

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute

**Dipartimento di Biomedicina Comparata e Alimentazione
(BCA)**

Corso di Laurea magistrale a ciclo unico in
MEDICINA VETERINARIA

**Valutazione del benessere in una colonia ex-situ di
pinguini africani (*Spheniscus demersus*):
analisi del comportamento e dell'uso dello spazio**

Relatore

Prof.ssa Barbara De Mori

Correlatore

Dott.ssa Francesca Bandoli

Laureanda/o

Laura De Giorgi

Matricola n. 1128349

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

Abstract

Il pinguino africano (*Spheniscus demersus*) è una specie di uccelli altamente specializzati, inserita dal 2010 nella Red List dell'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura in quanto specie in pericolo. L'Associazione Europea di Zoo e Acquari coordina un programma di gestione e riproduzione *ex-situ* per mantenere una metapopolazione geneticamente sana in ambiente controllato, che possa fungere da riserva per le popolazioni *in-situ*. Lo scopo del presente lavoro di tesi è stato quello di valutare il benessere di una colonia *ex-situ* di 27 pinguini africani ospitata presso il Giardino Zoologico di Pistoia (Italia). Per fare ciò, si è analizzato il comportamento degli individui e l'uso che essi fanno dello spazio. Nello specifico, sono stati valutati il time budget, la varietà del repertorio comportamentale, le variazioni dei comportamenti nel corso della giornata, e l'effetto di fattori ambientali e presenza dei visitatori hanno sul comportamento. La colonia è stata osservata dal 30.09.2021 al 27.10.2021 con una media di cinque giorni di campionamento a settimana per un totale di 130 ore di videoregistrazione. I dati sono stati raccolti utilizzando il metodo instantaneous scan sampling con un intervallo di tempo di 30 minuti per un totale di 15 scan giornalieri, 6 nell'arco della mattinata e 9 nell'arco del pomeriggio (complessivamente 300 scan). I video sono poi stati analizzati tramite il lettore multimediale VLC media player. Inoltre, ogni 15 minuti sono stati registrati la temperatura dell'aria e dell'acqua, l'umidità relativa, il rumore e la presenza di visitatori presenti attorno all'area dedicata ai pinguini. L'analisi dei dati comportamentali è stata effettuata utilizzando modelli misti lineari generalizzati e calcolando l'Indice di Shannon, mentre per valutare l'utilizzo dello spazio si è calcolato lo Spread of Participation Index. È emerso che i pinguini manifestano un'ampia varietà di comportamenti specie-specifici e non è stato riscontrato alcun comportamento anomalo. Feeding, locomotion e swimming diminuiscono durante il giorno, coerentemente con quanto dimostrato in studi precedenti. I pinguini tendono ad essere più frequentemente inattivi all'aumentare del numero di visitatori e del rumore, mentre bassi livelli di umidità e di temperatura ambientale e dell'acqua favoriscono l'attività di swimming. Come atteso, i pinguini non utilizzano equamente lo spazio disponibile e gli individui anziani risultano esprimere in misura minore l'attività di locomozione. L'implementazione di arricchimenti ambientali potrebbe stimolare i soggetti della colonia ad esplorare maggiormente l'ambiente circostante e a manifestare comportamenti di gioco e di foraggiamento, aumentando nel complesso l'attività degli individui e l'utilizzo dello spazio disponibile nell'enclosure. È inoltre raccomandata l'aggiunta di vegetazione, in quanto questa può essere utile a creare delle barriere visuali e sonore, così come a isolare termicamente una determinata area e favorire una maggiore condizione di comfort dei soggetti. Infine, ridurre la pendenza del terreno all'entrata delle vasche potrebbe essere un incentivo per gli esemplari anziani a dedicare più tempo alla natazione. Lo studio mette in evidenza l'importanza di applicare un approccio integrato alla valutazione del benessere animale per ottimizzare l'esperienza di vita degli esemplari in ambiente controllato, basando la strutturazione dell'enclosure e la gestione su dati scientifici.

Indice

1.	INTRODUZIONE.....	5
1.1.	CLASSIFICAZIONE DEL PINGUINO	5
1.2.	MORFOLOGIA E FISIOLOGIA.....	11
1.3.	SPHENISCUS DEMERSUS.....	12
1.3.1.	AREALE DI DISTRIBUZIONE	12
1.3.2.	HABITAT E PARAMETRI AMBIENTALI	14
1.4.	MORFOLOGIA DELLA SPECIE	14
1.4.1.	MUTA	15
1.4.2.	RIPRODUZIONE	16
1.4.3.	ALIMENTAZIONE	17
1.4.4.	CAUSE DI ESTINZIONE	18
1.4.5.	CONSERVAZIONE IN SITU	21
1.4.6.	CONSERVAZIONE EX SITU	24
1.5.	SCOPO DEL LAVORO	25
2.	BENESSERE ANIMALE	26
2.1.	CONCETTO DI BENESSERE ANIMALE	26
2.2.	MONITORAGGIO DEL BENESSERE ANIMALE IN AMBIENTE CONTROLLATO	29
2.3.	INDICATORI DI BENESSERE	32
2.4.	BENESSERE DEL PINGUINO AFRICANO IN AMBIENTE CONTROLLATO.....	35
2.4.1.	ALLESTIMENTO DEI NIDI	37
2.4.2.	ALIMENTAZIONE	39
2.4.3.	PATOLOGIE RICORRENTI	39
3.	MATERIALI E METODI	42
3.1.	GIARDINO ZOOLOGICO DI PISTOIA	42
3.2.	ENCLOSURE PRESSO IL GZP	42
3.3.	GESTIONE DELLA COLONIA.....	44
3.4.	SOGGETTI	44
4.	RACCOLTA DATI.....	46
4.1.	ETOGRAMMA.....	47
5.	ANALISI VIDEO	58
6.	ANALISI STATISTICA.....	61
7.	RISULTATI.....	63
7.1.	TIME BUDGET E VARIETÀ DEL REPERTORIO COMPORTAMENTALE	63
7.2.	INFLUENZA DEI FATTORI AMBIENTALI E DELLA PRESENZA DEI VISITATORI SUL COMPORTAMENTO	64
7.3.	UTILIZZO DELLO SPAZIO	77
8.	DISCUSSIONE.....	80
9.	BIBLIOGRAFIA	86
10.	SITOGRAFIA	101

1. INTRODUZIONE

1.1. CLASSIFICAZIONE DEL PINGUINO

I pinguini sono uccelli altamente specializzati, appartenenti all'ordine degli Sfenisciformi (*Sphenisciformes*), che comprende un'unica famiglia, quella degli Sfeniscidi (*Spheniscidae*). Questa rappresenta la sola famiglia attualmente esistente di uccelli adattati alla vita subacquea e che (60 milioni di anni fa) hanno perso la capacità di volare.

Al giorno d'oggi sono riconosciuti all'interno della famiglia Spheniscidae 6 generi e almeno 18 specie, di cui 5 a rischio di estinzione e 6 vulnerabili. L'areale di distribuzione dei pinguini è limitato all'emisfero meridionale del globo terrestre: dai ghiacciai del mare antartico alle zone temperate dell'emisfero australe (Vianna e Fernandes, 2020).

Di seguito sono riportate le 18 specie riconosciute dall'IUCN (IUCN, 2018; del Hoyo *et al.*, 2018):

- Genere *Aptenodytes*:
 - *Aptenodytes forsteri* (GRAY, 1844) – pinguino imperatore; 112–115 cm, 19–46 kg



- *Aptenodytes patagonicus* (MILLER, 1778) – pinguino reale; 94–95 cm, 9–15 kg



Le due specie sono accomunate da un piumaggio bianco e nero, che assume una colorazione tra il giallo e il rosso ai lati della testa e nella porzione alta del petto.

Le zampe e piedi si presentano neri, il becco a due toni.

I pinguini appartenenti a questo genere sono distribuiti in Antartide e in alcuni arcipelaghi dell'emisfero australe.

- Genere *Pygoscelis*

- *Pygoscelis papua* (FORSTER, 1781) – pigoscelide comune o pinguino papua; 76–81 cm, 4,5–8,5 kg;



- *Pygoscelis adeliae* (HOMBRON e JACQUINOT, 1841) - pigoscelide di Adelia; 70–71 cm, 3,8–8,2 kg;



- *Pygoscelis antarcticus* (FORSTER, 1781) – pigoscelide antartico; 68–77 cm, 3,2–5,3 kg



Queste tre specie, oltre al classico piumaggio bianco e nero, presentano delle aree nude colorate.

Così come il genere precedente, questi pinguini sono distribuiti in Antartide e in alcuni arcipelaghi dell'emisfero australe.

- Genere *Megadyptes*

- *Megadyptes antipodes* (HOMBRON e JACQUINOT, 1841) - pinguino degli antipodi o pinguino occhi gialli; 66–76 cm, 3,6–8,9 kg



L'unica specie appartenente a questo genere è caratterizzata da piccole dimensioni, un piumaggio giallo in corrispondenza del capo e un becco di colore rosso scuro.

Il pinguino occhi gialli si può trovare in Nuova Zelanda e in alcune isole circostanti.

- Genere *Eudyptes*

- *Eudyptes pachyrhynchus* (GRAY, 1845) – eudipte beccogrosso; 55–71 cm 2,1–5,1 kg;



- *Eudyptes robustus* (OLIVER, 1953) - eudipte di Snares Island; 56–73 cm, 2,4–4,3 kg



- *Eudyptes sclateri* (BULLER, 1888) - pinguino crestato maggiore; 63–68 cm, 3–7 kg;



- *Eudyptes chrysocome* (FORSTER, 1781) - pinguino saltarocce; 51–62 cm, 2–3,8 kg



- *Eudyptes moseleyi* (MATHEWS e IREDALE, 1921) - eudipte di Moseley; 45 cm, 2.5 kg



- *Eudyptes schlegeli* (FINSCH, 1876) - eudipte della Nuova Zelanda; 73–76 cm,
3–8,1 kg;



- *Eudyptes chrysolophus* (BRANDT, 1837) - eudipte ciuffodorato; 70–71 cm,
3,1–6,6 kg



I pinguini appartenenti a questo genere sono accomunati dalla presenza del prominente piumaggio giallo sul capo. Il becco e gli occhi si presentano rosso scuro, gli arti e le zampe rosati.

Queste specie hanno un ampio areale di distribuzione, essendo diffuse in Australia, Nuova Zelanda, Sudamerica, Sudafrica e nelle isole adiacenti.

- Genere *Eudyptula*

- *Eudyptula minor* (FORSTER, 1781) - pinguino minore blu ; 40–45 cm, 0,5–2,1 kg



Rappresenta la specie più piccola di tutte, contraddistinta da un piumaggio azzurro.

È diffusa in Australia, Nuova Zelanda e isole limitrofe.

- Genere *Spheniscus*

- *Spheniscus demersus* (LINNAEUS, 1758) - pinguino del Capo o pinguino Africano; 60–70 cm, 2,1–3,7 kg



- *Spheniscus magellanicus* (FORSTER, 1781) - pinguino di Magellano; 70–76 cm, 2,3–7,8 kg



- *Spheniscus humboldti* (MEYEN, 1834) - pinguino di Humboldt; 65–70 cm, 4–4,7 kg



- *Spheniscus mendiculus* (SUNDEVALL, 1871) - pinguino delle Galapagos; 48–53 cm, 2–2,5 kg



Queste quattro specie sono caratterizzate dalla presenza di una o più bande scure sul petto e un pattern bianco e nero sul capo, con zone glabre rosate.

I pinguini appartenenti a questo genere si ritrovano in Africa australe, in Sudamerica e nell'arcipelago delle Isole Malvine.

1.2. MORFOLOGIA E FISIOLOGIA

I pinguini hanno un corpo affusolato, collo e coda corti e lunghe ali piatte. La forma del becco varia in base all'alimentazione tipica della specie (che può essere costituita da pesci o da plankton). A livello sopraorbitale si trovano delle ghiandole che permettono l'escrezione dell'eccesso di sale, fortemente concentrato nella dieta dei pinguini. Queste ghiandole sono indispensabili in quanto i pinguini soddisfano il proprio fabbisogno idrico sia tramite il consumo di cibo, sia tramite l'assunzione diretta dell'acqua salata presente nel loro *habitat* (Crissey e McGill, 1994).

Le dimensioni cambiano drasticamente seguendo la cosiddetta “regola di Bergmann”, ossia il principio per cui le specie diventano di dimensioni gradualmente maggiori man mano che ci si dirige verso le zone più fredde. Sono animali a sangue caldo, per cui il processo di termoregolazione gioca un ruolo fondamentale per la loro sopravvivenza. I loro corpi sono ricoperti da penne corte e ispide, che vanno a formare uno strato isolante, permettendo così di mantenere la temperatura corporea ottimale, che oscilla tra i 37.8 e i 38.9 °C. Queste penne si presentano progressivamente più lunghe tanto più vicino al Polo Sud vivono i

pinguini.

Diversi fattori contribuiscono all'isolamento termico dell'animale. Tra questi, la presenza di uno strato di grasso sottocutaneo e l'emissione di una sostanza oleosa da parte dell'uropigio (una ghiandola sebacea della regione caudale), che viene a sua volta distribuita grazie al becco su tutto il piumaggio. Il piumaggio specializzato, oltre a garantire isolamento e resistenza verso acqua e vento, facilita l'attività natatoria. Quest'ultima è coadiuvata dalla presenza non di ossa pneumatiche, come negli uccelli predisposti al volo, bensì di ossa solide e pesanti.

Il colore del piumaggio permette ai pinguini di mimetizzarsi durante il nuoto: guardando dall'alto un pinguino che nuota, il colore scuro del suo dorso si confonde con il fondale dell'oceano; visto dal basso, il ventre chiaro si sovrappone alla luminosità del cielo.

Una volta all'anno, dopo la stagione riproduttiva, avviene la muta del piumaggio. Durante il periodo della muta, i meccanismi di isolamento e resistenza all'acqua risultano essere scarsi, per cui il pinguino è obbligato a restare sulla terraferma fino a che il processo di muta non sia completo (Fowler et al., 2001; AZA Penguin Taxon Advisory Group, 2014)

1.3. SPHENISCUS DEMERSUS

Il Pinguino Africano è noto con varie denominazioni, tra queste “Pinguino del Capo”, “Pinguino dai piedi neri” o ancora “Jackass Penguin”, a causa delle sue vocalizzazioni che ricordano il raglio d'asino (Favaro *et al.*, 2014).

1.3.1. AREALE DI DISTRIBUZIONE

Spheniscus demersus rappresenta l'unica specie di pinguino attualmente esistente in Africa. Il range di distribuzione copre una distanza di circa 3.200 km, dalle coste della Namibia meridionale alle coste orientali del Sudafrica, comprese tra Lesotho e Swaziland. Sporadicamente sono stati avvistati individui anche più a nord, in Gabon e in Mozambico (Malbrant e Maclatchy, 1958; Shelton *et al.*, 1958; Kemper, 2015). Per cui la specie è considerata autoctona in Sudafrica, Namibia, Angola e Mozambico, mentre occasionalmente rinvenuta in Gabon e Congo (del Hoyo *et al.*, 1992).



Figura 1. Areale di distribuzione di *Spheniscus demersus* (arancione) – *iucn.org*

Il Pinguino Africano si riproduce in 28 località tra il Sudafrica e la Namibia (Kemper et al. 2007b, Crawford et al. 2013, Kemper 2015). I siti più importanti in Sudafrica sono Dassen Island, St. Croix Island, Robben Island, Bird Island (Nelson Mandela Bay), Dyer Island e le Isole Boulder (Kemper *et al.*, 2007). Negli anni '80 la specie ha colonizzato anche Stony Point, Boulder Beach e Robben island (Petersen *et al.*, 2006). I siti più rilevanti presenti in Namibia sono invece Mercury Island (Kemper *et al.*, 2007) e Neglectus Island (Roux *et al.*, 2003).

Per quanto riguarda l'areale di distribuzione in mare, questo comprende la zona della corrente del Benguela (Williams, 1995). La corrente del Benguela è la corrente oceanica di acqua fredda che va dalla costa occidentale del Sudafrica e della Namibia verso nord e nordovest, per poi confluire nella Corrente Equatoriale meridionale. Tale corrente è soggetta al fenomeno oceanografico dell'*upwelling*, per il quale il vento lungo la costa induce dei movimenti che portano alla risalita in superficie di acque fredde e ricche di nutrienti (Shannon, 1985). Questo fenomeno è base essenziale dell'elevata produttività biologica che caratterizza le acque costiere del Sudafrica, dando vita a un ecosistema marino che è tra i più ricchi del pianeta, motivo per cui questa zona è fortemente utilizzato per il foraggiamento da numerose specie (Cury *et al.*, 1989).

Il pinguino africano trascorre molto tempo in mare, soprattutto durante i viaggi di foraggiamento, nei quali può arrivare a spingersi fino a 100 km in mare aperto, sebbene normalmente gli individui rimangano entro i 20 km dalla costa (Borboroglu e Boersma,

2013).

Gli individui ritornano sulla terraferma per riprodursi, per effettuare la muta e per riposare (Hockey et al. 2005).

1.3.2. HABITAT E PARAMETRI AMBIENTALI

In natura, i pinguini africani formano colonie in vari tipi di habitat, dalle coste sabbiose alle isole rocciose ad ambienti ricchi di vegetazione sulla terraferma (Hockey *et al.*, 2005). Sulle isole sono stati registrati spostamenti fino a 1 km nell'entroterra, volti alla ricerca di siti adatti alla riproduzione (Hockey, 2001). Gli individui si riuniscono presso il sito di nidificazione per cercare un compagno o per ristabilire il legame di coppia (Borboroglu e Boersma, 2013). Storicamente il nido veniva allestito in tane scavate nella sabbia o nel guano (Hanes, 2006; Shelton *et al.*, 1984) o anche in depressioni al di sotto di rocce e cespugli (Hockey, 2001). Successivamente all'azione dell'uomo, che in passato raccoglieva il guano privando gli animali di questa risorsa, il pinguino africano si è adattato a nidificare sfruttando diverso materiale artificiale, come per esempio tubi, scatole ed edifici abbandonati (Sherley *et al.*, 2012, Pichegru, 2013, Shelton et al. 1984, Crawford *et al.* 1995). Nonostante ciò, i nidi costruiti nella sabbia o nel guano rappresentano ancora oggi quelli con le condizioni ideali per il benessere dell'animale e della prole, in quanto garantiscono un microclima costante (Lei *et al.* 2014, Tol 2015). Difatti, l'assenza di guano e un ambiente di nidificazione degradato espongono i giovani immaturi a un maggior rischio di predazione (Stokes e Boersma, 2000).

1.4. MORFOLOGIA DELLA SPECIE

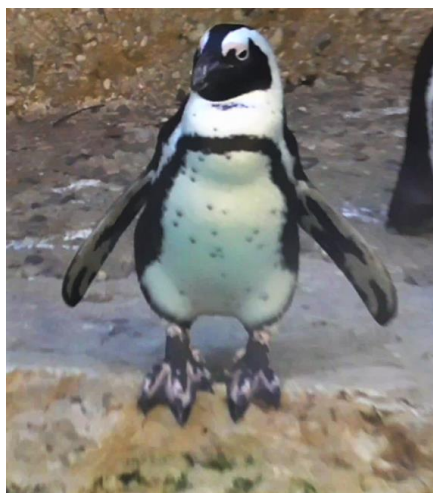


Figura 2. Esemplare maschio (Giardino zoologico di Pistoia)

Il pinguino africano ha delle dimensioni modeste, in confronto alle specie che vivono a temperature più rigide. Non si riscontra la presenza di dimorfismo sessuale.

L'adulto si presenta con un caratteristico piumaggio di colore nero e bianco. Le aree scure sono: parte frontale della testa, fino alla zona delle copritrici auricolari, stria mediana del capo, mento, gola, vertice, nuca, dorso e lato superiore delle ali. La superficie inferiore delle ali, il petto e l'addome, sono per la maggior parte bianchi, fatta eccezione per il pattern variabile e individuo-specifico di puntini neri nella zona addominale. Intorno agli occhi scuri si estendono degli anelli perioculari privi di piumaggio, che vanno fino all'attaccatura del becco e si presentano con una colorazione rosa o biancastra, a seconda della temperatura atmosferica.

In quanto appartenenti al genere *Spheniscus*, i pinguini africani hanno una banda nera che corre trasversalmente all'altezza del petto e continua lungo i lati del ventre, fino alle zampe; alcuni individui possono però avere una doppia banda nera (Del Hoyo *et al.*, 1992).

I giovani non presentano il piumaggio degli adulti bensì sono di colore grigio-bruno, che vira verso il bianco nella parte inferiore del corpo e nella parte ventrale; inoltre mancano la caratteristica banda e i puntini neri sul ventre. Gradualmente il loro piumaggio si inscurisce, raggiungendo il pattern caratteristico dell'adulto intorno al terzo anno d'età.

1.4.1. MUTA

La fase di muta riguarda tutti gli uccelli, almeno una volta durante l'anno (Newton, 2009). Questa consiste nel rinnovamento del piumaggio e spesso è un processo graduale (Ginn e Melville, 1983). Diversamente avviene nei pinguini, che vanno incontro a quella che è conosciuta come muta "catastrofica": questa rappresenta un evento unico in natura, in quanto vi è la perdita simultanea di tutto il piumaggio, che viene sostituito da quello nuovo in 13-40 giorni (Stonehouse, 1967).

L'adulto può andare incontro al processo di muta in diversi momenti dell'anno a seconda della località (Kemper *et al.*, 2008), mentre gli individui immaturi generalmente effettuano la prima muta della loro vita tra ottobre e marzo (Kemper e Roux, 2005; Crawford *et al.*, 2006b). In Sudafrica, tutti i pinguini tendono ad andare in muta in modo più o meno sincronizzato (Government Gazette, 2019).

In totale, il periodo di muta dura circa 100 giorni. La fase di pre-muta dura circa 35 giorni,

durante i quali il piumaggio si impallidisce e gli individui diventano iperfagici e aumentano il tasso di foraggiamento (Randall 1983, 1989; Otsuka *et al.*, 2000); questa fase è imprescindibile per prepararsi alla muta vera e propria, che comporterà un decremento della massa corporea pari a circa il 40% (Cooper, 1978; Randall, 1983). Durante la muta effettiva, gli animali rimangono inattivi, immergendosi solo per brevissimi periodi, per pulirsi o per bere. La fase post-muta, della durata di circa 42 giorni, è dedicata al recupero del grasso corporeo e della massa muscolare, soprattutto pettorale, che si è atrofizzata a causa della prolungata inattività (Cooper, 1978; Randall, 1983, 1989). Il periodo di ingrasso precedente la muta e quello di recupero dopo la muta sono momenti chiave per il successo del processo (Wolfaardt *et al.*, 2008; Waller 2011).

Al termine della muta, aumenta esponenzialmente il rischio di mortalità degli individui, i quali si trovano in una fase di debilitazione a causa dell'ingente investimento energetico cui sono andati incontro (Cooper, 1978; Groscolas e Cherel, 1991; Johannesen *et al.*, 2002).

1.4.2. RIPRODUZIONE

Il pinguino africano è un animale sociale che vive in colonie. Raggiunge la maturità sessuale a 4 anni, ma in cattività normalmente già all'età di 2 anni inizia la selezione del partner e si ha il primo accoppiamento (EAZA, 2016). L'accoppiamento può avvenire in qualunque momento dell'anno, con variazioni a seconda della località. Tendenzialmente, nelle zone nordoccidentali la riproduzione si verifica tra novembre e gennaio, a sud-ovest tra maggio e luglio, mentre a est avviene tra aprile e giugno (Crawford *et al.*, 2013). La stagione degli accoppiamenti nei pinguini che vivono in Europa in cattività va da agosto a maggio; si ha un primo picco di deposizione delle uova tra agosto e settembre, un secondo picco a dicembre (EAZA, 2016).

S. demersus è una specie tendenzialmente monogama, così come la maggior parte degli uccelli marini coloniali (Rowley, 1983; Cuthbert, 1985). Tuttavia, non sono infrequenti gli episodi di accoppiamento extra-coniugali, eventi dovuti anche al fatto che nelle colonie la *sex ratio* a volte è sbilanciata e può accadere che ci sia un maggior numero di individui maschi (Williams, 1996).

Ogni covata prevede generalmente due uova, la cui deposizione avviene in zone ombreggiate, come tane scavate nella sabbia o nel guano, o ancora nelle insenature tra le rocce (Eggleton e Siegfried, 1979; Shelton *et al.*, 1984; Kemper *et al.*, 2007d). Al giorno d'oggi, a causa di una diminuzione del guano nelle colonie, la nidificazione in aree aperte è sempre più comune (Kemper *et al.* 2007b; Sherley *et al.*, 2012; Pichegru 2013). In alcune

zone, i nidi sono stati edificati perfino utilizzando tubi e scatole, così come anche la vegetazione secca è diventata una fonte di riparo molto utilizzata (Kemper et al., 2007a; Sherley et al., 2012; Pichegru 2013).

La deposizione delle uova da parte della femmina dura circa 3 giorni (Williams, 1981; William e Cooper, 1984). L'incubazione viene portata avanti da entrambi i genitori e dura 38-41 giorni (Rand, 1960; Williams e Cooper, 1984; Randall, 1989).

I pinguini adulti presentano sul ventre uno strato di pelle priva di piume, la cosiddetta "placca incubatrice", che permette di trasmettere il calore e quindi scaldare in modo più efficace le uova durante l'incubazione (Cooper, 1977; Shannon e Crawford, 1999; Crawford et al., 2006, Crawford et al., 2008) .

Le uova schiudono in modo asincrono, dando luce a pulli di circa 70 grammi, ciechi e ricoperti di un piumino grigio-bruno (Williams e Cooper, 1984). I nuovi nati vengono accuditi dai genitori fino a circa 30 - 40 giorni dalla schiusa, dopodiché acquisiscono maggiore indipendenza e possono talvolta unirsi ai coetanei di altre nidiate per formare gruppi (*crèches*) di una ventina di individui (Erasmus e Smith, 1974; Seddon e Van Heezik, 1993). Queste aggregazioni hanno lo scopo di proteggere gli individui dal freddo e dalle aggressioni, non solo da parte dei predatori, ma anche dagli adulti della colonia (Seddon e Van Heezik, 1993).

1.4.3. ALIMENTAZIONE

I pinguini africani sono predatori pelagici piscivori e hanno un ruolo imprescindibile nella catena trofica degli oceani (Underhill e Crawford, 2005).

Gli adulti si nutrono di varie specie di pesce di dimensioni comprese tra 50 e 120 mm (del Hoyo et al., 1992). Tra queste vi sono le acciughe (*Engraulis capensis*), i gobidi (*Sufflogobius bibarbatus*), le sardine (*Sardinops sagax*) e le aringhe (*Etrumeus teres*) (Crawford et al., 1985; del Hoyo et al., 1992); in alcune località, entrano a far parte della dieta degli adulti anche i cefalopodi, come piccoli molluschi e crostacei (Crawford et al., 1985). Gli individui giovani, diversamente, tendono a cibarsi di larve di pesce (Hockey, 2001). Per quanto riguarda i pulcini appena nati, invece, essi si nutrono del cibo che viene rigurgitato dal proprio genitore; tale alimento si presenta tendenzialmente acquoso nelle prime fasi di vita dell'animale e diventa gradualmente più umido e pastoso man mano che l'individuo cresce (EAZA, 2016).

La quantità di pesce ingerita da un individuo varia in base alle dimensioni corporee dell'animale; nel dettaglio, si stima un consumo giornaliero di cibo pari a circa il 10-14%

delle dimensioni corporee.

In natura, i pinguini africani trascorrono dei periodi senza alimentarsi, a digiuno. Questi periodi corrispondono al momento della muta e all'incubazione. La loro sopravvivenza in queste fasi è garantita dalla riserva energetica, costituita dallo strato di grasso sottocutaneo di cui sono provvisti. Per cui più un individuo è provvisto di riserve adipose, più a lungo potrà resistere a un periodo di digiuno (EAZA, 2016).

Gli adulti hanno la tendenza a predare da soli, in coppia o delle volte in gruppi fino ai 150 individui (Wilson *et al.*, 1986; Kemper *et al.*, 2007b; Ryan *et al.*, 2012). L'olfatto e la vista sono sensi fondamentali utilizzati dall'individuo per la predazione (Wright, 2011; van Eeden *et al.*, 2016).

Il pinguino africano è molto sensibile ai cambiamenti dell'ecosistema ed è vulnerabile a minacce di varia natura presenti nelle acque e sulla terraferma (Croxall, 1992), per questo motivo sono effettuati degli studi sulle colonie *in situ* per trarne informazioni utili al fine di monitorare i cambiamenti degli ecosistemi e la gestione delle risorse ittiche (Cochrane, 2007).

