

ATTI DELL'ATENEO DI SCIENZE, LETTERE ED ARTI DI BERGAMO

Volume LXVI – A.A. 2002-2003

Bergamo, edizioni dell'ateneo, 2004

pp.259-286

ANDREA CORBETTA

Biometria, studio di popolazione e piano di conservazione di *Bufo bufo* (rospo comune) presso il Lago di Endine (Val Cavallina - Bergamo)

Dal 1990 è operativo il Progetto Rospi Lombardia, un intervento diretto alla salvaguardia degli anfibi tramite la difesa degli ambienti di vita e delle popolazioni che, durante la migrazione riproduttiva, sono costrette ad attraversare una sede stradale subendo un'elevata mortalità in grado di alterare gli equilibri ecologici e di provocare locali estinzioni (Ferri,1992a; 1998). L'intervento di difesa anfibi attivo presso il Lago di Endine (BG) dal 1992 rappresenta una delle esperienze più significative, a livello nazionale, sia per la consistenza del fenomeno migratorio sia per le metodologie applicate (Giovine,1993; 1998; 2000a). Il problema che si pone in questa località è dato dall'elevata mortalità degli anfibi che nella fase di migrazione riproduttiva devono attraversare due volte la Strada Provinciale n° 76 che collega i comuni di Casazza, Monasterolo ed Endine, costeggiando interamente il lago sulla sinistra idrografica. In questo studio (Corbetta,2000; Corbetta & Giovine,2002a; 2002b) si è posta l'attenzione su due aspetti fondamentali per la conservazione di *Bufo bufo* (rospo comune): 1) Monitoraggio della popolazione tramite censimento, rilevamento dei parametri morfometrici, modalità e tempi di migrazione; 2) Verifica del funzionamento del primo sottopassaggio stradale per piccola fauna realizzato in via sperimentale presso il Lago di Endine nel 1998. Sulla base dei risultati, e di quanto appreso dalle fonti bibliografiche, è stata elaborata la proposta di un piano per la conservazione e la valorizzazione delle popolazioni di rospo comune e delle altre specie di anfibi che utilizzano il Lago di Endine come sito di riproduzione.

1. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

La Val Cavallina si colloca nella porzione orientale della provincia di Bergamo nei pressi del Lago d'Iseo. Le risorse naturalistico-ambientali di questa valle sono tali da renderla parte integrante dell'area di rilevanza ambientale Iseo-Endine, unitamente alla zona del Sebino (L.R. 83/86). La Val Cavallina presenta un andamento generale con direzione NE-SO che si sviluppa

lungo l'asse costituito dal Lago d'Endine e dal Cherio, suo emissario, e presenta una struttura caratterizzata dall'attività glaciale quaternaria. La peculiarità della valle è certamente l'assenza di una testata ovvero la mancanza di un massiccio di chiusura della sua parte alta. Questo ha condizionato in modo determinante l'idrografia e l'origine del Lago di Endine. Il substrato roccioso su cui si imposta la valle è interamente costituito da successioni sedimentarie mesozoiche, dalla litologia prevalentemente carbonatica, cui si sovrappongono i sedimenti sciolti di epoca quaternaria. Il regime delle precipitazioni richiama il modello continentale alpino, con inverno asciutto ed estate umida, nel contesto di un clima temperato umido e piovosità superiore alla media nazionale. Le temperature sono caratterizzate da condizioni climatiche rigide nei mesi invernali. Secondo la classificazione di Tomaselli *et al.* (1973), l'area ricade nella seguente regione bioclimatica: clima temperato, regione axerica fredda, sottoregione temperato fredda (in Giovine,1997). Il Lago d'Endine può essere definito un lago vallivo glaciale di sbarramento morenico, le sue proprietà termiche corrispondono al modello di lago temperato dimittico (Barbanti et altri,1974). La litologia carbonatica della zona lo tiene al riparo da possibili processi di acidificazione. Le caratteristiche chimico-fisiche delle acque risultano in progressivo miglioramento (Gentili *et al.*) dopo anni di crisi ecologica. Esso è completamente circondato da un anello stradale costituito da una strada provinciale S.P. n° 76, dove si svolge l'intervento di salvaguardia anfibi, e dalla statale S.S. n° 42 dal traffico veicolare molto intenso. Le due direttrici decorrono sulle due sponde opposte del lago, a poca distanza dalla riva. In virtù della varietà di ambienti presenti nella Val Cavallina, anche la vegetazione si presenta ricca di associazioni differenti fra loro per flora, esigenze ecologiche e struttura. Tra le principali comunità vegetali dei versanti della valle abbiamo, distribuiti in diverse quote ed esposizioni, le praterie, il bosco mesofilo, il bosco termofilo, la boscaglia igrofila, le vegetazioni strettamente legate al lago quali cariceti, fragmiteti, ninfeti (Rivellini,1999). Per l'inquadramento faunistico si consultino alcune pubblicazioni precedenti (Giovine,1997; Pantini,1998; Giovine & Corbetta,2003).

2. MATERIALI E METODI

2.1 IL SALVATAGGIO DI ANFIBI PRESSO IL LAGO D'ENDINE

L'intervento di difesa è focalizzato lungo la suddetta S.P. n° 76 da Monasterolo del Castello sino a Valmaggiora sulla sinistra idrografica del lago, trascurando l'altra sponda costeggiata dalla S.S. n° 42 del Tonale per il notevole traffico che la interessa e per la pericolosità che ne consegue. Per garantire l'efficacia del salvataggio, vengono poste delle barriere temporanee di polietilene su ambo i lati della strada, da S. Felice al Lago fin presso un canile dopo Pura, per un

totale di circa 2,9 Km, inoltre, si posizionano cartelli stradali che avvisano del fenomeno in atto ed invitano a moderare la velocità. G.E.V. e volontari, suddividendo il tratto di strada in tre settori d'intervento, provvedono a trasportare gli esemplari migranti, bloccati dalle barriere, nelle rispettive direzioni di spostamento (Giovine,1998). Quasi tutte le specie di anfibi presenti vengono segnalate dal Gruppo Fauna della Regione Lombardia (2001) come specie di vertebrati con priorità di conservazione. Oltre a *Bufo bufo* (rospo comune), altre specie presenti e oggetto di salvataggio sono: *Rana latastei* (rana di Lataste), *Rana dalmatina* (rana agile), *Triturus carnifex* (tritone crestatto), *Triturus vulgaris* (tritone punteggiato), *Salamandra salamandra* (salamandra), *Rana klepton esculenta* (rana esculenta).

