al limite settentrionale (ed ecologico) dell'areale di distribuzione (Groves, 2005). Oltre il leone, da segnalare l'importante presenza di grandi predatori quali il leopardo (*Panthera pardus*) (fig. 20) e la iena macchiata (*Crocuta crocuta*), entrambe specie potenzialmente competitrici con il leone stesso, e il caracal (*Caracal caracal*).



Fig. 20: leopardo fotografato tramite foto trappola

Inoltre vi è una sparuta popolazione di ippopotamo (*Hippopotamus anphibius*), mentre è ben nutrita quella di facocero comune (*Phacocherus africanus africanus*) (fig. 21).



Fig. 21: Facocero adulto

Infine è da ricordare che esistono vecchie segnalazioni per il Mole e zone limitrofe anche in relazione alla presenza del licaone (*Lycaon pictus*) e del serval (*Leptailurus serval*). Queste ultime presenze, comunque, meritano conferma.

Per quanto riguarda la conservazione e la gestione del felide oggetto di questo studio, il Mole è molto importante in quanto relativamente vicino (80 Km) dalla Riserva Nazionale del Nazinga (Burkina Faso), dove sono ancora presenti i leoni, al Parco Nazionale del Comoè (Costa d'Avorio) (211 Km), dove la specie si è probabilmente estinta di recente (Henschel *et al*. 2010), oltre che alla Gbele Reserve, dove fino ad alcuni anni fa veniva segnalata la presenza del leone (Angelici & Petrozzi, 2010).

Materiali e metodi:

Per costruite il modello di idoneità è stata affrontata una serie di passaggi fondamentali per la sua realizzazione. Primo passo è stato quello di ricavare tutte le informazioni storiche utili del Mole National Park, grazie ai record registrati dallo staff del parco dal 1968 al 2009 (tab. 4) e forniti dalla Wildlife Division (Forestry Commission) del Ghana, immettendole all'interno di un software GIS, per geo-referenziarle.

Individuals Observed	Place	Year	Month
6	Lovi	1968	December
1	Chasia	1969	March
2	Chasia	1969	May
2	Gbanwele	1969	September
1	Gbanwele	1969	December
1	Jandara	1969	July
2	Lovi	1969	January
3	Lovi	1969	February
21	Lovi	1969	March
1	Lovi	1969	April
2	Lovi	1969	May
4	Lovi	1969	July
4	Lovi	1969	August
1	Lovi	1969	September
1	Lovi	1969	October
6	Lovi	1969	November
2	Chasia	1970	January
2	Gbanwele	1970	May
1	Jandara	1970	January
1	Kabampe	1970	March
4	Lovi	1970	January
4	Lovi	1970	February
3	Lovi	1970	March
2	Mognori	1970	December
3	Murugu	1970	January
4	Nyanga	1970	March
1	Nyanga	1970	April
5	Nyanga	1970	July
6	Sogsiamah	1970	March

5	Sogsiamah	1970	September
4	Gbanwele	1971	July
7	Gbanwele	1971	August
3	Kabampe	1971	August
3	Kwomwoghlugu	1971	February
4	Lovi	1971	January
4	Mognori	1971	April
9	Mognori	1971	March
1	Mognori	1971	November
2	Sogsiamah	1971	June
1	Sogsiamah	1971	July
4	Sogsiamah	1971	August
1	Bawena	1972	March
2	Chasia	1972	March
?	Gbanwele	1972	February
2	Jandara	1972	March
4	Jandara	1972	April
4	Jandara	1972	May
2	Jandara	1972	July
2	Jandara	1972	August
4	Jandara	1972	October
2	Kabampe	1972	April
3	Kananto	1972	June
2	Kuboma	1972	June
2	Mognori	1972	October
2	Nyanga	1972	August
1	Nyanga	1972	November
3	Palma	1972	December
2	Sogsiamah	1972	June
2	Sogsiamah	1972	August
2	Jandara	1973	January
3	Kabampe	1973	April
2	Kananto	1973	July
3	Mognori	1973	January
5	Murugu	1973	March
1	Nyanga	1973	February
3	Nyanga	1973	March
1	Palma	1973	February
3	Brugbani	1975	January

3	Brugbani	1975	February
1	Chasia	1975	July
6	Lovi	1975	February
2	Nyanga	1975	January
2	Nyanga	1975	February
2	Sogsiamah	1975	March
6	Ducie	1977	June
1	Sogsiamah	1977	May
1	Ducie	1978	?
5	Ducie	1978	January
2	Ducie	1978	February
4	Ducie	1978	March
4	Gbanwele	1978	September
5	Konkori	1978	February
2	Konkori	1978	May
4	Gbanwele	1979	February
1	Gbanwele	1979	March
1	Kananto	1979	July
4	Gbanwele	1988	April
2	Nyanga	1988	December
1	Nyanga	1989	June
3	Palma	1989	April
2	Gbanwele	1990	July
2	Mognori	1991	February
5	Mognori	1991	April
3	Palma	1991	March
1	Palma	1991	April
1	Mognori	1993	January
1	Jang	1995	April
5	Nyanga	1995	May
1	Nyanga	1998	March
2	Lovi	2009	May

Tab. 4: dati storici della presenza del Leone nel Mole National Park

Inoltre, per meglio conoscere lo *status* passato ed attuale della specie, sono state somministrate alcune interviste standardizzate alla popolazione che vive all'interno (staff del parco e famiglie relative) nelle aree limitrofe al parco (fig. 22).

Il protocollo prevedeva 5 categorie di persone, cioè:

(a) Ranger del parco (n= 16);

(b) Altri impiegati e collaboratori del parco (n= 12);

(c) Persone residenti all'interno del parco (famiglie dello staff) (n= 8);

(d) Capi villaggio (chief) limitrofi al parco (n= 9);

(e) Popolazione residente intorno al parco (n= 57).

Le domande poste agli intervistati erano le seguenti e relative al periodo 2000-2011:

1) Hai mai visto i leoni?

2) Hai mai sentito ruggiti?

3) Hai mai rilevato tracce della presenza di leone (carcasse, impronte, escrementi, etc.)?

4) Hai mai sentito parlare di attacchi del leone su armenti o su uomini?

5) Sai dell'esistenza di resti di leone (pelli, crani, ossa, denti, trofei, etc.) provenienti da questa area?

6) Gli eventuali avvistamenti in che tipo di ambiente sono avvenuti (a = lungo le strade o sentieri; b = nelle vicinanze di pozze o fiumi; c = nei pressi dei centri abitati; d = savana forestata; e = savana aperta)?



Fig. 22: incontro con alcuni abitanti dei villaggi limitrofi al parco

Infine sono state effettuate ricognizioni, in autovettura e a piedi all'interno del parco, in modo particolare nelle aree dove erano stati avvistati i leoni negli anni precedenti, alla ricerca di un contatto diretto o indiretto (impronta, escremento, ruggito e graffi sulle cortecce degli alberi).
Dopo queste fasi preliminari, la costruzione del modello di idoneità ambientale ha visto una serie di passaggi, primo dei quali una regressione logistica, che ha permesso di analizzare sei caratteristiche ambientali, correlandole ai vecchi record di presenza, utilizzando i dati raccolti dai guardaparco (tab. 4). Ogni dato si riferisce ad una osservazione di uno o più individui di leone, includendo le coordinate geografiche della località di riferimento. Tali record sono stati immessi in un software DIVA GIS, da ogni record di leone (n=100) (fig. 23) è stato estratto un buffer circolare di raggio pari a 100 metri; all'interno di questo buffer sono state analizzate diverse variabili indipendenti, quali (i) la distanza lineare dalle strade o da sentieri più vicini (DCR); (ii) la pluviometria (mm/anno) (RFL); (iii) la distanza lineare dalle pozze e dai corpi d'acqua più vicini (DWB); (iv) la distanza lineare dalle potenziali prede più vicine (antilope d'acqua di Defassa, antilope roana, antilope kob, bufalo di foresta e alcefalo) (DPR); (v) uso del suolo (LNU); ed (vi) elevazione sul livello del mare (ELE).

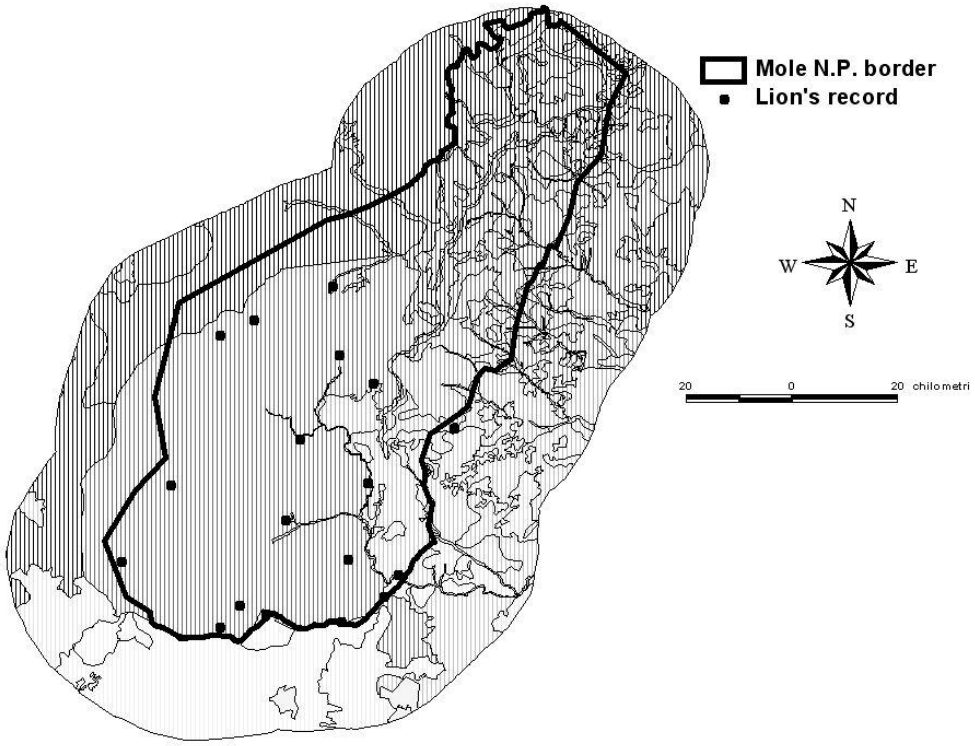


Fig. 23: Record di leone nel Mole National Park

Inoltre sono state immesse le stesse variabili indipendenti in altri 100 punti presi random (con relativo buffer circolare di 100 metri) all'interno del MNP. La presenza/assenza è stata immessa in un modello di regressione logistica (Hosmer & Lemeshow, 1989), usando un modello di backward stepwise (Luiselli, 2006) e la funzione di crescita di Von Bertalannfy (Von Bertalannfy 1934, 1938, 1951, 1964). In questi modelli la presenza/assenza del leone era la variabile dipendente, mentre le altre informazioni erano utilizzate come covariabili.

Queste tecniche sono potenti strumenti di analisi in grado di analizzare gli effetti di una o più variabili indipendenti, discrete e continue, oltre ad una variabile dicotomica dipendente (Hosmer & Lemeshow, 1989; Teixeira *et al*., 2001). Inoltre, i modelli di regressione logistica si basano su un minor numero di ipotesi statistiche rispetto ad altri modelli affini e generalmente producono risultati consistenti (e.g. Teixeira *et al*., 2001). L'indipendenza è stata valutata quando $r^2 < 0.58$ (Hosmer & Lemeshow, 1989; Arntzen & Alexandrino, 2004).

Per determinare in quale delle due analisi (regressione logistica backward stepwise logistic regressions o la funzione di crescita di Von Bertalannfy) era meglio descritta la probabilità di presenza del leone in relazione alle covariate precedentemente enunciate è stato utilizzato un modello di selezione basato sull'Akaike Information Criterion (AIC) (Burnham & Anderson, 2002) secondo la formula:

AIC = −2 log probabilità + 2K; dove n rappresenta la dimensione effettiva del campione, e K è il numero di parametri (= numero di variabili + 1, per includere l'intercetta) (Sugiura, 1978). La performance relativa ai modelli alternativi è stata misurata utilizzando il delta AIC:

ΔAIC = AICi – min AIC, dove AICI è il valore di AIC per il modello i, e min AIC è il valore AIC del miglior modello di misura. La differenza tra i punteggi AIC dei vari modelli (ΔAIC) fornisce una misura della relativa affidabilità dei vari modelli. Il vantaggio di questo approccio è che permette di classificare i vari modelli concorrenti in base alla loro probabilità relativa, e non si basa su alcun valore di soglia (alfa-livello) (Vapnik, 2000). L'AIC penalizza l'aggiunta di parametri, e sceglie quindi un modello con un numero minimo di parametri secondo il principio di semplicità e parsimonia (Akaike 1973), quindi sono stati selezionati i modelli con il più basso ΔAIC.

Dai risultati di questi modelli si è quindi proceduto tramite un software ArcMap v. 9.0, al fine di creare un modello predittivo di idoneità ambientale della specie, cioè per mappare le aree con differenti probabilità di "incontrare" il leone nel Parco. Le variabili selezionate come significative per la presenza leone nel modello predittivo sono state calcolate per l'intero territorio del MNP con un approccio spazialmente esplicito. Pertanto utilizzando la funzione "Model building" presente nello Spatial analysis di ArcMap, è stato creato un comando che combinava automaticamente i differenti layers e creava un raster contenente tutti i valori predittivi per la probabilità di presenza della specie. Come da modelli canonici la mappa è stata costruita tenendo presente 3 intervalli di probabile presenza: bassa idoneità ambientale (con valori tra 0 e 0.33); media idoneità ambientali (da 0.34 a 0.66); e alta idoneità ambientale (da 0.67 a 1).

Una volta creato il modello di idoneità si è proceduto alla validazione di questo tramite due metodologie: l'utilizzo di foto trappola (modello Multipir 12) (fig. 24, 25, 26).

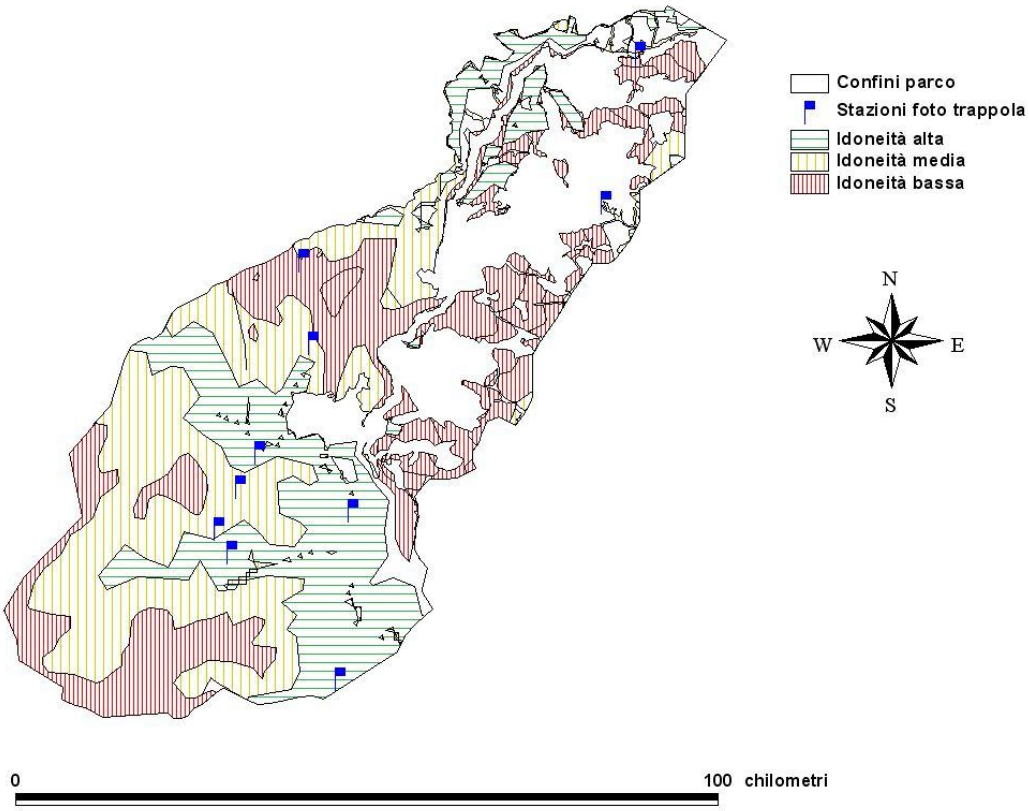


Fig. 24: stazioni delle foto trappola nelle differenti aree di idoneità



Fig. 25: foto trappola utilizzata per le operazioni di campo



Fig. 26: Applicazione della foto trappola

e l’esecuzione di transetti sia a piedi (fig. 27), che su autovettura 4x4 per osservazioni e record varii diretti e/o indiretti, come tracce di leone (fig. 28), o ruggiti.



