



LIFE14 NAT/IT/000484

LIFE UNDER GRIFFON WINGS

Implementation of best practices

to rescue Griffon vultures in Sardinia

Numero 3, dicembre 2019 - COPIA OMAGGIO

Rivista del progetto per la conservazione del grifone in Sardegna

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community

DOMANDE E RISPOSTE

IL GRIFONE IN SARDEGNA: I FUTURI POSSIBILI



(E QUELLI DA EVITARE)

THE POSSIBLE FUTURES OF THE SARDINIAN GRIFFON VULTURES (AND THOSE TO AVOID)



Il progetto LIFE Sotto le ali del grifone

Il progetto LIFE14 NAT/IT/000484 Life Under Griffon Wings, finanziato nell'ambito del nuovo Programma per l'ambiente e l'azione per il clima (Life 2014-2020), ha come obiettivo principale il miglioramento dello stato di conservazione del grifone in Sardegna.

L'intervento è sviluppato dall'Università degli Studi di Sassari in partenariato con il Comune di Bosa, l'Agenzia Regionale FORESTAS e il Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale della Sardegna (CFVA), grazie al networking con la Junta de Andalucia e la Vulture Conservation Foundation, alla collaborazione con gli Assessorati regionali alla Difesa dell'Ambiente e alla Sanità, il Parco naturale regionale di Porto Conte e l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna.

The Project LIFE Under Griffon Wings

The aim of project LIFE UNDER GRIFFON WINGS is to increase the conservation status of the Griffon vulture population in Sardinia by rescuing from a critical demographic situation and by mitigating the main threats limiting its viability. The project is financed by the LIFE PROGRAMME, the EU's financial instrument supporting environmental, nature conservation and climate action projects throughout the EU.

The project is developed by the University of Sassari in partnership with the Municipality of Bosa, the FORESTAS Agency and the Corpo Forestale di Vigilanza Ambientale, thanks to networking with the Junta de Andalucia and the Vulture Conservation Foundation, the collaboration with the regional Departments of Environmental Protection and Health, the regional natural Park of Porto Conte and the Istituto Zooprofilattico Sperimentale of Sardinia.



LIFE Under Griffon Wings

Rivista del progetto LIFE14 NAT/IT/000484 LIFE Under Griffon Wings, finanziato dal Programma LIFE dell'Unione Europea

Editore: Università degli Studi di Sassari, piazza Università 21, Sassari; Tel./Fax: +39 079 228211

Numero 3, in attesa di registrazione presso il Tribunale di Sassari;

Stampato presso Tipografia Gallizzi Srl, via Venezia, 5 Sassari

Direttore Responsabile: Pietro Masala

REFERENZE FOTOGRAFICHE

Archivio LIFE Under Griffon Wings



L'alleanza tra uomini e algoritmi per aiutare il grifone



In questo numero diamo conto di uno strumento strettamente scientifico per tracciare una prospettiva del rischio di estinzione del grifone in Sardegna. Può apparire arido appoggiarsi a un software, ma questi calcoli non sarebbero possibili senza la tenace e continuativa raccolta dei dati fatta nei decenni dalle associazioni ambientaliste.

E allora anche il lavoro degli algoritmi assume un significato diverso. Perché l'intelligenza artificiale funziona se si nutre del cibo prodotto dagli uomini. Arricchito da una passione disinteressata.

Il fattore umano interviene anche nell'aspetto più meramente scientifico, affrontato dai ricercatori dell'Università degli Studi di Sassari, che hanno maneggiato in modo rigoroso una gran mole di informazioni e risultanze.

Abbiamo scelto di raccontarvi gli esiti di questa ricerca utilizzando la chiave delle "domande e risposte" come capita a riviste di divulgazione scientifica, perché crediamo sia possibile

proporre temi apparentemente "difficili" al grande pubblico.

Un progetto come questo è fatto di azione, di emozione e di informazione. Stiamo provando a tenere insieme tutti questi aspetti e i risultati sono confortanti.

La stessa ricerca condotta col software Vortex ci mostra quanto sia complesso prendere di petto il rischio di estinzione di una specie. Intervengono tanti fattori e infinite variabili. Il messaggio più importante che emerge al termine della ricerca è che la comunità mantiene un ruolo fondamentale nelle azioni di conservazione. Lo consideriamo un fatto rassicurante: non saranno pochi esperti o appassionati a salvare il grifone o, in generale, ripristinare la biodiversità messa sempre più a repentaglio. È una missione che abbiano tutti sul capo. Questo vuol dire che uniti potremmo raggiungere grandi risultati.

*Andrea Rotta
Project Manager
Life Under Griffon Wings*

The men's alliance and algorithms to help the Sardinian griffon vulture

In this issue of our magazine, we give an account of a scientific tool to trace a perspective of the risk of extinction of the griffon vulture in Sardinia.

It may seem arid to rely on software, but these calculations would not be possible without the tenacious and continuous collection of data made over the decades by environmental associations.

And then even the work of the algorithms takes on a different meaning. Because artificial intelligence works if it feeds on food produced by men. Enriched with a disinterested passion.

The human factor also intervenes in the more purely scientific aspect, faced by the researchers of the University of Sassari, which has handled in a rigorous way a large amount of information and results.

We have chosen to tell you the results of this research using the key of "questions and answers" as it happens in popular science journals, because we believe it is possible to propose apparently "difficult" topics to the general public.

A project like this is made of action, emotion and information. We are trying to keep all these aspects together and the results are comforting.

The same research carried out with the Vortex software shows us how complex it is to take the risk of extinction of a species head-on. There are so many factors and so many variables. The most important message that emerges at the end of the research is that the community maintains a fundamental role in conservation actions. We consider this a reassuring fact: not a few experts or enthusiasts will save the griffon vulture or, in general, restore biodiversity increasingly endangered. This means that together we can achieve great things.

