Università degli Studi di Pavia
Dipartimento di Biologia Animale

AGGIORNAMENTO
CARTA FAUNISTICA
DELLA REGIONE SARDEGNA

Relazione conclusiva sulle ricerche su Pernice sarda e Lepre sarda

Marzo 2010

A cura di:

Alberto Meriggi, Marta Giordano, Maurizio Medda, Pietro Milanesi, Luca Nelli, Oreste Sacchi, Anna Vidus, Ugo Ziliani

INDICE:

Parte Prima: **Analisi Bibliografica**

- Raccolta bibliografica p. 1.2
- Stato della ricerca p. 1.3
- Conclusioni p. 1.10

Parte Seconda: **Distribuzione e Status**

- Premessa p. 2.2
- Pernice sarda p. 2.3
- Lepre sarda p. 2.6

Parte Terza: **Densità e dinamica delle popolazioni di Pernice sarda e lepre sarda**

- Aree di Studio p. 3.2
- Metodi p. 3.14
- Risultati p. 3.25
- Sintesi dei principali risultati p. 3.35
- Opere citate p. 3.26

Parte Quarta: **Analisi della Vitalità delle popolazioni**

- Introduzione p. 4.2
- Metodi p. 4.3
- Risultati p. 4.8
- Conclusioni p. 4.15

Parte Quinta: **Tendenza degli abbattimenti e Idoneità del territorio regionale**

- Metodi p. 5.2
- Risultati p. 5.5
  - Analisi di tendenza degli abbattimenti p. 5.5
  - Modelli di idoneità ambientale e idoneità del territorio p. 5.13
  - Opere citate p. 5.30

Parte Sesta: **Parametri riproduttivi della Lepre sarda**

- Premessa p. 6.2
- Metodi p. 6.4
- Risultati e discussione p. 6.5
- Conclusioni p. 6.8

Analisi Bibliografica

1.1 RACCOLTA BIBLIOGRAFICA

La ricerca di seguito esposta si propone di aggiornare l'analisi della bibliografia presentata nella Carta Faunistica Regionale (2005) relativa alle opere scientifiche pubblicate a livello nazionale ed internazionale su *Lepus capensis* e su *Alectoris barbara* per il periodo 1990-2003.

L'attuale aggiornamento dello stato delle conoscenze sulle due specie è stato definito su base bibliografica prendendo in considerazione i lavori pubblicati in ambito nazionale ed internazionale, in un intervallo temporale che va dal 2004 al 2010. La procedura adottata riprende quella adottata nel 2005 (v. Parte Seconda Carta Faunistica Regionale 2005) integrata con l'esame di atti di convegni e riviste e tesi di dottorato con diffusione internazionale.

In un primo momento era stato previsto di completare il quadro bibliografico anche con i diversi lavori svolti a livello provinciale a seguito delle gare pubbliche che le singole province hanno bandito dal 2005 al 2010; per questo motivo il 21 gennaio 2010 è stata inviata al Settore Ambiente di ogni Provincia e per conoscenza al Servizio Conservazione della Natura della Regione Sardegna la richiesta di acquisizione di un elenco dei lavori svolti in ambito provinciale. A seguito della richiesta ci sono pervenute due sole risposte (Medio Campidano e Carbonia-Iglesias) dove veniva comunicato che in nessuna delle due province sono stati effettuati lavori sulle specie oggetto di questo studio. Pertanto visto l'esito negativo l'aggiornamento del quadro bibliografico ha tenuto conto dei soli lavori pubblicati.

I lavori pubblicati sono stati classificati per:

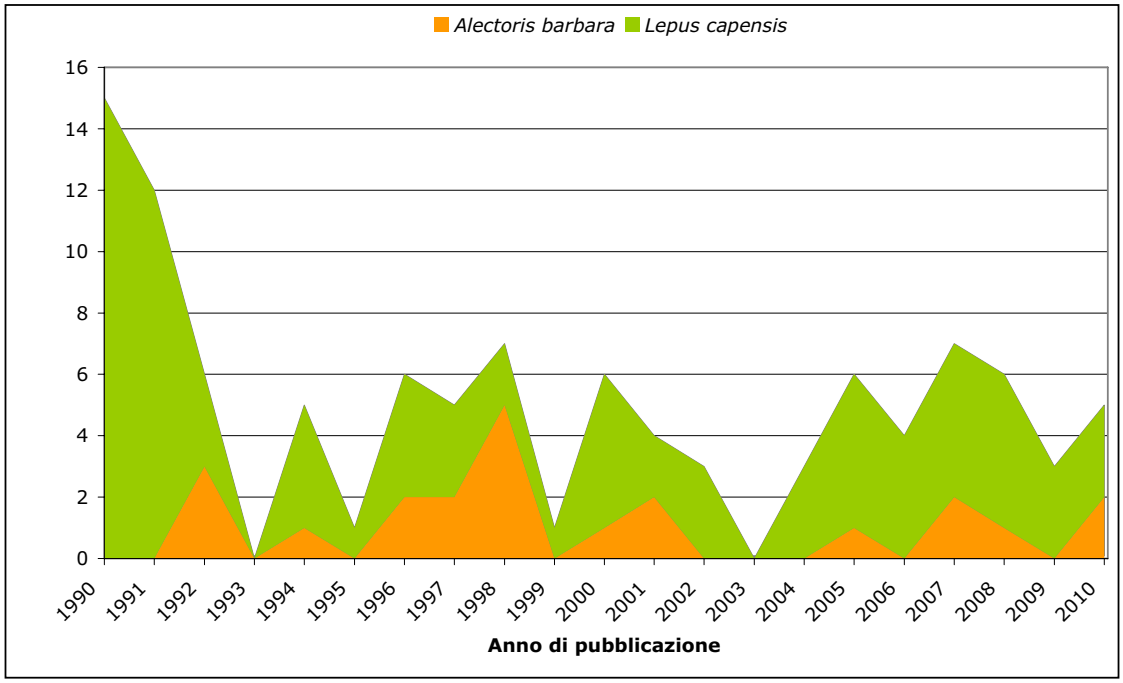
- anno di pubblicazione;
- paese di appartenenza degli autori;
- argomenti generali;

1.2 STATO DELLA RICERCA

Nell'arco di tempo 2004-2010 la ricerca bibliografica ha individuato nuovi 28 lavori pubblicati sulla Lepre e 6 sulla Pernice sarda.

Nella figura 1.1 viene messo a confronto l'andamento temporale della produzione scientifica per le due specie; sono stati inseriti per una continuità temporale anche i precedenti dati relativi al 1990-2003.

Figura 1.1 – Andamento negli anni dei lavori sulle specie oggetto d'indagine.

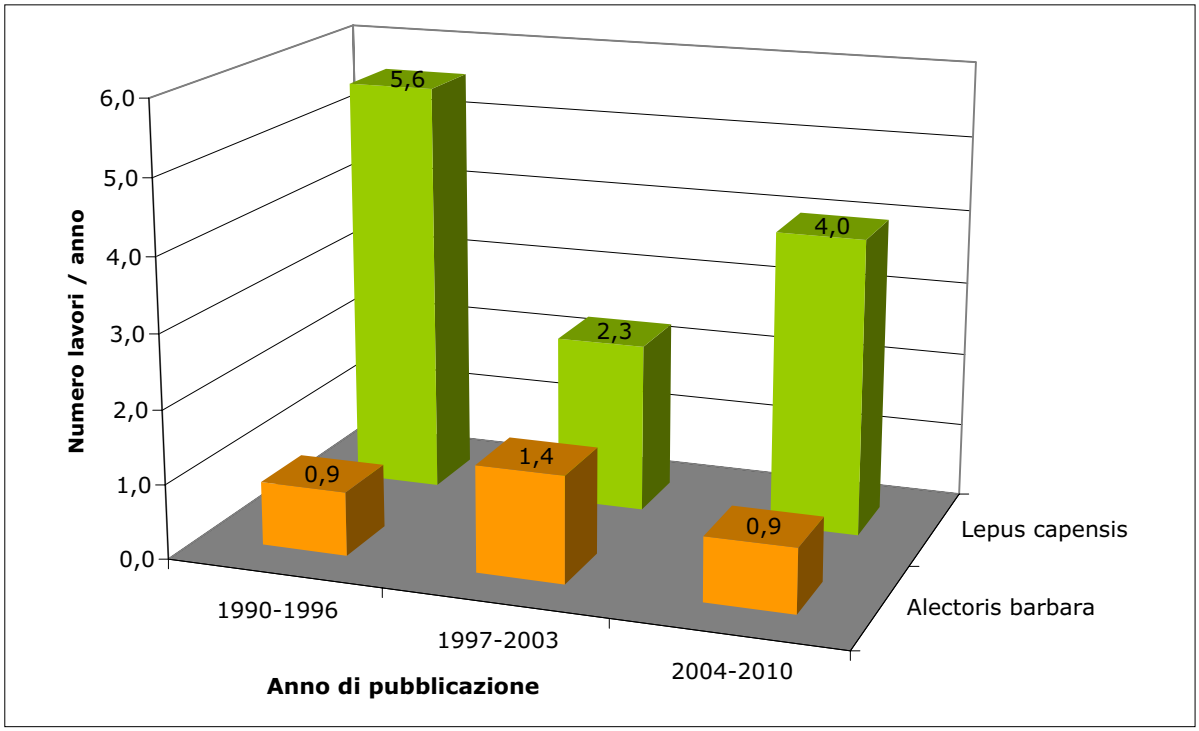


La scarsa regolarità nella pubblicazione dei lavori è evidente in entrambi i periodi analizzati ed in entrambe le specie; il numero medio delle pubblicazioni non varia di molto.

Nel periodo 2004-2010 si osserva un lieve calo per le pubblicazioni sulla Pernice sarda passando da 1,1 a 0,9 pubblicazioni/anno ed un lieve incremento per la Lepre passando da 3,9 a 4,0.

L'andamento irregolare viene confermato, soprattutto per la Lepre, anche analizzando medie di periodi più lunghi (Fig. 1.2).

Figura 1.2 – Media di pubblicazioni prodotte su periodi di 7 anni.



Nella Pernice sarda si vede una maggiore regolarità nelle pubblicazioni sui valori medi; questi valori sono bassi, oscillanti intorno ad una pubblicazione/anno, spesso per diversi anni non viene rilevato nessun lavoro.

Nella Lepre i valori variano molto sia fra i singoli anni che su medie per periodi più lunghi; si nota una certa ripresa delle pubblicazioni nel periodo più recente 2004-2010 con valori di 4 pubblicazioni/anno. Questi valori sono alti rispetto alla Pernice sarda ma occorre tenere presente che la specie *Lepus capensis* è diffusa in gran parte dell'Africa, nelle regioni meridionali della Russia e nella Cina settentrionale, pertanto molte delle pubblicazioni sono frutto di ricerche condotte al di fuori del territorio regionale.

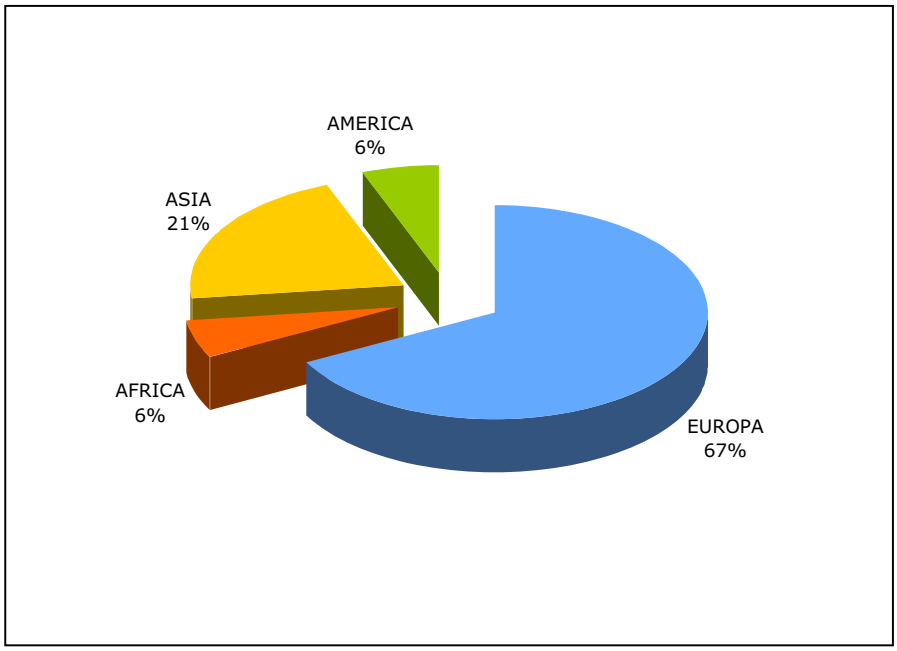
La ricerca delle pubblicazioni scientifiche selezionata per nazione ha complessivamente individuato, per la Pernice sarda nel periodo 2004-2010, solo 2 nazioni, Italia e Spagna, con 6 lavori totali effettuati: in Sardegna (5) e alle Canarie (1); per la Lepre invece 8 nazioni distribuite in 3 continenti, per un totale di 28 lavori.

Numerose sono le pubblicazioni con autori di differenti paesi, in questi casi l'attribuzione geografica del paese di origine è stata attribuita al primo autore.

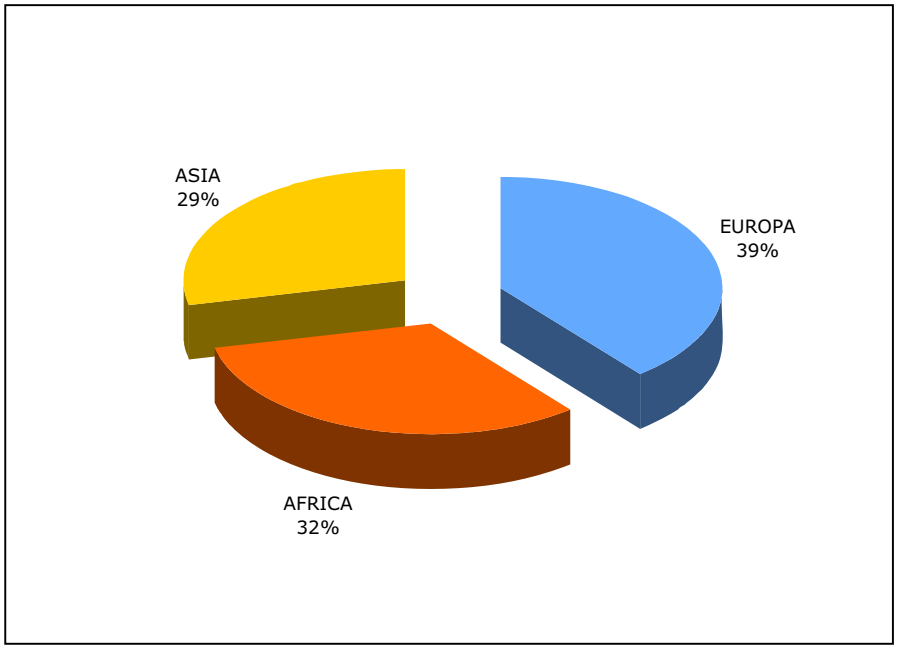
Vista la carenza di lavori sulla Pernice sarda, il confronto tra i due periodi di riferimento

(1990-2003 e 2004-2010) non viene indicato; mentre per la Lepre si evidenzia un forte incremento nei lavori realizzati da nazioni africane: Tunisia (56 %) e Sud Africa (44 %) e un decremento in quelli prodotti dagli stati europei (Fig. 1.3).

Figura 1.3 – Distribuzione percentuale nei due periodi in esame dei lavori pubblicati sulla Lepre nei diversi Paesi.



1990-2003

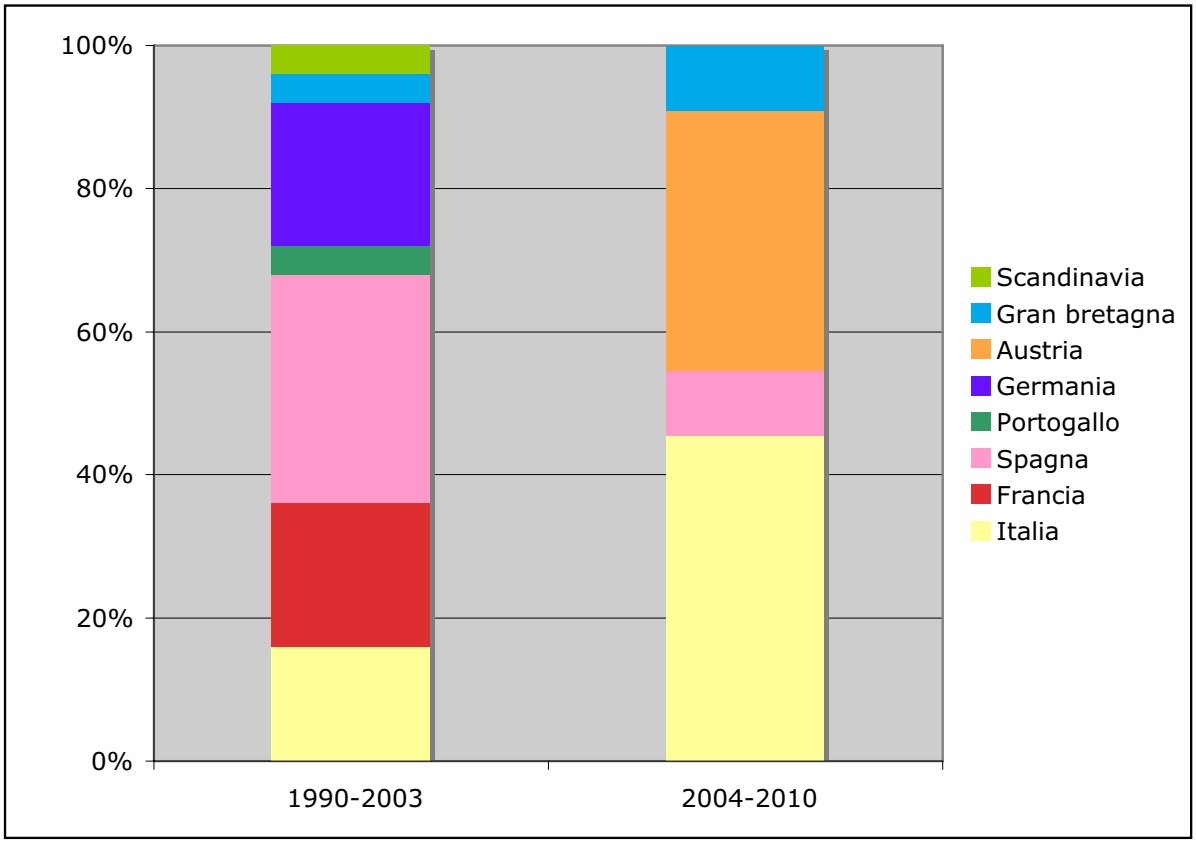


2004-2010

L'incremento percentuale della componente asiatica è riferibile principalmente alla Cina (63 %) e in misura minore aalla Turchia (25 %) e al Pakistan (12 %).

Il confronto è stato eseguito anche sulla sola componente europea per individuare gli stati membri che maggiormente hanno contribuito alla conoscenza della specie. (Fig. 1.4).

Figura 1.4 – Sforzo di ricerca sulla Lepre dei diversi Paesi Europei



La prima osservazione, tra il periodo precedente e il nuovo considerato, è la marcata riduzione del numero delle pubblicazioni; questa riduzione però è difficilmente valutabile in quanto il confronto è relativo a due periodi temporali molto diversi (il primo di 14 anni e il secondo di 7). La seconda è la riduzione del numero di stati europei che hanno contribuito; fra questi l'Italia ha dato un rilevante contributo (oltre il 40% dei contributi europei) insieme all'Austria, alla Gran Bretagna e alla Spagna.

Le pubblicazioni italiane sulla Lepre aumentano dal 8% al 18% del totale delle pubblicazioni nei due periodi.

Per quanto riguarda gli argomenti delle ricerche pubblicate sulla Lepre, sono stati mantenuti i 9 gruppi di interesse già individuati nella precedente stesura della Carta Faunistica della Sardegna:

- Ecologia
- Etologia
- Fisiologia
- Patologia
- Genetica
- Gestione
- Alimentazione
- Metodi di ricerca
- Altro

Il confronto tra i due periodi di riferimento mette in evidenza una certa uniformità nei gruppi di maggiore interesse (Fig. 1.5). A livello di gruppo di interesse, si osserva, invece, un forte calo delle pubblicazioni riguardanti la patologia e in misura minore quelli relativi alla fisiologia.

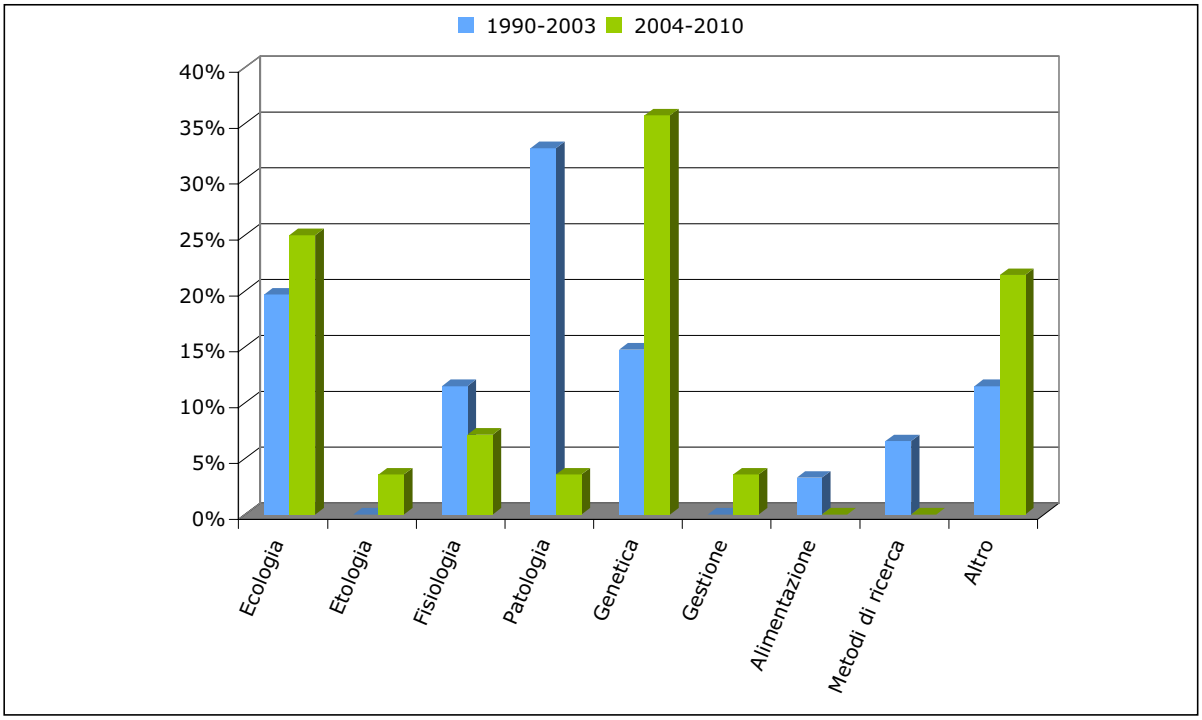
L'argomento che più ha interessato i ricercatori in questi ultimi sei anni sembra essere quello relativo alla genetica. La tendenza ad un aumento dei lavori di genetica era già stato rilevato negli ultimi anni relativi all'indagine scorsa.

Si registra anche un leggero incremento dei lavori sull'ecologia con finalità gestionali e sull'etologia della specie.

Nell'ultimo periodo di riferimento non compaiono pubblicazioni su Alimentazione e Metodi di ricerca, pur rimanendo, quest'ultimo, un aspetto importante per la gestione della Lepre in Sardegna.

Gli argomenti trattati nelle 5 pubblicazioni italiane (2004-2010) rispecchiano l'andamento generale del periodo, riguardano principalmente la genetica (60%) e l'ecologia (40%). Queste pubblicazioni sono le sole riguardanti la Lepre sarda (*Lepus capensis mediterraneus*).

Figura 1.5 – Distribuzione dei lavori sulla Lepre per argomento

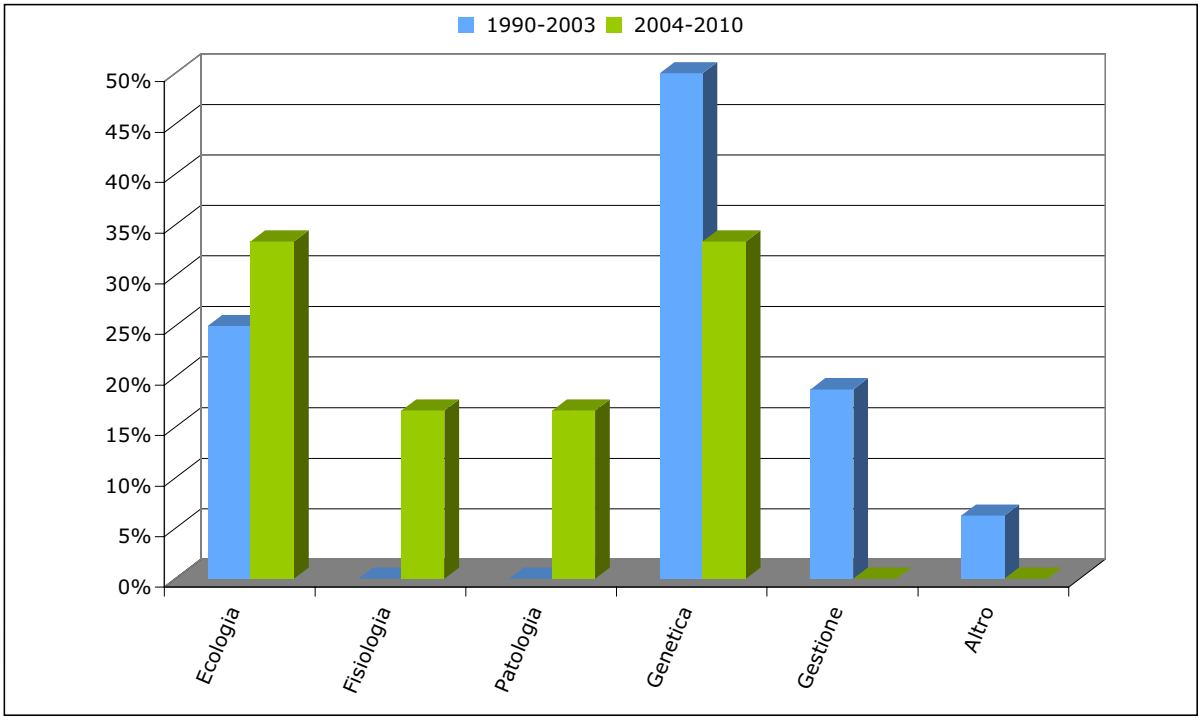


Per quanto riguarda la Pernice sarda, per il periodo indagato (2004-2010), i lavori pubblicati sono solamente 6 di cui l'80 % sono italiane e riguardanti il territorio regionale.

Questo numero di pubblicazioni, ovviamente, è molto basso e poco significativo per essere commentato; viene comunque confermata la tendenza ad un maggior numero di lavori di genetica e di ecologia rispetto agli altri argomenti (già rilevata nel periodo scorso 1990-2003) pur registrando un calo rispetto al periodo precedente per i lavori di genetica.

In quest'ultimo periodo di riferimento emergono nuovi lavori relativi alla fisiologia e patologia della specie.

Figura 1.6 – Distribuzione dei lavori sulla Pernice sarda per argomento



1.3 CONCLUSIONI

Dal confronto fra i due periodi si evidenzia in primo luogo il dato positivo del maggior contributo italiano alle ricerche sulle due specie considerate. Iniziano a prevalere lavori genetici ed ecologici finalizzati alla conoscenza, gestione e conservazione delle specie.

Si evidenzia ancora, come già rilevato durante la scarsa indagine, la scarsa diffusione dei risultati delle ricerche sia a livello nazionale che internazionale. Alcune ricerche vengono svolte sul territorio dalle Amministrazioni Provinciali ma i risultati da una parte non si concretizzano in pubblicazioni dall'altra non ricevono una divulgazione appropriata.

I lavori commissionati dalle Amministrazioni Provinciali generalmente hanno un interesse gestionale, i lavori di monitoraggio delle specie generalmente producono informazioni sulla distribuzione e densità, sui parametri demografici delle popolazioni e se ripetuti negli anni identificano lo status delle popolazioni stesse. E' quindi auspicabile che le Amministrazioni attuino il più possibile la divulgazione dei lavori finanziati, oggigiorno resa più facile attraverso la pubblicazione degli stessi sui siti internet delle Amministrazioni.

Per quanto non si tratti di lavori prettamente di carattere scientifico, la loro divulgazione arricchisce la conoscenza sulle specie, evidenzia le esperienze maturate dalle singole Amministrazioni e rende questi Enti un punto di riferimento per una visione generale della situazione territoriale regionale e delle priorità da adottare per la conservazione e gestione.

Sulla base delle analisi fin qui svolte, le considerazioni finali non possono che auspicare, come nella Carta Faunistica della Sardegna del 2005, un forte incremento della ricerca sulle due specie, in particolar modo sulla lepre sarda, indirizzata in primo luogo alla demografia e interazioni habitat-popolazioni al fine di valutare gli effetti delle modificazioni ambientali, alla programmazione del prelievo ed all'analisi della vitalità delle popolazioni (Population Viability Analysis); in secondo luogo ai metodi di monitoraggio e all'analisi dei dati al fine di poter individuare da una parte i metodi che restituiscono stime di densità migliori a livello di accuratezza e precisione, dall'altra individuare, tra i metodi selezionati, quelli che da un punto di vista concreto ed economico (cioè che identificano lo sforzo di ricerca) meglio si prestano per una gestione attiva da parte dell'Amministrazione. La continua divulgazione e il confronto dei lavori prodotti sono gli unici elementi che possono portare la Regione a fornire linee guida per la gestione e conservazione del patrimonio pubblico "fauna".

Distribuzione e Status

2.1 PREMESSA

L'aggiornamento della distribuzione della Lepre e Pernice sarda è stato affrontato, come nella prima stesura della Carta delle Vocazioni Faunistiche, su base comunale utilizzando informazioni diverse provenienti sia dalla presenza o assenza di capi abbattuti nelle autogestite, sia dai censimenti effettuati nelle aree campione utilizzate in questo studio, sia dalle osservazioni registrate occasionalmente nel corso dell'indagine. L'abbondanza delle due specie e l'andamento nel corso degli anni sono stati analizzati attraverso i dati di abbattimento registrati nel corso delle stagioni venatorie da quella del 2001-2002 a quella del 2008-2009.

Le due specie, a distanza di cinque anni dagli ultimi rilievi, confermano una distribuzione quasi uniforme sull'intero territorio regionale; le aree dove pernice e lepre risultano assenti sono per lo più localizzate in alcuni comuni del Cagliaritano e dell'Oristanese. Invece, l'assenza attribuita ai territori ricadenti nelle province di Olbia e Tempio e di Sassari è dovuta a dati mancanti. Infine, un'indagine condotta sulla presenza delle due specie nelle isole minori (Isole di Budelli, Caprera, Molara, Razzoli, S.Maria, S.Stefano, Spargi, del Toro e della Vacca), attraverso le informazioni trasmesse da referenti locali, ha confermato la loro assenza tranne per l'isola di Maldiventre dove viene data per presente la pernice sarda (D.Ruiu com. pers.).

Per quanto la distribuzione sia praticamente uniforme è solamente a livello di densità che è possibile distinguere differenze nei diversi comparti della Regione. Come già emerso nella prima stesura della Carta delle Vocazioni, in diverse realtà le consistenze delle popolazioni non sempre raggiungono i valori ottimali; questo è particolarmente evidente per la lepre.

Partendo dai risultati emersi nel 2005 è stato analizzato l'andamento delle consistenze delle popolazioni di lepre e pernice sarda; andamento che, in particolar modo per la lepre, appare particolarmente negativo.

Su 216 comuni con presenza della lepre sia nel 2005, sia nel 2009, l'analisi dei valori di densità di abbattimento mostra un marcato decremento per 128 comuni: decremento medio 47,25% (DS 28,993; min 0,97; max 96,67) e un incremento per 88 comuni: incremento medio 155,49% (DS 261,17; min 0,85; max 1831,03). La situazione è analoga anche per la pernice sarda dove su 211 comuni, che nel 2005 e nel 2009 registravano la presenza della specie, il 55% ha evidenziato un decremento medio del 48,69% (DS 24,82; min 2,81; max 97,72) e il 45% ha registrato un incremento medio di 136,91 (DS 197,79; min 0,65; max 1100). L'analisi di questo aspetto viene commentata di seguito, assieme alla distribuzione.

2.2 PERNICE SARDA

L'areale di distribuzione della Pernice sarda continua a rimanere sostanzialmente uniforme in tutta la Regione. La presenza della specie, infatti, viene confermata in 299 comuni implementando la sua presenza in altri 37 comuni rispetto alla situazione presentata nel 2005. Quindi con un areale di 19.533 kmq pari all'81,1 % della superficie regionale.

Le densità di abbattimento variano secondo la localizzazione delle autogestite e mediamente si attestano intorno a 6,6 pernici per kmq (DS=11,11; min 0; max 72,54) con un decremento rispetto al 2005 del 13,16 %.

La Pernice sarda continua a risultare presente e abbondante in diverse realtà dell'isola confermando il Sulcis-Iglesiente, la Marmilla, il Mandrolisai, il Sarcidano, l'Ogliastra e l'altopiano di Campeda fino alla Nurra come i territori ancora idonei alla specie. (Figg. 2.1-2.2).

In provincia di Cagliari le densità maggiori vengono registrate nel settore settentrionale; in particolare nei comuni di Mandas, Nurri, Esterzili, Isili e Sadali dove si annotano densità comprese tra i 12 e i 30 individui per kmq e nel settore orientale con i comuni di Uta e Siliqua al confine con la provincia di Carbonia-Iglesias.

Quest'ultima presenta una densità di abbattimento a livello provinciale maggiore a quella regionale: 7,24 pernici per kmq (DS=5,35; min 0,00; max 20,00) Le densità maggiori si registrano soprattutto nel settore centro-meridionale con valori compresi tra i 5 e i 20 individui per kmq. Gli abbattimenti più consistenti sono effettuati nelle autogestite ricadenti nei comuni di Nuxis, Narcao, Perdaxius e S.Antioco.

Una situazione soddisfacente, ma con diverse differenze nella densità, si osserva nei comuni confinanti delle province del Medio Campidano e di Oristano; in Marmilla: Collinas, Siddi, Lunamatrona e nel settore più settentrionale della giara di Gesturi, rappresentato dai comuni di Genoni, Nureci, Senis e Assolo. Densità particolarmente elevate sono registrate nel comune di Gonnostramatza (più di 40 individui per kmq), e nei comuni di Mogoro, Masullas, Gonnoscodina e in quelli ricadenti nel settore orientale del Monte Arci ma con densità meno importanti. La situazione è simile anche nei comuni di Buschi, Samugheo e Fordongianus che raggiungono densità comprese tra 8 e 25 individui per kmq.

Un altro comprensorio che si conferma importante per la specie è la parte nord-occidentale della provincia di Oristano; si tratta di comuni costieri che hanno mantenuto elementi naturali e che sono collegati con le pendici del MontiFerru.

Nel Medio Campidano la specie è presente su tutto il territorio provinciale ma con densità di abbattimento inferiori alla media regionale: densità media 4,33 (DS=7,83; min 0,00; max 41,07) i valori di abbondanza più elevati ricadono in solo tre comuni: Sanluri, S.Gavino e Collinas. Nei comuni costieri, pur essendo poco antropizzati, gli abbattimenti non raggiungono i 3 individui per kmq.

Una buona situazione si registra anche nella Provincia dell'Ogliastra, con valori medi di poco superiori a quello regionale: 7,3 pernici per kmq (DS=4,88; min 0,00; max 20,35), in particolare nelle porzioni collinari del Sarcidano. Le abbondanze più elevate di Pernice sarda sono state registrate nei comuni di Seui, Glassai, Ierzu e in quelli ricadenti nella porzione settentrionale: Villagrande e Talana.

La Pernice sarda appare meno abbondante nella provincia di Nuoro, raggiungendo valori medi di densità, a livello provinciale, di 3,3 pernici per kmq (DS=3,52; min 0,00; max 16,09). Per il settore sud-occidentale della provincia le abbondanze maggiori si registrano nei comuni di Ortueri e Sorgono seguiti dai comuni di Tonara, Tiana, Teti e Austis; per la parte centrale si evidenzia il comune di Oliena, più a nord il comune di Lodè.

Rispetto alla situazione del 2005 il settore orientale della provincia di Nuoro mostra in diversi comuni un decremento nel numero di capi abbattuti, questa situazione è ben visibile per il comune di Dorgali, Galtelli e Loculi.