Fig. 27: Escursione durante un transetto nella foresta



Fig. 28: impronta di leone

In entrambi i casi sono state analizzate aree rientranti in tute le tipologie.

L'utilizzo delle fototrappole è ottimale qualora si lavori con animali criptici e in modo particolare con carnivori (Balme *et al.*, 2009; Pettorelli *et al.*, 2010). Soprattutto il modello di fototrappola utilizzato per questa ricerca è ottimale in quanto permette di scattare fotografie (fig. 29) o girare piccoli filmati, di essere attivo 24 ore su 24, e durante le ore di buio entra in funzione con fotografie agli infrarossi, risultando quindi del tutto invisibile alla fauna e conseguentemente non arrecando nessun disturbo (fig. 30).



Fig. 29: cercopiteco grigio fotografato tramite foto-trappola



Fig. 30: foto infrarossi di bufalo

Sono state posizionate 18 fototrappola in differenti aree del parco, sia a livello territoriale, sia a livello di potenziale idoneità ambientale, pur se le prede e la presenza d'acqua sono più abbondanti nella parte sud-orientale del parco (Bouché, 2006; GWD, 2005), per un totale di 3600 giorni/trappola e di 23 postazioni, spostando 5 fototrappola.

I luoghi dove sono state ubicate sono principalmente aree nei pressi di pozze, fiumi o zone di abbeverata, approfittando del fatto che soprattutto durante la stagione secca gli animali tendono a concentrarsi in tali aree (Redfern *et al* 2003; Valeix *et al*, 2009).

Per quanto riguarda i transetti, sia in autoveicolo che a piedi, sono stati effettuati circa 900 Km. Per i transetti effettuati tramite autoveicolo si è proceduto con una velocità media di 20 km orari con 5 osservatori. I transetti effettuati a piedi avevano una lunghezza che variava dai 2 ai 4 Km (Fashing & Cords, 2000; Silveiraa *et al*, 2003).

Risultati

In totale, gli avvistamenti storici di leone (n= 291) registrati, per oltre il 70% sono stati ottenuti nella zona sud del parco (fig. 23).

Di tutte le variabili prese in considerazione (vedi capitolo "Materiale e metodi"), la DCR (fig. 31) e la DPR (fig. 32) non influenzano significativamente la probabilità di presenza del felide secondo i modelli backward stepwise e Von Bertalannfy.

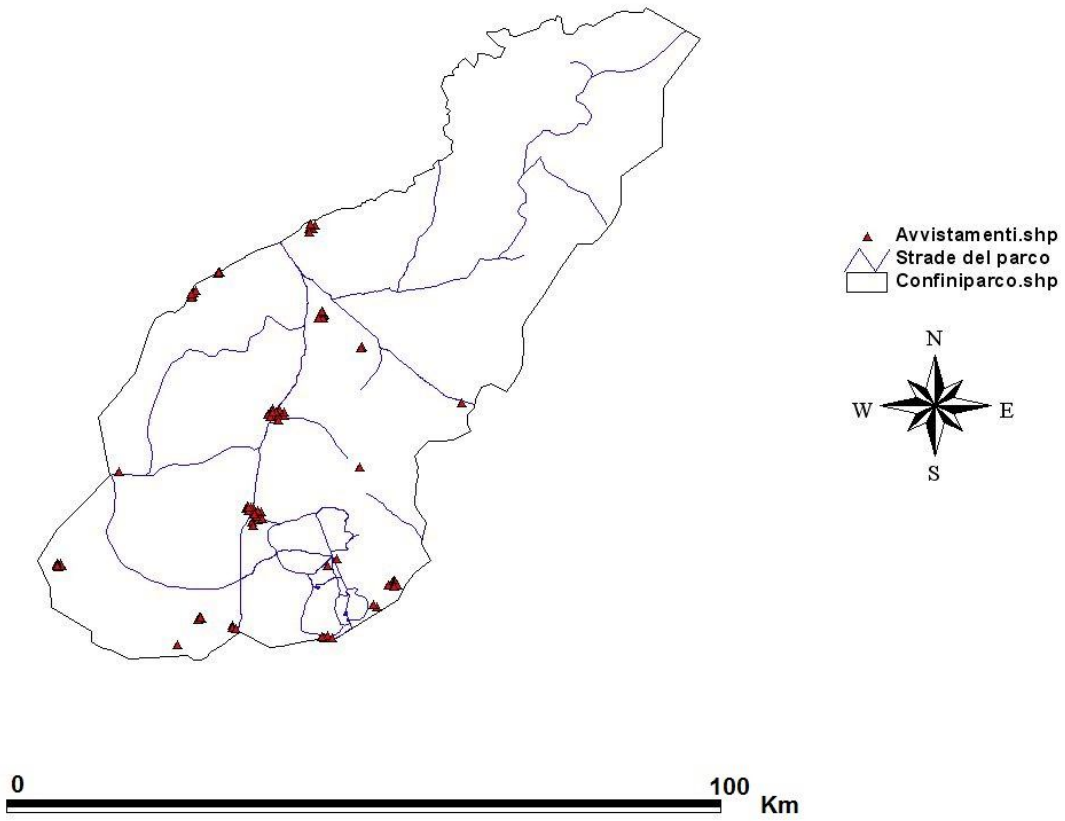


Fig. 31: distribuzione dei dati storici di leone e presenza di strade nel Mole National Park

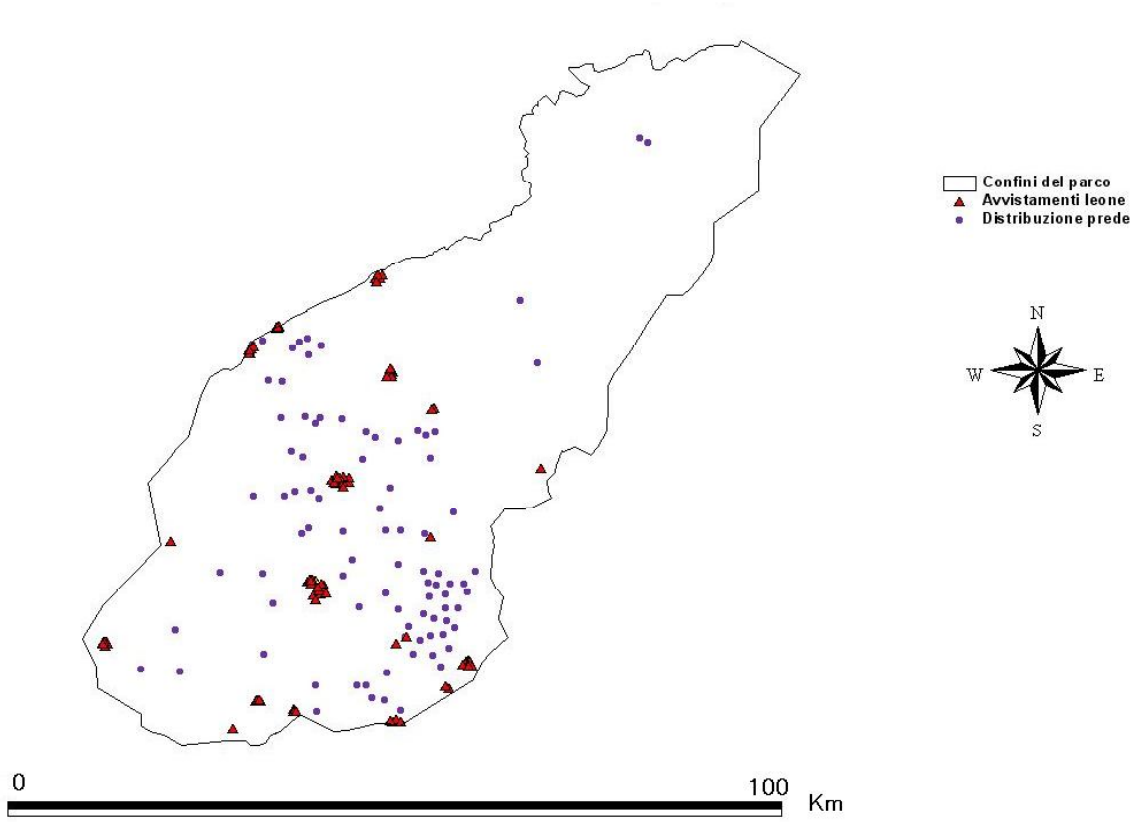


Fig.32: distribuzione dei dati storici di presenza del leone e delle prede

Al contrario, la presenza del leone è influenzata fortemente in modo positivo da RFL ($P<0.001$; fig. 33 e 34). In questo caso i risultati delle applicazioni dei modelli backward stepwise (AIC = 48.663) e Von Bertalannfy (AIC = 44.714) (ΔAIC = 3.949) sono comparabili.

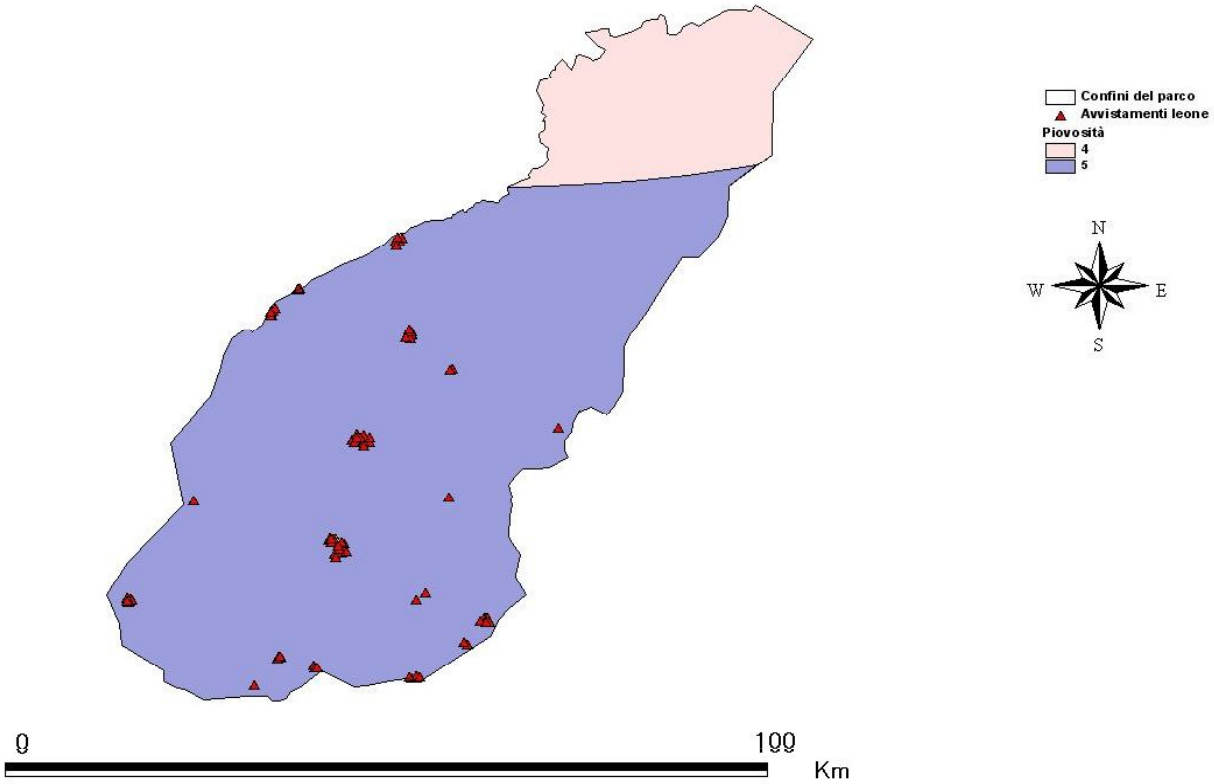


Fig. 33: distribuzione dei record storici di leone e dati pluviometrici

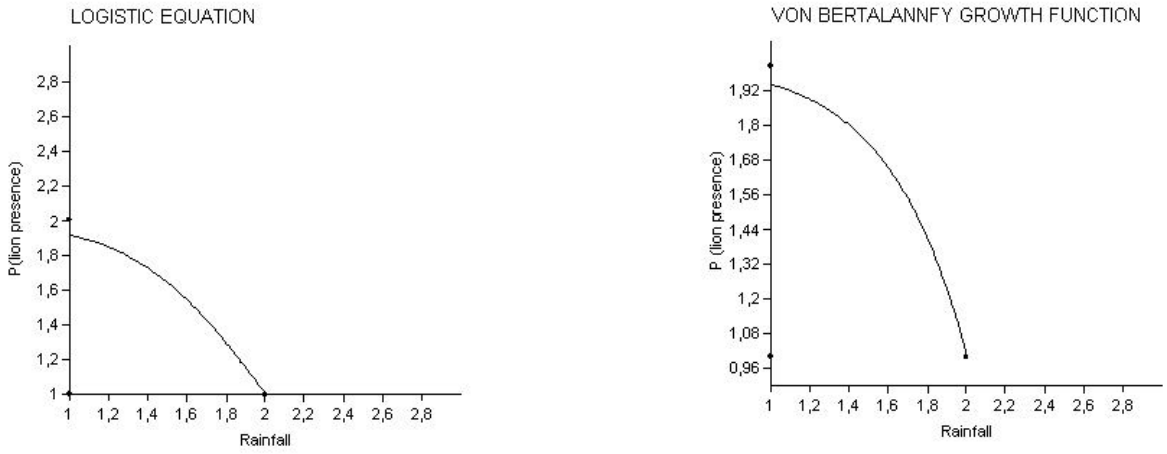


Fig. 34: risultati delle regressioni logistiche rispetto la RLF

Inoltre la variabile DWB (fig. 35) influenza positivamente la probabilità della presenza del leone (P<0.045), con un risutato in entrambi i modelli quasi simile (rispettivamente modelli backward stepwise AIC = 77.114; Von Bertalannfy AIC= 77.361; ΔAIC = 0.247, fig. 36).