*Andrea Rotta
Project Manager
Life Under Griffon Wings*



CON VORTEX ALLA SCOPERTA DEL FUTURO DELLA COLONIA SARDA DI GRIFONE

Ecco come abbia usato un software di simulazione per analizzare la vitalità della popolazione

I GRIFONI SARDI TRA PASSATO E FUTURO

Perché è così importante salvare i grifoni dall'estinzione in Sardegna?

Il declino della popolazione e l'estinzione delle specie possono avere conseguenze ecologiche devastanti interrompendo i processi chiave dell'ecosistema come la decomposizione, l'impollinazione e la dispersione dei semi. I grifoni sono considerati "spazzini aviari" e forniscono l'importante servizio ecologico di riciclo della biomassa delle carogne, contribuendo così alla rimozione dei rifiuti, alla regolazione delle malattie e al ciclo dei nutrienti. Purtroppo, gli avvoltoi stanno vivendo un drastico declino demografico in tutto il mondo, e sono considerati tra gli animali più minacciati. La conservazione a lungo termine della

popolazione sarda dei Grifoni è quindi fondamentale non solo per preservare il suo ruolo nell'ecosistema, ma anche per consentire lo sviluppo di un piano di conservazione più ampio per ripristinare la presenza di tutti gli avvoltoi nell'isola. La Sardegna è infatti una delle aree prioritarie per la conservazione degli avvoltoi in tutto il Vecchio Mondo.

Qual è la situazione dei grifoni in Europa?

La popolazione continentale sta aumentando in modo significativo, principalmente a causa dell'attuazione delle misure di conservazione, in particolare le campagne per ridurre

al minimo l'avvelenamento e fornire cibo sicuro nelle stazioni di alimentazione. La popolazione europea è stimata in 32.400-34.400 coppie, con la

La popolazione di Grifoni in Sardegna è scesa molto rapidamente dopo alla Seconda guerra mondiale

sola Spagna che rappresenta circa 25.000 coppie. La sua gamma si è ampliata anche grazie a progetti di reintroduzione in Francia, penisola italiana e Balcani.

E in Italia?

In Italia il Grifone è ancora incluso nella Lista Rossa come a rischio critico, con l'ultima popolazione naturale che persiste in Sardegna. Ma ci sono state reintroduzioni in Friuli, Abruzzo e Sicilia.

Cos'è successo in Sardegna negli ultimi decenni?

Distribuito su tutta l'isola fino

alla fine degli anni '40 con una popolazione stimata di 800 - 1200 individui, la popolazione di Grifoni in Sardegna è scesa molto rapidamente dopo la Seconda guerra mondiale, principalmente a causa dell'uso di esche avvelenate. Nella Sardegna centro-orientale il Grifone era presente fino agli anni '80, dopo di che la popolazione è sopravvissuta solo nella parte nord-occidentale dell'isola. Nel 2005 il numero di coppie territoriali era stimato nel numero di 31-32, e la popolazione era distribuita nei territori di Alghero e Bosa. Le altre grandi specie di avvoltoi presenti sull'isola (*Aegypius monachus*, *Gypaetus barbatus*) si sono estinte entro la seconda metà del secolo scorso.

Perché è stato fondamentale studiare le dinamiche della colonia sarda di grifone?



La popolazione sarda di grifone è stata attentamente monitorata dal 1986, ed è disponibile un set di dati relativamente grande sulla produttività (30 anni, 897 record di allevamento). Tra il 1987 e il 1995 la popolazione è stata gestita con azioni di ripopolamento e integrazione alimentare. Tuttavia, gli episodi di avvelenamento nel 1997, 1998 e 2006 hanno ostacolato le azioni di conservazione attuate. Pertanto, questa popolazione è un buon modello per studiare il rischio di estinzione di una piccola popolazione insulare di un uccello longevo ed esplorare gli effetti di possibili azioni di gestione volte a garantire la sua persistenza a lungo termine. Le popolazioni di grifone in Sardegna non sono cresciute negli ultimi 30 anni. I parametri riproduttivi delle popolazioni sarde sono inferiori rispetto a quelli di altre isole e delle colonie continentali. Insieme alle piccole

dimensioni della popolazione, all'elevata incidenza relativa di incidenti di avvelenamento e alla mancanza di immigrazione, questo pone i Grifoni della Sardegna ad alto rischio di estinzione a breve e medio termine.

Cosa sappiamo sul futuro della colonia sarda?

Abbiamo condotto l'analisi della vitalità della popolazione (PVA) utilizzando il software di simulazione Vortex, che è uno degli strumenti più comunemente utilizzati per

queste ricerche. Il programma utilizza stime dei tassi vitali (ad esempio, sopravvivenza, riproduzione, dispersione), insieme alle caratteristiche della popolazione (ad esempio, la dimensione iniziale della popolazione, la distribuzione dell'età, la capacità di trasporto e il raccolto o il rifornimento), per simulare le dinamiche della popolazione creando una rappresentazione di ogni individuo nella popolazione, e seguendo il loro destino attraverso una serie temporale di eventi demografici e ambientali stocastici. Le proiezioni della popolazione in diversi scenari di gestione che affrontano le principali minacce alla persistenza di questa specie (avvelenamento e disturbo umano) e l'attuazione di azioni concrete di conservazione (attivazione dei siti di alimentazione e ripopolamento).



La colonia sarda è un buon modello per studiare il rischio di estinzione di una piccola popolazione insulare di un uccello longevo

Le cause del rischio di estinzione: bassa riproduttività, piccole dimensioni della popolazione, mancata immigrazione e avvelenamenti



L'USO DI VORTEX

Come avete utilizzato Vortex?