All'interno dell'ecosistema marino il pinguino africano non ha esclusivamente il ruolo di predatore, ma anche di preda. Sia gli adulti, sia i giovani, come anche le uova, possono essere predati da numerosi organismi acquatici e terrestri, come lo squalo bianco (*Carcharodon carcharias*), il serpente talpa (*Pseudopsis cana*), lo zafferano meridionale (*Larus dominicanus*), il pellicano bianco (*Pelecanus onocrotalus*), l'otaria orsina (*Arctocephalus pusillus*), l'orca (*Orcinus orca*), il leopardo (*Panthera pardus*) e il gatto domestico (*Felis catus*).

1.4.4. CAUSE DI ESTINZIONE

Nel 1948 è stata fondata l'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN, *International Union for Conservation of Nature*). Questo ente ha il fine di supportare la comunità internazionale in tema ambientale, svolgendo un ruolo di coordinamento e di scambio di informazioni fra i membri (oggi più di 1000 organizzazioni, tra stati, agenzie governative, agenzie non governative e organizzazioni internazionali).

Nello stesso anno è stata istituita la IUCN *Red List of Threatened Species*, ovvero la lista rossa delle specie minacciate; questa rappresenta il più completo inventario delle specie a rischio di estinzione a livello globale. A partire dal 1994 è stato stabilito uno standard mondiale per cui le valutazioni che vengono effettuate sono tutte basate su un sistema rigoroso di categorie e criteri scientifici. Questi criteri sono applicabili a tutte le specie

viventi (a eccezione dei microorganismi) per la valutazione del rischio di estinzione. Sono quindi state delineate delle categorie di rischio basate sui dati che si hanno riguardo la popolazione:

- **EX** (*extinct*): l'ultimo individuo della specie è deceduto, la specie non è più presente in natura.
- **EW** (*extinct in the wild*): una specie sopravvive solo in zoo o presso altri sistemi di mantenimento in cattività.
- **CR** (*critically endangered*): la popolazione di una specie è diminuita del 90% nel corso di dieci anni oppure il suo areale si è ristretto sotto i 100 km² oppure il numero di individui riproduttivi è inferiore a 25.
- **EN** (*endangered*): la popolazione di una specie è diminuita del 70% nel corso di dieci anni oppure quando il suo areale si è ristretto sotto i 5.000 km² oppure il numero di individui riproduttivi è inferiore a 2.500.
- **VU** (*vulnerable*): la popolazione di una specie è diminuita del 50% nel corso dieci anni oppure il suo areale si è ristretto sotto i 20.000 km² oppure il numero di individui riproduttivi è inferiore a 10.000.
- **NT** (*near threatened*): i suoi valori non corrispondono esattamente alle categorie precedenti, ma vi si avvicinano.
- **LC** (*least concern*): i suoi valori non riflettono in alcun modo una delle descrizioni di cui sopra, si tratta di specie abbondanti e diffuse.
- **DD** (*data deficient*): non esistono dati sufficienti per valutare lo stato di conservazione della specie.
- **NE** (*not evaluated*): specie non valutata.

Nel 1988 *S. demersus* è stato inserito nella lista rossa della IUCN in quanto specie “minacciata”; successivamente, nel 2000, il suo status è stato modificato da “minacciata” a “vulnerabile”; dal 2010 è invece classificata come “in pericolo”.

Questa *escalation* rappresenta un campanello d'allarme che sottolinea il forte rischio di estinzione in natura della specie. In Namibia il numero di coppie è passato da 12.162 nel 1978 a 5.800 coppie nel 2015; in Sud Africa nel 1978 si contavano 70.000 coppie, nel 2015 ne sono state registrate 19.300. Il *trend* demografico della popolazione attualmente è negativo e non mostra segni di inversione. Il numero dei pinguini africani è diminuito più del 50% (Borboroglu e Boersma, 2013).

Numerosi i fattori contribuiscono al decremento della numerosità della specie. Tra le cause principali, si annovera la raccolta delle uova da parte dell'uomo a scopo di alimentazione (che viene ancora praticata in alcune località, nonostante sia stata bandita nel 1967) e la raccolta di guano per l'industria dei fertilizzanti. Il guano rappresenta una risorsa fondamentale per il pinguino africano, che lo utilizza principalmente per scavare nidi, soprattutto in zone rocciose e con scarsa vegetazione, dove altrimenti sarebbe pressoché impossibile offrire protezione alle uova e ai piccoli. La privazione del guano ha forzato i pinguini a cambiare il luogo di nidificazione e spostarsi quindi dalla costa verso l'entroterra, nidificando a livello del suolo. Di conseguenza, vi è una maggior esposizione dei nidi allo stress termico, agli allagamenti (che portano all'abbandono del nido) e alla predazione (Hockey *et al.*, 2005).

Diversi studi hanno dimostrato che un'altra causa della riduzione della popolazione del pinguino africano è rappresentata dalla diminuzione e scarsità delle risorse alimentari (Crawford, 2008, 2011), dovuta alla pesca commerciale intensiva effettuata con reti di circuizione. Tale industria ha portato alla depredazione degli *stock* ittici ed a un cambiamento nella distribuzione delle prede del pinguino (Crawford *et al.*, 2011). Per cui, oltre alla pesca intensiva e all'esaurimento delle risorse, un'ulteriore minaccia è costituita dallo spostamento della distribuzione dei banchi dei pesci predati. A quest'ultimo contribuiscono inoltre le variazioni climatiche che stanno avendo luogo negli ultimi anni (Borboroglu e Boersma, 2013).

È stato dimostrato come l'abbondanza delle specie predate dal pinguino africano influenzi il successo riproduttivo della specie. Di conseguenza, in casi di scarsità di risorsa trofica, il successo riproduttivo ne risente e può risultare troppo basso per mantenere la popolazione in equilibrio (Crawford *et al.*, 2006). È stato osservato che una delle cause dell'abbandono dei nidi presso Dyer Island nel 1991 è stata proprio la carenza di cibo (Crawford e Dyer, 1994). Se ne deduce che è necessario riflettere e apportare delle modifiche nella gestione della pesca commerciale, al fine di ridurre il suo impatto sul numero di pinguini. Per questa ragione, in alcune aree sono stati effettuati degli interventi di contenimento della pesca intensiva, quali la riduzione dello sforzo di cattura dei pescherecci (Pichegru *et al.*, 2010) e l'instaurazione di zone di divieto di pesce. Tali misure hanno condotto a un aumento nel tasso di sopravvivenza ed a un miglioramento delle condizioni generali dei pulcini nelle colonie interessate (Sherley *et al.*, 2015; Sherley 2016).

Un altro fattore che gioca un ruolo importante nel declino della popolazione di pinguini è il disturbo antropico: le coste del Sud Africa e della Namibia sono mete turistiche e la presenza di un elevato numero di visitatori porta al dissesto dei nidi e scoraggia l'accoppiamento

degli individui. Nelle zone di nidificazione sono stati quindi creati dei percorsi e camminamenti per non disturbare gli animali (Borboroglu e Boersma, 2013).

Anche la predazione da parte di cani o gatti e predatori naturali, quali otarie del Capo e squali, può avere un impatto significativo sulle colonie: attraverso studi effettuati a Dyer Island tra il 1995 e il 1996 è stato osservato come nel corso di un anno l'8,7% dei pinguini siano stati predati dalle otarie (Marks *et al.*, 1997).

Oggi l'inquinamento cronico da sostanze oleose (il cui rilascio è dovuto al lavaggio illegale delle cisterne petrolifere in mare) è considerato la principale minaccia alla sopravvivenza del pinguino africano (Crawford *et al.*, 2015). In particolare giocano un ruolo allarmante gli sversamenti di petrolio, una sostanza estremamente dannosa per gli animali. Il petrolio causa la divisione delle penne, portando alla perdita delle proprietà isolanti del piumaggio e impedendo così un'adeguata termoregolazione, soprattutto in ambiente marino, causando conseguentemente fenomeni di ipotermia in acque con temperature inferiori a 20°C (Erasmus *et al.*, 1981). Oltretutto, durante le operazioni di pulizia del piumaggio, gli individui rischiano di ingerire il petrolio, con conseguente avvelenamento dell'animale e insorgenza di ulcere nella bocca, nell'esofago e nello stomaco, oltre che possibile cecità e proliferazione di batteri, anemia ed abbassamento delle difese immunitarie. Tutto ciò rende i soggetti più vulnerabili a una serie di patologie, tra le quali l'aspergillosi (un'infezione fungina che colpisce i polmoni) e la polmonite (Kerley *et al.*, 1987b; Barham *et al.*, 2007). Diversi sversamenti di petrolio hanno colpito nel tempo le popolazioni, ma quello più grave è avvenuto il 23 giugno 2000, quando il cargo *Treasure* è affondato nei pressi delle isole di Dassen e Robben, aree che ospitano siti di nidificazione di fondamentale importanza, causando la morte di 19.000 individui (Wolfaardt *et al.*, 2001). In seguito a questo incidente è stata effettuata un'imponente operazione di salvataggio coordinata da *Southern African Foundation for the Conservation of Coastal Birds* (SANCCOB), la principale organizzazione responsabile della conservazione in-situ degli uccelli marini sudafricani (per maggiori dettagli, si veda il paragrafo successivo), *International Fund for Animal Welfare* (IFAW) e *International Bird Rescue Research Center* (IBRRC) (Wolfaardt *et al.*, 2001). Gli animali sono stati repentinamente catturati e trasferiti in un centro di riabilitazione, nel quale sono stati puliti ed è stato monitorato il loro stato di salute, mentre altri individui sono stati evacuati in zone lontane dal percorso della marea nera. Il tasso di sopravvivenza dei pinguini riabilitati e rilasciati in natura è dell'80% (Borboroglu e Boersma, 2013).

1.4.5. CONSERVAZIONE IN SITU

Gli interventi di conservazione nell'*habitat* naturale sono definiti come attività di conservazione "*in situ*" (UN, 1992). Per fare ciò, si mettono a punto dei piani gestionali finalizzati alla salvaguardia dell'integrità dell'*habitat* e dell'ecosistema, istituendo delle vere e proprie aree protette (Petretti, 2003).

I trend demografici del pinguino africano sono accuratamente e regolarmente monitorati in tutte le colonie. Attualmente, la specie *Spheniscus demersus* è inserita nell'appendice II della *Convention on International Trade of Endangered Species* (C.I.T.E.S), nell'appendice II della *Convention on the Conservation of the Migratory Species* (CMS) (1979) e nell'*US Endangered Species Act*, redatto dall'U.S. Fish and Wildlife Service nel 1973 (IUCN, 2018; Crawford *et al.*, 2013).

Nel 2009 è stata istituita l'*Area Marina protetta delle Isole Namibiane* (NIMPA) nella parte meridionale del Paese, mettendo sotto tutela 10.000 chilometri quadrati di oceano. È un'area che include tutte le località di nidificazione del pinguino africano presenti nelle zone cruciali per il foraggiamento (Currie *et al.*, 2009; Ludynia *et al.*, 2012).

Dal 2013 in Sudafrica è in vigore l'*African Penguin Biodiversity Management Plan*, un piano volto a regolare i provvedimenti per la prevenzione e conservazione della specie *in situ*. Nel territorio sudafricano, sono ancora oggi in corso delle trattative per instaurare nuove aree marine protette, in zone che comprenderebbero anche l'areale di altri uccelli marini.

La raccolta del guano e delle uova sono attività severamente proibite in tutte le colonie (Harrison *et al.*, 1997; Currie *et al.*, 2009).

Oggi molteplici ricerche si concentrano sul realizzare modelli di nidi artificiali con un design ottimale, per sopperire alla perdita di *habitat* idonei alla nidificazione. In molte colonie sono stati introdotti dei nidi artificiali composti di vetroresina o cemento. Il loro utilizzo in alcune circostanze ha dato esiti positivi, portando a un aumento del successo riproduttivo (Kemper *et al.*, 2007a; Sherley *et al.*, 2012). In altre aree, lo stesso modello di nido non ha apportato i miglioramenti sperati (Pichegru, 2013; Lei *et al.*, 2014).

In Sud Africa è in atto un progetto di ricerca che studia il potenziale impatto positivo della delimitazione di piccole aree marine "no-take", vale a dire zone in cui vi è il divieto di pesca in prossimità delle colonie.

Inoltre, le tecniche di marcatura, di GPS e di trasmissione via satellite, oggi permettono di indagare i comportamenti di foraggiamento degli individui (Sherley *et al.*, 2013b). Altri studi sono concentrati sul tasso di sopravvivenza dei pulcini in condizioni differenti. Per esempio, è stato dimostrato che i pulcini allevati a mano hanno una probabilità di sopravvivenza simile a quella dei pulcini cresciuti allo stato selvatico (Sherley *et al.*, 2014b).

Sono state introdotte varie misure per ridurre la predazione delle uova, dei pulcini e degli individui adulti (Makhado *et al.*, 2013; Pichegru, 2013). Negli ultimi anni, per monitorare la sopravvivenza e il reclutamento delle colonie, è stato messo a punto un programma nazionale sudafricano di cattura-marcatura-ricattura (IUCN, 2018). Tale programma prevede l'utilizzo di *transponders* passivi integrati, ricetrasmittitori non invasivi con microchip, privi di batteria, capaci di immagazzinare e trasmettere dati grazie a radio frequenze.

Come riportato nel paragrafo precedente, la maggior parte degli interventi sono gestiti localmente da un'organizzazione non-profit, nata nel 1968: la *Southern African Foundation for the Conservation of Coastal Birds* (SANCCOB). La SANCCOB è riconosciuta a livello internazionale, è un membro dell'IUCN e intrattiene a livello mondiale varie collaborazioni con numerose associazioni. Tra queste, rientrano la *World Association of Zoos and Aquariums* (WAZA) e la *European Association of Zoos and Aquaria* (EAZA).

A livello locale, la SANCCOB ha il compito di contrastare il declino delle popolazioni degli uccelli marini. Per fare ciò, l'ente si occupa di allevare a mano i pulcini e di recuperare gli esemplari feriti, malati o in pericolo (per esempio, ricoperti di materiale oleoso), per riabilitarli e successivamente rilasciarli in natura.

In un anno la SANCCOB recupera in media 2.500 uccelli marini, di cui 1.500 sono pinguini africani (dati relativi ad annate prive di avvenimenti catastrofici, come sversamenti petroliferi). Nel Novembre 2018 è stato edificato, ad opera dell'associazione, un ospedale interamente dedicato alla riabilitazione degli uccelli marini.

Inoltre, la SANCOOB si è impegnata, in collaborazione con *BirdLife South Africa* e *CapeNature*, a creare una nuova colonia di pinguini africani nella riserva De Hoop, rilasciando più di 100 esemplari a partire dal 2021.

Oltre a ciò, l'organizzazione è attivamente coinvolta nella ricerca scientifica e nell'educazione, rivolta sia ai volontari, che si occuperanno del recupero degli esemplari sul campo, sia al pubblico, con l'obiettivo di infondere nelle persone una maggiore consapevolezza relativa alle specie in pericolo e all'ecosistema marino (SANCCOB, 2018).

Per quanto concerne gli interventi futuri, l'*African Penguin Biodiversity Management Plan* (2013) continua a dettare le linee guida d'azione per la conservazione. Il piano viene periodicamente aggiornato e tra le nuove azioni proposte, come riportato dalla *Birdlife International* e dalla IUCN (2018), ci sono:

- garantire la disponibilità di prede ai pinguini durante la stagione riproduttiva e non;
- incitare una migliore gestione spaziale delle attività di pesca pelagica;
- investigare l'opportunità e la fattibilità di sviluppo di nuovi progetti di ricerca

e strategie per effettuare degli spostamenti locali di esemplari, fondando così nuove colonie o ripopolando vecchie aree di riproduzione qualora siano presenti fonti di cibo abbondanti e costanti nel tempo;

- migliorare gli interventi in risposta a catastrofi quali sversamenti di petrolio, malattie o incendi;
- stabilire degli standard minimi per i progetti e le strutture di riabilitazione;
- aumentare il numero di pinguini nelle popolazioni attraverso interventi mirati nei confronti di colonie esistenti in declino, nei casi in cui le motivazioni di questo crollo possono essere individuate.

1.4.6. CONSERVAZIONE EX SITU

In passato si riteneva che l'ideale fosse agire attraverso la conservazione *in situ*, ma questa non è sempre attuabile, soprattutto considerando gli effetti devastanti che l'impatto umano sta avendo sul globo negli ultimi anni, portando a un drastico declino della numerosità di molte specie animali. Questo ha reso indispensabile la conservazione integrata, promossa da EAZA tramite l'approccio *One Plan*, che ritiene zoo e acquari una colonna portante ai fini della salvaguardia delle specie. Al giorno d'oggi è quindi necessario – soprattutto per le specie più a rischio – ricorrere alla gestione al di fuori dell'habitat naturale. Zoo e acquari contribuiscono alla tutela delle specie a rischio di estinzione, sia attraverso il supporto dei progetti di protezione nei paesi di origine sia tramite programmi di riproduzione *ex situ*. Zoo e acquari sono presenti da 200 anni, ma solo negli ultimi decenni si sono evoluti in “centri di conservazione”. Queste strutture, tra cui anche il Giardino Zoologico di Pistoia, finanziano le attività *in situ* della SANCCOB.

Nel 1992 si è svolta la prima conferenza mondiale sull'ambiente, *Earth Summit*, durante la quale venne riconosciuto il potenziale contributo degli zoo per la salvaguardia della biodiversità, oltre che l'importanza dell'*ex-situ breeding*. Durante la stessa conferenza, vennero prese decisioni determinanti sulla gestione degli zoo, da allora considerati strumenti chiave per la conservazione della specie.

Dal 1946 strutture zoologiche e acquari di tutto il mondo si sono riuniti formando un'organizzazione globale chiamata IUDZG (*International Union of Directors of Zoological Gardens*). Questa nel 2000 è stata rinominata WAZA (*World Association of Zoos and Aquariums*) e rappresenta l'organizzazione in carico di gestire la conservazione della biodiversità a livello globale. La WAZA regola gli standard che i membri (più di 300) si impegnano a soddisfare al fine di realizzare la conservazione delle specie, agisce

coordinando e supportando zoo, acquari ed enti affini per promuovere la cura e il benessere degli animali, l'educazione ambientale e la conservazione delle specie, *ex situ* ed *in situ*.

Quest'ente ha prodotto nel corso degli anni tre importanti documenti relativi alle strategie di gestione degli animali in ambiente controllato: il primo di questi è il *World Zoo Conservation Strategy* (WZCS, 1993); il secondo è il *World Zoo and Aquarium Conservation Strategy* (WZACS, 2005); il più recente, che si intitola *Turning the Tide*, risale al 2009 e riguarda più specificamente gli acquari (Hosey *et al.*, 2009).

A livello europeo il *management* delle specie in ambiente controllato è affidato all'EAZA (*European Association of Zoos and Aquaria*), nata nel 1988, che coordina programmi di gestione della specie (*European Ex-Situ Programme* - EEP) e di cui fanno parte 32 paesi. Attualmente negli zoo e acquari membri EAZA sono presenti 2163 esemplari di pinguino africano in 65 istituzioni accreditate (Species360, 2023).

1.5. SCOPO DEL LAVORO

Lo scopo del presente lavoro di tesi è stato quello di monitorare il benessere di una colonia ex-situ di 27 pinguini africani (*Spheniscus demersus*), ospitata presso il Giardino Zoologico di Pistoia (Italia). Per fare ciò, si è analizzato il pattern comportamentale espresso dagli individui nel corso della giornata e l'uso che essi fanno dello spazio.

Nello specifico, lo studio si è incentrato sull'analisi di:

- time budget
- varietà del repertorio comportamentale
- variazioni dei comportamenti nel corso della giornata
- effetto che i fattori ambientali e la presenza dei visitatori hanno sull'espressione dei diversi comportamenti
- potenziali differenze comportamentali tra i sessi (maschi e femmine) e tra le classi di età (giovani, adulti, anziani)
- uso dello spazio

L'analisi è finalizzata a monitorare la presenza di comportamenti specie-specifici indici di benessere positivo, individuare eventuali comportamenti anomali e investigare l'effetto integrato di parametri ambientali e presenza dei visitatori. I risultati ottenuti saranno utilizzati per sviluppare un piano di azione per apportare modifiche alla gestione della colonia al fine di incrementarne il livello di benessere.

2. BENESSERE ANIMALE

2.1. CONCETTO DI BENESSERE ANIMALE

Quando si introduce il concetto di benessere animale, si approccia un tema controverso, la cui effettiva definizione è in evoluzione continua. La progressiva preoccupazione per la qualità di vita degli animali, sia da parte della comunità scientifica sia da parte del pubblico, ha portato alle prime ricerche scientifiche al riguardo (Fraser, 1997). Negli ultimi decenni la tematica del benessere è diventata gradualmente sempre più rilevante all'interno della comunità scientifica, ma nonostante ciò non si è ancora arrivati a concordare su un'unica e condivisa definizione di "benessere animale" e di come questo debba essere misurato.

Generalmente si utilizza l'espressione "benessere animale" per descrivere uno stato di assenza di sofferenza o delle sue componenti, quali dolore, stress ed ansia (Mellor e Reid, 1994). Questa è una caratteristica intrinseca propria di ogni individuo, è misurabile e il range può variare da uno stato di benessere molto buono ad uno stato di benessere molto scarso. Questo stato viene influenzato da una serie di fattori, tra i quali, per esempio, anche dalle difficoltà che l'animale può riscontrare nell'affrontare una determinata situazione (Broom, 1991).

Tendenzialmente la comunità scientifica concorda sul fatto che un animale in un buono stato di benessere sarà sano, ben nutrito, al sicuro e in grado di esprimere il proprio comportamento innato. Dato ciò, ne consegue che, in un ambiente controllato, il mantenimento o raggiungimento di tale stato sarà garantito, tra le varie cose, da *enclosure* appropriate, nutrizione adeguata e un corretto maneggiamento da parte dei *keeper* (Pinillos *et al*, 2016).

Al giorno d'oggi si ritiene che per valutare il benessere dell'individuo bisogna considerare non solo se l'animale riesce a condurre una vita naturale, ma anche come si sente e se è rispettato il suo corretto equilibrio a livello biologico (Brando e Buchanan-Smith, 2017).

Al contrario, la sofferenza si verifica quando un animale non è capace, attraverso delle azioni specifiche, di eliminare le cause di quelle sensazioni spiacevoli che costituiscono un rischio alla sopravvivenza o alla riproduzione del soggetto (Dawkins, 1990). Quindi, per la valutazione del benessere di un animale, si considerano naturalmente sintomi clinici di dolore, presenza di lesioni e di patologie, ma anche tutte quelle risposte comportamentali e fisiologiche misurabili, che contribuiscono a determinare il benessere del soggetto (Broom, 1991).

La questione del benessere animale ha raggiunto la società occidentale nel 1965,

successivamente alla pubblicazione del *Brambell Report*. Questo è un rapporto commissionato dal governo inglese e ispirato al libro *Animal Machines*, scritto da Ruth Harrison nel 1964, il quale sollevava per la prima volta la tematica delle condizioni di vita degli animali negli allevamenti intensivi. Il *Brambell Report* è un testo di oltre ottanta pagine riportante le cinque libertà essenziali da garantire ad un animale tenuto in cattività.

Nel 1979, tali principi vennero rielaborati dal British Farm Animal Welfare Council, che codificò le cinque libertà nel seguente modo:

1. libertà dalla sete, dalla fame e dalla malnutrizione, dando libero accesso ad acqua fresca e ad un regime alimentare che garantisca salute e vigore;
2. libertà dalla scomodità, fornendo degli ambienti adeguati, comprendenti rifugi e aree di riposo confortevoli;
3. libertà dal dolore, da ferite, traumi e malattie, attraverso la prevenzione, diagnosi rapide e cure tempestive;
4. libertà dalla paura e dallo stress, garantendo condizioni e trattamenti che non comportino sofferenza mentale;
5. libertà di esprimere i normali comportamenti, assicurando agli animali spazio sufficiente, locali idonei e la compagnia dei conspecifici.

Dunque, le esperienze negative nominate nelle Cinque Libertà, quali sete, fame, malattia e dolore, sono aspetti della vita degli animali che possono essere neutralizzati temporaneamente, ma non devono essere eliminati, in quanto sono essenziali per suscitare i comportamenti che sono alla base della loro stessa sopravvivenza.

Difatti, ciascuna di queste esperienze è un elemento geneticamente radicato, che sprona l'individuo a comportarsi in un determinato modo, al fine di ottenere risorse per il sostentamento, di evitare danni fisici e di facilitare il recupero dalle malattie. È la loro stessa accezione negativa che crea nell'animale un senso di urgenza a rispondere, meccanismo senza il quale l'individuo non potrebbe sopravvivere (Mellor, 2016). Le cinque libertà descrivono quindi un'utopia, non raggiungibile né attuabile nella pratica (Webster, 2005).

Questi cinque punti sono stati adottati da organismi internazionali come la *World Organization for Animal Health* e la *Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals*. Nel tempo sono stati ripresi e migliorati, come nel caso del *Welfare Quality project*, un insieme di protocolli di valutazione creato per monitorare degli animali di allevamento (McCulloch, 2013).

Tra i modelli più accreditati rientra il *Five Domains Model*. L'obiettivo del modello è quello di creare uno strumento strutturato e coerente grazie al quale valutare il benessere di un soggetto, attraverso cinque macroaree fondamentali ideate per garantire un'analisi ottimale. Questi domini non possono essere considerati come insiemi separati, in quanto un evento può andare ad influenzare altri fattori contenuti in domini differenti (Mellor *et al.*, 2020).

Il modello è stato ripreso e modificato varie volte negli anni successivi, fino al raggiungimento dell'ultima stesura, risalente al 2020; lo scopo di questi aggiornamenti era quello di integrare nuove conoscenze riguardo all'interazione tra i meccanismi fisiologici ed esperienze soggettive dell'individuo, con la finalità di migliorare ulteriormente l'approccio al benessere animale, soprattutto per quanto concerne i soggetti mantenuti in ambiente controllato (Mellor *et al.*, 2020).

I cinque domini originariamente proposti dal modello sono i seguenti: nutrizione, ambiente, salute, comportamento e stato mentale. Nell'ultimo aggiornamento, il secondo e il quarto dominio sono stati rivisitati, diventando rispettivamente ambiente fisico ed interazioni comportamentali.

Per quanto riguarda i primi tre domini, è possibile indagare gli sbilanciamenti interni all'animale causati da motivi nutrizionali, ambientali o medici; il quarto dominio è finalizzato ad analizzare come l'isolamento o le interazioni con altri animali (incluso quelle con l'uomo) possano avere un impatto sul comportamento del soggetto analizzato. Tutti i dati derivanti dall'analisi dei primi quattro domini vengono poi integrati nel quinto dominio, il quale permette di comprendere e definire se lo stato di malessere dell'individuo è legato o meno ai risultati degli altri domini. Quando si parla di benessere animale, ciò che conta è l'esperienza soggettiva, data dall'integrazione dei funzionamenti biologici con le esperienze "affettive"; per questo l'introduzione del dominio dello stato mentale ha costituito un progresso fondamentale (Mellor *et al.*, 2020).

Un'altra novità di questo modello è stata quella di prendere per la prima volta in considerazione le esperienze positive per la valutazione del benessere animale. Nel passato si erano sempre e solo considerati i fattori causanti sofferenza; tuttavia, per garantire all'individuo una vita degna di essere vissuta ("a life worth living") è necessario non solo eliminare o mitigare le situazioni negative, ma anche introdurre quelle positive (FAWC, 2009). Per cui, alla luce delle scoperte più recenti, si è compresa l'urgenza non solo di minimizzare le esperienze negative, ma anche di promuovere quelle positive (Fraser, 2008). Una corretta gestione degli animali, volta a massimizzarne il benessere, dovrebbe quindi puntare a ridurre l'intensità delle sensazioni negative correlate all'istinto stesso di sopravvivenza a livelli tollerabili, che comunque siano in grado di far scaturire

all'occorrenza i comportamenti tipici della specie, e contemporaneamente fornire agli animali l'opportunità di comportarsi secondo modalità per loro gratificanti, affinché il bilancio delle loro esperienze sia a favore di quelle positive (Mellor, 2016)

Tale modello non è specie-specifico e per questo dovrebbe essere utilizzato come linea guida durante la valutazione (Mellor *et al.*, 2020).