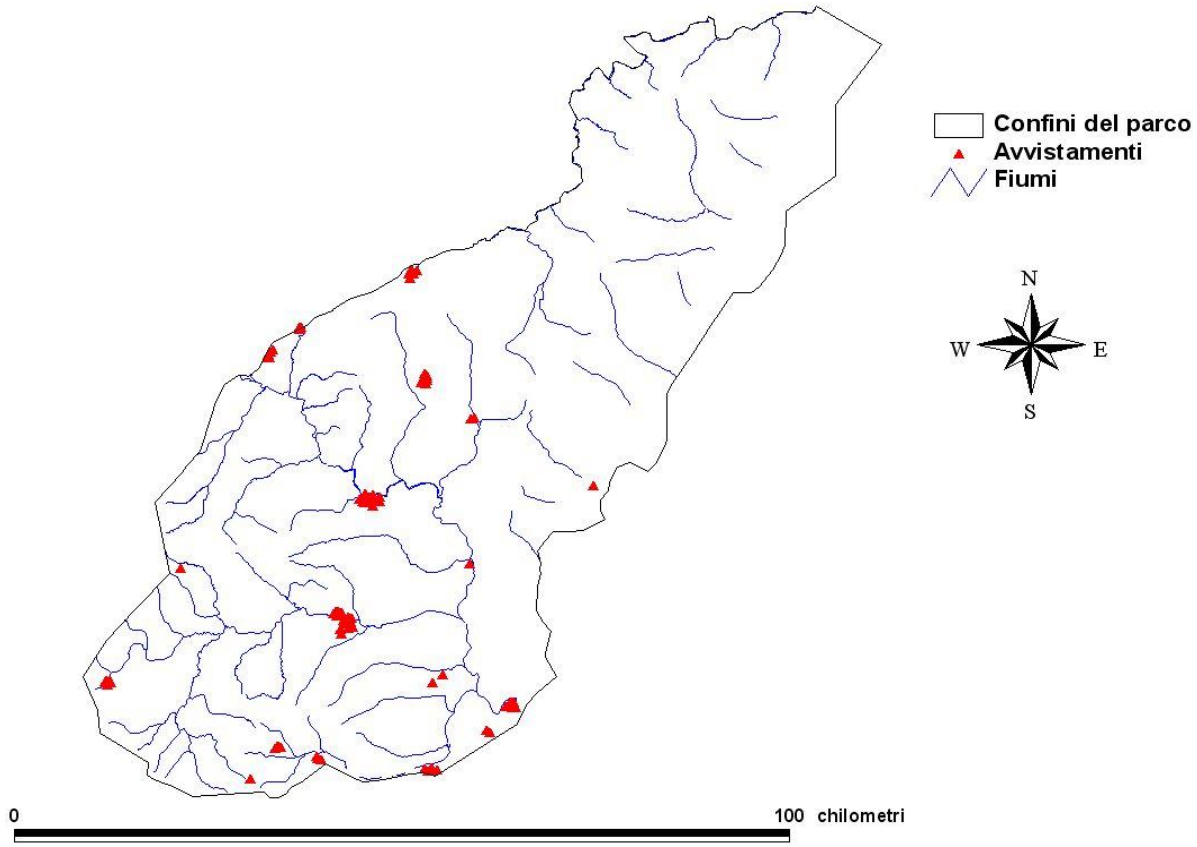


Fig. 35: fiumi all'interno del Mole National Park

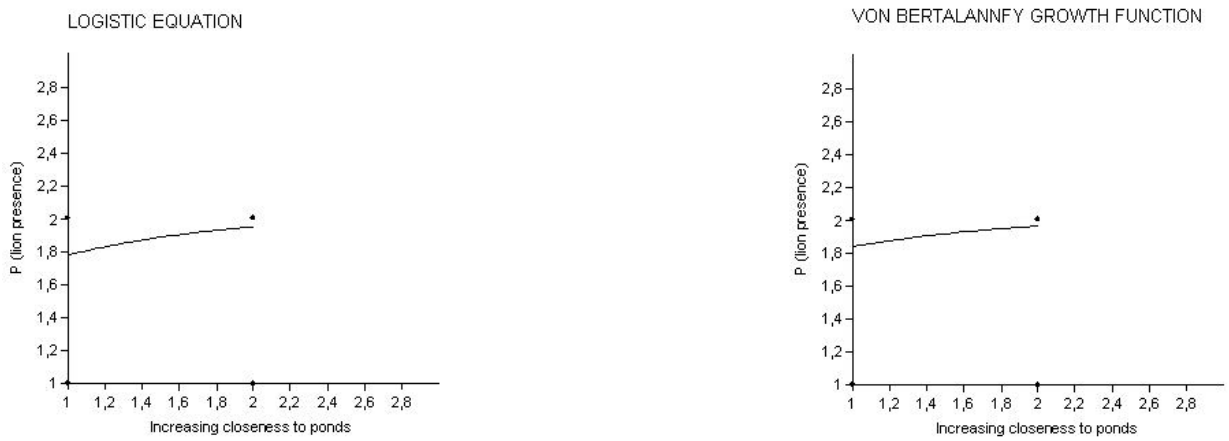


Fig. 36: risultati delle regressioni logistiche rispetto la DWBG

La probabilità di presenza del felide è influenzata positivamente da LNU ($P < 0.033$; fig. 37), (rispettivamente backward stepwise AIC = 75.006; Von Bertalannfy AIC= 75.117; $\Delta AIC = 0.111$; fig. 38).

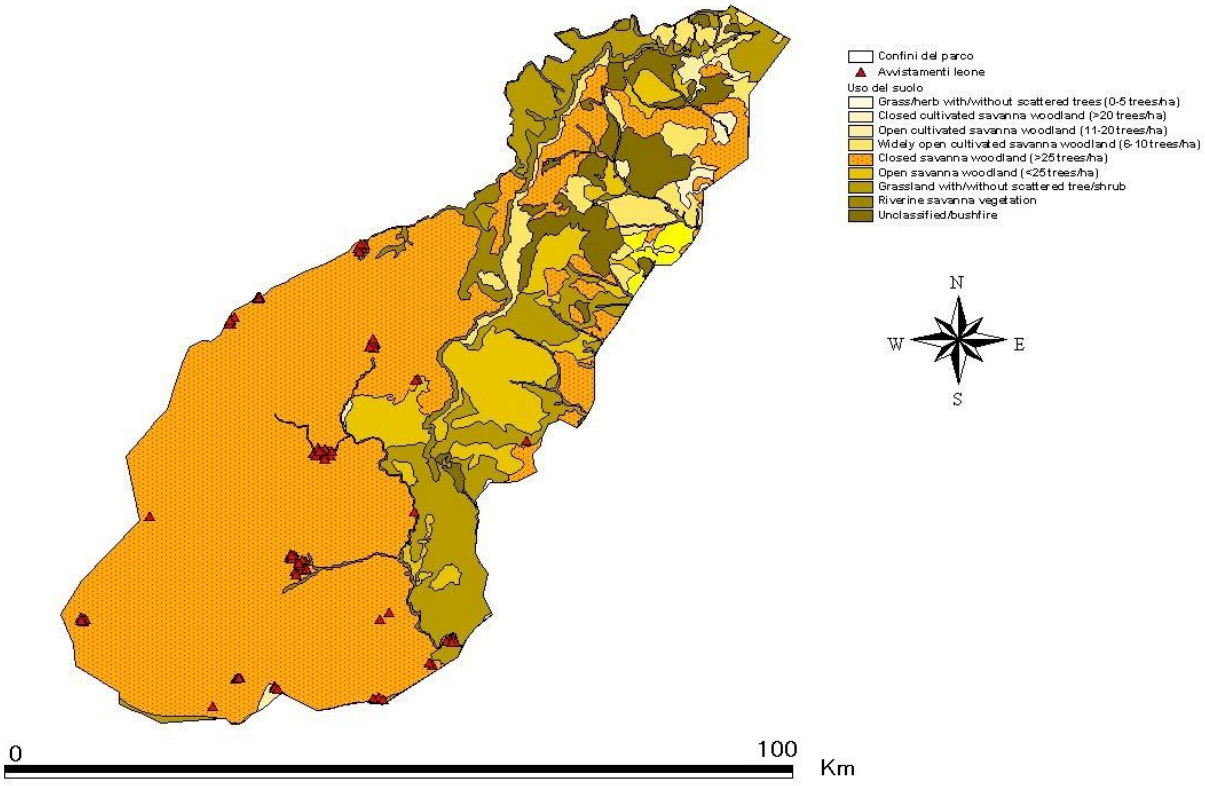


Fig. 37: distribuzione dei record storici del leone e uso del suolo

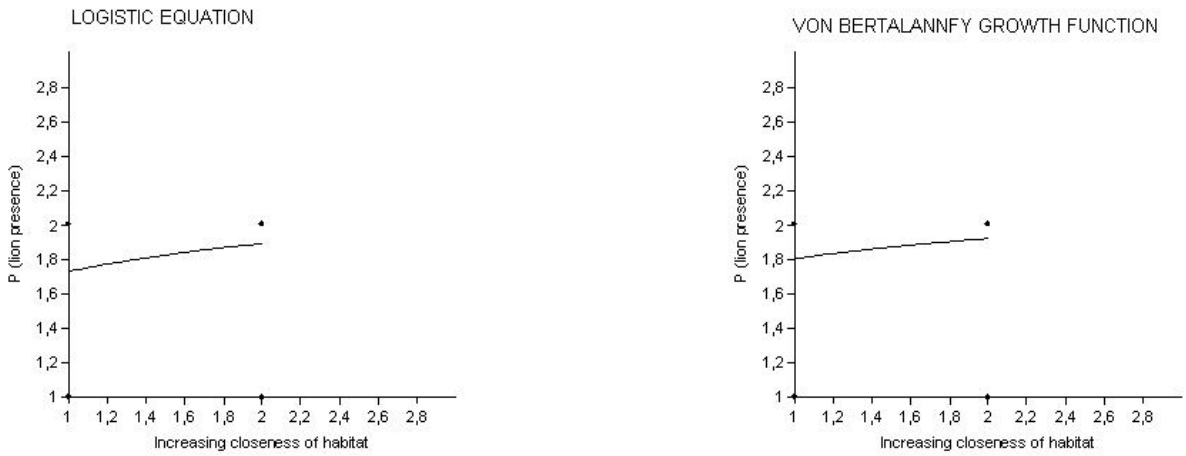


Fig. 38: risultati delle regressioni logistiche rispetto la LNU

Al contrario, la probabilità della presenza del leone diminuisce con l'aumentare dell'ELE (fig. 39) ($P<0,001$) (backward stepwise AIC = 48,991; Von Bertalanffy AIC = 44,984; ΔAIC = 4,007) (fig 40).

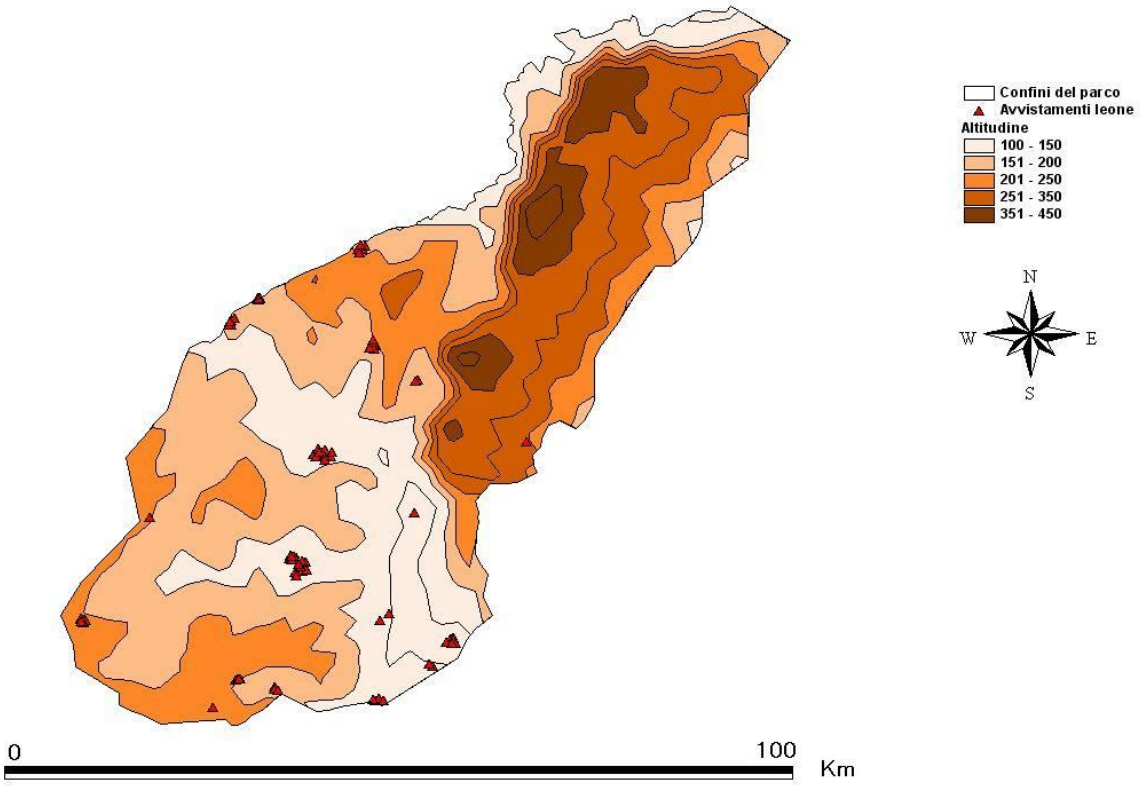


Fig. 39: distribuzione dei record storici del leone e classi di altitudini del territorio del parco

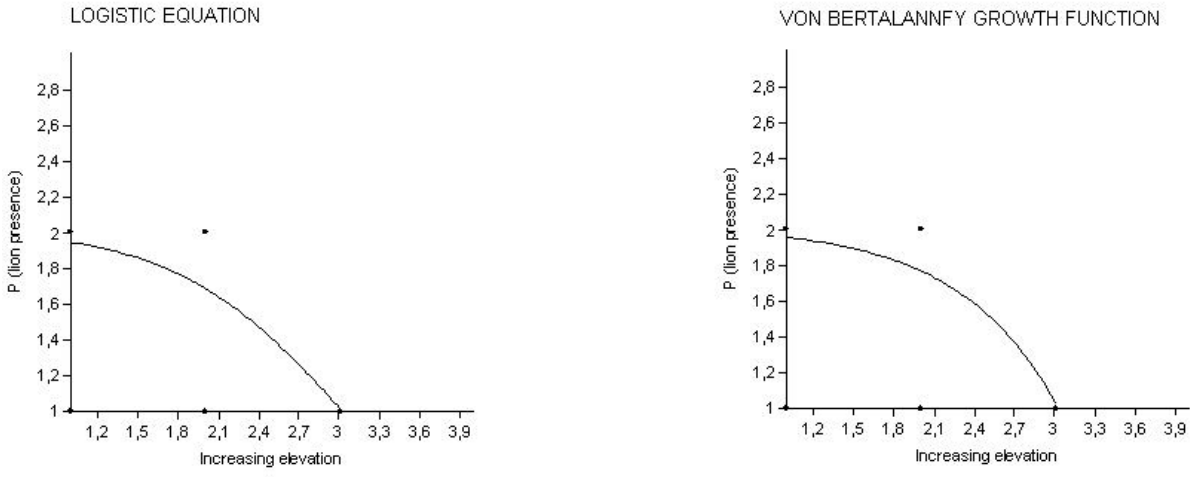


Fig. 40: risultati delle regressioni logistiche rispetto l'ELE

Inoltre dallo studio delle osservazioni storiche, attraverso i vari mesi dell'anno, risulta che il mese in cui si sono avuti più avvistamenti è Marzo (χ^2 = 88,9, df =1; P<0.0001), seguito da Febbraio (χ^2 = 8,3, df = 1, P<0.01). Sempre secondo questo studio, i mesi invece in cui le osservazioni di leone sono minori risultano essere Ottobre (χ^2 = 18,3, df = 1, P<0.001) e Novembre (χ^2 = 10,6, df = 1, P<0.001) (fig. 41).