Abbiamo introdotto i parametri demografici nel software di simulazione Vortex [Versione 10.2.6] per costruire un PVA. Abbiamo sviluppato un modello di base utilizzando parametri di input demografici provenienti da una varietà di fonti, tra cui dati originali, informazioni precedentemente pubblicate e discussioni con esperti sulla specie. Abbiamo parametrizzato il modello di base come una proiezione a due popolamenti (popolazione di Alghero e Bosa, con tassi riproduttivi diversi e situati ad una distanza di 40 km l'uno dall'altro) con 1.000 iterazioni per fornire stime affidabili del rischio. A seguito della raccomandazione di alcuni ricercatori (O'Grady, Reed e McCoy), abbiamo aumentato i rischi di estinzione per generazioni e ampliato il periodo di tempo a 40 generazioni. Abbiamo quindi utilizzato un arco di tempo di 440 anni, l'arco di 40 generazioni in base al nostro tempo di generazione stimato di circa 11 anni calcolato in Vortex utilizzando l'equazione di Eulero.

Nella ricerca abbiamo utilizzato un arco di tempo di 440 anni, che corrispondono a 40 generazioni



Qual è l'affidabilità del sistema Vortex?

Un approccio simile è stato utilizzato in altre analisi PVA delle popolazioni di uccelli. Abbiamo definito l'estinzione come avviene quando è rimasto solo un sesso. Poiché si sa poco sugli effetti o gli impatti della depressione dell'inbreeding sugli avvoltoi del Griffone, e poiché nel 1987-1995 gli individui riforniti (n. 60) dalla Spagna e dalla Francia sono stati rilasciati in Sardegna, abbiamo sviluppato modelli senza includere la depressione degli inbreeding. Le stime per l'età alla prima riproduzione, durata della vita e dimensioni della covata sono state impostate come variabili fisse nella nostra PVA, mentre la stocessa è stata integrata in modelli attraverso la variazione ambientale della percentuale di femmine che si riproducono con successo in un anno e specifiche per età sopravvivenza annuale. I potenziali effetti della raccolta e della gestione genetica non sono stati inclusi nelle simulazioni.

Dal punto di vista metodologico come vi siete comportati?



Gli avvoltoi del griffone sono monogami a lungo termine e gli individui di entrambi i sessi possono riprodursi a cinque anni.

Come proiezione a due panni, abbiamo dovuto definire nel nostro scenario i tassi di dispersione tra le popolazioni. Nel corso degli anni, la dispersione di avvoltoi immaturi dall'area di Alghero a Bosa è stata osservata dagli ornitologi, mentre non esiste alcun record sulla dispersione di individui dall'area di Bosa a quella di Alghero. Abbiamo quindi ipotizzato che il 15% degli avvoltoi di età compresa tra 1-3 anni si disperda da Alghero a Bosa e che entrambi i sessi si disperdano. Abbiamo anche supposto che la sopravvivenza dei disperdenti non differisse dai non disperdenti, data la bassa distanza tra le due popolazioni.

Qual è il sistema riproduttivo dei griffoni?

Gli avvoltoi del griffone sono monogami a lungo termine e gli individui di entrambi i sessi possono riprodursi a cinque anni. Depongono un uovo per frizione. L'età massima della riproduzione è stimata a 20 anni. Gli avvoltoi del griffone sono sessualmente monomorfici e il rapporto tra i sessi della popolazione non può essere stimato dalle osservazioni sul campo.

E quindi in Vortex quali tassi di riproduzione avete utilizzato?

I tassi riproduttivi utilizzati nel

modello sono stati ottenuti calcolando la media e la SD della produttività (% delle femmine adulte riproduttive) e il successo riproduttivo (distribuzione delle nidiate all'anno) dai dati sul campo registrati dal 1986 al 2015 nelle popolazioni di Alghero e Bosa.

Come si è svolto il lavoro sul campo?

Il lavoro sul campo in ogni stagione riproduttiva è stato svolto tra dicembre e agosto per osservare l'intero periodo riproduttivo della specie (voli di corteggiamento, nidi, deposizione, cova, schiusa, allevamento dei pulcini e primo volo di giovani). Le osservazioni sono state effettuate da punti di osservazione o da gommone a 300-600 metri dai siti di allevamento con binocolo (8x42, 10-50) e mirini (20-60 x 80). Ogni colonia è stata visitata da 6 a 10 volte durante ogni anno. I parametri registrati durante il periodo di riproduzione sono stati:

1. Numero di coppie territoriali: coppie osservate nel comportamento di accoppiamento (voli di visualizzazione, riparazione del nido, accoppiamento);
2. Numero di coppie riproduttive: coppie che incubano l'uovo;
3. Numero di piccoli.



Quali sono i tassi di mortalità?

I tassi di mortalità specifici per età sono stati tratti dalla letteratura scientifica sul tema. A causa dell'assenza di tassi di mortalità legati al sito specifico disponibili in letteratura, sono stati considerati gli stessi per tutte le popolazioni senza differenze di sesso.

E invece i principali eventi "catastrofici" per la popolazione di grifone?

Dal 1986 al 2015, tre principali eventi di avvelenamento si sono verificati nelle popolazioni sarde di grifone (nel 1997, nel 1998 e nel 2006). Gli episodi portarono alla perdita di un numero significativo di individui (circa 40-60), contribuendo allo stato demografico critico dei grifoni della Sardegna.

Avete tenuto conto di questo fattore nelle elaborazioni su Vortex?

Nel nostro modello di base ab-

I principali eventi di avvelenamento si verificarono nel 1997, 1998 e 2006, portando alla perdita di 40-60 individui

biamo incluso l'avvelenamento come un evento catastrofico locale che può verificarsi in Sardegna. Per la riproduzione consideriamo per ogni popolazione la diminuzione media della produttività rispetto all'anno precedente la catastrofe fino all'anno in cui si è verificata. Per la sopravvivenza, abbiamo calcolato per ogni popolazione la diminuzione delle coppie territoriali dall'anno precedente la catastrofe all'anno in cui si è verificata la catastrofe, dopo aver sottratto il tasso di mortalità annuale di 0,033. Abbiamo applicato questo valore per l'intera popolazione, partendo dal presupposto che l'avvelenamento avrebbe la stessa possibilità di verificarsi in tutte le classi di età.

Come avete calcolato la dimensione della popolazione iniziale e la struttura dell'età?