2.2 IL SOTTOPASSAGGIO

Nell'anno 1998, su richiesta dei responsabili dell'intervento di salvaguardia degli anfibi del Lago d'Endine, la Provincia di Bergamo ha costruito il primo sottopassaggio stradale, finalizzato al passaggio degli anfibi e della piccola fauna, sotto la S.P. n° 76. Questo sottopasso è collocato nel settore di salvataggio n° 2, presso la località Pura, ad una quota di circa 337 m. Si tratta di una tubazione in calcestruzzo prefabbricato dal diametro di 60 cm e dalla lunghezza di 8 m. La base del tubo si trova ad una profondità di 1,5 m rispetto alla sede stradale. La tubazione è stata messa in opera con una lieve pendenza verso lago per il deflusso dell'acqua di raccolta dell'estremità a monte, collocata presso un impluvio che la mantiene umida. Il tunnel presenta orientamento Nord-Sud e le due estremità sono diversamente strutturate. L'estremità a Sud, verso monte, si apre all'esterno tramite un tombotto costituito da uno scivolo in cemento ricoperto da una griglia orizzontale in acciaio estraibile e circondato da apposite reti di protezione. Lo scivolo presenta 1 m di imboccatura, lunghezza di 2,5 m ed una pendenza di circa 30°. L'apertura a lago è costituita semplicemente dal tubo che affiora all'esterno del terreno di riporto. Questa estremità si trova a livello del suolo ai piedi di un salto di 1,5 m dalla strada, difficilmente collegabile al sistema di barriere temporanee, mentre l'apertura a monte è perfettamente connessa alle barriere, pur non presentando altro tipo di invito se non lo scivolo. Il tunnel dista dal lago circa 25 m, spazio in cui si colloca un cariceto. Gli autori (Ryser & Grossenbacher, 1989; Dexel, 1989; Salio & Giacoma, 1998) si trovano concordi nel distinguere tre categorie di tunnel in virtù delle possibilità di spostamento consentite dalla struttura: 1) Tunnel a due vie (*two-way tunnel*); 2) Doppio tunnel ad una via con entrata verticale a pozzo (*one-way dual tunnel with vertical entry*); 3) Doppio tunnel ad una via con entrata inclinata (*one-way dual tunnel with angled entry*). Un'ulteriore distinzione va effettuata fra tunnel completamente interrati e tunnel di superficie (*semi-open tunnel*), che affiorano sulla superficie

della strada da cui sono separati da una grata metallica. Il sottopassaggio oggetto di questo studio appartiene alla categoria di tunnel a due vie (*two-way tunnel*), percorribile in entrambe le direzioni e completamente interrato. Il diametro di 60 cm corrisponde ad un valore medio della larghezza dei tunnel di questo tipo che possono variare dai 30 cm ad 1 m.

2.3 RACCOLTA DATI E STRUMENTI STATISTICI

La raccolta dati sul campo si è svolta dal giorno 22.03.2000 al giorno 15.04.2000 in una fascia oraria oscillante fra le 19,00 e le 24,00 con punte delle 01,00. La stazione di campionamento dei rospi in migrazione è stata individuata presso il sottopassaggio, in modo tale da raccogliere contemporaneamente informazioni sulle modalità del suo funzionamento e dati biometrici della popolazione riproduttiva di *Bufo bufo* (rospo comune). In corrispondenza del sottopassaggio è stata delimitata un'area di rispetto per la raccolta dati, rappresentata da circa 50 m di strada e barriere, con il sottopassaggio al centro. Il campionamento di rospi si è limitato ai soli esemplari che hanno imboccato il tunnel. La cattura è stata condotta a mano, in prossimità dell'imboccatura a monte del sottopassaggio, ed ha visto interessati sia rospi in uscita che in entrata. I rospi, in migrazione verso lago, sono stati sempre catturati per le misurazioni (Giacoma, 1991) ed il marcaggio, quelli diretti a monte in alcuni casi sono stati solo conteggiati per oggettive difficoltà dovute a grandi flussi migratori e condizioni meteo proibitive. Il rilevamento della lunghezza apice del muso-cloaca (*snout-vent length*) è stato effettuato con calibro di precisione, mentre per la pesatura si è utilizzata una pesa a dinamometro, con portata massima di 300 g, che ha consentito la risoluzione di 1g. La tecnica di marcatura prescelta è quella già utilizzata in passato per la popolazione del Lago di Endine (Giovine & Vergani, 2000) che consiste nell'applicare, sull'arto anteriore destro, una fascetta fermatubi in materiale plastico di colore bianco (14cm x 3,6mm) riportante una sigla scritta con pennarello nero indelebile e ricoperta da uno strato di smalto trasparente. Alla ricattura, effettuata tramite monitoraggio di alcune centinaia di metri di barriere, i rospi marcati sono stati nuovamente misurati e poi liberati. Il marcatore è stato rimosso. I dati degli esemplari ritrovati sono stati tabulati con la posizione del luogo di ricattura al fine di documentare gli spostamenti. I dati raccolti sono stati rielaborati statisticamente tramite: coefficiente di correlazione r; coefficiente di determinazione r²; media; deviazione standard campionaria; intervallo di confidenza al 95%; t-test; z-test; F-test; test del χ^2 .