Di particolare interesse è il quarto dominio dell'elaborato, ovvero quello delle interazioni tra il soggetto e altri animali, uomo incluso. Il focus principale di questo punto è quello di andare ad analizzare l'aumento o la diminuzione di determinati pattern comportamentali quando l'animale interagisce con l'ambiente, con l'uomo e con altri animali (Mellor *et al.*, 2020). Riguardo le interazioni uomo-animale, si va ad analizzare l'impatto della presenza e dei comportamenti di un essere umano sulle risposte comportamentali dell'animale; si è visto che il grado di impatto di tale interazione è influenzato dalle conoscenze e dalle abilità della persona coinvolta, ma anche dalle esperienze passate dell'animale (Mellor *et al.*, 2020). Relativamente a questo ultimo punto, vi è una sostanziale differenza tra interazione uomo-animale e relazione uomo-animale. L'interazione coinvolge due o più soggetti espletanti un comportamento e il seguente apprendimento reciproco che ne origina, ovvero ciascun individuo apprenderà qualcosa da ogni interazione che affronta (Hosey e Melfi, 2019). Ogni volta che il soggetto si confronta con il medesimo individuo metterà in atto un comportamento leggermente differente basandosi su ciò che ha appreso, e se tali incontri perdureranno nel tempo, le parti coinvolte potranno anticipare la risposta dell'altro a un'azione, creando quella che viene definita una relazione (Hinde, 1976). Applicando questo concetto agli animali degli zoo, si può presumere che le interazioni con il pubblico e con lo staff abbiano permesso agli animali di generalizzare le aspettative su quali comportamenti possano essere messi in atto dall'essere umano, rendendoli in grado di avere una reazione rapida ai diversi comportamenti (Hosey, 2008). La qualità della relazione tra un animale e un essere umano dipende pertanto dalla somma delle qualità di tutte le varie interazioni avute nel corso del tempo. Questo significa che interazioni positive porteranno a relazioni positive. A sua volta, la qualità di un'interazione non si basa esclusivamente sull'interazione in sé, ma anche sulle precedenti esperienze delle parti coinvolte e sulle percezioni avute durante lo scambio (Hosey e Melfi, 2019).

2.2. MONITORAGGIO DEL BENESSERE ANIMALE IN AMBIENTE CONTROLLATO

Nel corso del tempo sono stati individuati due approcci per la valutazione del benessere animale nel contesto degli zoo, entrambi sono validi, ma molto differenti tra loro. Questi sono il *resource-based* e l'*animal-based approach*.

Il primo consiste nel monitoraggio di tutte quelle risorse essenziali alla sopravvivenza dell'animale, sottolineando l'importanza della relazione tra benessere animale e qualità delle risorse fornitegli, che sono direttamente proporzionali; diversamente, l'approccio *animal-based* prevede la valutazione diretta della condizione fisica, dello stato fisiologico e del comportamento, e va a considerare anche la variabilità individuale data dal temperamento e dalle interazioni tra pattern genetico e ambiente (Sherwen *et al.* 2018).

Negli anni sono stati ideati numerosi strumenti per il monitoraggio degli animali ospitati dalle strutture zoologiche, tra cui il *WelfareTrak*®, uno strumento di misurazione online creato dalla Chicago Zoological Society. Grazie a questo sistema, i keeper hanno la possibilità di completare settimanalmente dei questionari specie-specifici, con l'obiettivo di ottenere un monitoraggio degli individui costante nel tempo.

Un altro esempio è quello del sistema 24/7 di Brando e Buchanan-Smith (2018), un approccio olistico per analizzare il ciclo di vita della specie. Questo prende in considerazione la storia naturale della specie e la sua esperienza in cattività, integrando le informazioni in relazione ai cambiamenti dell'ambiente, durante il giorno, la notte, i giorni infrasettimanali, i fine settimana, e le diverse stagioni

Il benessere può essere misurato sia qualitativamente che quantitativamente. In linea di massima, è preferibile prediligere l'utilizzo di scale oggettive. Una delle scale realizzate è l'EWAG (*Extended Welfare Assessment Grid*), che consiste in una tipica griglia cruciforme composta dagli assi X e Y; dall'intercetta centrale, ciascun asse è diviso in cinque gradi dal centro verso l'esterno, e ognuno di questi rappresenta una diversa variabile, mentre ogni braccio rappresenta un diverso parametro. Nell'ultima versione modificata, è stato aggiunto anche l'asse Z, il quale serve ad integrare la componente temporale nella griglia (Figura 1a ,b; Honess e Wolfensohn, 2010).

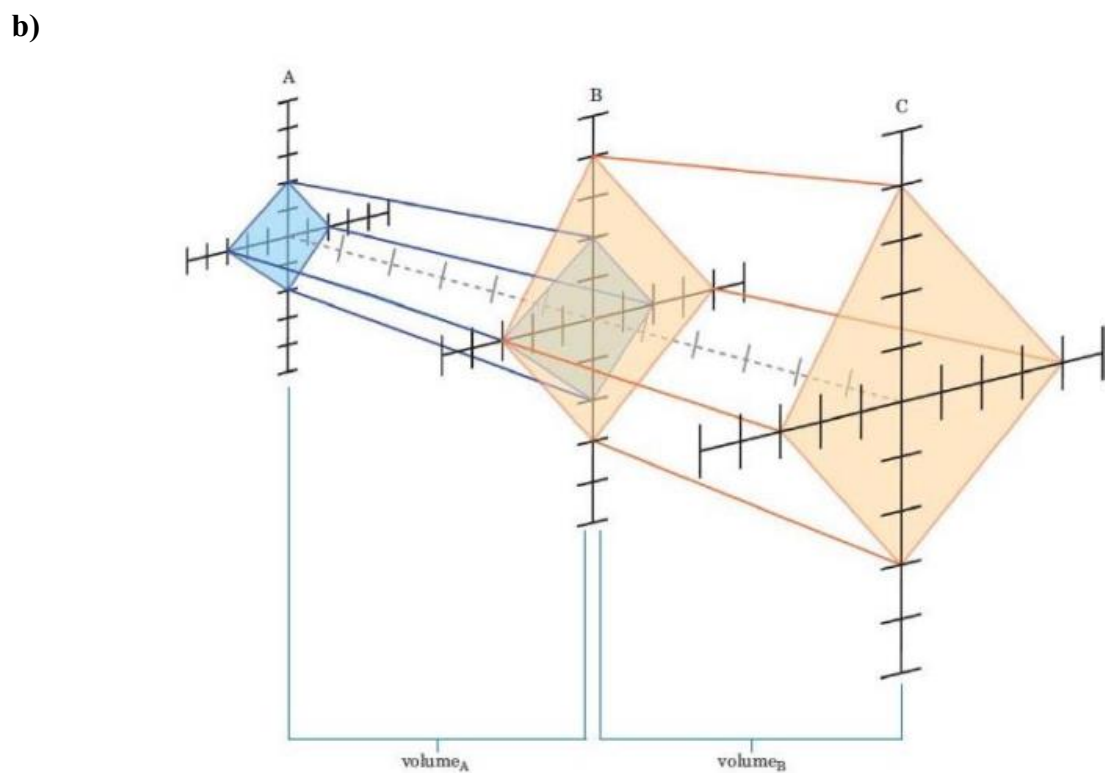
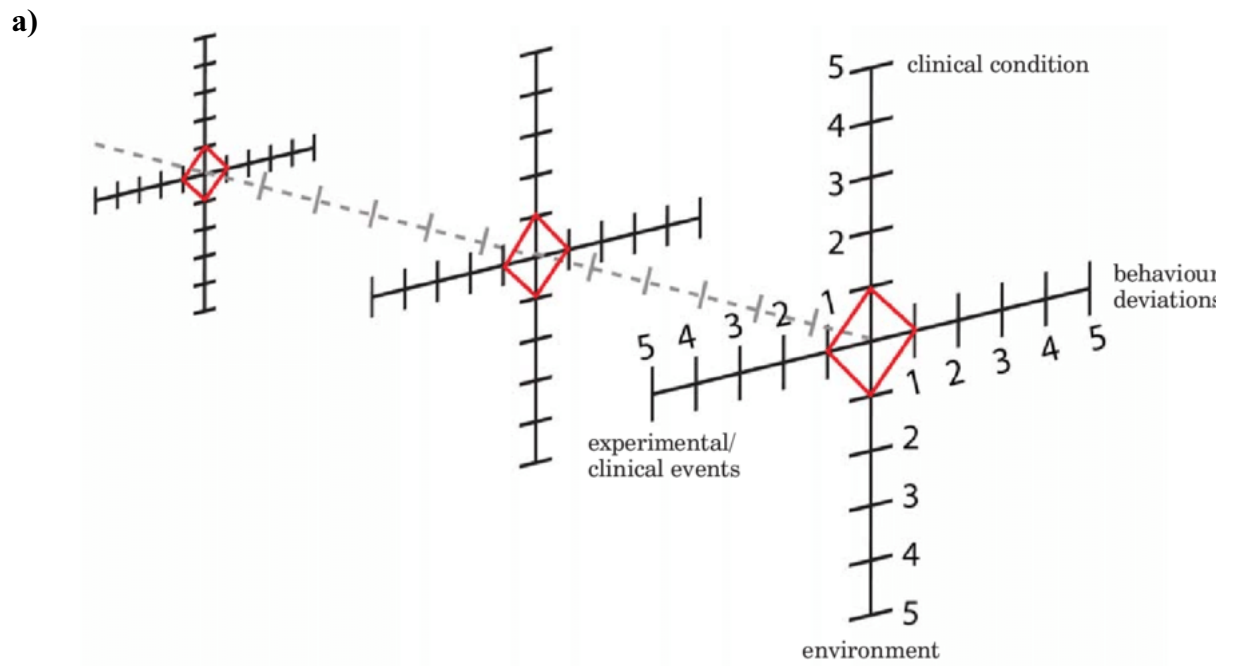


Figura 1: a) Griglia EWAG; b) Struttura della griglia EWAG a seguito di un evento (Honess e Wolfensohn, 2010).

I quattro parametri presi in considerazione nell'EWAG sono:

- condizione clinica
- variazioni del comportamento

- ambiente
- eventi clinici coinvolgenti il soggetto

Questo metodo valutativo ha come scopo finale l'illustrazione visiva della quantità di sofferenza vissuta dall'animale, andando a incorporare numerose variabili lungo un asse temporale per evidenziarne anche le variazioni (Honest e Wolfensohn, 2010).

2.3. INDICATORI DI BENESSERE

Gli indicatori di benessere sono in genere divisi in indicatori comportamentali, fisiologici, patologici e produttivi. I primi sono frequentemente utilizzati in corso di valutazione dello stato di benessere di un animale, questo perché l'analisi comportamentale presenta un consistente vantaggio, ossia la sua non invasività (Hosey *et al.*, 2013), che rappresenta un carattere essenziale in corso di osservazione. L'approccio di tipo etologico mette a confronto il comportamento espresso dagli individui e l'etogramma di specie e risulta essere il più vantaggioso (Fraser *et al.*, 1997). Questo deriva dal fatto che le alterazioni del comportamento, come dimostrato da numerosi studi scientifici, sono una rappresentazione fedele dei sintomi di malessere e di una condizione di distress dell'animale.

È importante saper distinguere i concetti di *eustress* e *distress*, differenza formulata da Seyle nel 1976; l'*eustress* rappresenta una forma positiva di stress. È considerata positiva in quanto necessaria per l'adattamento a tutti quei cambiamenti fondamentali per la sopravvivenza dell'animale (Seyle, 1976). Al contrario, il *distress* rappresenta la controparte negativa di questa risposta psicofisica. In questo ultimo caso, l'esposizione agli *stressors* persiste nel tempo e causa un peggioramento dello stato di salute generale dell'animale, accrescendo anche il rischio di contrarre patologie (Chrousos, 1996).

In una situazione stressante l'animale manifesta un insieme di sintomi caratteristici. La sintomatologia fisiologica comprende una respirazione più profonda, un aumento della frequenza respiratoria e l'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene, con la produzione di ormoni corticosteroidi (Dawkins, 1998). Questa sintomatologia è riconducibile a quella che è stata denominata Sindrome Generale di Adattamento o GAS, e può verificarsi nel corso di un ampio range di stimolazioni sensoriali, quali shock, freddo o ferite. Si ritiene che lo stress sia il fattore costante in tutte queste situazioni spiacevoli. Ne consegue la fondamentale importanza di eliminare gli *stressors* al fine di garantire un adeguato livello di benessere all'animale (Barnett e Hemsworth, 1990; Broom e Johnson, 1993). Successivamente questa teoria è stata parzialmente smentita, in quanto è stato studiato come l'innalzamento dei livelli di glucocorticoidi, ritenuti indicatori fisiologici di stress, si

verifichi anche in eventi definiti piacevoli, come i rapporti sessuali, l'attesa del cibo e l'alimentazione in sé (Szechtma *et al.*, 1974; Colborn *et al.* 1991). Nel 1995, Toates propose una soluzione alternativa per unificare tutte le precedenti teorie relative allo stress che lo avevano preceduto, affermando che un fattore può essere definito *stressor*, solo se, in concomitanza con l'innalzamento dei livelli di glucocorticoidi, si fosse verificato anche un evitamento da parte dell'animale della situazione considerata. Così facendo, si è reso il valore fisiologico di glucocorticoidi una condizione necessaria, ma non sufficiente per parlare di stress (Dawkins, 1998). Si può quindi affermare che l'aumento dei livelli di corticosteroidi è legato a uno stato di eccitazione, sia piacevole che spiacevole, e l'unico modo per differenziare tra i due stati è quello di studiare nel complesso anche la risposta comportamentale dell'animale (Dawkins, 1998).

Ai fini della valutazione del benessere, è consigliato analizzare anche la presenza di comportamenti anomali, ritenuti possibili indicatori di stress. I comportamenti anomali sono quelle manifestazioni che si discostano da quanto descritto nell'etogramma di specie.

Erwin e Deni (1979) definiscono l'esistenza di due differenti tipi di comportamenti anomali:

- Comportamenti anomali quantitativi: insieme che comprende comportamenti specie-specifici manifestati con insolita frequenza o in un contesto anomalo, come ad esempio un'eccessiva pulizia del corpo, una vocalizzazione troppo frequente o una scarsità di movimento in un arco di tempo troppo elevato.
- Comportamenti anomali qualitativi: diversamente dai precedenti, i comportamenti inseriti in questa categoria sono raramente osservabili in natura e non hanno alcun fine per l'adattamento o la sopravvivenza.

Tra i comportamenti anomali più diffusi in cattività vi sono i comportamenti stereotipati, definiti come un insieme di patterns comportamentali ripetitivi, non variabili ed apparentemente privi di funzione (Odberg, 1978; Mason, 1991).

La classificazione di Mason e Rushen, formulata nel 2006, suddivide le stereotipie in tre tipologie:

- Stereotipie locomotorie – come, ad esempio, camminare lungo lo stesso percorso in modo ripetitivo senza uno scopo.
- Stereotipie orali – in questa categoria rientrano comportamenti come mordere o leccare ripetutamente il medesimo oggetto.
- Stereotipie motorie – comprende movimenti non locomotori eseguiti con ripetitività, come per esempio il dondolarsi.

Si ipotizza che le stereotipie possano essere causate dall'impedimento a svolgere azioni fisiologiche o dalla difficoltà a raggiungere un certo obiettivo (Montaudouin e Le Pape, 2005; Mason e Rushen, 2006). Si attribuiscono pertanto questi comportamenti a una sensazione generale di frustrazione dell'individuo, causata per esempio da un habitat poco appagante e adeguato alle sue necessità fisiologiche ed etologiche, o ancora all'impossibilità di svolgere attività quali il foraggiamento o la predazione.

Tuttavia, risulta difficile stabilire con certezza quali siano i fattori scatenanti di un comportamento stereotipato, perché con il passare del tempo e con la sua ripetizione costante, il comportamento tende a distaccarsi dallo stimolo originario, ripresentandosi anche quando la possibile causa è stata rimossa (Poulsen *et al.*, 1996).

Nel corso del tempo si è osservato che i comportamenti stereotipati risultano essere molto più frequenti in ambiente controllato piuttosto che in natura (Cooper e Nicol, 1996). Questo contribuisce a rendere la risoluzione di questa problematica di centrale importanza nella comunità scientifica zoologica. La presenza di stereotipie, oltre ad avere implicazioni per l'individuo in termini di benessere, ha un impatto negativo sul messaggio educativo trasmesso ai visitatori dei giardini zoologici e, oltretutto, interferisce con le ricerche etologiche effettuate nelle strutture, dato che limita ed altera il repertorio comportamentale degli animali (Berghammer, 2004).

I comportamenti stereotipati sono considerati indicatori di stress. Tuttavia, al giorno d'oggi, la correlazione tra la presenza di stereotipie e le sue implicazioni in termini di benessere, non risulta ancora chiara (Mason e Latham, 2004). Difatti, numerosi studi hanno dimostrato che la presenza di comportamenti stereotipati sussiste anche in condizioni neutrali o di benessere, laddove gli animali non presentano altri segni di stress (valutato con la misurazione del livello di glucocorticoidi) e in cui gli altri indici di monitoraggio del benessere risultano positivi (Mason e Latham, 2004).

Altre ricerche dimostrano come l'ambiente non sembri avere un'importanza determinante nella manifestazione delle stereotipie: sebbene sia provato che gli *exhibit* più poveri di stimoli tendono a indurre comportamenti stereotipati, è anche stato studiato che, in questi contesti, gli animali che manifestano stereotipie sono anche quelli meno compromessi dal punto di vista del benessere, misurato con altri indici (Mason e Latham, 2004). Si ipotizza inoltre che, in caso di cambiamento di habitat, i comportamenti stereotipati rappresentino una modalità di interazione degli individui con il nuovo ambiente e siano in realtà associati a un incremento del benessere (Mason e Latham, 2004).

Pertanto, alla luce delle conoscenze attuali, la sola stereotipia non può essere considerata uno strumento affidabile per il monitoraggio del benessere, perché non tutti i comportamenti stereotipati risultano essere indicatori sensibili di una condizione di stress o frustrazione degli individui.

Vi sono, invece, altri aspetti etologici che possono essere utilizzati come indicatori di un buono stato di benessere. In generale, un'ampia varietà del repertorio comportamentale è considerata un indicatore positivo di benessere. Oltre a ciò, sono ritenuti indicatori positivi di benessere anche i comportamenti legati al comfort e quelli legati al gioco (Held *et al.*, 2011).

Difatti esiste una relazione positiva tra gioco e *welfare*, dimostrata da quattro principali associazioni:

- La presenza del gioco è correlata all'assenza di minacce alla fitness dell'individuo;
- Il gioco rappresenta una ricompensa ed è relazionato ad esperienze positive;
- Il comportamento di gioco apporta sia benefici psicologici immediati sia a lungo termine su salute e fitness;
- Il gioco risulta essere contagioso tra gli individui, rappresenta pertanto un mezzo molto efficace di diffusione del benessere nel gruppo (Held *et al.*, 2011).

È importante considerare che alcuni studi hanno dimostrato che il gioco non è sempre considerabile un indice di *welfare*, perché la sua presenza può anche semplicemente indicare l'assenza di malessere, piuttosto che una data condizione di benessere. Inoltre, un aumento del comportamento di gioco è stato riscontrato anche in situazioni stressanti, quale ad esempio la scarsità di cure parentali (Held *et al.*, 2011). Futuri studi puntano a delineare il ruolo di tale comportamento, facendo luce sulla sua funzione e determinando se il gioco può effettivamente essere utilizzato come strumento per la misurazione del benessere o meno (Held *et al.*, 2011).

2.4. BENESSERE DEL PINGUINO AFRICANO IN AMBIENTE CONTROLLATO

L'EAZA ha pubblicato linee guida specifiche riguardanti la gestione del genere *Spheniscus*, aggiornate negli anni con il rilascio di diverse edizioni (*Spheniscus penguin husbandry manual*, EAZA). In queste linee guida sono elencate le caratteristiche fondamentali che

dovrebbero presentare gli *exhibit* al fine di assicurare un adeguato livello di benessere ai pinguini presenti.

Secondo le indicazioni, bisogna fornire nello spazio un'adeguata estensione di terra emersa, con una superficie utile a garantire aree per la nidificazione e permettere le dispute per il territorio, unitamente a una vasca. La vasca dovrebbe presentare una profondità minima di 80 cm e avere forma e dimensioni tali da non rendere difficoltoso il nuoto. La presenza di ostacoli all'interno della vasca dovrebbe essere ridotta al minimo e, in caso di passaggi acquatici, la loro ampiezza dovrebbe essere superiore al metro, per consentire il libero passaggio di almeno una coppia di pinguini contemporaneamente.

È fondamentale che ci sia almeno un'area isolata opportunamente, predisposta a ospitare individui che richiedano un periodo di isolamento; al tempo stesso tale area dovrebbe essere collocata in modo tale da consentire il contatto visivo tra gli individui in isolamento ed i loro conspecifici.

Oltretutto, la superficie terrestre complessiva dovrebbe essere superiore a quella acquatica, idealmente in un rapporto di 2:1.

Secondo le raccomandazioni delle linee guida, bisognerebbe rispettare delle dimensioni minime per garantire un *exhibit* adeguato. Per ogni pinguino e per i primi sei pinguini:

- Superficie terrestre: 2,5 m²
- Superficie acquatica: 2,5 m²
- Profondità dell'acqua 70 cm

Per ogni ulteriore pinguino:

- Superficie terrestre: 1,25 m²
- Superficie acquatica: 1,25 m²
- Profondità dell'acqua 70 cm

I pinguini del genere *Sphenicus* possono essere inseriti sia in ambienti *outdoor* che *indoor*, oppure in *enclosure* che presentino le caratteristiche di entrambi gli ambienti. Nelle linee guida sono elencati alcuni dei parametri fondamentali da considerare quando si parla di pinguini africani. Tra questi, la temperatura dell'area e l'umidità.

Generalmente, i pinguini non amano i climi particolarmente umidi, perché sono facilmente soggetti ad infezioni malariche.

In situ, la temperatura atmosferica ottimale per il pinguino africano oscilla tra i 4.5 e i 26.5 °C, mentre la temperatura dell'acqua presenta un range leggermente più ridotto, ovvero tra i 4 e i 18°C. Per gli spazi indoor, il range ottimale della temperatura è compreso tra 3° e 22°.

Una temperatura superiore ai 29,4° risulta problematica per i pinguini ospitati in aree esterne. Nel caso in cui una temperatura tale sia inevitabile, bisogna poter garantire agli individui l'accesso ad aree ombreggiate e a zone dotate di sistemi di ricircolo ad aria forzata e nebulizzatori.

Al contrario, se la temperatura si abbassa al di sotto del punto di congelamento, e in particolar modo se in presenza di vento gelido, tutti i pinguini dovrebbero disporre di un nido in cui ripararsi dalle temperature rigide; è importante, tra l'altro, che tale costruzione non presenti l'apertura orientata controvento (EAZA, 2016), per evitare l'insorgenza di geloni alle zampe ed alle ali e per prevenire il congelamento del becco.

Negli *exhibit* è fondamentale prevedere l'installazione di rocce naturali, sassi e ciottoli, stuoie ed erba. Inoltre, sarebbe opportuno dotare queste aree di dislivelli rocciosi, per favorire la naturale predisposizione dei pinguini all'arrampicata ed al movimento fisico.

In fase di realizzazione di un *enclosure* bisogna considerare un'altra componente fondamentale: il drenaggio. Le superfici di drenaggio sono inclinate e permettono un veloce asciugamento, evitando così il ristagno dell'acqua e la possibile comparsa di problemi alle zampe. Molti zoo depongono sopra il calcestruzzo stuoie o smalto, al fine di ridurre la durezza e riempire i pori, potenziali sedi di colonie batteriche. Il calcestruzzo è un materiale frequentemente utilizzato, perché facile da pulire e facilmente disponibile, ma delle volte causa pododermatiti per la sua natura abrasiva.

Per quanto concerne le vasche, le linee guida raccomandano l'utilizzo di acqua dolce, ma è anche possibile servirsi dell'acqua salata. È opportuno considerare, oltre alla temperatura, anche la carica batterica ed il pH dell'acqua. Le condizioni adeguate al benessere del pinguino africano sono:

- Temperatura compresa tra 0 e 29°;
- bassa carica batterica;
- pH compreso tra 7,5 e 7,65.

È importante occuparsi della pulizia delle vasche da sporco o residui alimentari, al fine di evitare l'*overpreening* tra i pinguini stessi. Il termine *overpreening* indica un'eccessiva e distruttiva pulizia delle proprie piume e delle piume dei conspecifici.

2.4.1. ALLESTIMENTO DEI NIDI

Per quanto riguarda la costruzione dei nidi, occorre considerare i seguenti fattori:

- Tipologia
- Quantità
- Substrato
- Dimensioni
- Posizione nell'exhibit
- Orientamento dell'ingresso
- Ventilazione
- Umidità

Un fattore critico è rappresentato dall'utilizzo di materiale adeguato all'allestimento dei nidi. In natura i pinguini usualmente utilizzano ossa di uccelli, alghe secche, piume e ciottoli. Mentre negli exhibit, in genere, i nidi sono composti da roccia, calcestruzzo, plastica o legno. La paglia è sconsigliata, per il rischio di aspergilloso, e i rametti possono rappresentare un pericolo per adulti e pulcini (Sasaki, 1967; Linzmeier, 2002).

È di importanza cruciale mantenere i nidi il più possibile asciutti, per evitare la diffusione di infezioni batteriche (Linzmeier, 2002). È inoltre consigliabile utilizzare nidi rimovibili piuttosto che fissi, al fine da consentirne lo spostamento ed un'eventuale pulizia.

Relativamente alla tipologia, è stato osservato che i pinguini prediligono i nidi coperti, piuttosto che quelli esposti in superficie (Boersma, 1991; Battistini e Paredes, 1999).

Per quanto riguarda la posizione, i nidi dovrebbero essere il più possibile lontano dalla vasca, al fine di consentire ai pinguini di asciugarsi le piume e praticare un adeguato esercizio fisico prima di raggiungerli, così come accade in natura. Oltre a ciò, i nidi dovrebbero essere distanti dall'area di osservazione dei visitatori, in modo da garantire il successo riproduttivo.

È opportuno che venga fornito un numero di nidi superiore al numero di coppie presenti nell'exhibit. Questo serve sia ad evitare un aumento dei comportamenti aggressivi finalizzati alla conquista del sito di nidificazione, sia a garantire il successo riproduttivo. Oltre a ciò, bisogna valutare accuratamente la densità dei nidi nell'exhibit. Questa è cruciale per garantire ai pinguini lo spazio adeguato davanti e nei dintorni del nido, in modo da permettere loro di esibire i tipici comportamenti riproduttivi e territoriali. La distanza minima raccomandata tra un nido e l'altro è non inferiore ai 50 cm (Linzmeier, 2002).

Le dimensioni e la conformazione dei nidi rivestono una grande importanza. La larghezza dell'entrata dovrebbe essere compresa tra i 15 ed i 25 cm, mentre lo spazio interno può

essere più ampio di così (da 40 a 70 cm). Questo serve a favorire una maggiore privacy, limitare la luce diretta del sole e consentire una difesa funzionale verso i conspecifici. La lunghezza può variare tra i 50 e gli 80 cm, mentre l'altezza va dai 35 ai 75 cm.

2.4.2. ALIMENTAZIONE

Studi relativamente recenti dimostrano come il genere *Sphenicus* prediliga prevalentemente il pesce, a differenza delle specie che vivono a latitudini maggiori. In natura la quantità di pesce assunta dai pinguini fluttua considerevolmente, specialmente durante i periodi di cova e di muta. Negli zoo è sempre raccomandabile che si abbiano a disposizione diverse specie di pesci, per fornire agli animali una dieta varia ed appetibile, ma soprattutto ricca ed equilibrata nei nutrienti. I pesci dovrebbero essere mantenuti a temperature inferiori o uguali a -23° e, dopo lo scongelamento, utilizzati nel giro di 24 ore.

In cattività si è soliti alimentare gli animali a mano, individualmente. Questo permette al keeper di assicurarsi che ogni soggetto assuma periodicamente gli adeguati supplementi vitaminici e medici (per esempio i farmaci per la prevenzione della malaria).

Gli uccelli dovrebbero essere alimentati *ad libitum*. Bisogna considerare la notevole variabilità stagionale del loro fabbisogno di cibo. Questo sarà più consistente prima della muta, mentre sarà ridotto nel corso della muta stessa. La stima della quantità di cibo necessaria ad ogni singolo animale può essere ipotizzata in base alle dimensioni del corpo. Si può stimare che un pinguino adulto e mediamente attivo necessiti di un apporto giornaliero pari a 400-500 gr di pesce, corrispondente in media al 10-14% del suo peso corporeo.

2.4.3. PATOLOGIE RICORRENTI

I pinguini possono essere facilmente colpiti dalla malaria, soprattutto quando alloggiati all'aperto. La malaria in questi animali è causata dai patogeni *Plasmodium relictum* ed *P. elongatum*. Considerato il tasso di mortalità in Europa, è altamente consigliato uno *screening* periodico. Uccelli quali i passeriformi rappresentano il veicolo di trasmissione principale della malattia. Al contrario, la possibilità di diffusione da pinguino a pinguino è molto bassa. Il decorso della patologia è estremamente rapido: i segni clinici della malattia appaiono 2-3 giorni prima della morte. Il quadro clinico è dato da letargia, difficoltà respiratoria, anossia, rigurgito, inappetenza, ingestione di piccoli rami e piume, comportamento stereotipato, pallore delle mucose e tendenza all'isolamento. La diagnosi

post-mortem è di fondamentale importanza, dato che è molto difficile ipotizzare la malaria nei pinguini vivi. La diagnosi *post-mortem* si può effettuare tramite il rilevamento di un ingrossamento della milza e del fegato, polmoni congestionati ed edematosi, oltre alla concomitante presenza di schizonti nei tessuti. Questo permetterà l'avvio di una terapia adeguata nei confronti dei restanti pinguini infettati. La cura consiste nella somministrazione di farmaci antimalarici, come la cloroquina e la primachina. Nella maggior parte degli zoo si utilizza una combinazione tra cloroquina (contro la fase della malattia che si manifesta nel sangue) e primachina (contro la fase che si verifica nei tessuti) (Stosfkopf, 1983; Petit, 1997).