Per quanto riguarda la provincia di Olbia-Tempio, purtroppo i dati recuperati sono incompleti se non del tutto assenti per numerose autogestite. Fondamentalmente vengono confermati, nei loro valori di abbondanza, il comune di Olbia e di Aglientu con densità di abbattimento divariabili da 5 a 15 individui per kmq. Una buona situazione si presenta anche per i comuni di Telti e Luras.

Infine, nella provincia di Sassari, viene confermato il settore occidentale con i comuni costieri e interni; da Alghero a Putifigari fino a Florinas e Banari con valori medi registrati di 11,70 pernici per kmq. Complessivamente, considerando anche i comuni limitrofi, in questa provincia si identifica un comprensorio importante per la specie di 646,43 Kmq.

Distribuzione della Pernice sarda a livello comunale per gradi di abbondanza

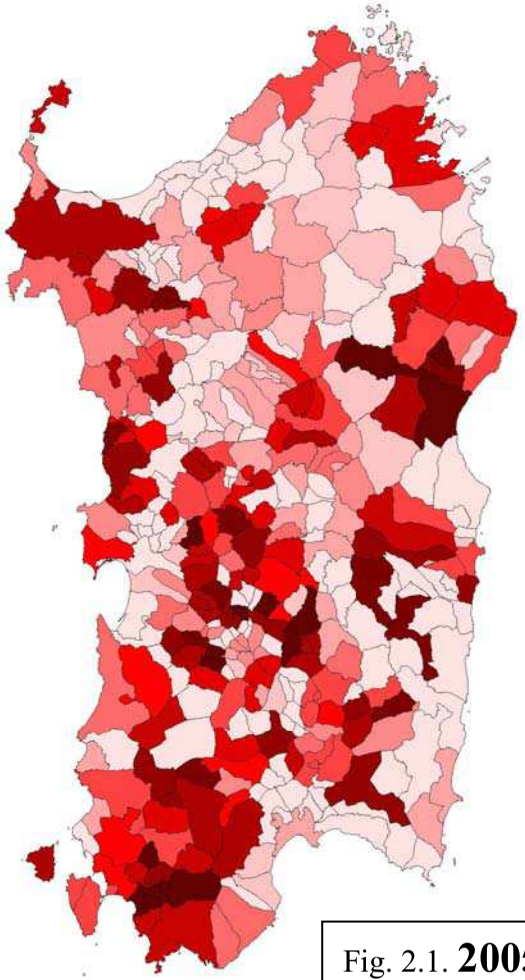


Fig. 2.1. **2005**

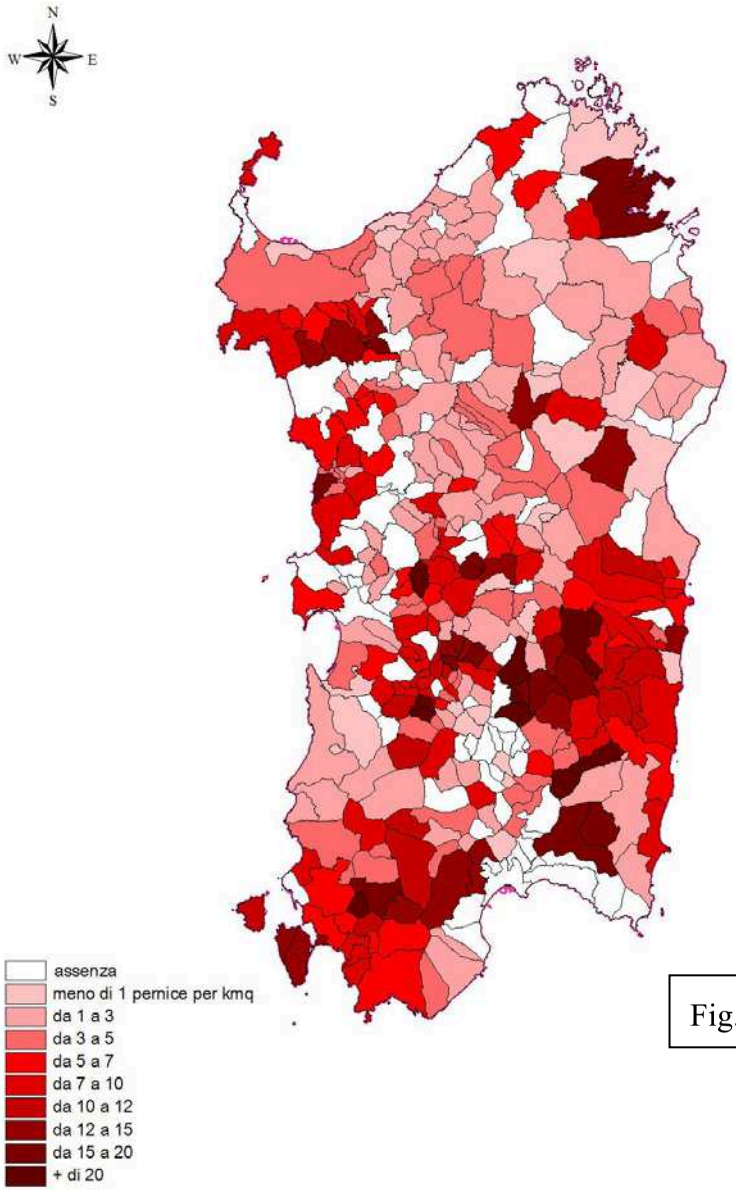


Fig. 2.2. **2009**

2.2 LEPRE SARDA

L'areale di distribuzione della Lepre sarda è da considerarsi sostanzialmente uniforme in tutta la Regione come lo era nella prima stesura della Carta delle Vocazioni Faunistiche (2005). La specie è presente dalla pianura alla montagna, in tutti gli ambienti, ovviamente con diversi livelli di abbondanza e con l'eccezione dei centri abitati e delle zone industriali. La presenza della lepre, rispetto alla situazione presentata nel 2005, viene confermata in 310 comuni implementando la sua presenza in altri 52 comuni, quindi con un areale di 20.438 kmq pari all'88,8 % della superficie regionale (Figg. 2.3-2.4).

Le densità di abbattimento della lepre variano secondo la localizzazione delle autogestite, anche se non ci sono differenze evidenti come per gli abbattimenti di pernice. Considerando solamente le autogestite dove sono indicati animali abbattuti, mediamente a livello regionale i valori si attestano intorno a 1,61 lepri per kmq (DS=1,57; min 0,03; max 11,09) con un decremento rispetto al 2005 del 19,5 %. Consistenze basse erano già state messe in evidenza nella Carta delle Vocazioni precedente evidenziando l'insufficienza delle conoscenze sulla biologia ed ecologia della sottospecie sarda utili per chiarire se effettivamente si poteva affermare che le popolazioni fossero in declino. Dal 2005 a oggi sono stati pubblicati articoli scientifici sulla variabilità genetica e contributi preliminari a convegni sull'ecologia della lepre sarda. Non sono state prodotte ricerche sulla dinamica di popolazione e sui parametri demografici della specie (vedi capitolo 1 su Bibliografia). Dall'analisi delle caratteristiche riproduttive della lepre sarda in allevamento emerge in maniera evidente il numero ridotto di nuovi nati per parto rispetto alla lepre europea, pur compensato con un numero elevato di parti. La pressione dei predatori, selvatici e non, da una parte, e il costante fenomeno del bracconaggio, dall'altra, probabilmente incidono fortemente sulle densità. E' evidente che sono auspicabili studi indirizzati alla conoscenza delle caratteristiche riproduttive e dei parametri demografici come la mortalità, la dispersione e la natalità.

Proprio in considerazione delle sue consistenze basse, a livello regionale emergono immediatamente i territori in cui sono state registrate le abbondanze più elevate: per un confronto con la situazione descritta nel 2005 ne consegue che i comuni in cui sono stati registrati dati di abbattimento maggiori di 8 lepri per kmq risultano essere solo 3 (tenendo in considerazione anche la situazione unica e particolare dell'Asinara) con una riduzione, quindi, del 50% rispetto al 2005. Le tre aree ricadono: nell'isola dell'Asinara, nel comune di Tresnuraghes e nel comune di Oniferi.

Le zone con densità di abbattimento superiori a 5 lepri per kmq, a parte le tre appena citate, sono 16 di cui quasi la metà rientranti nella provincia di Cagliari.

Questa, infatti, risulta essere la provincia con ancora diversi comuni che presentano una discreta consistenza delle popolazioni di lepre sarda. Campidano di Cagliari, Sarrabus, Gerrei e parte meridionale del Sarcidano, infatti risultano essere realtà dove la specie raggiunge densità medie di 3,5 lepri per kmq (DS=1,52; min 1,20; max 6,51). In particolare confrontando la situazione registrata nel 2005 i comuni di Escalaplano, Ballao e Armungia confermano un buono status della specie, come anche i comuni di Isili, Serri, Escolca e Mandas con densità medie di 5,38 lepri per kmq. Un decremento si osserva nel settore centrale della provincia: Campidano e Parteolla. Nel settore occidentale della provincia la situazione è discreta nei comuni di Assemini e Uta.

Aree con discrete popolazioni di lepri si trovano nel Sulcis, nei comuni di Carbonia, San Giovanni Suergiu e Perdaxius confermando, per questi comuni, la situazione osservata nel 2005. Ciò nonostante, a parte il comune di Perdaxius, si registra un minor numero di individui abbattuti nelle autogestite. Questa diminuzione, rispetto al 2005, si osserva ancor meglio negli altri comuni della provincia di Carbonia-Iglesias; in particolare nell'Iglesiente che raggiunge un valore medio di densità di 0,6 lepri per kmq.

Densità generalmente scarse si osservano nella provincia del Medio Campidano; i comuni occidentali mostrano un decremento medio, rispetto alla situazione registrata nel 2005, del 51%. L'unico comune dove si osserva un incremento rispetto alla Carta precedente è il comune di Sanluri dove la densità passa da 4,12 a 6,29 lepri per kmq. Mediamente la densità provinciale risulta di 0,9 lepri per kmq (DS=1,15; min 0,00; max 6,29).

Rispetto agli ultimi cinque anni anche nella provincia di Oristano la consistenza delle popolazioni di lepre sarda sembra essere fortemente calata. I comuni ricadenti nel Campidano, in Marmilla, nel Barigadu e nei territori dell'Oristanese assieme alle zone costiere del Montiferru e della Planargia rappresentavano realtà importanti per la lepre sarda; la situazione attuale conferma ancora i territori indicati ma con un ridotto numero dei comuni con densità di abbattimento elevata. In particolare si osserva per il Campidano solamente il comune di Mogoro, per la Marmilla i comuni di Baradili, Sini, Gonnosnò e Albagiara; per il Barigadu il solo comune di Fordongianus e per la Planargia il comune di Tresnuraghes.

Nella provincia dell'Ogliastra, per quanto l'abbondanza della lepre risulti ancora discreta, le realtà migliori si osservano nei comuni di Seui, Barisardo e Perdasdefagu con densità medie di 5,2 lepri per kmq.

Nella provincia di Nuoro i territori con densità più elevate si riferiscono ai comuni barbaricini di Orani e Oniferi; quest'ultimo rappresenta uno dei tre comuni sardi dove si registrano densità di abbattimento maggiori di 8 lepri per kmq. Nel Nuorese il comune di Orune registra densità di abbattimento di 5,7 lepri per kmq, nelle Baronie e nel Supramonte i soli comuni che superano le 2 lepri per kmq sono rispettivamente Siniscola e Oliena.

Per quanto riguarda il settore settentrionale della Regione, consistenze apprezzabili si registrano, per la provincia di Sassari, nei comuni di Banari, Bessude e in particolare nell'isola dell'Asinara che, per la sua istituzione a Parco Nazionale, esula dal contesto generale sull'analisi dello status della specie realizzata principalmente dai dati di abbattimento. Nel distretto meridionale della provincia sono ancora presenti porzioni di territorio dove l'abbondanza della specie è ancora su valori buoni, mediamente di 3,6 lepri, su una superficie di circa 200 kmq comprendente i comuni di Bonorva e Cossoine.

Infine, per quanto riguarda la provincia di Olbia-Tempio, l'attuale consistenza delle popolazioni di lepre sarda risulta di difficile analisi in quanto i dati relativi agli abbattimenti nelle autogestite sono risultati incompleti se non addirittura assenti. Pertanto se da una parte la distribuzione della specie risulta uniforme dall'altra le consistenze delle popolazioni a livello comunale sono da confermare. Nel corso della stesura della Carta delle Vocazioni Faunistiche del 2005 la Gallura era risultata il distretto con le abbondanze più elevate, in particolare nei comuni di Aglientu, S.Teresa di Gallura e Olbia. A parte Olbia, nella situazione attuale vengono riconfermati gli altri due comuni con l'inclusione di Golfo Aranci. In questi tre comuni si registrano densità medie di 2,6 lepri per kmq, e di poco inferiori nel comune di Loiri Porto San Paolo. La specie risulta assente nell'arcipelago della Maddalena.

Distribuzione della Lepre sarda a livello comunale per gradi d'abbondanza

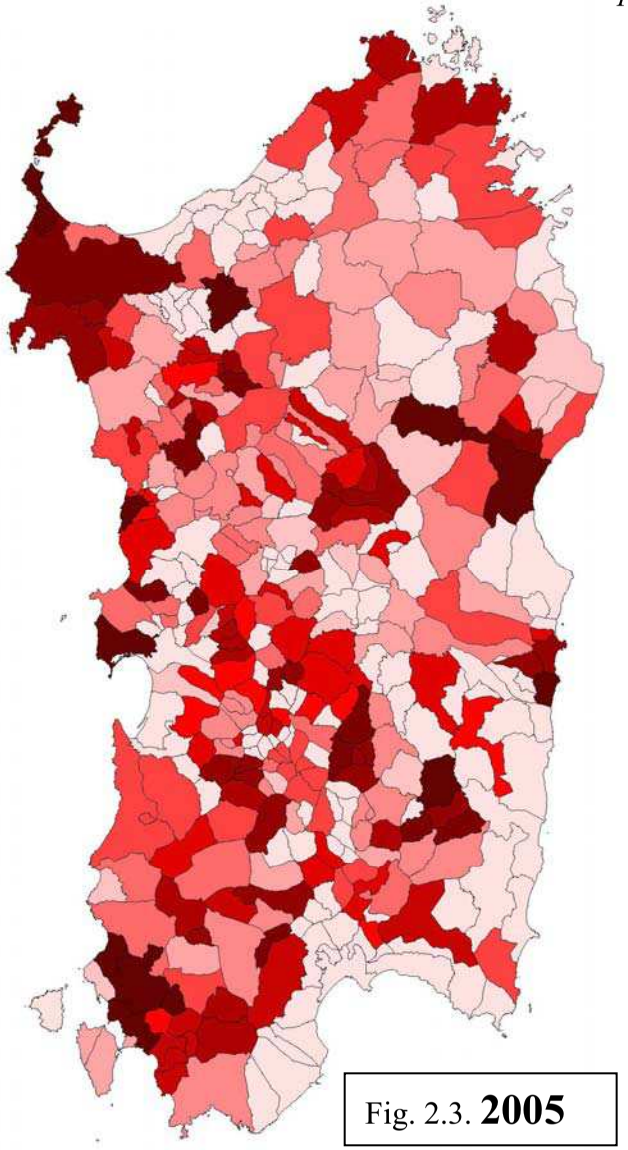


Fig. 2.3. **2005**

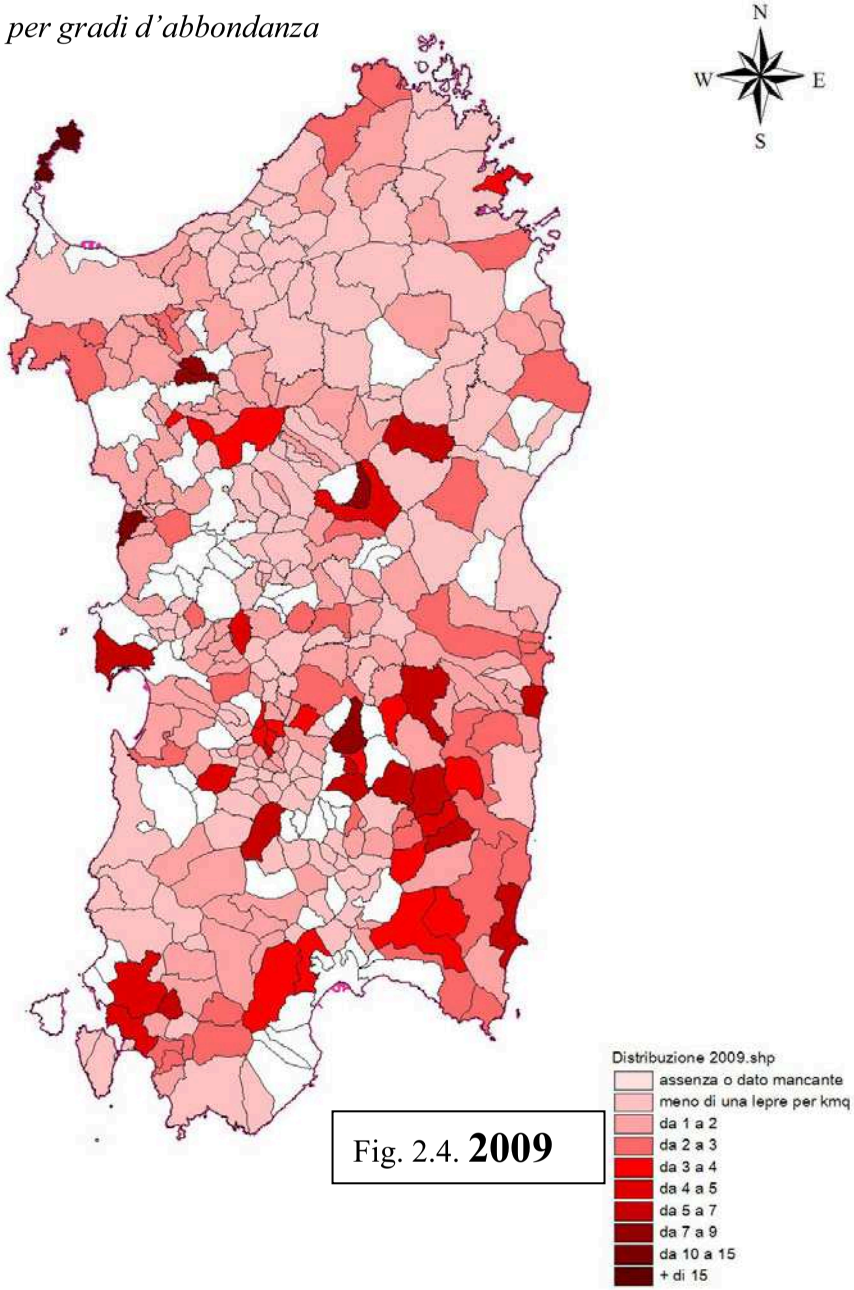


Fig. 2.4. **2009**

Densità e dinamica delle popolazioni di Pernice sarda e Lepre sarda

Dipartimento di Biologia Animale – Università degli Studi di Pavia

3.1 AREE DI STUDIO

Per poter valutare gli effetti del prelievo venatorio sulle densità e sulla produttività delle popolazioni di Pernice sarda e Lepre sarda presenti sul territorio della Regione Sardegna sono state selezionate 8 aree di studio; in particolare quattro zone protette: le Oasi Permanenti di Protezione Faunistica di Assai e Capo Nieddu e le ZTRC di Pranta Ladas e Simala; e quattro autogestite (Nughedu Santa Vittoria, Marrargiu, Perdaxius, San Michele). Le autogestite ricadono nei territori limitrofi alle zone protette con la seguente combinazione: Capo Nieddu-Marrargiu; Assai-Nughedu Santa Vittoria; Simala-San Michele; Pranta Ladas-Perdaxius.

A queste aree, solo per la Lepre sarda, sono state aggiunte altre tre aree con divieto di caccia: le ZTRC di Samatzai, di San Basilio e di Villasalto. Tutte le aree di studio sono state monitorate sia nel 2009, sia nel 2010. Le 11 aree di studio accrescono il campionamento effettuato nella prima stesura della carta faunistica (Fig. 3.2) in particolar modo per la Lepre sarda (Fig. 3.1 e Tab. 3.1). Le nuove aree ricadono principalmente nelle Unità Ambientali Omogenee (individuate dall'analisi ambientale del territorio regionale effettuata per la redazione della Carta Faunistica regionale), caratterizzate da una parte da territori coltivati e pascolati dall'altra da territori con presenza di coltivi ma con prevalenza di ambienti naturali. Le aree di studio ricadono principalmente nelle UAO relative agli ambienti caratterizzati da *seminativi con spazi naturali a macchia* (UAO n.8; 26,6%), da *seminativi cerealicoli e foraggiere* (UAO n. 7; 20,3%); da *Colture permanenti con presenza di spazi naturali a bosco* (UAO n. 4; 18,7%) e agli ambienti caratterizzati da *Spazi naturali a macchia, bosco e pascolo* (UAO n. 10; 15,6%). In misura minore ricadono anche nelle altre UAO ad esclusione di quelle relative ai territori di montagna (praterie d'alta quota), delle zone lacustri e delle aree sabbiose.

La prima coppia di aree di studio (Caponieddu e Marrargiu; Figg. 3.2 - 3.3) si trova in Provincia di Oristano sulla fascia costiera a nord di Oristano. L'oasi di Caponieddu era già stata monitorata nel corso della Carta del 2005 mostrando una buona consistenza sia di pernice sarda sia di lepre. L'oasi si trova sulla fascia costiera ed è caratterizzata da seminativi e foraggere (54,12%) e da spazi naturali a macchia mediterranea (28,91%). L'autogestita di riferimento (Marrargiu) ricadente nel Comune di Tresnuraghes presenta caratteristiche ambientali, a livello dei macro ambienti) simili: Seminativi (41,57%) e spazi naturali a macchia mediterranea (25,55).

Figura 3.1 – Distribuzione delle aree di studio campione (2009-10)

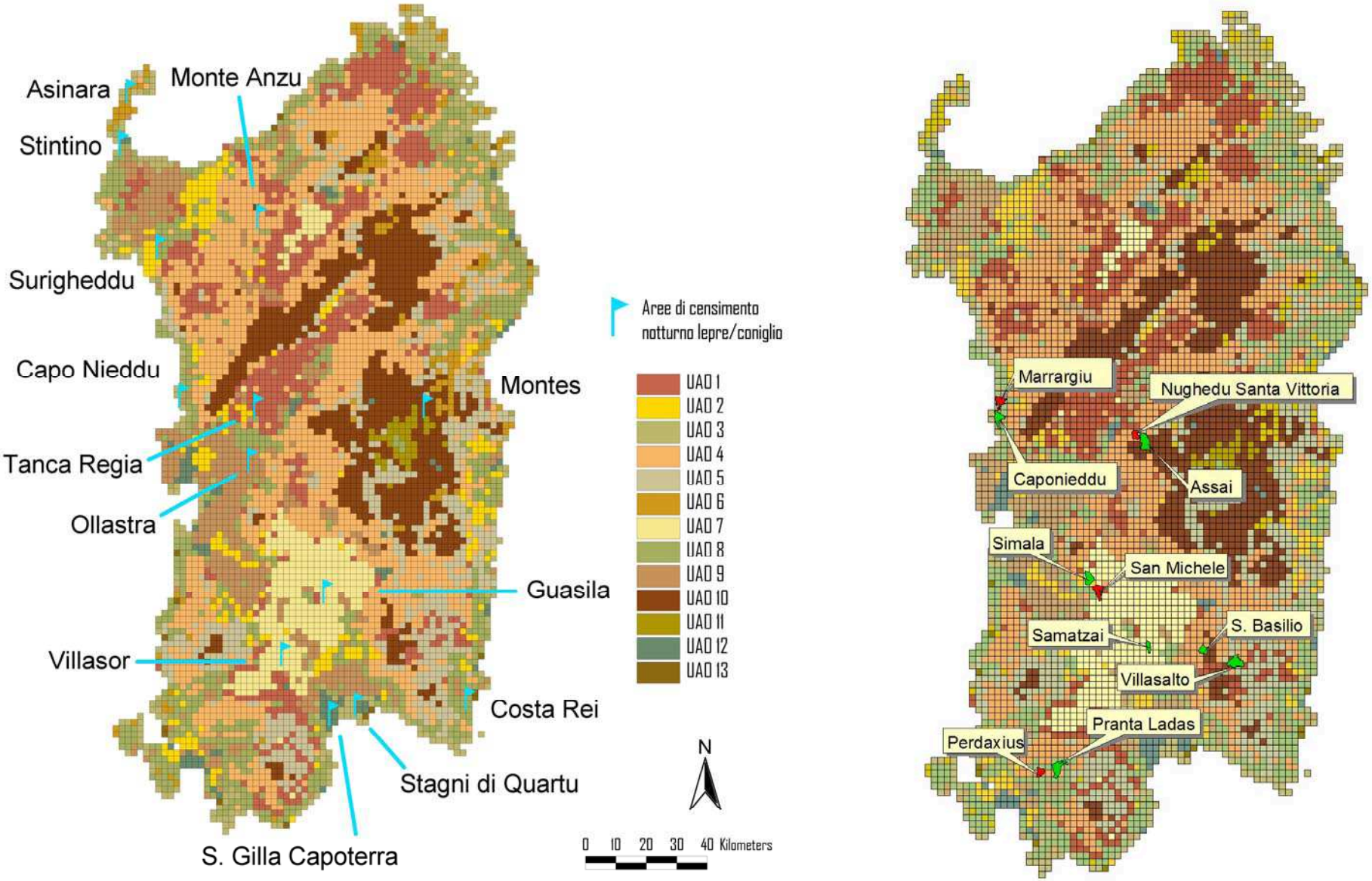


Tabella 3.1 - Percentuale dei macroambienti presenti nelle aree di studio della Pernice sarda e Lepre sarda (2009-2010)

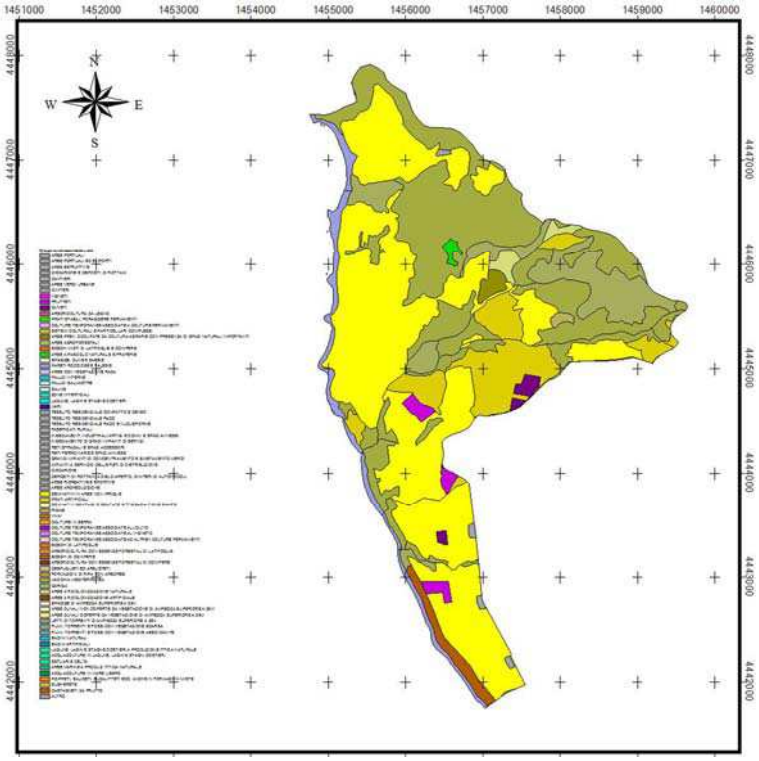
Aree di studio	*boschi artificiali*	*boschi latifoglie*	*macchia alta*	*gariga*	*prati pascoli*	*rocce nude*	*seminativi*	*Aree agroforestali*	*urbano*	*vegetaz rada*	*zone agric. alberate*
Marrargiu	13,42	0,00	25,55	5,98	9,11	2,38	41,57	1,80	0,11	0,09	0,00
Capo Nieddu	1,42	0,00	28,91	9,17	0,26	3,19	54,12	0,83	0,34	0,00	1,75
Assai	1,28	56,50	19,10	11,95	0,15	0,00	0,00	0,13	0,00	10,58	0,31
Nughedu	0,00	31,13	34,76	13,64	4,31	0,54	2,99	1,54	0,25	4,22	6,62
Simala	0,34	0,00	0,00	0,00	7,01	0,00	86,28	0,85	0,87	0,00	4,65
San Michele	20,22	7,22	5,44	5,62	22,89	0,00	22,55	5,93	0,18	0,00	9,94
Samatsai	1,10	0,00	0,00	0,01	8,32	6,89	82,37	0,00	0,66	0,00	0,65
Sanbasilio	15,96	1,87	4,90	32,95	29,51	0,00	14,27	0,00	0,53	0,00	0,00
Villasalto	0,00	12,41	57,01	19,48	3,30	0,00	5,52	0,03	0,41	1,84	0,00
Prantaladas	2,50	1,21	9,51	11,18	0,36	0,00	63,53	2,36	2,77	0,00	6,58
Perdaxius	4,93	22,01	3,80	7,33	1,46	0,00	50,14	0,00	0,85	0,31	9,17

Figura 3.2 – Oasi di Caponieddu e Autogestita di Marrargiu

OASI DI PROTEZIONE FAUNISTICA - CAPONIEDDU (897 ha)

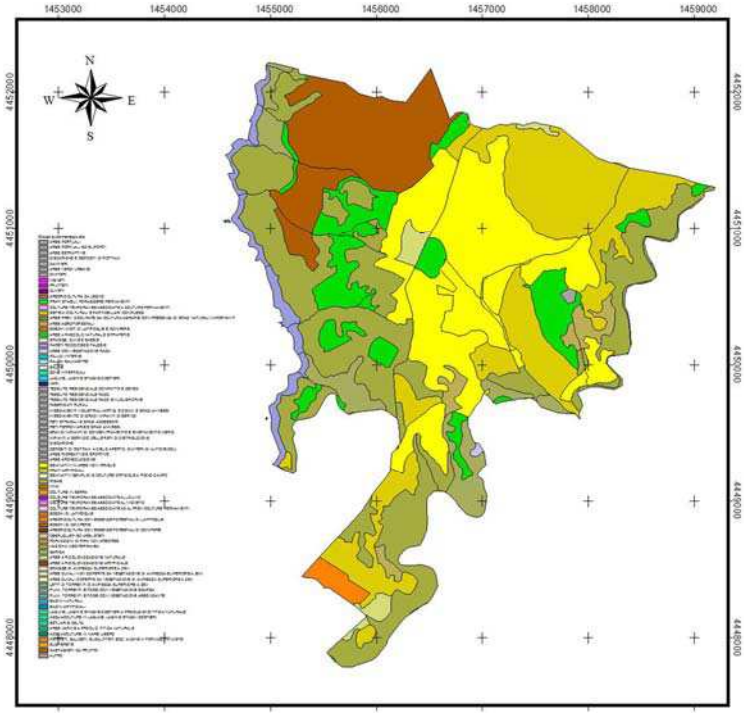
AUTOGESTITA MARRARGIU (728 ha)

Figura 3.3 – Uso del suolo dell'Oasi di Caponieddu e dell' Autogestita di Marrargiu



OASI DI PROTEZIONE FAUNISTICA CAPONIEDDU (897 ha)

AUTOGESTITA MARRARGIU (728 ha)



L'oasi di Assai e l'Autogestita di Nughedu Santa Vittoria sono entrambe caratterizzate dalla presenza importante di aree boscate rispettivamente di 56,50 e 31,13% oltre a spazi naturali a macchia mediterranea (19,10 e 34,76%) (Figg. 3.4 - 3.5)

Figura 3.4 – Oasi di Assai e Autogestita di Nughedu Santa Vittoria

OASI DI PROTEZIONE FAUNISTICA ASSAI (1378 ha)

AUTOGESTITA NUGHEDU SANTA VITTORIA (596 ha)

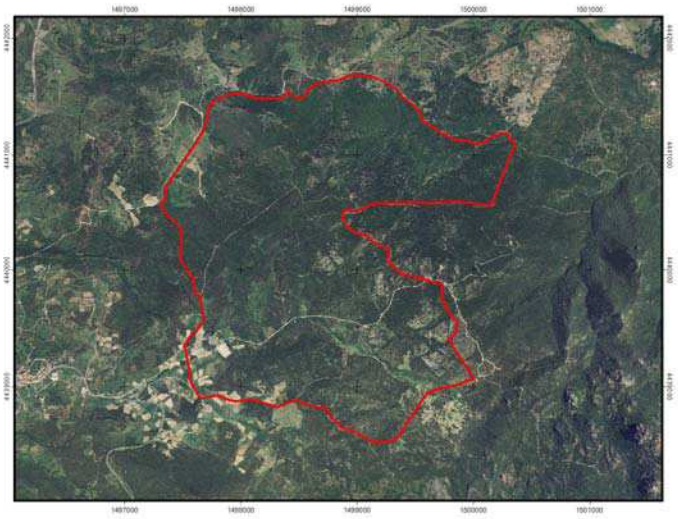
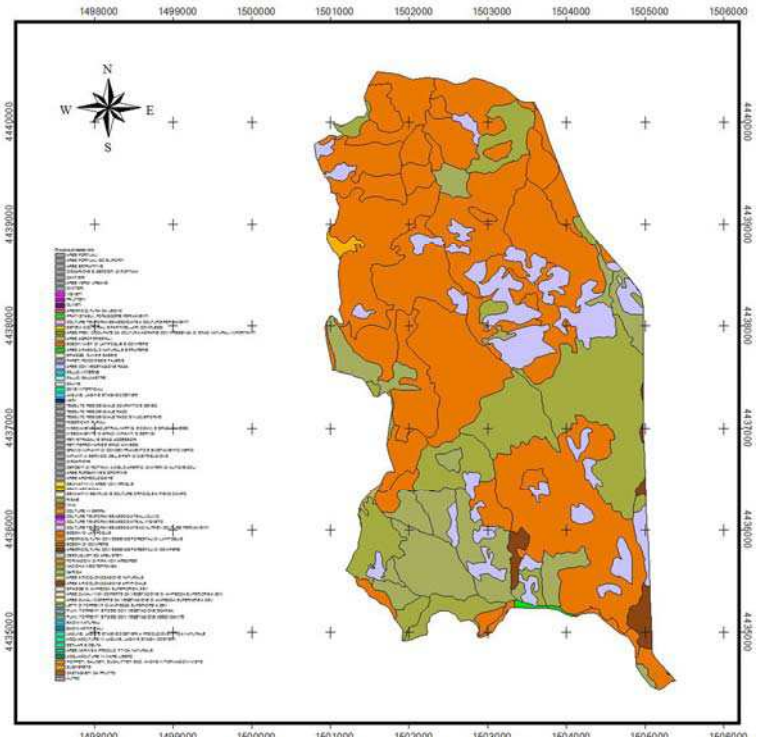


Figura 3.5 – Uso del suolo dell'Oasi di Assai e dell' Autogestita di Nughedu Santa Vittoria



OASI DI PROTEZIONE FAUNISTICA ASSAI (1378 ha)

AUTOGESTITA NUGHEDU SANTA VITTORIA (596 ha)

Con la Zona Temporanea di Ripopolamento e Cattura di Simala e l'Autogestita di San Michele sono state campionate aree da una parte caratterizzate da ambienti coltivati, dall'altra definite da una distribuzione paritaria tra ambienti coltivati e spazi naturali (Figg. 3.6 - 3.7) In particolare nella ZTRC la quasi totalità degli ambienti sono rappresentati dai coltivi cerealicoli (86,28%), mentre nell'Autogestita gli ambienti sono rappresentati da aree boscate (27,44%), da prati e pascoli (22,89) e da coltivi (22,55).