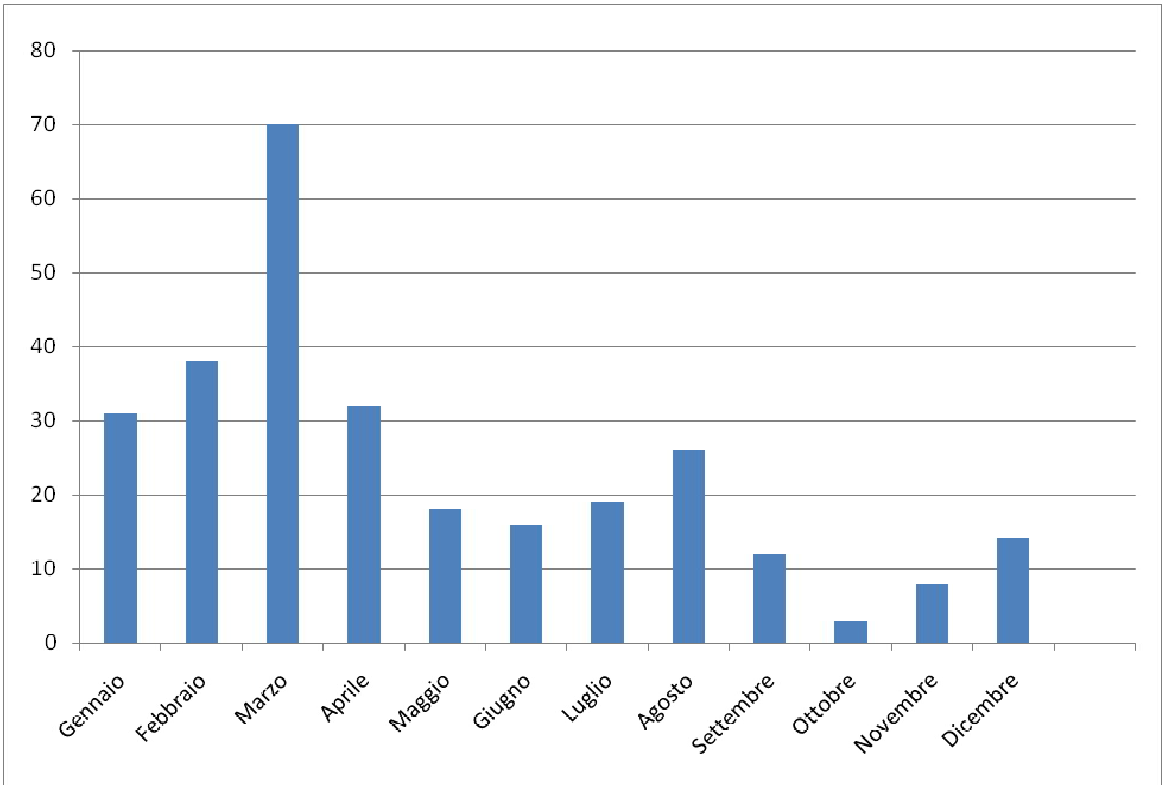


Fig. 41: distribuzione delle osservazione di leone rispetto i mesi

Per quanto riguarda il modello di idoneità ambientale ottenuto tramite software GIS, utilizza le variabili che influenzano positivamente la presenza del leone nel modello statistico. Il modello utilizza tre classi di idoneità ambientale (alta, media, bassa) (fig. 42)

.

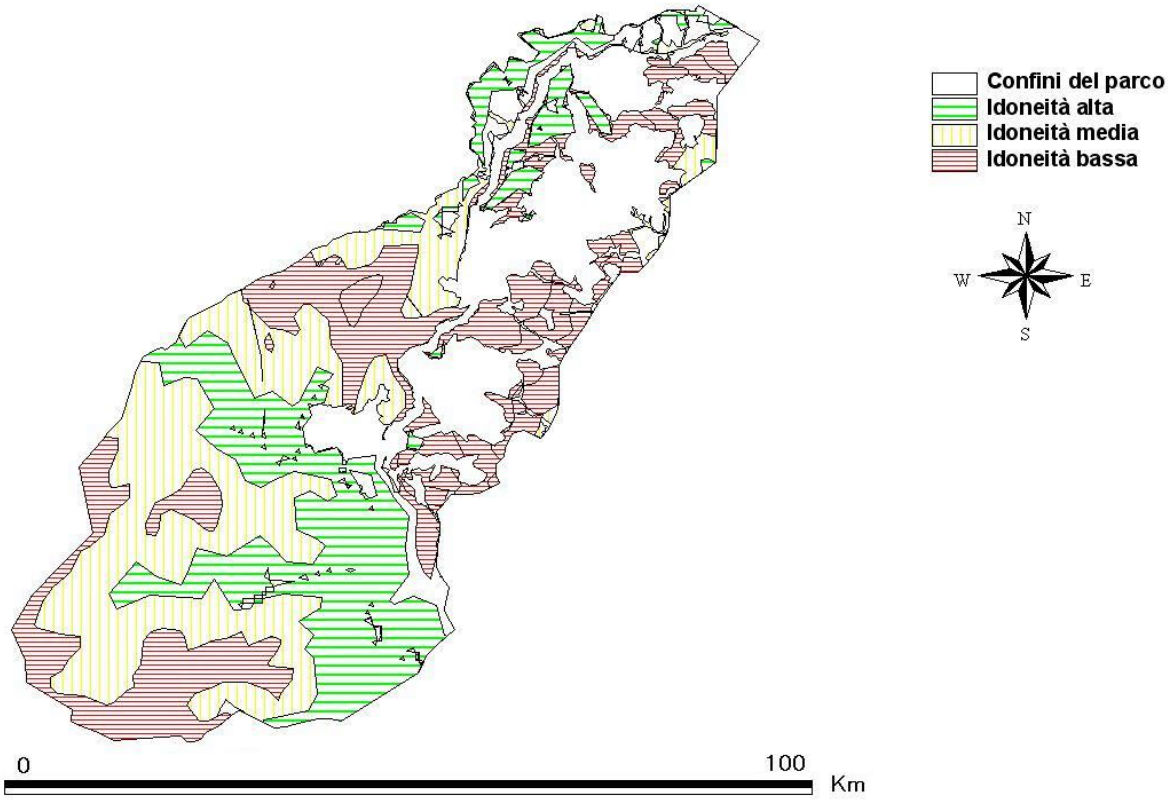


Fig. 42: Classi di idoneità ambientale del leone nel territorio del parco

Comparando la percentuale d'estensione di tutte le classi di idoneità si nota come questi sono assimilabili. Infatti, escludendo le aree dove l'idoneità è nulla (zone bianche fig. 42), abbiamo la classe di idoneità alta che è pari al 34,24 %, la media a 33,53% e la bassa a 32,23% (fig. 43).

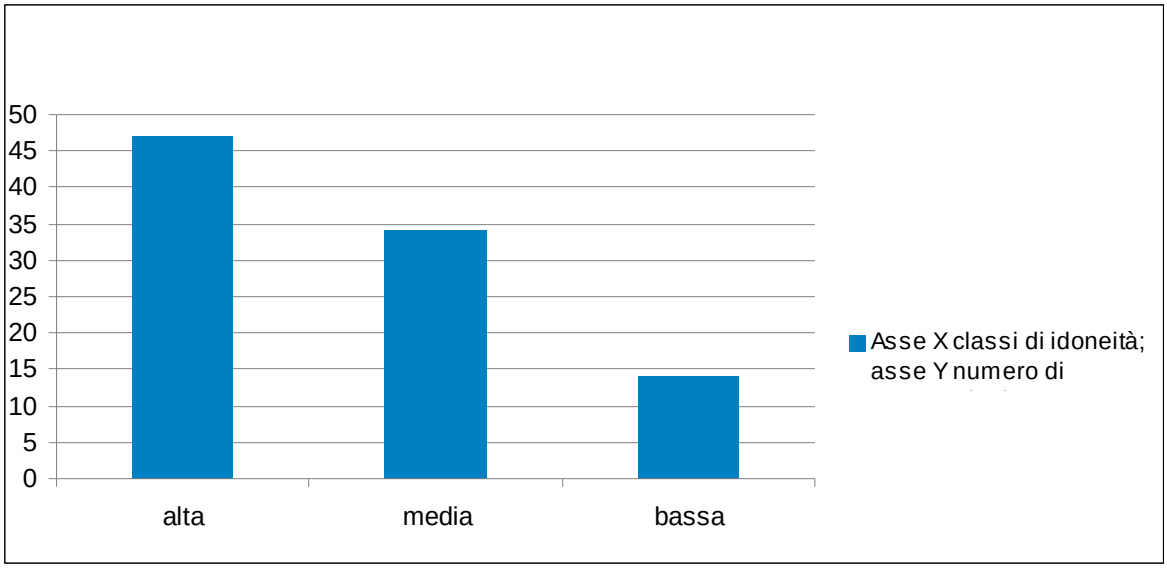


Fig. 43: percentuali di classi di idoneità

Analizzando i dati inerenti le classi di idoneità e la presenza del leone (presenze storiche e record raccolti durante la ricerca, vedi sotto) (fig. 44) tramite una regressione logistica (simplex estimation model; costante inclusa nel modello, criterio di convergenza reale 0.001; -2(log) likeliood= 14.992; goodness of fit= 16.517; χ^2= 9.433; df=1; P<0.002) si evince come l'habitat nel corso degli anni non sia cambiato e che la specie sembrerebbe avere la tendenza a concentrasi nei punti di massima idoneità ambientale negli anni, anche se non in maniera statisticamente significativa (β= -0.96; r=-0.328 ; P=0.088) (fig.45).

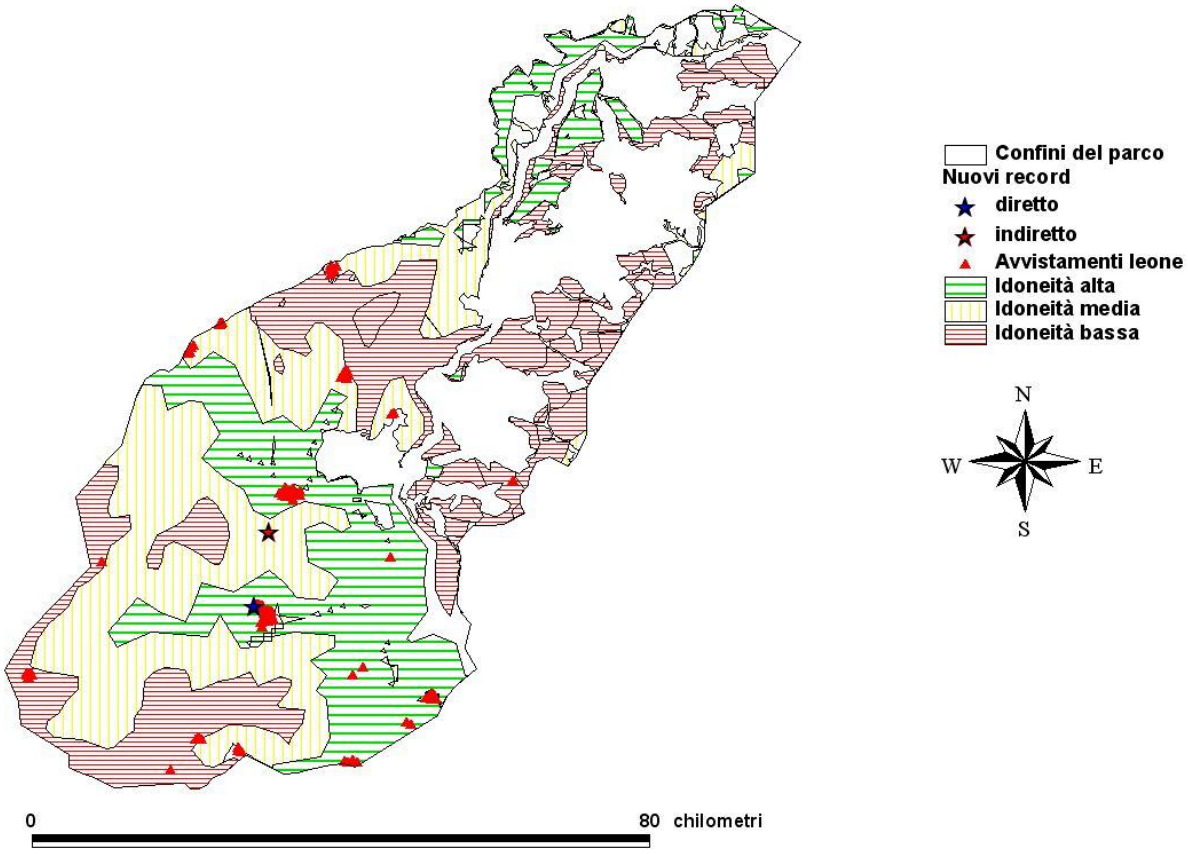


Fig.44: distribuzione nuovi e vecchi avvistamenti rispetto le classi di idoneità

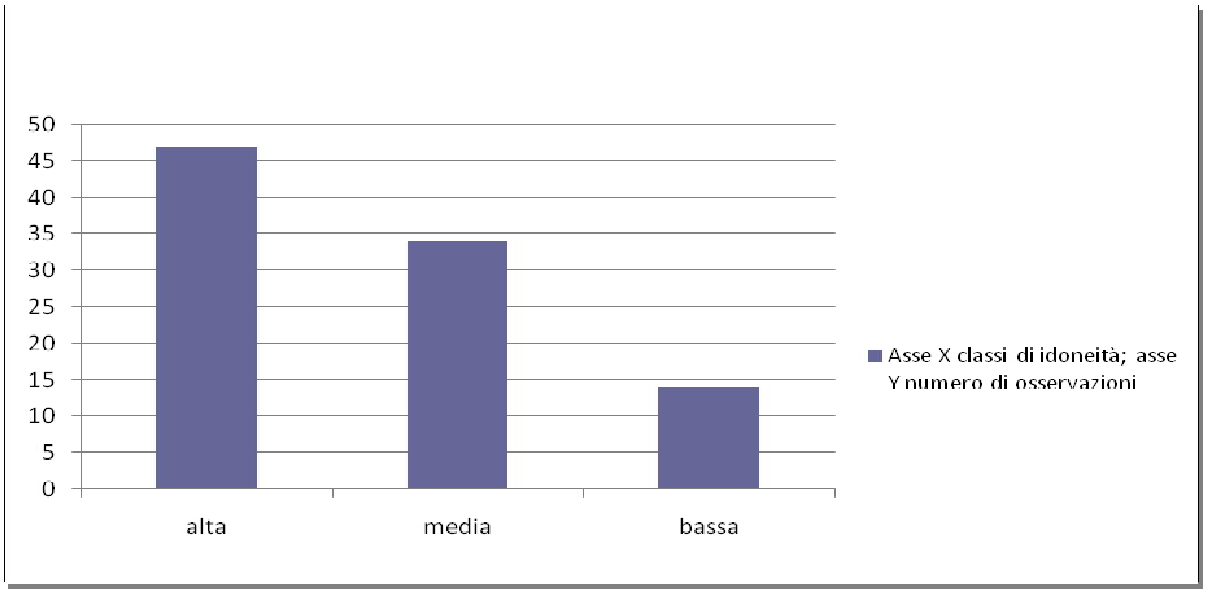


Fig. 45: osservazioni rispetto le aree di idoneità

Durante le operazioni di campo (transetti, utilizzo foto trappola, uscite notturne per l'ascolto di ruggiti) sono stati registrati un record indiretto (un’impronta nei pressi di un fiume, in zona di media idoneità, vicino a un’area densamente forestata) (fig. 46) (Angelici *et al*, submitted a) e uno diretto (la registrazione di un breve filmato in cui è presente un giovane leone maschio, che cammina all'interno di un'area forestata ad alta idoneità) (Angelici *et al*, submitted a) (fig. 47) ed inoltre a conforto di questi due dati è stato registrato un ruggito di un leone, non lontano dalla foresteria del parco, in direzione nord (fig. 48) udito la sera del 12/IV/2011.