Una delle malattie a cui sono più soggetti i pinguini è l'aspergillosi. Questa patologia è causata da un fungo che ha diffusione mondiale, di solito *A. fumigatus* o, più raramente, *A. flavus*. Il patogeno cresce soprattutto in ambienti umidi. Le spore inalate si depositano facilmente nei polmoni o nei sacchi aerei e, nei soggetti più sensibili, le spore crescono molto rapidamente, determinando la formazione di grossi noduli nell'arco di circa una decina di giorni. Il decorso della malattia è tendenzialmente rapido e fatale: nel corso di poche settimane gli uccelli respireranno con fatica, emettendo un sibilo ansimante, fino ad arrivare a morte in pochi giorni. La trasmissione da pinguino a pinguino non rappresenta un fattore importante nella diffusione della malattia. Tuttavia, è importante mantenere una buona qualità dell'aria per la sua prevenzione. Occorre quindi ridurre l'umidità dell'aria, ventilare l'ambiente nel modo più efficace possibile e monitorarne la temperatura.

Un'altra malattia altamente diffusa tra i pinguini africani è la pododermatite.

La pododermatite colpisce soprattutto i soggetti maschi, per via del peso mediamente superiore a quello delle femmine (Erlacher-Reid *et al.*, 2012). Inoltre, gli individui che trascorrono più del 50% del tempo in piedi sulla terraferma, anziché in acqua nuotando, sono maggiormente soggetti a sviluppare lesioni plantari.

Gli arricchimenti ambientali dati da vasche e zone di acqua determinano una riduzione nell'incidenza della pododermatite, come dimostra uno studio effettuato sui pinguini Magellano (Reisfeld *et al.* 2013). Lo stimolo dato dall'arricchimento dell'acqua spinge i pinguini a trascorrere un tempo maggiore in acqua piuttosto che a terra. Infatti, su cinque animali infettati dalla pododermatite si è osservata una riduzione notevole delle lesioni in entrambe le zampe e due di essi hanno mostrato un miglioramento e la completa remissione dalla malattia. Anche la terapia fotodinamica (*Photodynamic Therapy*, PDT) sembra dare buoni risultati: cinque pinguini Magellano, con pregresse lesioni hanno mostrato una

riduzione delle ferite dopo il trattamento e le lesioni non si sono più presentate nel futuro (Sellera *et al.* 2014).

3. MATERIALI E METODI

3.1. GIARDINO ZOOLOGICO DI PISTOIA

Il Giardino Zoologico di Pistoia è un'istituzione privata fondata nel 1970. La struttura è situata vicino alla città di Pistoia e si estende per circa 7 ettari, in una zona pedo-collinare.

Il Giardino Zoologico accoglie oltre 100.000 visitatori l'anno, è aperto tutti i giorni e gli esemplari ospitati sono oltre 400, appartenenti a circa 100 specie.

Il Giardino Zoologico di Pistoia è membro di EAZA dal 2008 (*European Association of Zoos and Aquaria*), di UIZA (Unione Italiana Zoo ed Acquari) e dal 2006 è anche membro di Species360-ZIMS (*Zoological Information Management System*).

Il Giardino Zoologico è coinvolto in attività di conservazione integrata ed è per questa ragione che ospita 17 specie inserite nei programmi EEP (*European Ex-situ Programme*), tra cui troviamo anche il pinguino africano e 7 specie in ESB (*European Studbooks*). Oltretutto, la struttura collabora con enti nazionali e internazionali, tra cui la SANCCOB (*Southern African Foundation for the Conservation of Coastal Birds*). L'istituzione si impegna a supportare economicamente progetti di conservazione *in situ* volti alla tutela delle specie a rischio di estinzione e dei loro habitat.

Il Giardino Zoologico di Pistoia partecipa tra l'altro a vari programmi di ricerca scientifica. Collabora con diverse università italiane e straniere, con lo scopo di ampliare le conoscenze relative alla biologia, etologia, medicina veterinaria e benessere delle specie ospitate, al fine di migliorarne la gestione in ambiente controllato contribuire alla loro conservazione in natura.

3.2. ENCLOSURE PRESSO IL GZP

Il Giardino Zoologico di Pistoia ha allestito per i pinguini africani un'area con un'estensione di 600 m², comprendente due vasche, un reparto interno e un totale di 24 nidi.

La superficie esterna è arricchita dalla presenza di sassi, rocce, tronchi e ricca vegetazione erbacea, arbustiva e arborea. Annualmente vengono posizionati nuovi materiali idonei per l'allestimento dei nidi, come rami e foglie, che vengono equamente distribuiti in tutta la superficie dell'*enclosure*.

Le due vasche hanno rispettivamente un volume di 400 e 180 m³, e sono circondate da vari substrati quali ciottoli, sabbia, terreno e massi. Le vasche vengono periodicamente svuotate e pulite.

Come raccomandato dalle linee guide, l'exhibit presenta un'area non visibile al pubblico, la quale comprende 3 locali, di cui uno con vasca, per un totale di 50 m². In questo modo si rende possibile, se necessario, l'isolamento di uno o più soggetti per motivi medici o gestionali.



Figura 1. Foto dell'*enclosure* (Giardino Zoologico di Pistoia)

Ai fini dello studio, l'area è stata suddivisa, in base alle sue caratteristiche fisiche, nelle seguenti parti (con relativa estensione):

- Zona A, 135 m², vasca d'acqua
- Zona B, 60 m², vasca d'acqua
- Zona C, 30 m², prevalentemente rocciosa
- Zona D, 50 m², prevalentemente rocciosa
- Zona E, 43 m², prevalentemente rocciosa
- Zona F, 43 m², rocciosa con presenza di vegetazione
- Zona G, 5 m², rocciosa con presenza di nidi
- Zona H, 8 m², rocciosa con presenza di nidi

- Zona I, 180 m², rocciosa con presenza di nidi
- Zona L, 6 m², rocciosa con presenza di vegetazione
- Zona M, 20 m², prevalenza di vegetazione

3.3. GESTIONE DELLA COLONIA

La gestione della colonia presso il Giardino Zoologico di Pistoia si basa sul metodo *free contact*. Tale metodologia prevede che gli animali e i *keeper* si trovino a condividere lo stesso spazio contemporaneamente, senza la presenza di barriere che li separi (Hosey *et al.*, 2013).

I pinguini vengono alimentati due volte al giorno con aringhe, spratti e capelin per un totale che ammonta a circa 350 grammi di cibo al giorno per soggetto. Inoltre, una volta al giorno il keeper somministra a ciascun esemplare una compressa di integratore alimentare (Fish Eater Tablets Mazuri) per garantire l'assunzione di tutte quelle sostanze che vengono perse a causa del congelamento del pesce. Tale integratore è costituito dalle vitamine A, B1, B2, B6, B12, C, D3, E K3, l'acido folico, l'acido nicotinico, l'acido pantotenico e la biotina.

Tutti gli individui vengono sottoposti ad un check up annuale. Il check up comprende un prelievo di campioni ematici, una valutazione del peso dell'animale e un esame della pianta delle zampe per verificare l'eventuale presenza di pododermatiti.

Il sesso degli esemplari è determinato mediante sessaggio molecolare presso il laboratorio GentraAvian S.n.c.

3.4. SOGGETTI

Durante il periodo dello studio, la colonia di pinguini africani presente al Giardino Zoologico di Pistoia era composta da 27 esemplari, di cui 16 maschi e 11 femmine. Ogni pinguino era dotato di microchip e marca alare.

Di seguito sono riportati i nomi, l'età, il sesso e i rispettivi dati per il riconoscimento di ciascun pinguino (Tabella 1).

Tabella 1. Elenco degli esemplari

NOME	SESSO	ETÀ	MICROCHIP	MARCA ALARE (sx= sinistra; dx= destra)
Uncino	M	25	00-0634-D8CA	Blu/blu su ala sx
Milady	F	24	00-0633-488F	Bianco su ala sx

Soldato	M	24	00-01DB-C15F	Nero su ala sx
Ugo	M	24	00-01FB-C31E	Verde su ala sx
Dumas	M	15	00-0634-E4A8	Assente
Porthos	M	13	00-0697-4F6A	Nero/rosso su ala sx
Yallo	M	12	00-06B7-AA14	Giallo su ala sx
Aramys	M	12	00-06B7-AFB3	Metallo su ala sx
D'artagnan	M	11	00-06B7-B30D	Blu su ala sx
Venda	F	11	250268500012117	Giallo/bianco su ala sx
Margot	F	10	250229600028513	Verde/bianco su ala sx
Yalla Yalla	F	10	250268500012204	Giallo/giallo su sx
Nathalie	F	10	250229600012213	Nero/blu su ala sx
Bahia	F	10	250229600012711	Rosso/verde su ala sx
Akili	F	10	900110000024670	Verde/verde su ala dx
Justin	M	9	900110000024630	Bianco/rosso su ala sx
Virgola	M	7	900110000149810	Assente
Punto	F	6	900110000145294	Rosso/rosso su ala sx
Alex	F	5	90011000024933	Giallo/rosso su ala sx
Pedro	M	5	900110000024721	Blu/bianco su ala sx
Nuzzi	M	5	900110000149900	Verde/giallo su ala sx
Dakota	M	4	937010000009183	Blu/rosso su ala dx
Rommi	M	4	937010000008928	Giallo/blu su ala dx
Lost	M	3	900110000149840	Bianco/bianco su ala dx
Cha Cha	F	3	937010000009034	Verde/nero su ala dx
Angel	M	2	941000017146565	Bianco/nero su ala dx
Hope	F	1	941000021972811	Rosso su ala dx

4. RACCOLTA DATI

La raccolta dati si è tenuta nel periodo tra il 30.09.2021 e il 27.10.2021, a seguito di un breve periodo di osservazione preliminare con metodo *ad libitum* (Altmann, 1974), utile per l'apprendimento dei marker dei vari esemplari e dei loro comportamenti. In tal modo si è potuto creare un etogramma specifico per lo studio, integrando quello già presente in letteratura (per informazioni dettagliate si veda il Paragrafo 4.1).

Sono stati effettuati in media 5 giorni di campionamento a settimana, per un totale di 20 giorni.

Il comportamento dei pinguini è stato registrato con l'ausilio di due telecamere, Panasonic HC-V180 e SONY HDR_CX240E.

Una delle due telecamere è stata utilizzata per effettuare le riprese da postazione fissa. Queste duravano 30 minuti l'una, per un totale di 6000 minuti di osservazione (100 ore), divisi in 4 sessioni la mattina e 6 il pomeriggio. La raccolta dati iniziava ogni giorno alle 09:30 e continuava fino alle 17:30. Era suddivisa in blocchi da due sessioni alla volta tra loro separati da 30 minuti di pausa, e con una pausa di 1 ora e 30 minuti tra le 12:00 e le 13:30. Per quanto riguarda le postazioni della telecamera fissa, queste variavano per ogni sessione seguendo una sequenza random prestabilita. Qualora non fossero presenti pinguini nell'area ripresa dalla telecamera, veniva selezionata la postazione successiva. Le postazioni fisse esterne all'*exhibit* selezionate per questa raccolta dati erano in numero di 6, strategicamente scelte in modo da coprire approssimativamente tutta l'area dello studio.

La seconda telecamera è stata utilizzata per effettuare degli scan dell'intera area ogni 30 minuti, per un totale di 15 scan giornalieri, 6 nell'arco della mattinata e 9 nell'arco del pomeriggio (complessivamente 300 scan). Tali registrazioni venivano interrotte da 15 minuti prima dell'orario previsto per l'alimentazione fino a 15 minuti dopo il termine della stessa, al fine di permettere le riprese di tale attività. Questi ultimi dati sono stati raccolti tramite il metodo di instantaneous scan sampling di tutti i pinguini visibili durante i 15 minuti prealimentazione, i 15 minuti post alimentazione e l'alimentazione stessa, registrando in totale per la durata di 1800 minuti, di cui 900 nell'arco della mattinata e 900 nell'arco del pomeriggio. Le registrazioni relative al momento dell'alimentazione sono state utilizzate in un altro studio per la valutazione delle interazioni *keeper*-animale.

Oltre alla raccolta dati video, sono stati misurati dei parametri ambientali. Questi venivano controllati all'inizio, a metà e alla fine di ogni sessione di registrazione, e comprendono:

- Temperatura ambientale (termoigrometro Reptiles-Planet)

- Umidità relativa (termoigrometro Reptiles-Planet)
- Vento (anemometro LCD Wind Speed Gauge Air Velocity Meter Digital Anemometer)
- Rumore (fonometro Benetech GM1352)
- Temperatura dell'acqua (termometro AikTryee)
- Numero di visitatori presenti

4.1. ETOGRAMMA

Eggleton e Siegfried descrissero per la prima volta il comportamento del pinguino africano nel 1977. Durante questo studio, si è utilizzato un etogramma che è frutto dell'integrazione tra i comportamenti precedentemente elencati in letteratura e quelli osservati durante la raccolta dati; i comportamenti sono stati classificati in comportamenti di stato (CS), di durata misurabile, ed eventi (E), ovvero comportamenti istantanei (Martin e Bateson, 2006). Inoltre, nella raccolta dati, laddove opportuno, sono stati segnati attore e ricevente di ciascun comportamento.

Di seguito si riporta l'etogramma utilizzato per lo studio (Tabella 2).

Tabella 2. Etogramma utilizzato per lo studio.

<u>CATEGORIE</u> <u>COMPORTAMENTALI E</u> <u>COMPORTAMENTI</u>	<u>TIPO DI</u> <u>COMPORTAMENTO</u>	<u>DESCRIZIONE</u>
COMPORTAMENTI ANOMALI RIPETITIVI		
<i>Locomotor pacing</i>	<i>State event</i>	Camminare ripetitivo lungo lo stesso percorso
<i>Stereotypic swimming</i>	<i>State event</i>	Nuotare in modo ripetitivo lungo lo stesso percorso
COMPORTAMENTI AFFILIATIVI		

<i>Allopreening</i>	<i>State event</i>	Pulizia del piumaggio dei conspecifici con il becco
<i>Bowing</i>	<i>State event</i>	Estensione del collo e becco portato vicino al corpo. Erezione della cresta e delle piume del mento, con le ali allontanate dal corpo nei movimenti più intensi
<i>Mutual preening</i>	<i>State event</i>	Pulizia reciproca del piumaggio con il becco
<i>Receiving allopreening</i>	<i>State event</i>	Ricevere la pulizia delle piume da un conspecifico
<i>Receiving a bow</i>	<i>State event</i>	Il compagno risponde all'inchino puntando il becco verso l'alto e con gli occhi osserva il compagno avvicinarsi. Possono anche effettuare entrambi un inchino oppure effettuare un VHS o un nest scrape
<i>Vibratory head shaking (vhs)</i>	<i>State event</i>	Il VHS è caratterizzato da testa abbassata, becco chiuso o leggermente aperto tenuto in prossimità del corpo e rivolto verso il basso, testa ruotato verso un fianco e che vibra da lato a lato, oppure in posizione centrale che vibra solo verso un lato
COMPORAMENTI AGGRESSIVI		
<i>Beak-slapping</i>	<i>State event</i>	Movimento rapido della testa da un lato all'altro accompagnato dall'atto di colpire con il becco il becco di un conspecifico. I becchi sono di solito chiusi, anche se a volte il becco chiuso di uno dei due soggetti può essere scosso all'interno del becco aperto dell'altro
<i>Chasing</i>	<i>State event</i>	Correre dietro a un conspecifico

<i>Pecking</i>	<i>Point event</i>	Uso del becco per afferrare un conspecifico, di solito sulla nuca o sulla schiena, per poi colpire il corpo dell'altro con le ali
<i>Pointing</i>	<i>State event</i>	Puntare il becco verso un conspecifico. La testa può essere retratta totalmente sulle spalle oppure il collo può essere più o meno esteso. Gli occhi possono essere aperti, chiusi o socchiusi. Le piume sulla testa e sul collo possono essere rilassate, anche se quelle del mento e delle guance sono erette. Il becco è chiuso e le ali sono mantenute ai lati del corpo. Questo atteggiamento può essere svolto da posizione seduta, eretta o distesa
<i>Sideways stare</i>	<i>State event</i>	Sguardo fisso verso un conspecifico con la testa appena abbassata e ruotata verso un lato, la cresta è eretta, gli occhi guardano verso il basso e il becco è obliquamente rivolto verso l'altro soggetto
<i>Alternate stare</i>	<i>State event</i>	La testa è ruotata da lato a lato, a volte mantenendola per un breve lasso di tempo da uno dei due lati. È un comportamento svolto da un pinguino all'interno del nido
<i>Tramplng</i>	<i>State event</i>	L'atto di camminare sopra a un conspecifico disteso a terra
COMPORAMENTI ESPLORATIVI		
<i>Following items</i>	<i>State event</i>	Inseguimento di insetti, foglie e ombre
<i>Object interaction</i>	<i>State event</i>	L'atto di toccare/muovere oggetti con il becco, e/o trasportarli (esclusi i materiali per

		il nido)
<i>Approaching (sound)</i>	<i>State event</i>	Seguire camminando il veicolo del <i>keeper</i> che sta passando vicino all' <i>enclosure</i>
ALIMENTAZIONE		
<i>Feeding (land)</i>	<i>State event</i>	Prendere il cibo con il becco e mangiarlo mentre è sulla terraferma
<i>Feeding (nest)</i>	<i>State event</i>	Prendere il cibo con il becco e ingerirlo mentre si è nel nido
<i>Feeding (water)</i>	<i>State event</i>	Prendere il cibo con il becco e ingerirlo mentre si è nella piscina
<i>Foraging (land)</i>	<i>State event</i>	Avvicinarsi al cibo, abbassare la schiena e la testa, aprire il becco e chiuderlo cercando di afferrare il pesce dal terreno
<i>Foraging (water)</i>	<i>State event</i>	Nuotare sulla superficie dell'acqua osservando attorno e quando si è localizzato il pesce immergersi e catturare il pesce con il becco aperto
<i>Competing</i>	<i>State event</i>	L'atto in cui due pinguini tengono con il becco lo stesso pesce e cercano di strapparlo all'altro muovendo corpo e testa
INTERAZIONE UOMO-PINGUINO		
<i>Approaching (keeper)</i>	<i>State event</i>	Camminare verso il <i>keeper</i>
<i>Approaching (observer)</i>	<i>State event</i>	Camminare verso l'osservatore
<i>Approaching (visitor)</i>	<i>State event</i>	Camminare verso i visitatori

<i>Following (keeper)</i>	<i>State event</i>	Seguire camminando il <i>keeper</i> che si muove all'interno dell'area
<i>Following (observer)</i>	<i>State event</i>	Seguire camminando l'osservatore che si muove all'interno e/o all'esterno dell'area
<i>Following (visitor)</i>	<i>State event</i>	Seguire camminando i visitatori che si muovono all'esterno dell'area
<i>Hand-feeding</i>	<i>State event</i>	Afferrare con il becco il pesce offerto a mano dal <i>keeper</i>
<i>Hand-feeding attempt</i>	<i>State event</i>	Tentativo di afferrare il pesce dato dai <i>keeper</i> senza successo. Camminare allontanandosi per qualche passo e riavvicinamento successivo al <i>keeper</i>
<i>Observing (keeper)</i>	<i>State event</i>	Concentrare i propri occhi su uno o più <i>keeper</i> , seguendoli con lo sguardo
<i>Observing (observer)</i>	<i>State event</i>	Concentrare i propri occhi sull'osservatore, seguendolo con gli occhi
<i>Observing (visitor)</i>	<i>State event</i>	Concentrare gli occhi sui visitatori seguendoli con lo sguardo
<i>Responding</i>	<i>State event</i>	Avvicinarsi camminando al <i>keeper</i> con il cibo, dopo essere stati chiamati
<i>Retreating (keeper)</i>	<i>State event</i>	Allontanarsi camminando dal <i>keeper</i>
<i>Retreating (observer)</i>	<i>State event</i>	Allontanarsi camminando dall'osservatore
<i>Retreating (visitor)</i>	<i>State event</i>	Allontanarsi camminando dai visitatori
INATTIVITÀ		
<i>Resting lying down</i>	<i>State event</i>	Il pinguino è disteso sull'addome, con gli

		occhi aperti o chiusi
<i>Resting upright</i>	<i>State event</i>	Stare in piedi appoggiandosi sui metatarsi, con la porzione internadella coda che appoggia sul terreno
LOCOMOZIONE		
<i>Land locomotion</i>	<i>State event</i>	Camminare, correre sul terreno o su superfici piane. Saltare su alte strutture
<i>Falling</i>	<i>Point event</i>	Passare da una posizione eretta a una distesa a causa di un inciampo
<i>Jumping</i>	<i>Point event</i>	Allontanare le zampe dal terreno per spostarsi su una superficie più bassa di quella in cui si è appoggiati
MANTENIMENTO		
<i>Defecation/urination</i>	<i>Point event</i>	Eliminare urina e/o feci
<i>Drinking</i>	<i>State event</i>	Ingerire acqua
<i>Sneezing</i>	<i>Point event</i>	Espulsione involontaria di aria dal becco aperto
<i>Thermoregulation</i>	<i>State event</i>	Affanno, respiro pesante mentre si è sdraiati o in piedi
<i>Yawning</i>	<i>Point event</i>	Aprire la bocca in modo ampio per fare entrare aria
ACCOPIAMENTO		
<i>Copulation</i>	<i>State event</i>	Il maschio monta la femmina accarezzandole i fianchi con le pinne e calpestandole la schiena con i piedi. La

		femmina alza la coda con la cloaca rovesciata, la testa del maschio è vicina a quella della femmina. La coda del maschio si abbassa per avere un contatto tra le cloache
COSTRUZIONE DEL NIDO		
<i>Carrying nesting material</i>	<i>State event</i>	Trasporto del materiale per il nido con il becco
<i>Depositing nesting material</i>	<i>Point event</i>	Atto di far cadere il materiale del nido presso il nido stesso. La testa può essere scossa per rimuovere particelle e materiali rimasti attaccati al becco
<i>Fiddling with nesting material</i>	<i>State event</i>	Tirare con il becco materiale verso di se, spostandolo a un lato mediante VHS
<i>Nest scrape</i>	<i>Point event</i>	L'atto di stare sdraiato con il peso a carico dello sterno, muovendo materiale all'indietro con una zampa
<i>Picking up nesting material</i>	<i>State event</i>	Atto di abbassare il corpo con la testa tenuta bassa vicino al terreno. Le piume sono abbassate e le ali sono tenute lontane dal corpo. Il becco è usato per afferrare il materiale selezionato
<i>Searching for nesting material</i>	<i>State event</i>	Osservare o spostare materiale per il nido con il becco
<i>Stealing nest material</i>	<i>State event</i>	Prendere con il becco materiale da un nido di un conspecifico
CURE PARENTALI		
<i>Fed by parents</i>	<i>State event</i>	Essere nutrito da uno dei genitori

<i>Incubating eggs</i>	<i>State event</i>	Essere disteso sopra alle uova
COMPORAMENTI AUTO-DIRETTI		
<i>Body-shaking</i>	<i>Point event</i>	Scrollare il corpo da un lato all'altro
<i>Head-shaking</i>	<i>Point event</i>	Movimento rapido della testa da un lato all'altro, eseguito una o più volte di seguito
<i>Self-preening</i>	<i>State event</i>	Utilizzo del becco per pulirsi le proprie piume, includendo la pulizia della testa e l'uso della ghiandola dell'uripigio
<i>Self-preening + head/body-shaking</i>	<i>State event</i>	Tutte le precedenti
<i>Self-scratching</i>	<i>State event</i>	Utilizzare i propri artigli per grattarsi una parte del corpo
<i>Stretching (low+upright)</i>	<i>State event</i>	Basso: corpo orizzontale, ali in posizione verticale verso l'alto, collo esteso e becco aperto; dritto: in piedi con le ali chiuse sul corpo e il becco chiuso
SOTTOMISSIONE		
<i>Displaced</i>	<i>State event</i>	Allontanamento da un conspecifico dopo un'interazione aggressiva
<i>Chased</i>	<i>State event</i>	Movimento rapido di allontanamento da un conspecifico come tentativo di fuga da un attacco
<i>Pecked</i>	<i>Point event</i>	Atto di essere beccato sul collo o sulla schiena, trattenuto al suolo e colpito con le ali da un conspecifico

<i>Slender posture</i>	<i>State event</i>	Posizione stazionaria di un pinguino che sta eseguendo una slender walk
<i>Slender walk</i>	<i>State event</i>	Camminare o correre con l'intero corpo allungato, il collo allungato. Le piume sono abbassate e le ali sono tenute relativamente lontane dal corpo
<i>Receiving a sideways stare</i>	<i>State event</i>	Ruotare la testa allontanandola da un conspecifico che sta effettuando un sideway stare o una slender posture
NUOTO		
<i>Porpoising</i>	<i>State event</i>	Movimento nell'acqua accompagnato da un veloce e repentino affioramento (sembra un salto)
<i>Swimming on the surface</i>	<i>State event</i>	Movimento nell'acqua mantenendo il corpo sulla superficie dell'acqua o vicino ad essa
<i>Swimming under the surface</i>	<i>State event</i>	Movimento nell'acqua profonda tenendo il corpo sotto la superficie dell'acqua
VIGILANZA		
<i>Look around</i>	<i>State event</i>	<p>1) Eseguito sul territorio. In piedi con il collo completamente represso, la testa tenuta orizzontale o leggermente al di sopra dell'orizzontale, con gli occhi semichiusi o sbarrati e talvolta con la cresta parzialmente eretta, le pinne lontane dai lati. La testa è leggermente ruotata da un lato all'altro. Tipico di un uccello tornato al nido/territorio;</p> <p>2) Eseguito fuori dal territorio. In piedi con il corpo leggermente disteso, le pinne leggermente lontane dai lati, il collo esteso,</p>

		le piume lisce e gli occhi sbarrati
VOCALIZZAZIONI		
<i>Agonistic call</i>	<i>Point event</i>	Emesso in piedi, con il collo proteso verso il destinatario dell'aggressione
<i>Begging moan</i>	<i>Point event</i>	Emesso da giovani (dai 3 ai 12 mesi di età). Emesso eseguendo un rapido movimento laterale con la testa. Di solito si fermano quando vengono nutriti
<i>Begging peep</i>	<i>Point event</i>	Emesso dai pulcini (di età inferiore a 3 mesi) all'interno del nido in presenza o in assenza dei genitori
<i>Contact call</i>	<i>Point event</i>	Emesso con il becco semiaperto. L'emettitore si alza, estendendo il più possibile il collo verso l'alto
<i>Ecstatic display song</i>	<i>State event</i>	Emesso in piedi con entrambi i piedi divaricati, il collo e il becco rivolti verso l'alto e le ali disposte orizzontalmente
<i>Mutual display song</i>	<i>State event</i>	Emesso con il corpo tenuto orizzontalmente. Il collo è esteso il più possibile e il becco è ben aperto
<i>Incipient ecstatic display</i>	<i>State event</i>	L'emettitore esegue la parte iniziale della ecstatic display song
ALTRO		
<i>Other</i>	<i>State event</i>	Esecuzione di un comportamento non elencato nelle altre categorie
FUORI DAL CAMPO VISIVO		

<i>Out of sight</i>	<i>State event</i>	Nascosto dalla vista dell'osservatore
<i>Unidentified behaviour</i>	<i>State event</i>	L'osservatore vede il soggetto, ma non riesce a definire il comportamento
<i>Data deficient</i>	<i>State event</i>	L'osservatore muove la videocamera e non riprende i soggetti

5. ANALISI VIDEO

Per l'analisi video ho utilizzato il programma *VLC media player*, versione 3.0.16. Ho inserito i dati in fogli di lavoro Excel (Versione 2302 Build 16.0.16130.20186), annotando per ogni scan le seguenti informazioni: nome del video, data, ora del giorno, numero di scan, attore, sesso, classe di età, categoria comportamentale, comportamento, ricevente, posizione dell'attore rispetto al ricevente, condizione (controllo, pre-feeding, feeding, post-feeding), presenza/assenza del keeper, posizione nel reparto (Appendice 1).

Per calcolare il time budget della colonia, inizialmente ho ricavato per ogni pinguino la frequenza assoluta di ogni comportamento, sia nella mattina che nel pomeriggio. Ho poi diviso questo dato per il numero totale di scan ottenuti per ogni individuo, ricavando così la frequenza relativa sia per la mattina che per il pomeriggio.