Figura 3.6 – ZTRC di Simala e Autogestita di San Michele

ZTRC SIMALA
(918 ha)

AUTOGESTITA
SAN MICHELE
(873 ha)

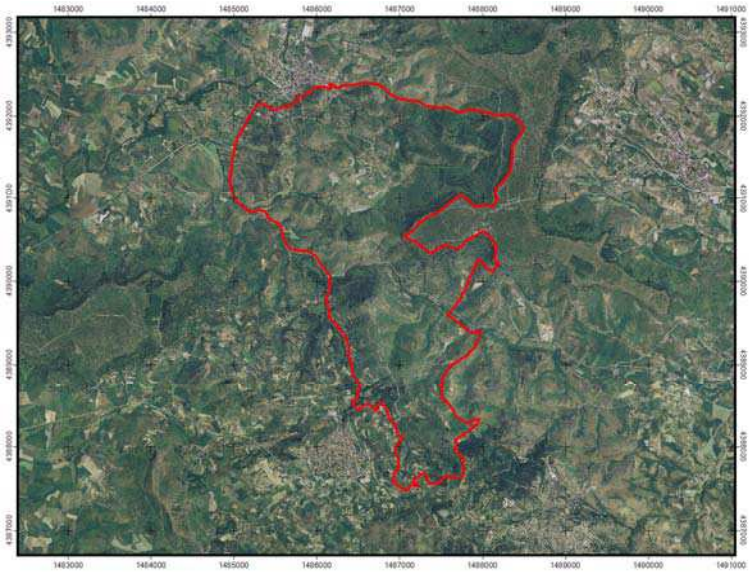
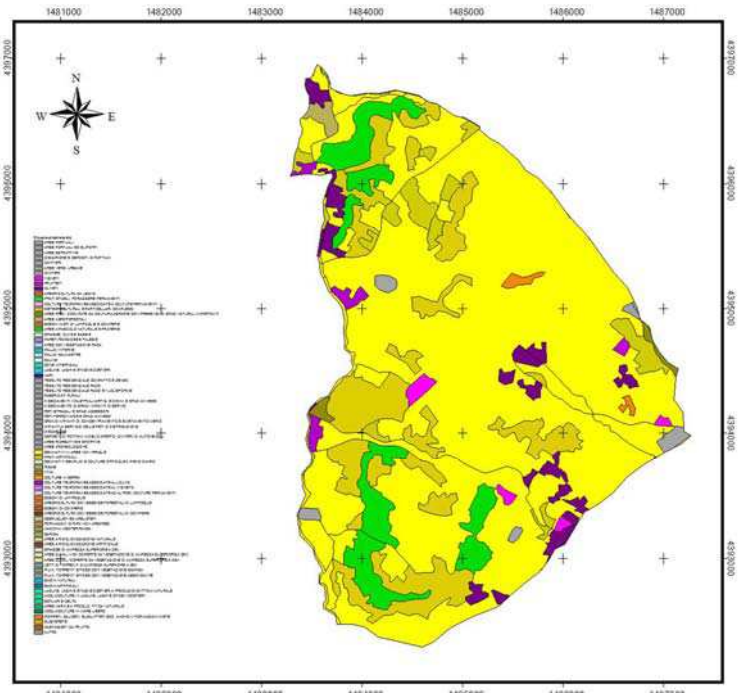
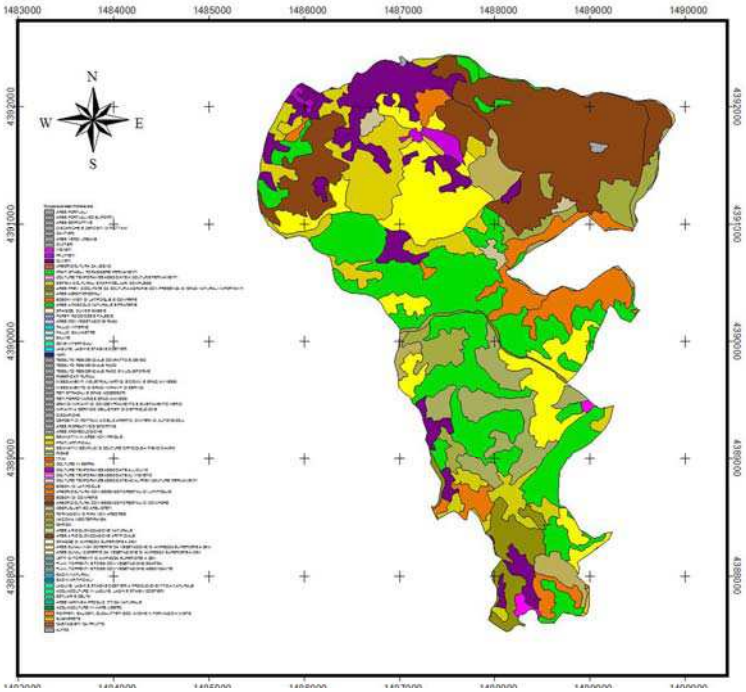


Figura 3.7 – Uso del suolo della ZTRC di Simala e dell' Autogestita di San Michele



ZTRC SIMALA
(918 ha)

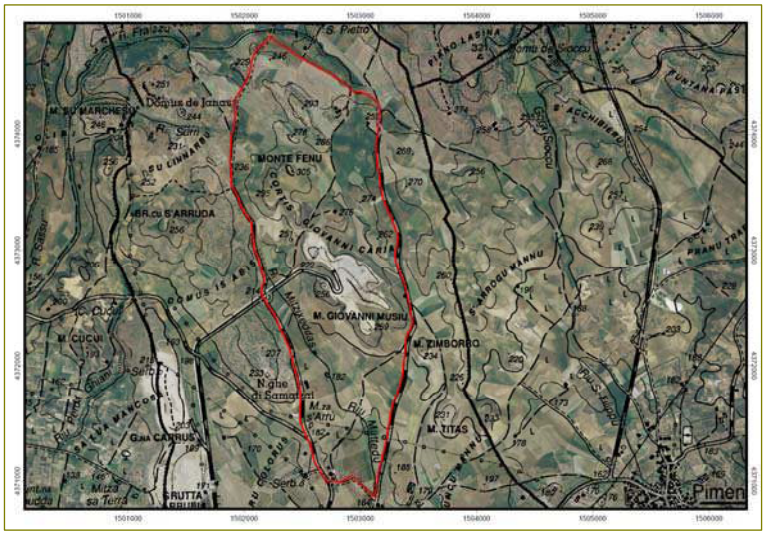


AUTOGESTITA
SAN MICHELE
(873 ha)

Al fine di aumentare il campionamento della Lepre sarda in situazione ambientali diverse sono state inserite nel programma di monitoraggio altre tre aree protette (ZTRC) ricadenti nella provincia di Cagliari. Le tre aree presentato, appunto, caratteristiche ambientali differenti (Figg. 3.8 – 3.9): Samtzai è caratterizzata tipicamente da coltivi cerealicoli (82,37%); San Basilio invece presenta ambienti ben ripartiti; aree boscate (17,83%), gariga e macchia bassa (32,95%) e prati e pascoli (29,51%); infine la ZTRC Villasalto è rappresentata

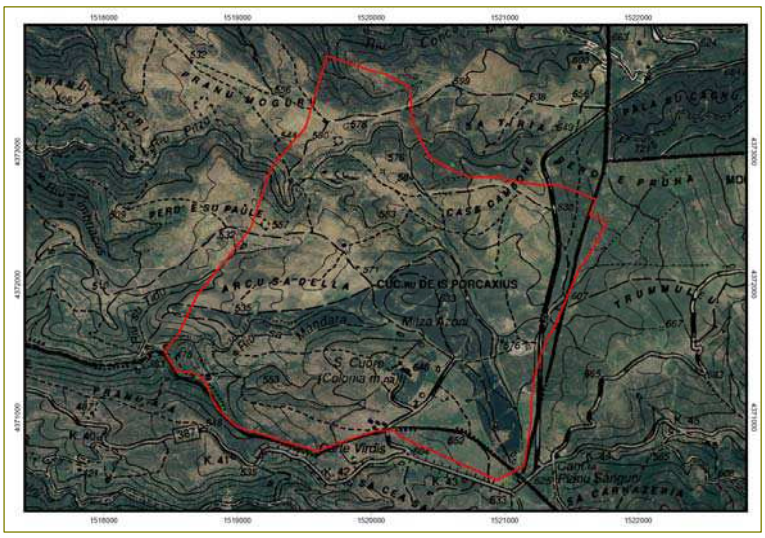
per più della metà (57,01%) da macchia mediterranea alta, per il 12,41 % da aree boscate e per un 19,48 % da macchia bassa e gariga.

Figura 3.8 – ZTRC di Samtzai, San Basilio e Villasalto



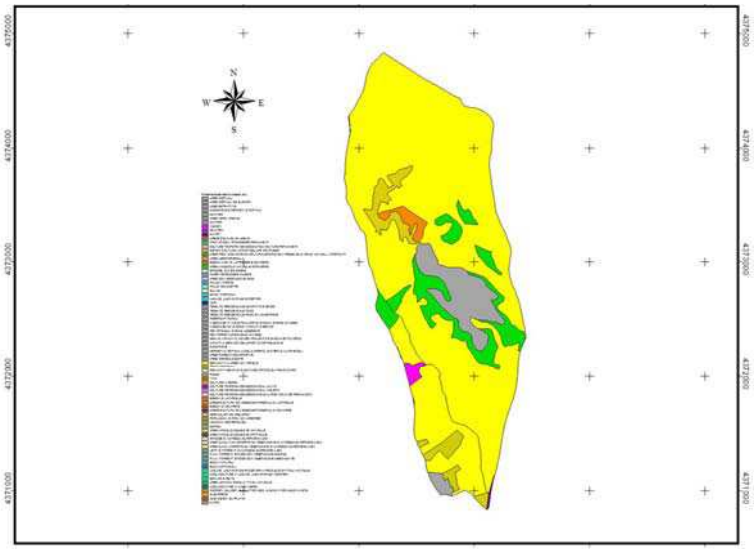
ZTRC SAMATZAI
(382 ha)

ZTRC
SAN BASILIO
(595 ha)



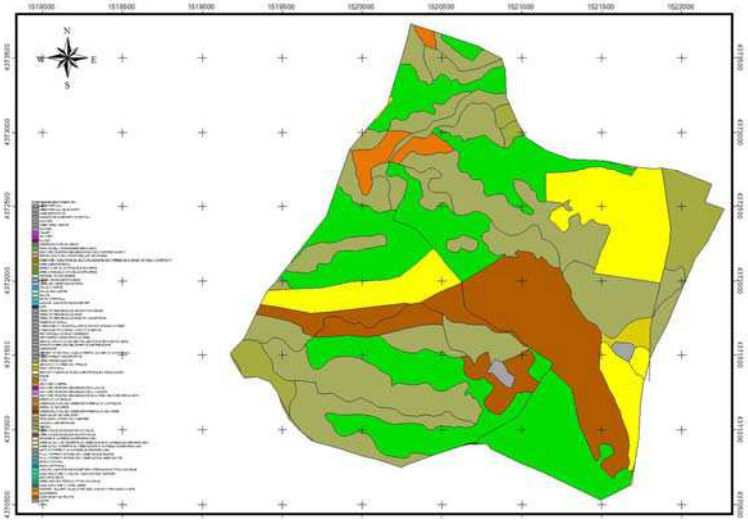
ZTRC VILLASALTO
(1324 ha)

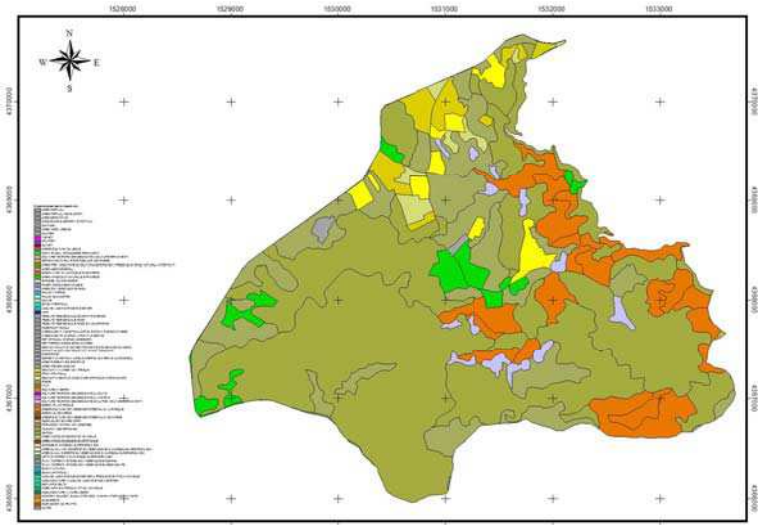
Figura 3.9 – Uso del suolo delle ZTRC di Samatzai, San Basilio e Villasalto



ZTRC SAMATZAI
(382 ha)

ZTRC
SAN BASILIO
(595 ha)

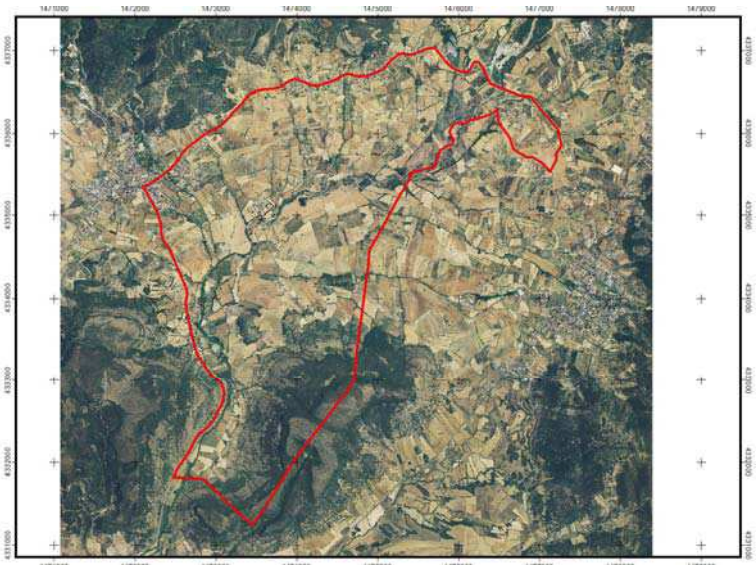




ZTRC VILLASALTO
(1324 ha)

Infine l'ultima coppia di aree di studio ricadente nella provincia di Carbonia – Iglesias presenta caratteristiche ambientali simili tra loro e con dominanza delle colture agricole (Figg. 3.10 – 3.11). La ZTRC di Pranta Ladas è appunto caratterizzata dal 63,53 % di seminativi cerealicoli, da zone agricole alberate (6,58%) e spazi naturali di macchia bassa (11,18); l'Autogestita Perdaxius similmente presenta il 50,14 % di seminativi, il 9,17 di zone agricole alberate e il 7,33 % di spazi naturali a macchia bassa.

Figura 3.10 – ZTRC di Pranta ladas e Autogestita di Perdaxius



ZTRC PRANTA LADAS
(1257 ha)

AUTOGESTITA
PERDAXIUS
(579 ha)

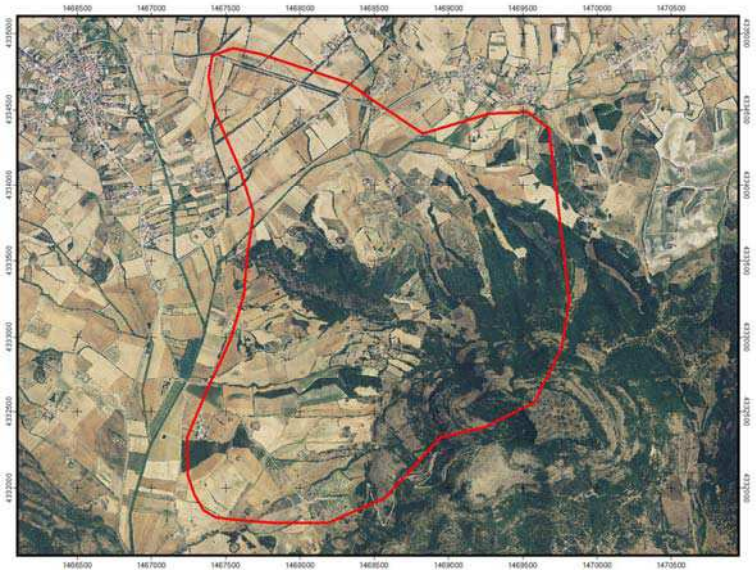
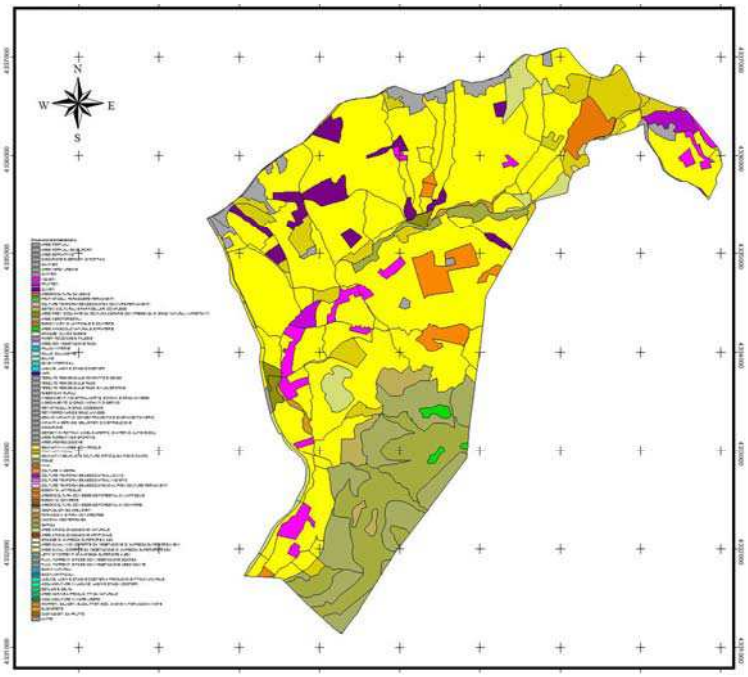
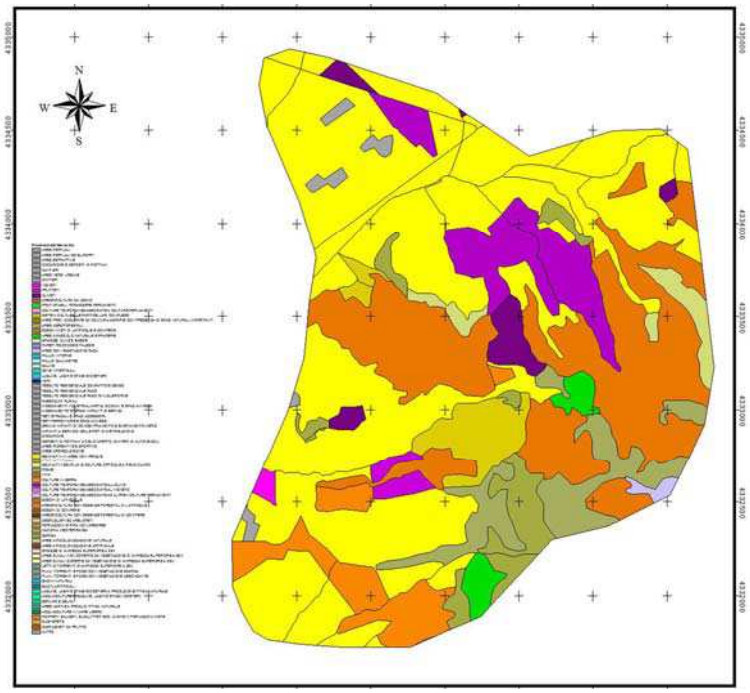


Figura 3.11 – Uso del suolo della ZTRC di Pranta Ladas e dell' Autogestita di Perdaxius



ZTRC PRANTA LADAS
(1257 ha)

AUTOGESTITA
PERDAXIUS
(579 ha)



3.2 METODI

3.2.1 Pernice sarda

3.2.1.1 Censimenti

In tutte le aree di studio sono stati effettuati censimenti al canto da punti d'ascolto, disposti casualmente, in numero commisurato all'estensione d'ogni area (Meriggi 1989). I censimenti sono stati effettuati in marzo e aprile, al mattino, durante le prime due ore di luce (6.00-8.00) e alla sera a partire da due ore prima del tramonto (19.00-21.00). Ogni sessione di censimento prevedeva un periodo d'ascolto di 30 minuti e, successivamente, stimolazioni con canto registrato per 3 volte della durata di un minuto ciascuna, alternate a un minuto d'ascolto e poi ancora ascolto fino ad arrivare ad un totale di 60 minuti per punto d'ascolto. Le stimolazioni sono state effettuate utilizzando un'apparecchiatura costituita da un riproduttore con altoparlante incorporato Multisound modello Pocket D8_RX della potenza di 8 Watt. Ogni canto spontaneo o stimolato è stato mappato su una carta in scala 1:10.000 e registrato su un'apposita scheda (Fig. 3.12). Per ogni osservazione è stata rilevata la distanza radiale dal punto di ascolto. Successivamente, tutte le osservazioni sono state digitalizzate col programma ArcView 3.2, insieme ai punti d'ascolto le cui coordinate sono state ricavate utilizzando GPS Garmin.

Da giugno ad agosto, in tutte le aree sono state censite le nidiate di pernice percorrendo in auto le strade di campagna che attraversano le aree di studio. Anche in questo caso è stata predisposta una scheda di rilevamento in cui sono state registrate diverse informazioni quali localizzazione, numero di individui contattati, tipo di raggruppamento, comportamento ed attività degli animali, condizioni meteo ecc. (Fig. 3.13). Le osservazioni sono state registrate su apposite mappe delle aree di studio derivate da fotografie aeree in scala 1:10.000 e, in un secondo tempo, digitalizzate e georeferenziate utilizzando il software Arcview 3.2 per Windows.

Nelle aree di Perdaxius e Pranta Ladas, da giugno 2010 ad agosto 2010, è stata svolta un'indagine intensiva finalizzata alla stima dei principali parametri demografici della popolazione di pernice sarda. In particolare, sono stati effettuati censimenti col metodo del mappaggio, con osservazioni dirette di pernici in coppia, in gruppo e con giovani lungo transetti percorsi a piedi o in auto allo scopo d'individuare le singole nidiate. Le nidiate e gli adulti singoli e in gruppo sono stati distinti dalla localizzazione, utilizzando, in particolare, le osservazioni simultanee, vale a dire quelle effettuate nella stessa sessione di censimento. Per

la distinzione delle nidiate è stato inoltre utilizzato il numero di giovani che le componevano e la loro età, desunta dallo sviluppo corporeo e dallo stadio della muta post-giovanile.

3.2.1.2 Elaborazioni e analisi dei dati

Le stime di densità sono state ottenute utilizzando le distanze delle osservazioni dal punto di ascolto per stimare la superficie effettivamente coperta dal censimento. Questo metodo è chiamato "*point transect*". L'area coperta dal censimento viene stimata utilizzando le distanze radiali tra il punto di ascolto e le osservazioni. Il metodo prevede il calcolo di una funzione di contattabilità y= g(x) che rappresenta la probabilità di contattare un oggetto ad una distanza radiale x dal punto di ascolto. Generalmente la probabilità decresce con l'aumentare della distanza e g(x) risulta compresa tra 1 (probabilità del 100% di contattare l'oggetto) e 0 (probabilità nulla di contatto); si assume che a distanza 0 dal punto la probabilità sia massima cioè g(0)=1. Utilizzando il programma DISTANCE 6.0 (Burnham et al. 1980, Meriggi 1989, Buckland et al. 2001, Thomas et al. 2005) si possono ottenere diversi modelli di g(x) tra cui viene scelto quello che meglio si adatta alla distribuzione osservata delle distanze, in base al valore dell'AIC (*Aikake's Information Criterion,* Akaike 1973) che fornisce un metodo quantitativo per la selezione del modello basato sulla massima *likelihood* e sul numero di parametri che entrano nel modello. Un basso valore di AIC indica una migliore aderenza della funzione di contattabilità alla distribuzione dei dati raccolti che viene rappresentata con un istogramma. L'adattamento del modello viene saggiato con il test del chi-quadrato e con il valore di P che è compreso tra 0 e 1; più il valore di P si avvicina a 1, migliore è l'adattamento della g(x) calcolata alla distribuzione delle distanze osservate. Con la funzione di contattabilità si ottiene una stima della densità della popolazione, con relativi limiti fiduciali e coefficiente di variazione; inoltre viene anche stimata l'ESR (*Effective Search Radius*) che rappresenta il raggio della superficie circolare (centrata sul punto di ascolto) coperta dal censimento. Il metodo descritto offre un alto grado di flessibilità nella raccolta ed analisi dei dati, purché vengano rispettate tre assunzioni fondamentali, che massimizzano l'accuratezza della tecnica. La prima è che gli animali sul punto siano sempre contattati, la violazione di questa assunzione porta ad una sottostima della densità. La seconda assunzione è che gli animali siano contattati nella loro posizione iniziale, cioè che il contatto non avvenga successivamente ad uno spostamento legato al disturbo provocato dagli osservatori. Anche in questo caso una violazione dell'assunto porta ad una sottostima della densità reale. La terza assunzione è che le distanze radiali vengano stimate correttamente. La prima e l'ultima delle assunzioni sono dipendenti dal disegno sperimentale, dall'attrezzatura e dall'esperienza degli

osservatori; la seconda assunzione dipende invece dalla risposta della specie all'avvicinarsi degli osservatori. Oltre alle assunzioni descritte sopra, per ottenere stime affidabili e precise con questo metodo è necessario avere un numero di osservazioni sufficiente perché la variabilità della stima sia contenuta (Burnham et al 1980).

Con lo stesso metodo sono stati rielaborati i dati dei censimenti al canto effettuati nel biennio 2004-2005, per la stesura della Carta Faunistica Regionale, e i risultati sono stati confrontati con quelli del biennio 2009-2010. Il confronto è avvenuto valutando la sovrapposizione degli intervalli di confidenza delle stime di densità e ha permesso di evidenziare differenze statisticamente significative dei valori di densità di pernice tra aree di studio, anni e periodi di monitoraggio.

Dai risultati dei censimenti condotti col metodo del mappaggio nelle due aree di studio intensivo di Perdaxius e Pranta Ladas sono stati stimati i seguenti parametri demografici:

1. Successo riproduttivo. E' stato calcolato come rapporto percentuale tra il numero di nidiate (coppie accompagnate da almeno un giovane) e il numero di coppie censite.
2. Numero e densità di nidiate. Stimati col mappaggio; le nidiate sono state distinte oltre che dalla località frequentata e dalle osservazioni simultanee, anche dal numero di giovani e dalla loro età, dedotta dallo stadio della muta.
3. Dimensione media della nidiata e relativa Deviazione Standard (DS).Numero medio di giovani per nidiata su tutte le osservazioni di nidiate effettuate.
4. Dimensione della nidiata alla nascita e relativa Deviazione Standard (DS). Ricavata da dati bibliografici con l'aggiunta di osservazioni effettuate durante lo studio.
5. Dimensione della nidiata di età ≥60 gg. e relativa Deviazione Standard (DS). Numero medio di giovani per nidiata su tutte le osservazioni di nidiate classificate tra i 60 e 90 gg. e oltre 90 gg.
6. Mortalità giovanile. Differenza percentuale tra la dimensione media della nidiata alla nascita e la dimensione media a 60 gg. e oltre; dai 60 gg. di età in poi la mortalità dei giovani può essere considerata equivalente a quella degli adulti.
7. Numero totale giovani a fine estate. Calcolato moltiplicando il numero di nidiate per la dimensione media della nidiata di età ≥60 gg.
8. Numero totale d'adulti a fine estate. Stimato dal numero di adulti visti insieme ai giovai e agli individui visti da soli o in gruppo.
9. Rapporto d'età. Sono stati calcolati due rapporti d'età: il primo come rapporto tra giovani a fine estate e adulti presenti in primavera e il secondo come rapporto tra giovani a fine estate e adulti sopravvissuti alla fine della stagione riproduttiva.

10. Mortalità degli adulti tra primavera ed estate. Calcolata come differenza percentuale tra la consistenza primaverile ed il numero totale d'adulti a fine estate.
11. Consistenza e densità della popolazione a fine estate. Stimate sommando il numero totale d'adulti e il numero totale di giovani a fine estate.
12. Incremento riproduttivo. Calcolato come differenza percentuale tra la consistenza della popolazione a fine estate e la consistenza della popolazione in primavera.
13. Mortalità autunno invernale. Calcolata come differenza percentuale tra la consistenza della popolazione a fine estate e la consistenza della popolazione nella primavera dell'anno successivo.

Le differenze tra aree di studio sono state verificate con test del chi-quadrato per tabelle di contingenza, in caso di confronti tra frequenze, e test t di Student nel caso di valori medi.

Figura 3.12 - Scheda per il censimento al canto della Pernice sarda

CENSIMENTO AL CANTO

Punto ascolto n°:	Nome zona:	Ora inizio:
Data:	Osservatore:	Richiamo: SI / NO
Coordinate punto	X:	Y:

METEOROLOGIA					
Nuvolosità:	1/4 ☐ - 2/4 ☐ - 3/4 ☐ - 4/4 ☐	Pioggia:	Assente ☐	Debole ☐	Forte ☐
Vento:	Si ☐	No ☐	Provenienza:	Nord ☐ - Sud ☐ - Est ☐ - Ovest ☐	

LEGENDA CODICI AMBIENTALI

Non indicare: strada, muretti a secco, ecc

Ambienti naturali		Seminativi e altro					
				35	Agrumi	19	Girasole
				26	Anguria	23	Gramigna
				15	Asfodelo	1	Leccio
				28	Asparago	10	Lentisco
				22	Avena	18	Mais
A	Bosco fustaia	I	Coltivo leguminose	13	Calicotome	34	Mandorle
B	Bosco ceduo	J	Coltivo cereali	24	Carciofo	27	Melone
Z	Rimboschimento	U	Foraggiere	16	Cardo	38	Mirto
C	Macchia alta	K	Vigneto	11	Cisto	5	Olivastro
D	Macchia media	L	Oliveto	36	Colza	30	Perastro
E	Macchia bassa	V	Frutteto	7	Corbezzolo	6	Pino sp.
F	Pascolo erbaceo	M	Orto	9	Erica	39	Pisello
G	Pascolo cespugliato	N	Campo arato	29	Eucalyptus	25	Pomodoro
H	Pascolo arborato	O	Filare o siepe	12	Euforbia	3	Roverella
R	Incolto	AB	Cava	32	Fave o favino	14	Rovo
P	Rocce	AC		17	Ferula	21	Soia
Q	Sabbie	AD		31	Fico d'india	2	Sughera
AA	Ambiente ripariale	AE		8	Lillirea	33	Tamerice
S	Bacini d'acqua	AF		20	Frumento	37	Trifoglio
T	Stagni	AG		4	Ginepro	40	

CANTO SPONTANEO

Numero osservazione	Ora inizio	Ora fine	Distanza in metri	Codice ambiente	Tipo canto

PELLETS COUNT LAGOMORFI							Codice ambiente:	
Gruppo	Numero pellets	Specie	Gruppo	Numero pellets	Specie	Gruppo	Numero pellets	Specie
1			5			9		
2			6			10		
3			7			11		
4			8			12		

Figura 3.13 - Scheda per le osservazioni della Pernice sarda.

SCHEDA PER L'OSSERVAZIONE DELLA PERNICE SARDA

Scheda N°..... (numero da riportare sulla cartina) Data ..... Tipo zona .....

Osservatore..... Ora.....

1. TIPO DI RAGGRUPPAMENTO

Soggetto isolato ☐
Coppia ☐
Gruppo ☐
N° Individui .....
N° adulti .....
N° giovani .....
Età in giorni .....

2. DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI ETA' DEI GIOVANI

1. meno di 30 giorni (1/4 di un adulto) ☐

2. circa 30 giorni (1/2 di un adulto) ☐

3. circa 60 giorni (3/4 di un adulto) ☐

4. circa 90 giorni (come un adulto) ☐

5. NOTE E OSSERVAZIONI

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. METEOROLOGIA

Nuvolosità:	1/4 ☐ - 2/4 ☐ - 3/4 ☐ - 4/4 ☐
Pioggia:	Assente: ☐ Debole: ☐ Forte: ☐
Vento:	Si: ☐ No: ☐
Provenienza:	Nord ☐ - Sud ☐ - Est ☐ - Ovest ☐

4. LUOGO IN CUI SI TROVA L'ANIMALE

Legenda codici ambientali			
A	Bosco fustaia	M	Orto
B	Bosco ceduo	N	Campo arato
C	Macchia alta	O	Filare o siepe
D	Macchia media	P	Rocce
E	Macchia bassa	Q	Sabbia
F	Pascolo erbaceo	R	Incolto
G	Pascolo cespugliato	S	Bacini d'acqua
H	Pascolo arborato	T	Stagni
I	Coltivo leguminose	U	Foraggiere
J	Coltivo cereali	V	Frutteto
K	Vigneto	Z	Rimboschimento
L	Oliveto	AA	Ambiente ripariale
		AB	Cava
		AC	Prato stabile
Altro		.....	
1	Leccio	20	Frumento
2	Sughera	21	Soia
3	Roverella	22	Avena
4	Ginepro	23	Gramigna
5	Olivastro	24	Carciofo
6	Pino sp.	25	Pomodoro
7	Corbezzolo	26	Anguria
8	Fillirea	27	Melone
9	Erica	28	Asparago
10	Lentisco	29	Eucaliptus
11	Cisto	30	Perastro
12	Euforbia	31	Fico d'india
13	Calicotome	32	Fave o favino
14	Rovo	33	Tamerice
15	Asfodelo	34	Mandorle
16	Cardo	35	Agrumi
17	Ferula	36	Colza
18	Mais	37	Trifoglio
19	Girasole	Altro	.....

3.2.2 Lepre sarda

3.2.2.1 Censimenti notturni

Per la Lepre sarda sono stati effettuati censimenti notturni con proiettori alogeni da 100 Watt, per stimare le densità delle popolazioni. A questo scopo, è stato individuato in ogni area di studio un percorso percorribile in autovettura che attraversasse zone aperte e permettesse di illuminare almeno il 10% della superficie totale dell'area. Le superfici illuminate e tutti gli individui contattati sono stati mappati e registrati su apposite schede di rilevamento, in cui venivano indicate anche eventuali osservazioni di altre specie, quali volpi e cinghiali; in particolare, per ogni osservazione è stata misurata la distanza perpendicolare dal percorso mediante un telemetro laser Leica Rangemaster LRF 900 scan (*range* 10-900 m) (Fig. 3.14). Tutte le osservazioni effettuate sono state utilizzate per il calcolo delle densità.

3.2.2.2 "Pellet counts"

Durante il monitoraggio è stato utilizzato il metodo del conteggio delle pallottole fecali o "*pellet counts*" di Lepre sarda per stimare la relazione tra le densità, ottenute con il metodo del *distance sampling*, e l'abbondanza dei pellet della specie. Questo al fine di individuare una relazione utile per l'adozione di questo metodo soprattutto nelle aree con elevata copertura vegetazionale dove il censimento notturno con sorgente di luce potrebbe dare stime errate. A tale scopo, nelle aree di studio è stato scelto un numero di punti casuali proporzionale all'estensione dell'area stessa; tutti i punti sono stati identificati univocamente da un numero progressivo e dalle coordinate geografiche. La presenza e l'abbondanza di pellet di lepre sarda è stata indagata in un raggio di 1 metro attorno ad ogni punto; in particolare sono stati contati il numero totale di pellet e il numero di gruppi di pellet, costituiti da pellet distanti tra loro meno di 5 centimetri. I dati raccolti sono stati registrati su apposite schede di rilevamento in cui venivano indicate anche eventuali osservazioni di altre specie, come coniglio e cinghiale, (Fig. 3.15).

3.2.2.3 Elaborazioni ed analisi dei dati

Le densità di lepre sono state stimate utilizzando le distanze delle osservazioni dal percorso per stimare la superficie effettivamente coperta dal censimento. L'area coperta dal censimento viene stimata utilizzando le distanze perpendicolari tra il percorso e le osservazioni. Il metodo prevede il calcolo di una funzione di contattabilità y= g(x) che rappresenta la probabilità di contattare un oggetto ad una distanza perpendicolare x dal percorso o transetto. Generalmente la probabilità decresce con l'aumentare della distanza e g(x) risulta compresa tra 1 (probabilità del 100% di contattare l'oggetto) e 0 (probabilità nulla di contatto); si assume che a distanza 0 dal percorso la probabilità sia massima cioè g(0)=1. Utilizzando il programma DISTANCE 6.0 (Burnham et al. 1980, Meriggi 1989, Buckland et al. 2001, Thomas et al. 2005) si possono ottenere diversi modelli di g(x) tra cui viene scelto quello che meglio si adatta alla distribuzione osservata delle distanze, in base al valore dell'AIC (*Aikake's Information Criterion*, Akaike 1973) che fornisce un metodo quantitativo per la selezione del modello basato sulla massima *likelihood* e sul numero di parametri che entrano nel modello. Un basso valore di AIC indica una migliore aderenza della funzione di contattabilità alla distribuzione dei dati raccolti che viene rappresentata con un istogramma. L'adattamento del modello viene saggiato con il test del chi-quadrato e con il valore di P che è compreso tra 0 e 1; più il valore di P si avvicina a 1, migliore è l'adattamento della g(x) calcolata alla distribuzione delle distanze osservate. Con la funzione di contattabilità si ottiene una stima della densità della popolazione, con relativi limiti fiduciali e coefficiente di variazione; inoltre viene anche stimata l'ESW (*Effective Strip Width*) che rappresenta la larghezza della fascia coperta dal censimento ai lati del percorso.

Il metodo descritto offre un alto grado di flessibilità nella raccolta ed analisi dei dati, purché vengano rispettate tre assunzioni fondamentali, precedentemente descritte per il "*point transect*", che massimizzano l'accuratezza della tecnica. In particolare, la prima assunzione definisce che gli animali sul transetto siano sempre contattati; la violazione di questa assunzione porta ad una sottostima della densità. Anche in questo caso, per ottenere stime affidabili e precise con questo metodo, è necessario avere un numero di osservazioni sufficiente perché la variabilità della stima sia contenuta (Burnham et al 1980).