Fig. 46: impronta di leone nei pressi di un fiume

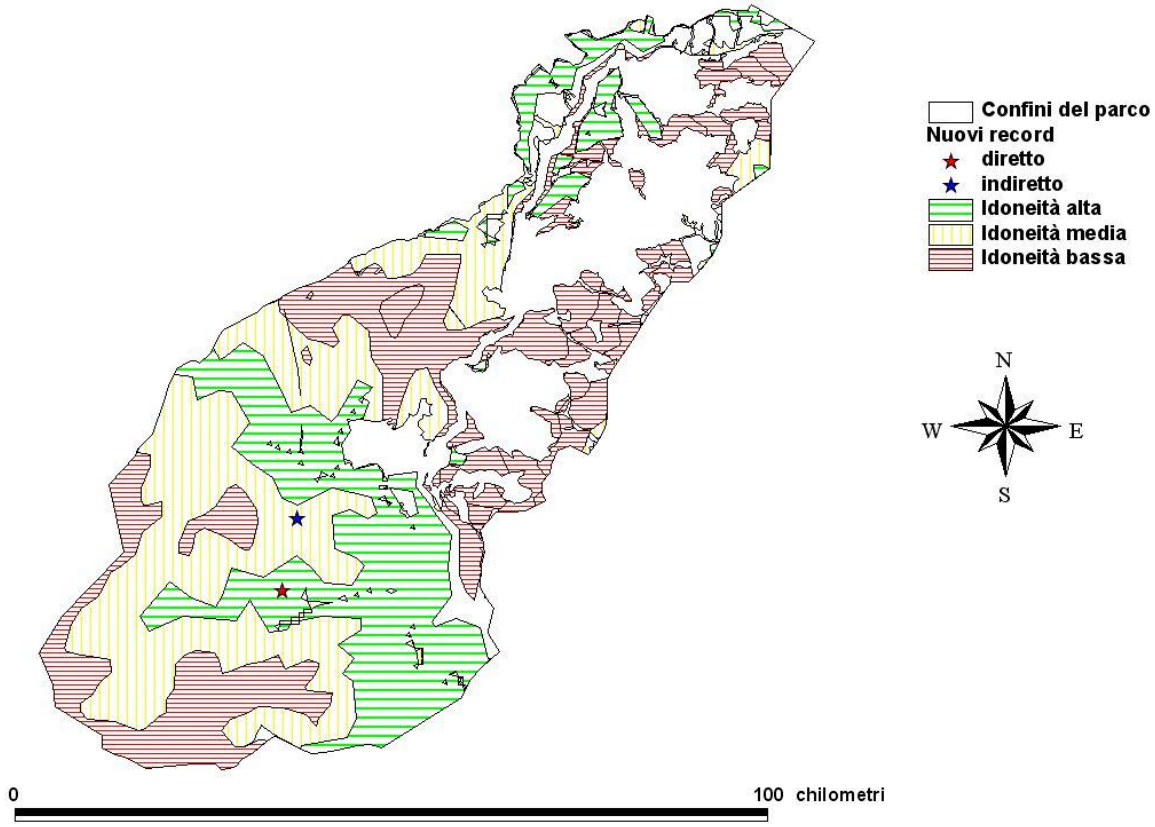


Fig. 47: localizzazione dei nuovi record di leone

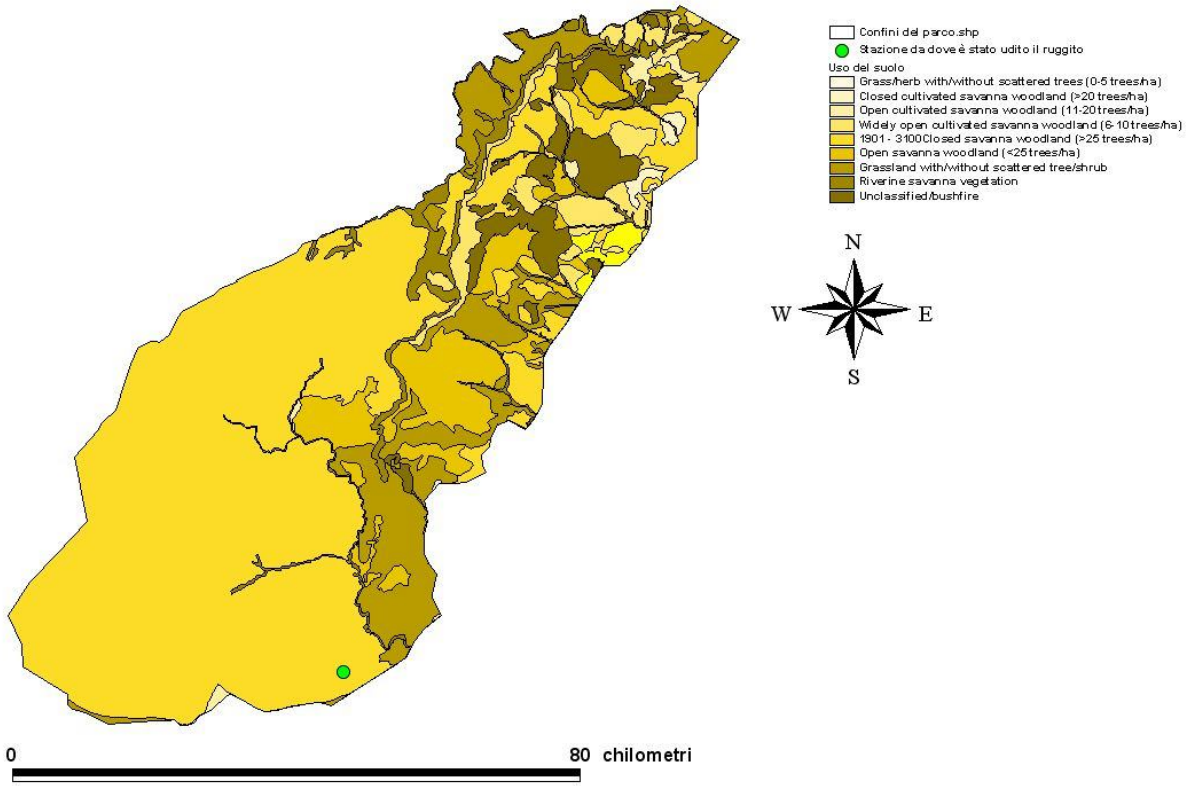


Fig. 48: stazione da dove è stato udito il ruggito

Oltre questi risultati, le interviste somministrate alle popolazioni dei villaggi limitrofi al parco hanno dato esito positivo sulla presenza passata del leone (tabella 5). Da queste si è evinto come la specie fosse presente, quasi sempre, in zone poco aperte o nelle loro vicinanze (75% delle interviste) (tabella 6).

Q = Domande (vedi materiali e metodi)

Q	Ranger del parco	Altro staff del parco	Residenti nel parco	Capi villaggio	Abitanti aree limitrofe
1)	5	2	0	6	7
2)	16	9	6	8	35
3)	8	1	0	0	0
4)	14	10	5	9	45
5)	2	0	0	8	45

Tab. 5: interviste somministrate (Angelici & Petrozzi, 2010, modificato)

Tipo di habitat	Ranger del parco	Altro staff del parco	Residenti nel parco	Capi villaggio	Abitanti aree limitrofe
a)	2	2	0	4	3
b)	5	0	0	1	1
c)	0	0	0	6	2
d)	4	2	0	5	4
e)	1	0	0	0	2

Tab. 6: tipologie di ambiente in cui è stato avvistato il leone

Discussione

Il leone è una specie difficile da studiare per una serie di ragioni, in quanto la densità dei grandi predatori solitamente è minore rispetto a quella delle loro specie di circa 1 a 10, facendoli diventare meno osservabili in modo diretto e indiretto (Chardonnet, 2002). Inoltre la specie diventa, in modo abbastanza repentino, elusiva e principalmente notturna non appena è soggetta a pressione venatoria e ancor di più quando soffre la pressione antropica in senso lato (Loveridge *et al*, 2001). Riguardo l'area di studio, la specie diventa ancora più difficilmente contattabile poichè la maggior parte dell'estensione del parco è ricoperta da foresta o da savana densamente alberata, cioè savana chiusa..

Pur se i dati storici non sono stati raccolti con un protocollo ben preciso, in quanto erano semplicemente record registrati dai rangers durante le loro perlustrazioni, la ricerca, effettuata con varie metodologie e modelli, ha dato risultati di rilievo, i quali, se suffragati da altre prove, dimostrerebbero un comportamento quantomeno particolare della popolazione di leone del Mole National Park. Infatti, uno dei dati più interessanti ottenuti dal modello statistico, dimostra come la popolazione selezioni positivamente la savana chiusa e le aree nei pressi di foreste, evitando la savana aperta (Angelici *et al*, submitted b), comportamento notato in altre situazioni, ma poco studiato (vedi sotto).

La variabile RFL influenza in modo positivo la probabilità di presenza della specie. Anche questo risulta essere un dato inaspettato, soprattutto perchè i leoni, vista la loro ampia adattabilità, solitamente non abbisognano della presenza di molta acqua per la loro sopravvivenza (Eloff, 1984; Sunquist & Sunquist 2009). Anche la DWB influenza positivamente la presenza di leone, ma in questo caso il risultato potrebbe dipendere dalla presenza delle sue potenziali prede (per lo più ungulati) nei pressi delle pozze (Redfern *et a*l., 2003; Valeix et al. 2010), visto che queste rispondono positivamente alla presenza dell'acqua (fig. 49).

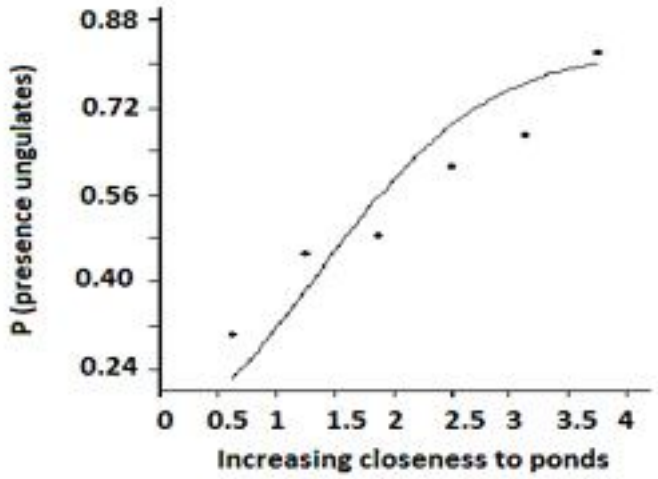


Fig. 49: test statistici sull'influenza dell'acqua sulle prede potenziali

Anche perché la DPR non aumenta significativamente la probabilità della presenza del leone. Inoltre tale risultato spiegherebbe, in parte, il fatto che le osservazioni abbiano un picco, durante l'anno, nei mesi di massima aridità (Febbraio e Marzo), periodo in cui molte prede potenziali si addensano in zone dove sono presenti specchi d'acqua, stimolando così il felide ad avvicinarsi in tali zone e rendersi, di conseguenza, maggiormente visibile. D'altro canto è pur vero che, in generale, durante la stagione delle piogge la situazione della popolazione di leone è difficilmente studiabile, in quanto molte aree diventano difficili da raggiungere (Chardonnet, 2002). In particolare, nel Mole National Park, sono presenti delle aree che rimangono completamente isolate a causa della presenza di fiumi stagionali che interrompono le vie di comunicazione. Per molte di queste aree il controllo è stato organizzato in modo tale che i guardaparco rimangano per un periodo non inferiore a 3 mesi, per cui esiste un monitoraggio continuo, mentre per altre questo accorgimento non è stato possibile. Quest'ultimo fattore, però, ha limitato la probabilità di avvistare il felide.

Anche la relazione negativa tra la crescente elevazione (ELE) e la probabilità di incontrare il leone potrebbe essere dovuta alla preferenza di questo predatore verso un tipo di habitat chiuso (foresta, porzioni di savana densamente alberata) (Angelici *et al*, submitted b). Infatti, le zone più elevate del MNP sono caratterizzate da aree rocciose con scarsa vegetazione. Quindi il felide tenderebbe ad evitare le aree maggiormente elevate.

Il modello GIS, invece, dimostra come buona parte del territorio del parco sia potenzialmente idonea alla presenza del leone, infatti l'idoneità alta più l'idoneità media coprono un totale di

circa il 67.77% dell'estensione in cui in qualche modo il leone potrebbe essere presente (cioè il totale delle idoneità alta, bassa, e media).

Inoltre mostra come le porzioni maggiormente interessate dalla potenziale presenza del leone siano nell'area sud del parco (laddove vi è in modo preponderante un tipo di ambiente chiuso, cioè savana densamente alberata, e dove è stato registrato il 70% delle osservazioni) e nella parte nord-ovest del parco (in cui la vegetazione di tipo fluviale è preponderante), non eccessivamente distante dalla località di Wa (circa 61 Km dai limiti del parco), nelle cui vicinanze nel 2010, sarebbe stato visto un numero di 7-10 leoni a caccia di babbuini (notizia da validare, riportata da un guardaparco, molto attendibile a detta del direttore del Mole) (fig. 50)

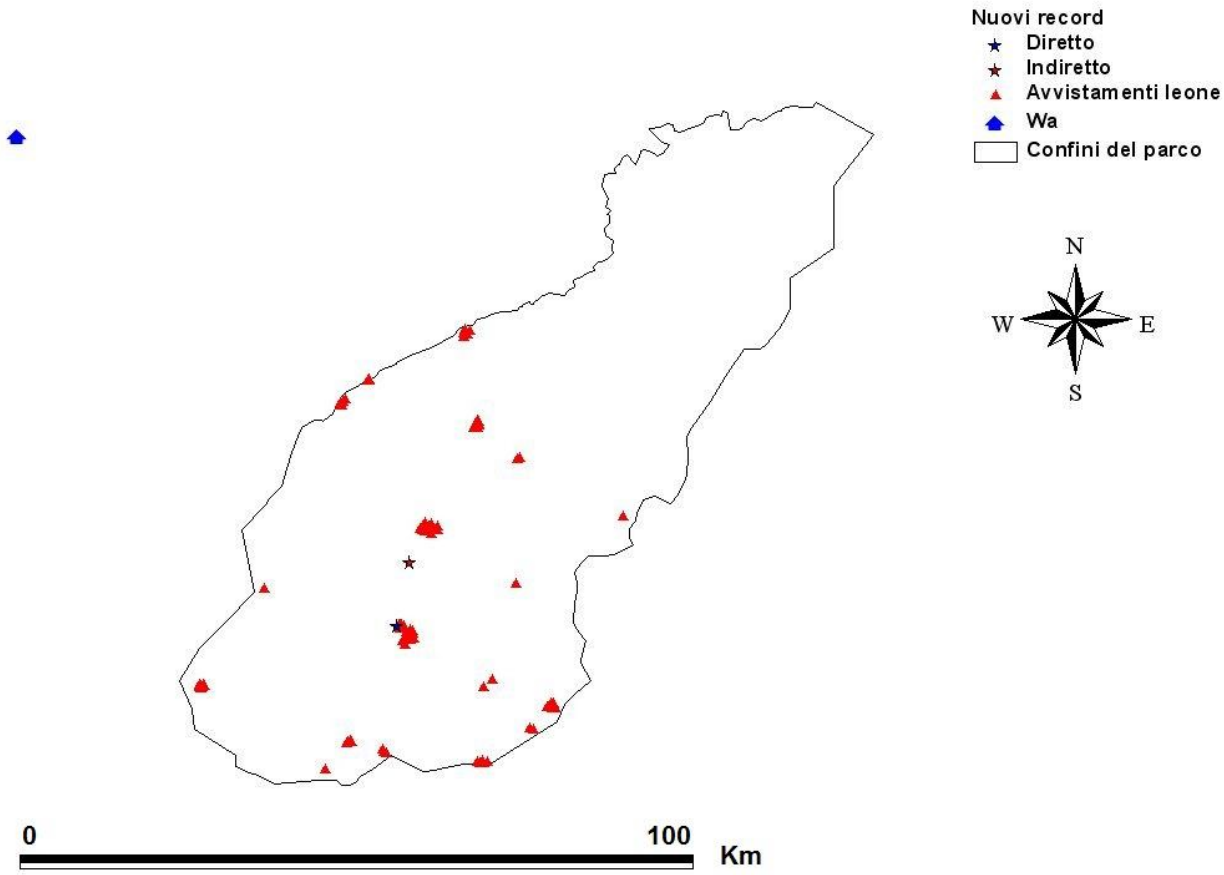


Fig. 50: Il villaggio di Wa, rispetto al Mole National Park ed alle osservazioni

La percentuale di avvistamenti storici che rientra all'interno dell'alta idoneità ambientale è pari a circa l'88,7% degli avvistamenti totali. Questo dato tende a dimostrare come

effettivamente le variabili usate per il modello statistico influenzino in modo incisivo la presenza di leone.