Per valutare la varietà del repertorio comportamentale ho utilizzato l'indice di Shannon (Clark e Melfi, 2012; Miller *et al.*, 2020), escludendo dall'analisi gli scan in cui i pinguini sono risultati non visibili.

Sulla base di questi dati, ho misurato l'indice di Shannon, per mattina, pomeriggio, e per l'intera giornata (per tutti gli individui, per maschi e per femmine). L'indice di Shannon è usato per descrivere la diversità comportamentale e si misura a partire dalla somma dei dati normalizzati per ogni categoria comportamentale, come mostrato dalla seguente formula:

$$H = - \sum_{i=1}^B p_i \log \left(\frac{1}{p_i} \right)$$

Per quanto riguarda i fattori ambientali, ho inserito in fogli Excel i dati relativi a temperatura ambientale, umidità relativa, vento, rumore, temperatura dell'acqua e numero di visitatori presenti. A partire dai valori raccolti, ho valutato le medie relative a mattina e pomeriggio di ogni giornata.

Per semplificare l'analisi, ho poi utilizzato la temperatura ambientale e l'umidità relativa per calcolare il *Temperature Humidity Index* (THI). Il THI è una misurazione ideata da Thom nel 1959, inizialmente per stimare il livello di *discomfort* degli esseri umani nei mesi estivi; successivamente è stato applicato in studi sugli animali in cattività, per misurare gli effetti del riscaldamento globale sugli stessi (Segnalini *et al.*, 2011). Il THI combina la temperatura

ambientale e l'umidità relativa in un unico parametro e si calcola come mostrato dalla seguente formula:

$$\text{THI} = 0.8 \times T + [\text{RH} \times (T - 14.4)] + 46.4$$

Dove T rappresenta la temperatura ambientale in °C e RH l'umidità relativa.

Relativamente al numero dei visitatori, si è calcolata la media dei valori, dopo aver raggruppato i dati nelle seguenti categorie: 0 se presenti 0 visitatori, 1 se 0-5 visitatori, 2 se 5-10 visitatori, 3 se 10-15 visitatori, 4 se 15-20 visitatori, 5 se 20-25 visitatori, 6 se 25-30 visitatori, 7 se 30-40 visitatori, 8 se più di 40 visitatori presenti.

Per quanto riguarda l'analisi relativa all'utilizzo dello spazio, ho inizialmente effettuato un conteggio annotando quante volte ciascun pinguino ha utilizzato ogni area dell'*enclosure* (relativamente al mattino, al pomeriggio e, nel complesso, all'intera giornata).

Dopodiché ho rapportato i dati precedentemente raccolti al numero totale di scan ottenuti per ciascun pinguino, ricavando così il dato normalizzato relativo all'utilizzo di ogni area da parte del singolo individuo, sia per quanto riguarda il mattino che per il pomeriggio.

In seguito, per ottenere il dato relativo alla frequenza con cui ogni pinguino utilizza le diverse zone, ho rapportato i dati normalizzati all'estensione in metri quadri della relativa area dell'*enclosure*.

Successivamente, per capire se l'utilizzo delle zone fosse omogeneo o meno, ho calcolato lo *Spread of Participation Index* (Plowman, 2003), applicando la formula mostrata in seguito:

$$\text{SPI} = \frac{\sum |f_o - f_e|}{2(N - f_{e \min})}$$

Dove F_0 rappresenta il tempo speso da un soggetto in x zona rapportato al tempo totale di osservazione del soggetto; F_e è il risultato del rapporto tra la superficie di x zona e la superficie totale dell'*enclosure*; N è pari ad 1; $F_{e \min}$ è dato dal rapporto tra la superficie della zona più piccola e la superficie totale.

Ho calcolato lo SPI per l'intera colonia (dividendo in mattina e pomeriggio), per i maschi (intera giornata) e per le femmine (intera giornata).

Infine, ho calcolato la frequenza di ciascuna categoria comportamentale per ogni zona. Per fare ciò, ho effettuato un conteggio delle volte in cui un determinato comportamento si è

verificato in ogni zona e, dopodiché, ho rapportato questo dato al numero totale di avvenimenti registrati in ogni area.

6. ANALISI STATISTICA

Per l'analisi statistica ho preso in esame 7 categorie comportamentali: *feeding*, *human-penguin interaction*, *inactive*, *locomotion*, *self directed*, *swimming* e *vigilance*. Per preparare i dati alla successiva analisi, ho creato un file Excel, in cui ho diviso ogni giornata in mattina e pomeriggio e ho riportato i dati relativi ai fattori ambientali (rumore, visitatori, THI e temperatura dell'acqua), facendo una media dei valori misurati. Ho poi calcolato la frequenza di espressione dei comportamenti per ciascun pinguino. Per fare ciò ho diviso per ogni individuo il numero di volte in cui è stato registrato il comportamento per il numero totale di scan in cui il soggetto è visibile. Ho controllato la distribuzione dei dati con il grafico Cullen e Frey (R package: *fitdistrplus*; function: *descdist*). È risultato che i valori raccolti per le diverse categorie corrispondevano a una distribuzione di tipo beta, esito coerente con il fatto che i dati analizzati fossero delle frequenze, quindi dei rapporti. Per applicare il modello lineare di analisi a una distribuzione di tipo beta, è necessario che non vi siano valori pari a 0 o 1, né superiori a 1. Pertanto ho proseguito con la compressione dei dati, applicando la formula seguente (Smithson *et al.*, 2006):

$$p^{\circ} = (p(n - 1) + 1/2)/n$$

dove p è il valore della proporzione precedentemente ricavato ed n è la dimensione del campione, ossia il numero di osservazioni totali per l'individuo in una data mattina o pomeriggio.

Per valutare la possibile influenza dei parametri ambientali, del rumore e della presenza di visitatori, sono stati realizzati 6 modelli lineari misti (*Generalized Linear Mixed Models - GLMMs*), utilizzando la funzione di R *glm* (family = *poisson*) del package *glmmTMB*. Nel generare i modelli lineari misti, la categoria comportamentale è stata inserita come variabile risposta. Per le categorie *human-penguin interaction*, *locomotion*, *inactive*, *self-directed* e *vigilance*, sono stati codificati come fattori fissi il sesso (fattoriale), la classe di età (fattoriale), il momento della giornata (mattina o pomeriggio, fattoriale), il rumore (numerico), il numero dei visitatori (numerico), l'interazione tra rumore e presenza dei visitatori, e il THI (numerico). Per le categorie *swimming* e *feeding*, in aggiunta, sono stati inseriti come fattori fissi anche la temperatura dell'acqua (numerico) e l'interazione tra THI e temperatura dell'acqua. L'identità degli esemplari (fattoriale) è stata inserita come fattore random.

Per ogni categoria comportamentale, sono stati generati i seguenti modelli:

- modello FULL, che considera la variabile risposta, i fattori fissi e il fattore casuale. Questo permette di capire se i fattori fissi hanno un'influenza nell'espressione della categoria comportamentale, sulla base del valore di significatività (se quest'ultimo è minore di 0.05 significa che i fattori hanno un impatto, e che abbiamo meno del 5% di probabilità di cadere in errore nell'affermarlo);
- modello NULL, che considera la variabile risposta e il fattore casuale.

Mettendo poi a confronto i due modelli, ho valutato la presenza di differenza statistica significativa tra i due, utilizzando il test *ANOVA with argument Chisq*. In assenza di differenza tra i due modelli, si può affermare che i fattori presi in considerazione non hanno un effetto sulla variabile risposta, ma che variazioni della variabile risposta è bensì dovuta al caso. Se, invece, si riscontra una differenza statistica significativa, si può confermare un effetto dovuto all'influenza dei fattori sul comportamento.

In caso di fattori predittori significativi, è stato effettuato il *Tukey test (honestly significant difference; R-package: multcomp)* per valutare l'effetto di quei fattori che comprendessero più di 2 classi (in questo caso, la classe di età) ed effettuare una comparazione a coppie. Il livello di probabilità del test è stato valutato utilizzando la correzione di Bonferroni. Quando riscontrata una significatività nelle interazioni, si è considerato solo l'effetto dell'interazione e non quello dei singoli fattori fissi. L'intervallo di confidenza è stato calcolato con la funzione R *confint.lm* (R-package: MASS). Tutte le analisi sono state effettuate utilizzando R, versione 4.2.1.

7. RISULTATI

7.1. TIME BUDGET E VARIETÀ DEL REPERTORIO COMPORTAMENTALE

Dall'analisi del time budget è emerso che, durante la mattina, sul totale dei comportamenti espressi dagli individui, il 30% rientra nella categoria *inactive*, il 21% nella categoria *locomotion*, il 12% nella categoria *self-directed*, l'11% nella categoria *swimming*, il 9% nella categoria *vigilance*, l'8% nella categoria *parental care*, il 7% nella categoria *human-penguin interaction*, l'1% nella categoria *feeding* e il restante 1% rientra in *other behav categories* (Grafico 1).

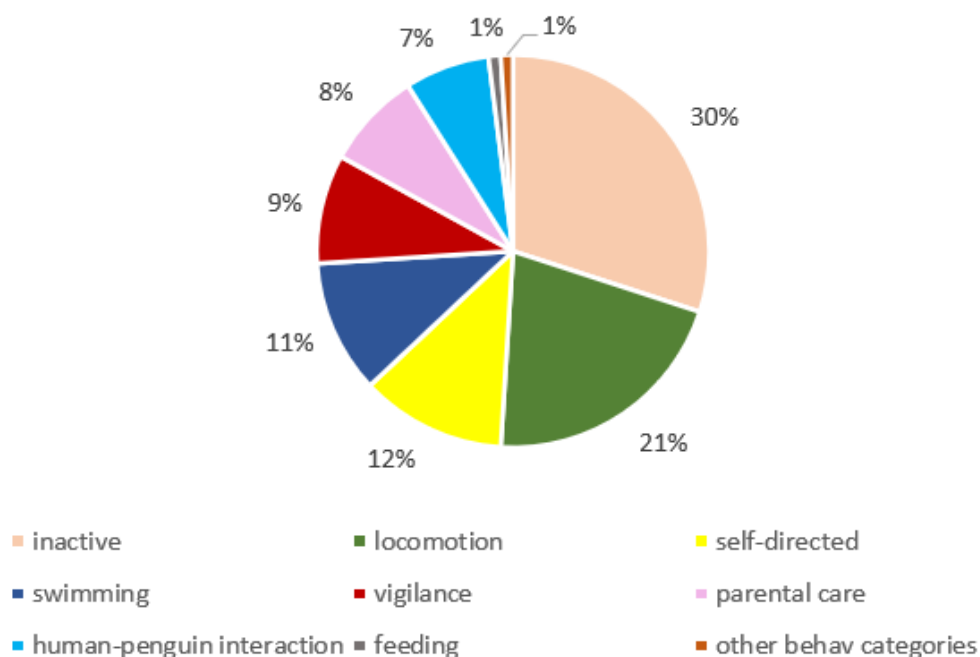


Grafico 1. Grafico a torta raffigurante le percentuali di espressione nella mattina delle categorie comportamentali

Invece, per quanto riguarda il pomeriggio, dall'analisi del time budget è emerso che sul totale dei comportamenti espressi, il 35% rientra nella categoria *inactive*, il 18% nella categoria *locomotion*, il 14% nella categoria *vigilance*, il 10% nella categoria *swimming*, il 9% nella categoria *parental care*, il 7% nella categoria *self-directed*, il 5% nella categoria *human-penguin interaction* e il restante 2% rientra in *other behav categories* (Grafico 2).

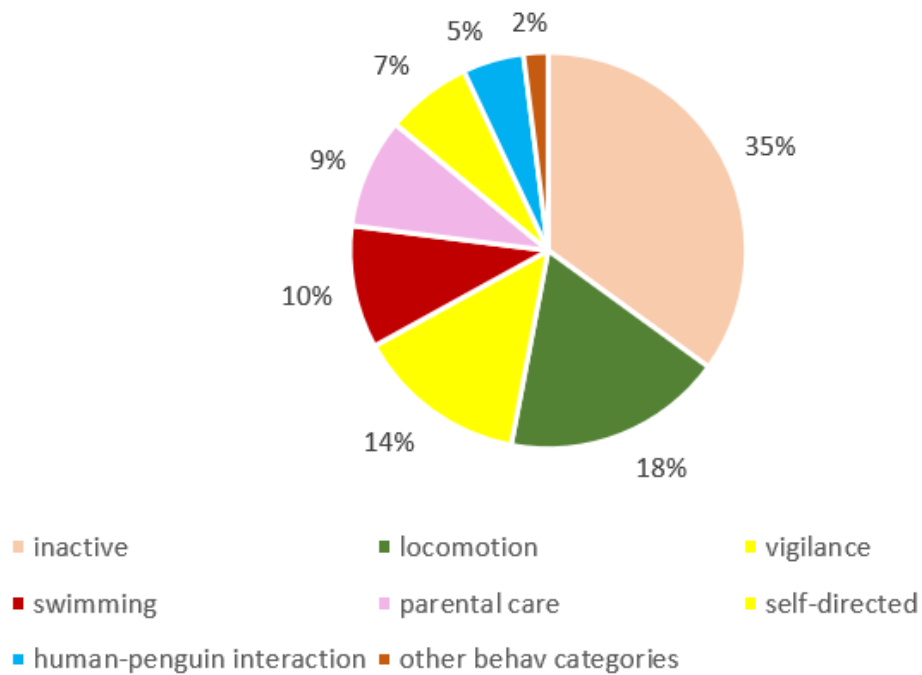


Grafico 2. Grafico a torta raffigurante le percentuali di espressione nel pomeriggio delle categorie comportamentali

Dall'analisi dell'indice di Shannon effettuata su tutto il gruppo di individui, è emerso che nella mattina ha un valore di 0.829, nel pomeriggio ha un valore di 0.814 e nell'intera giornata ha un valore di 0.827. Sempre relativamente all'intera giornata, considerando la differenza di sesso, l'indice di Shannon assume un valore di 0.817 per gli esemplari maschi e di 0.831 per le femmine.

7.2. INFLUENZA DEI FATTORI AMBIENTALI E DELLA PRESENZA DEI VISITATORI SUL COMPORTAMENTO

Il *modello full* della categoria comportamentale *feeding* è risultato significativamente differente dal *modello nullo* (likelihood ratio test: $\chi^2 = 132.64$; $df = 13$; $p < 0.001$). Il momento della giornata e l'interazione tra rumore e numero di visitatori sono i fattori fissi che hanno un effetto significativo sulla categoria comportamentale presa in considerazione (momento della giornata: $p < 0.001$; rumore x numero di visitatori: $p < 0.001$; Tabella 1). Risulta esserci una maggiore manifestazione del comportamento durante la mattina (Figura 1a). Al contempo, vi è un decremento dello stesso tanto maggiore è la presenza di rumore e visitatori (Figura 1b).

Il *modello full* della categoria comportamentale *inactive* è risultato significativamente differente dal *modello nullo* (likelihood ratio test: $\chi^2 = 18.43$; $df = 11$; $p < 0.01$). L'interazione tra rumore e numero di visitatori ha un effetto significativo sulla categoria comportamentale presa in esame

(rumore x numero di visitatori: $p < 0.05$; Tabella 1). Per il fattore THI, invece, è emersa una tendenza ad avere un effetto significativo (THI: $p = 0.055$; Tabella 1). Il comportamento risulta essere meno espresso quando si hanno bassi valori relativi a rumore e numero di visitatori (Figura 2a), così come di THI (Figura 2b).

Il *modello full* della categoria comportamentale *locomotion* è risultato significativamente differente dal *modello nullo* (likelihood ratio test: $\chi^2 = 87.583$; $df = 11$; $p < 0.001$). Il momento della giornata, classe d'età e rumore sono i fattori fissi che hanno un effetto significativo sulla categoria comportamentale (momento della giornata: $p < 0.001$; classe d'età: $p < 0.05$; rumore: $p < 0.001$; Tabella 1). Il fattore rumore x numero di visitatori, invece, mostra una tendenza ad avere un effetto significativo (THI: $p = 0.077$; Tabella 1). Il livello di espressione del comportamento è maggiore durante la mattina (Figura 3a) e la sua manifestazione diminuisce in scarsità di rumore (Figura 3b). Il Tukey test eseguito sul fattore classe d'età ha evidenziato la presenza di una differenza statisticamente significativa sia tra individui anziani e individui giovani che tra individui anziani e individui adulti. I risultati del test sono riportati in Tabella 2. Gli individui anziani mostrano una riduzione significativa del comportamento sia rispetto ai giovani che rispetto agli adulti (Figura 3c).

Il *modello full* della categoria comportamentale *vigilance* è risultato differire significativamente dal *modello nullo* (likelihood ratio test: $\chi^2 = 23.137$; $df = 11$; $p < 0.01$). Classe d'età e THI sono risultati essere predittori significativi della categoria comportamentale (classe d'età: $p < 0.05$; THI: $p < 0.01$; Tabella 1). Gli individui manifestano con più frequenza il comportamento al decrescere dei valori del THI (Figura 4a). Il Tukey test eseguito sul fattore classe d'età ha evidenziato la presenza di una differenza statisticamente significativa tra individui anziani e individui adulti. Inoltre, è emersa una tendenza tra individui anziani e individui giovani. I risultati del test sono riportati in Tabella 2. Gli esemplari anziani esprimono il comportamento in misura minore rispetto agli individui giovani e agli adulti (Figura 4b).

Il *modello full* della categoria comportamentale *swimming* è risultato significativamente differente dal *modello nullo* (likelihood ratio test: $\chi^2 = 105.44$; $df = 13$; $p < 0.001$). I fattori fissi momento della giornata, rumore e THI x temperatura dell'acqua hanno un effetto significativo sulla categoria comportamentale (ora del giorno: $p < 0.05$; rumore: $p < 0.05$; THI x temperatura dell'acqua: $p < 0.001$; Tabella 1). I soggetti manifestano più frequentemente il comportamento durante la mattina (Figura 5a) e all'aumentare del rumore (Figura 5b). La frequenza del pattern comportamentale è risultata diminuire significativamente all'aumentare dei valori di THI e

temperatura dell'acqua (Figura 5c).

Il *modello full* della categoria comportamentale *self-directed* è risultato significativamente differente dal *modello nullo* (likelihood ratio test: $\chi^2 = 125.56$; $df = 11$; $p < 0.001$). Il momento della giornata e THI sono i fattori fissi che hanno un effetto significativo sulla categoria comportamentale (momento della giornata: $p < 0.001$; THI: $p < 0.05$; Tabella 1). Il fattore visitatori, invece, mostra una tendenza ad avere un effetto significativo (THI: $p = 0.0875$; Tabella 1). È emersa una maggiore manifestazione del comportamento durante la mattina rispetto al pomeriggio (Figura 6a) e in presenza di bassi valori di THI (Figura 6b).

Il *modello full* della categoria comportamentale *human-penguin interaction* è risultato significativamente differente dal *modello nullo* (likelihood ratio test: $\chi^2 = 136.49$; $df = 11$; $p < 0.001$). Momento della giornata, THI e rumore esercitano un'influenza significativa sulla categoria comportamentale (momento della giornata: $p < 0.001$; THI: $p < 0.001$; rumore: $p < 0.01$; Tabella 1). La manifestazione del comportamento risulta maggiore durante la mattina (Figura 7a) e aumenta con livelli di rumore più elevati (Figura 7b). Inoltre, la frequenza delle interazioni aumenta al decrescere dei valori di THI (Figura 7c).

Tabella 1. Risultati dei GLMM sulle 7 categorie comportamentali dei pinguini prese in esame.

Predictors	Estimates	SEM	C.I.	χ^2	<i>p</i>
GLMM - feeding					
Intercept	-9.006e-01	6.094e-01	-2.0949745759, 2.938233e-01	a	a
Time_of_day	-4.165e-01	4.178e-02	-0.4984058518, -3.346335e-01	-9.969	< 2e-16
Sex1	3.266e-02	9.767e-02	-0.1587631412, 2.240879e-01	0.334	0.73806
Age_class1	1.638e-01	1.363e-01	-0.1034087475, 4.309706e-01	1.201	0.22959
Age_class2	1.350e-01	1.764e-01	-0.2107037745, 4.807941e-01	0.766	0.44395
THI	3.878e-04	9.969e-04	-0.0015661714, 2.341734e-03	0.389	0.69730
Water temperature	2.120e-02	2.501e-02	-0.0278189533, 7.022547e-02	0.848	0.39659
Noise	-2.408e-02	9.069e-03	-0.0418524062, -6.301452e-03	-2.655	0.00794
Visitor	-6.685e-01	2.794e-01	-1.2161953526, -1.208740e-01	-2.393	0.01673
THI * wt	-3.495e-05	5.221e-05	-0.0001372867, 6.738412e-05	-0.669	0.50324
Noise * visitor	1.231e-02	4.760e-03	0.0029790778, 2.163644e-02	2.586	0.00971
GLMM - inactive					
Intercept	1.1853595	0.7929402	-3.687747e-01, 2.7394936845	a	a
Time_of_day	0.0170354	0.0551947	-9.114420e-02, 0.1252150765	0.309	0.7576
Sex1	-0.0799459	0.1828960	-4.384153e-01, 0.2785236244	-0.437	0.6620

Age_class1	0.0508060	0.2542889	-4.475910e-01, 0.5492030026	0.200	0.8416
Age_class2	0.4315065	0.3295239	-2.143484e-01, 1.0773614183	1.310	0.1904
THI	0.0003628	0.0001888	-7.275893e-06, 0.0007329527	1.921	0.0547
Noise	-0.0325480	0.0130177	-5.806222e-02, -0.0070337650	-2.500	0.0124
Visitor	-0.9578744	0.3966982	-1.735389e+00, -0.1803601342	-2.415	0.0158
Noise * visitor	0.0161975	0.0067775	2.913874e-03, 0.0294810798	2.390	0.0169
GLMM - locomotion					
Intercept	1.424e+00	6.705e-01	0.1100841967, 2.7383057847	a	a
Time_of_day	-3.917e-01	4.812e-02	-0.4860571268, -0.2974119533	-8.140	3.95e-16
Sex1	-1.017e-01	1.002e-01	-0.2980340499, 0.0945929517	-1.016	0.309838
Age_class1	-3.981e-02	1.387e-01	-0.3116552870, 0.2320425524	-0.287	0.774117
Age_class2	-4.278e-01	1.809e-01	-0.7824643564, -0.0731962652	-2.364	0.018054
THI	6.765e-06	1.672e-04	-0.0003209046, 0.0003344341	0.040	0.967724
Noise	-4.059e-02	1.136e-02	-0.0628580548, -0.0183144411	-3.572	0.000355
Visitor	-5.279e-01	3.484e-01	-1.2106476618, 0.1548958822	-1.515	0.129691
Noise * visitor	1.050e-02	5.948e-03	-0.0011565053, 0.0221606985	1.766	0.077473
GLMM - vigilance					
Intercept	-1.6594967	0.6956580	-3.0229612082, -0.2960321432	a	a
Time_of_day	0.0393297	0.0499086	-0.0584894342, 0.1371488078	0.788	0.43068
Sex1	-0.0473701	0.0696094	-0.1838021359, 0.0890618447	-0.680	0.49618
Age_class1	-0.0359147	0.0961182	-0.2243028520, 0.1524734636	-0.374	0.70866
Age_class2	-0.2791720	0.1258476	-0.5258287616, -0.0325152809	-2.218	0.02653
THI	-0.0005657	0.0001796	-0.0009176937, -0.0002136266	-3.149	0.00164
Noise	0.0082906	0.0119424	-0.0151162103, 0.0316973234	0.694	0.48755
Visitor	0.4494945	0.3703664	-0.2764102678, 1.1753992008	1.214	0.22488
Noise * visitor	-0.0072396	0.0063397	-0.0196652704, 0.0051860883	-1.142	0.25348
GLMM - swimming					
Intercept	-1.745e+00	7.506e-01	-3.2159452688, -0.2738257868	a	a
Time_of_day	-1.254e-01	4.888e-02	-0.2212120685, -0.0295894240	-2.565	0.0103
Sex1	1.109e-01	1.507e-01	-0.1844812688, 0.4063611323	0.736	0.4617
Age_class1	1.106e-01	2.098e-01	-0.3005898097, 0.5217620160	0.527	0.5981
Age_class2	-1.004e-01	2.722e-01	-0.6339801767, 0.4331661558	-0.369	0.7123
THI	-7.925e-03	1.132e-03	-0.0101436250, -0.0057071840	-7.003	2.51e-12
Water temperature	-5.482e-02	2.876e-02	-0.1111881371, 0.0015395871	-1.906	0.0566
Noise	2.769e-02	1.092e-02	0.0062910589, 0.0490855266	2.536	0.0112
Visitor	2.910e-01	3.374e-01	-0.3703207540, 0.9523233659	0.862	0.3884
THI * wt	3.575e-04	5.895e-05	0.0002419756, 0.0004730546	6.065	1.32e-09
Noise * visitor	-5.346e-03	5.739e-03	-0.0165941891, 0.0059019231	-0.932	0.3516
GLMM - self-directed					
Intercept	-1.2657514	0.6405930	-2.5212905756, -1.021216e-02	a	a
Time_of_day	-0.3685118	0.0463737	-0.4594025659, -2.776210e-01	-7.947	1.92e-15

Sex1	-0.0163201	0.0880281	-0.1888520081, 1.562119e-01	-0.185	0.8529
Age_class1	0.0030067	0.1222128	-0.2365259430, 2.425393e-01	0.025	0.9804
Age_class2	-0.0857170	0.1586899	-0.3967434580, 2.253094e-01	-0.540	0.5891
THI	-0.0003373	0.0001628	-0.0006563964, -1.811346e-05	-2.071	0.0383
Noise	0.0035348	0.0108456	-0.0177222108, 2.479189e-02	0.326	0.7445
Visitor	-0.5783025	0.3384257	-1.2416045881, 8.499958e-02	-1.709	0.0875
Noise * visitor	0.0091141	0.0057666	-0.0021882450, 2.041654e-02	1.580	0.1140
GLMM - human-penguin interaction					
Intercept	-3.2029211	0.5923829	-4.363970338, -2.041871887	a	a
Time_of_day	-0.1628540	0.0431600	-0.247446127, -0.078261970	-3.773	0.000161
Sex1	-0.0157884	0.0886432	-0.189525917, 0.157949062	-0.178	0.858635
Age_class1	0.1394832	0.1236657	-0.102897165, 0.381863562	1.128	0.259360
Age_class2	0.1147602	0.1600043	-0.198842369, 0.428362778	0.717	0.473231
THI	-0.0008094	0.0001503	-0.001103996, -0.000514828	-5.385	7.23e-08
Noise	0.0324065	0.0099780	0.012850098, 0.051962995	3.248	0.001163
Visitor	-0.3437226	0.3013027	-0.934265113, 0.246819848	-1.141	0.253958
Noise * visitor	0.0051078	0.0051259	-0.004938773, 0.015154456	0.996	0.319020

Tabella 2. Risultati del Tukey test eseguito per il fattore classe di età.