3. NOTE SALIENTI SU *Bufo bufo*

Il rospo comune (*Bufo bufo*) è un anfibio appartenente all'ordine degli Anuri (privi di coda), presenta una corologia eurocentroasiatico-magrebina e copre un *range* altitudinale che va dal livello del mare sino ad oltre i 2300 m nella regione alpina (Grossenbacher,1988). E' un animale di ampia valenza ecologica in grado di colonizzare una grande varietà di ambienti e di tollerare variazioni di umidità e temperatura adeguando le sue abitudini comportamentali alle condizioni. L'unico vincolo, da cui non può prescindere, è la vicinanza di una raccolta d'acqua per la riproduzione. Gli ambienti di deposizione preferiti sono i bacini ampi, con profondità superiore ad un metro, abbondante vegetazione idrofila ai bordi e zona centrale soleggiata (Giacoma,1998) il che risponde alle caratteristiche del Lago di Endine. Il rospo comune presenta andatura goffa, dovuta agli arti posteriori relativamente poco sviluppati ed alle dimensioni considerevoli. *Bufo bufo* è un animale eterotermo ed assume approssimativamente la temperatura ambientale, questo spiega la correlazione tra temperatura esterna ed attività vitale. Denota un evidente dimorfismo sessuale che interessa caratteristiche morfofunzionali quali: le dimensioni medie nei due sessi, la capacità di vocalizzazione ed il carattere sessuale secondario delle callosità nuziali.

L'attività annuale dei rospi inizia con il risveglio dal periodo di ibernazione invernale che coincide con l'inizio della primavera; nei pressi del Lago di Endine questa fase va dalla fine di febbraio all'inizio di marzo. Gli esemplari adulti di *Bufo bufo*, stimolati dal variare dei parametri ambientali, escono dai loro ripari invernali e si accingono a compiere la migrazione riproduttiva definita "monomodale esplosiva" (Andreone,1992), procedendo negli spostamenti verso le raccolte d'acqua dopo il tramonto. La maturità sessuale viene raggiunta all'età di 2-3 anni dai maschi ed a 3-4 anni dalle femmine (Giacoma,1998). I maschi in migrazione, una volta incontrata una femmina, le si aggrappano sulla schiena attaccandosi sotto le ascelle, nel tipico amplesso ascellare, facendosi così trasportare sino in acqua dove devono affrontare la concorrenza dei maschi liberi. Il vincitore emerge grazie alla potenza del canto ed alla forza dei calci sferrati (Davies & Halliday,1978) come si verifica nei pressi del Lago di Endine. In seguito si ha l'accoppiamento vero e proprio in cui la femmina rilascia dei lunghi cordoni di sostanza gelatinosa, dove sono inserite le uova piccole e nere, disposte in file ordinate, che vengono subito fecondate esternamente dal maschio. Le ovature vengono deposte in zone non troppo profonde e fissate alla vegetazione acquatica o deposte sul fondo; dopo alcuni giorni si verifica la schiusa e lo sviluppo dello stadio larvale che presenta una dieta detritivora. Il girino, dopo due o tre mesi, dà luogo alla metamorfosi formando un piccolo rospo, completamente nero e lungo circa 1 cm, che finalmente conquista la terra ferma. Gli adulti, dopo essersi accoppiati, escono dall'acqua e ritornano nell'*home range* estivo per nutrirsi, conducendo vita notturna e

ricavando ripari occasionali in boschi e prati. All'inizio dell'autunno il rospo inizia gli spostamenti di avvicinamento verso il sito riproduttivo e ricava il rifugio invernale nel suolo boschivo. Il risveglio dall'ibernazione sarà ancora una volta stimolato dai primi tepori primaverili.

Dal punto di vista trofico, *Bufo bufo* si trova sia nella condizione di predatore che in quella di preda. Come predatore esso si nutre di una vasta gamma di invertebrati dimostrandosi molto duttile nella scelta della preda. Alcuni studi specifici (Cornish *et al.*,1995; Piana,1998) hanno evidenziato come la dieta del rospo è basata fondamentalmente su Coleotteri di varie famiglie (Carabidi, Stafilinidi, Curculionidi, *etc.*) e Formicidi. Altri invertebrati ricorrenti nella dieta del rospo sono: Araneidi, Opilioni, Dermatteri, Isopodi, Emitteri, Diplopodi, Chilopodi e vari molluschi Gasteropodi. La tecnica di caccia è del tipo “*sit and wait*” (Cornish *et al.*,1995) denotando il massimo opportunismo, tanto che talvolta si parla più di pascolo che di predazione. A sua volta *Bufo bufo* subisce gli attacchi di diversi predatori, tra cui il principale è, solitamente, *Natrix natrix* (biscia dal collare) presente anche al Lago di Endine.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 GRANDEZZA DELLA POPOLAZIONE RIPRODUTTIVA E SEX RATIO

Grazie al censimento, realizzato dai volontari durante le operazioni di salvataggio dei rospi in migrazione, è stato possibile quantificare di anno in anno la dimensione della popolazione riproduttiva di *Bufo bufo* del Lago di Endine. Per convenzione assumiamo come indicativi di questa grandezza i dati relativi agli esemplari censiti in migrazione pre-riproduttiva (Giovine,1998; Giovine & Vergani,2000).

ANNO	♀♀ A LAGO	♂♂ A LAGO	ROSPI SALVATI	TOTALE*	SEX RATIO
1992	---	---	3309	3983	
1993	2638	2581	5219	5819	0,98
1994	5352	5258	10610	10890	0,98
1995	5892	6892	12784	13084	1,17
1996	8093	10007	18100	18470	1,24
1997	7358	8743	16101	16308	1,19
1998	7116	9785	16901	17179	1,37
1999	6429	7800	14229	---	1,21
2000	9028	10132	19160	19717	1,12

Tabella 1: Risultati del censimento della popolazione di *Bufo bufo* del Lago di Endine (dati 1992-1999 da Giovine & Vergani,2000).