I dati raccolti dalle interviste somministrate dimostrano come il leone sia sempre stato un animale abbastanza elusivo nell'area e come sia stato visto sovente nei pressi di aree densamente alberate. Infatti soltanto una piccola parte degli intervistati, esclusivamente ranger del parco, asserisce di aver visto il felide in aree aperte.

Infine i risultati riportati dalle ricerche dirette sul campo (pur se molto parziali) dimostrano come sia ancora presente il leone all'interno del parco. Oltre ciò, sia il record diretto sia i due indiretti sono stati raccolti o in aree forestate o nelle loro vicinanze, anche questo tende a rafforzare la teoria secondo cui questi leoni preferiscano aree chiuse (Angelici *et al*, submitted b). Infatti se il filmato è stato registrato all'interno di un'area densamente alberata e il ruggito è stato udito in zona limitrofa a un tipo di habitat similare, la traccia è stata ritrovata in prossimità di un corso d'acqua, il quale divide in due una zona di savana densamente alberata, e la sua direzione faceva pensare a un passaggio da una parte all'altra del fiume.

Come detto, dalle analisi delle elaborazioni GIS si è evinto come l'habitat negli anni non sia variato e che il leone tenda a concentrarsi nei punti di massima idoneità, derivati dal modello stesso, questo risultato fa pensare che il felide in questione abbia sempre avuto la preferenza per aree fortemente alberate, quindi la scelta del tipo di habitat non dipenderebbe da una diminuzione della popolazione con un relativo cambio di scelta di habitat e di strategia di caccia (vedi sotto), o dal cambiamento delle condizioni ambientali.

Sia i modelli, sia i risultati delle indagini svolte sul campo (interviste e record) tenderebbero a dimostrare come il tipo di habitat che verrebbe prediletto dal leone nel Mole National Park sia in contrasto con la preferenza di habitat tipica dei leoni (cioè la savana aperta) nelle altre zone dell'Africa, in modo particolare nella regione orientale ed australe (Sunquist & Sunquist 2009). Nella Selous Game Reserve (Tanzania), ad esempio, i leoni mostrano una preferenza significativa per l'habitat fluviale e le savane aperte, mentre non prediligono affatto, o evitano i boschi di acacia (Spong 2002).

Tuttavia non è la prima volta che i leoni vengono avvistati in aree forestate. Infatti nel 1949 Malbrant & Maclatchy riportano come nella Repubblica del Congo *"uno di loro fu ucciso nell'aprile 1942 in una trappola per leopardi tra Booué e Makokou, cioè nel profondo della foresta pluviale.... a circa 300 Km dalle aree di savana… inoltre spesso penetravano all'interno della foresta di Etoumbi.... e nelle aree limitrofe la foresta del distretto Zanaga"*.

Inoltre nell'area equatoriale del centro Africa sono stati osservati leoni nelle foreste a canopia

e nelle aree di savana aperta. Tali individui non erano vaganti o in fase di dispersal, bensì costituivano una vera e propria sotto-popolazione. Anche nel Odzala Park (Repubblica del Congo), un parco la cui zona nord è occupata in buona parte da foreste (Vanleeuwé & Gautier-Hion, 1998), è nota la loro presenza, ma poco o nulla si sa sulla loro biologia e sui loro comportamenti (Chardonnet, 2002). La presenza della specie in aree densamente alberate, cioè dalla savana chiusa fino alla foresta a canopia, è da mettere in relazione al fatto che i leoni sono animali altamente plastici dal punto di vista della tolleranza dell'habitat, per cui il loro range per quanto riguarda il tipo di ambiente, potrebbe andare dal deserto alle foreste pluviali, includendo molti altri tipi di habitat, tra cui altre tipologie di foresta (Smithers, 1983).

Secondo Spong (2002), il tasso di preferenza dell'habitat da parte del leone riflette la disponibilità delle prede in ognuno di questi. Infatti l'uso dell'habitat in ogni home range di leone sembra dipendere principalmente dalla disponibilità delle prede, la quale varia a secondo dell'habitat (Spong, 2002).

Nell'area di studio presa in considerazione in questa tesi, gli ungulati sovente spendono il loro tempo intorno alle pozze , e questa probabilmente potrebbe essere la ragione per cui vi è una influenza positiva delle pozze nella presenza del leone (Angelici *et al*, submitted b). Hopcraft *et al* (2005) hanno osservato che su ampia scala i leoni spostano il loro home range in base al movimento delle prede, ma, a una scala più piccola (<100 m), i leoni cacciano in aree dove è maggiore la possibilità di "predazione" piuttosto che in aree in cui le prede sono presenti ad alta densità.

Il numero di individui osservati nel Mole National Park e la tipologia di habitat in cui essi vivono fanno pensare ad una diversa strategia di caccia e a differenti tipi i prede rispetto quelle note per l'Africa Orientale e Australe, in quanto la taglia della preda solitamente è direttamente proporzionale al numero di leoni partecipanti alla caccia (Kruuk e Turner, 1967). È quindi probabile che il numero di individui componenti il gruppo dipenda dal tipo di prede e dal tipo di ambiente in cui vivono. Facendo un raffronto con i leoni dell'Africa orientale, secondo Packer *et al* (1990) nelle aree dove i leoni cacciano in pride abbastanza numerosi (i pride nell'Africa orientale ed australe vanno dai 4 ai 37 individui, con una media di 15, ciò consente di cacciare prede di grandi dimensioni, Schaller, 1972), in periodi di difficoltà, dovuti a situazioni ambientali particolari, è vantaggioso per il singolo individuo o per piccoli gruppi, cacciare prede medio-piccole.

La predilezione di zone chiuse da parte del felide renderebbe inefficace la caccia con pride o gruppi molto grandi, a causa della difficoltà di movimento in spazi ristretti.

Comparando il numero di individui per pride, in varie aree protette dell'Africa occidentale, è comunque visibile come questi siano sempre molto esigui rispetto le altre zone del continente, infatti le medie vanno da 1,9 nel Niokolo Koba National Park (Senegal), ai 2,92 del Mole National Park (tabella 3), per cui un tale tipo di comportamento sociale, oltre che dipendere dal tipo di ambiente, potrebbe essere tipico della sottospecie *Panthera leo senegalensis*.

Altro fattore che potrebbe determinare il basso numero di individui per gruppi (i pride più grandi osservati nel MNP sono di 8 individui inclusi 3 cuccioli, e 7 individui inclusi 2 cuccioli, Wilson, 1993), è la presenza della iena macchiata, competitrice diretta del leone (Caro & Stoner, 2003). Nel Mole National Park essa forma dei gruppi estremamente piccoli (3 o 4 individui al massimo) (Balangtaa, com. pers.), da questo ne deriva che l'unione in grandi gruppi da parte del felide, per evitare il furto di prede o attacchi da parte del canide, sarebbe inutile.

Dato che una o poche osservazioni di presenza di leone determinano la presenza della specie, sia essa permanente o occasionale (Chardonnet, 2002), i record raccolti durante le operazioni di campo danno un quadro più ottimista della situazione della popolazione. Infatti se uniti al record del 2009, dimostrano come la specie è presente (occasionalmente o in modo permanente) nell'area, soprattutto in visione del fatto che per ben 11 anni non si è registrato alcun avvistamento (tabella 1) (Angelici *et al*, submitted a, b). L'importanza di questi record è sottolineata dal fatto che Wilson (1993) definisce questa popolazione di leone "*certamente non elevata, ma sufficiente a mantenere una popolazione riproduttiva*", e quindi "*difficile da incontrare*", inoltre afferma che la popolazione si concentra nelle aree meridionali e occidentali del Parco.

I record raccolti durante il periodo triennale della tesi vanno a confutare parzialmente quanto asserito da Burton *et al.* (2011) (Angelici *et al*, submitted a), i quali danno per estinto, o potenzialmente estinto il leone all'interno del parco, e in generale in tutto il Ghana. Questa affermazione nasce da un loro lavoro effettuato nel Mole, in cui sono stati utilizzati protocolli simili a quelli della presente ricerca, con impiego di materiali e di forza-lavoro maggiori. Probabilmente i risultati divergenti dipendono dal differente approccio. Infatti le finalità della ricerca di Burton *et al* erano quelle di censire la presenza di tutti i mammiferi predatori all'interno del parco, per cui l'apposizione delle foto-trappola è stata pensata in modo differente (Angelici *et al*, submitted a).

Vi è d'altro canto da ricordare come i leoni in dispersal possano coprire distanze molto elevate (fino a oltre 200 Km, Funston *et al.*, 2003), per cui gli individui registrati potrebbero essere sub-adulti in dispersal provenienti dal Burkina Faso, in particolare dal Nazinga Reserve (fig. 51), la quale dista circa 80 Km dal Mole, dove ancora è presente una delle maggiori popolazioni di leone dell'ex Alto Volta.

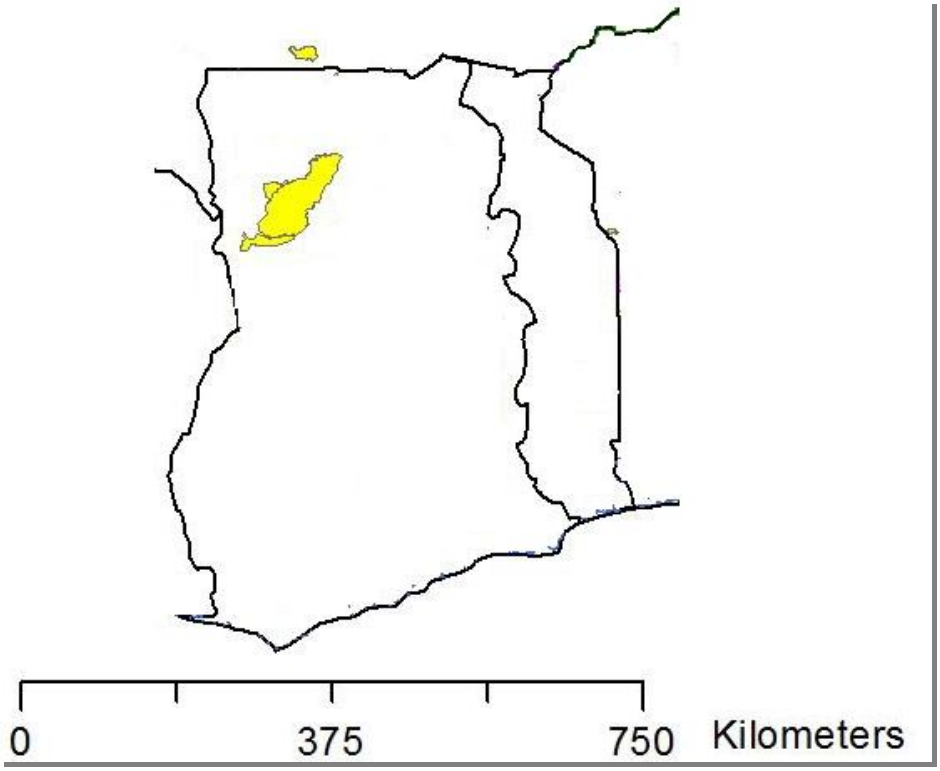


Fig. 51: ubicazione del Nazinga Reserve rispetto il Mole National Park

Per cui l'esiguo numero di record ancora non permette di affermare con certezza la presenza di una popolazione vitale della specie nell'area di studio.

La popolazione di leone all'interno del Mole National Park, se ancora presente, molto probabilmente ha avuto un forte decremento (Angelici & Petrozzi, 2010). Questo potrebbe essere correlabile all'incremento della popolazione di iene macchiate. Infatti un apparente aumento della popolazione di iena macchiata potrebbe essere determinate, e anche contribuire, al declino di leoni e di altri mammiferi di cui la iena è competitrice (Ray *et al.*, 2005). Inoltre l'attività di bracconaggio rivolto contro le specie preda (Jachmann, 2008;

Dubiure, 2011) incide notevolmente, soprattutto nella parte nord del parco e negli ultimi anni si sono riscontrati atti di bracconaggio anche contro gli stessi leoni (Angelici & Petrozzi, 2010) (fig. 52).



Fig. 52: individuo di leone abbattuto in un villaggio a sud del parco nel 2004

Altresì la presenza di pascolo brado nelle aree limitrofe il parco, ed in alcuni casi, in modo illegale, anche all'interno, potrebbero aver determinato il declino della specie in modo trasversale, incidendo sulle specie preda. Inoltre potrebbe aver determinato atti di bracconaggio, da parte dei pastori, nei confronti del leone.

I risultati dei vari modelli utilizzati rendono questo studio con forti implicazioni di tipo conservazionistico per il leone nel Mole National Park. I risultati del modello statistico, suggeriscono una particolare attenzione nella gestione e la conservazione delle pozze e delle aree densamente forestate, che risultano essere quelle maggiormente frequentate, rispettivamente, dalle potenziali prede e dal leone (Angelici *et al*, submitted b). Oltre ciò un maggiore sforzo sul controllo contro il bracconaggio all'interno del parco è doveroso, sia per evitare uccisioni di individui della specie, sia per il prelievo di specie preda, il quale può essere determinante su una popolazione molto piccola. Nella zona nord del parco (dove il bracconaggio è più sviluppato) vi è una densità di prede potenziali molto bassa (GWD, 2005, (Angelici *et al*, submitted a), incidendo quindi sulla presenza del felide.

Tuttavia rimane ovvio che, il fattore preponderante per la conservazione della popolazione di leone è l'isolamento, cosa che rappresenta una forte barriera alla sopravvivenza futura del deme (Angelici *et al*, submitted b). Quando la popolazione diventa geograficamente isolata e molto ridotta, si possono prevedere facilmente le conseguenze genetiche a lungo termine (Simberloff, 1988). Nei leoni, il dispersal dei maschi sub-adulti insieme all'alto turnover dei maschi nella riproduzione, solitamente limitano il rischio di inbreeding. In un esperimento basato sulla dinamica e la genetica del leone, viene dimostrato come anche solo limitati scambi genetici (uno ogni 5 anni) potrebbero mantenere un livello ragionevole di eterozigosi (Starfield *et al*, 1981). Nelle piccole popolazioni isolate, laddove questi fattori non sussistono, l'inbreeding può giocare un ruolo fondamentale nella riduzione del tasso di riproduzione (Paterson *et al*, 1998) o rendere gli individui maggiormente suscettibili alle malattie (Acevedo-Whitehouse *et al*, 2003; Reid *et al*, 2003), con un conseguente danno ingente all'intera popolazione e a lungo andare con il rischio dell'estinzione della stessa.