<i>locomotion</i>				
Predictors	Estimates	SEM	χ^2	<i>p</i>
1 – 0	-0.03981	0.13870	-0.287	0.9546
2 – 0	-0.42783	0.18094	-2.364	0.0460
2 – 1	-0.38802	-0.38802	-2.747	0.0163
<i>vigilance</i>				
Predictors	Estimates	SEM	χ^2	<i>p</i>
1 – 0	-0.03591	0.09612	-0.374	0.9242
2 – 0	-0.27917	0.12585	-2.218	0.0659
2 – 1	-0.24326	0.09862	-2.467	0.0353

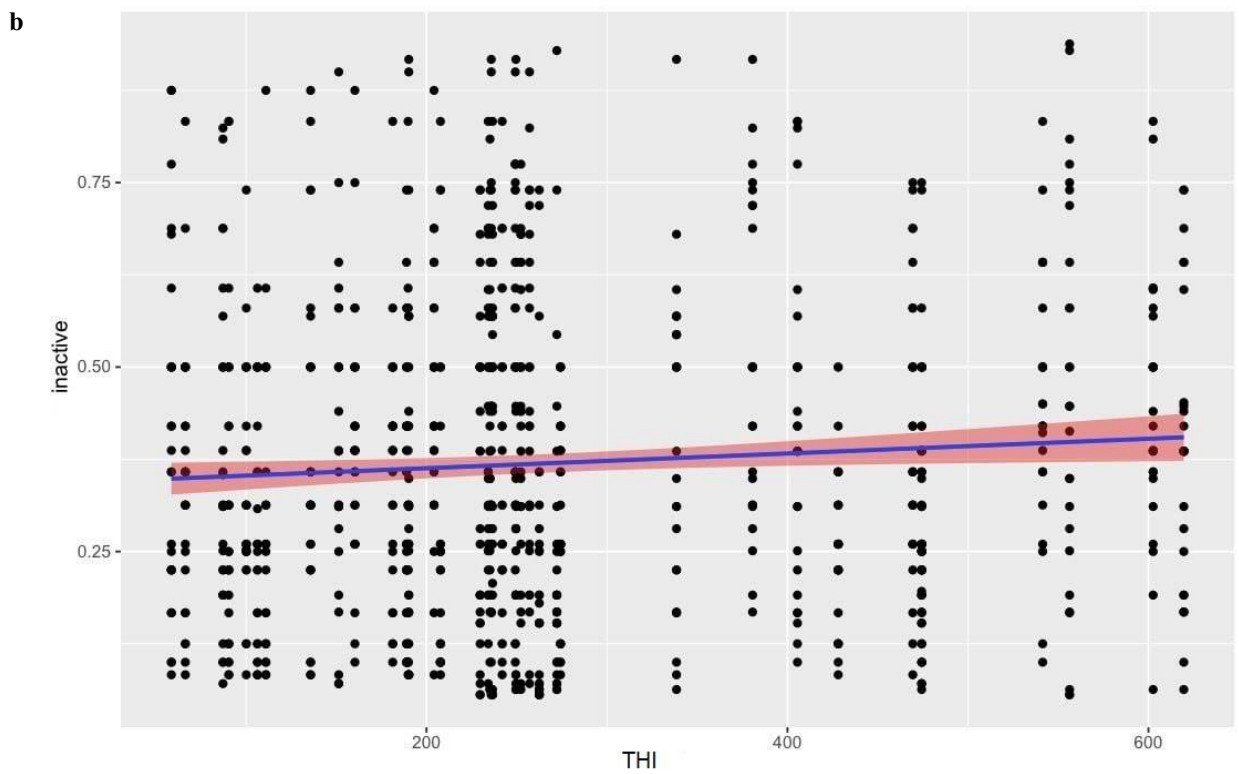
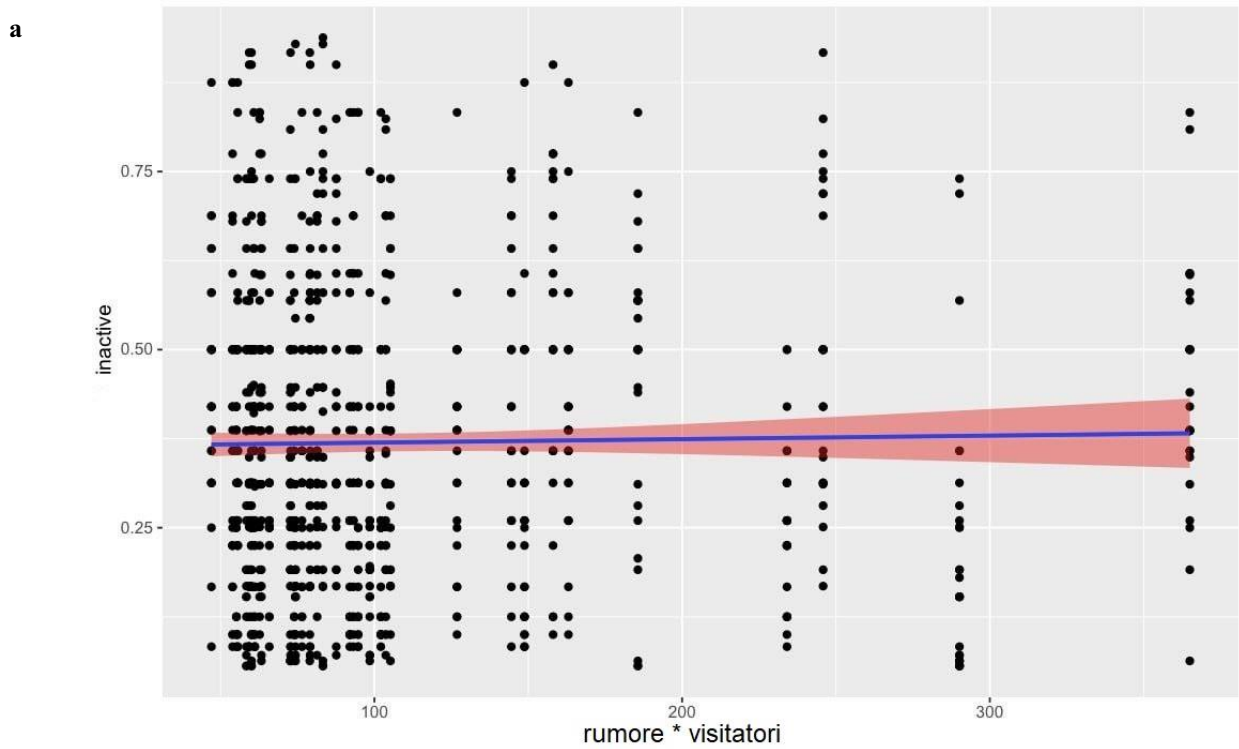
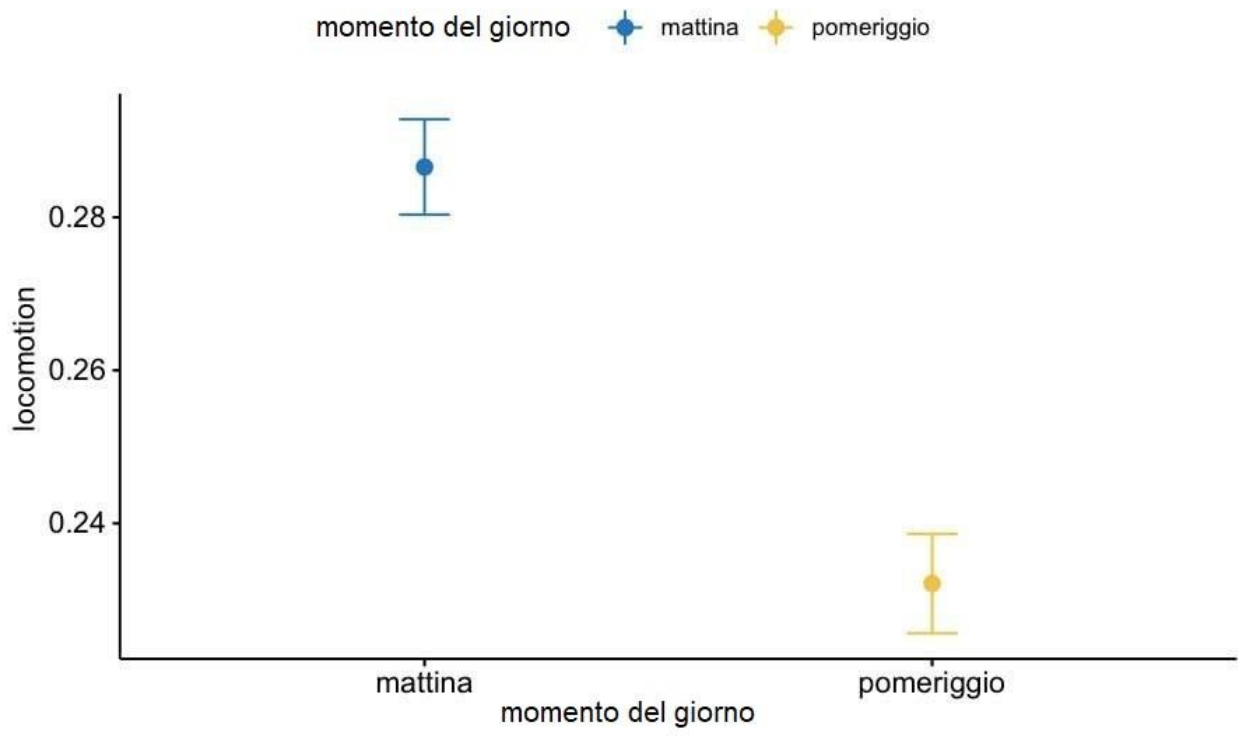
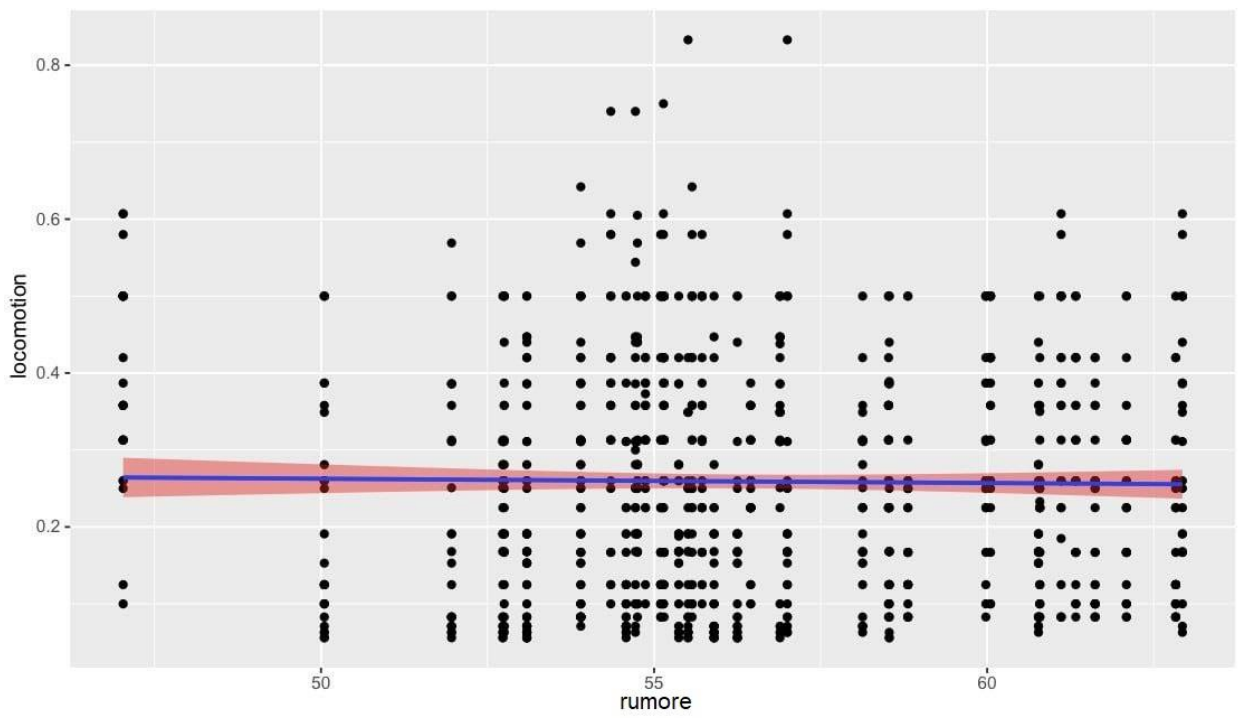


Figura 2. Effect plot delle variabili con influenza statisticamente significativa sulla categoria comportamentale *inactive*. La frequenza della categoria *inactive* (asse Y) (a) si riduce all'aumentare del rumore e del numero di visitatori e (b) all'aumentare di THI. Le bande rappresentano l'intervallo di confidenza.

a



b



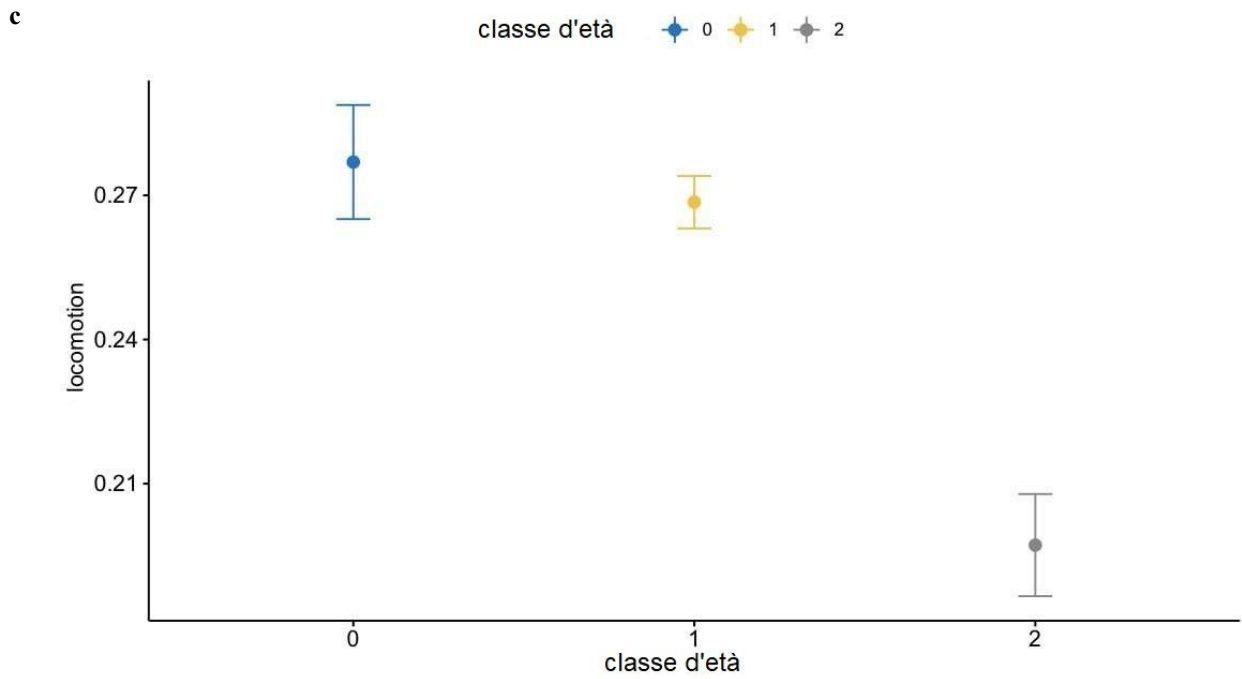
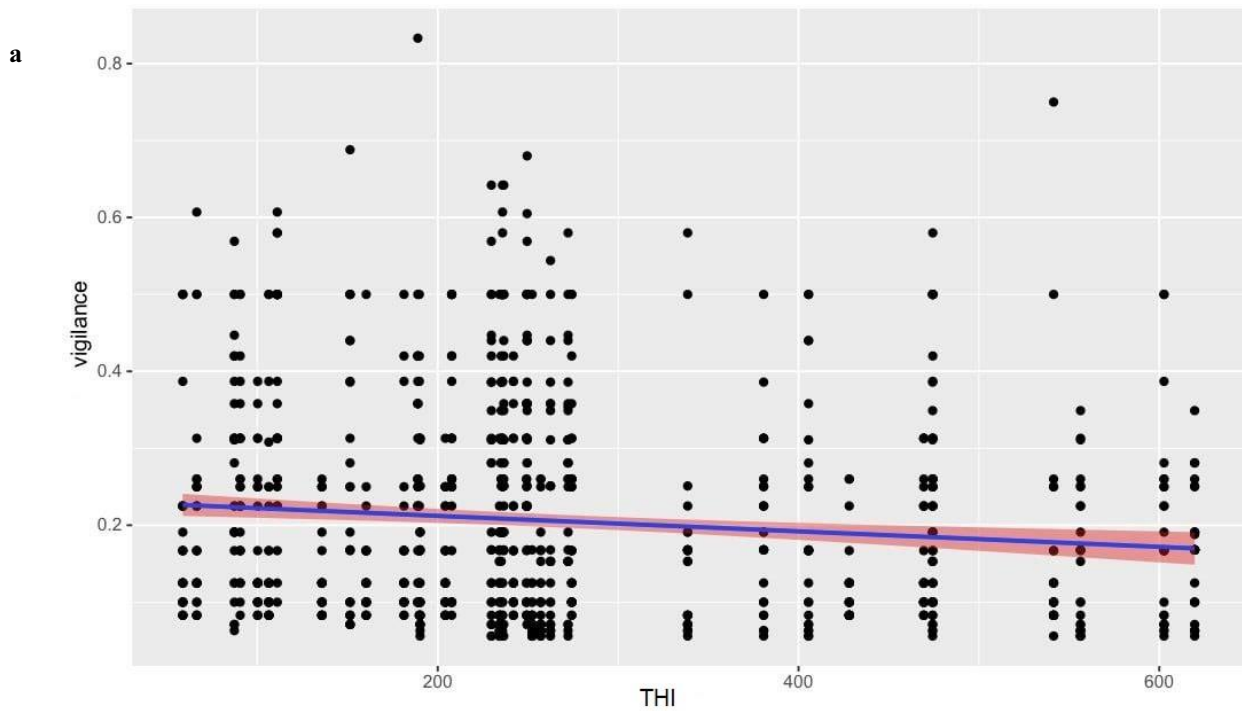


Figura 3. Effect plot delle variabili con influenza statisticamente significativa sulla categoria comportamentale *locomotion*. La frequenza della categoria *locomotion* (asse Y) (a) è significativamente maggiore la mattina rispetto al pomeriggio, e (b) incrementa all'aumentare del rumore; (c) la frequenza è significativamente maggiore negli individui giovani ed adulti rispetto agli individui anziani. Le bande rappresentano l'intervallo di confidenza.



b

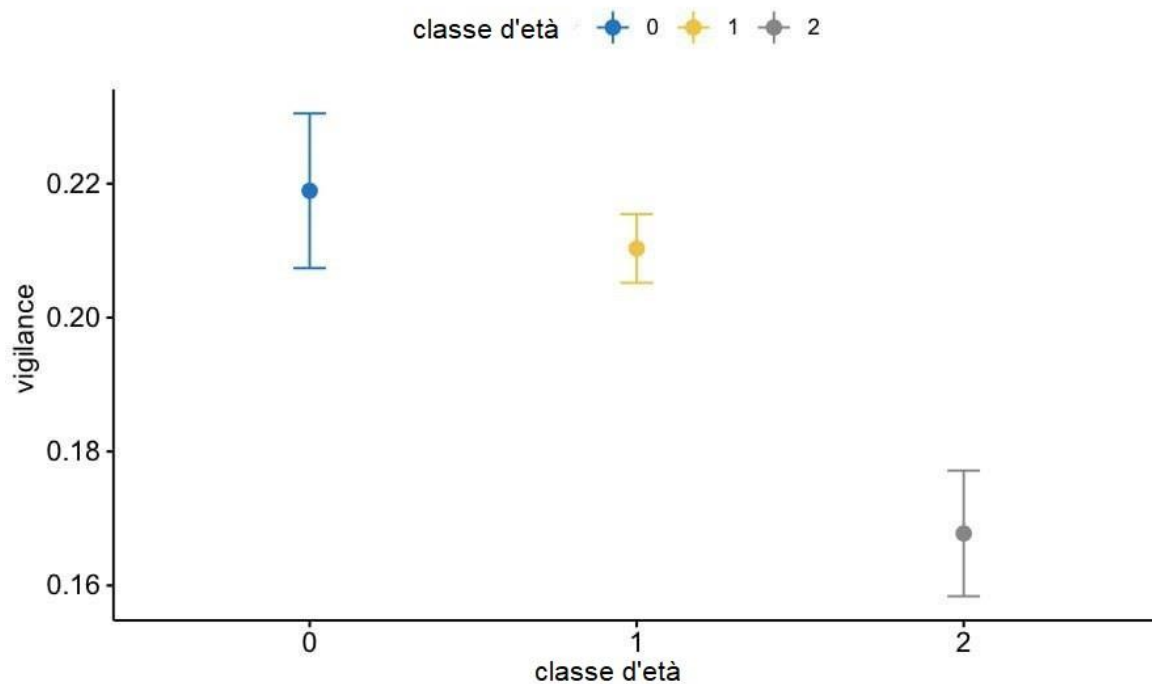
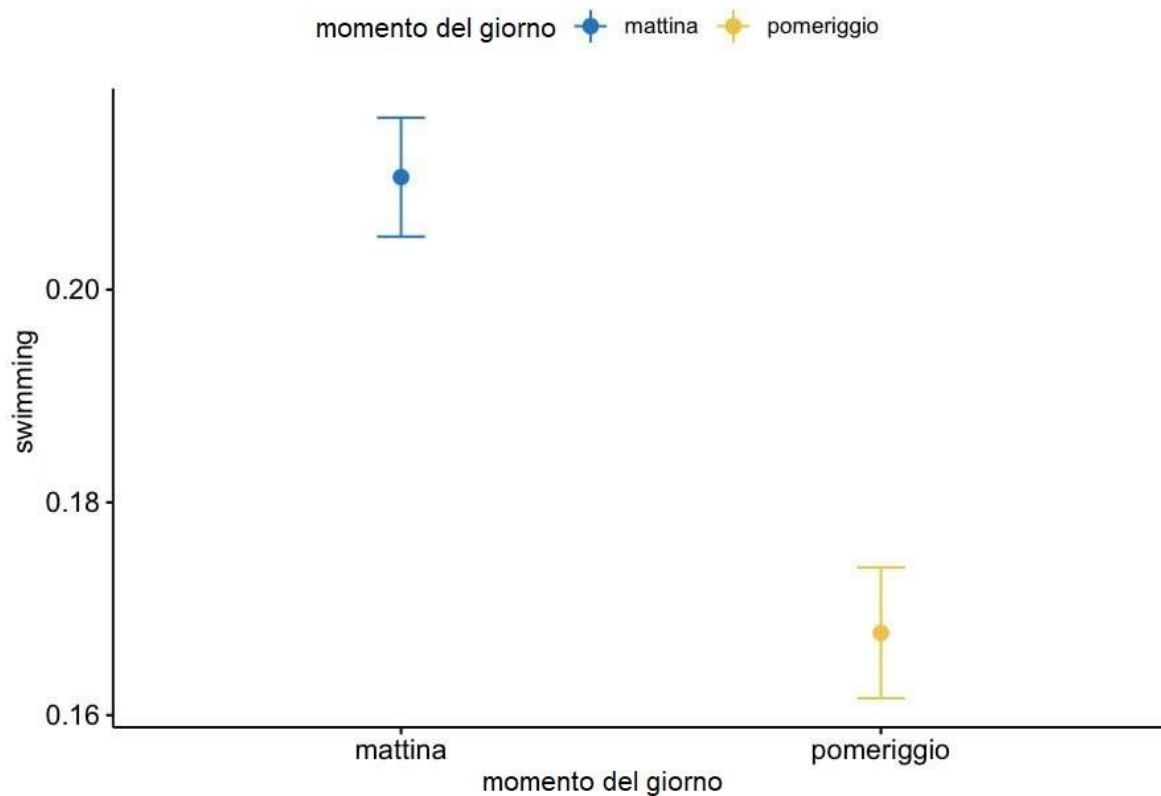


Figura 4. Effect plot delle variabili con influenza statisticamente significativa sulla categoria comportamentale *vigilance*. La frequenza della categoria *vigilance* (asse Y) (a) diminuisce all'aumentare di THI (c) ed è significativamente maggiore negli individui giovani ed adulti rispetto agli individui anziani. Le bande rappresentano l'intervallo di confidenza.

a



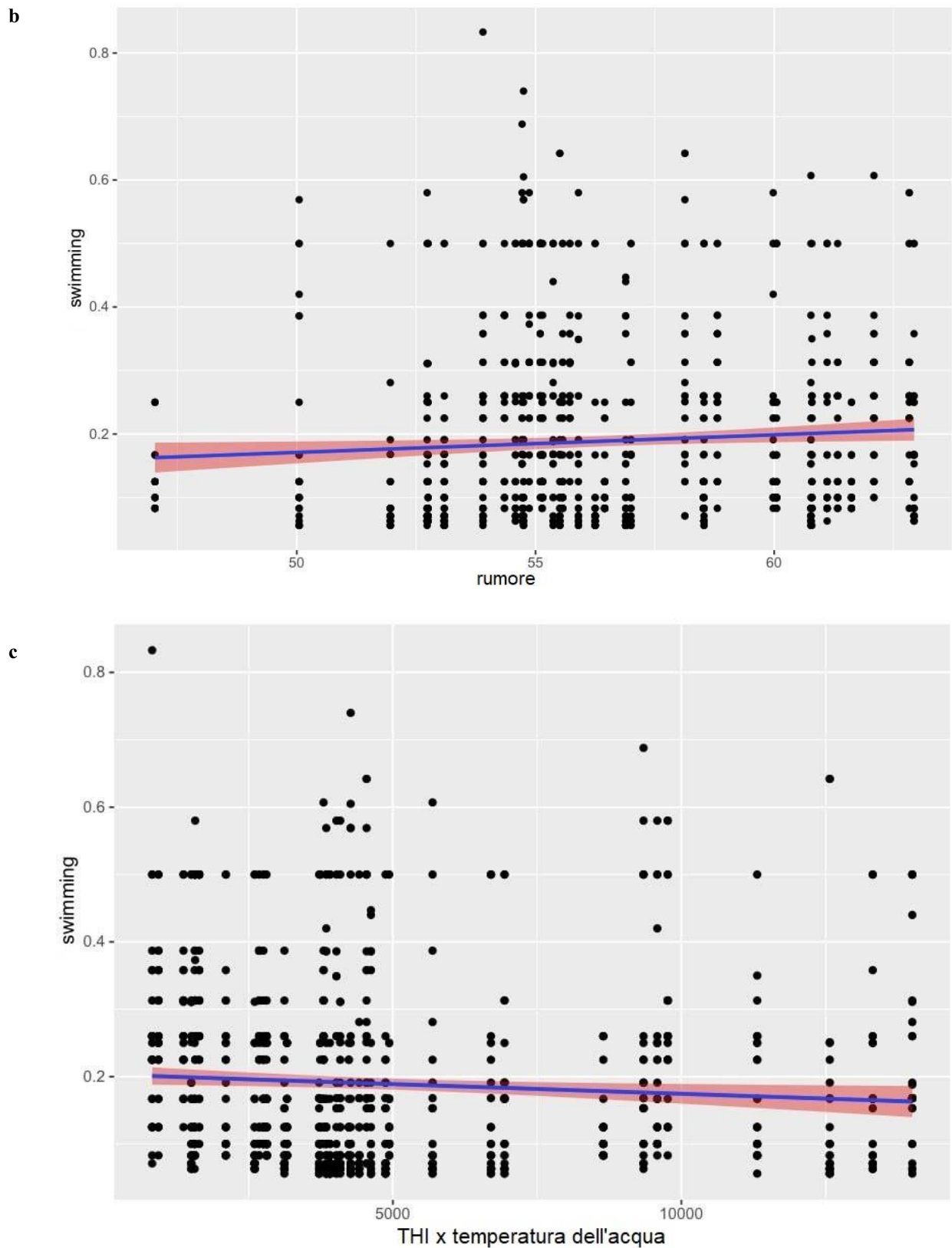
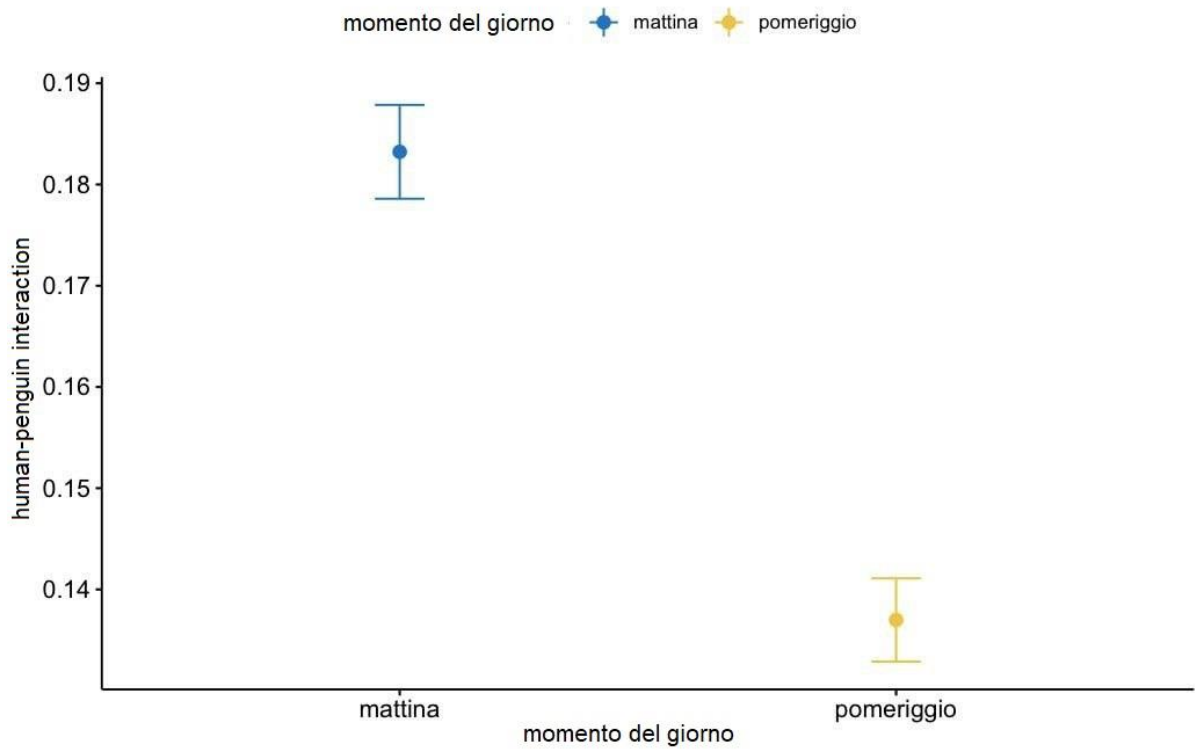
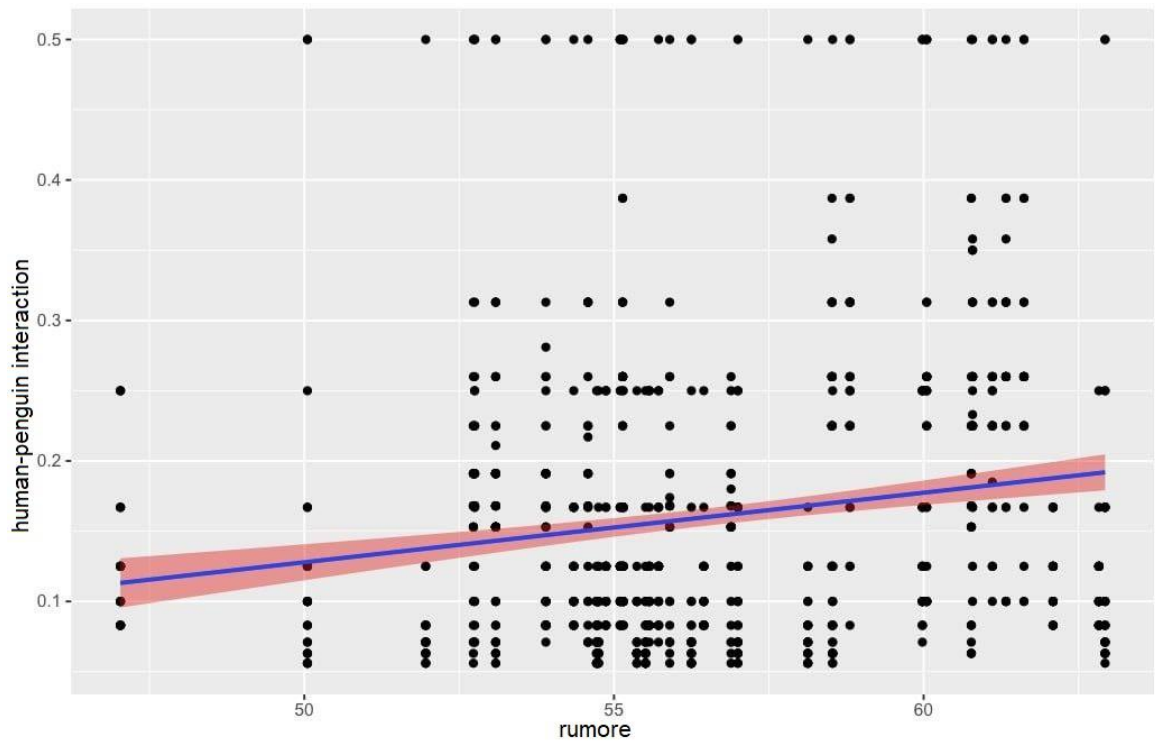