Abbiamo usato come punto di partenza la dimensione della popolazione nel 1986. Non era disponibile una distribuzione precisa della classe di età per ogni specie e per ogni popolazione. Pertanto, in base alla raccomandazione di alcuni ricercatori, la dimensione iniziale della popolazione è stata modellata come una distribuzione stabile dell'età.

Quali fattori possono influire sulla probabilità di estin-

zione?

Sono stati simulati diversi scenari per valutare come differenti strategie di gestione e condizioni ambientali influenzino la probabilità di estinzione delle due popolazioni sarde di Grifone Avvoltoio. La probabilità di estinzione è stata calcolata come la percentuale delle 1.000 iterazioni in cui la popolazione si è estinta. Gli scenari erano basati su alcune opzioni:

1. la presenza di alimentazione supplementare grazie ai carni allestiti e aziendali con la diminuzione della mortalità nei giovani e negli uccelli immaturi;
2. i cambiamenti legati a eventi catastrofici come l'avvelenamento;
3. i programmi di ripopolamento: i precedenti sforzi di conservazione in Sardegna hanno incluso piani di restocking nell'area di Bosa (Montiferru/Oristano) con il rilascio di 60 Grifoni dalla Spagna e dalla Francia negli anni 1987-1995. Con il progetto LIFE Under Griffon Wings (LIFE14/NAT/IT/000484), è in corso l'attuazione di un secondo programma di ripopolamento con il rilascio di altri 63 avvoltoi dalla Spagna e dalla riproduzione nei programmi di cattività (ARTIS zoo, Amsterdam, The Paesi Bassi) nel corso



degli anni 2018-2019. Abbiamo quindi simulato gli effetti del completamento modellazione tre scenari: integrando il numero di avvoltoi del Grifone sopra citato (completamento effettivo), integrando 6 e 12 giovani ogni cinque anni per 30 anni per Alghero e Bosa rispettivamente (completamento medio); integrando 12 e 20 giovani ogni cinque anni per 30 anni alle popolazioni di Alghero e Bosa, rispettivamente (elevata integrazione).

4. il disturbo umano: influenzare la produttività e il successo riproduttivo. Il successo riproduttivo può essere influenzato negativamente dai disturbi, come descritto in Spagna (Arroyo et al. 1990). In Sardegna, i disordini nei pressi dei siti di nidificazione causati da cacciatori, fotografi ed escursionisti hanno portato a una diminu-

zione del successo riproduttivo della colonia (Aresu e Schenk 2006).

Quali sono i risultati secondo il modello di base, cioè senza interventi di alcun tipo?

I tassi di crescita sono negativi per entrambe le popolazioni con una probabilità di estinzione del 100% per la popolazione di Alghero, con un tempo medio per la prima estinzione è di 26,6 anni. Per quanto riguarda la popolazione di Bosa, il modello ha stimato la probabilità di estinzione al 93,9%, con un tempo medio per la prima estinzione di 169,06 anni

Cosa succede quando si prevede invece di attivare forme di alimentazione supplementare come i carnai?

Le proiezioni ottenute per la popolazione di Bosa hanno in-

dicato che ad alti livelli questa misura ha dimezzato approssimativamente la probabilità di estinzione. D'altra parte, la misura da sola non ha potuto invertire l'andamento della popolazione e non è riuscita a modificare i tassi di crescita della popolazione per la popolazione di Alghero.

E diminuendo gli eventi catastrofici (come ad esempio gli avvelenamenti?)

Abbassare la frequenza e gli effetti di gravità degli episodi di avvelenamento ha avuto un impatto significativo sia nella popolazione di Alghero che Bosa. Nella popolazione di Bosa, tutti i livelli di intensità modellati hanno causato un cambiamento significativo. La riduzione della frequenza degli episodi di avvelenamento è stata sufficiente a ridurre la

Il disturbo nei pressi dei siti di nidificazione causati da cacciatori, fotografi ed escursionisti hanno portato a una diminuzione del successo riproduttivo della colonia

Attivando forme di alimentazione supplementare a Bosa si riduce della metà il rischio di estinzione



probabilità di estinzione della popolazione. Quando è stato abbassato anche l'impatto di gravità dell'avvelenamento sulla produttività e sulla sopravvivenza, la popolazione è cresciuta rapidamente e la probabilità di estinzione è scesa a 0,0230 rispetto al basale 0,9390. D'altra parte, nella popolazione di Alghero questa misura è stata efficace nell'aumentare l'andamento della popolazione solo al più alto livello, cioè quando ha completamente rimosso il verificarsi di questa catastrofe. A questo livello, anche se la probabilità di estinzione non è cambiata, il tempo medio per l'estinzione potrebbe essere ritardato da 26,6 a 62,2 anni.

Qual è, secondo Vortex, l'effetto delle azioni di ripopolamento sul rischio di estinzione?

La previsione di questa misura ha prodotto un aumento significativo della popolazione Bosa a tutti i livelli, ma poiché i tassi di crescita non sono risultati positivi, l'effetto finale è stato una leggera diminuzione della probabilità di estinzione



e un ritardo nel tempo medio di estinzione. Per quanto riguarda la popolazione di Alghero, questa misura è stata in grado di aumentare il livello solo a medio e alto livello, ma la probabilità di estinzione non è cambiata.

E l'impatto del disturbo umano?

Nella popolazione di Bosa l'effetto del disturbo umano ha mostrato che le tendenze della popolazione sono significativamente influenzate dai cambiamenti dei tassi riproduttivi a tutti i livelli. Dopo l'aumento del successo riproduttivo, la probabilità di estinzione è diminuita dalla linea di base da 0,9390 a 0,2990. Quando anche la produttività è stata aumentata a seguito di questa misura, la probabilità di estinzione è stata abbassata a 0,0130. Al contra-

rio, quando i tassi riproduttivi sono diminuiti a causa del disturbo umano, lo stochasticity è diminuito in modo significativo per la popolazione di Bosa (Friedman ANOVA $P < 0.0001$) e ha raggiunto la più alta variabilità. Per contro, questa misura non è stata efficace nel modificare il tasso di crescita della popolazione di Alghero.