Viste le ultime scoperte in cui il leone occidentale viene rivalutato come buona sottospecie *Panthera leo senegalensis* (Bertola *et al*, 2011), con una discreta distanza genetica rispetto le popolazioni dell'Africa Australe ed Orientale (fig. 2), e considerate le condizioni in cui verte tale sottospecie, la sua conservazione risulta fondamentale non solo per la perdita di biodiversità nella regione (Angelici *et al*, submitted a), ma anche per il mantenimento degli ecosistemi, essendo la specie all'apice dalla catena trofica.

Questo felide in tutta la regione ha perso il 91% del proprio areale storico (IUCN Cat Specialist Group, 2006). Dei 121,980 Km^2 dell'areale attuale, soltanto il 47% è tutelato sotto forma di parco o di riserva (tabella 7).

Lion range (km² & %)		Total	Protected Areas			Non-gazetted areas
			Nat. parks	Reserves	Hunting areas	
Western Africa	Km²	121,980	43,190	14,690	18,400	45,700
	%	4	35	12	15	37

Tab. 7: areale attuale del leone in Africa occidentale. da Chardonnet (2002)

Escluso il 15% dove il leone vive in riserve di caccia, in cui il prelievo è regolamentato, il resto della popolazione si trova in aree libere, dove sovente si prospetta il problema del conflitto "uomo/leone".

L'impatto del leone sugli armenti e sulla popolazione umana spinge quest'ultima ad eliminare alla base il problema, perseguitando il leone, tramite trappole, bocconi avvelenati o battute di

caccia apposite. La prevenzione e la soluzione di questo conflitto è un problema complesso e fondamentale per la sopravvivenza della specie in molte aree del continente africano, e richiede un approccio olistico. Sono molte le strategie non letali che si stanno progettando ed attuando da molti anni.

Ad esempio, nel caso in cui i leoni sono presenti in aree in cui determinano un danno all'economia locale, si opta per la loro traslocazione in altre aree (Linnell *et al*., 1997). Questa tecnica, però, in Namibia ha dato risultati alterni (Stander, 1990).

Altri metodi di intervento prevedono la recinzione elettrificata delle aree in cui è presente il leone (Yamazaki & Bwalya, 1999), ma questo, nel caso del leone occidentale, limiterebbe in toto la possibilità di dispersal di giovani sub-adulti maschi, elemento fondamentale, come abbiamo visto, per evitare l'inbreeding delle popolazioni. Inoltre bisogna tenere presente che la maggior parte dei parchi dove il leone è presente in Africa occidentale sono parchi transnazionali, come ad esempio il parco W (Benin, Burkina Faso, Niger). Ultimo problema, non indifferente, è la spesa di un tale intervento, che sarebbe esorbitante ed insostenibile per i vari Paesi dell'Africa Occidentale.

L'importanza del Mole National Park, per la conservazione del leone nell'Africa occidentale è fondamentale non soltanto per il Ghana, ma per tutta la regione. Infatti, l'ubicazione geografica del parco è strategica in vista di una possibile espansione della popolazione (Angelici *et al*, submitted b), una volta attuata una serie di misure di miglioramenti ambientali, anche per la costituzione di corridoi biologici. Le aree interessanti potenzialmente/realmente interessate alla presenza del leone sono (fig 53):

Gbele Reserve (Ghana);

Bui National Park (Ghana);

Nazinga Reserve (Burkina Faso);

Comoé National Park (Costa d'Avorio);

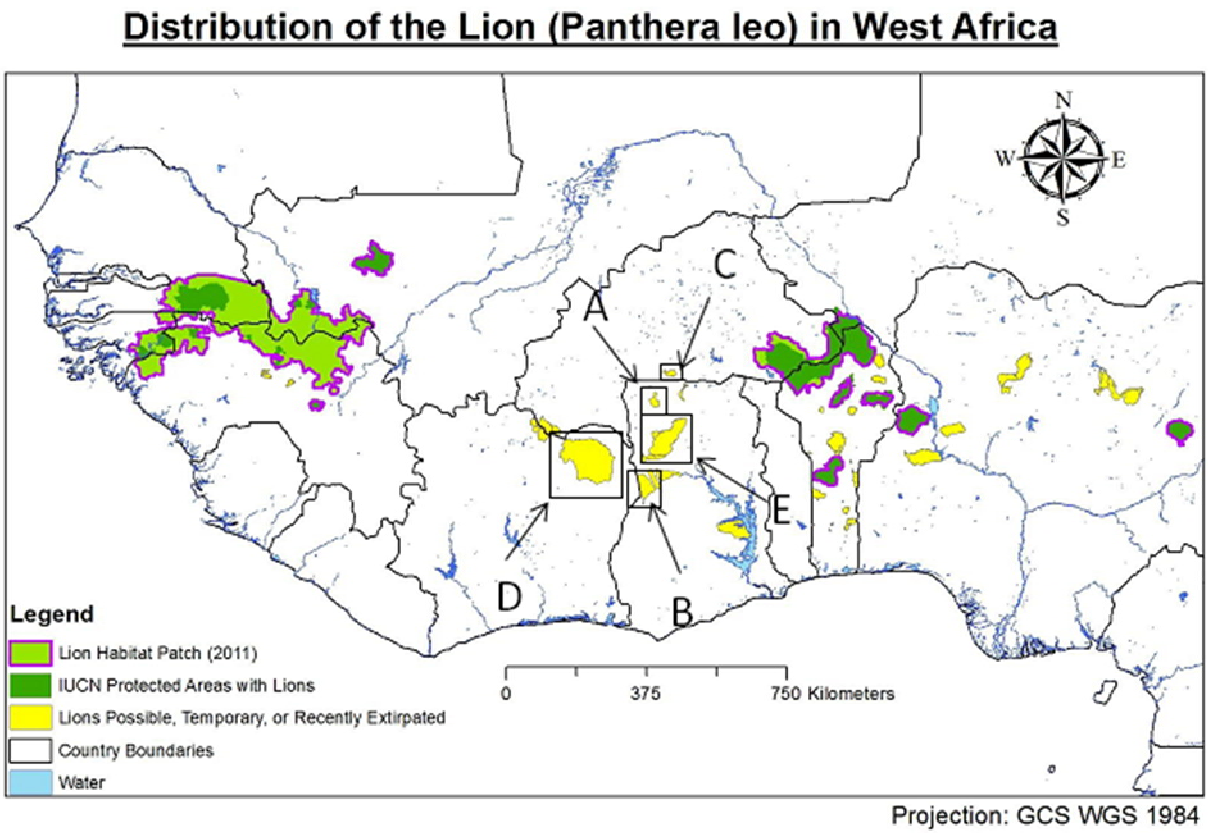


Fig. 53: zone protette interessate dalla presenza del leone (Riggio 2011, modificato):
A) Gbele Reserve (Ghana); B) Bui National Park (Ghana); C) Nazinga Reserve (Burkina Faso); D) Comoé National Park (Costa d'Avorio); E) Mole National Park (Ghana)

Per alcune di queste aeree la presenza attuale non è stata confermata, sebbene negli ultimi 10 anni siano stati registrati avvistamenti (Chardonnet, 2003; Bauer, 2003).
Naturalmente tutto questo sarà possibile qualora sia realizzabile una protezione effettiva, a livello transfrontaliero (Ghana, Burkina Faso, Costa d'Avorio), nell'ambito di un progetto vasto mirato alla conservazione e alla gestione della specie.

Prossimi step della ricerca

La ricerca proseguirà per tutto il periodo (2012-2015) del progetto finanziato dal Ministero degli Affari Esteri e che vede tra i partner l'Università della Tuscia.
I risultati della presente ricerca saranno la base per la prosecuzione dello studio della popolazione di leone all'interno del parco. Infatti, conoscendo le aree a maggiore idoneità ambientale, le variabili biotiche ed abiotiche che risultano correlate alla presenza del felide, si

sceglieranno le aree dove insistere maggiormente nella ricerca sul campo. Oltre l'utilizzo delle foto-trappola, verranno monitorati in modo quasi continuo le aree in cui sono presenti bacini d'acqua e le loro zone limitrofe, oltre alle aree in cui sono stati registrati gli ultimi record. L'emissione del ruggito registrato durante l'ultima missione, è stata la prova finale della necessità di procedere con il playback o roaring.

Il playback è una tecnica che implica la trasmissione, attraverso altoparlanti molto potenti, di vocalizzi di animali (vedi oltre), Mills (1985) lo ha utilizzato per censire le iene macchiate. E' stato osservato che la risposta dei leoni è abbastanza simile a quella delle iene, dato che occupano una nicchia trofica parzialmente sovrapposta. Ciò determina la reazione di risposta acustica, come manifestazione di competizione territoriale, come prodromo di possibili interazioni aggressive, che generalmente si manifestano con un avvicinamento degli individui verso la fonte sonora.

I suoni trasmessi riassumono una scena di caccia, e fanno supporre al leone che ci sia una preda da rubare alle iene che l'hanno cacciata e uccisa; il richiamo sfrutta la tendenza del leone a comportarsi da *scavenger*, ovvero da cleptoparassita e successivamente mangiatore di carogne.

Il playback viene eseguito nelle ore più fresche della giornata, durante le quali i leoni presentano massima attività. Tali orari vengono indicati da Steer & Steer (1987) negli intervalli 0600-0630 e 1700-1900h.

Una volta individuata l'area di presenza della specie, si cattureranno tre/quattro individui, al fine di procedere alle misurazioni biometriche e di marcarli con un radio collare VHF/satellitare.

Mentre il sistema satellitare permette di avere notizie direttamente su un computer, mediante la trasmissione della posizione dell'animale ottenuta tramite GPS ed inviata dal satellite, la metodologia VHF. La trasmittente applicata all'animale emette i segnali sulla banda VHF, ricevuti da un' antenna di un ricevitore. Per localizzare l'individuo si possono utilizzare due tecniche, l'homing o la triangolazione. Nel primo caso si tratta di avvicinarsi il più possibile all'individuo, cercando di interagire il meno possibile, con i comportamenti dell'animale. Per quelle specie molto mobili, invece, si usa la tecnica della triangolazione, che comporta la rilevazione del segnale da almeno tre punti differenti e convergenti.

Quest'ultimo fornirà notizie inerenti l'home range, il tipo di comportamento della specie, e inoltre, seguendo gli individui, si potrà conoscere la consistenza dei pride, la loro composizione e la dinamica sociale.

Inizialmente era stato pensato anche l'utilizzo di carnai (apposizione di una carcassa di bovino/ungulato del parco) al fine di attrarre i leoni presenti in zona. Purtroppo tale metodologia, usata molto spesso per la ricerca del leone risulta impossibile da attuare, viste le politiche del parco, che vietano l'introduzione di animali uccisi all'interno del parco, poiché potrebbero abituare il leone a predare gli armenti.

Un altro metodo che è stato accantonato per la ricerca, è stato quello dell'utilizzo di aeroplani ultraleggeri/elicotteri, in quanto la tipologia di habitat principalmente utilizzata dalla specie è la savana densamente alberata, quindi sarebbe molto difficile, se non impossibile, avvistare dall'alto individui di leone.

Dalle notizie ricavate dalla ricerca sarà, quindi, possibile elaborare un piano di gestione della specie, che miri non soltanto alla salvaguardia di questa all'interno del parco, ma che abbia anche finalità di più ampio respiro.

Ringraziamenti

Si ringrazia:

Mr Nana Adunsiah (Wildlife Division, Ghana), per aver dato la possibilità di accedere ai database del Mole National Park e la disponibilità dimostrata durante l'intero svolgimento delle fasi di raccolta dati in loco;

Mr Dubiure Faruk, (Mole National Park), per la cooperazione sua e del suo staff durante i tre anni di ricerca;

Dr.ssa Gianna Da Re (Ricerca e Cooperazione ONG), per l'assistenza durante la permanenza in Ghana e la funzione di raccordo con le Autorità locali;

Dr. Luca Luiselli, per il fondamentale contributo per le analisi statistiche;

Dr. Massimiliano Di Vittorio, per il fondamentale contributo nelle operazioni di campo, durante l'ultima spedizione, e l'elaborazione GIS;

Dr. Luigi Ricci, per i preziosi consigli sull'utilizzo delle foto-trappola

Bibliografia

Acevedo-Whitehouse, K., Gulland, F., Greig, D. & Amos, W. 2003 Inbreeding: disease susceptibility in California sea lions. Nature 422: 35

Akaike, H. 1973. Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. In Second International Symposium on Information Theory: 267-281. Petrov, B.N. & Csaki, F. (Eds). Akademiai Kiado, Budapest

Angelici F.M. & Petrozzi, F. 2010. Lions in the Mole National Park in Ghana, Northern Region. Cat News 53: 28-31

Angelici F.M., Di Vittorio, M., Petrozzi, F., B. New records of a threatened population of lion (*Panthera leo*) in a National Park in West Africa. Submitted to: African Zoology

Angelici F.M., Di Vittorio, M., Fausto A. M., Luiselli L, Petrozzi, F., B. Ecological correlates of the presence of an endangered West African population of lions. Submitted to: Endangered Species Researches

Arntzen, J.W. & Alexandrino, J. 2004. Ecological modelling of genetically differentiated forms of the Iberian endemic golden-striped salamander, *Chioglossa lusitanica*. Herpetol. J. 14: 137–141

Balme, G., Hunter, L.T.B., Slotow, R., 2009. Evaluating methods for counting cryptic carnivores. Journal of Wildlife Management 73: 431–443

Bauer, H. .2003. Lion conservation in West and Central Africa. Integrating Social and Natural Science for Wildlife Conflict Resolution around Waza National Park, Cameroon. Leiden University, Leiden, the Netherlands

Bauer H. & Van Der Merwe S, 2004. Inventory of free-ranging lions *Panthera leo* in Africa. Oryx 38: 26-31

Bauer, H., De Iongh, H. H., Di Silvestre, I. 2003. Lion (*Panthera leo*) social behaviour in the West and Central African savannah belt. Mammalian Biology 68: 239-243

Bertola, L.D., Van Hooft, W.F., Vrieling, K., Uit De Weerd, D.R., York, D.S., Bauer, H., Prins, H.H.T., Funston, P.J. Udo De Hasl, H.A., Leirs, H., Van Haeringen, W.A, Sogbohossou, E., Tumental, P.N., & De Jongh, H.H. 2011a. Genetic diversity, evolutionary history and implications for conservation of the lion (*Panthera leo*) in West and Central Africa. Journal of Biogeography 38: 1356–1367

Bertola, L., Vrieling, K., de Iongh, H. 2011b. Conservation Genetics of the African Lion . WAZA News 3-11: 2-4

Bertram, B.C.R. 1975. The social system of lions. Sci. Am. 232: 54-65

Bertram, B.C.R 1979. Serengeti predators e their social system. In: Sinclair, A.R.E. & Arcese, P.1995.Serengeti I: Dynamics of an Ecosystem. University of Chicago Press. pp. 221-247

Björklund, M. 2003. The risk of inbreeding due to habitat loss in the lion (*Panthera leo*). Conservation Genetics 4: 515-523

Bouché, P., 2006. Mole Wildlife Survey. Northern Savannah Biodiversity Conservation Project (NSBCP). Wildlife Division of the Forestry Commission of Ghana and IUCN.

Brain, C., Forge, D., Erb, P. 1999. Lion Predation on black rhino (*Diceros bicornis*) in Etosha N.P.. Afr. J. Ecol. 37: 107-109

Burnham, K.P. & Anderson, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. Springer-Verlag, New York.