Al fine di esprimere una stima più vicina a quella della popolazione totale migrante verso lago, tenendo in considerazione anche gli esemplari investiti sulla strada, è opportuno applicare la formula*: $N^{\circ} \text{ massimo} = N^{\circ} \text{ rospi a lago} + \frac{1}{2} \text{ rospi investiti}$ (Giovine,1998), considerando approssimativamente che circa la metà dei rospi sia stata investita all'andata. Il numero medio degli individui riproduttivi annui dal 1994 al 2000 risulta di 15412 ($\delta=3037$). Dai dati del censimento è stato possibile calcolare la *sex ratio*, che è data dal rapporto tra il numero dei maschi su quello delle femmine (grafico 1). Questo indice, in una data popolazione, è il risultato dell'interazione di fattori ecologici e genetici che ne condizionano la composizione e lo sviluppo futuro. La media del rapporto dei sessi risultante dopo otto anni di osservazioni è di 1,16 ($\delta=0,13$). Il valore è analogo con quanto riscontrato al Lago di Gaiano nel 1996 (1:1; $n=574$) ed al Lago d'Iseo nel periodo 1992-1996 (0,89:1; $n=2000-3000$) (Salvini & Stegagno;1998). *Sex ratio* con questi valori indicano che ciascun individuo riproduttivo ha un'elevata probabilità di trovare un *partner* con cui accoppiarsi. Altre popolazioni italiane ed europee hanno espresso un rapporto dei sessi prevalentemente, e talvolta marcatamente, sbilanciato a favore dei maschi.

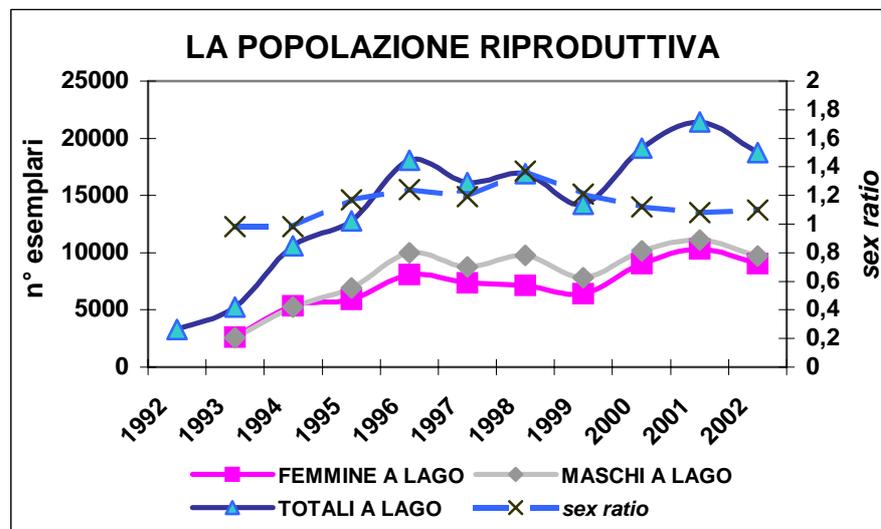


Grafico 1: Grandezza e *sex ratio* di popolazione dal 1992 al 2002 (dati 1992-1999 in Giovine & Vergani, 2000; dati 2001-2002 in Giovine & Corbetta, 2003)

4.2 RISULTATI SULLO STUDIO DELLE LUNGHEZZE E DEI PESI NEL 2000

Dallo studio statistico dei dati raccolti, è stato possibile estrapolare dei valori significativi per la descrizione biometrica di questa popolazione di *Bufo bufo*. I risultati sono espressi distintamente in funzione della direzione di migrazione verso lago (pre-riproduttiva) o verso monte (post-riproduttiva). Anno 2000. ♂♂ verso lago: lunghezza media 7,76 cm ($n=139$); peso medio 55,18 g ($n=108$); ♂♂ verso monte: lunghezza media 7,83 cm ($n=62$); peso medio 58,30 g ($n=56$).

Anno 2000. ♀♀ verso lago: lunghezza media 9,92 cm (n=157); peso medio 129,61 g (n=126);
 ♀♀ verso monte: lunghezza media 9,89 cm (n=99); peso medio 118,84 g (n=94).

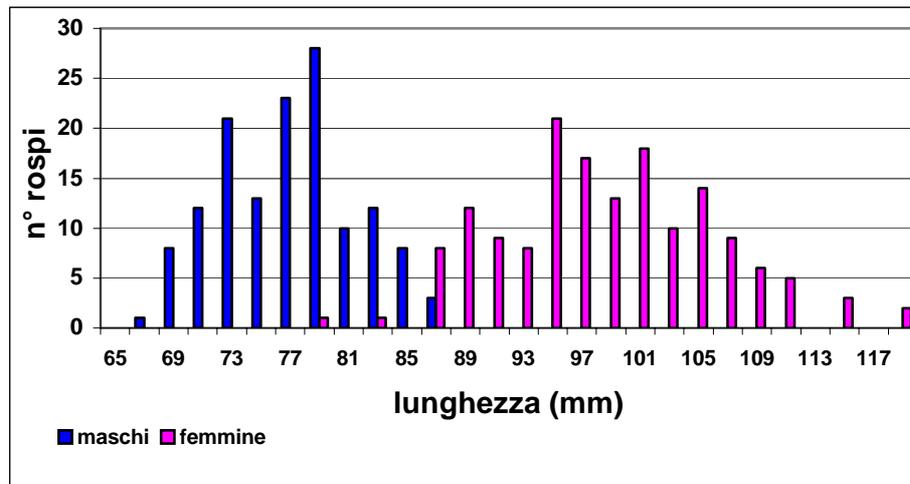


Grafico 2: Classi di lunghezza della popolazione riproduttiva nel 2000, distinte per sesso.

Viene confermato per *Bufo bufo* lo spiccato dimorfismo sessuale a favore delle femmine (grafico 2) che presentano rispetto ai maschi una lunghezza media maggiore del 27,8%. Il valore ottenuto, variabile nelle diverse popolazioni, si colloca in posizione intermedia tra i valori massimo di 40,3% riscontrato in Svezia (Hoglund & Robertson, 1987) ed il minimo del 16% osservato da Campeny in Spagna (in Reading, 1990).