Lo stesso metodo è stato utilizzato per rielaborare i dati dei censimenti notturni di lepre effettuati nel periodo 2003-2005, per la stesura della Carta Faunistica Regionale e i risultati sono stati confrontati con quelli del biennio 2009-2010. Le densità, con i rispettivi intervalli fiduciali, sono state calcolate per ogni area e per ogni anno; solo per le aree protette di Samatzai, Sanbasilio e Villassalto le densità sono state stimate sia nella stagione autunnale,

sia nella stagione primaverile. I confronti sono stati effettuati valutando la sovrapposizione degli intervalli di confidenza delle stime di densità e hanno permesso di evidenziare differenze statisticamente significative dei valori di densità di lepre tra aree di studio, anni e periodi di monitoraggio.

Per quanto concerne il confronto tra le stime di densità di lepre e le stime di abbondanza di pellet della specie, il numero totale di pellet e il numero di gruppi di pellet sono stati utilizzati per calcolare il numero medio di pellet in ogni area di studio. Successivamente, il numero medio di pellet è stato pesato sul numero di punti effettuati in ogni marea di studio. La relazione tra il numero medio pesato di pellet e la densità di lepre stimata in ogni area di studio è stata indagata attraverso l'analisi di correlazione bivariata (correlazione di Pearson). Infine, l'analisi di regressione con stima di curve è stata utilizzata per evidenziare il tipo di relazione tra le due stime (lineare, logaritmico o quadratico).

Figura 3.14 - Scheda per i censimenti notturni con sorgente di luce

CENSIMENTO NOTTURNO MEDIANTE FARO

Nome zona:	Data:	Osservatore: .....
Scheda N°	Chilometri totali percorsi:	

METEOROLOGIA						
Nuvolosità:	1/4 ☐ - 2/4 ☐ - 3/4 ☐ - 4/4 ☐		Pioggia:	Assente ☐	Debole ☐	Forte ☐
Vento:	Si ☐	No ☐	Provenienza:	Nord ☐ - Sud ☐ - Est ☐ - Ovest ☐		

AMBIENTE INTORNO AL PUNTO DI OSSERVAZIONE

Legenda codici ambientali

				1	Leccio	20	Frumento
				2	Sughera	21	Soia
A	Bosco fustaia	M	Orto	3	Roverella	22	Avena
B	Bosco ceduo	N	Campo arato	4	Ginepro	23	Graminga
C	Macchia alta	O	Filare o siepe	5	Olivastro	24	Carciofo
D	Macchia media	P	Rocce	6	Pino sp.	25	Pomodoro
E	Macchia bassa	Q	Sabbie	7	Corbezzolo	26	Anguria
F	Pascolo erbaceo	R	Incolto	8	Fillirea	27	Melone
G	Pascolo cespugliato	S	Bacini d'acqua	9	Erica	28	Asparago
H	Pascolo arborato	T	Stagni	10	Lentisco	29	Eucaliptus
I	Coltivo leguminose	U	Foraggiere	11	Cisto	30	Perastro
J	Coltivo cereali	V	Frutteto	12	Euforbia	31	Fico d'india
K	Vigneto	Z	Rimboschimento	13	Calicotome	32	Fave o favino
L	Oliveto	AA	Ambiente ripariale	14	Rovo	33	Tamerice
		AB	Cava	15	Asfodelo	34	Mandorle
	Altro	AC	Prato stabile	16	Cardo	35	Agrumi
	Altro		.....	17	Ferula	36	Colza
	Altro		.....	18	Mais	37	Trifoglio
	Altro		.....	19	Girasole	Altro	.....

N	Ora	Coniglio	Lepre	Volpe	Altro	Distanza (m)	Codice ambiente
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							

* *Nota: per ogni uscita mappare sulla cartina la superficie illuminata.*

Figura 3.15 - Scheda di rilevamento dei pellets

RILEVAMENTO DEI PELLETS NEI PUNTI CASUALI

Nome zona:	Data:	Osservatore:	N. scheda:

METEOROLOGIA						
Nuvolosità:	1/4 ☐ - 2/4 ☐ - 3/4 ☐ - 4/4 ☐		Pioggia:	Assente ☐	Debole ☐	Forte ☐
Vento:	Si ☐	No ☐	Provenienza:	Nord ☐ - Sud ☐ - Est ☐ - Ovest ☐		

LEGENDA CODICI AMBIENTALI

Non indicare: strada, muretti a secco, ecc

Ambienti naturali		Seminativi e altro	
A	Bosco fustaia	I	Coltivo leguminose
B	Bosco ceduo	J	Coltivo cereali
Z	Rimboschimento	U	Foraggiere
C	Macchia alta	K	Vigneto
D	Macchia media	L	Oliveto
E	Macchia bassa	V	Frutteto
F	Pascolo erbaceo	M	Orto
G	Pascolo cespugliato	N	Campo arato
H	Pascolo arborato	O	Filare o siepe
R	Incolto	AB	Cava
P	Rocce	AC	
Q	Sabbie	AD	
AA	Ambiente ripariale	AE	
S	Bacini d'acqua	AF	
T	Stagni	AG	

35	Agrumi	19	Girasole
26	Anguria	23	Gramigna
15	Asfodelo	1	Leccio
28	Asparago	10	Lentisco
22	Avena	18	Mais
13	Calicotome	34	Mandorle
24	Carciofo	27	Melone
16	Cardo	38	Mirto
11	Cisto	5	Olivastro
36	Colza	30	Perastro
7	Corbezzolo	6	Pino sp.
9	Erica	39	Pisello
29	Eucaliptus	25	Pomodoro
12	Euforbia	3	Roverella
32	Fave o favino	14	Rovo
17	Ferula	21	Soia
31	Fico d'india	2	Sughera
8	Fillirea	33	Tamerice
20	Frumento	37	Trifoglio
4	Ginepro	40	

Coordinate punto X:				Y:			Codice ambiente:	
Gruppo	Numero pellets	Specie	Gruppo	Numero pellets	Specie	Gruppo	Numero pellets	Specie
1			5			9		
2			6			10		
3			7			11		
4			8			12		

Coordinate punto X:				Y:			Codice ambiente:	
Gruppo	Numero pellets	Specie	Gruppo	Numero pellets	Specie	Gruppo	Numero pellets	Specie
1			5			9		
2			6			10		
3			7			11		
4			8			12		

Coordinate punto X:				Y:			Codice ambiente:	
Gruppo	Numero pellets	Specie	Gruppo	Numero pellets	Specie	Gruppo	Numero pellets	Specie
1			5			9		
2			6			10		
3			7			11		
4			8			12		

3.3 RISULTATI

3.3.1 Pernice sarda

3.3.1.1 Densità pre-riproduttive

Il modello formulato per la stima delle densità di pernice in ogni area di studio, utilizzando tutte le osservazioni del biennio 2004-2005 e 2009-2010, è stato caratterizzato da un buon adattamento alla distribuzione dei dati osservati (AIC= 4360,88; χ^2= 0,67; g.l.= 1; P= 0,413); il raggio della superficie circolare (centrata sul punto di ascolto) coperta dal censimento è stato pari a 150 metri (Fig. 3.16).

Complessivamente sono state osservate 1439 pernici e sono stati effettuati 1663 punti di ascolto. La densità media di pernici calcolata considerando lo sforzo di campionamento effettuato in ogni area di studio e in ogni anno di monitoraggio è stata pari a 12,8 individui/km^2 (limite inf.= 11,4 ind./km^2; limite sup.= 14,4 ind./km^2). Cumulando le osservazioni di pernici al canto nel biennio 2004-2005 e nel biennio 2009-2010, è emerso come nell'ultimo periodo di monitoraggio le densità di pernice siano state significativamente superiori ai valori registrati nel primo biennio (Fig. 3.17). Considerando le osservazioni di pernice effettuate in ogni anno di monitoraggio, è emerso come la densità della specie sia aumentata in modo significativo dal 2004 al 2009; nel 2010 la densità è rimasta costante rispetto ai valori stimati nell'anno precedente (Tab. 3.2).

Considerando l'ultimo biennio di monitoraggio (2009-2010), le densità significativamente più basse sono state registrate nell'area di Assai rispetto a tutte le aree di studio. Nel 2009, anche l'area di San Michele ha avuto densità di pernici significativamente più basse rispetto alle aree di Capo Nieddu, Marrargiu, Nughedu, Prantaladas e Simala; l'area di Simala è stata caratterizzata da valori significativamente più elevati di densità di pernici rispetto a tutte le aree di studio, con l'eccezione di Marrargiu. Anche nel 2010 l'area di Simala ha avuto densità di pernici significativamente più elevate rispetto a tutte le aree di studio ad eccezione di Perdaxius e di San Michele. Le aree di studio di Capo Nieddu e di San Michele hanno mostrato un incremento significativo della densità di pernice dal 2009 al 2010 (Tab. 3.32).

Confrontando le densità registrate nelle aree di studio monitorate sia nel primo sia nel secondo biennio (oasi di Assai e Capo Nieddu), sono risultati valori significativamente più elevati di densità di pernice nell'area di Assai nel biennio 2009-2010 rispetto al biennio precedente, e nell'area di Capo Nieddu nell'anno 2010, rispetto ai precedenti anni di monitoraggio.

Per quanto concerne il confronto tra le aree protette e le autogestite monitorate nell'ultimo biennio di studio, solo nel 2009 le densità di pernice stimate nelle aree protette sono state leggermente superiori rispetto ai valori stimati nelle autogestite. Nel 2010 le densità di pernice sono state simili in entrambi i tipi di aree di studio. Considerando il confronto tra anni di monitoraggio in ogni tipo di area di studio, le densità di pernice non sono variate in modo significativo (Fig. 3.18).

Figura 3.16 – Andamento della funzione di contattabilità calcolata sulle osservazioni di Pernice sarda raccolte durante il biennio 2004-2005 e 2009-2010 (in rosso la funzione di contattabilità, in blu la distribuzione dei dati osservati)

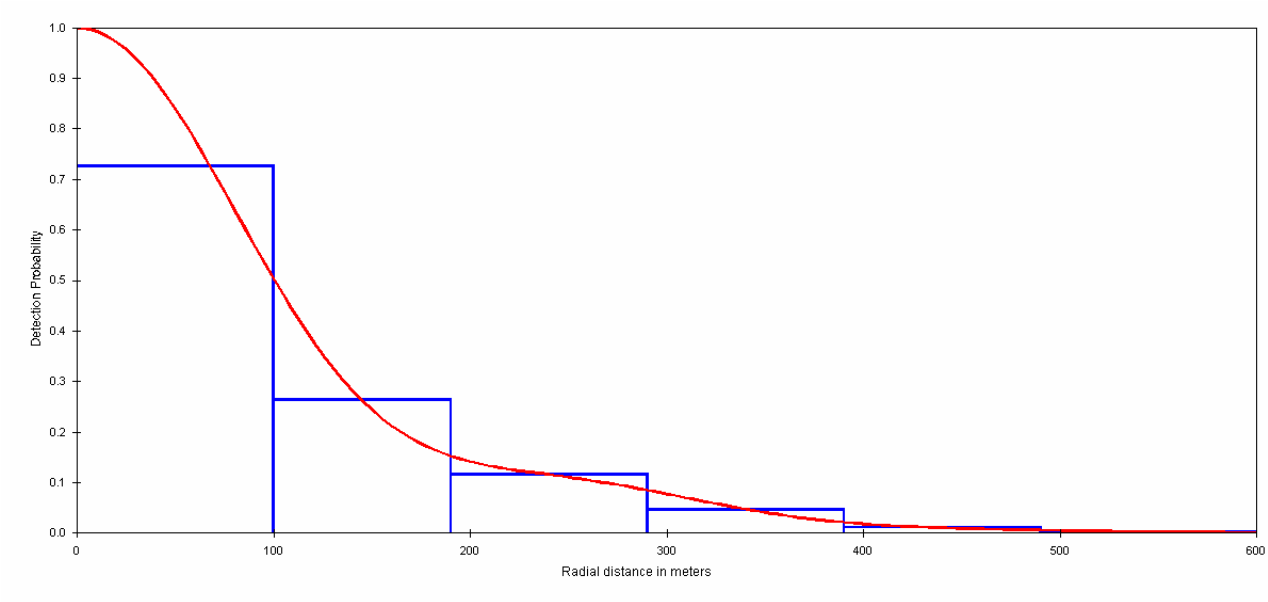


Tabella 3.2 - Densità stimate di Pernice sarda e relativi intervalli fiduciali al 95% nelle aree di studio (biennio 2009-2010)

Area	*Anno*	*Densità (n°/km^2)*	*Limite inf.*	*Limite sup.*
Assai	2009	1,3	1,0	1,7
Assai	2010	1,5	1,1	1,9
Capo Nieddu	2009	17,1	13,3	21,9
Capo Nieddu	2010	38,1	27,0	53,8
Marrargiu	2009	18,1	9,3	35,0
Marrargiu	2010	17,5	8,6	35,7
Nughedu	2009	17,0	13,4	28,9
Nughedu	2010	8,7	3,2	24,0
Perdaxius	2009	24,8	11,4	54,0
Perdaxius	2010	32,1	18,1	57,0
Prantaladas	2009	44,2	27,0	73,0
Prantaladas	2010	20,3	13,2	31,3
Sanmichele	2009	10,9	9,8	12,1
Sanmichele	2010	72,2	23,6	220,8
Simala	2009	76,2	34,2	169,4
Simala	2010	59,6	52,7	91,9

Tabella 3.3 - Confronto tra le densità stimate di Pernice sarda in ogni anno di monitoraggio (2004-2010)

Anni	*Densità (n°/km^2)*	*Limite inf.*	*Limite sup.*
2004	8,3	7,4	9,2
2005	12,3	11,1	13,7
2009	32,5	28,3	37,4
2010	32,8	28,5	37,9

Figura 3.17 - Confronto tra le densità stimate di Pernice sarda nel biennio 2004-2005 e nel biennio 2009-2010

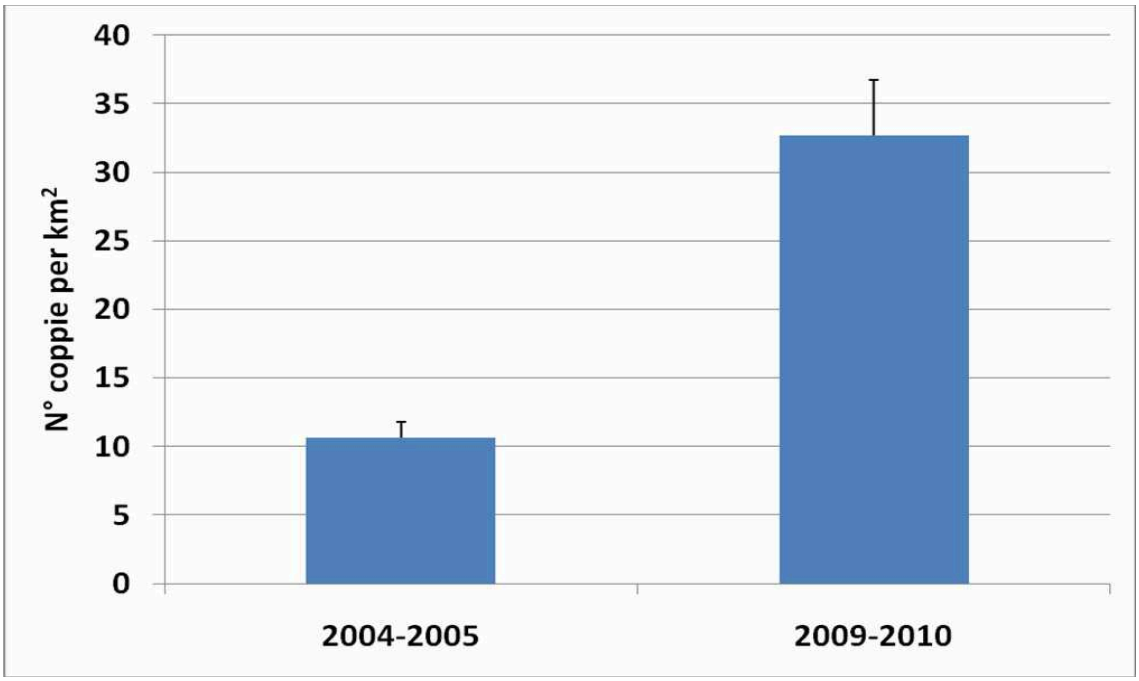
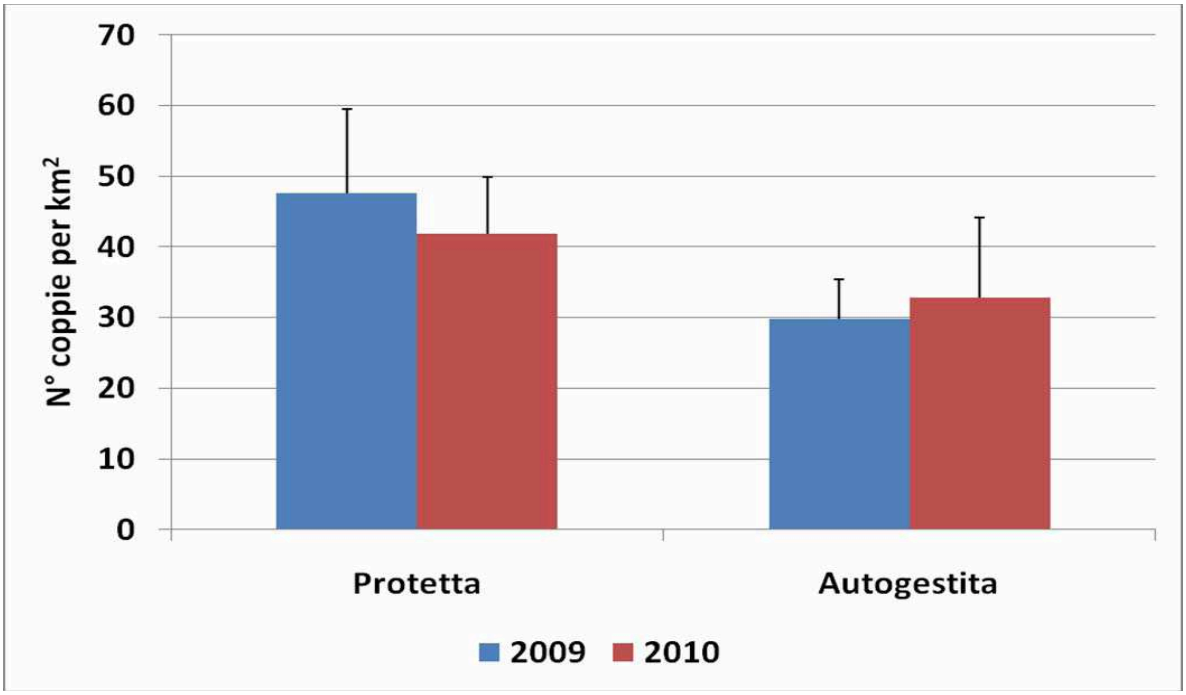


Figura 3.18 - Confronto tra le densità stimate di Pernice sarda nelle aree protette e nelle autogestite (biennio 2009-2010)



3.3.1.2 Dinamica di popolazione

Nelle due aree di studio intensivo per la dinamica di popolazione della Pernice sarda, autogestita di Perdaxius e ZTRC di Pranta Ladas sono state registrate differenze, in alcuni casi marcate, dei valori dei diversi parametri demografici (Tab. 3.4). In particolare, la densità primaverile delle popolazioni, la densità di coppie, il successo riproduttivo (percentuale di coppie accompagnate da almeno 1 giovane) e la densità di nidiate sono stati maggiori nell'area di Perdaxius, quest'ultimo parametro con un valore triplo rispetto a quello registrato a Pranta Ladas.

Non sono state rilevate differenze significative nella dimensione della nidiata, né considerando tutte le nidiate osservate, né restringendo l'analisi alle sole nidiate di almeno 60 giorni di età; il numero medio di giovani per nidiata è comunque risultato superiore nell'area di Perdaxius.

La mortalità giovanile dalla nascita fino ai 60 giorni d'età non è risultata significativamente diversa tra le due aree di studio, così come la mortalità dei giovani oltre i 60 giorni. Anche i valori della mortalità degli adulti sono risultati confrontabili nelle due aree. La densità della popolazione a fine estate (adulti e giovani sommati) è stata nettamente più elevata a Perdaxius, così come l'incremento riproduttivo.

Tabella 3.4 - Dinamica di popolazione della Pernice sarda nelle aree di studio di Perdaxius e Pranta Ladas.

Parametri	Perdaxius (579 ha)	Pranta Ladas (1257 ha)
Densità primaverile	23.2 (6.12)	14.7 (3.06)
Consistenza primaverile	268.6	368.7
N° coppie (da punti ascolto)	134	184
Successo riproduttivo %	35.7	15.7
N° nidiate	48	29
Densità nidiate	8.3	2.3
N° medio giovani >60gg	8 (2.44)	5.5(3.10)
Mortalità giovanile %	46.4	63.5
N° giovani fine estate	249	93
Densità giovani fine estate	42.98	7.39
N° adulti fine estate	117	146
Densità adulti fine estate	20.2	11.6
Mortalità adulti %	56.4	60.4
Popolazione fine estate	365.97	239
Densità fine estate	63.18	19
Incremento annuo %	26.59	-54.27

3.3.2 Lepre sarda

Il modello formulato per la stima delle densità di lepre utilizzando tutte le osservazioni del triennio 2003-2005 e del biennio 2009-2010 è stato caratterizzato da un buon adattamento alla distribuzione dei dati osservati (AIC= 950,71; χ^2= 0,24; g.l.= 4; P= 0,955). La fascia effettivamente censita ai lati dei percorsi è stata stimata pari a 20 metri; infatti, considerando la distribuzione dei dati osservati nelle classi di distanza è emerso come il 70% delle lepri osservate siano comprese nel primo intervallo di distanza (0-20 metri) (Fig. 3.19).

Complessivamente sono state osservate 574 lepri (521 osservazioni) e sono stati percorsi 487,2 km durante i censimenti notturni. La densità media di lepri calcolata considerando lo sforzo di campionamento effettuato in ogni area di studio e in ogni anno di monitoraggio è stata pari a 30,2 individui/km^2 (limite inf.= 27,6 ind./km^2; limite sup.= 33,0 ind./km^2).

Considerando l'ultimo biennio di monitoraggio le densità significativamente più basse sono state registrate nelle aree di Assai, Marrargiu, Nughedu, Prantaladas, Samatzai e Sanbasilio nel 2010, e di San Michele in entrambi gli anni di monitoraggio. Le densità significativamente più elevate sono state stimate nell'area di Capo Nieddu e di Marrargiu nel 2009 (Tab.3.5). Osservando l'andamento delle densità registrate nelle aree di studio durante il biennio 2009-2010, è emersa una diminuzione significativa della densità di lepre in tutte le aree di studio dal 2009 al 2010, con le eccezioni di San Michele, dove i valori di densità sono stati costantemente bassi in entrambi gli anni di monitoraggio, e di Villasalto, dove la densità è aumentata dal 2009 al 2010 in modo significativo (Tab. 3.5).

Per quanto concerne il confronto delle densità di lepre stimate stagionalmente, nelle tre aree protette monitorate la densità è diminuita significativamente dall'autunno 2009 alla primavera 2010 ad eccezione dell'area di Villasalto (Tab. 3.5).

Nell'area di studio di Capo Nieddu, monitorata sia nel triennio 2003-2005, sia nel biennio 2009-2010, l'andamento della densità di lepre ha mostrato un aumento sensibile e significativo dal 2004 al 2005 seguito da un declino negli ultimi due anni di monitoraggio che ha portato la popolazione di lepre a livelli di densità significativamente inferiori rispetto ai valori registrati nel 2003.

Figura 3.19 – Funzione di contattabilità calcolata sulle osservazioni di Lepre sarda raccolte durante il triennio 2003-2005 e il biennio 2009-2010 (in rosso la funzione di contattabilità, in blu la distribuzione dei dati osservati)

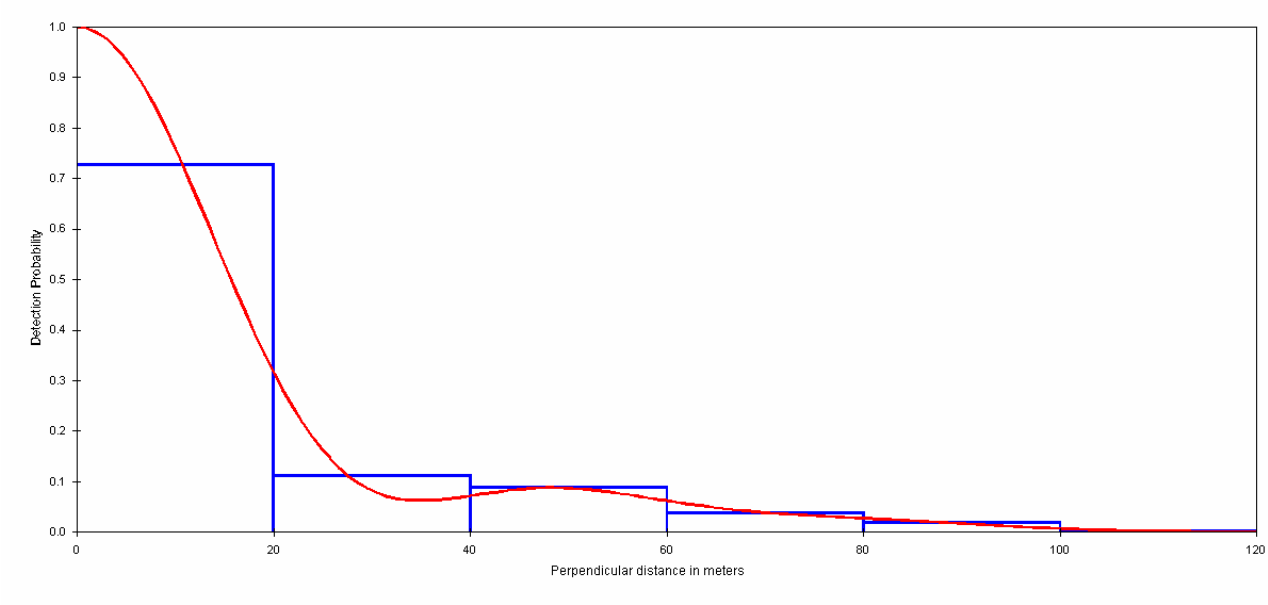


Tabella 3.5 - Densità stimate di Lepre sarda e relativi intervalli fiduciali al 95% nelle aree di studio (biennio 2009-2010).

Area	***Anno***	***Densità (n°/km²)***	***Limite inf.***	***Limite sup.***
Assai	2009	7,8	7,1	8,5
Assai	2010	1,9	1,8	2,1
Capo Nieddu	2009	52,2	47,7	57,1
Capo Nieddu	2010	18,8	17,2	20,6
Marrargiu	2009	35,0	32,0	38,3
Marrargiu	2010	8,2	7,5	9,0
Nughedu	2009	16,7	15,3	18,3
Nughedu	2010	2,8	2,6	3,1
Prantaladas	2010	8,9	8,2	9,8
Samatzai	2009	18,7	17,1	20,4
Samatzai	2010	3,1	2,8	3,4
Sanbasilio	2009	23,6	21,6	25,9
Sanbasilio	2010	7,1	6,5	7,8
Sanmichele	2009	1,7	1,5	1,8
Sanmichele	2010	1,7	1,5	1,8
Simala	2010	11,0	10,1	12,1
Villasalto	2009	13,5	12,4	14,8
Villasalto	2010	17,6	16,1	19,3

Nel 2009 sono stati effettuati 71 punti casuali, sia nelle aree protette, sia nelle ZTRC, in cui sono stati contati 80 pellet distinti in 29 gruppi (2,7 pellet per gruppo), e 136 pellet distinti in 48 gruppi (2,8 pellet per gruppo), rispettivamente. Il numero medio di pellet più elevato è stato registrato nell'area protetta di Capo Nieddu e nella ZTRC di Perdaxius; nelle aree protette di Simala e Pranta Ladas non sono stati individuati pellet di Lepre sarda (Tab. 3.6).

Pesando il numero medio di pellet sul numero di punti casuali indagati in ogni area di studio, è emersa una correlazione positiva e significativa ($P<0,01$) tra la densità di lepre e il numero totale di pellets (coefficiente di correlazione di Pearson= 0,485), il numero di gruppi di pellets (coefficiente di correlazione di Pearson= 0,470) ed infine il numero medio di pellets per gruppo (coefficiente di correlazione di Pearson= 0,609).

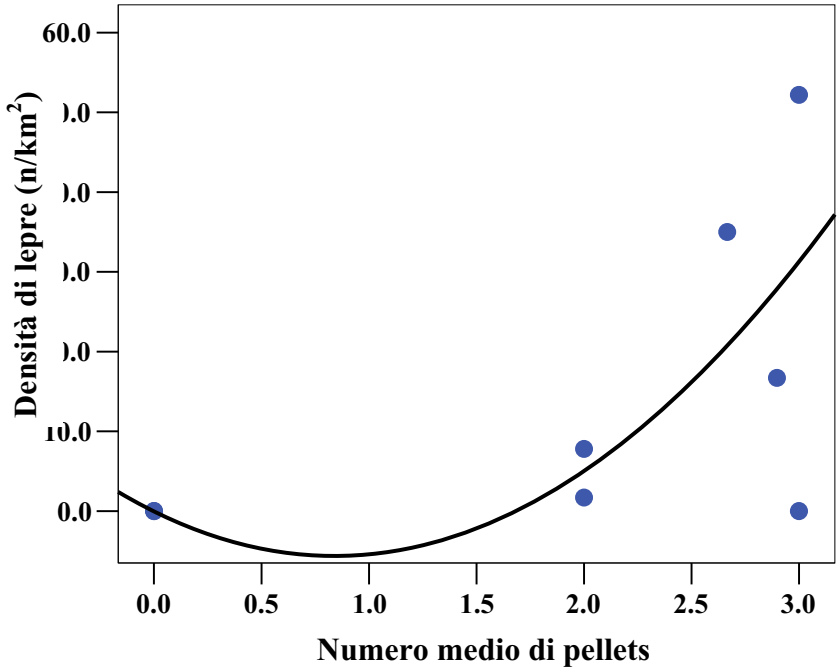
L'analisi di regressione con stima di curve effettuata sulla densità di lepre (variabile dipendente) stimata in ogni area monitorata e il numero medio di pellet calcolato in ogni area di studio (variabile indipendente), ha formulato un modello quadratico che ha spiegato il 49% della variabilità della densità di lepre (R^2 corretto 0,486; $P<0,01$).

Osservando la funzione quadratica, emerge chiaramente come nelle aree di studio con densità di almeno 2 lepri/km^2 esista una relazione positiva e apprezzabile tra il numero medio di pellet, stimato con il metodo del "*pellet counts*", e la densità di lepre stimata con il metodo del "*distance sampling*" (Fig. 3.20).

Tabella 3.6 - Numero totale di pellet e numero di gruppi di pellet contati in ogni area monitorata (2009)

Area	N° punti	N° totale	N° gruppi	N° medio (n° pellets/ n° gruppi)	Densità (n°/km^2)
Assai	15	14	7	2,0	7,8
Capo Nieddu	22	66	22	3,0	52,2
Marrargiu	12	16	6	2,7	35
Nughedu	29	113	39	2,9	16,7
Perdaxius	9	3	1	3,0	0,0
Pranta Ladas	7	0	0	0,0	0,0
San Michele	21	4	2	2,0	1,7
Simala	25	0	0	0,0	0,0

Figura 3.20 - Relazione di tipo quadratico tra la densità di lepre e il numero medio di pellet nelle di studio (Y = -0,04 – 13,3 X + 7,9 X2; 2009)



3.4 SINTESI DEI PRINCIPALI RISULTATI

3.4.1 Pernice sarda

- Variabilità elevata delle densità e livelli di popolazione in parte dipendente dalle caratteristiche ambientali e in parte dall'andamento dell'annata.
- L'andamento climatico interagisce con le caratteristiche ambientali nell'influenzare le densità
- Il 25 % delle aree di studio hanno densità elevate (maggiore di 40 ind/Kmq), mentre la maggioranza (62,5% nel 2009 e 50% nel 2010) si attesta con densità comprese tra 10 e 40 ind/kmq; sono presenti aree con densità prossime a zero.
- Considerando l'andamento delle densità di Pernice sarda nelle due aree protette monitorate in entrambi i bienni di studio, le popolazioni sembrano in sensibile aumento.
- La dinamica delle popolazioni monitorate intensivamente mostra variazioni annuali marcate dei principali parametri demografici, con una sostanziale stabilità complessiva delle due popolazioni
- I fattori intrinseci che limitano lo sviluppo delle popolazioni sono sostanzialmente la mortalità giovanile e la mortalità degli adulti durante la stagione riproduttiva, probabilmente dovute entrambe a predazione e ad effetti densità-dipendenti (dispersione)
- L'elevato successo riproduttivo, indipendente dalla densità, registrato in tutti gli anni, permette alle popolazioni di compensare le perdite.

3.4.2 Lepre sarda

- Le densità di popolazione sono risultate molto ridotte e molto variabili in confronto alle situazioni rilevate per la Lepre europea in aree di studio continentali.
- Le popolazioni sembrano condizionate da predazione, bracconaggio e disturbo antropico più che dalle caratteristiche ambientali (es. Surigheddu).
- Le popolazioni monitorate nell'autunno 2009 e nella primavera 2010 mostrano variazioni stagionali delle densità caratterizzate da decrementi dall'autunno alla primavera successiva. Solo in un caso è stato registrato un aumento delle densità di lepre dall'autunno alla primavera successiva.
- Complessivamente le popolazioni di Lepre sarda monitorate nell'ultimo biennio di monitoraggio sembrano in declino.

3.5 OPERE CITATE

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

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. & Laake, J.L. (1993) Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman & Hall, London.

Burnham, K. P., Anderson, D. J. & Laake, J. L. (1980). Estimation of density from line transect sampling of biological populations. Wildlife Monographs 72.

Meriggi A. (1989) Analisi dei metodi di censimento della fauna selvatica (Aves, Mammalia). Aspetti teorici e applicativi. Ricerche di Biologia della selvaggina 83: 1-59.

Thomas, L., Laake, J.L., Strindberg, S., Marques, F.F.C., Buckland, S.T., Borchers, D.L., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Hedley, S.L., Pollard, J.H., Bishop, J.R.B. and Marques, T.A. 2005. Distance 5.0. Release "x"1. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. http://www.ruwpa.stand.ac.uk/distance/

Analisi di Vitalità delle popolazioni

4.1 INTRODUZIONE

3.2.1 Pernice sarda

L'analisi di vitalità (Population Viability Analysis o PVA) rappresenta un approfondimento delle analisi di dinamica di popolazione, il fine di tale tipo di analisi è quello di valutare oggettivamente le probabilità di sopravvivenza delle popolazioni, in un arco di tempo fissato e sotto certe condizioni, consentendo l'individuazione dei fattori che maggiormente ne condizionano la dinamica (Boyce, 1992).

La PVA è un'analisi ampiamente usata nel campo della Biologia della Conservazione, le basi teoriche da cui la tecnica si sviluppa derivano dai principi di biologia delle piccole popolazioni, delle popolazioni isolate o frammentate. Le piccole popolazioni sono, infatti, sensibili ad un insieme di fattori intrinseci ed estrinseci che incidono in modo proporzionalmente più intenso sulla dimensione della popolazione quanto più questa è ridotta (Shaffer, 1981). Secondo queste teorie la dimensione di una popolazione e la sua tendenza nel tempo, pur seguendo l'andamento previsto dai modelli analitici deterministici, sono anche il risultato dell'interazione tra una serie di processi di natura stocastica, il cui peso finale sulla dinamica delle popolazioni è inversamente proporzionale alla dimensione delle popolazioni stesse.

Tali processi sono stati suddivisi in 4 categorie principali (Shaffer, 1981): (i) Stocasticità dei parametri demografici: è la normale variabilità dei tassi di sopravvivenza e riproduzione che fluttuano intorno ai valori medi in modo casuale, seguendo la curva normale di distribuzione di probabilità. Sono il valore medio delle caratteristiche individuali dei membri della popolazione. (ii) Variabilità ambientale: rappresenta le variazioni, nel tempo e nello spazio, delle capacità dell'ambiente nel sostenere la specie. Le condizioni climatiche ad esempio possono mutare da zona a zona o negli anni inducendo differenze tra i parametri demografici di ipotetiche popolazioni altrimenti identiche. (iii) Eventi catastrofici: sono le variazioni ambientali estreme, che si differenziano dalla normale variabilità ambientale per l'intensità e la qualità degli effetti. Sono fenomeni di eccezionale gravità (terremoti, inondazioni, incendi) con una probabilità di occorrenza in genere stimata dagli andamenti pregressi. (iv) Variabilità genetica: è la responsabile della variabilità delle caratteristiche demografiche ricordata precedentemente, ma la sua azione sulle piccole popolazioni è anche quella di innescare delle tendenze negative dei parametri demografici. Tali tendenze sono dovute alle modificazioni

non adattative del patrimonio genetico, cioè quelle modificazioni della frequenza allelica non imputabili alla selezione naturale, ma al campionamento casuale degli alleli ad ogni generazione. In popolazioni ridotte ciò si accompagna ad una perdita di variabilità genetica che può essere associata alla depressione da inbreeding (perdita di fitness degli individui generati da incroci tra consanguinei) inducendo, anche tramite la manifestazione di alleli letali recessivi, il peggioramento delle caratteristiche di sopravvivenza e riproduzione.