Figura 5. Effect plot delle variabili con influenza statisticamente significativa sulla categoria comportamentale *swimming*. La frequenza della categoria *swimming* (asse Y) (a) è significativamente maggiore la mattina rispetto al pomeriggio, (b) incrementa all'aumentare del rumore e (c) diminuisce all'aumentare di THI e temperature dell'acqua. Le bande rappresentano l'intervallo di confidenza.

a



b



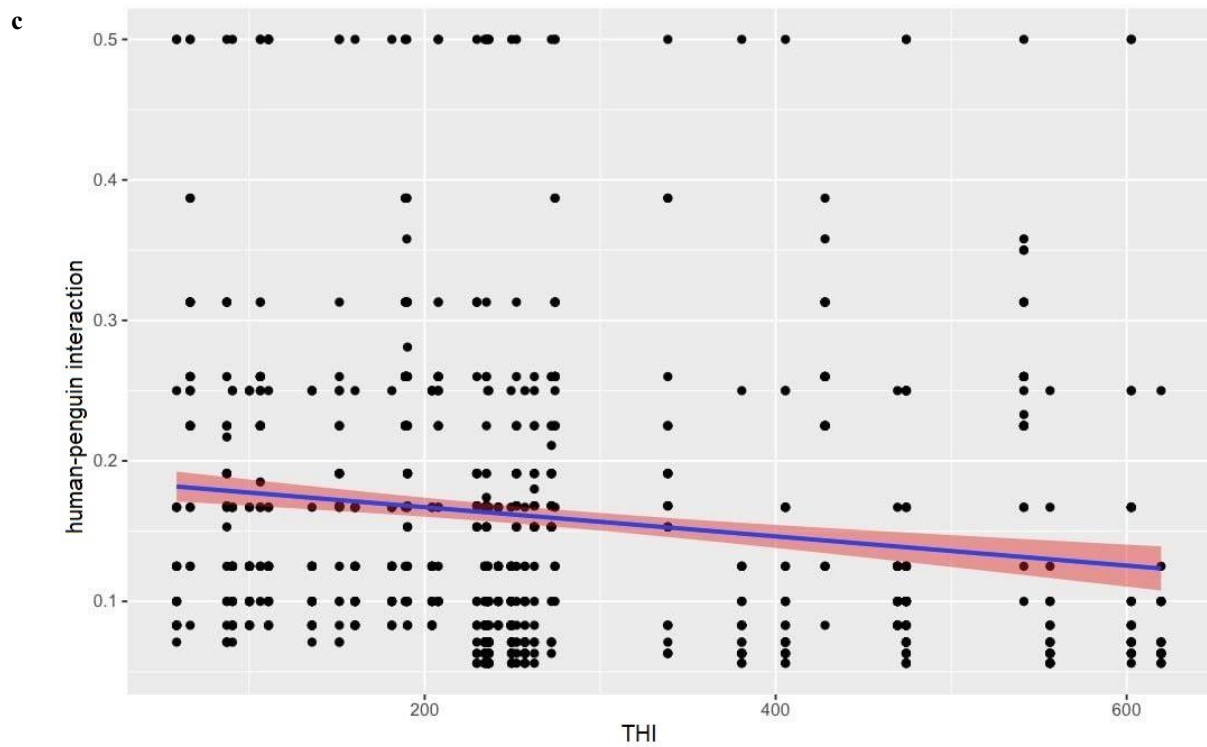


Figura 7. Effect plot delle variabili con influenza statisticamente significativa sulla categoria comportamentale *human-penguin interaction*. La frequenza della categoria *human-penguin interaction* (asse Y) (a) è significativamente maggiore la mattina rispetto al pomeriggio, (b) incrementa all'aumentare del rumore e (c) diminuisce all'aumentare di THI. Le bande rappresentano l'intervallo di confidenza.

7.3. UTILIZZO DELLO SPAZIO

Per quanto riguarda l'utilizzo dello spazio, dalle analisi effettuate è risultato che, durante la mattina, gli individui utilizzano la zona A per il 7.62% del tempo, la zona B per il 4.21%, la zona C per lo 0.14%, la zona E per il 41.60%, la zona F per il 15.83%, la zona G per l'1.07%, la zona H per il 5.18%, la zona I per il 23.92% e la zona L per lo 0.44% (Grafico 3).

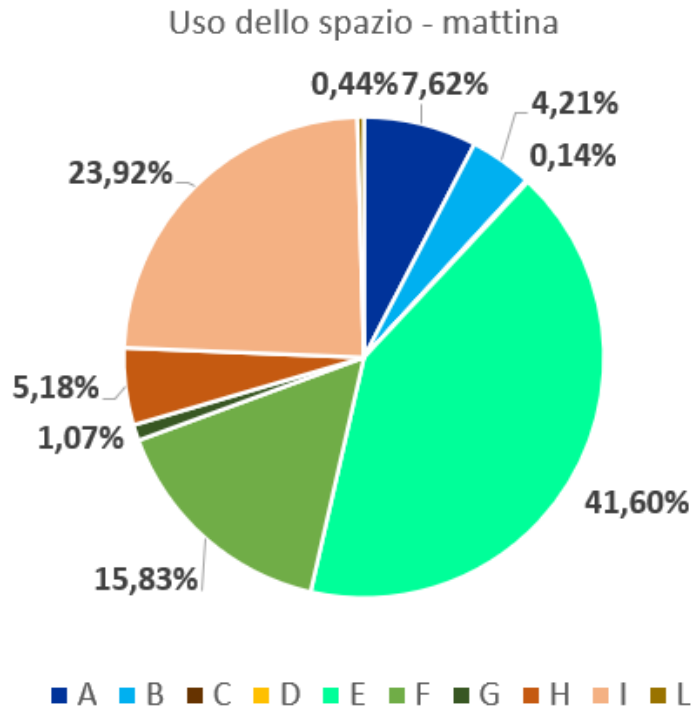


Grafico 3. Grafico a torta che illustra le percentuali di utilizzo delle zone dell'enclosure nella mattina.

Invece, nell'arco del pomeriggio, gli esemplari occupano la zona A per l' 8.52% del tempo, la zona B per l'1.63%, la zona C per lo 0.49%, la zona D per lo 0.12%, la zona E per il 19.31%, la zona F per il 13.75%, la zona G per il 4.15%, la zona H per il 6.9%, la zona I per il 45.04% e la zona L per lo 0.1% (Grafico 4).

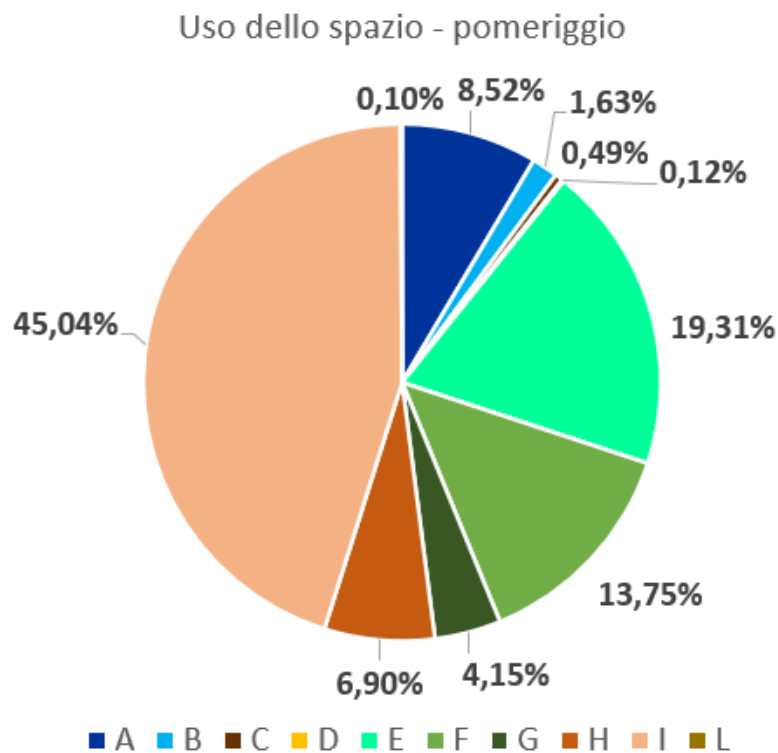


Grafico 4. Grafico a torta che illustra le percentuali di utilizzo delle zone dell' dell' *enclosure* nel pomeriggio..

Dall'analisi dello *Spread of Participation Index*, effettuata su tutto il gruppo di individui, è emerso che nella mattina l'indice ha un valore di 0.47 e nel pomeriggio un valore di 0.413. Misurato l'indice sull'intera giornata, risulta che relativamente ai maschi assume un valore di 0.417 e per le femmine di 0.615.

8. DISCUSSIONE

Lo studio presentato in questo elaborato è incentrato sulla valutazione del benessere della colonia di pinguini africani (*Spheniscus demersus*) ospitata presso il Giardino Zoologico di Pistoia, attraverso l'analisi del comportamento degli individui e dell'uso che essi fanno dello spazio.

I pinguini della colonia mettono in atto un'ampia varietà di comportamenti tipici della specie e non è stata riscontrata la presenza di comportamenti anomali.

Dall'analisi del time budget è emerso che, durante la mattina, gli individui spendono quasi un terzo del tempo in assenza di attività (*inactive*, 30% del time budget). Il tempo restante lo dedicano prevalentemente alle categorie comportamentali *locomotion*, *self-directed*, *swimming* e *vigilance*.

Nel pomeriggio vi è una tendenza simile, con un ulteriore aumento del lasso di tempo che i pinguini trascorrono inattivi (con una percentuale di *inactive* pari al 35% del time budget).

I risultati ottenuti confermano sia quelli emersi da uno studio precedente effettuato sulla stessa colonia (Gessini, 2018), sia quelli riscontrati in una ricerca effettuata su una colonia differente, presso Zoom Torino (Carnovale *et al.*, 2014). Contrariamente a ciò, da uno studio effettuato presso il Giardino Zoologico di Pistoia nel 2017 è emerso che la categoria *vigilance* fosse quella preponderante (Carretta, 2017). Questa differenza è attribuibile al fatto che i soggetti erano stati recentemente trasferiti nell'attuale *enclosure*. I pinguini, appena trasferiti nel nuovo *exhibit*, sono andati incontro a un periodo di ambientamento, nel quale trascorrevano lunghi periodi di tempo in gruppo in prossimità delle vasche. Si imputa quindi a queste dinamiche l'aumento del livello di vigilanza, a discapito degli altri moduli comportamentali.

Le due raccolte dati effettuate negli anni passati nel nuovo *exhibit* (Carretta, 2017; Gessini, 2018) hanno evidenziato la differenza nella ripartizione dei diversi moduli comportamentali, mostrando come la colonia abbia attraversato un periodo di assestamento, nel quale la durata relativa dei comportamenti ha subito delle modifiche temporanee, per poi assumere un nuovo *pattern* e stabilizzarsi, come ulteriormente confermato dallo studio presente.

L'impatto del trasferimento della colonia sul *pattern* comportamentale è probabilmente imputabile anche alla notevole differenza in termini di dimensioni dell'area destinata all'alloggio della colonia. La nuova area presenta una superficie sei volte più estesa rispetto alla precedente ed è probabilmente in grado di garantire agli individui una distanza più

adeguata da eventuali fattori di disturbo presenti all'esterno dell'*exhibit* (rumore, visitatori, etc.), oltre che una maggiore possibilità di scelta in termini di spazio, nidi e rifugi, agevolando il riposo degli animali (Gessini, 2018). Le stesse dinamiche sembrano presentarsi nei pinguini in natura. Uno studio condotto su quattro colonie di *Spheniscus demersus* in Sud Africa ha indagato gli effetti dell'ecoturismo sui pinguini, riscontrando come la presenza dell'uomo possa rappresentare un fattore di disturbo, causando stress negli individui, e ipotizzando una correlazione tra l'aggressività degli esemplari e l'esposizione ai turisti. Perciò si rende necessario strutturare le colonie in modo tale da garantire la disponibilità di spazi ampi e permettere ai pinguini di riposare in aree non disturbate dalla presenza umana (Pichegru *et al.*, 2016).

L'analisi statistica portata a termine ha permesso di evidenziare l'influenza esercitata da fattori ambientali, momento della giornata, rumore e presenza di pubblico sull'espressione delle principali categorie comportamentali. È emerso che le categorie *feeding*, *locomotion* e *swimming* sono maggiormente espresse durante la mattina, mentre la loro manifestazione diminuisce durante l'arco della giornata.

È risultato che un elevato numero di visitatori e un alto tasso di rumore incidono negativamente sull'attività dei soggetti, per cui i pinguini tendono ad essere più frequentemente inattivi all'aumentare del numero di visitatori e del rumore. È interessante notare come in uno studio precedente effettuato su *Pygoscelis papua* e *Spheniscus demersus* sia emerso che la presenza dell'essere umano può invece causare un aumento della vigilanza e dell'attività della colonia, specialmente a fronte di un alto numero di visitatori (Warren *et al.*, 2003).

Nello studio di Warren e colleghi (2003), gli autori hanno effettuato un "*disturbance experiment*" con l'obiettivo di indagare la risposta comportamentale degli esemplari nel momento in cui una persona sconosciuta camminava attraverso l'*enclosure*. È stato osservato che durante l'esperimento gli esemplari aumentavano drasticamente l'attività di locomozione e, non appena l'individuo usciva dall'area dei pinguini, la vigilanza diventava l'attività predominante.

Al contempo, bisogna considerare la possibilità che l'interazione con l'essere umano possa avere un impatto positivo sugli animali, in quanto la presenza dei visitatori può indurre un aumento dell'attività e un miglioramento del *fitness* fisico dei pinguini, così come è stato dimostrato in uno studio effettuato su una colonia di pinguini di Humboldt (Condon *et al.*, 2003).

Un basso tasso di umidità e basse temperature ambientali e dell'acqua favoriscono la manifestazione delle categorie *self-directed* e *human-penguin interaction*, e allo stesso modo condizionano l'espressione della categoria *swimming*. Questi risultati sono coerenti con quanto osservato nello studio di Rabazzi (2015), condotto sulla stessa colonia nel 2015. L'autore aveva osservato che con l'aumentare dell'umidità relativa la colonia trascorrevà un quantitativo di tempo maggiore in *resting*. Al contrario, la ricerca di Carretta (2017) ha riscontrato l'esistenza di correlazioni statisticamente positive tra la temperatura e il comportamento di *locomotion* e *swimming*.

In natura, la ragione principale per cui gli individui entrano in acqua è l'alimentazione (De La Puente *et al.*, 2013). In cattività, invece, l'alimentazione viene eseguita a mano e questo induce i pinguini a spendere meno tempo in acqua (Clarke, 2003; Marshall *et al.*, 2016). Alimentare gli individui fuori dalle vasche permette di distribuire il cibo equamente tra gli esemplari e di somministrare i supplementi necessari, ma al contempo alimentarli in vasca motiverebbe i pinguini a nuotare e dedicarsi maggiormente all'attività acquatica (Marshall *et al.*, 2016), per cui quando possibile sarebbe appropriato adottare questo metodo (Goodenough, 2023). Oltretutto, sarebbe interessante valutare l'inserimento di arricchimenti in vasca per stimolare gli animali a dedicarsi al nuoto più frequentemente. In uno studio effettuato presso lo zoo di Cincinnati (Kinley, 2010), si è dimostrato che l'introduzione di giochi e la liberazione di pesce vivo nelle vasche ha aumentato notevolmente il tempo dedicato dalla colonia alla natazione. Questi risultati fanno riflettere sulla possibilità di inserire nuovi tipi di arricchimento per stimolare i pinguini ad entrare in acqua più frequentemente, anche in momenti diversi dall'alimentazione. Inoltre, ridurre la pendenza del terreno all'entrata delle vasche potrebbe essere un incentivo per gli individui anziani ad accedervi e dedicare più tempo alla natazione. È interessante notare che, dall'analisi statistica effettuata, non emerge alcuna relazione tra il nuoto e il numero di visitatori, nonostante, grazie alla presenza di ampie vetrate, le vasche siano molto vicine alle aree in cui i turisti si fermano a guardare i pinguini nuotare. Lo stesso risultato è emerso dallo studio di Carretta (2017), in cui non si è riscontrata un'influenza della presenza del pubblico sull'attività del nuoto. Contrariamente, dalla ricerca di Ozella (2015) effettuata presso Zoom Torino è emerso un uso minore della vasca da parte dei pinguini africani in presenza dell'uomo nella piscina adiacente, dove i visitatori potevano immergersi. Al contempo, è stato osservato un graduale adattamento degli animali alla presenza dell'uomo; difatti, è aumentata la presenza dei pinguini nella vasca durante l'ultimo periodo di osservazione ed è stato dimostrato che la durata dell'attività di nuoto non fosse più influenzata dalla presenza

dei visitatori (Ozella, 2015). La differenza sostanziale tra il Giardino Zoologico di Pistoia e Zoom Torino è che in quest'ultimo i visitatori hanno la possibilità di immergersi e nuotare nella piscina contigua alla vasca dei pinguini, separati solo da una vetrata, mentre a Pistoia i visitatori possono solo guardare i pinguini dalle postazioni prossime all'*enclosure*. Si potrebbe quindi attribuire a questa maggiore distanza tra i pinguini e l'essere umano il fatto che nella ricerca di Carretta e nel presente studio non sia stata riscontrata alcuna relazione tra la presenza dei visitatori e l'attività acquatica degli animali.

In uno studio effettuato presso il Dingle Aquarium, invece, si è valutato l'effetto della presenza dei visitatori su una colonia di pinguini Papua: i risultati indicano che la presenza dei visitatori influisce sui livelli di diversità comportamentale, nel senso che un numero maggiore di visitatori è associato a un maggiore utilizzo della vasca da parte dei pinguini (Collins *et al.*, 2016).

Uno studio effettuato sul pinguino Humboldt sottolinea l'importanza di raccogliere dati nel lungo periodo, in quanto negli individui in cattività si sono riscontrati differenti livelli dell'attività acquatica nei diversi periodi dell'anno (Goodenough, 2023).

Un altro studio comparativo tra colonie di *Spheniscus humboldti* in cattività ha evidenziato come la percentuale di tempo dedicata dagli animali alle attività acquatiche vari notevolmente a seconda della struttura ospitante (Marshall *et al.*, 2016). Questa percentuale risulta essere influenzata da diversi fattori: in primo luogo dalla superficie totale a disposizione per esemplare nell'*exhibit*, successivamente dalla superficie emersa calpestabile, e, infine, in maniera scarsamente significativa, dalla superficie della vasca per pinguino. Questo dimostra che per favorire il comportamento di nuoto ed aumentare il suo peso nell'*activity budget*, lo spazio è una variabile predittiva, ma non l'unica da prendere in considerazione (Marshall *et al.*, 2016).

Per quanto riguarda le categorie comportamentali *locomotion* e *vigilance*, è emersa una differenza significativa a seconda dell'età del soggetto. In entrambi i casi, gli individui anziani mostrano una ridotta espressione di questi comportamenti rispetto agli individui giovani ed adulti. Questo risultato si discosta da quanto emerso dallo studio di Rabazzi (2015), effettuato presso il Giardino Zoologico di Pistoia, in cui non è stata evidenziata una differenza statisticamente significativa nella locomozione tra giovani, adulti ed anziani.

Studi precedenti dimostrano come la vigilanza subisca variazioni intra- e inter-specifiche in relazione alla situazione che gli individui di un gruppo si trovano ad affrontare (Mettke-Hofmann, 2021), ma è anche stato dimostrato che tale comportamento è influenzato dall'età.

La maggior parte delle ricerche dimostra che gli individui giovani tendono a manifestare in misura ridotta il comportamento, a causa della loro inesperienza o per predilezione di altri comportamenti. Secondo alcuni studi, invece, i giovani di altre specie risultano esprimere il comportamento di vigilanza più frequentemente, probabilmente a causa del loro stato di maggiore vulnerabilità (Mettke-Hofmann, 2021). Uno studio effettuato sull'Aquila di mare testabianca (*Haliaeetus leucocephalus*) dimostra che gli individui adulti risultano mettere in atto in maniera più frequente il comportamento di vigilanza rispetto ai giovani, e, al contempo, che la sua manifestazione aumenta nel momento in cui gli esemplari si trovano in aree dove vi è la cospicua presenza dell'uomo (Knight, 1986). Quest'ultima ricerca conferma come il comportamento di vigilanza sia influenzato sia dalla situazione in cui si trovano gli esemplari sia dalla loro età. Nel caso del presente studio, la ragione per cui gli anziani riducono la frequenza del comportamento di locomozione e vigilanza, potrebbe essere legata, oltre che alla fisiologica riduzione di energie, anche al fatto di avere maggiore esperienza e conoscenza dell'*enclosure* in cui vivono, ambiente privo da minacce predatorie, dove non vi è la necessità di procurarsi il cibo né il rischio che questo venga loro sottratto.

Dalle analisi effettuate sull'utilizzo dello spazio, è emerso che i pinguini non utilizzano equamente tutto lo spazio disponibile. Tale risultato era prevedibile, in quanto, per esempio, le coppie di pinguini tendono a spendere molto tempo in prossimità dei nidi, soprattutto durante l'incubazione delle uova (Favaro, 2017).

È risultato che durante la mattina, gli individui utilizzano soprattutto la zona E (caratterizzata da un ambiente roccioso), la zona I (anch'essa rocciosa, con una cospicua presenza di nidi) e la zona F (in cui l'ambiente roccioso è affiancato da una fitta vegetazione).

Nel pomeriggio, gli individui mostrano una netta preferenza per l'utilizzo della zona I (occupata per il 45% del tempo), seguita dalla zona E (19%) e dalla zona F (14%).

Alla luce dei risultati dello studio, si suggerisce di utilizzare un maggior numero e una maggior varietà di arricchimenti, utili per stimolare i soggetti della colonia ad esplorare maggiormente l'ambiente circostante e a manifestare comportamenti di gioco e di foraggiamento, aumentando nel complesso l'attività degli individui e l'utilizzo dello spazio disponibile nell'*enclosure*. È inoltre raccomandata l'aggiunta di vegetazione, in quanto questa può essere utile a creare delle barriere visive e sonore, così come a isolare termicamente una determinata area e favorire una condizione di comfort dei soggetti.

Questo studio ha permesso di valutare, per la prima volta, la varietà del repertorio comportamentale come indice positivo di benessere. Tuttavia, lo studio è stato condotto su un singolo gruppo di esemplari, nel periodo compreso tra il 30 settembre e il 27 ottobre 2021. Sarebbe interessante, in futuro, ripetere lo studio per un periodo di tempo maggiore e ampliare il campione, raccogliendo dati anche su altre colonie di pinguini.

In conclusione, l'elaborato presente mette in evidenza l'importanza di applicare un approccio integrato alla valutazione del benessere animale per ottimizzare l'esperienza di vita del pinguino sudafricano in cattività, basando la strutturazione dell'*enclosure* e la gestione zootecnica sui dati emersi da studi scientifici. I risultati del lavoro saranno inviati al coordinatore del programma EAZA sul pinguino africano, con lo scopo di implementare il benessere animale della specie e favorirne il successo riproduttivo in ambiente controllato.

9. BIBLIOGRAFIA

- Altmann J.** 1974. Observational study of behavior: sampling methods. 90 *Journal of Zoo and Aquarium Research* 4(2) 2016 Behaviour 49: 227–266.
- Anfossi L, Ozella L, Di Nardo F, Giovannoli C, Passini C, Favaro L, Baggiani C.** 2014. A broad-selective enzyme immunoassay for non-invasive stress assessment in African penguins (*Spheniscus demersus*) held in captivity. *Analytical Methods* 6(20): 8222-8231.
- AZA Penguin Taxon Advisory Group.** 2014. Penguin (Spheniscidae) Care Manual. Silver Spring, MD: Association of Zoos and Aquariums.
- Barham PJ, Underhill LG, Crawford RJM, Leshoro TM.** 2007. Differences in breeding success between African Penguins (*Spheniscus demersus*) that were and were not oiled in the MV Treasure oil-spill in 2000. *Emu* 107: 7-13.
- Barnett JL, Hemsworth PH.** 1990. The validity of physiological and behavioral measures of animal welfare. *Applied Animal Behavior Science* 25: 177-187 [http://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90079-S](http://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90079-S)
- Battistini G, Paredes R.** 1999. Nesting habits and nest characteristics of Humboldt penguins at Punta San Juan, Peru. In: *Penguin Conservation*, 12(1): 12-9.
- Berghammer EL.** 2004. *Effects of enclosure design on the behavior and physiology of the captive grizzly bear.* University of Wisconsin – Platteville.
- BirdLife International.** 2020. *Spheniscus demersus.* *The IUCN Red List of Threatened Species* 2020: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20203.RLTS.T22697810A157423361.en>
- Boersma PD.** 1991. Nesting sites for Spheniscus penguins. In: *Penguin Conservation*, 4(1): 8- 9.
- Borboroglu PG, Boersma PD.** 2013. Penguins Natural history and conservation. University of Washington press, Seattle, 328 pp.
- Brando S, Buchanan-Smith HM.** 2017. *The 24/7 approach to promoting optimal welfare for captive wild animals.* Behavioural Processes, 74 pp.
- Brando S, Buchanan-Smith HM.** 2018. The 24/7 approach topromoting optimal welfare for captive wild animals. Behavioural Processes, 156,83. <http://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.09.010>

Brandt. 1837. WoRMS (2023). *Eudyptes chrysolophus*.

<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=212658>

Broom DM. 1991. Animal welfare: concepts and measurement. *Journal of Animal Science* 69: 4167-4175.

Broom DM, Johnson KG. 1993. Stress and Animal Welfare. Chapman e Hall, London.

Buller. 1888. WoRMS (2023). *Eudyptes sclateri*.