4.3 CONFRONTO DEI DATI BIOMETRICI NELLE DUE DIREZIONI DI MIGRAZIONE

Grazie alla distinzione della direzione di spostamento dei rospi misurati, è stato possibile effettuare un confronto delle dimensioni peso e lunghezza in andata ed in ritorno dal lago.

Analisi del peso dei maschi - Le varianze risultano simili ($F=1,007$; $P>0,01$) per il limite di significatività consigliato (Fowler & Cohen, 1993). Per il parametro peso dei maschi, il test riconosce una significatività del valore $z=2,17$ per $P<0,05$. Il risultato è confermato dall'analisi sui dati appaiati relativi ad esemplari marcati e ricatturati ($n=46$; $z=2,84$; $P<0,01$) (Fowler & Cohen, 1993). Ciò significa che la media del peso dei maschi aumenta in modo statisticamente significativo nel periodo di permanenza a lago.

Analisi del peso delle femmine - I risultati dell'analisi statistica denotano assenza di significatività per il confronto delle varianze ($F=1,032$; $P>0,01$), mentre il risultato dello z-test sulle medie ($z=2,74$; $P<0,01$) è altamente significativo indicando che il peso medio delle femmine in fase post-riproduttiva risulta significativamente inferiore alla media della fase pre-riproduttiva. L'analisi dei dati appaiati conferma quanto affermato ($n=65$; $z=20,26$; $P<0,01$).

Analisi della lunghezza dei maschi - Il test delle varianze risulta non significativo ($F=1,2$; $P>0,01$), così come le medie delle lunghezze non presentano una differenza sufficientemente importante ($z=1,1$; $P>0,05$). I dati appaiati ($n=46$; $z=0,087$; $P>0,05$) confermano l'assenza di variazioni statisticamente significative della lunghezza dei maschi nelle due fasi migratorie.

Analisi della lunghezza delle femmine - Anche nel caso del confronto sulle lunghezze delle femmine non emerge alcuna significatività sia per quanto riguarda le varianze ($F=1,224$; $P>0,01$), sia per la differenza delle medie ($z=0,254$; $P>0,05$). In questo caso l'analisi dei dati appaiati evidenzia, però, una significatività nell'accorciamento delle femmine nelle due fasi di migrazione ($n=72$; $z=4,34$; $P<0,01$), mettendo in discussione il risultato ottenuto in precedenza sulle medie dell'intero campione.

Le variazioni di peso, riscontrate in entrambi i sessi durante il soggiorno a lago, sono opposte: le femmine si alleggeriscono a seguito della deposizione delle ovature, mentre i maschi aumentano di peso per reidratazione, in accordo con quanto riscontrato da altri autori (Reading, 1990). Il tasso di reidratazione misurabile sui maschi, funzione delle condizioni climatiche, è variabile annualmente e nella migrazione osservata è mediamente del 5,65%. E' ipotizzabile, per le femmine, una reidratazione migratoria analoga (Reading, 1990).

4.4 CORRELAZIONE E REGRESSIONE LINEARE DEI PESI SULLE LUNGHEZZE

Sulla base dei dati biometrici degli esemplari di *Bufo bufo* studiati nella campagna del 2000, è stato possibile verificare la correlazione statistica peso-lunghezza. Il coefficiente di correlazione nei maschi è risultato statisticamente molto significativo sia in direzione lago ($n=108$; $r=0,76$; $t=12,06$; $P<0,01$), sia in direzione monte ($n=56$; $r=0,77$; $t=8,85$; $P<0,01$), con coefficienti di determinazione rispettivamente del 58% e del 59%. La correlazione tra peso e lunghezza è ancor più significativa per le femmine in migrazione verso lago ($n=126$; $r=0,91$; $t=24,59$; $P<0,01$), coefficiente di determinazione 83%, e verso monte ($n=94$; $r=0,89$; $t=18,54$; $P<0,01$), coefficiente di determinazione 79%. Avendo accertato la presenza di una correlazione, è possibile effettuare la rappresentazione delle rette di regressione (grafico 3) dei pesi sulle lunghezze (Reading, 1990).

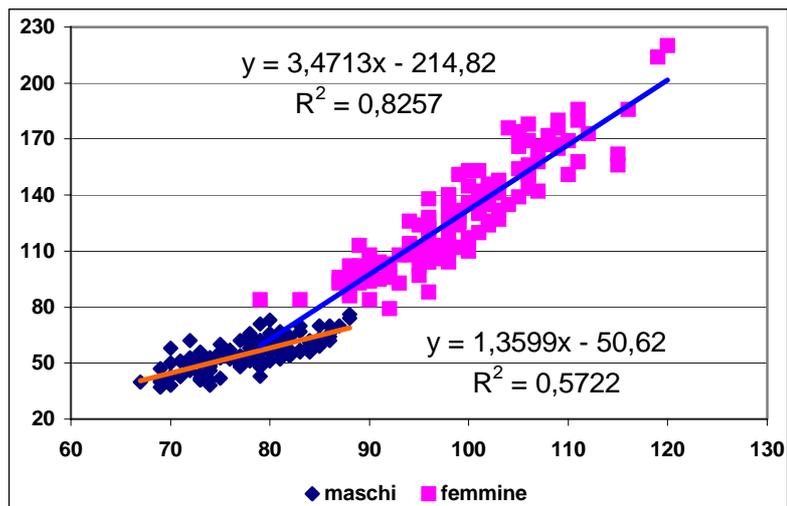


Grafico 3: Regressione lineare dei pesi (asse Y) sulle lunghezze (asse X) nei due sessi, con equazione della relativa linea di tendenza e valore del coefficiente di determinazione.