Burton, C., C. Balangtaa, M. Sam, J. Brashares. 2007. Conservation status of felids in Mole National Park, Ghana. Poster presented at the Felid Biology & Conservation Conference, 17-20 September 2007, University of Oxford, UK

Burton, C, Buedi, E.B., Balangtaa, C., Kpelle, D.G., Sam, M.K. & Brashares, J.S., 2010. The decline of lions in Ghana's Mole National Park. African Journal of Ecology 49:122-126

Burton C., Sam, M. K., Kpelle, D. G., Balangtaa, C., Buedi E. B., Brashares, J. S. 2011. Evaluating persistence and its predictors in a West African carnivore community. Biological Conservation 144: 2344–2353

Caraco, T. , Wolf, L.L. 1975. Ecological determinants of group size of foraging lions. Am. Nat. 109: 343-352

Caro, T.M., Stoner, C., 2003. The potential for interspecific competition among African carnivores. Biological Conservation 110: 67–75

Celesia, G.G., Townsend Peterson, A., Kerbis Peterhans, J. C., Gnoske, T. P. 2009. Climate and landscape correlates of African lion (*Panthera leo*) demography. Afr. J. Ecol. 48: 58–71

Chardonnet P., 2002. Conservation of the African lion: contribution to a status survey. International Foundation for the Conservation of Wildlife, Paris. 171 pp.

Chardonnet, P. , Mésochina, P., Renaud, P.C., Bento., C., Conjo, D., Fusari, A., Begg, C., Foloma, M., Pariela, F. 2009. Conservation status of the Lion (*Panthera leo*, Linnaeus, 1758) in Mozambique. DNAC/MITUR & IGF Fondation, Maputo. 81 pp.

Clark, C.W. 1987. The lazy, adaptable lions: A Markovian model of group foraging. Anim. Behav. 35: 361-368

Cooper, S.M. 1991. Optimal group hunting size: The need for the lions to defend their kills against the loss to spotted hyenas. Afr. J. Ecol. 29: 130-136

Dubiure, U. F.2011. Management of species of conservation interest in Mole National Park, Ghana. In Angelici F. M. & Petrozzi, F. (Eds). Problematic Wildlife: Conservation and Management II International Congress, Genazzano (RM) 2011

Eloff, F.C., 1984. Food ecology of the Kalahari lion *Panthera leo vernayi*. Koedoe Suppl. 2: 249-258.

Estes, R.D. 1991. The behavior guide to african mammals. University of California Press

Fashing, P.J., Cords, M., 2000. Diurnal primate densities and biomass in the Kakamega Forest: an evaluation of census methods and a comparison with other forests. American Journal of Primatology 50: 139–152

Funston, P.J., Mills, M.G.L., Richardson, P.R.K. & Van Jaarsveld, A.S. 2003. Reduced dispersal and opportunistic territory acquisition in male lions (*Panthera leo*). J. Zool., Lond. 259: 1–12

Ghana Wildlife Division (GWD), 2005. Mole National Park Management Plan. WDSP Report No. 54. Forestry Commission, Government of Ghana.

Grinnel, J., Packer, C. & Pusey, A.M. 1995. Cooperation in male lions: kinship, reciprocity or mutualism? Anim. Behav. 49: 95-105

Groves, C. P. 2005. Order Primates. In: D. E. Wilson and D. M. Reeder (eds), Mammal Species of the World, pp. 111-184. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.

Hanby, J.P. & Bygott, J.D. 1987. Emigration of subadult lions. Anim. Behav. 35: 161-169

Hanby, J.P., Bygott, J.D. & Packer, C. 1995. Ecology, Demography, e Behavior of Lions an Two Contrasting Habitats: Ngorongoro Crater e the Serengeti Plains. In: Sinclair, A.R.E. & Arcese, P. 1995. Serengeti II: Dynamics, Management e Conservation of an Ecosystem. University of Chicago Press, Chicago. pp. 315-331

Heisohn, R. & Packer, C. 1995. Complex cooperative strategies in group-territorial African lions. Scie., N.Y. 269: 1260-1262

Heinsohn, R. 1997. Group territoriality in two population of African lions. Anim. Behav. 53:1143-1147

Henschel, P., Azani, D., Burton, C., Malanda, G., Saidu, Y., Sam, M., Hunter, L., 2010. Lion status updates from five range countries in West and Central Africa. Cat News 52:34–39

Hopcraft, J.G.C., Sinclair, A.R.E.& Packer, C. (2005). Planning for success: Serengeti lions seek prey accessibility rather than abundance. J. Anim Ecol . 74: 559–56

Hosmer, D. W.& Lemeshow, S. 1989. Applied logistic regressions. Wiley New York

IUCN, 2006. 2006 UICN Red List of Threatened Species. UICN Species Survival Mission, Gland

IUCN. 2006. Conservation strategy for the lion in West and Central Africa. IUCN SSC Cat Specialist Group, Douala, Cameroon

IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. Gland.

Jachmann, H., 2008. Illegal wildlife use and protected area management in Ghana. Biological Conservation 141: 1906–1918

Joubert, D. 1994. Lions of darkness. National Geographic 186: 33-53

Kays, R. W. & Patterson B. D. 2002: Mane variation in African lions and its social correlates. Can. J. Zool. 80: 471-478

Kissui, B. M. 2008, Livestock predation by lions, leopards, spotted hyenas, and their vulnerability to retaliatory killing in the Maasai steppe, Tanzania. Animal Conservation, 11: 422–432

Kruuk, H. & Turner, M. 1967.Comparative notes on predation by lions, leopard, cheetah & wild dog in the Serengeti area, E. Africa. Mammalia 31: 1-27

Kruuk, H. 1972. The spotted Hyena: A Study of Predation and Social Behavior. University of Chicago Press, Chicago

Leyhausen, P. 1988. The tame and the wild-another Just so story? In Kitchener, A. 1991. The Natural History of the Wild Cats. Christopher Helm, London, pp. XXI+290

Linnell, J.D.C., Aanes R., Swenson J.E., Odden J. & Smith. M.E. 1997. Translocation of carnivores as a method for managing problem animals: a review. Biodiversity and Conservation 6: 1245-1257

Loveland TR, Reed BC, Brown JF, Ohlen DO, Zhu J, Yang L., Merchant JW. 2000. Development of a Global Land Cover Characteristics Database and IGBP DISCover from, 1-km AVHRR Data. International Journal of Remote Sensing 2:1303-1330

Loveridge, A.J., T. Lynam & D.W. Macdonald, 2001. Lion Conservation Research: Survey Techniques, 2-3. Wildlife Conservation Research Unit, University of Oxford (UK), Russel Brookes Print Ltd.

Luiselli, L. 2006. Ecological modelling of convergence patterns between european and african“whip” snakes. Acta Oecologica 30: 62-68

Mac Donald, D.W. 1983. The ecology of carnivore social behaviour. Nature 301: 379-384.

Mac Donald, D.W. 1995. The Encyclopedia of Mammals. Eromeda, Oxford Ltd.

Malbrant, R. & A. Maclatchy, 1949. Faune de l’Equateur Africain Français. Tome II: Mammifères. Paul Lechevalier éditeur, Paris. 323 pp.

Mazák, J. H. 2010. Geographical variation and phylogenetics of modern lions based on craniometric data. Journal of Zoology 281: 194–209

Mésochina, P., Mamang-Kanga, J-B., Chardonnet, P., Mandjo, Y., Yaguémé, M. Statut de conservation du lion (*Panthera leo* Linnaeus, 1758) en Republique Centrafricaine. Bangui, pp. III+69

Mc Comb, K., Pusey, A.E., Packer, C., Grinnel, J. 1993. Female lion can identify infanticidal males from their roars. Proceedings of the Royal Society of London Biological Sciences 252: 59-64

Mc Comb, K., Packer, C., Pusey, A.E. 1994. Roaring e numerical assessment in contests between groups of female lions. Anim. Behav. 47:379-387

Mills, M.G.L 1985. Hyena survey of Kruger N.P., August-October 1984.IUCN/SSC Hyena Specialist Group Newsletter 2:15-25

Mills, M. G. L., and H. C. Biggs. 1993. Prey apportionment and related ecological relationships between large carnivores in Kruger National Park. Symposium of Zoological Society of London 65:253–268

Myers, N. 1975. The silent savannahs. International Wildlife 5: 5-10

Nowell K. & Jackson P., (Eds) 1996. Wild cats. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC Cat Specialist Group, IUCN, Gland, pp. XXIV + 382

Owens & Owens, 1984. The cry of the Kalahari. Houghton Mifflin, MA.

Packer, C. & Pusey A.E. 1983a. Cooperation e competition in lions. Nature: 302-356

Packer, C. & Pusey, A.E. 1983b. Adaption of female lions to infanticide by incoming males. Am. Nat.121: 716-728

Packer, C. 1986. The ecology of sociality in felids. In: Ecological aspects of social evolution. Rubenstein, D.I., Wrangham, RW (Eds). Princeton University Press, Princeton.

Packer, C., Herbst, L., Pusey, A.E., Bygott, J.D., Hanby, J.P., Cairns, S.J., Borgeoff-Mulder, M. 1988. Reproductive success of lions. In: Reproductive Success. T.H. Clutton- Brock (Ed). pp. 363-383

Packer, C. & Ruttan, L. 1988. The evolution of cooperative hunting. Am. Nat. 132: 159-198

Packer, C., Scheel, D. & Pusey, A.E. 1990. Why lions form groups: food is not enough. Am. Nat. 136: 1-19

Packer, C., Scheel, D. & Pusey, A.E. 1990. Why lions form groups: food is not enough. Am. Nat. 136: 1-19

Packer, C., Pusey, A.E., Rowley, H., Gilbert, D.A., Marteson, J., O'Brien, S.J.1991. Case study of a population bottleneck: lions of Ngorongoro Crater. Cons. Biol. 5: 219-230

Packer, C. 1992. Captives in the wild. National Geographic. 181: 122-136

Peterson, R. O., Thomas, N. J., Thurber, J. M., Vucetich, J. A. & Waite, T. A. 1998 Population limitation and the wolves of Isle Royale. J. Mammal. 79: 828–841

Pettorelli, N., A. L. Lobora, M. J. Msuha, C. Foley, S. M. Durant. 2010. Carnivore biodiversity in Tanzania: revealing the distribution patterns of secretive mammals using camera traps. Animal Conservation 13:131–139

Ray, J.C., Hunter, L.T.B. & Zigouris, J. 2005. Setting conservation and research priorities for larger African carnivores. WCS Working Paper 24. Wildlife Conservation Society, New York.

Redfern, J.V., Grant, R., Biggs, H.& Getz, W. M. 2003. Surface-water constraints on herbivore foraging in the Kruger National Park, South Africa. Ecology 84: 2092–2107

Reid, J. M., Arcese, P. & Keller, L. F. 2003 Inbreeding depresses immune response in song sparrows (*Melospiza melodia*): direct and inter-generational effects. Proc. R. Soc. Lond. B 270: 2151–2157

Riggio, J.S. 2011. The african lion (*Panthera leo leo*): A continent-wide species distribution study and population analysis. Masters project submitted in partial fulfillment of the

requirements for the Master of Environmental Management degree in the Nicholas School of the Environment of Duke University 2011

Roland W. K., & Patterson, B. D. 2002. Mane variation in African lions and its social Correlates Can. J. Zool. 80: 471–478

Schaller, G.B. 1972. The Serengeti Lion. University of Chicago Press, Chicago, Illinois

Scheel, D., Packer, C. 1991. Group hunting behaviour of lion: a search for cooperation. Animal Behav. 41: 697-709

Skinner, J. & Smithers, R.H.N. 1990. The Mammals of Southern African Regions. University of Pretoria. Pretoria.

Silveira, L., Ja´como, A. T.A., Diniz-Filho, J.A.F. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. Biological Conservation 114: 351–355

Smithers, R.H.N. 1983.The Mammals of Southern African Subregion. University of Pretoria. Pretoria.

Smuts, G.L. 1978. Effects of population reduction on the travels and reproduction of lions (*Panthera leo*) in Kruger National Park. Carnivore1:61–72.

Sogbohossou, E. A. 2011. Lions of West Africa : ecology of lion (*Panthera leo* Linnaeus 1975) populations and human-lion conflicts in Pendjari Biosphere Reserve, North Benin. Doctoral Thesis, Leiden University

Spong, G. 2002. Space use in lions, *Panthera leo*, in the Selous Game Reserve: social and ecological factors. Behavioural Ecology and Sociobiology 52: 303-307

Stander, P.E., 1990. A suggested management strategy for stock-raiding lions in Namibia. South African Journal of Wildlife Research 20: 37-43

Stander, P.E. 1991. Demography of lions in the Etosha National Park, Namibia. Madoqua 11: 1-9

Steer, P.E. 1992. Hunting success of lions in semi-arid enviroment. Symp. Zool. Soc. Lond. 65: 127-143

Steer, P.E e Steer, H. 1987. Characteristics of lions roars in in Etosha N.P..Madoqua 15: 315-318

Starfield, A.M., J.D. Shiell & G.L. Smuts, 1981. Simulation of lion control strategies in a large game reserve. Ecological Modelling 13: 17-28

Sugiura, N. 1978. Further analysis of the data by Akaike's information criterion and the finite corrections. Communications in Statistics - Theory and Methods A7: 13-26

Sunquist, M. E. & Sunquist, F. C. 1997. Ecological constraints on predation by large felids. In Riding the tiger: tiger conservation in human-dominated landscapes. Seidensticker, J., Christie, S.& Jackson, P. (Eds). London: Zoological Society of London and Cambridge University Press

Sunquist, M.& Sunquist, F. 2009. Family Felidae (cats). In Handbook of the Mammals of the World. Vol. I. Carnivores: 54-168. Wilson, D. E., Mittermeier, R. A. (Eds). Lynx Edicions, Barcelona.

Teixeira, J., Ferrand, N.& Arntzen, J.W. 2001. Biogeography of the golden-striped salamander *Chioglossa lusitanica*: a field survey and spatial modelling approach. Ecography 24: 618–624

Telloli V., 1999. Fattori influenzanti la struttura e la consistenza di popolazione dei leoni del Parco Nazionale Tarangire (Tanzania). Università di Pavia, anno accademico 1998/99. pp. 136

Valeix, M., Loveridge, A.J., Davidson, Z, Madzikanda, H., Fritz H.& Macdonald D.W. 2010. How key habitat features influence large terrestrial carnivore movements: waterholes and African lions in a semi-arid savanna of north-western Zimbabwe. Landscape Ecol . 25: 337–351

Van Der Werf, M. 2008. Lions (*Panthera leo*) of Amboseli National Park: A study on lion ecology in relation to conflict with livestock owners. MSc thesis, Leiden University, Leiden.

Vanleeuwé, H. & Gautier-Hion, A. 1998. Forest elephant paths and movements at the Odzala National Park, Congo: the role of clearings and Marantaceae forests. African Journal of Ecology 36: 174–182

Vapnik, V.N. 2000. The nature of statistical learning theory. Springer, Berlin.

Van Orsdol, K.G. 1982. Ranges e food habits of lions in Rwenzori N.P., Ugea. Symp. Zool. Soc. Lond. 49: 325-340

Von Bertalanffy, L. 1934. Untersuchen über die Gesetzlichkeiten des Wachstums. I. Roux'. Archiive Entwicklungsmech 131: 613–652

Von Bertalanffy, L. 1938) A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Human Biology 10: 181–213

Von Bertalanffy, L. 1951. Theoretische Biologie. Zweiter Band: Stoffwechsel, Wachstum. Bern: A. Franke A.G. Verlag, 418 pp.

Von Bertalanffy, L. 1964. Basic concepts in quantitative biology of metabolism. HelgolWiss Meeresunters 9: 5–37

White, F. 1983. The vegetation of Africa, a descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. UNESCO, Natural Resour. Res. 20: 1-356

Wilson, V.J., 1993. A zoological survey of Mole National Park, North-Western Ghana. Part 1, Large Mammals. Game and Wildlife DEPT/IUCN project 9786, Accra, Ghana. 87 pp.

Yamazaki, K. & Bwalya. T. 1999. Fatal lion attacks on local people in the Luangwa Valley, Eastern Zambia. South African Journal of Wildlife Research, 29: 19-21