Si nota una costante differenza sul futuro delle colonie di Bosa e Alghero.

I nostri risultati hanno mostrato che l'effetto delle misure adottate differisce nelle popolazioni di Alghero e Bosa, suggerendo così che la dimensione della popolazione è un fattore critico nell'influenzare le proiezioni delle dinamiche della popolazione di grifone. Le specie a bassa fecondità hanno maggiori probabilità di estinguersi



dopo un evento catastrofico. I dati osservazionali presentati in questo studio mostrano che il numero di coppie territoriali della popolazione di Alghero non è stato ripristinato dopo l'evento avvelenante degli anni 1997-1998. In linea con questa osservazione, le nostre proiezioni hanno mostrato che le uniche misure efficaci nell'aumentare significativamente la popolazione di Alghero sono state la completa rimozione degli eventi catastrofici come l'avvelenamento e l'aumento delle dimensioni della popolazione da parte di un programma di ripopolamento, come simulato negli scenari di completamento medio e alto. Al contrario, le misure che aumentano i tassi di sopravvivenza, come l'alimentazione supplementare, e i tassi riproduttivi, come la mitigazione dei disturbi umani, non hanno avuto alcun effetto nel cambiare le dinamiche della popolazione. Questi risultati suggeriscono che la variabilità demografica è una delle principali minacce per la popolazione sarda di grifoni. Lo stesso risultato è stato ottenuto valu-

tando il rischio di estinzione della popolazione di avvoltoi barbuti in Corsica (una piccola popolazione riproduttiva isolata di 8-10 coppie).

Allora cosa bisogna fare?

La completa eliminazione di eventi catastrofici e l'attuazione di programmi di completamento intensivi non sono tuttavia le strategie più realistiche da attuare. L'avvelenamento è considerato la principale minaccia per la conservazione degli avvoltoi non solo nell'Europa meridionale ma anche in tutto il mondo. La mitigazione di questa minaccia include generalmente campagne di sensibilizzazione, sanzioni

**In tutto il mondo
l'avvelenamento è
considerato
la principale
minaccia
per il grifone**



economiche e, quando applicabili, punizioni legali per gli avvelenatori. Tuttavia, l'eradicazione completa della minaccia è difficile da raggiungere. L'attuazione di un programma di ripopolamento, d'altra parte, è costosa e dipende dalla disponibilità di fondi e risorse umane. I programmi di questo genere attuati in Sardegna si basavano sui fondi regionali e dell'UE, ma i risultati attuali hanno dimostrato che non erano efficaci nell'aumentare la popolazione di Alghero, dal momento che è necessario un numero maggiore di uccelli rilasciati.

Nel prendere di mira una popolazione più numerosa, tuttavia, le misure simulate sono state efficaci nell'aumentare significativamente la resistenza, riducendo così il rischio di estinzione della popolazione Bosa.

In questo senso qual è il ruolo dei carnai?

Le stazioni di alimentazione sono una questione chiave della conservazione degli avvoltoi nelle aree in cui i vincoli sanitari sullo smaltimento delle carcasse limitano in gran parte l'accesso degli avvoltoi alle carogne di bestiame, e il loro effetto positivo sulla vitalità della popolazione di avvoltoi è ben noto. Il vantaggio principale dell'alimentazione supplementare

è che è facile da implementare e ha effetti a breve termine sui parametri demografici. Tuttavia, quando il completamento dell'alimentazione è gestito come un numero limitato di stazioni di alimentazione pesante (i carnai allestiti), pone diversi effetti ecologici negativi come la riduzione della produttività dipendente dalla densità. Le stazioni di alimentazione pesanti possono avere effetti negativi anche per le popolazioni non bersaglio, mettendo in discussione i loro potenziali benefici per le dinamiche della comunità e della popolazione. Pertanto, le stazioni di alimentazione leggere e disperse (i carnai aziendali) dovrebbero essere prioritarie. Tuttavia, è necessario

lavorare in modo sperimentale per testare l'efficacia delle stazioni di alimentazione più piccole e meno prevedibili per migliorare la sopravvivenza dei giovani e degli adulti. Nel presente studio, il completamento dell'alimentazione è stato in grado di rendere il tasso di crescita stocastico positivo solo al più alto livello. È interessante notare che l'azione di gestione diffusa non è stata efficace come previsto per salvare le popolazioni minacciate dalle future tendenze negative.

Questo risultato conferma i risultati precedenti in altre specie di avvoltoi.

E quello delle azioni di contratto agli avvelenamenti?

Le proiezioni della popolazione in scenari di ridotta frequenza di avvelenamento prevedevano un esito positivo per la popolazione di Bosa. Come in molte altre specie longeve, i tassi di sopravvivenza, in particolare degli adulti, sono il parametro demografico chiave che contribuisce maggiormente al tasso di crescita della popolazione previsto, e le azioni di gestione dovrebbero essere dirette a migliorarlo. Diversi autori hanno evidenziato

l'importanza di mitigare questa minaccia quando si sviluppano analisi della vitalità della popolazione in avvoltoi. Tuttavia, l'eradicazione dell'uso illegale del veleno non è né facile né efficiente in termini di tempo, e dovrebbero essere attuate misure alternative che agiscono in modo sinergico per migliorare i tassi di sopravvivenza per concedere più tempo per affrontare questa minaccia.

Quando incide la mitigazione del disturbo umano?