<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225987>

Carnovale I, Pessani D, Ozella L. 2014. Analisi delle categorie comportamentali come strumento per la conservazione ex situ: Il caso del pinguino africano (*Spheniscus demersus*). Tesi di Laurea Magistrale in Biologia dell'Ambiente, Università degli Studi di Torino.

Carretta V, Valsecchi P, Bandoli F. 2017. Il pinguino africano (*Spheniscus demersus*) in ambiente controllato: analisi del comportamento prima e dopo il trasferimento in una nuova area. Tesi di laurea Magistrale in Ecologia e Conservazione della Natura, Università di Parma.

Chrousos GP. 1996. (eds) *Stress: Basic Mechanisms and Clinical Implications (Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 771)*. New York Academy of Sciences, New York, USA.

Clarke AG. 2003. *Factors affecting pool use by captive Humboldt penguins (spheniscus humboldti)*. In: *Proceedings of the 5th Annual Symposium on Zoo Research, Marwell Zoological Park, Winchester, UK, 7-8th July 2003*, 190-204. Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland.

Cochrane KL. 2007. Results and Conclusions of the Project" Ecosystem Approaches for Fisheries Management in the Benguela Current Large Marine Ecosystem" (No. 1026). Food & Agriculture Org.

Colborn DR, Thompson DL, Roth TL, Capehart JS, White KL. 1991. Responses of cortisol and prolactin to sexual excitement and stress in stallions and geldings. *Journal of Animal Science* 69:2556-2562.

Collins S, Campbell KJ, Danielle FD, Sarah S, Parsons NJ. 2016. *Sex determination of African Penguins Spheniscus demersus using bill measurements: method comparisons and implications for use*. Ostrich: Journal of African Ornithology 87(1): 47-55.

Condon E, Wehnelt S, Turner Z. 2003. The effect of visitors on the behavior of 196 Humboldt's penguins at Chester Zoo. *Zoo Federation Research Newsletter*, 4(2), 3.

Cooper J. 1977. Energetic requirements for growth of the jackass penguin. *African Zoology* 12(1): 201-213.

Cooper J. 1978. Moulting of the black-footed penguin. *International Zoo Yearbook* 18: 22–27.

Cooper J, Nicol C. 1996. Stereotypic behaviour in in wild caught and laboratory bred bank voles (*Clethrionomys glareolus*). *Animal Welfare*, 5: 245-57.

Crawford RJM, Boonstra HGvD. 1994. Counts of moulting and breeding Jackass Penguins *Spheniscus demersus*: a comparison at Robben Island, 1987-1993. *Marine Ornithology* 22: 213- 219.

Crawford RJM, Boonstra HGvD, Dyer BM, Upfold L. 1995. Recolonization of Robben Island by African Penguins, 1983–1992. In: Dann P, Norman I, Reilly P (eds). *The Penguins: Ecology and Management*. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton, NSW, pp 333–363.

Crawford RM, Shannon LJ, Whittington PA. 1999. Population dynamics of the African Penguin *Spheniscus demersus* at Robben Island, South Africa. *Marine Ornithology* 27: 139– 147.

Crawford RJM, David JHM, Shannon LJ, Kemper J, Klages NTW, Roux JP, Wolvaardt AC. 2001. African penguins as predators and prey-coping (or not) with change. *African Journal of Marine Science* 23: 435-447.

Crawford RJM, Altwegg R, Barham BJ, Barham PJ, Durant JM, Dyer, BM, Geldenhuys D, Makhado AB, Pichegru L, Ryan PG, Underhill, LG, Upfold L, Visagie J, Waller LJ, Whittington PA. 2011. Collapse of South Africa's penguins in the early 21st century. *African Journal of Marine Science* 33(1): 139– 156.

Crawford RJM, Kemper J, Underhill LG. 2013. African penguin *Spheniscus demersus*. In: Garcia-Borboroglu P, Boersma PD (eds) *Penguins: Natural History and Conservation*. University of Washington Press, Seattle, WA, pp 211–231.

Crawford RJM, Makhado AB, Waller LJ, Whittington PA. 2014. Winners and losers – responses to recent environmental change by South African seabirds that compete with purse-seine fisheries for food. *Ostrich* 85: 111–117.

Crawford R, Ellenberg U, Frere E, Hagen C, Baird K, Brewin P, Crofts S, Glass J, Mattern T, Pompert J, Ross K, Kemper J, Ludynia K, Richard B, Mangel JC, Bugoni L, Uzcátegui GJ, Simeone A, Luna-Jorquera G, Gandini P, Woehler, EJ, Pütz K, Dann P, Chiaradia A, Small C. 2017. Tangled

and drowned: a global review of penguin bycatch in fisheries. *Endangered Species Research* 34: 373–396.

Crissey SD. 1998. *Handling fish fed to fish-eating animals. A manual of standard operating procedures.* USDA.

Croxall JP. 1992. Southern Ocean environmental changes: effects on seabird, seal and whale populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 338: 319-328.

Currie H, Grobler CA, Kemper J. 2009. Namibian Islands' Marine Protected Area. Concept note, background document and management proposal for the declaration of Marine Protected Areas on and around the Namibian offshore islands and adjacent coastal area. Ministry of Fisheries and Marine Resources, Namibia.

Cury P, Roy C. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46(4): 670-680.

Cuthbert FJ. 1985. Mate retention in Caspian terns. *Condor*, 74-78.

Dawkins MS. 1990. From an animal's point of view: motivation, fitness and animal welfare. *Behavioral and Brain Sciences* 13: 1-61.

Dawkins MS. 1998. Evolution and Animal Welfare. *The Quarterly Review of Biology*, Sep., 1998, Vol. 73, No. 3 (Sep., 1998), pp. 305-328.

De La Puente S, Bussalleu A, Cardeña M, Valdés-Velasquez A, Majluf P, Simeone A. 2013. Humboldt penguin (*Spheniscus humboldti*). In P. Garcia-Borboroglu & P. D. Boersma (Eds.), *Penguins: Natural history and conservation* (pp. 265–283). Seattle: University of Washington Press.

Del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J. 1992. *Handbook of the birds of the world.* Vol.1 Lynx Edicions. Barcelona.

EAZA *Spheniscus penguin husbandry manual.* 2016.

Eggleton P, Siegfried WR. 1979. Displays of the jackass penguin. *Ostrich* 50(3): 139-167.

Erasmus T, and Smith D. 1974. Temperature regulation of young jackass penguin, *Spheniscus demersus*. *Zoologica Africana*, 9: 195-203.

Erasmus T, Randall RM, Randall BM. 1981. Oil pollution, insulation and body temperatures in the jackass penguin *Spheniscus demersus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 69 (1) pp 169-171.

Erlacher-Reid C, Dunn JL, Camp T, Macha, L, Mazzaro L, Tuttle AD. 2012. Evaluation of potential variables contributing to the development and duration of plantar lesions in a population of aquarium - maintained African penguins (*Spheniscus demersus*). *Zoo biology* 31(3): 291-305.

Erwin L, Deni R. 1979. Strangers in a strange land: Abnormal behaviors or abnormal environments? In: *Captivity and behavior: Primates in breeding colonies, laboratories and zoos*. 1-28.

Favaro L, Gamba M, Gili C, Pessani D. 2017. Acoustic correlates of body size and individual identity in banded penguins. *PLOS ONE*, 12(2), e0170001. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170001>

FAWC. 2009. *Farm Animal Welfare in Great Britain: Past, Present and Future*, 70pp. London, UK: Farm Animal Welfare Council. Available at: <http://www.fawc.org.uk/pdf/ppfreport091012.pdf>

Finsch, 1876. WoRMS (2023). *Eudyptes schlegeli*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225926>

Forster. 1781. WoRMS (2023). *Eudyptes chrysocome*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=212657>

Forster. 1781. WoRMS (2023). *Eudyptula minor*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225932>

Forster. 1781. WoRMS (2023). *Pygoscelis antarcticus*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225783>

Forster. 1781. WoRMS (2023). *Pygoscelis papua*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225777>

Forster. 1781. WoRMS (2023). *Spheniscus magellanicus*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225782>

Fowler GS, Fowler ME. 2001. Order Sphenisciformes (penguins). In: John Wiley & Sons (ed) *Biology, medicine, and surgery of South American wild animals*, pp 53-64.

Fraser D, Weary DM, Pajor EA, Milligan BM. 1997. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare*, 6: 187-205.

Fraser D. 2008. *Understanding Animal Welfare: the Science in its Cultural Context*. Wiley Blackwell:UFAW Animal Welfare Series.

Ginn HB, Melville DS. 1983. Molt in birds. In: *Guide 19* p 112. British Trust for Ornithology, Tring, UK.

Gessini M, Santini G, Bandoli F. 2018. Monitoraggio del benessere di una colonia ex situ di pinguini africani (*Spheniscus demersus*) attraverso l'analisi di parametri etologici. Corso di Laurea in Biologia. Università degli studi di Firenze.

Goodenough AE, Sewell A, McDonald K. 2023. Behavioural patterns in zoo-housed Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) revealed using long-term keeper-collected data: Validation of approaches and improved husbandry. <http://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105811>

Government Gazette. 2019. Vol 652, No. 42775, part 1 of 6.

Gray. 1844. WoRMS (2023). *Aptenodytes forsteri*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225773>

Gray. 1845. WoRMS (2023). *Eudyptes pachyrhynchus*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225971>

Groscolas R, Cherel Y. 1991. How to molt while fasting in the cold: the metabolic and hormonal adaptations of Emperor and King penguins. *Ornis Scandinavica (Scandinavian Journal of Ornithology)* 23: 328–334.

Hanes S. 2006. *Penguins get a helping home from fiberglass 'igloos'*, The Christian Science Monitor.

Harrison JA, Allan DG, Underhill LG, Herremans M, Tree AJ, Parker V, Brown CJ. 1997. *The atlas of southern African birds*. BirdLife South Africa, Johannesburg.

Hinde RA. 1976. Interactions, relationships and social structure. *Man*, 11, 1-17.

Held SD, Špinko M. 2011. Animal play and animal welfare. *Animal behaviour* 81(5): 891-899.

Hockey PA. 2001. *The African Penguin: a natural history*. Struik Publishers, Cape Town, South Africa.

Hockey PA, Dean WRJ, Ryan PG. 2005. Roberts' Birds of Southern Africa, 7th ed. John Voelcker Bird Book Fund, Cape Town.

Hombron & Jacquinot. 1841. WoRMS (2023). *Megadyptes antipodes*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225968>

Hombron & Jacquinot. 1841. WoRMS (2023). *Pygoscelis adeliae*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225757>

Honess P, Wolfensohn S. 2010. The Extended Welfare Assessment Grid: A Matrix for the Assessment of Welfare and Cumulative Suffering in Experimental Animals ATLA 38 205-212

Hosey GR. 2008. A preliminary model of human-animal relationship in the zoo. *Applied Animal Behaviour Science*, 109(2): 105-27.

Hosey G, Melfi V, Pankhurst S. 2009. Zoo Animals-Behaviour. Management, and Welfare. Oxford University Press.

Hosey G, Melfi V, Pankhurst S. 2013. Zoo animals. Behavior, management and welfare. Oxford University Press, Oxford.

Hosey G, Melfi V. 2019. Introduction in anthrozoology: human-animal interactions in domesticated and wild animals, Oxford University press.

Kemper J, Roux JC. 2005. Of squeezers and skippers: factors determining the age at moult of immature African Penguins *Spheniscus demersus* in Namibia. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919x.2005.00410.x>.

Kemper J, Roux JP, Underhill LG. 2008. Effect of age and breeding status on molt phenology of adult African penguins (*Spheniscus demersus*) in Namibia. *The Auk*, 125(4), 809-819.

Kemper J, Underhill LG, Crawford RJM, Roux JP. 2007. Revision of the conservation status of seabirds and seals in the Benguela ecosystem. In: Kirkman SP (ed.) *Final Report of the BCLME (Benguela Current Large Marine Ecosystem) Project on Top Predators as Biological Indicators of Ecosystem Change in the BCLME*. Avian Demography Unit, Cape Town, pp 325–342.

Kerley T. 1987a. Cleaning and rehabilitation of oiled jackass penguins. *South African Journal of Wildlife Research-24-month delayed open access*, 17(2): 64-70.

Kerley GI, Erasmus T. 1987b. The management of oiled penguins. In: *International Oil Spill Conference* (Vol. 1987, No. 1, pp 465-468). American Petroleum Institute.

Kinley R. 2010. *Conditioning sedentary captive penguins for increased swimming time*. The Cambridge Center for Behavioral Studies.

Knight SK, Knight RL. 1986. Vigilance Patterns of Bald Eagles Feeding in Groups. *The Auk*, 103(2), 263-272. <https://doi.org/10.1093/auk/103.2.263>

Johannesen E, Steen H, Perriman L. 2002. Seasonal variation in survival, weights, and population counts of blue penguins (*Eudyptula minor*) in Otago, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* 29: 213–219.

Lei BR, Green JA, Pichegru L. 2014. Extreme microclimate conditions in artificial nests for endangered African penguins. *Bird Conservation International* 24: 201–213.

Linnaeus. 1758. WoRMS (2023). *Spheniscus demersus*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=212659>

Linzmeier D. 2002. Drum prüfe, wer sich ewig bindet... Partnerwahl bei Humboldt Pinguinen. In: *Zeitschrift der Koelner Zoo* 39, 161-169.

Ludynia K, Roux J-P, Jones R, Kemper J, Underhill LG. 2010. Surviving off junk: lowenergy prey dominates the diet of African Penguins *Spheniscus demersus* at Mercury Island, Namibia, between 1996–2009. *African Journal of Marine Science* 32: 563–572.

Ludynia K, Kemper J, Roux J-P. 2012. The Namibian Islands' Marine Protected Area: using seabird tracking data to define boundaries and assess their adequacy. *Biology Conservation* 156: 136–145.

Makhado AB, Crawford RJM, Waller LJ, Underhill LG. 2013. An assessment of the impact of predation by Cape fur seals *Arctocephalus pusillus pusillus* on seabirds at Dyer Island, South Africa. *Ostrich* 84: 191–198.

Marshall AR, Deere NJ, Little HA, Snipp R, Goulder J, Mayer-Clarke S. 2016. Husbandry and enclosure influences on penguin behavior and conservation breeding. *Zoo biology* 35(5): 385-397.

Mason GJ. 1991. Stereotypies and suffering. *Behavioural Processes* 25(2--3): 103-115.

Mason GJ, Latham N. 2004. Can't stop, won't stop: is stereotypy a reliable animal welfare indicator? *Animal Welfare* 13: S57-69.

Mason GJ, Rushen J. 2006. *Stereotypic animal behaviour. Fundamentals and applications to welfare* – 2nd; CABI, Wallingford.

Mathews & Iredale. 1921. WoRMS (2023). *Eudyptes moseleyi*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=405087>

McCulloch SP. 2013. A critique of FACW's Five Freedoms as a framework for the analysis of animal welfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 26 (5). 959-975.

Marks MA, Brooke RK, Gildenhuis AM. 1997. Cape fur seal *Arctocephalus pusillus* predation on Cape Cormorants *Phalacrocorax capensis* and other birds at Dyer Island, South Africa. *Mar Ornithol* 25:9–12.
<http://hdl.handle.net/1834/721>

Mellor DJ, Reid CSW. 1994. Concepts of animal well-being and predicting the impact of procedures on experimental animals. *Improving the well-being of animals in the research environment*, 3-18.

Mellor D. 2016. Updating animal welfare thinking: Moving beyond the “Five Freedoms” towards “a Life Worth Living”. *Animals* 6(3): 21.

Mellor DJ, Beausoleil NJ, Littlewood KE, McLean AN, McGreevy PD, Jones B, Wilkins C. 2020. The 2020 Five Domains Model: Including Human–Animal Interactions in Assessments of Animal Welfare. *Animals*; 10(10):1870. <https://doi.org/10.3390/ani10101870>.

Mettke-Hofmann C. 2021. Morph Composition Matters in the Gouldian Finch (*Chloebia gouldiae*): Involvement of Red-Headed Birds Increases Vigilance. *Birds*, 2(4), 404-414.
<https://doi.org/10.3390/birds2040030>

Meyen. 1834. WoRMS (2023). *Spheniscus humboldti*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=293019>

Miller. 1778. WoRMS (2023). *Aptenodytes patagonicus*.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=212656>

Montaudouin S, Le Pape G. 2005. Comparison between 28 zoological parks: stereotypic and social behaviours of captive brown bears (*Ursus arctos*), *Appl. Anim. Behav. Sci.*

<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.10.015>

Newton I. 2009. Moulting and plumage. *Ringed & Migration*, 24(3), 220-226.

Odberg F. 1978. Abnormal behaviours: stereotypies. In: *Proceedings of the first world congress on ethology applied to zootechnics*, pp 475-480. Madrid, Spain.

Oliver. 1953. WoRMS (2023). *Eudyptes robustus*.

<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=225944>

Otsuka R, Machida T, Wada M. 2000. Hormonal correlations at transition from reproduction to molting in an annual life cycle of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*). *General and Comparative Endocrinology* 135: 175-185.

Ozella L, Favaro L, Carnovale I, Pessani D. 2015. Pond Use by Captive African Penguins (*Spheniscus demersus*) in an Immersive Exhibit Adjacent to Human Bathers, *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 18:3, 303-309, DOI: 10.1080/10888705.2014.977384.

Petersen SL, Ryan PG, Gremillet D. 2006. Is food availability limiting African Penguins *Spheniscus demersus* at Boulders? A comparison of foraging effort at mainland and island colonies. *Ibis* 148: 14–26.

Petit T. 1997. Penguin malaria survey. In: *EEP Yearbook 1996-1997*, 481-2.

Petretti F. 2003. *Gestione della fauna: il management delle popolazioni animali negli ambienti naturali, agricoli e urbanizzati*. Edagricole, Bologna, Italia.

Pichegru L, Ryan PG, Le Bohec C, van der Lingen CD, Navarro R, Petersen S, Lewis S, van der Westhuizen J, Grémillet D. 2009. Overlap between vulnerable top predators and fisheries in the Benguela upwelling system: implications for marine protected areas. *Marine Ecology Progress Series* 391: 199–208.

Pichegru L, Grémillet D, Crawford RJM, Ryan PG. 2010. Marine no-take zone rapidly benefits endangered penguin. *Biology Letters*: doi:10.1098/rsbl.2009.0913.

Pichegru L, Ryan PG, van Eeden R, Reid T, Grémillet D, Wanless R. 2012. Industrial fishing, no-take zones and endangered penguins. *Biology Conservation*. 156: 117–125.

Pichegru L. 2013a. Increasing breeding success of an endangered penguin: artificial nests or culling predatory gulls? *Bird Conservation International* 23: 296–308.

Pichegru L, Cook T, Handley J, Voogt N, Watermeyer J, Nupen L, McQuaid CD. 2013b. Sex-specific foraging behaviour and field sexing technique for Endangered African penguins. *Endangeres Species Research*. Volu.19: 255-264.

Pinillos RG, Appleby M, Manteca X, Scott-Park F, Smith C, Velarde A. 2016. One Welfare – a platform for improving human and animal welfare.

Poulsen EMB, Honeyman V, Valentine, PA, Teskey GC.1996. Use of fluoxetine for the treatment of stereotypical pacing behavior in a captive polar bear. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 209, 1470–1474.

Rabazzi E, Dessì-Fulgheri F e Bandoli F. 2015. Conservazione ex-situ del pinguino africano: repertorio comportamentale ed effetto dei fattori ambientali sul benessere. Tesi di Laurea Magistrale in Scienze della Natura e dell’Uomo., Università degli studi di Firenze.

Rand RW. 1960. The biology of guano-producing seabirds. 2. The distribution, abundance and feeding habits of the Cape penguin, *Spheniscus demersus*, off the south-western coast of the Cape Province. Investigational Report Sea Fisheries Research Institute South Africa 41: 1–28.

Randall RM. 1983. *Biology of the Jackass Penguin Spheniscus demersus (L.) at St Croix Island, South Africa*. University of Port Elizabeth, South Africa.

Randall RM. 1989. Jackass penguins. In: *Oceans of Life off Southern Africa*. Payne AIL and Crawford RJM (Eds), Cape Town; Vlaeberg: 244-256.

Reisfeld L, Barbirato M, Ippolito L, Cardoso RC, Nichi M, Sgai MGFG, Pizzutto CS. 2013. Reducing bumblefoot lesions in a group of captive Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) with the use of environmental enrichment. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 33(6): 791-5.

Roux J-P, Kemper J, Bartlett PA, Dyer BM, Dundee BL. 2003. *African penguins Spheniscus demersus recolonise a formerly abandoned nesting locality in Namibia*. *Marine Ornithology*, 31: 203- 5.

Rowley I. 1983. Re-mating in birds. *Mate choice*, 331-360.

Sasaki T. 1967. Breeding and care of Humboldt penguins *Spheniscus humboldti* at Kyoto Zoo International Zoo. *Yearbook* 7: 31-32.

Seddon PJ, van Heezik Y. 1993. Chick creching and intraspecific aggression in the jackass penguin (Conglomerado de pichones y agresión intraespecífica en *Spheniscus demersus*). *Journal of Field Ornithology*, 90-95.

Seyle H. 1976. Stress without distress, *May*;56(5):205-10.

Sellera FP, Sabino C, Ribeiro MS, Fernandes LT, Pogliani FC, Teixeira CR, Pereira Dutra GH, Nascimento CL. 2014. Photodynamic therapy for pododermatitis in penguins. *Zoo biology* 33(4): 353-6.

Shelton PA, Crawford RJM, Cooper J, Brooke RK. 1984. Distribution, population size and conservation of the jackass penguin *Spheniscus demersus*, *South African Journal of Marine Science*, 2:1, 217-257, DOI: 10.2989/02577618409504370.

Sherley RB, Barham BJ, Barham PJ, Leshoro TM, Underhill LG. 2012a. Artificial nests enhance the breeding productivity of African Penguins (*Spheniscus demersus*) on Robben Island, South Africa. *Emu* 112: 97–106.

Sherley RB, Ludynia K, Underhill LG, Jones R, Kemper J. 2012b. Storms and heat limit the nest success of bank cormorants: implications of future climate change for a surface-nesting seabird in southern Africa. *Journal of Ornithology* 153: 441–455.

Sherley RB, Abadi F, Ludynia K, Barham BJ, Clark AE, Altwegg R. 2014a. Age-specific survival and movement among major African penguin *Spheniscus demersus* colonies. *Ibis* 156: 716–728.

Sherley RB, Waller LJ, Strauss V, Geldenhuys D, Underhill LG, Parsons NJ. 2014b. Hand-rearing, release and survival of African penguin chicks abandoned before independence by moulting parents. *PLoS ONE* 9(10): e110794.

Sherley RB, Winker H, Altwegg R, van der Lingen CD, Votier SC, Crawford RJM. 2015. Bottom-up effects of a no-take zone on endangered penguin demographics. *Biology Letters* 11: 20150237: 1–4.

Sherley RB, Ludynia K, Dyer BM, Lamont T, Makhado AB, Roux J-P, Scales KL, Underhill LG e Votier SC. 2017. Metapopulation tracking juvenile penguins reveals an ecosystem-wide ecological trap. *Current Biology* 27: 563–568.

Sherley RB, Barham BJ, Barham PJ, Campbell KJ, Crawford RJM, Grigg J, Horswill C, McInnes A, Morris TL, Pichegru L, Steinfurth A, Weller F, Winker H, Votier SC. 2018. Bayesian inference reveals

positive but subtle effects of experimental fishery closures on marine predator demographics. *Proceedings of the Royal Society B*: 285: 20172443.

Sherley RB, Crawford RJM, de Blocq AD, Dyer BM, Geldenhuys D, Hagen C, Kemper J, Makhado AB, Pichegru L, Upfold L, Visagie J, Waller LJ, Winker H. 2019. The conservation status and population decline of the African penguin deconstructed in space and time. Department of Environmental Affairs Forestry and Fisheries: FISHERIES/2019/DEC/SWG-PEL/46.

Sherwen SL, Hemsworth LM, Beausoleil NJ, Embury A, Mellor DJ. 2018. An Animal Welfare Risk Assessment Process for Zoos. *Animals (Basel)*. 2018;8(8):130. doi:10.3390/ani8080130.

Smithson M, Verkuilen J. 2006. A better lemon squeezer? Maximum-likelihood regression with beta-distributed dependent variables. *Psychological Methods*, 11(1), 54–71.

Stokes DL, Boersma PD. 2000. Nesting density and reproductive success in a colonial seabird, the Magellanic penguin. *Ecology* 81(10):2878--2891.

Stonehouse B. 1967. The general biology and thermal balance of penguins. In: Cragg JB (ed.) *Advances in Ecological Research IV*. *Academic Press*, London, pp 131–196.

Stosfkopf MK. 1983. The husbandry and medicine of captive penguins. *Annual proceedings of the American Association of zoo veterinarians*, 81-96.

Szechtman H, Lambrou PJ, Caggiula AR, Redgate ES. 1974. Plasma corticosterone levels during sexual behavior in male rats. *Hormones and Behavior* 5:191-200.

Sundevall. 1871. WoRMS (2023). *Spheniscus mendiculus*.

<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=344001>

Tol L. 2015. Factors impacting the breeding success of African penguins *Spheniscus demersus* on Robben Island. MSc thesis, University of Cape Town.

Underhill LG, Crawford RJM, Wolfaardt AC, Whittington PA, Dyer BM, Leshoro TM, Ruthenberg M, Upfold L, Visagie J. 2006. Regionally coherent trends in colonies of African penguins *Spheniscus demersus* in the Western Cape, South Africa, 1987–2005. *African Journal of Marine Science* 28: 697–704.

Van Eeden RB, Reid T, Ryan PG, Pichegru L. 2016. Fine-scale foraging cues for African Penguins in a highly variable marine environment. *Marine Ecology Progress Series* 543: 257– 271. doi

10.3354/meps11557.

Vianna JA, Fernandes FAN, Frugone MJ, Figueiró HV, Pertierra LR, Noll D, Bi K, Wang-Claypool CY, Lowther A, Parker P. 2020. Genome-wide analyses reveal drivers of penguin diversification. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 117, 22303–22310.

Waller LJ. 2011. The African Penguin *Spheniscus demersus*: conservation and management issues. PhD, University of Cape Town.

Warren I, Parry L, Cuthill I e Barham P. 2003. The effect of human disturbance on captive African (*Spheniscus demersus*) and gentoo (*Pygoscelis papua*) penguins. In S. Dow (Ed.), *proceedings of the Annual Symposium on Zoo Research* (pp114-115). London: Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland.

Webster J. 2005. The assessment and implementation of animal welfare: theory into practice. *Revue Scientifique Et Technique--Office International Des Epizooties* 24(2): 723.

Weller F, Cecchini L-A, Shannon LJ, Sherley RB, Crawford RJM, Altwegg R, Scott L, Stewart T, Jarre A. 2014. A system dynamics approach to modelling multiple drivers of the African penguin population on Robben Island, South Africa. *Ecological Modelling* 277: 38– 56.

Weller F, Sherley RB, Waller LJ, Ludynia K, Geldenhuys D, Shannon LJ, Jarre A. 2016. System dynamics modelling of the endangered African penguin populations on Dyer and Robben islands, South Africa. *Ecological Modelling* 327:44–56.

Williams AJ. 1995. Factors to consider in the capture and transport of penguins. In Barrett, J., Erasmus, Z. & Williams, A.J. (eds) *Proceedings. Coastal Oil Spills: Effect on Penguin Communities and Rehabilitation. Procedures*: 15-1 8. Cape Town: Cape Nature Conservation.

Williams AJ, Cooper J. 1984. Aspects of the breeding biology of the jackass penguin *Spheniscus demersus*. In: Ledger JA (ed.) *Proceedings of the 5th Pan-African Ornithological Congress*. Southern African Ornithological Society, Johannesburg, pp 841–853.

Wilson RP, Wilson MP, McQuaid L. 1986. Group size in African penguins *Spheniscus demersus*. *Ethology* 72: 338–341.

Wolfaardt AC, Underhill LG, Nel DC, Williams AJ, Visagie J. 2008a. Breeding success of African penguins *Spheniscus demersus* at Dassen Island, especially after oiling following the Apollo Sea oil spill. *African Journal of Marine Science* 30: 565–580.

Wolfaardt AC, Underhill LG, Altwegg R, Visagie J. 2008b. Restoration of oiled African Penguins *Spheniscus demersus* a decade after the Apollo Sea oil spill. *African Journal of Marine Science* 30: 421–436.

Wright KLB, Pichegru L, Ryan PG. 2011. Penguins are attracted to dimethyl sulphide at sea. *Journal of Experimental Biology*. 214: 2509–2511.

10. SITOGRAFIA

BIRDLIFE www.birdlife.org

EAZA www.eaza.org

IUCN. 2021 <https://www.iucnredlist.org/species/22697810/157423361>

SANCCOB <https://sanccob.co.za/>

WASA www.waza.org

WelfareTrak <https://www.welfaretrak.org/What-is-WelfareTrak.aspx>