4.5 CONFRONTO DEI RISULTATI MORFOMETRICI DEL 2000 CON LE MEDIE DEL PERIODO 1993-97 (Giovine & Vergani, 2000)

Lo studio della varianza evidenzia una sola differenza, tra le lunghezze delle femmine nei due periodi ($F=1,41$; $P<0,01$). Le lunghezze medie dei maschi non risultano essere variate ($z=1,47$; $P>0,05$), così come le medie dei pesi considerando per il 2000 la direzione lago ($z=0,06$; $P>0,05$). Il peso medio dei maschi in risalita a monte è risultato statisticamente differente rispetto a quello complessivo del periodo precedente ($z=2,53$; $P<0,05$). Le dimensioni delle femmine sono risultate apparentemente variate, con differenze significative sia tra le medie delle lunghezze ($z=4,37$; $P<0,01$), di cui si è già evidenziata anche la diversa varianza, sia tra le medie dei pesi in direzione lago ($z=3,98$; $P<0,01$). Al contrario, la differenza delle medie del peso in direzione monte non risulta statisticamente significativa ($z=1,78$; $P>0,05$). L'analisi approfondita della lunghezza media delle femmine marcate, presso il sottopassaggio, e ricatturate nel 2000 rispetto ai dati 1993-97, evidenzia una differenza statisticamente molto significativa ($z=4,05$; $P<0,01$). Lo stesso confronto operato sulle lunghezze delle femmine non marcate e risalite casualmente dal sottopassaggio non evidenzia alcuna differenza significativa. Sarebbero quindi solamente le femmine che hanno utilizzato il sottopassaggio nella direzione di andata a presentare dimensioni mediamente ridotte rispetto alle altre. Ciò sembra attribuibile ad una rete di recinzione che è stata posizionata immediatamente a monte del tunnel al raccordo tra bosco e sede stradale. Questa rete è del modello a maglie romboidali, di metallo plastificato ed è lunga circa 150 m. I dati raccolti nel periodo 1993-97 provengono da esemplari raccolti nella stessa posizione dove è ora il sottopasso (Vergani, 1998) quando la rete non era ancora messa in opera. La rete interferisce esclusivamente nei confronti delle femmine di maggiori dimensioni,

che sono state ostacolate da questa struttura subendone la classazione. Possiamo quindi ipotizzare che anche le dimensioni delle femmine si presentano complessivamente stabili.

4.6 LO SFORZO DI DEPOSIZIONE

Per sforzo riproduttivo s'intende la quantità d'energia spesa dagli adulti per riprodursi e per garantire la sopravvivenza alla popolazione di cui fanno parte. In altri termini, lo sforzo riproduttivo corrisponde al budget energetico che un individuo fornisce all'attività riproduttiva (Pilorge & Barbault, 1984). La valutazione complessiva dello sforzo riproduttivo così definito risulta però di difficile realizzazione, pertanto, in questo studio, si è preferito utilizzare il concetto meno teorico e più empirico di sforzo di deposizione (*effort de ponte*) $S.D. = W_w/W_b$, (Pilorge & Barbault, 1984; Vergani, 1998) dove W_w è il peso dei tessuti riproduttivi o delle uova e W_b è il peso complessivo pre-riproduttivo. Per quantificare l'energia utilizzata dalle femmine per la riproduzione, viene quindi utilizzato l'indice espresso dal peso delle uova, che a sua volta si ricava dalla differenza del peso pre-riproduttivo e quello post-riproduttivo su esemplari marcati. Lo sforzo di deposizione medio delle femmine marcate e ricatturate nell'anno 2000 (n=65) è risultato essere del 12,52%, con un peso medio pre-riproduttivo di 134,41 g e post-riproduttivo di 117,58 g, da cui si evince un peso medio delle ovature di 16,83 g. Ciò equivale a dire che mediamente il 12,52 % del peso delle femmine in migrazione verso lago è costituito da uova. Questo dato è in accordo con quanto osservato nel periodo 1993-1997 (Giovine & Vergani, 2000), non denotando significative variazioni del parametro. Il più alto valore di sforzo riproduttivo nel 2000 è quello della femmina con marcatura 159 (28,2%), mentre i più bassi sono relativi alle femmine con marcatura 126 (3,9%) e NO (4,2%), che peraltro è l'ultima femmina in ordine temporale marcata in direzione lago. Nel campione rientra anche una femmina con l'arto anteriore destro monco (F7) che ha espresso uno sforzo di deposizione del 5,4% con una permanenza a lago di 3 gg. Lo sforzo di deposizione stimato sulla base del peso medio delle femmine nelle due direzioni di migrazione risulta dell'8,3% e si attesta su un livello sensibilmente inferiore rispetto a quello ottenuto con dati appaiati. E' emersa una correlazione inversa tra lunghezza delle femmine e sforzo di deposizione (n=65; $r=-0,245$; $P<0,05$), confermata dalla verifica (t=2,01, $P<0,05$), seppur con basso coefficiente di determinazione (6%). La correlazione tra lunghezza e quantità di uova espresse in grammi è risultata significativa (n=65; $r=0,3174$; $P<0,01$), anche rispetto alla verifica (t=2,66; $P<0,01$), con basso coefficiente di determinazione (10%). Non è emersa correlazione tra peso verso lago e sforzo di deposizione, mentre è risultata altamente significativa la correlazione tra peso verso lago e peso in grammi delle ovature (n=65; $r=0,41$; $P<0,001$), confermata dalla verifica (t=3,57; $P<0,01$),

con coefficiente di determinazione del 16,8%. E' emersa significatività di correlazione tra sforzo di deposizione in percentuale e peso delle femmine in direzione monte (n=65; $r=-0,4$; $P<0,001$), con conferma della verifica ($t=3,46$; $P<0,01$) e determinazione del 16%, mentre non è emersa correlazione tra la quantità di uova espresse in grammi ed il peso delle femmine a monte. Se teniamo in considerazione il tasso di reidratazione riscontrato sui maschi, che nel 2000 è stato del 5,65%, e lo applichiamo anche alle femmine, risulta che lo sforzo di deposizione “minimo” calcolato in prima analisi (12,52%), deve essere ricondotto ad uno sforzo di deposizione “atteso” pari al 17,2%, col peso medio delle ovature elevato a 23 g. Rispetto alle 9028 femmine censite in spostamento verso lago, ciò significa che è possibile stimare in più di 200 Kg il peso delle uova complessivamente deposte a lago in questa migrazione, evidenziando l'importanza dei flussi energetici coinvolti nelle migrazioni riproduttive.