L'aumento dei tassi riproduttivi mediante mitigazione della minaccia di disturbo da parte dell'uomo nei siti riproduttivi prevedeva un esito positivo per la popolazione di Bosa sia a livello medio che basso. Il Griffone è un avvoltoio che nidifica sulle scogliere, in colonie che spesso possono comprendere fino a 100 coppie. I rapaci sono spesso sensibili alle attività umane intorno alle loro aree di nidificazione, che possono causare abbandono del nido e perdita di pulcini. Studi precedenti hanno evidenziato l'importanza del disturbo umano nella selezione di una scogliera come sito di nidificazione. La misura di conservazione più spesso utilizzata dai dirigenti e dagli ambientalisti per evitare disturbi è la creazione di zone cuscinetto spaziali e temporali intorno ad aree potenzialmente sensibili (ad esempio siti di riproduzione), dove le attività inquietanti sono limitate. Secondo le nostre proiezioni, tali misure sarebbero efficaci per ridurre la probabilità di estinzione della colonia di Bosa.

Quali sono quindi le conclusioni finali di tutto questo lavoro?

In conclusione, i risultati dello studio hanno mostrato che una popolazione molto ridotta può compromettere l'efficacia di misure di conservazione dif-

I grifoni scelgono le scogliere come siti di riproduzione per sfuggire dal disturbo dell'uomo



A simulation software to analyze the viability of the population

Creare zone cuscinetto intorno alle aree di nidificazione per ridurre la presenza dell'uomo

fuse e facili da attuare, come l'alimentazione supplementare e la mitigazione disturbo nei siti riproduttivi. In situazioni demografiche molto critiche, il ripopolamento è stato più efficace delle altre misure, perché ha aumentato la popolazione di Bosa anche al livello più basso, cioè con il numero di uccelli integrati durante i programmi di rifornimento effettuati tra il 1987 - 1995 e il 2018 - 2019. Infine, l'avvelenamento è stato confermato come una grave minaccia per i grifoni, e la sua completa rimozione ha aumentato significativamente i tassi di crescita anche nella popolazione più piccola.

SARDINIAN GRIFFON VULTURES BETWEEN PAST AND FUTURE

Why is it so important to save griffon vultures from extinction in Sardinia?

Population decline and species extinction can have devastating ecological consequences by disrupting key ecosystem processes such as decomposition, pollination and seed dispersal. Griffon vultures are considered "bird scavengers" and provide the important ecological service of recycling the biomass of carrion, thus contributing to the removal of waste, the regulation of diseases and the nutrient cycle. Unfortunately, vultures are experiencing a dramatic demographic decline worldwide, and are considered among the most threatened animals. The long-term conservation of the Sardinian Griffon vulture population is therefore essential not only to preserve its role in the ecosystem, but also to enable the development of a broader conservation plan to restore the presence of all vultures on the island. Sardinia is in fact one of the priority areas for the conservation of vultures throughout the Old World.

What is the situation of griffon vultures in Europe?

The continental population is increasing significantly, mainly due to the implementation of conservation measures, in particular campaigns to minimize poisoning and provide safe food at feeding stations. The European population is estimated at 32,400-34,400 pairs, with Spain alone representing about 25,000

pairs. Its range has also expanded thanks to reintroduction projects in France, the Italian peninsula and the Balkans.

And in Italy?

In Italy the Griffon Vulture is still included in the Red List as a critical risk, with the last natural population that persists in Sardinia. But there have been reintroductions in Friuli, Abruzzo and Sicily.

What has happened in Sardinia in recent decades?

Distributed all over the island until the end of the 1940s with an estimated population of 800 - 1200 individuals, the population of Griffon vultures in Sardinia fell very rapidly after the Second World War, mainly due to the use of poisoned baits. In central-eastern Sardinia the Griffon vulture was present until the 80s, after which the population survived only in the north-western part of the island. In 2005 the number of territorial pairs was estimated at 31-32, and the population was distributed in the territories of Alghero and Bosa. The other large species of vultures present on the island (*Aegypius monachus*, *Gypaetus barbatus*) became extinct in the second half of the last century.

Why was it fundamental to study the dynamics of the Sardinian griffon vulture colony?

The Sardinian griffon vulture population has been closely monitored since 1986, and a relatively large set of data on productivity (30 years, 897 breeding records) is available. Between 1987 and 1995 the popu-



lation was managed through restocking and food integration actions. However, the poisoning episodes in 1997, 1998 and 2006 hampered the conservation actions implemented. Therefore, this population is a good model for studying the risk of extinction of a small island population of a long-lived bird and exploring the effects of possible management actions to ensure its long-term persistence. Griffon vulture populations in Sardinia have not grown in the last 30 years. The reproductive parameters of the Sardinian populations are lower than those of other islands and continental colonies. Together with the small size of the population, the high relative incidence of poisoning incidents and the lack of immigration, this places the Sardinian Griffon vultures at high risk of extinction in the short and medium term.

What do we know about the future of the Sardinian colony?

We conducted the population vitality analysis (PVA) using the Vortex simulation software, which is one of the most commonly used tools for this research. The program uses estimates of vital rates (e.g., survival, reproduction, dispersion), together with population characteristics (e.g., initial population size, age distribution, transport capacity and harvest or supply), to simulate population dynamics by creating a representation of each individual in the population, and following their fate through a time series of stochastic demographic and environmental events. The population projections in different management scenarios that address the main threats to the persistence of this species (poisoning and human disorder) and the implementation of concrete conservation actions (activation of feeding sites and restocking).

THE USE OF VORTEX

How did you use Vortex?

We introduced demographic parameters into the Vortex simulation software [Version 10.2.6] to build a PVA. We developed a basic model using demographic input parameters from a variety of sources, including original data, previously published information and discussions with species experts. We parameterized the basic model as a projection to two populations (population of Alghero and Bosa, with different reproductive rates and located at a distance of 40 km from each other) with 1,000 iterations to provide reliable risk estimates. Following the recommendation of researchers (O'Grady, Reed and McCoy), we have increased the risk of extinction for

generations and extended the time period to 40 generations. We then used a time span of 440 years, the span of 40 generations based on our estimated generation time of about 11 years calculated in Vortex using the Euler equation.

What is the reliability of the Vortex system?