Le PVA attualmente vengono realizzate attraverso l'impiego di appositi programmi informatici che consentono di sviluppare un modello teorico di accrescimento delle popolazioni; l'algoritmo del modello viene calcolato in modo da combinare tutte le variabili considerate, attribuendo, per le variabili di natura stocastica, dei valori che rispettino la distribuzione di probabilità osservata.

Le PVA, quando condotte in modo rigoroso, sono risultate affidabili nelle loro previsioni (Brook et al., 2000) e sono quindi diventate un importante strumento gestionale utilizzabile come supporto all'individuazione delle migliori strategie in grado di favorire la conservazione ed il razionale sfruttamento delle popolazioni animali.

4.2 METODI

Per ottenere delle previsioni realistiche sul destino delle popolazioni di pernice sarda sono stati utilizzati i dati demografici raccolti nelle due aree di studio intensivo, Perdaxius e Pranta Ladas.

I dati raccolti sono stati elaborati mediante il programma per PC IBM compatibile Vortex versione 9.99b (Lacy, 1993, Lacy et al., 1995, Miller e Lacy 1999, Lacy et al. 2009). Questo programma, partendo da una serie di parametri di dinamica della popolazione e dalla loro variabilità nel tempo e nello spazio, produce un numero a scelta di simulazioni stocastiche dell'andamento della popolazione per un periodo definito e dà, come risultato finale, l'andamento medio e altre informazioni, utilizzabili per stimare la vitalità della popolazione considerata. E' stato così possibile ottenere per un periodo prefissato di 20 anni le seguenti previsioni:

- stima dell'andamento annuale della dimensione (con relativi errore e deviazione standard) della popolazione;

- stima del tasso intrinseco di accrescimento della popolazione (con errore e deviazione standard);

- probabilità di permanenza della popolazione;

Le informazioni necessarie per produrre le simulazioni e i loro risultati medi riguardano in particolare la dinamica di popolazione, ma vengono richiesti anche dati riguardanti il comportamento riproduttivo, la capacità portante dell'ambiente, le possibili variazioni della qualità ambientale, la probabilità che avvengano eventi catastrofici per le popolazioni, ecc. Di seguito vengono riportati tutti i parametri utilizzati per le simulazioni con una breve spiegazione per ognuno di essi (Tab 4.1).

Definizione dell'estinzione della popolazione

Una popolazione può essere definita come estinta quando il numero di individui è uguale a zero, oppure quando sopravvive un solo sesso oppure quando raggiunge un livello numerico minimo dal quale non può più risollevarsi. Abbiamo deciso di fissare in 10 il numero al di sotto del quale la popolazione si può considerare estinta.

Depressione da inbreeding

La depressione da inbreeding può essere importante in popolazioni ridotte ed isolate. Inoltre per tener adeguatamente conto della depressione da inbreeding è necessario conoscere il numero iniziale di alleli letali equivalenti e la proporzione del carico genetico che può essere letale. Poiché le condizioni di isolamento non sussistono e non si hanno parametri genetici di riferimento si è deciso di non considerare gli effetti della depressione da inbreeding.

Influenza della variabilità ambientale sulla riproduzione e sulla sopravvivenza

L'ambiente può agire sul successo riproduttivo e sulla sopravvivenza di giovani e adulti in modo indipendente oppure parallelamente. Vale a dire che le variazioni ambientali che diminuiscono il successo riproduttivo agiscono negativamente anche sulla sopravvivenza e viceversa. Nel caso dei fasianidi esiste una documentata concordanza nell'azione sui due parametri della demografia delle popolazioni.

Sistema riproduttivo

Il sistema riproduttivo può essere definito come monogamo, poliginico oppure ermafroditico. Nel caso della pernice sarda è monogamo.

Età della prima riproduzione

E' importante definire l'età alla quale gli animali partecipano alla riproduzione perché da questo parametro dipende l'entità del contingente di riproduttori. Questo è altamente variabile

tra le specie ma piuttosto costante all'interno della stessa specie. Le pernici sarde, sia maschi sia femmine, si accoppiano e nidificano già alla loro prima stagione riproduttiva.

Età massima di riproduzione

Nelle simulazioni abbiamo considerato cinque anni l'età massima di riproduzione.

Rapporto sessi alla nascita

E' stato dimostrato da diversi studi effettuati in cattività su diverse specie di fasianidi che alla schiusa delle uova il numero di maschi e femmine è pari. Abbiamo quindi utilizzato una sex ratio di 1:1 per la costruzione del modello.

Dimensione massima della covata

E' un parametro altamente variabile in relazione alla latitudine, alle condizioni ambientali e all'origine degli animali. Per questo motivo abbiamo considerato i dati presenti in letteratura.

Successo riproduttivo

Il successo riproduttivo (% di coppie riprodottesi con successo) è stato calcolato, come media dei valori registrati nelle due aree di studio.

Variabilità del successo riproduttivo dovuta alle condizioni ambientali

Calcolando il successo riproduttivo come media dei valori registrati nelle due zone è stato possibile anche stimare la variabilità di questo parametro dovuta alle differenze nella composizione e struttura dell'ambiente tra aree diverse.

Distribuzione della dimensione della nidiata

Oltre che la dimensione massima della nidiata, per le simulazioni è importante fornire anche la media e la relativa variabilità della dimensione della nidiata. Questo parametro è stato ottenuto considerando tutte le nidiate entro i 30 giorni di età osservate durante i censimenti.

Mortalità annuale

Considerato che la mortalità è differenziata per sessi ma che si compensa alla prima stagione riproduttiva e, quindi, entro il primo anno di vita, abbiamo assunto che le perdite incidano in modo eguale sui maschi e sulle femmine.

La mortalità annuale dei giovani dalla nascita al compimento del primo anno di vita è stata calcolata come sommatoria delle mortalità da 0 a 90 giorni di età e della mortalità invernale (da fine estate alla primavera successiva). La mortalità da 0 a 90 giorni è stata calcolata come

differenza percentuale tra la dimensione della nidiata alla nascita e la dimensione della nidiata allo stadio di sviluppo tra 60 e 90 giorni. La mortalità annuale degli adulti è stata invece calcolata addizionando alla mortalità durante il periodo riproduttivo (da aprile a fine agosto) la mortalità invernale (fino alla primavera dell'anno successivo).

Dimensione iniziale della popolazione

La dimensione della popolazione dipende dalla densità e dalla superficie del territorio dove essa vive. Come densità abbiamo considerato il valore osservato nei censimenti primaverili.

Capacità portante e tendenza

La capacità portante costituisce il limite superiore alla dimensione della popolazione nell'area in cui essa vive. E' un valore che varia nello spazio (da zona a zona, in base alle caratteristiche ambientali) e nel tempo (da un anno con l'altro per variazioni climatiche, attività antropiche ecc.) per cui deve essere rappresentato anche nella sua variabilità.

Nelle simulazioni effettuate il dato è stato ricavato dalle densità registrate durante i censimenti.

Per avere maggiori certezze di esplorare tutta la gamma di possibili combinazioni tra i molti parametri considerati, la simulazione di vitalità per ogni ipotesi (o scenario) di sistema è stata ripetuta 1000 volte. Inoltre l'incertezza connessa all'analisi di fenomeni complessi, come la dinamica di popolazione, ha suggerito di verificare differenti scenari in modo di avere un quadro più completo dei processi.

Le variazioni tra i differenti scenari ipotizzati hanno riguardato:

1. *Differenti valori di densità di popolazione*: al fine di considerare le differenze di vitalità tra popolazioni presenti a differenti livelli di popolazione abbiamo considerato tre diverse situazioni: nel primo caso la dimensione iniziale della popolazione è stata ricavata dalle densità registrate dai censimenti al canto su in tutte le aree di studio (densità media 24.2 ind/Km^2, Deviazione standard 19.81). Nel secondo caso abbiamo considerato le aree con densità alta (densità media 39.8 ind/Km^2, Deviazione standard 15.18). Nel terzo caso abbiamo considerato le tre aree con la massima densità (densità media 45.4 ind/Km^2, Deviazione standard 12.70).
2. *Differenti estensioni di unità gestionali:* per valutare la dimensione più appropriata degli Istituti di gestione, in tutti i contesti ambientali, le densità di popolazione

osservate sono state tradotte in livelli numerici di popolazione riferibili a differenti estensioni.

3. *Differenti ipotesi di variabilità della capacità portante*: considerata l'elevata Deviazione Standard della capacità portante così come osservata (pari a 0.82 volte la media), derivante dall'eterogeneità degli ambienti rappresentati, per valutare l'impatto di tale variabilità si sono effettuate simulazioni con riduzione artificiale di tale parametro.
4. *Differenti ipotesi di successo riproduttivo e mortalità*: al fine di rilevare l'impatto che il successo riproduttivo e la mortalità giovanile e degli adulti hanno sulle possibilità di sopravvivenza della popolazione si sono effettuate delle simulazioni con riduzione o aumento artificiale di tali parametri fino al 50% del valore reale.

Tab.4.1 - Valori dei parametri utilizzati per prevedere l'andamento della popolazione di pernice sarda nei differenti contesti ambientali

Parametri	**Densità base**	**Densità alta**	**Densità molto alta**
Sistema riproduttivo	Monogamo	Monogamo	Monogamo
Età prima riproduzione	1	1	1
Età massima	5	5	5
Proporzione sessi alla nascita	0.50	0.50	0.50
Dimensione massima della nidiata	15	15	15
Successo riproduttivo (DS)	25.7 (14.15) - 38.6 (21.22)	25.7 (14.15) - 38.6 (21.22)	25.7 (14.15) - 38.60(21.22)
Mortalità annuale giovani (DS)	74.3 (35.04) – 37.2 (9.68)	74.3 (35.04) – 37.2 (9.68)	74.3 (35.04) – 37.2 (9.68)
Mortalità annuale adulti (DS)	66.7 (39.68) – 33.3 (13.23)	66.7 (39.68) – 33.3 (13.23)	66.7 (39.68) – 33.3 (13.23)
Densità media popolazione (DS)	24.2 (19.8)	39.8 (15.18)	45.4 (12.70)

4.3 RISULTATI

Le simulazioni condotte partendo dai dati relativi alle popolazioni monitorate nelle aree di Perdaxius e Pranta Ladas hanno mostrato un tasso intrinseco di accrescimento della popolazione (r) negativo (r = -0,629). Le popolazioni infatti hanno mostrato elevate probabilità di estinzione nei prossimi venti anni; soltanto con la simulazione di un aumento artificiale del successo riproduttivo del 40% e una riduzione del tasso di mortalità di egual misura il tasso intrinseco di accrescimento è diventato positivo (r = 0,224); la riduzione artificiale della variabilità della capacità portante non ha invece evidenziato effetti sulla sopravvivenza della popolazione (Figg. 4.1 -4.3). Anche la modifica dell'estensione dell'unità gestionale non sembra aver avuto effetti sulle probabilità di sopravvivenza della popolazione (Figg. 4.4 – 4.6).

In particolare, considerando le simulazioni relative alle popolazioni con le densità più basse, le probabilità di sopravvivenza della popolazione nel ventennio di analisi non ha mai superato il 9% (Figg. 4.7 – 4.9). Le probabilità maggiori sono state registrate negli scenari in cui si erano artificialmente modificati i parametri demografici del 50% del valore reale.

Nelle simulazioni relative a popolazioni con densità intermedie (39.8 ind/Km^2) le probabilità di sopravvivenza sono state maggiori, con valori che sono variati dal 10% in scenari con una modifica del 20% dei parametri demografici, fino a raggiungere l'89% nel caso in cui si è fissato un successo riproduttivo del 39% e una mortalità media del 35%.

Anche considerando le popolazioni con densità elevate (45.4 ind/Km^2) si è dovuto intervenire sui parametri demografici per aumentare la probabilità di sopravvivenza, altrimenti molto ridotta.

Le probabilità di sopravvivenza in questo caso hanno evidenziato i valori più elevati, con un range che è variato dal 13% in scenari con una modifica del 20% dei parametri demografici, fino a raggiungere il 97% nello scenario in cui si erano modificati del 40% i parametri demografici (Figg. 4.10 – 4.12).

Fig. 4.1 – Probabilità di sopravvivenza di una popolazione di un'area con densità "base", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con Deviazione standard ridotta artificialmente.

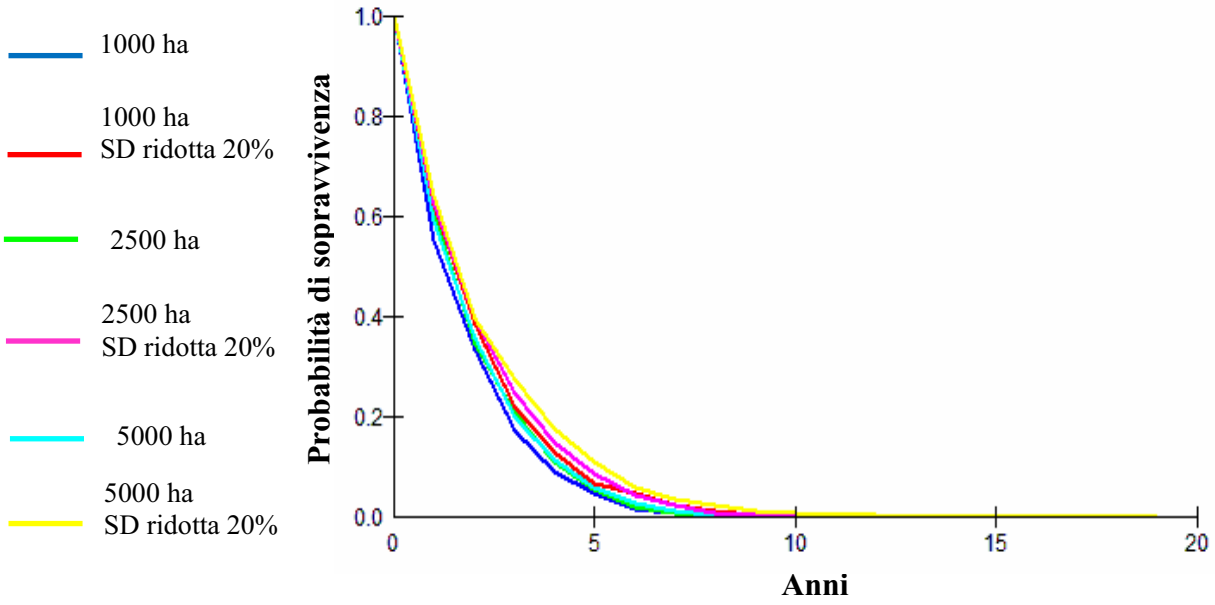


Fig. 4.2 – Probabilità di sopravvivenza di una popolazione di un'area con densità "alta", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con Deviazione standard ridotta artificialmente.

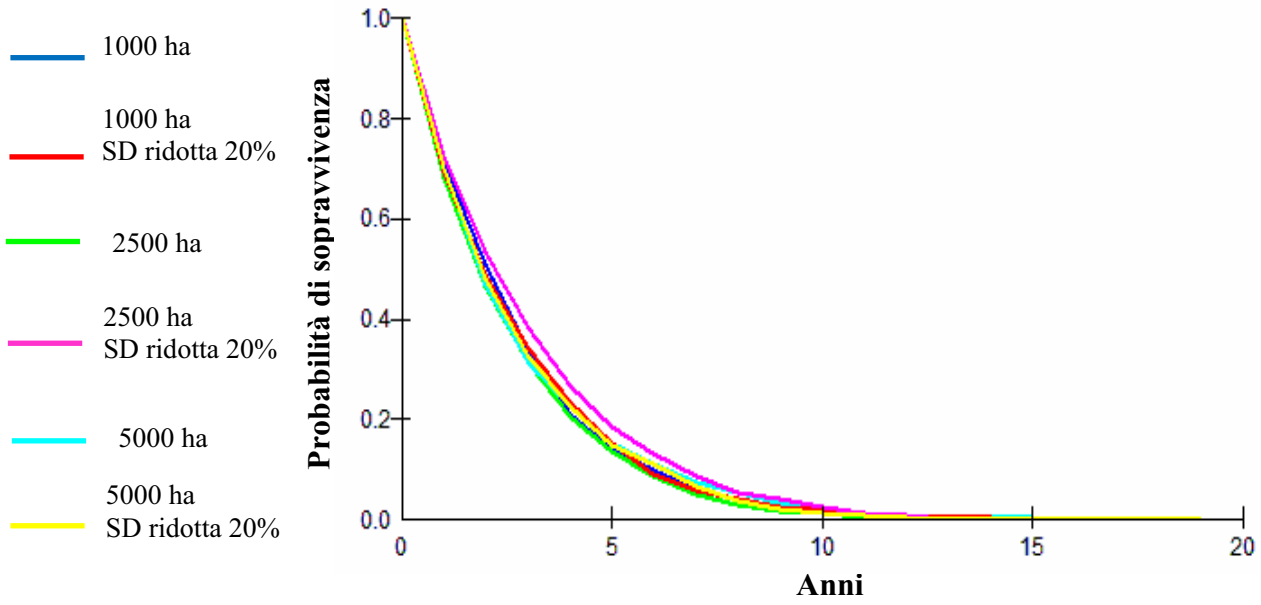


Fig. 4.3 – Probabilità di sopravvivenza di una popolazione di un'area con densità "molto alta", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con Deviazione standard ridotta artificialmente.

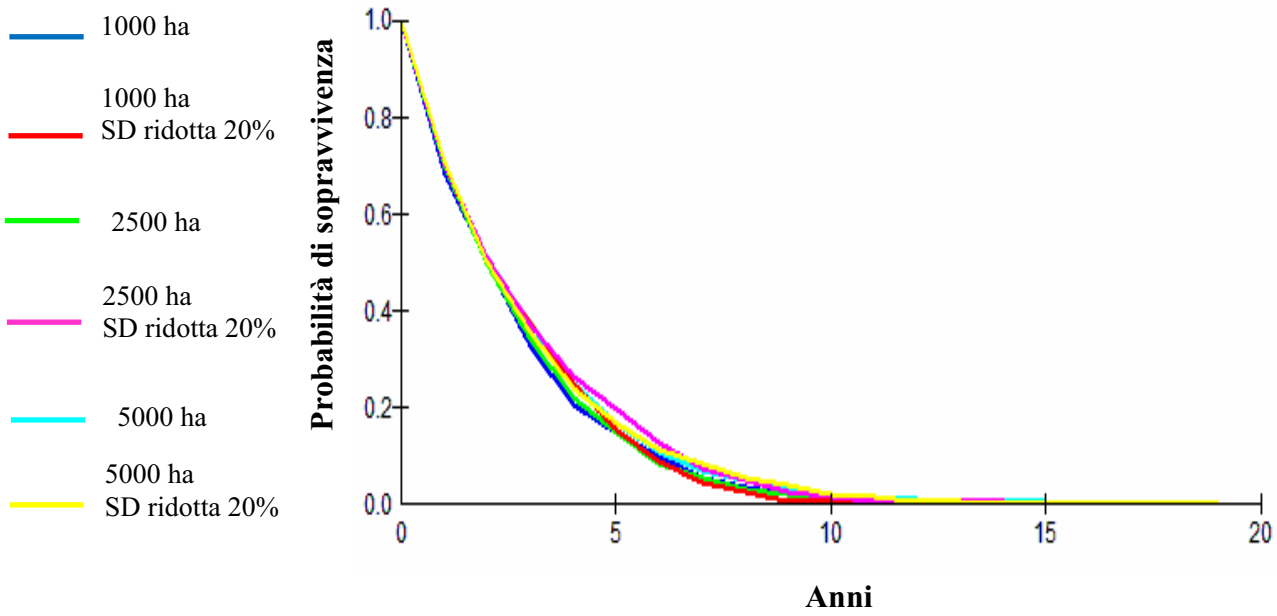


Fig. 4.4 – Andamento delle dimensioni di una popolazione di un'area con densità "base", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con Deviazione standard ridotta artificialmente.

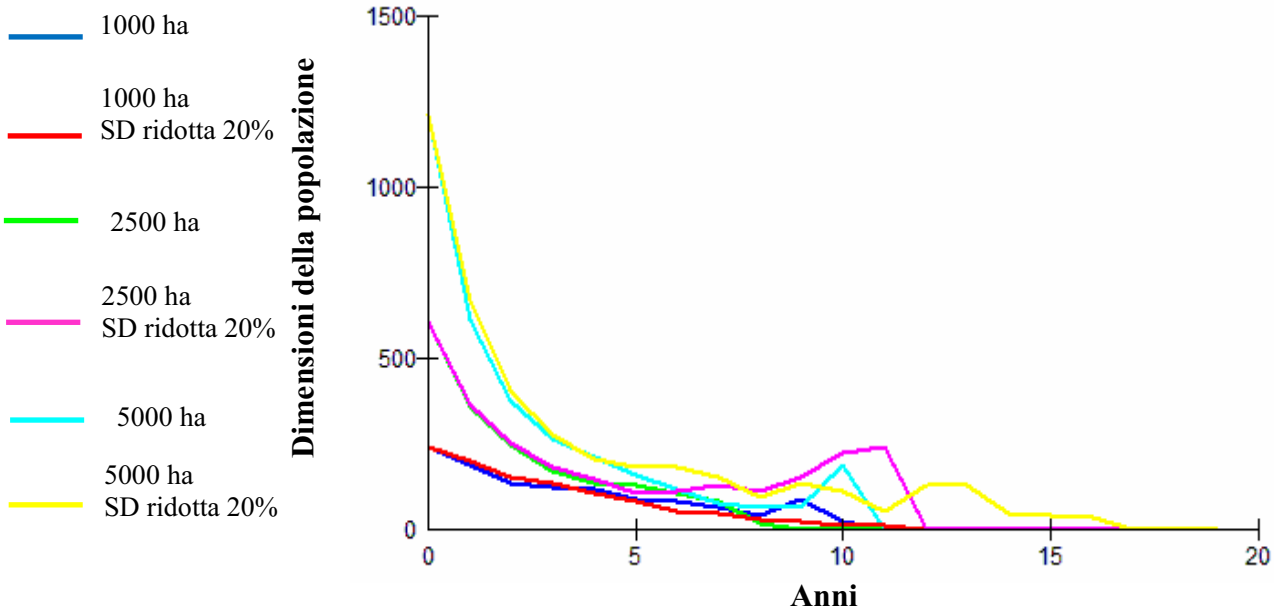


Fig. 4.5 – Andamento delle dimensioni di una popolazione di un'area con densità "alta", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con Deviazione standard ridotta artificialmente.

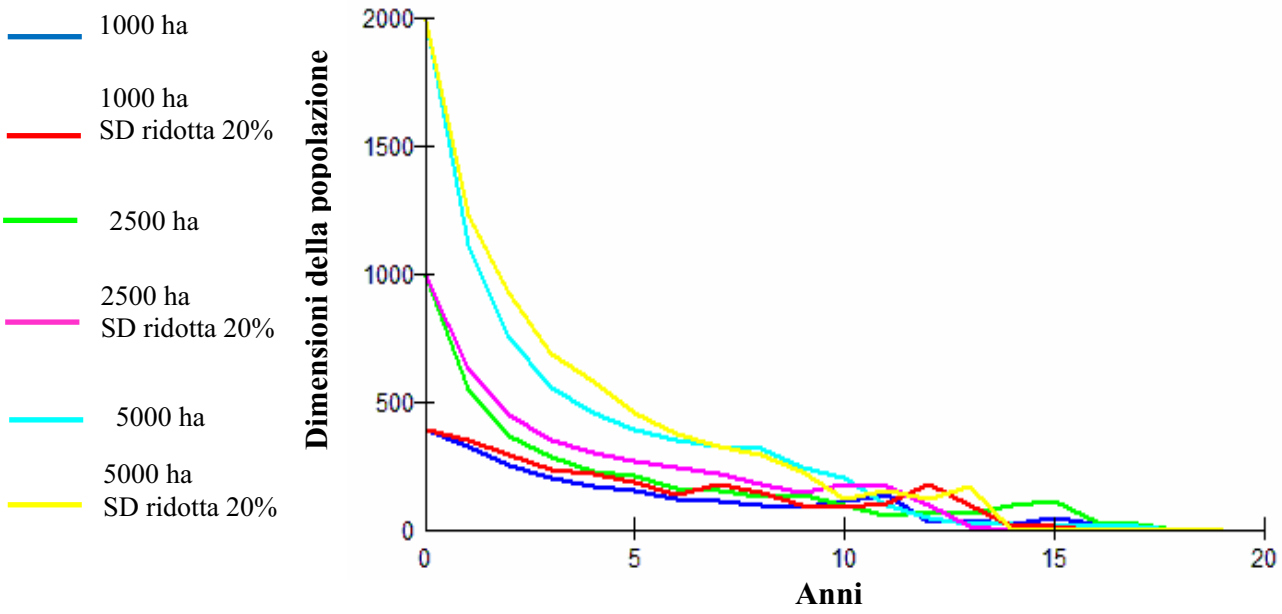


Fig. 4.6 – Andamento delle dimensioni di una popolazione di un'area con densità "molto alta", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con Deviazione standard ridotta artificialmente.

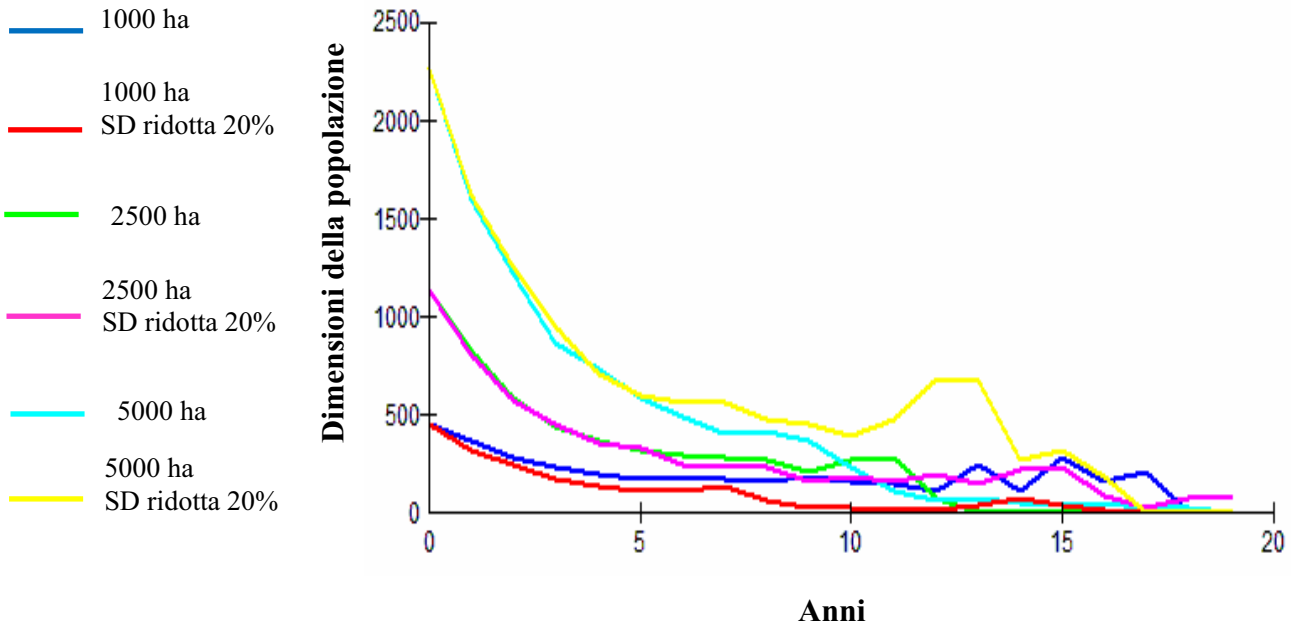


Fig. 4.7 – Probabilità di sopravvivenza di una popolazione di un'area con densità "base", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con successo riproduttivo e tassi di mortalità modificati artificialmente del 20% e 40%.

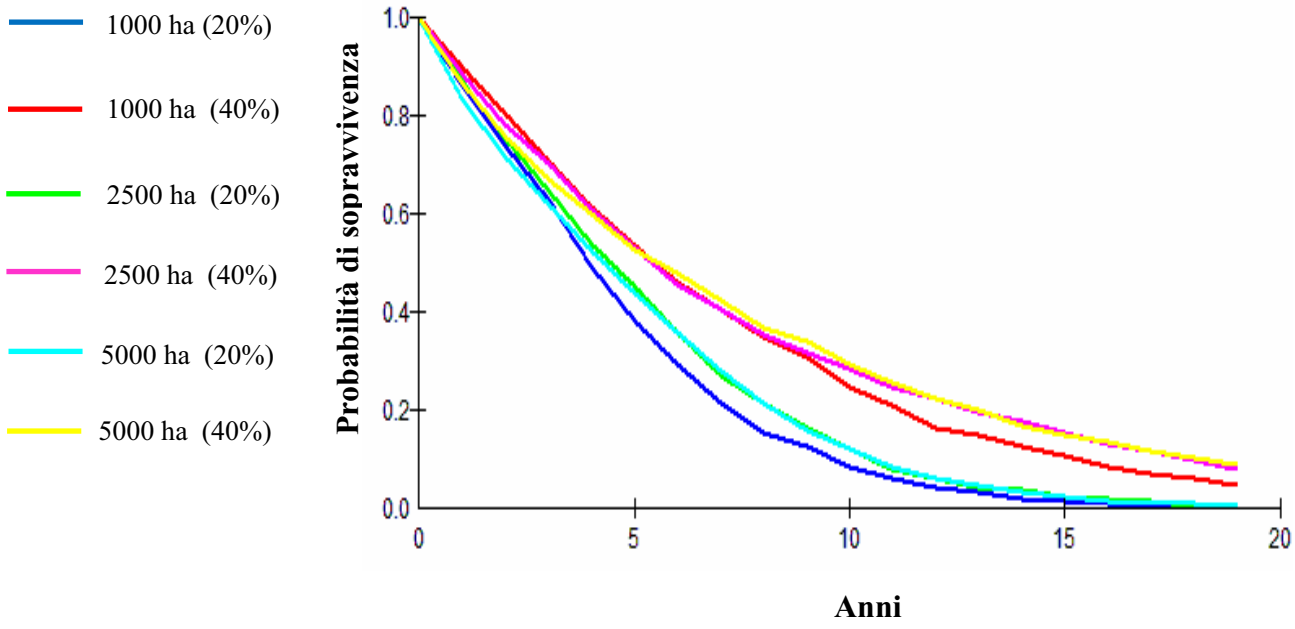


Fig. 4.8 – Probabilità di sopravvivenza di una popolazione di un'area con densità "alta", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con successo riproduttivo e tassi di mortalità modificati artificialmente del 20% e 40%.

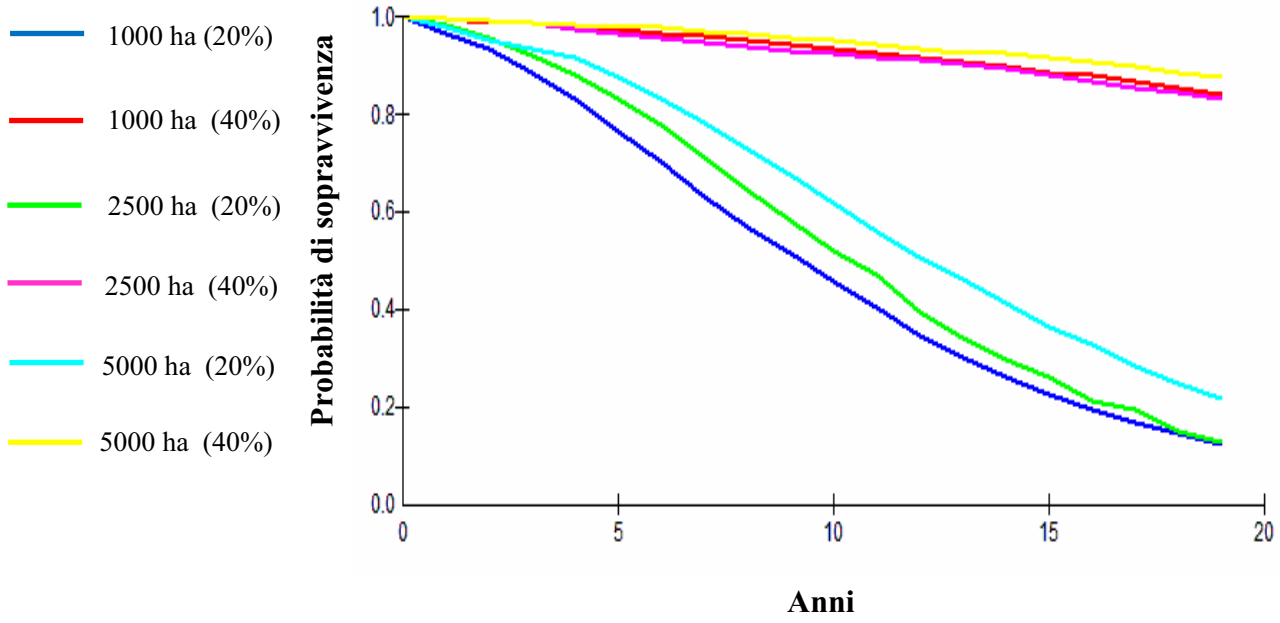


Fig. 4.9 – Probabilità di sopravvivenza di una popolazione di un'area con densità "molto alta", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con successo riproduttivo e tassi di mortalità modificati artificialmente del 20% e 40%.

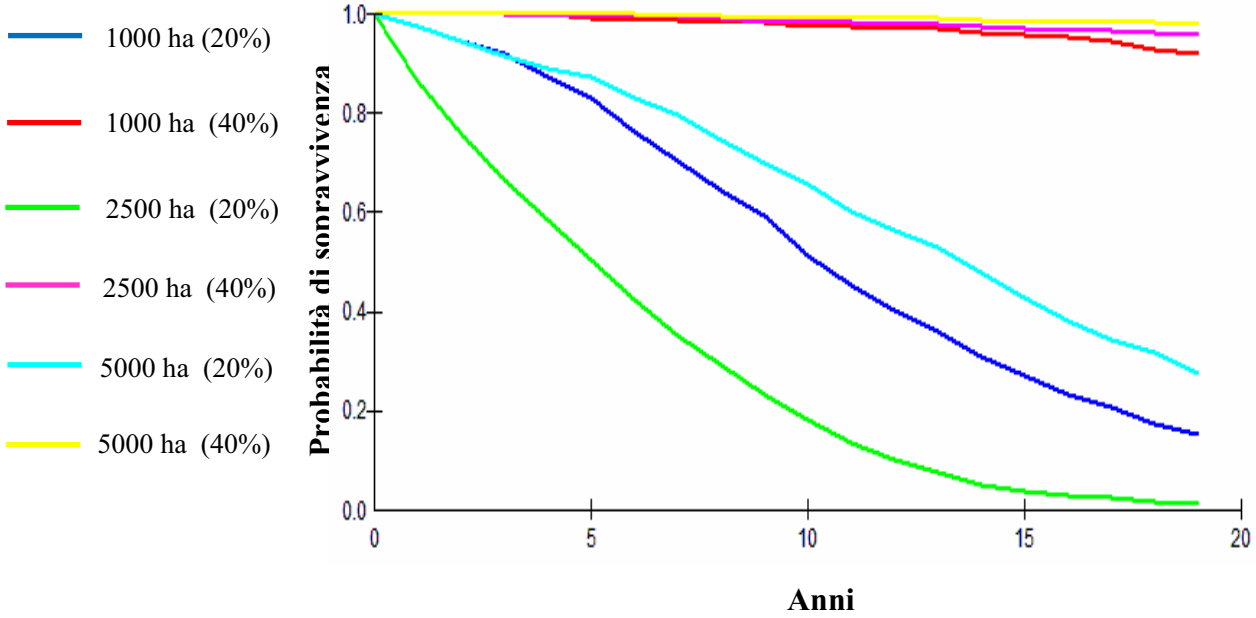


Fig. 4.10 – Andamento delle dimensioni di una popolazione di un'area con densità "base", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con successo riproduttivo e tassi di mortalità modificati artificialmente del 20% e 40%.