4.7 RELAZIONE TRA LE LUNGHEZZE NELLE COPPIE

Il rapporto tra la lunghezza dei due compagni in una coppia di *Bufo bufo* è stato preso in considerazione da molti autori perché indicativo sia delle dinamiche della scelta del partner sia della fecondità della coppia stessa in vista della deposizione e della fecondazione delle uova. Non è emersa correlazione tra la lunghezza dei rospi nelle coppie (n=79) a terra ($r=0,196$; n=79; $t=1,75$; $P>0,05$). Il rapporto è stato calcolato dividendo la lunghezza del maschio per quella della femmina ed ottenendo così valori compresi tra 0,63 (*small defender*) e 0,91 (*large defender*).

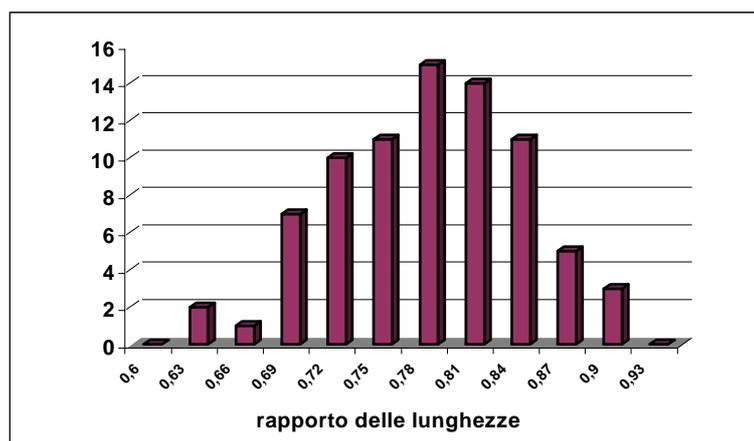


Grafico 4: Distribuzione dei rapporti di lunghezza nelle coppie.

Dal grafico 4 è possibile constatare la distribuzione normale del parametro analizzato. Il valore medio dell'indice di lunghezza nelle coppie si attesta sullo 0,78. Le coppie formatesi prima di giungere al sottopassaggio sono quindi frutto di accoppiamenti completamente casuali e nessun fattore di competizione sembra intervenire prima dell'ingresso in acqua.

4.8 INIZIO E DURATA DELLE MIGRAZIONI

Il periodo interessato dal fenomeno migratorio riguarda sostanzialmente i mesi di marzo ed aprile e solo in un caso si è protratto sino ai primi giorni di maggio (1997). L'arrivo dei rospi alla strada interessata dal censimento ha luogo solitamente attorno ai primi di marzo, mentre la durata stessa dell'attività migratoria presenta una significativa variabilità, dai 24 giorni del 1998 ai 62 giorni dell'anno 1997 (Giovine & Corbetta, 2003). Vari autori hanno più volte sottolineato una stretta correlazione tra attività di *Bufo bufo* in fase riproduttiva e condizioni ambientali, secondo un sistema di fattori a più variabili in funzione prevalentemente di piovosità e temperatura. Se da un lato pioggia o cielo coperto e temperature serali superiori ai 4°C sono fattori che sollecitano l'attività dei rospi, dall'altro lato temperature più basse, vento e cielo sereno rallentano o bloccano gli spostamenti. Non è emersa correlazione tra grandezza della popolazione riproduttiva e durata della migrazione ($r=0,22$; $P>0,5$). A tal proposito, sarebbe possibile fare considerazioni sulle risorse trofiche dell'ecosistema, sugli adattamenti per l'attenuazione della competizione intraspecifica e sulla presunta fase di avvicinamento al lago durante il periodo autunnale. La fascia oraria di inizio dei movimenti migratori serali risulta variabile in funzione dei fattori stessi che condizionano la migrazione nel suo complesso: piovosità, umidità, temperatura, vento, luminosità, *etc.* Nell'anno 2000 (grafico 5), l'inizio dell'attività dei rospi è stato attorno alle ore 19.15 (ora solare) con avvio lento seguito a distanza di 15 minuti da un'attività già significativa. Le punte massime di attività vengono generalmente riscontrate verso le 22.30-23.00 (ora solare), con picchi che superano le 01.00.

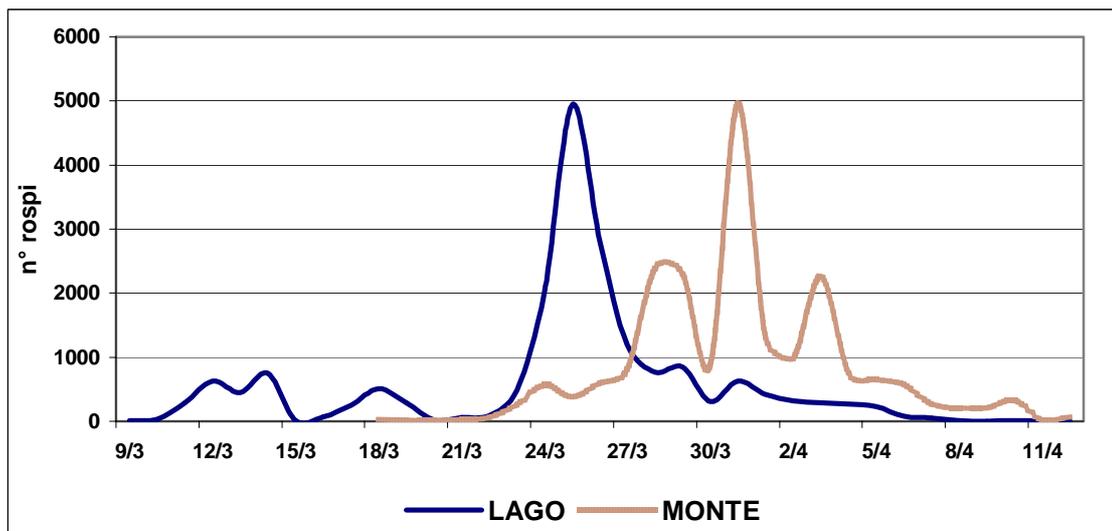


Grafico 5: Migrazione complessiva a lago e a monte nell'anno 2000.