A similar approach has been used in other PVA analyses of bird populations. We have defined extinction as when there is only one sex left. Since little is known about the effects or impacts of inbreeding depression on Griffon vultures, and since in 1987-1995 individuals supplied (No. 60) from Spain and France were released in Sardinia, we developed models without including inbreeding depression. Estimates for age at first reproduction, lifespan and brood size have been set as fixed variables in our PVA, while stochastic has been integrated into models through environmental variation of the percentage of females successfully reproducing in one year and specific for age annual survival. The potential effects of genetic collection and management were not included in the simulations.

How did you behave methodologically?

As a two-panel projection, we had to define in our scenario the rates of dispersion between populations. Over the years, the dispersion of immature vultures from the area of Alghero to Bosa has been observed by ornithologists, while there is no record on the dispersion of individuals from the area of Bosa to that of Alghero. We have therefore hypothesized that 15% of vultures between 1-3 years old disperse from Alghero to Bosa and that both sexes disperse. We also assumed that the survival of the dispersants did not differ from the non-dispersants, given the low distance between the two populations.

What is the reproductive system of griffon vultures?

Griffon vultures are long-term monogamous and individuals of both sexes can reproduce at five years of age. They lay one egg per clutch. The maximum age of reproduction is estimated at 20 years. Griffon vultures are sexually monomorphic and the gender ratio of the population cannot be estimated from field observations.

So what reproduction rates did you use in Vortex?

The reproductive rates used in the model were obtained by calculating the average and SD of productivity (% of adult reproductive females) and reproductive success (distribution of broods per year)



from the field data recorded from 1986 to 2015 in the populations of Alghero and Bosa.

How was the field work done?

Field work in each breeding season was carried out between December and August to observe the entire breeding period of the species (courtship flights, nests, spawning, hatching, chick rearing and first flight of juveniles). The observations were made from observation points or from an inflatable boat 300-600 meters from the breeding sites with binoculars (8x42, 10-50) and sights (20-60 x 80). Each colony was visited 6 to 10 times during each year. The parameters recorded during the breeding period were:

1. Number of territorial pairs: pairs observed in mating behaviour (display flights, nest repair, mating);
2. Number of breeding pairs: pairs incubating the egg;
3. Number of young.

What are the mortality rates?

Age-specific mortality rates have been taken from the scientific literature on the subject. Due to the absence of site-specific mortality rates available in the literature, the same mortality rates were considered for all populations without gender differences.

What about the main "catastrophic" events for the griffon vulture population?

From 1986 to 2015, three major poisoning events occurred in Sardinian griffon vulture populations (in 1997, 1998 and 2006). The episodes led to the loss of a significant number of individuals (about 40-60), contributing to the critical demographic status of griffon vultures in Sardinia.

Have you taken this factor into account in the elaborations on Vortex?

In our basic model we have included poisoning as a local catastrophic event that can occur in Sardinia. For reproduction we consider for each population the average decrease in productivity compared to the year before the catastrophe until the year in which it occurred. For survival, we have calculated for each population the decrease in territorial pairs from the year before the disaster to the year in which the disaster occurred, after subtracting the annual mortality rate of 0.033. We applied this value for the entire population, assuming that poisoning would have the same chance of occurring in all age groups.

How did you calculate the size of the initial population and the age structure?

We used the population size as our starting point in 1986. There was no precise distribution of the age group for each species and for each population. Therefore, according to the recommendation of some researchers, the initial population size was modelled as a stable age distribution.

What factors may affect the likelihood of extinction?

Several scenarios have been simulated to evaluate how different management strategies and environmental conditions influence the probability of extinction of the two Sardinian populations of Vulture Griffon vultures. The extinction probability was calculated as the percentage of the 1,000 iterations in which the population became extinct. The scenarios were based on a few options:

1. the presence of additional feeding thanks to the prepared and company carni with the reduction of mortality in young and immature birds;
2. changes linked to catastrophic events such as poisoning;
3. restocking programmes: previous conservation efforts in Sardinia included restocking plans in the Bosa area (Montiferru/Oristano) with the release of 60 Griffon vultures from Spain and France in 1987-1995. With the LIFE Under Griffon Wings project (LIFE14/NAT/IT/000484), a second restocking programme is being implemented with the release of 63 more vultures from Spain and breeding in captivity programmes (ARTIS zoo, Amsterdam, The Netherlands) during the years 2018-2019. We then simulated the effects of modeling completion three scenarios: integrating the number of vultures of the Griffon vulture mentioned above (actual completion), integrating 6 and 12 young people every five years for 30 years for Alghero and Bosa respectively (average completion); integrating 12 and 20 young people every five years for 30 years to the populations of Alghero and Bosa respectively (high integration).
4. the human disorder: influencing productivity and reproductive success. Reproductive success may be adversely affected by disorders, as described in Spain (Arroyo et al. 1990). In Sardinia, disorders near nesting sites caused by hunters, photographers and hikers have led to a decrease in the reproductive success of the colony (Aresu and Schenk 2006).

What are the results according to the basic model, i.e. without any kind of intervention?



The growth rates are negative for both populations with a probability of extinction of 100% for the population of Alghero, with an average time for the first extinction is 26.6 years. As for the population of Bosa, the model estimated the probability of extinction at 93.9%, with an average time for the first extinction of 169.06 years.

What happens when you plan to activate additional forms of feeding such as carni instead?

Projections obtained for the population of Bosa have shown that at high levels this measure has approximately halved the probability of extinction. On the other hand, the measure alone could not reverse the population trend and failed to change the population growth rates for the population of Alghero.

And by decreasing catastrophic events (such as poisoning?)

Lowering the frequency and severity effects of poisoning episodes has had a significant impact on both the population of Alghero and Bosa. In the population of Bosa, all modelled intensity levels caused a significant change. The reduction in the frequency of poisoning episodes was sufficient to reduce the probability of population extinction. When the severity impact of the poisoning on productivity and survival was also lowered, the population grew rapidly and the probability of extinction fell to 0.0230 compared to baseline 0.9390. On the other hand, in the population of Alghero this measure was effective in increasing the trend of the population only at the highest level, that is when it completely removed the occurrence of this catastrophe. At this level, even if the probability of extinction has not changed, the average time for extinction could be delayed from 26.6 to 62.2 years.