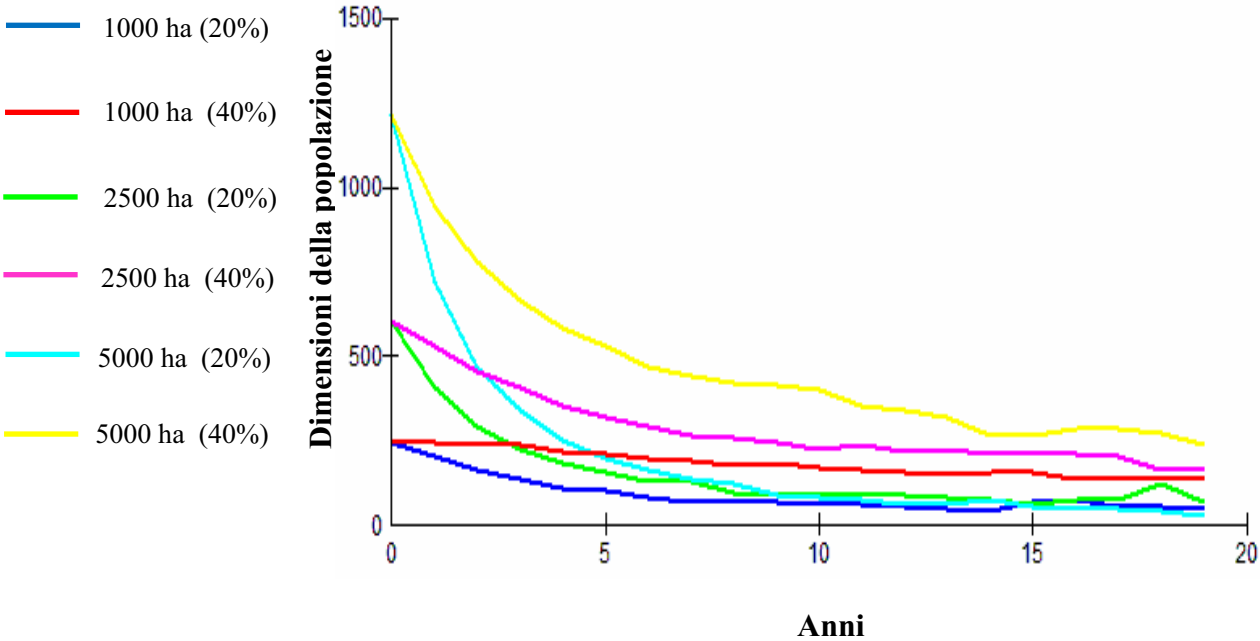


Fig. 4.11 – Andamento delle dimensioni di una popolazione di un'area con densità "alta", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con successo riproduttivo e tassi di mortalità modificati artificialmente del 20% e 40%.

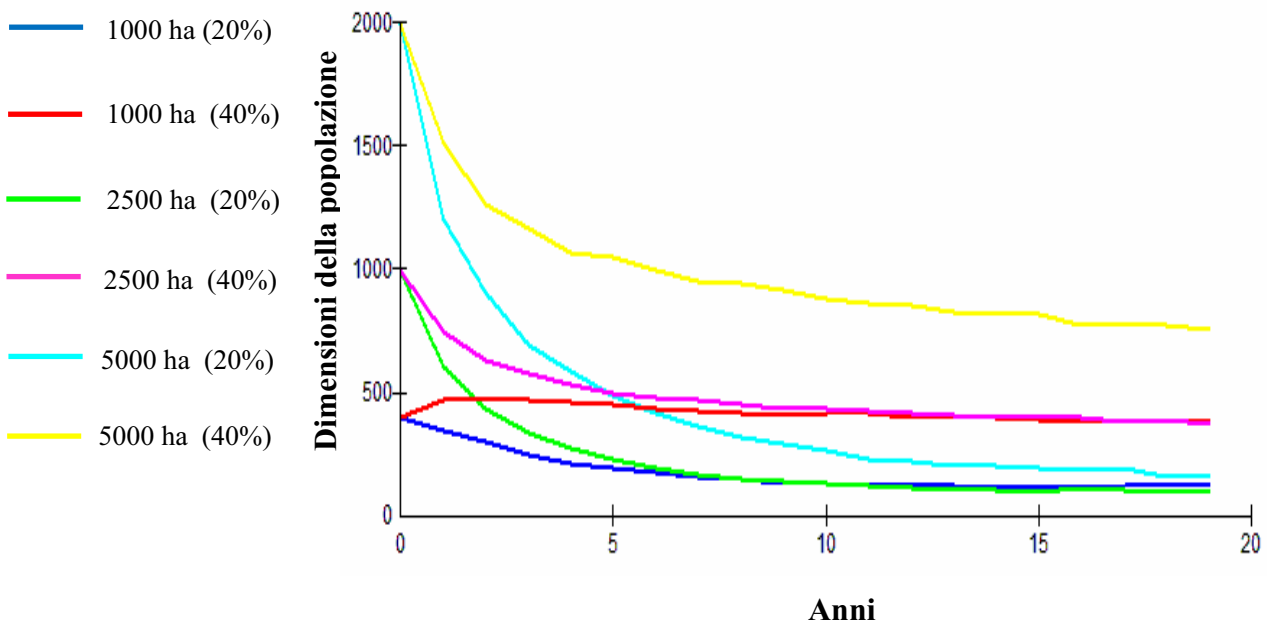
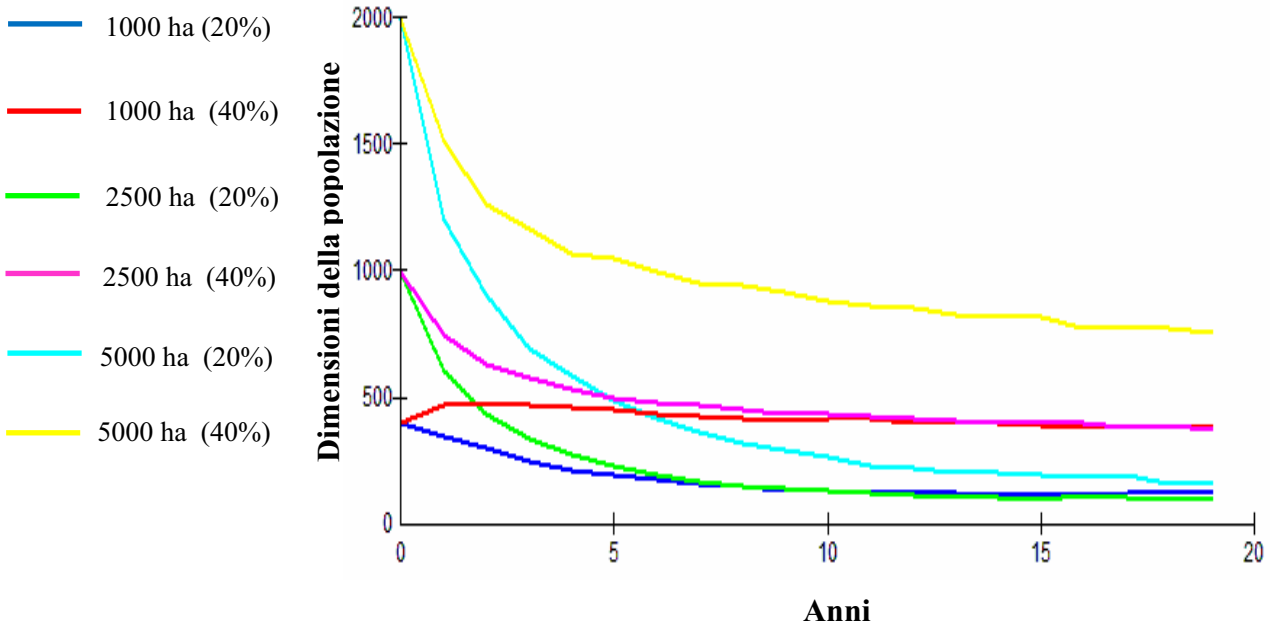


Fig. 4.12 – Andamento delle dimensioni di una popolazione di un'area con densità "molto alta", insistente su unità gestionali di differente estensione, e con successo riproduttivo e tassi di mortalità modificati artificialmente del 20% e 40%.



4.4 CONCLUSIONI

Dalle analisi condotte emerge che, anche in unità gestionali di dimensioni differenti, i fattori che più influenzano la probabilità di sopravvivenza delle popolazioni dellai pernice sarda sono il successo riproduttivo e la mortalità. Solo intervenendo per modificare questi parametri si può aumentare in modo significativo la probabilità che le popolazioni di questa specie si mantengano nei prossimi venti anni. La modifica dei parametri demografici ha prodotto un miglioramento sensibile nella probabilità di sopravvivenza soprattutto in quegli scenari in cui si è utilizzata una popolazione di partenza con una densità alta (maggiore di 40 ind/Km^2), mentre se la densità di popolazione è ridotta anche il netto miglioramento del successo riproduttivo e la riduzione dei tassi di mortalità non sono sufficienti al raggiungimento di una probabilità di sopravvivenza accettabile, cioè maggiore del 50%.

Tendenza degli abbattimenti e Idoneità del territorio regionale

5.1 METODI

Per verificare eventuali andamenti significativi del numero di abbattimenti di lepri e pernici per ogni autogestita appartenente ad ogni Unità Ambientale Omogenea (UAO) e delle relative densità di abbattimento, è stata effettuata un'analisi di regressione con stima di curve. Un'ulteriore analisi di regressione con stima di curve è stata effettuata sui dati medi delle autogestite per ogni UAO. Per individuare le caratteristiche ambientali che influenzano la distribuzione di lepre e pernice, in ogni autogestita, sono state misurate le variabili ambientali. Successivamente, sono state effettuate analisi statistiche volte ad individuare i fattori che influenzano l'abbondanza e la densità delle specie, formulando modelli d'idoneità ambientale. Con il termine modello si indica una semplificazione di un sistema complesso. In ambito ecologico il modello è principalmente di tipo matematico. Quando si basa su ipotesi formulate a priori, a partire da informazioni bibliografiche o derivanti dall'esperienza personale, si parla di modello teorico oppure, nel caso di dati ricavati dal mondo reale, si parla di modello empirico. Mediante Analisi di Regressione Lineare Multipla (ARLM), è stato possibile individuare le variabili ambientali più efficaci nel determinare l'abbondanza e la densità delle due specie. Per selezionare le variabili che contribuiscono all'equazione del modello lineare multiplo, è stata utilizzata la procedura forward stepwise, che comporta, dato un insieme di n variabili indipendenti (variabili ambientali), l'aggiunta successiva e sequenziale di ciascuna variabile al modello, in una serie di passaggi iterativi. La regressione lineare multipla è rappresentata dall'equazione:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \ldots + \beta_n x_n$$

x sono le variabili indipendenti e β i coefficienti standardizzati delle variabili indipendenti. L'apporto di ogni variabile alla regressione lineare multipla è espresso dal valore assoluto di β, che indica in quale misura la variabile entrata nel modello contribuisce alla discriminazione tra i gruppi individuati sulla base dei valori assunti dalla variabile dipendente e dal coefficiente di correlazione tra la stessa variabile e la FD. Nel nostro caso è stato utilizzato lineare multiplo perché costituisce uno dei metodi più usati per formulare una Funzione di Selezione delle Risorse, cioè un'espressione matematica in grado di sintetizzare il processo di selezione dell'habitat di una specie per prevederne la distribuzione (Boyce & McDonald, 1999; Manly et al, 2003; Meriggi et al., 2010). Tuttavia nel modello sono entrate variabili

correlate tra loro e quindi sono stati individuati, grazie alla matrice di correlazione di Pearson, sottogruppi di variabili non correlate (P > 0,05). Per ognuno dei sottogruppi è stata effettuata una ARLM con la procedura *enter*, che aggiunge al modello tutte le variabili simultaneamente. L'inferenza sui modelli ottenuti con i sottogruppi di variabili non correlate è stata effettuata seguendo l'*Information-Theoretic Approach* (Anderson et al., 2000, 2001). In una prima fase è stato calcolato il logaritmo della massima verosimiglianza (MLL, Maximized Log-likelihood), secondo la formula:

$$MLL = \frac{[n \ln[(\sigma^2)]]}{2}$$

dove n è la dimensione del campione e σ^2 è il rapporto tra la somma dei quadrati dei residui (RSS, Residual Sum of Squares) e n vari. Quindi i modelli sono stati confrontati utilizzando il criterio di Akaike (AIC, Akaike Information Criterion; Akaike, 1973).

$$AIC = n \ln (\sigma^2) + 2k$$

Nel nostro caso è stato calcolato l'AIC corretto (AICc), consigliato nel caso la numerosità sia $n/k < 40$ (dove k è il numero di parametri del modello) (Massolo e Meriggi, 2007; Meriggi et al., 2010).

$$AIC_c = n \ln (\sigma^2) + 2K + \frac{2k(k+1)}{(n-k-1)}$$

Il modello per il quale l'AICc è risultato minimo viene selezionato come modello migliore e, per ordinare i modelli successivi, si calcola la differenza tra l'AICc del modello migliore e gli AICc degli altri:

$$\Delta AICc_i = AICc_i - min\ (AICc)$$

Sempre per ordinare i modelli in base al rango, è stato poi calcolato per ognuno il peso w_i, "Akaike weight", del modello *i-esimo*, il cui valore può essere interpretato come la probabilità di un dato modello di essere il migliore tra tutti quelli considerati (Merli e Meriggi, 2006; Jedrzejewski et al., 2008; Meriggi et al., 2010). La formula usata è la seguente:

$$wi = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\Delta_i\right)}{\sum_{i=1}^{R}\exp\left(-\frac{1}{2}\Delta_i\right)}$$

L'importanza relativa delle variabili indipendenti (variabili ambientali) è stata valutata in base ai seguenti criteri:

- numero di modelli in cui compare ogni variabile;
- varianza spiegata (R^2) dei modelli in cui compare la variabile;
- valore del coefficiente parziale di regressione standardizzato in ogni modello;
- somma dei pesi (w_i) dei modelli in cui entra la variabile;
- media pesata dei coefficienti parziali di regressione standardizzati dei modelli in cui entra la variabile:

$$\beta = \sum_{i=1}^{R} w_i \beta_i$$

Inoltre, è stata calcolata la Varianza campionaria non subordinata di β, vale a dire la componente di varianza dovuta all'incertezza nella selezione dei modelli, in modo che le stime non siano condizionate dal modello selezionato:

$$var(\beta) = (\Sigma_i(i = 1)^{\prime}R \equiv [w_i(i)\ \sqrt{((var(\beta_i i) + (\beta_i i - \beta)^{\prime}2))}]^{2}$$

Inoltre, il cambiamento negli abbattimenti di lepre e pernice negli anni è stato confrontato con i cambiamenti delle variabili che influenzano maggiormente la distribuzione delle due specie. Eventuali relazioni tra il cambiamento negli abbattimenti e quello delle variabili ambientali sono state stimate tramite analisi di correlazione bivariata non parametrica di Spearman ed analisi di regressione.

5.2 RISULTATI

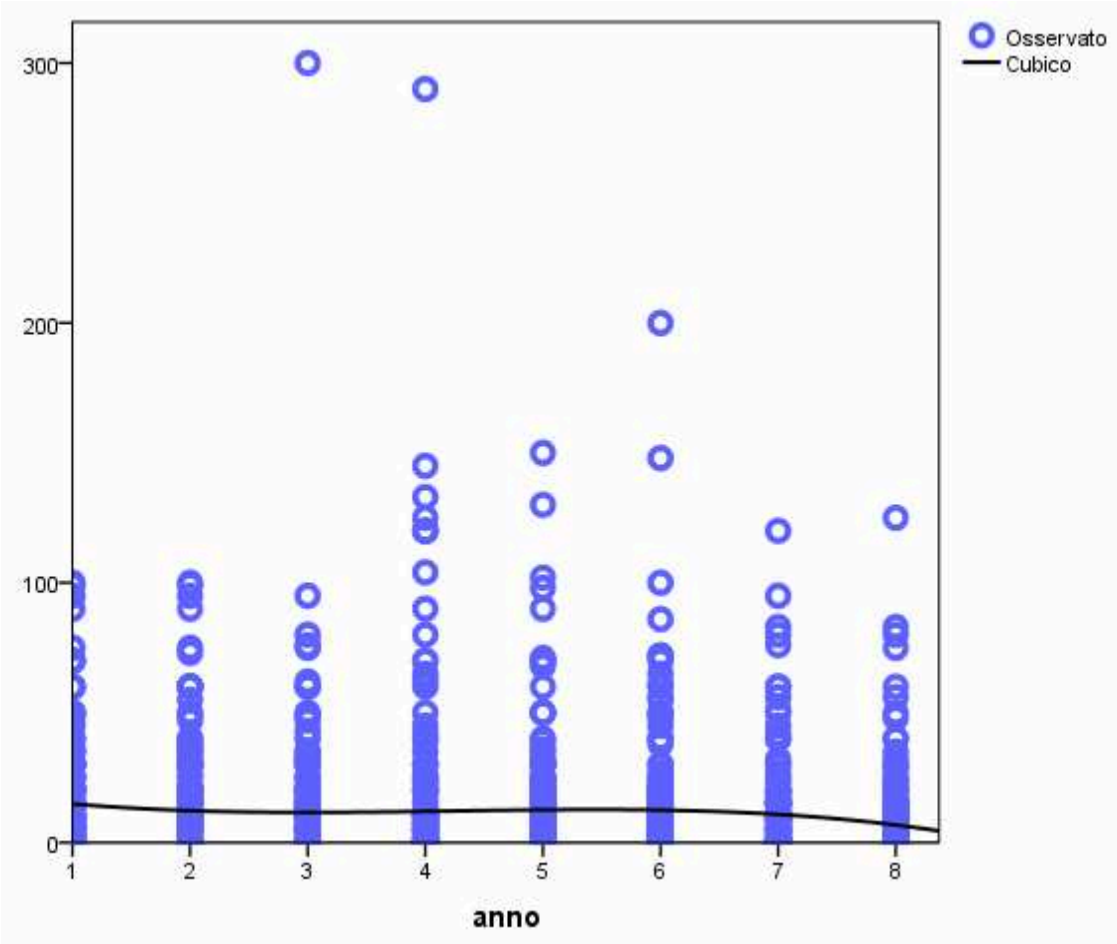
5.2.1 Analisi di tendenza degli abbattimenti

5.2.1.1 Lepre sarda

L'analisi di regressione con stima di curve, riguardante il numero di lepri abbattute per ogni autogestita appartenente ad ogni UAO ha mostrato un andamento cubico decrescente degli abbattimenti negli anni (F = 3,88 ; g.l. = 3 ; P=0,01 ; R^2 = 0,006 ; y = – 7,10 + 20,32x + 1,83x^2 - 0,14 x^3) (Fig. 5.1).

Fig.5.1

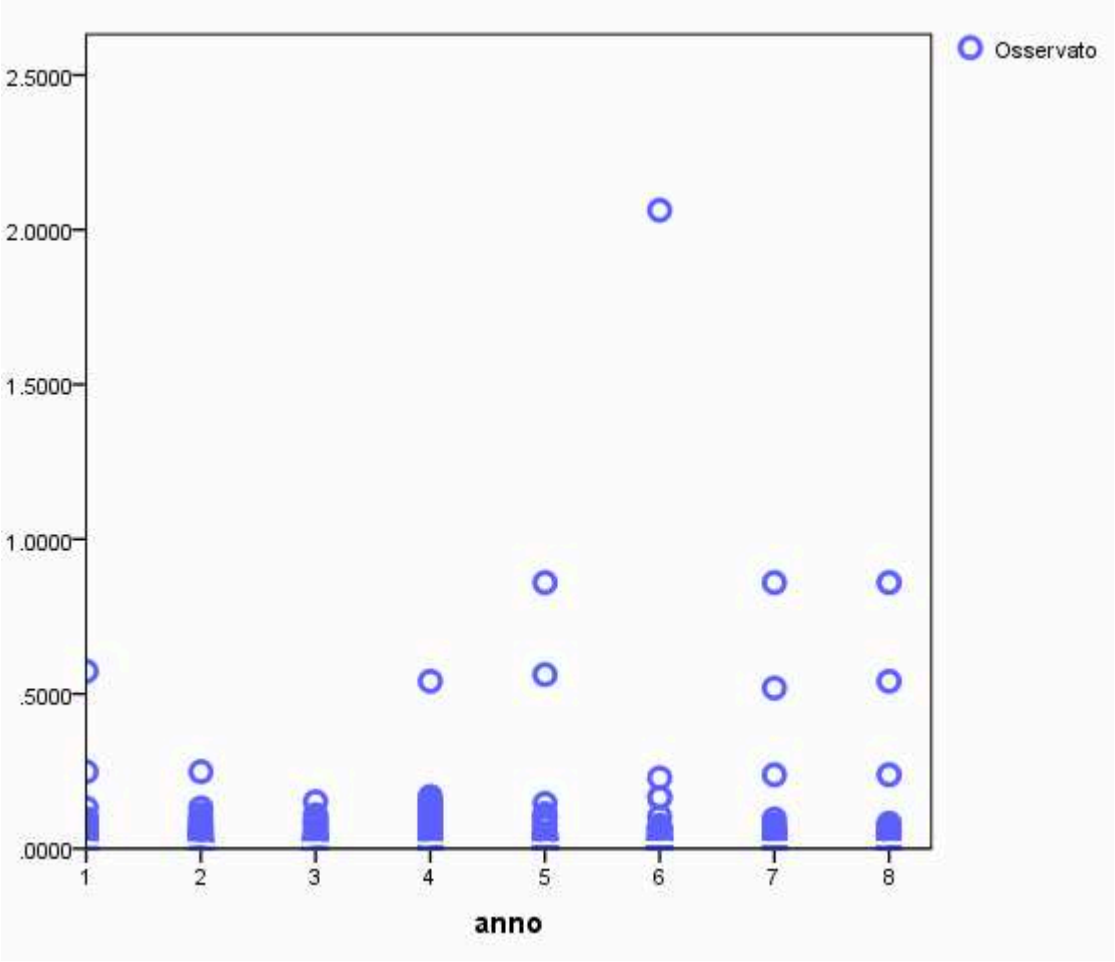
Andamento degli abbattimenti di lepre



L'analisi di regressione con stima di curve, relativa alla densità di abbattimenti di lepri per ogni autogestita appartenente ad ogni UAO non ha mostrato un andamento significativo degli abbattimenti negli anni (Fig. 5.2).

Fig.5.2

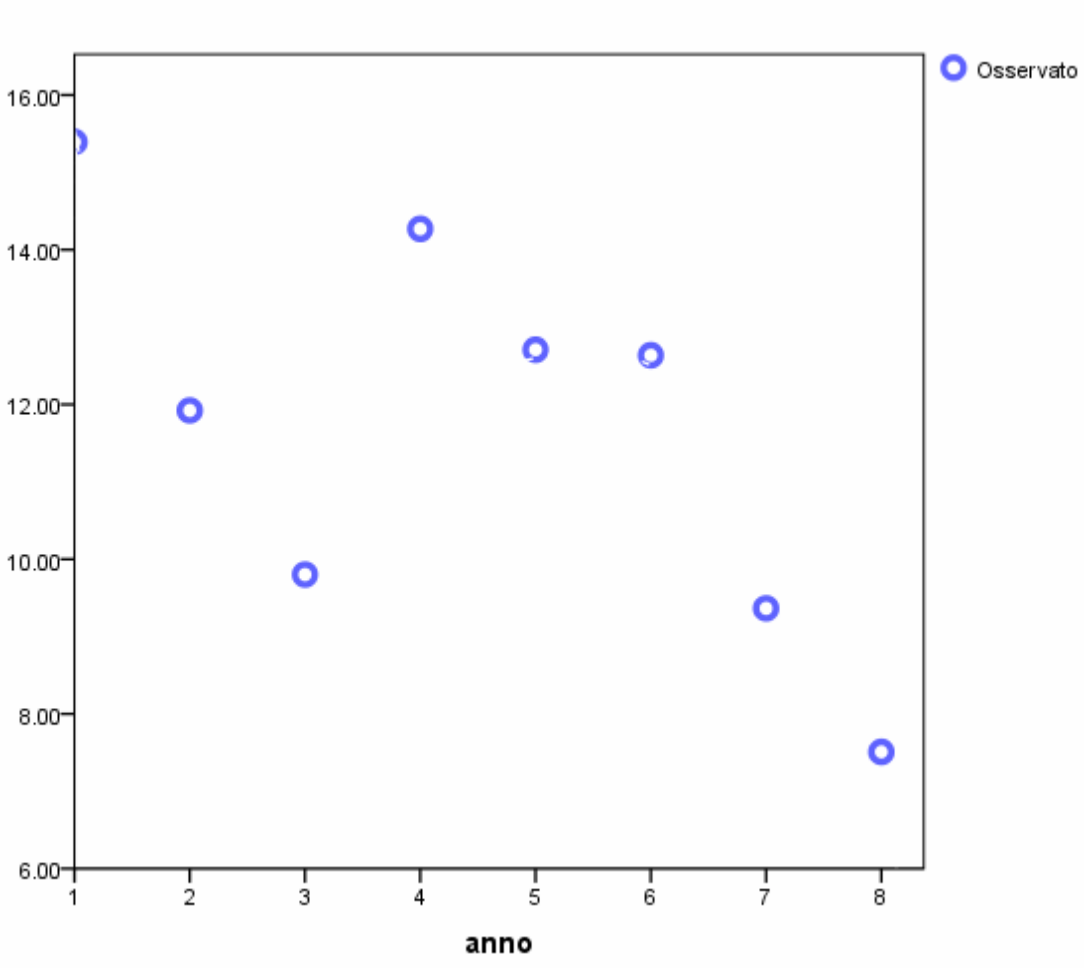
Andamento della densità di abbattimenti di lepre



Anche l'analisi di regressione con stima di curve, relativa agli abbattimenti medi di lepre per ogni autogestita appartenente ad ogni UAO non ha mostrato un andamento significativo degli abbattimenti negli anni (Fig. 5.3).

Fig.5.3

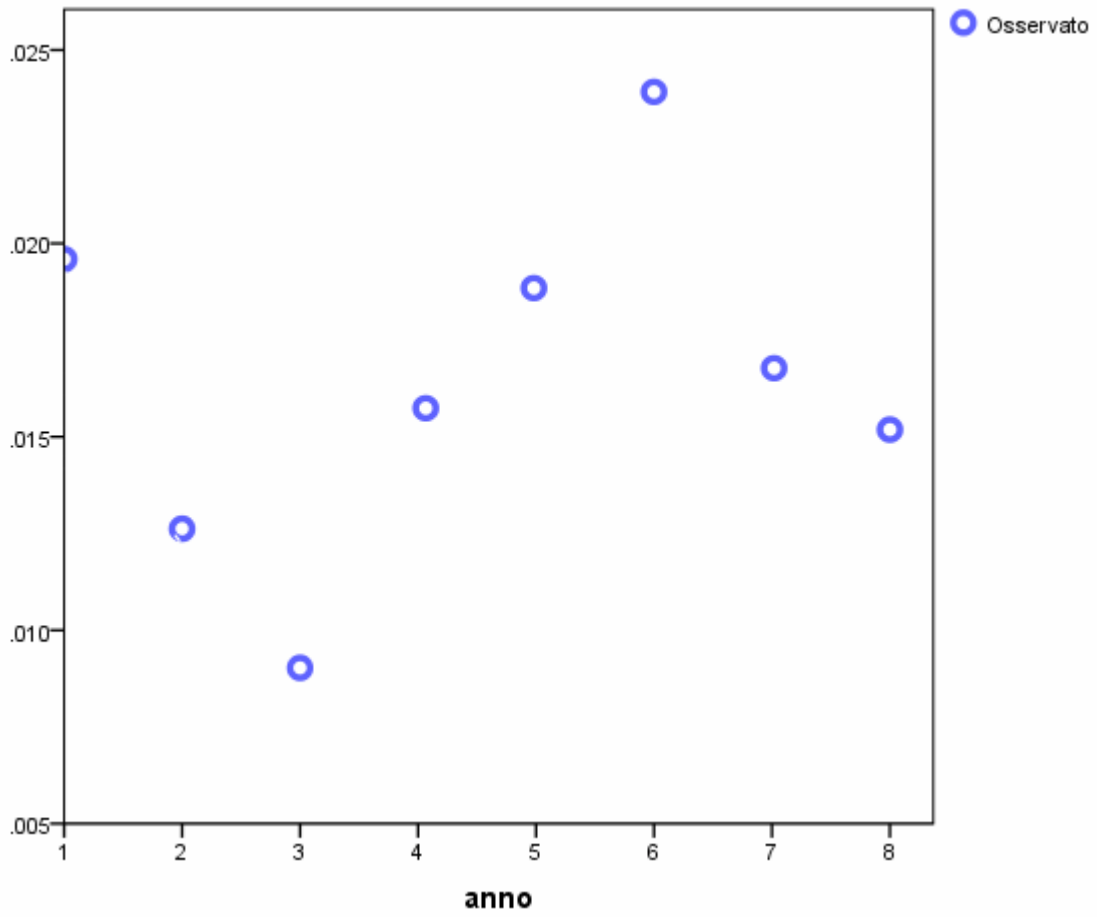
Andamento degli abbattimenti medi di lepre



L'analisi di regressione con stima di curve, effettuata sui dati medi relativi alla densità degli abbattimenti di lepre nelle autogestite per ogni UAO non ha mostrato un andamento significativo negli anni (Fig. 5.4).

Fig.5.4

Andamento degli abbattimenti medi relativi alla densità di lepre

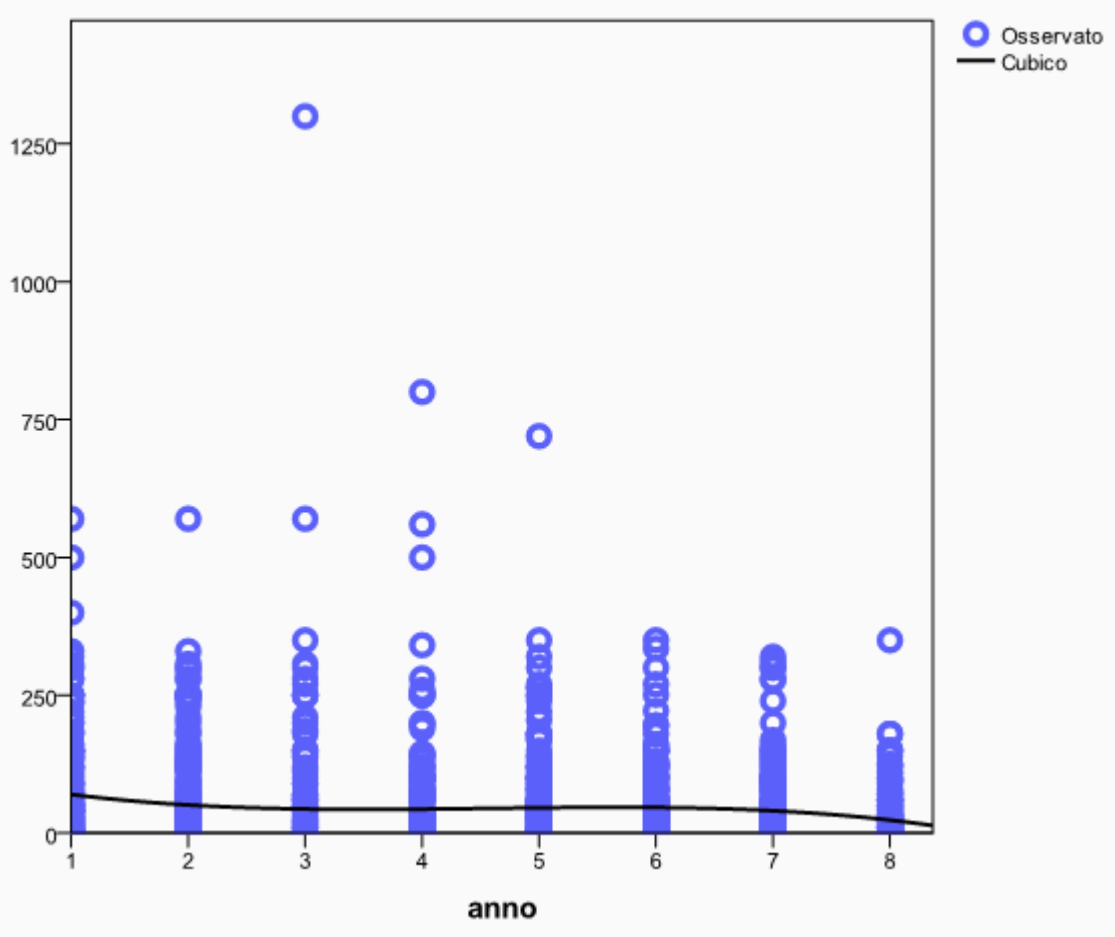


5.2.1.2 Pernice sarda

L'analisi di regressione con stima di curve, del numero di abbattimenti di pernici per ogni autogestita appartenente ad ogni UAO ha mostrato un andamento cubico decrescente degli abbattimenti negli anni ($F = 8,96$; g.l. = 3 ; $P<0,0001$; $R^2 = 0,016$; $y = 105,47 – 45,01x + 10,39 x^2 - 0,75x^3$) (Fig. 5.5).

Fig.5.5

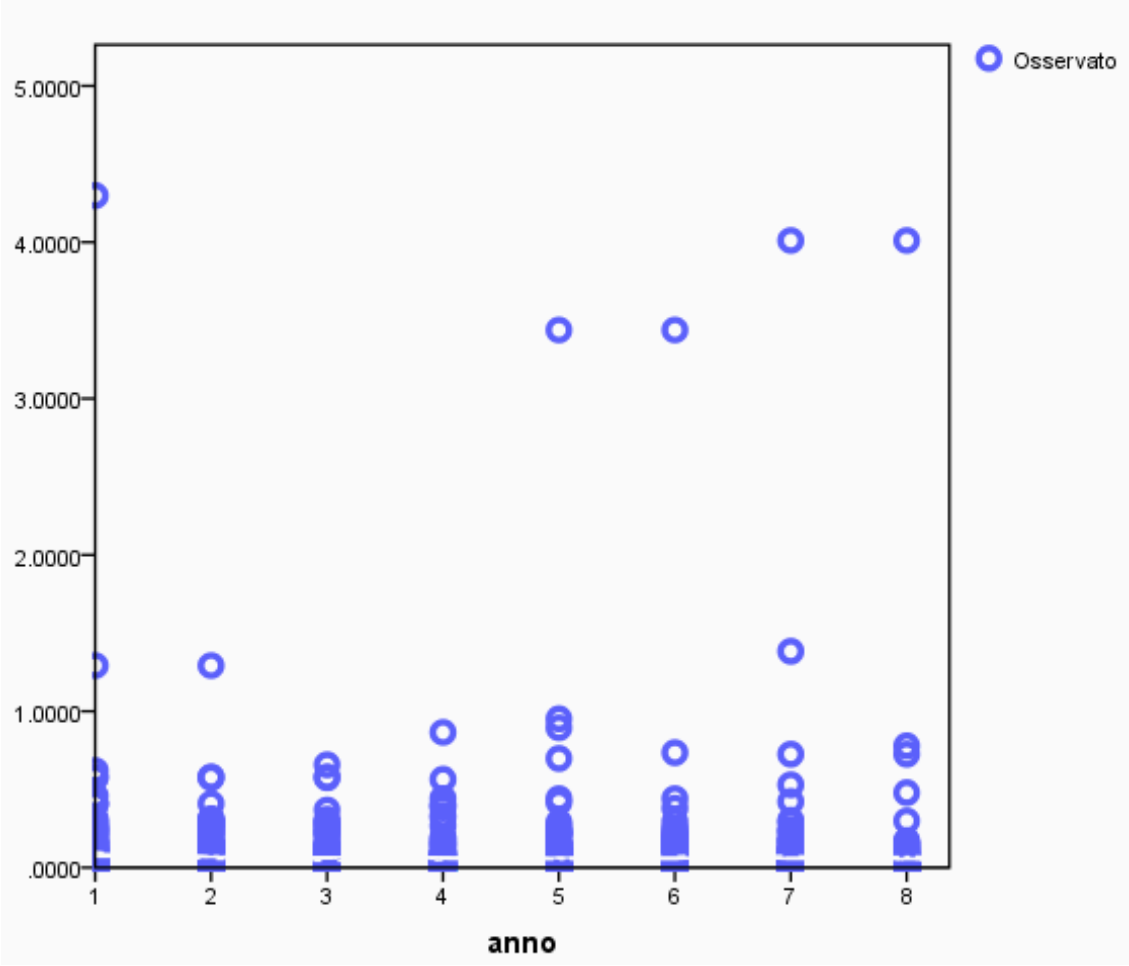
Andamento degli abbattimenti di pernice sarda



L'analisi di regressione con stima di curve, relativa alla densità di abbattimenti di pernici per ogni autogestita appartenente ad ogni UAO non ha mostrato un andamento significativo degli abbattimenti negli anni (Fig. 5.6).

Fig.5.6

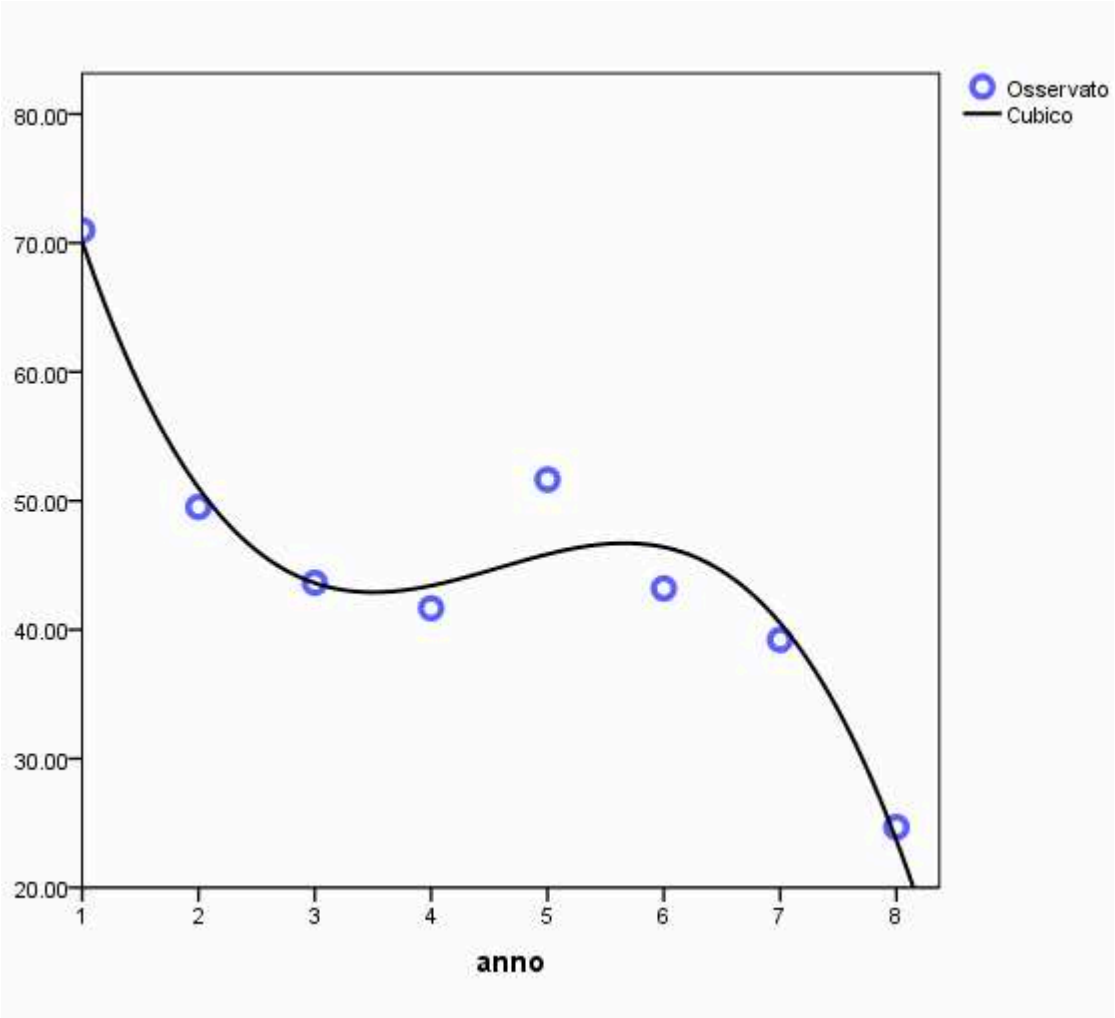
Andamento della densità di abbattimenti di pernice sarda



Al contrario, l'analisi di regressione con stima di curve, effettuata sui dati medi degli abbattimenti di pernice per ogni autogestita appartenente ad ogni UAO ha mostrato un andamento cubico decrescente degli abbattimenti negli anni ($F = 29,08$; g.l. = 3 ; $P=0,01$; $R^2 = 0,923$; $y = 105.47 - 45.01\,x + 10.39\,x^2 - 0.75\,x^3$) (Fig. 5.7).

Fig.5.7

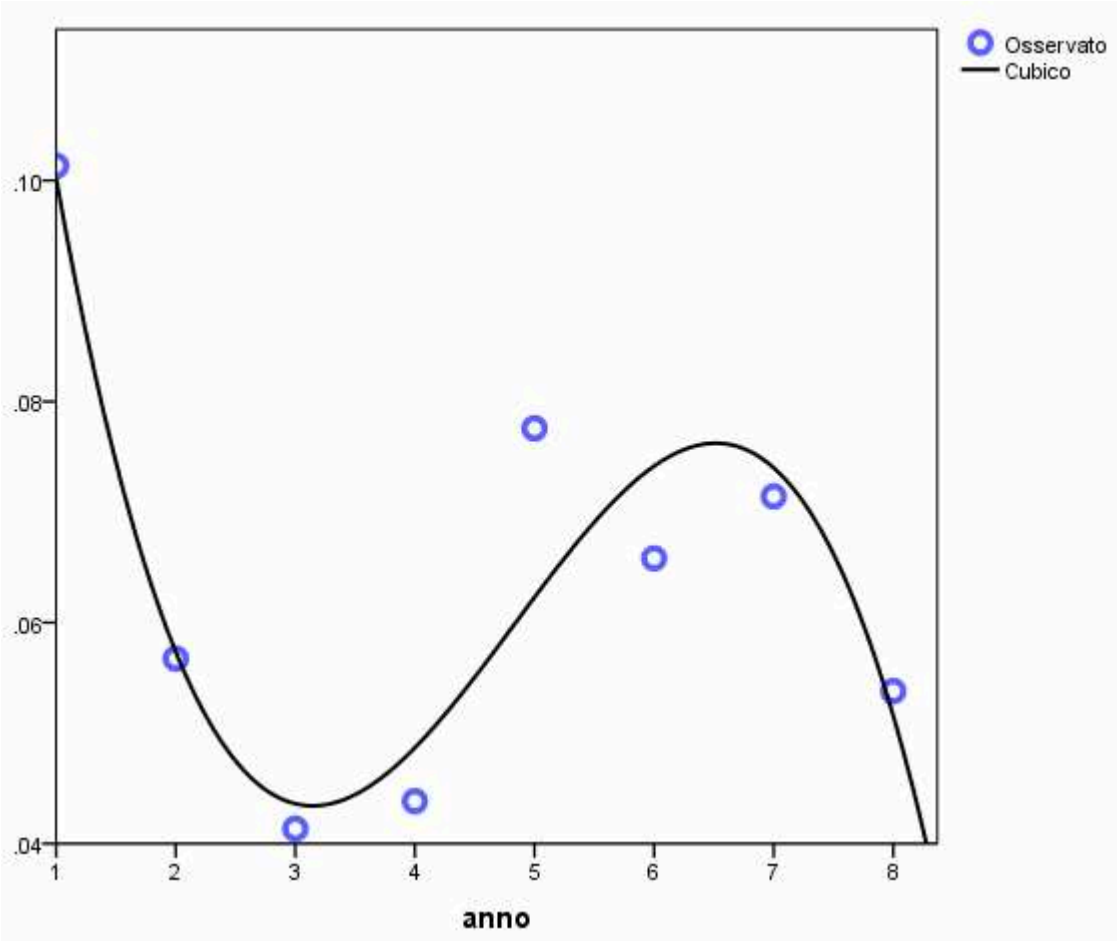
Andamento degli abbattimenti medi di pernice sarda



Anche l'analisi di regressione con stima di curve, effettuata sui dati medi relativi alla densità di abbattimenti di pernice per ogni autogestita appartenente ad ogni UAO ha mostrato un andamento cubico decrescente ($F = 9,14$; g.l. = 3 ; $P=0,02$; $R^2 = 0,777$; $y = 0.18 - 0.10\,x + 0.02\,x^2 - 0.01\,x^3$) (Fig. 5.8).

Fig.5.8

Andamento degli abbattimenti medi relativi alla densità di pernice sarda



L' analisi effettuata mediante correlazione bivariata parametrica di Pearson ha fornito 138 sub-set di variabili tra loro non correlate ($P > 0,05$). I sub-set sono stati utilizzati per formulare altrettanti modelli di regressione lineare multipla ed effettuare il calcolo dell'AICc. Nell'analisi di regressione sono stati utilizzati, come variabili dipendenti, dati relativi agli abbattimenti di lepri e pernici (numero di capi abbattuti e densità relative).

5.2.2 Modelli di idoneità ambientale e idoneità del territorio

5.2.2.1 Lepre sarda

Numero di lepri abbattute

Il calcolo dell'AICc , mediante analisi di regressione condotta tra il numero di lepri abbattute e le variabili ambientali, ha permesso di individuare 3 modelli migliori.

Le variabili *Anno*, *somma delle aree delle patches* e la *complessità ambientale pesata sulla dimensione delle patches* sono risultate significative in tutti i modelli. Nel primo modello è entrata anche la variabile relativa alla fascia altitudinale compresa tra i 450-500 m s.l.m.; nel secondo l'indice di Shannon, il Coefficiente di variazione dell'area delle patches e le aree esposte a nord-ovest e nel terzo modello le aree non esposte (Tab. 5.1).

Tab.5.1

Caratteristiche dei 3 modelli predittivi migliori (secondo il criterio di informazione di Akaike AICc e secondo il fattore wi)

Mod	Variabili Significative	R^2	– 2 Log likelihood	AICc	Δ AICc	wi
I	Anno*, aree agroforestali, seminativi semplici e colture orticole a pieno campo, macchia mediterranea, gariga, somma delle aree delle patches*, Coefficiente di variazione dell'area delle patches, complessità ambientale pesata sulla dimensione delle patches*, esposizione nord-est, esposizione nord-ovest, pendenza 20°, pendenza 60°, 0-50 m s.l.m., 350-400 m s.l.m., 450-500 m s.l.m. *	0.09	13186.06	13222.55	0.00	0.99
II	Anno*, aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti, aree agroforestali macchia mediterranea, gariga, indice di Shannon*, somma delle aree di tutte le patches*, Coefficiente di variazione dell'area delle patches*, rapporto tra la somma dei perimetri e delle aree dei patches, complessità ambientale pesata sulla dimensione delle patches*, esposizione nord-est, esposizione nord-ovest*, pendenza 60°, 50-100 m s.l.m., 700-750 m s.l.m., 900-950 m s.l.m., 1350-1400 m s.l.m.	0.08	13193.18	13231.71	9.16	0.01
III	Anno*, aree agroforestali, spiagge di ampiezza superiore a 25m*, macchia mediterranea, gariga, somma delle aree di tutte le patches*, coefficiente di variazione dell'area delle patches, rapporto tra la somma dei perimetri e delle aree dei patches, complessità ambientale pesata sulla dimensione delle patches*, aree non esposte*, esposizione nord-est, esposizione nord-ovest	0.07	13213.30	13241.59	19.04	0.00

* **Variabile significativa**

Tuttavia il II e III modello hanno mostrato valori di Δ AICc superiori a 2 e dunque è stato considerato solo il I modello. La somma dei w_i (Akaike weights) ha permesso di evidenziare gli effetti delle variabili significative.

Le variabili Anno e complessità ambientale pesata sulla dimensione delle patches hanno un effetto negativo sull'abbondanza della specie, mentre quelle relative alla somma delle aree di tutte le patches e la fascia 450-500 m s.l.m. è positivo (Tab. 5.2).

Tab.5.2

Importanza relativa delle variabili ambientali per l'abbondanza della lepre

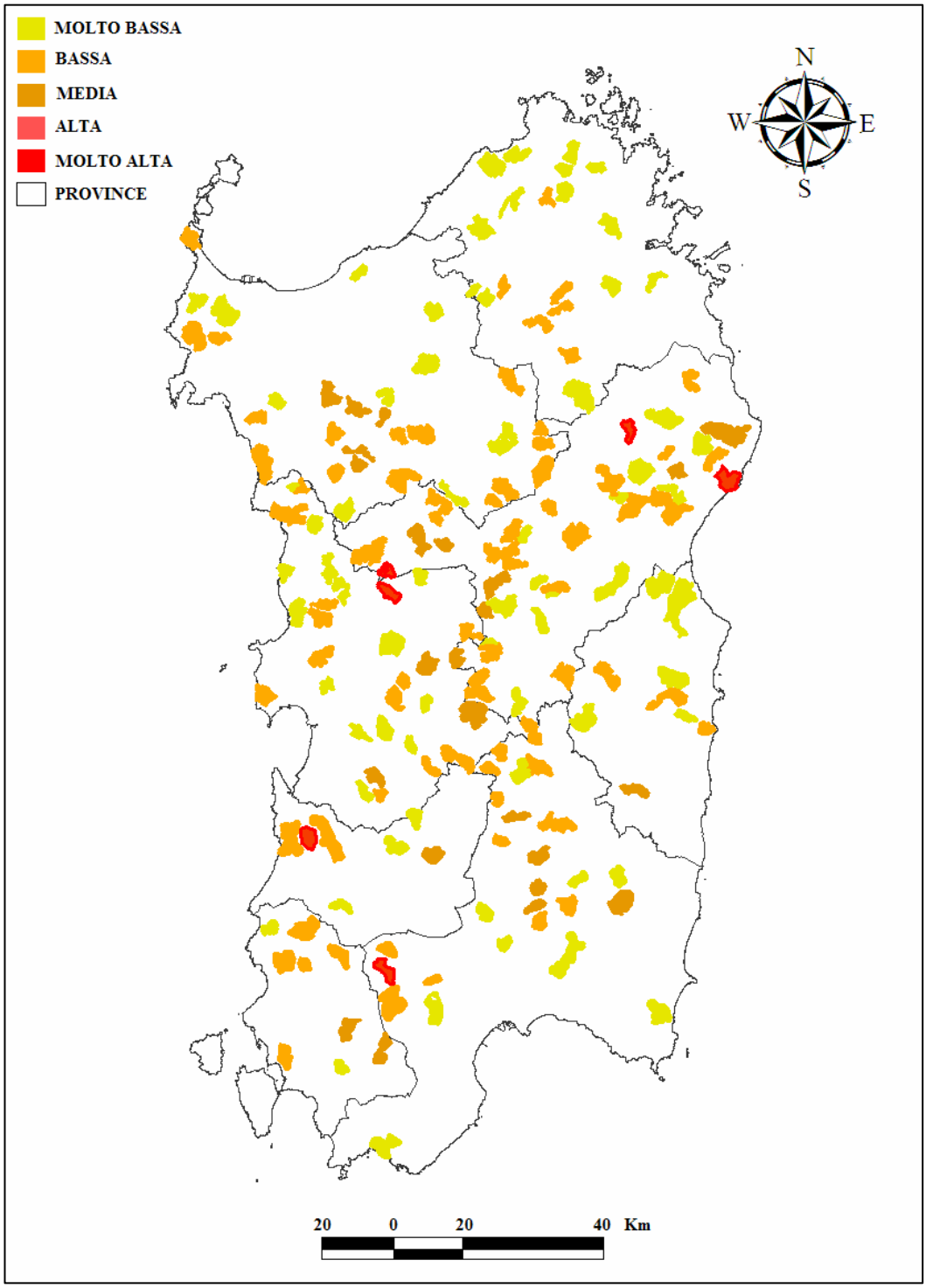
Variabili	∑ wi	β	β SE	Lim. Inf. Int. Conf. 95% β	Lim. Sup. Int. Conf. 95% β
Anno*	0.99	-0.71	0.262	-1.234	-0.205
Aree agroforestali	0.99	-3.954	11.524	-26.540	18.632
Seminativi semplici e colture	0.99	-1.671	2.968	-7.488	4.146
Macchia mediterranea	0.99	-1.364	3.994	-9.192	6.463
Gariga	0.99	2.681	1.833	-0.913	6.275
Somma delle aree di tutte le patches *	0.99	0.008	0.001	0.006	0.009
Coefficiente di variazione dell'area delle patches	0.99	0.002	0.009	-0.015	0.019
Complessità ambientale pesata sulla dimensione delle patches *	0.99	-108.108	33.106	-172.995	-43.221
Esposizione nord-est	0.99	-3.388	8.127	-19.317	12.541
Esposizione nord-ovest	0.99	-11.326	6.402	-23.874	1.223
Pendenza 20°	0.99	-2.133	3.779	-9.540	5.273
Pendenza 60°	0.99	-1321.65	957.826	-3198.988	555.688
0-50 m s.l.m.,	0.99	-97.268	153.648	-398.418	203.883
350-400 m s.l.m.	0.99	-7.805	4.297	-16.227	0.616
450-500 m s.l.m.*	0.99	28.175	5.063	18.252	38.099

* **Variabile significativa**

Il modello migliore emerso dalla analisi precedentemente descritte è stato utilizzato per classificare le Autogestite presenti in Regione. Il modello ha classificato il 39,22 % delle Autogestite ad abbondanza molto bassa, il 43,64 % a bassa abbondanza ed il 13,25 % a media abbondanza. Per quanto riguarda le Autogestite ad abbondanza alta e molto alta sono risultate rispettivamente il 3,31 % e lo 0,58 % del totale (Fig. 5.9).

Fig. 5.9

Classi di abbondanza di lepre secondo il miglior modello formulato



Densità di lepri abbattute

Il calcolo dell'AICc, mediante analisi di regressione condotta tra la densità di lepri abbattute e le variabili ambientali, ha permesso di individuare 3 modelli migliori.

Le *aree esposte a nord* e *ad ovest* sono risultate significative in tutti i modelli. Nel primo sono entrate anche le fasce altitudinale tra 100-150 m s.l.m. e 250-300 m s.l.m. e le aree con pendenza di 40°. Nel secondo modello è entrata anche la variabile relativa al perimetro delle patches, mentre nel terzo modello i sistemi colturali e particellari complessi, le formazioni di ripa non arboree, il numero totale di patches e mediana della dimensione delle patches (Tab. 5.3).

Tab. 5.3

Caratteristiche dei 3 modelli predittivi migliori (secondo il criterio di informazione di Akaike AICc e secondo il fattore wi)

Mod.	Variabili Significative	R^2	– 2 Log likelihood	AICc	Δ AICc	wi
I	Anno, misura della complessità dei patches, aree non esposte, esposizione nord*, esposizione ovest*, pendenza 40° *, 0-50 m s.l.m., 100-150 m s.l.m*, 250-300 m s.l.m.*, 1000-1050 m s.l.m.	0.09	1716.71	3400.56	0	0.53
II	Anno, Coefficiente di variazione dell'area delle patches, perimetro totale delle patches*, complessità della forma delle patches, rapporto tra la somma dei perimetri e delle aree dei patches, aree non esposte, esposizione nord*, esposizione ovest*, pendenza 40° *, 0-50 m s.l.m., 100-150 m s.l.m.*, 250-300 m s.l.m.*, 1000-1050 m s.l.m.	0.08	1715.69	3401.05	2.04	0.19
III	Anno, sistemi colturali e particellari complessi*, aree agroforestali, aree a pascolo naturale, prati artificiali, cespuglieti ed arbusteti, formazioni di ripa non arboree* macchia mediterranea*, gariga, sugherete, numero totale di patches, mediana della dimensione delle patches*, esposizione nord*, esposizione ovest*, pendenza 50°, 0-50 m s.l.m., 600-650 m s.l.m., 1000-1050 m s.l.m.	0.08	1720.58	3403.09	2.53	0.15

* **Variabile significativa**

Tuttavia i modelli II e III hanno mostrato valori di Δ AICc superiori a 2 e dunque è stato considerato solo il I modello. La somma dei wi (Akaike weights) ha permesso di evidenziare gli effetti delle variabili significative.

Le variabili relative all'esposizione ovest, pendenza 40°, altitudini tra i 100-150 m s.l.m. ed i 250-300 m s.l.m. hanno avuto effetto negativo sull'abbondanza della specie, l'esposizione a nord ha avuto effetto positivo, mentre quello delle altre variabili è risultato incerto (Tab. 5.4).

Tab. 5.4

Importanza relativa delle variabili ambientali per la densità della lepre

Variabili	∑ wi	β	β SE	Lim. Inf. Int. Conf. 95% β	Lim. Sup. Int. Conf. 95% β
Anno	0.53	0.000	0.000	-0.001	0.001
misura della complessità dei patches	0.53	-0.003	0.007	-0.017	0.010
aree non esposte	0.53	0.063	0.038	-0.011	0.138
esposizione nord*	0.53	0.095	0.012	0.071	0.118
esposizione ovest*	0.53	-0.034	0.012	-0.058	-0.010
pendenza 40° *	0.53	-0.174	0.085	-0.341	-0.007
0-50 m s.l.m.	0.53	0.195	0.262	-0.318	0.708
100-150 m s.l.m.*	0.53	-0.024	0.008	-0.039	-0.009
250-300 m s.l.m.*	0.53	-0.027	0.009	-0.045	-0.008
1000-1050 m s.l.m.	0.53	-0.034	0.031	-0.094	0.026

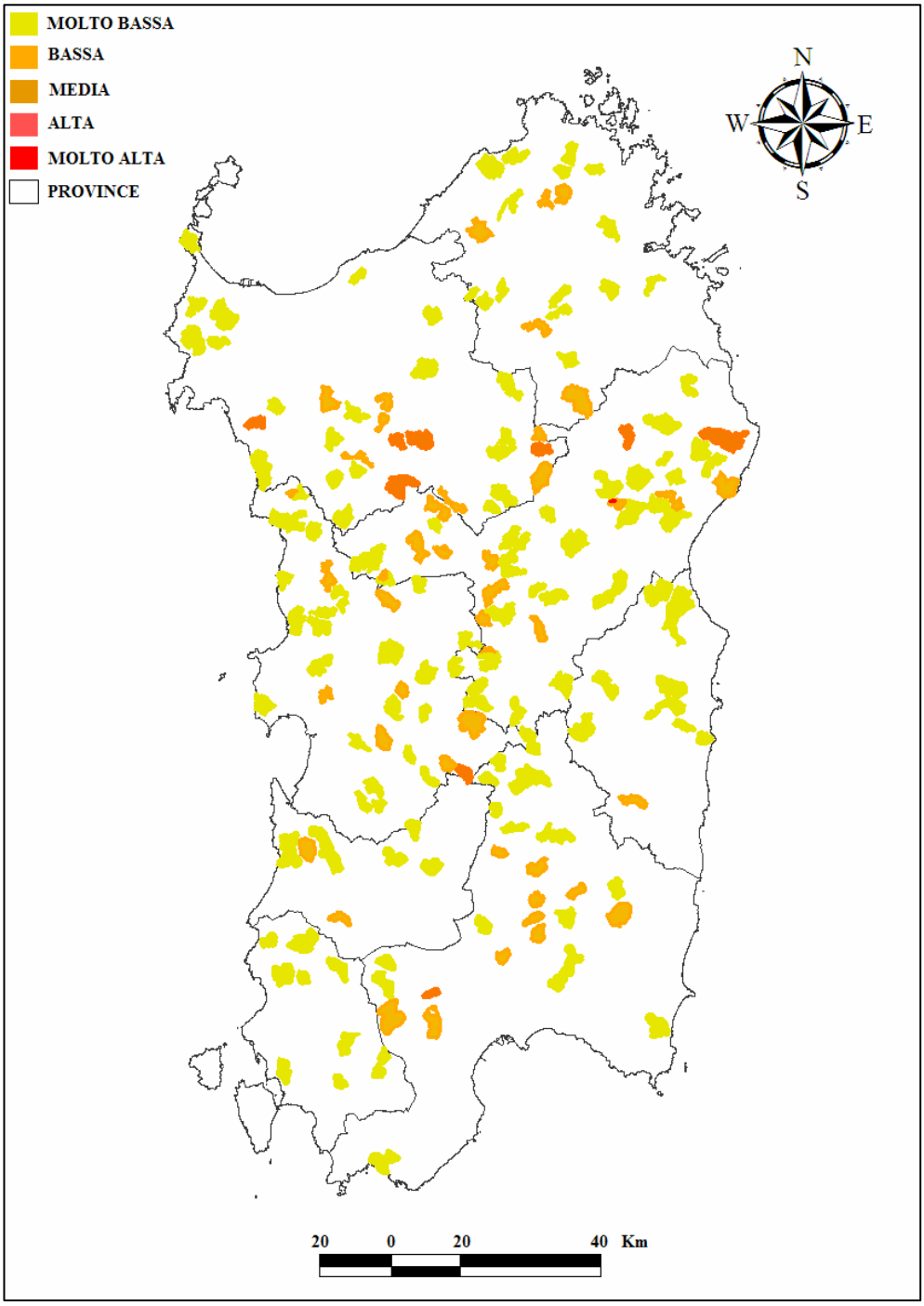
* **Variabile significativa**

Le Autogestite presenti in Regione sono state classificate anche con il modello migliore risultato dall'analisi di regressione condotta tra la densità di lepri abbattute e le variabili ambientali. Rispetto al modello precedentemente utilizzato emerge ancora di più la bassa aderenza del territorio, in cui ricadono appunto le Autogestite, ad ospitare densità elevate di lepre. Il 69,06 % delle Autogestite sono state classificate a densità molto bassa, il 25,41 % a

bassa densità ed il 4,97 % a media densità. Per quanto riguarda le Autogestite a densità alta e molto alta sono risultate rispettivamente lo 0 % e lo 0,57 % del totale (Fig. 5.10).

Fig. 5.10

Classi di densità di lepre secondo il miglior modello



Infine, sulla base dei risultati emersi dai modelli di valutazione ambientale, le caratteristiche ecologiche risultate importanti per l'abbondanza delle popolazioni di Lepre, sono state utilizzate per effettuare nuove aggregazioni delle Unità di Campionamento (UC) al fine di riclassificarle ed accorparle.

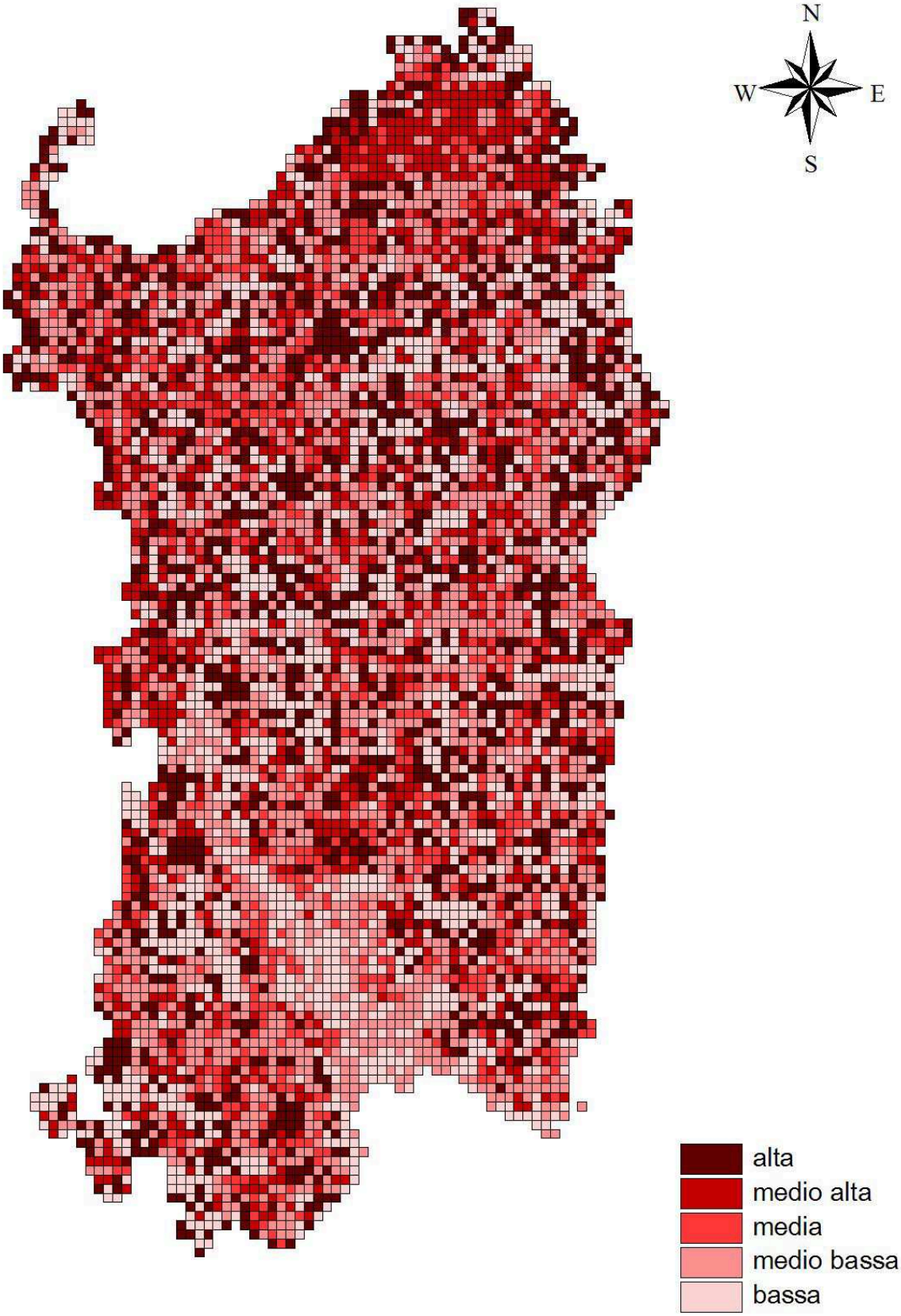
Le aggregazioni sono state effettuate utilizzando analisi di clasterizzazione (*Analisi dei Cluster Gerarchica*); il metodo di analisi statistica multivariata permette di misurare in modo oggettivo la "somiglianza" (attraverso un parametro detto *Distanza Euclidea*) tra le diverse UC sulla base delle variabili ambientali considerate.

L'attribuzione di idoneità viene restituita cartograficamente con l'assegnazione per ogni singola UC di una delle cinque classi di abbondanza: bassa, medio bassa, media, medio alta, alta (Figg. 5.13) .

Rispetto alla restituzione cartografica del 2005, che rappresentava macroaree di diverso grado di idoneità classificate rispetto alle Unità Ambientali Omogenee, la nuova rappresentazione esprime una condizione più circostanziata che in alcuni settori può però minimizzare l'idoneità del territorio a seguito delle variabili utilizzate per classificare le UC.

Fig. 5.13

Classi di idoneità del territorio regionale per la Lepre sarda



Il modello elaborato per la lepre sarda, utilizzato sulle singole Unità di Campionamento, ha permesso di classificare in modo molto dettagliato le aree con diversa idoneità ambientale.
In particolare il 22,4 % del territorio con idoneità ambientale alta (1445 UC pari a 5780 Kmq), valore pressappoco identico a quanto già evidenziato nel corso della stesura della Carta delle Vocazioni Faunistiche del 2005. Leggermente inferiore la percentuale delle UC a cui è stato attribuita la classe di idoneità medio alta (18,0 %) rispetto alla precedente valutazione del 2005 (21,1 %); in totale sono state attribuite a questa classe di idoneità 1155 UC pari a 4620 Kmq.
Le UC con classe di idoneità media sono risultate essere 661 (10,3 % pari a 2644 Kmq); mentre le restanti UC sono state classificate con idoneità medio bassa (1822 UC, pari al 28,3 %) e bassa (1345 UC pari al 21,0 %), rispettivamente con una superficie di 7288 e 5380 Kmq.
Rispetto alla restituzione cartografica del 2005, la nuova rappresentazione, esprime una condizione più conservativa che esclude o minimizza l'idoneità del territorio per quelle aree, come ad esempio la piana del Campidano, dove sono presenti sì caratteristiche ambientali favorevoli alla Lepre (coltivi cerealicoli, foraggiere) ma con variabili del paesaggio (frammentazione e complessità ambientale) che identificano un tipo di gestione (ad esempio tagli tardo primaverili sincroni) i cui interventi diminuiscono rapidamente la capacità portante delle aree stesse (in termini di risorse alimentari ma anche di aree di rifugio) e conseguentemente l'abbondanza della specie.
In linea generale le percentuali del grado di idoneità del territorio calcolate sulle UAO e sulle UC rimangono simili validando il grado di bontà dei modelli formulati nella precedente Carta delle Vocazioni Faunistiche; con questo aggiornamento è stato possibile dettagliare maggiormente il territorio regionale.
Superfici idonee per abbondanze elevate sono distribuite in tutte le province con particolare evidenza per quella di Olbia – Tempio, dove sono presenti numerose UC con idoneità medio alte contigue tra loro. Per quanto meno visibile rispetto alla Carta del 2005 le aree costiere presentano un alto grado di abbondanza per la Lepre, come anche i territori dell'entroterra soprattutto a quote collinari.

5.2.2.2 Pernice sarda

Numero di pernici abbattute

Il calcolo dell'AICc, mediante analisi di regressione condotta tra il numero di pernici abbattute e le variabili ambientali, ha individuato 3 modelli migliori.

La variabile *anno*, *somma delle aree delle patches*, *complessità della forma delle patches*, le *aree non esposte* e *quelle esposte ad ovest* sono risultate significative in tutti i modelli. Nel primo e nel secondo modello è entrata anche la variabile riguardante il calcolo dell'indice di Shannon (Tab. 5.5).

Tab.5.5

Caratteristiche dei 3 modelli predittivi migliori (secondo il criterio di informazione di Akaike AICc e secondo il fattore wi)

Mod.	Variabili Significative	R^2	– 2 Log likelihood	AICc	Δ AICc	wi
I	Anno*, indice di Shannon*, somma delle aree di tutte le patches *, complessità della forma delle patches*, aree non esposte*, esposizione nord, esposizione ovest*, pendenza 40°, 0-50 m s.l.m., 100-150 m s.l.m., 250-300 m s.l.m., 1000-1050 m s.l.m.	0.12	16892.34	16922.68	0	0.73
II	Anno*, sugherete, indice di Shannon*, somma delle aree di tutte le patches *, complessità della forma delle patches *, rapporto tra la somma dei perimetri e delle aree dei patches, aree non esposte*, esposizione nord, esposizione ovest*, pendenza 40°, 0-50 m s.l.m., 250-300 m s.l.m., 1000-1050 m s.l.m.	0.11	16894.58	16924.92	2.24	0.24
III	Anno*, somma delle aree di tutte le patches *, Coefficiente di variazione dell'area delle patches, complessità della forma delle patches *, rapporto tra la somma dei perimetri e delle aree dei patches, aree non esposte*, esposizione nord, esposizione ovest*, pendenza 40°, 0-50 m s.l.m., 100-150 m s.l.m., V250-300 m s.l.m., 1000-1050 m s.l.m.	0.11	16898.86	16929.19	6.51	0.03

* **Variabile significativa**

Tuttavia il II e III modello hanno mostrato valori di Δ AICc superiori a 2 e dunque è stato considerato solo il I modello. La somma dei w_i (Akaike weights) ha permesso di evidenziare gli effetti delle variabili significative.

Le variabili Anno, indice di Shannon e complessità ambientale pesata sulla dimensione delle patches hanno avuto un effetto negativo sull'abbondanza della specie, mentre quelle relative alla somma delle aree di tutte le patches, le aree non esposte e quelle esposte ad ovest hanno avuto un effetto positivo (Tab. 5.6).