What, according to Vortex, is the effect of restocking on the risk of extinction?

The prediction of this measure produced a significant increase in the Bosa population at all levels, but since the growth rates were not positive, the final effect was a slight decrease in the probability of extinction and a delay in the average time of extinction. As far as the population of Alghero is concerned, this measure was able to increase the level only at medium and high levels, but the probability of extinction has not changed.

What about the impact of the human disorder?

In the population of Bosa the effect of the human di-

sorder has shown that population trends are significantly influenced by changes in reproductive rates at all levels. After the increase in reproductive success, the probability of extinction decreased from the baseline from 0.9390 to 0.2990. When productivity was also increased as a result of this measure, the probability of extinction was lowered to 0.0130. On the contrary, when reproductive rates decreased because of the human disorder, stochastic decreased significantly for the population of Bosa (Friedman ANOVA $P < 0.0001$) and reached the highest variability. By contrast, this measure was not effective in changing the growth rate of the population of Alghero.

There is a constant difference in the future of the colonies of Bosa and Alghero.

Our results showed that the effect of the measures taken differs in the populations of Alghero and Bosa, thus suggesting that the size of the population is a critical factor in influencing the projections of the population dynamics of griffon vultures. Low fecundity species are more likely to become extinct after a catastrophic event. The observational data presented in this study show that the number of territorial pairs of the population of Alghero has not been restored after the poisoning event of the years 1997-1998. In line with this observation, our projections showed that the only effective measures in significantly increasing the population of Alghero were the complete removal of catastrophic events such as poisoning and the increase in population size by a repopulation programme, as simulated in the medium and high completion scenarios. On the contrary, measures that increase survival rates, such as supplementary feeding, and reproductive rates, such as the mitigation of human disorders, have had no effect in changing population dynamics. These results suggest that demographic variability is one of the main threats to the Sardinian griffon vulture population. The same result was obtained by assessing the risk of extinction of the bearded vultures population in Corsica (a small isolated breeding population of 8-10 pairs).

So what should we do?

The complete elimination of catastrophic events and the implementation of intensive completion programmes are not, however, the most realistic strategies to be implemented. Poisoning is considered the main threat to the conservation of vultures not only in southern Europe but also worldwide. Mitigation of this threat generally includes awareness-raising campaigns, economic sanctions and, when applicable,



legal punishments for poisoners. However, the complete eradication of the threat is difficult to achieve. The implementation of a restocking programme, on the other hand, is costly and depends on the availability of funds and human resources. Such programmes in Sardinia were based on regional and EU funds, but current results have shown that they were not effective in increasing the population of Alghero, as more released birds are needed.

In targeting a larger population, however, the simulated measures have been effective in significantly increasing resistance, thus reducing the risk of extinction of the Bosa population.

What is the role of the carnai in this respect?

Feeding stations are a key issue in the conservation of vultures in areas where health constraints on carcass disposal largely limit vultures' access to livestock carcasses, and their positive effect on the viability of the vultures' population is well known. The main advantage of supplementary feeding is that it is easy to implement and has short-term effects on demographic parameters. However, when the completion of the feed is managed as a limited number of heavy feeding stations (the set up carnai), it poses several negative ecological effects such as the reduction of density-dependent productivity. Heavy feeding stations can also have negative effects for non-target populations, questioning their potential benefits for community and population dynamics. Therefore, light and dispersed feeding stations (company carnaies) should be a priority. However, experimental work is needed to test the effectiveness of smaller, less predictable feeding stations to improve the survival of young people and adults. In the present study, the completion of feeding was able to make the stochastic growth rate positive only at the highest level. Interestingly, the widespread management action was not as effective as expected to save populations threatened by future negative trends. This result confirms previous results in other species of vultures.

And what about the poisoning control actions?

The population projections in scenarios of reduced frequency of poisoning predicted a positive outcome for the population of Bosa. As in many other long-lived species, survival rates, particularly of adults, are the key demographic parameter that contributes most to the predicted population growth rate, and management actions should be

directed towards improving it. Several authors have highlighted the importance of mitigating this threat when developing analyses of the viability of the population in vultures. However, eradicating the illegal use of poison is neither easy nor time-efficient, and alternative measures should be implemented that act synergistically to improve survival rates to allow more time to address this threat.

When does mitigation of the human disorder affect?

The increase in reproductive rates by mitigating the threat of human disturbance at reproductive sites predicted a positive outcome for the population of Bosa at both medium and low levels. The Griffon vulture is a vulture that nests on cliffs, in colonies that can often include up to 100 pairs. Birds of prey are often sensitive to human activities around their nesting areas, which can cause abandonment of the nest and loss of chicks. Previous studies have highlighted the importance of human disorder in selecting a reef as a nesting site. The conservation measure most often used by managers and environmentalists to avoid disturbances is the creation of spatial and temporal buffer zones around potentially sensitive areas (e.g. breeding sites), where disturbing activities are limited. According to our projections, such measures would be effective in reducing the likelihood of the colony of Bosa becoming extinct.

So what are the final conclusions of all this work?

In conclusion, the results of the study showed that a very small population can compromise the effectiveness of widespread and easy-to-implement conservation measures, such as supplementary feeding and disturbance mitigation at reproductive sites. In very critical demographic situations, restocking has been more effective than other measures, because it has increased the population of Bosa even to the lowest level, i.e. with the number of birds integrated during the supply programmes carried out between 1987 - 1995 and 2018 - 2019 - 2019. Finally, poisoning has been confirmed as a serious threat to griffon vultures, and its complete removal has significantly increased growth rates even in the smallest population.



life 
SOTTO LE ALI DEL
GRIFONE
under griffon wings



LIFE14 NAT/IT/000484
LIFE UNDER GRIFFON WINGS
Implementation of best practices
to rescue Griffon vultures in Sardinia

Rivista del progetto per la conservazione del grifone in Sardegna