Tab. 5.6

Importanza relativa delle variabili ambientali per l'abbondanza della pernice

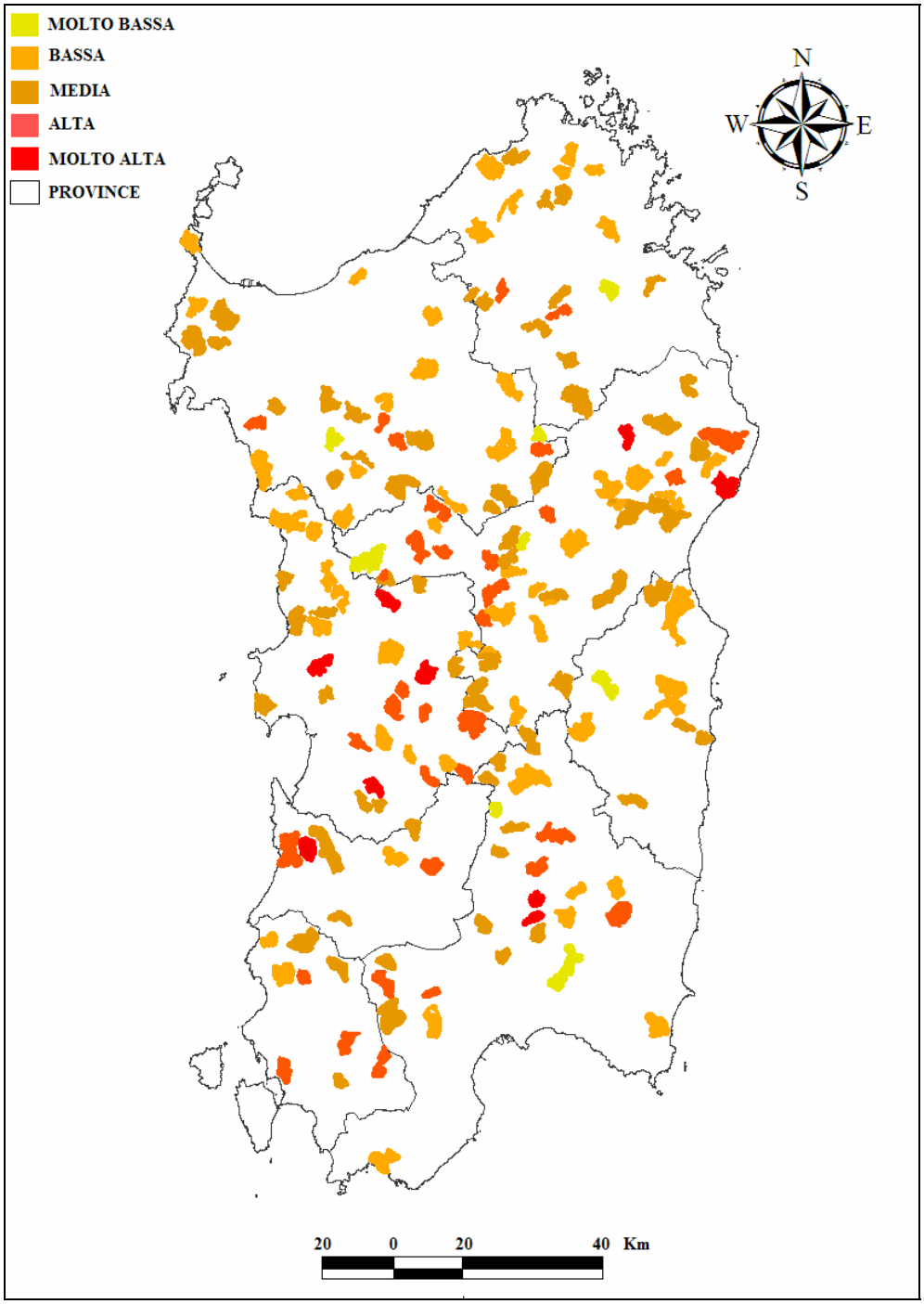
Variabili	∑ wi	β	β SE	Lim. Inf. Int. Conf. 95% β	Lim. Sup. Int. Conf. 95% β
Anno*	0.73	-3.189	0.698	-4.557	-1.821
Indice di Shannon*	0.73	-31.646	12.426	-56.001	-7.290
Somma delle aree di tutte le patches *	0.73	0.024	0.002	0.019	0.029
Complessità della forma delle patches *	0.73	-81.833	11.491	-104.356	-59.310
Aree non esposte*	0.73	161.987	58.527	47.274	276.700
Esposizione nord	0.73	-25.287	18.002	-60.570	9.996
Esposizione ovest*	0.73	40.157	18.589	3.723	76.591
Pendenza 40°	0.73	-133.517	130.770	-389.827	122.793
0-50 m s.l.m.	0.73	-250.390	402.626	-1039.538	538.758
100-150 m s.l.m.	0.73	-17.812	11.861	-41.059	5.435
250-300 m s.l.m.	0.73	-18.403	14.269	-46.371	9.564
1000-1050 m s.l.m.	0.73	-3.339	47.640	-96.713	90.035

* **Variabile significativa**

Dall'applicazione del modello il 4,41 % delle Autogestite è stato classificato ad abbondanza molto bassa, il 34,25 % ad abbondanza bassa ed il 37,56 % a media abbondanza. Per quanto riguarda le Autogestite ad abbondanza alta e molto alta sono risultate rispettivamente il 18,79 % ed il 4,99 % del totale (Fig. 5.11).

Fig.5.11

Classi di abbondanza di pernice secondo il miglior modello



Il calcolo dell'AICc , mediante analisi di regressione condotta tra la densità di pernici abbattute e le variabili ambientali, ha permesso di individuare il 3 modelli migliori. Le variabili significative entrate nel I modello sono le *aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti*, *il rapporto tra il perimetro e l'area delle patches*, *le aree esposte a nord-est*, *le fasce altitudinali tra 150-200 m s.l.m. e 850-900 m s.l.m.*, mentre nel II e III modello sono entrate perimetro totale delle patches, le aree esposte a nord, le aree esposte a ovest, le superfici con pendenza di 40°, le altitudine tra i 100-150 m s.l.m. e 250-300 m s.l.m. (Tab.5.7).

Tab. 5.7

Caratteristiche dei 3 modelli predittivi migliori (secondo il criterio di informazione di Akaike AICc e secondo il fattore wi)

Mod.	Variabili Significative	R^2	– 2 Log likelihood	AICc	Δ AICc	wi
I	Anno, aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti*, formazioni di ripa non arboree, macchia mediterranea, gariga, rapporto tra il perimetro e l'area delle patches*, esposizione nord-est*, esposizione nord-ovest, pendenza 60°, 50-100 m s.l.m., 150-200 m s.l.m.*, 700-750 m s.l.m., 850-900 m s.l.m.*, 1150-1200 m s.l.m.	0.11	53.76	6.38	0	0.99
II	Anno, coefficiente di variazione dell'area delle patches, perimetro totale delle patches*, complessità della forma delle patches, rapporto tra la somma dei perimetri e delle aree dei patches, aree non esposte esposizione nord*, esposizione ovest*, pendenza 40° *, 0-50 m s.l.m., 100-150 m s.l.m.*, 250-300 m s.l.m.*, 1000-1050 m s.l.m.	0.08	37.42	7.09	0.71	0.01
III	Anno, perimetro totale delle patches*, rapporto tra la somma dei perimetri e delle aree delle patches, rapporto tra la somma dei perimetri e delle aree dei patches, misura della complessità dei patches, aree non esposte esposizione nord*, esposizione ovest*, pendenza 40° *, 0-50 m s.l.m., 100-150 m s.l.m.*, 250-300 m s.l.m.*, 1000-1050 m s.l.m.	0.07	36.72	19.34	12.95	0.00

* **Variabile significativa**

Il III modello ha mostrato valori di Δ AICc superiori a 2 e dunque sono stati considerati solo il I ed II modello. La somma dei w_i (Akaike weights) ha permesso di evidenziare gli effetti delle variabili significative. Le aree occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti e quelle esposte a nord-est hanno avuto effetto negativo sull'abbondanza della specie, mentre la variabile relativa al rapporto tra il perimetro e l'area delle patches, le fasce altitudinali tra i 150-200 m s.l.m. e quelle tra gli 850-900 m s.l.m. hanno avuto effetto positivo (Tab. 5.8)

Tab. 5.8

Importanza relativa delle variabili ambientali per la densità della pernice

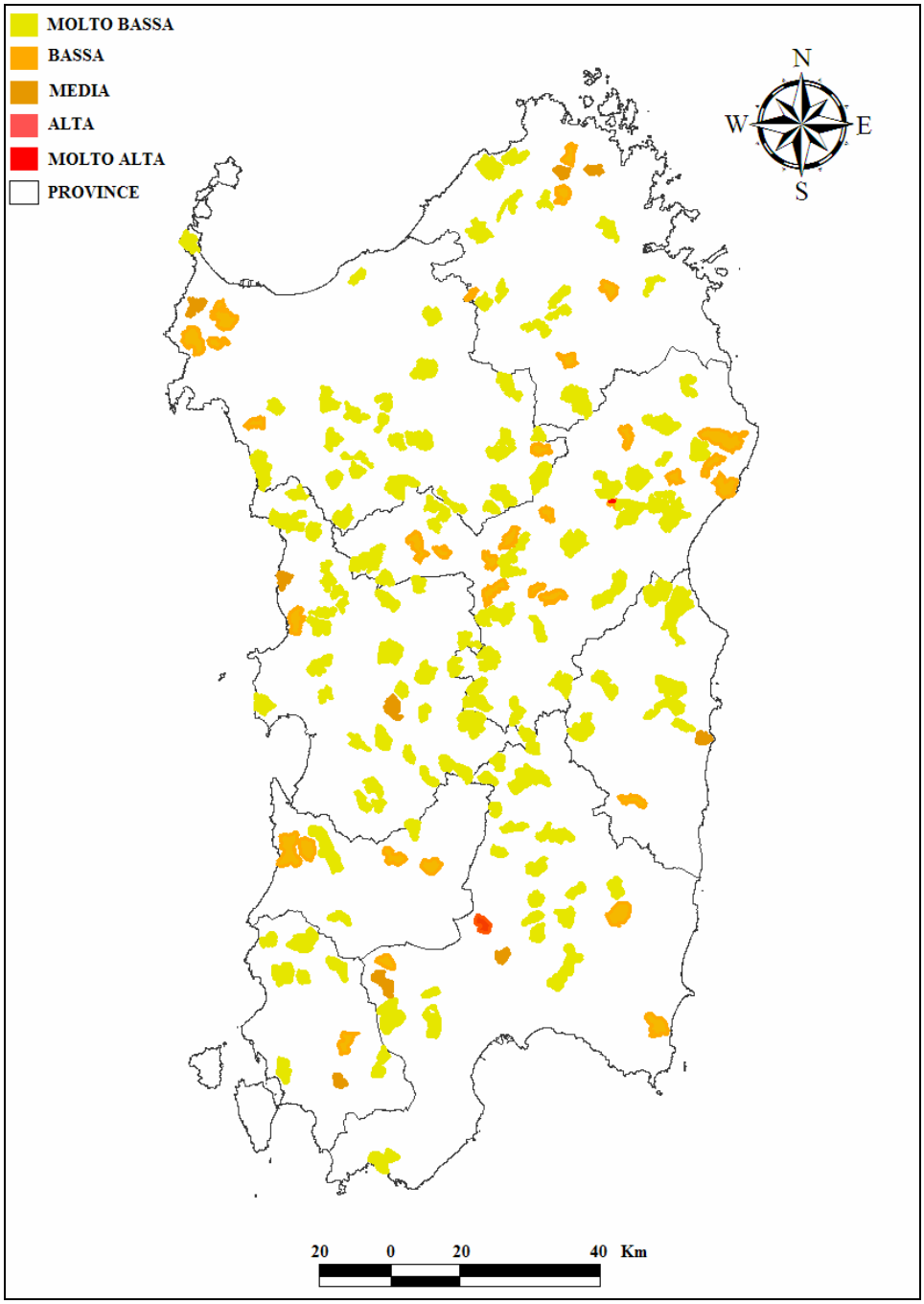
Variabili	∑ wi	β	β SE	Lim. Inf. Int. Conf. 95% β	Lim. Sup. Int. Conf. 95% β
Anno	0.99	-0.002	0.003	-0.007	0.004
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti *	0.99	-1.256	0.290	-1.824	-0.689
Formazioni di ripa non arboree	0.99	-0.234	1.459	-3.094	2.627
Macchia mediterranea	0.99	-0.068	0.040	-0.147	0.011
Gariga	0.99	-0.008	0.019	-0.045	0.029
Il rapporto tra il perimetro e l'area delle patches *	0.99	0.124	0.019	0.088	0.161
Esposizione nord-est*	0.99	-0.270	0.084	-0.435	-0.106
Esposizione nord-ovest	0.99	-0.126	0.065	-0.252	0.001
Pendenza 60°	0.99	-19.008	9.721	-38.061	0.045
50-100 m s.l.m.	0.99	0.005	0.036	-0.065	0.075
150-200 m s.l.m.*	0.99	0.413	0.040	0.335	0.492
700-750 m s.l.m.	0.99	0.033	0.100	-0.163	0.230
850-900 m s.l.m.*	0.99	0.247	0.090	0.070	0.423
1150-1200 m s.l.m.	0.99	-0.527	0.652	-1.804	0.750

* Variabile significativa

Il modello migliore è stato utilizzato per classificare le Autogestite presenti in Sardegna. Il modello ha classificato il 74,58 % delle Autogestite a densità molto bassa, il 19,33 % a bassa densità ed il 4,97 % a media densità. Per quanto riguarda le Autogestite a densità alta e molto alta sono risultate rispettivamente lo 0,57 % e lo 0,55 % del totale (Fig. 5.12).

Fig. 5.12

Classi di densità di pernice secondo il miglior modello

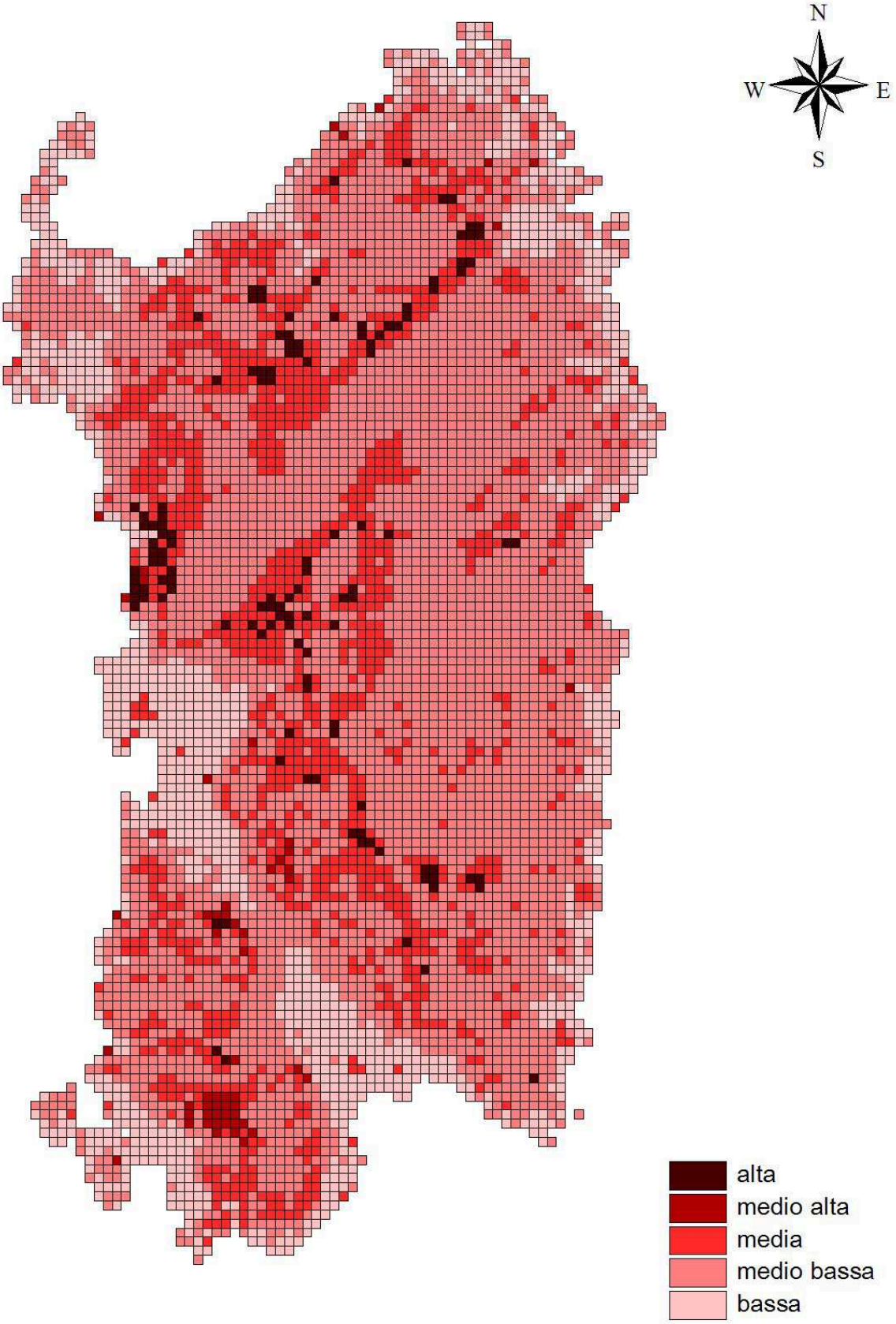


Anche per la Pernice sarda, mediante il modello di valutazione ambientale, le singole Unità di Campionamento sono state classificate in base al loro grado di idoneità ambientale (Fig. 5.14).

In questo caso l'Analisi dei Cluster ha restituito una situazione ancor più conservativa rispetto alla Carta del 2005, in particolar modo per quanto riguarda i gradi di abbondanza più elevati (alta e medio alta). I modelli formulati con i dati di abbattimento, pur confermando la distribuzione dei diversi gradi di idoneità rispetto a quella presentata nel 2005, tendono ad attribuire la maggior parte delle UC un grado di idoneità medio bassa (59,6 %). Le UC con classe di idoneità bassa sono risultate 1133 (17,5 % pari al 4532 Kmq) mentre quelle con classe media 1271 (20,0 %) ; mentre le restanti UC sono state classificate con idoneità medio alta (57 UC, pari a 0,9 %) e alta (127 UC pari al 2,0 %), rispettivamente con una superficie di 228 e 508 Kmq. Il confronto con il grado di idoneità del territorio regionale del 2005 e attuale evidenzia un sostanziale ridimensionamento, in termini di classe di idoneità, della classe alta e medio alta, probabilmente dovuto al tipo di dati di partenza (dati cinegetici). Le UC che nel 2005 erano classificate con un grado di idoneità alta sono state riclassificate con un grado di idoneità media mentre le UC precedentemente classificate medio alte e medie vengono riclassificate medio basse. In questo senso il modello formulato con dati sugli abbattimenti si ritiene più conservativo rispetto al modello del 2005 formulato con i dati di censimento.

Fig. 5.14

Classi di idoneità del territorio regionale per la Pernice sarda



OPERE CITATE

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

Anderson D. R., Burnham K. P., Thompson W. L. 2000. Null hypothesis testing: problems, prevalence, and an alternative. The Journal of Wildlife Management 64: 912–923.

Anderson D. R., Link W. A., Johnson D. H., Burnham K. P. 2001. Suggestions for presenting the results of data analysis . The Journal of Wildlife Management 65: 373–378.

Boyce M. S., Mcdonald L. L. 1999. Relating population to habitats using resource selection functions. Tree 7: 268-272.

Jedrzejewski w., Jedrzejewska B., Zawadzka b., Borowik t., Nowak s., Myslajek r.w. 2008. Habitat suitability model for Polish wolves based on long-term national census. Animal Conservation 11: 377-390.

Manly B. F. J. 2003. Randomization, Bootstrap and Monte Carlo methods in Biology. Manly Eds. Text in Statistical Science 3rd edition.

Massolo A., Meriggi A. 2007. I modelli di valutazione ambientale per le potenzialità faunistiche: aspetti metodologici e stato in Italia. In: Lucifero M., Genghini M. (a cura di), Valorizzazione agro-forestale e faunistica dei territori di collina e montagna. INFS, MIPAF, S.t.e.r.n.a. Ed. Grafiche 3B, Toscanella di Dozza (BO). Pp. 43-77.

Meriggi A., Milanesi P., Brangi A., Lamberti P., 2010. Indagine sui danneggiamenti da cinghiale (Sus scrofa) nel Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano e sull'efficacia dei metodi di controllo della popolazione. Relazione Finale.

Merli E., Meriggi A., 2006. Using harvest data to predict habitat-population relationship of the wild boar *Sus scrofa* in Northern Italy. Acta Theriologica 51: 383-394.

Parametri riproduttivi della Lepre sarda

Dipartimento di Biologia Animale – Università degli Studi di Pavia

6.1 PREMESSA

Come accennato nella parte inerente agli studi svolti sulla lepre sarda e più in generale su *Lepus capensis*, l'evoluzione della distribuzione e dell'origine delle lepri selvatiche in Italia e all'estero è stata indagata con l'analisi genetica, attraverso il DNA mitocondriale (Pierpaoli et al.1999; Mamuris et al, 2002;. Alves et al, 2003;. Suchentrunk et al, 2003. Thulin et al, 2003;. Alves et al, 2004. Fredsted et al., 2006; Randi et al, 2007). Questi studi, finalizzati a documentare le distinzioni tassonomiche ed ecologiche esistenti nelle specie di lepri italiane, sono stati ritenuti necessari proprio perchè la sistematica e tassonomia del genere sono ancora in uno stato di relativa confusione, ed anche lo status delle specie di lepri italiane è in parte incerto.

L. timidus è distribuita nelle Alpi con popolazioni vitali e relativamente ben conservate. Tuttavia, la struttura genetica di queste popolazioni è ignota, soprattutto in relazione ai diffusi fenomeni ibridazione storica ed introgressione genetica con *L. europaeus*, che sono stati recentemente documentati in Scandinavia, penisola Iberica, Russia ed altrove (Thulin et al. 1997, Melo-Ferreira et al. 2005, Waltari e Cook 2005, Thulin et al. 2006, Melo-Ferreira et al. 2007).

Molte popolazioni di *L. europaeus*, che era originalmente ampiamente distribuita in Italia centro-settentrionale con la sottospecie endemica *meridiei*, sono state presumibilmente totalmente sostituite da lepri alloctone introdotte ed appartenenti a differenti sottospecie.

L. capensis mediterraneus, che è stata introdotta in Sardegna nel XVI secolo (Vigne 1992), probabilmente è originata da popolazioni nord Africane o Medio Orientali di *L. capensis*, specie ampiamente distribuita in Africa, e con una tassonomia ancora oscura (Suchentrunk et al. 1998). Conseguentemente non è chiaro se essa debba essere considerata una sottospecies di *L. capensis* (*L. capensis mediterraneus*; Amori et al. 1996), oppure una specie distinta (*L. mediterraneus*; Palacios 1998).

Lepus corsicanus, in passato distribuita in Italia centro-meridionale, Sicilia ed introdotta in Corsica prima del XVI secolo (Vigne 1992), fu descritta nel 1898 dal naturalista inglese W. E. de Winton come specie distinta dalla lepre comune (*Lepus europaeus*) sulla base di alcuni caratteri morfologici esterni osservati su esemplari conservati in collezioni museali. Tuttavia, successivamente, e per tutto il secolo scorso, il taxon fu declassato a sottospecie di *L. europaeus*, e fu considerato estinto in conseguenza dell'ibridazione con *Lepus europaeus*, immessa massicciamente a fini venatori anche in Italia centro-meridionale (Toschi 1965). Una revisione di reperti museali italiani del genere *Lepus*, raccolti verso la fine del 1800, e la

descrizione di nuovi caratteri morfologici diagnostici, ha consentito recentemente di riconfermare lo status di buona specie del taxon (Palacios 1996). Questa rivalutazione ha permesso, inoltre, di attribuire a *L. corsicanus* alcuni esemplari raccolti recentemente (1974-1975) in Calabria, e successivamente in Sicilia nel 1994-1996 (Lo Valvo et al. 1997). La conferma della presenza di popolazioni di questa specie endemica ha stimolato l'avvio di nuovi programmi di ricerca finalizzati a definire distribuzione geografica e consistenza delle popolazioni di *L. corsicanus* nella penisola e in Sicilia.

Se l'evoluzione della distribuzione e dell'origine delle lepri è stata indagata, differente è la produzione di lavori scientifici sulle caratteristiche riproduttive del genere *Lepus* sia in condizioni di cattività sia in condizioni selvatiche. Diversi autori hanno affrontato la questione per *L. europaeus, L.corsicanus* e *L. timidus* (Toschi et al,1971; Spagnesi, 1974; Frylestam, 1980; Spagnesi e Trocchi, 1980; Iason, 1990; Mantovani et al, 1993,. Castiglione et al, 1996; Santilli et al, 2004; Ragagli et al., 2008) mentre pochi hanno indagato e confrontato le caratteristiche riproduttive di *Lepus capensis mediterraneus* (De Marinis et al., 2007).

Considerata la situazione critica della specie sul territorio sardo, il suo elevato valore conservazionistico, vista la sua distribuzione limitata alla sola Sardegna e la carenza di studi sulle strategie riproduttive; nel corso dell'aggiornamento della Carta Faunistica della Sardegna questo argomento è stato affrontato preliminarmente lavorando su individui allevati in cattività presso l'allevamento dell'Ente Foreste di Pantaleo.

6.2 METODI

I dati sono stati raccolti da 21 coppie di *L. capensis mediterraneus*, allevate in cattività presso la struttura dell'Ente Foreste di Pantaleo, dal 2007 ai primi mesi del 2010. Per ogni femmina sono stati calcolati i seguenti parametri medi:

1. età prima riproduzione;
2. età ultima riproduzione;
3. numero di parti per anno,
4. numero parti primo anno, secondo, terzo, ecc.;
5. durata vita riproduttiva (calcolata come differenza tra l'età dell'ultima riproduzione e l'età della prima riproduzione);
6. periodo di gestazione;
7. lunghezza del periodo riproduttivo (calcolato come giorni intercorsi tra il primo e l'ultimo parto dell'anno);
8. lunghezza interparto (calcolato come il periodo intercorso tra due parti successivi);
9. numero di parti totale per femmina,
10. numero di leprotti per femmina;
11. numero di leprotti per parto;
12. numero di leprotti nati vivi per parto;
13. numero di leprotti nati morti per parto;
14. numero di leprotti per mese.

Sempre dai dati raccolti sulle lepri di allevamento è stata indagata la fenologia riproduttiva esprimendola come frequenza dei parti nei mesi dell'anno.

6.3 RISULTATI E DISCUSSIONE

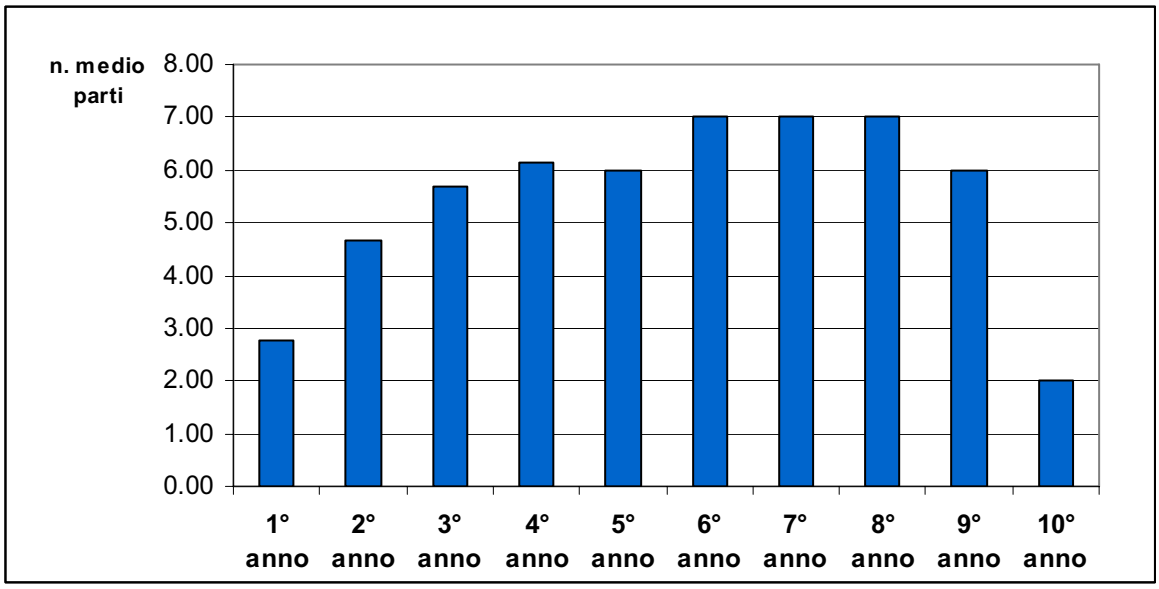
I risultati sulle performance riproduttive della *Lepus capensis mediterraneus* in cattività sono riportati nella tabella seguente (Tab.1). La prima riproduzione avviene mediamente intorno al primo anno di età (1,1) per concludersi dopo il terzo (3,3). Il primo parametro calcolato è simile a quanto accertato per il genere *Lepus*; si evidenzia anche che per *L. c. mediterraneus* i primi parti avvengono già a poco più di 6 mesi d'età, confermando la presenza di giovani e subadulti nella riproduzione analogamente a quanto avviene nella Lepre comune. Il numero medio di parti l'anno è 5,85 confermando come la specie tenda a riprodursi tutto l'anno, come *L. granatensis* e *L. capensis,* rispetto ad altre (*L. europaeus*, *L. timidus*) che hanno sviluppato una stagionalità riproduttiva.

La gestazione media è di 43,5 giorni con un periodo tra un parto e l'altro (interparto) di 55,4 giorni. Il numero di parti per femmina, dal primo anno di vita in poi, mostra un incremento dal secondo anno con decremento dal nono anno (fig. 1). I dati sulla dimensione media della cucciolata (1,59 cuccioli per parto) confermano quelli indicati da altri autori per *L. c. mediterraneus* (1,6 – De Marinis et al. 2007). Mediamente una femmina partorisce 7,75 leprotti l'anno.

Tabella 6.1 – Performance riproduttive di *Lepus capensis mediterraneus* in allevamento

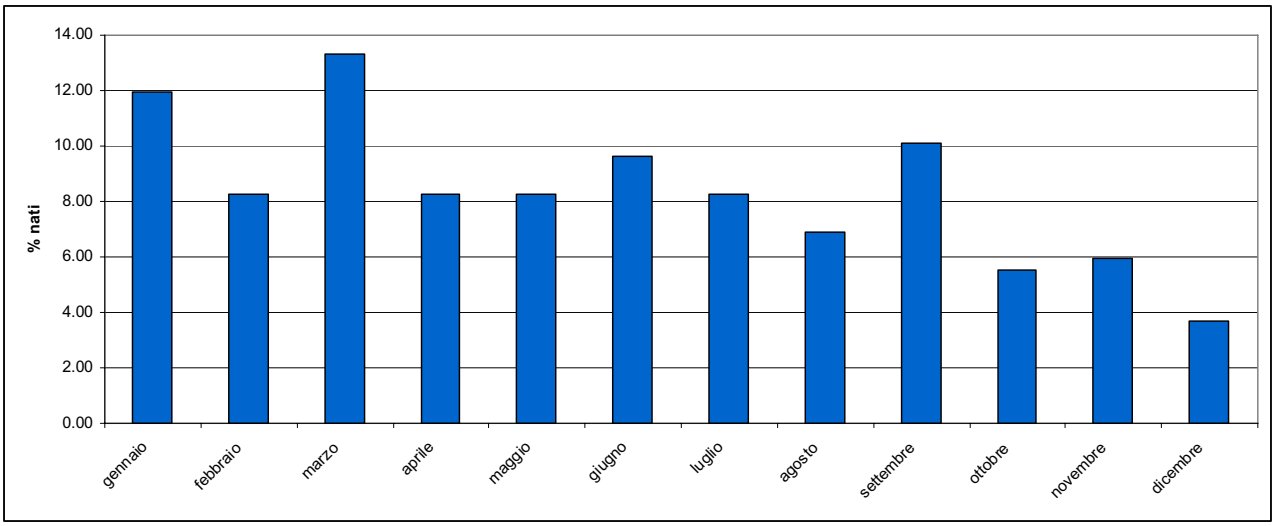
Parametri riproduttivi	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Età prima riproduzione in giorni	21	200	1395	421,10	277,614
Età prima riproduzione in anni	21	0,5	3,8	1,15	0,7606
Età ultima riproduzione in giorni	21	251	3729	1207,14	895,037
Età ultima riproduzione in anni	21	0,7	10,2	3,31	2,4522
Durata vita riproduttiva in giorni	21	0	2334	786,05	722,8068
Durata vita riproduttiva in anni	21	0,0	6,4	2,15	1,9803
Gestazione in giorni	218	14	58	43,95	3,843
Lunghezza periodo riproduttivo in giorni	29	157	346	261,34	55,107
Periodo interparto in giorni	198	28	340	55,42	29,766
N° piccoli per femmina all'anno	19	1	16	7,75	3,711
N° piccoli per parto	218	1	3	1,59	0,617
N° piccoli morti dopo il parto	140	1	3	1,08	0,295

Figura 6.1 – Distribuzione del numero medio di parti per femmina nel corso degli anni



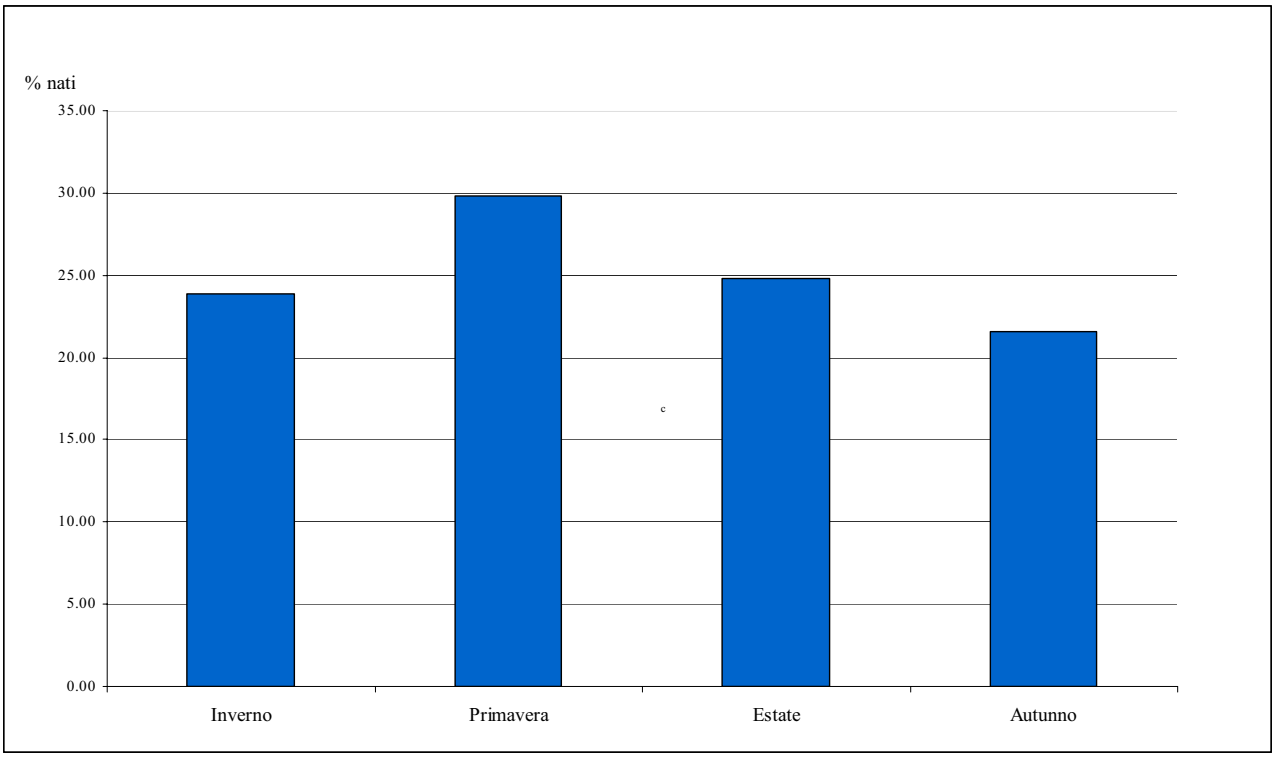
Per quanto riguarda la fenologia riproduttiva si evidenzia come la specie, adattata all'ambiente mediterraneo, presenti una riproduzione protratta tutto l'anno (Fig.2). I picchi maggiori sono evidenti nel mese di marzo e di settembre.

Figura 6.2. Fenologia riproduttiva di *Lepus capensis mediterraneus* in cattività espressa a livello mensile



A livello stagionale i risultati, pur con percentuali diverse, sono in accordo con quelli presentati da De Marinis et al. (2007) nel confronto delle fenologie riproduttive di *L. c. mediterraneus*, *L. corsicanus* e *L. europaeus*, evidenziando una riproduzione protratta nell'anno per le due specie mediterranee a differenza di *L. europaeus* che presenta diapausa riproduttiva nel periodo autunnale (fig.3).

Figura 6.3 - Fenologia riproduttiva di *Lepus capensis mediterraneus* in cattività espressa a livello stagionale



De Marinis evidenzia due situazioni differenti tra lepri sarde in cattività e lepri sarde selvatiche evidenziando, per le prime, una concentrazione delle nascite in primavera rispetto alle seconde che manifestano un picco anticipato in inverno e una precoce riduzione in primavera. Questo aspetto, sulle lepri in cattività, viene confermato da questi risultati, anche se analizzando la distribuzione dei parti a livello mensile si rileva anche per le lepri di allevamento un picco anticipato nel mese di gennaio.

6.4 CONCLUSIONI

Nel corso dell'aggiornamento della Carta Faunistica della Sardegna è stato possibile affrontare l'aspetto preliminare delle caratteristiche riproduttive di *Lepus capensis mediterraneus*, valutando in particolar modo la fenologia riproduttiva. I metodi di allevamento sono noti per influenzare la capacità riproduttiva delle lepri (Mori et al, 1983;. Castiglione et al,. 1996;. Tocchini et al, 2000) amplificandola attraverso la nutrizione, le caratteristiche genetiche, le condizioni sanitarie e la protezione dai fattori ambientali ed ecologici (condizioni climatiche, predazione); è riconosciuta, tuttavia, anche la loro influenza sul successo riproduttivo, soprattutto quando le lepri vengono liberate in natura, diminuendo la fitness delle lepri a causa dell'incapacità di proteggersi dai predatori.

Per quanto riguarda le lepri allevate nel Centro di Pantaleo, in generale, la specie, mediamente, mostra una stagione riproduttiva di 261 giorni simile a quanto osservato da altri autori per le lepri europee allevate (240-270 gg. Mori et al, 1983;. 247 ± 16 gg. Castiglione et al., 1996). Non avendo riferimenti sulla durata della stagione riproduttiva in natura non è possibile valutare quanto l'allevamento in cattività possa aver influito su questo importante parametro; si sa, infatti, che l'allevamento in cattività tende ad aumentare la lunghezza del periodo riproduttivo (Araki et al., 2007). Quindi, il protrarsi della riproduzione per l'intero anno, in questo momento, può essere valutato solamente come adattamento all'ambiente mediterraneo e alle conseguenti interazioni climatiche.