4.9 STUDIO DELLA DATA DI MEDIANA (*MEDIAN DATE*)

La data di mediana (*median date*) rappresenta un parametro utile alla descrizione della dinamica migratoria di *Bufo bufo*. Già analizzato da altri autori (Gittins,1983a; Feldmann & Geiger,1989), questo parametro indica la data in cui il 50% della popolazione considerata si è recata a lago (*median date of entry*) o la data in cui la metà della popolazione si è allontanata dal lago (*median date of exit*). *correzione con test χ^2 .

1994: ♂♂ *m.d. entry* 12/3, *m.d. exit* 24/3, Δ 12gg; ♀♀ *m.d. entry* 13/3, *m.d. exit* 22/3*, Δ 9gg; TOT. POP. *m.d. entry* 13/3, *m.d. exit* 23/3, Δ 10gg. 1995: ♂♂ *m.d. entry* 27/3, *m.d. exit* 12/4, Δ 16gg; ♀♀ *m.d. entry* 3/4, *m.d. exit* 6/4, Δ 3gg; TOT. POP. *m.d. entry* 1/4, *m.d. exit* 11/4, Δ 10gg. 1996: ♂♂ *m.d. entry* 24/3, *m.d. exit* 1/4, Δ 8gg; ♀♀ *m.d. entry* 25/3, *m.d. exit* 1/4, Δ 7gg; TOT. POP. *m.d. entry* 24/3*, *m.d. exit* 1/4, Δ 8gg. 1997: ♂♂ *m.d. entry* 24/3, *m.d. exit* 20/4, Δ 27 gg; ♀♀ *m.d. entry* 24/4*, *m.d. exit* 25/4, Δ 1gg; TOT. POP. *m.d. entry* 26/3, *m.d. exit* 20/4, Δ 25gg. 1998: ♂♂ *m.d. entry* 3/4, *m.d. exit* 7/4, Δ 4gg; ♀♀ *m.d. entry* 4/4, *m.d. exit* 6/4*, Δ 2gg; TOT. POP. *m.d. entry* 3/4, *m.d. exit* 7/4, Δ 4gg. 1999: ♂♂ *m.d. entry* 27/3, *m.d. exit* 2/4, Δ 6gg; ♀♀ *m.d. entry* 27/3, *m.d. exit* 31/3, Δ 4gg; TOT. POP. *m.d. entry* 27/3, *m.d. exit* 1/4, Δ 5gg. 2000: ♂♂ *m.d. entry* 25/3, *m.d. exit* 31/3, Δ 6gg; ♀♀ *m.d. entry* 25/3, *m.d. exit* 30/3, Δ 5gg; TOT. POP. *m.d. entry* 25/3, *m.d. exit* 31/3, Δ 6gg.

Le differenze delle date di mediana relative ai maschi individuano intervalli di tempo sempre maggiori di quelli delle femmine, confermando i risultati ottenuti attraverso le marcature. La data di mediana è in relazione con la data di inversione migratoria, che rappresenta il giorno in cui i rospi in risalita verso monte superano numericamente i rospi in discesa. Questo giorno si colloca sempre nella fase migratoria compresa tra le due *median date*. Le date di mediana dell'anno 1997, caratterizzato da un blocco climatico verificatosi a metà migrazione, risultano particolarmente sbilanciate e così gli intervalli di permanenza a lago.

4.10 VARIAZIONI DI *SEX RATIO* DURANTE LE FASI DI MIGRAZIONE

Durante lo sviluppo delle migrazioni riproduttive nei vari anni si osserva una variazione della *sex ratio* relativa ai rospi in movimento ciascuna sera. Questo significa che il rapporto tra maschi e femmine in migrazione non si mantiene costantemente prossimo al valore della *sex ratio* annuale di popolazione, ma subisce delle importanti variazioni nelle diverse fasi migratorie (anno 2000: $\chi^2=201,5$; G.L.=21; $P<0,01$). Nello sviluppare questo calcolo non si è tenuto conto dei giorni con basso afflusso di rospi (meno di 80 esemplari migranti verso lago corrispondenti a circa lo 0,5% della popolazione riproduttiva media degli ultimi tre anni). L'osservazione del fenomeno relativo alla variazione di *sex ratio* nei rospi migranti ogni giorno, peraltro descritto da vari autori (Gittins *et al.*,1980a; Gittins,1983a; Sofianidou & Schneider,1985; Giovine & Vergani,2000), è tanto più interessante perché non è casuale, ma risponde ad uno schema ben definito che contribuisce a caratterizzare la fenologia migratoria di *Bufo bufo* (grafico 6). Nell'ambito della migrazione riproduttiva possiamo riconoscere tre fasi

distinte per ogni direzione di spostamento: la fase I va dall'inizio della migrazione alla data mediana d'ingresso nel lago, la fase II è il periodo compreso fra data mediana d'ingresso e quella d'uscita, la fase III è successiva alla data mediana d'uscita e si protrae fino alla fine della migrazione. Le date di mediana vengono incluse nella fase II.

L'analisi della dinamica della *sex ratio* nella migrazione verso lago mostra come il primo periodo è caratterizzato dalla preponderanza dei maschi (alti valori di *sex ratio*) e, successivamente, il rapporto dei sessi indica un aumento di femmine, con il valore dell'indice che si abbassa. Questa variazione si riscontra prevalentemente al passaggio dalla fase I alla fase II, ovvero superando la data mediana d'ingresso. Non si è calcolato l'indice per i periodi con meno di 80 esemplari (circa lo 0,5% della popolazione media degli ultimi tre anni), i rospi presenti sono stati inseriti nella fase successiva. I valori parziali di *sex ratio* nelle tre fasi migratorie di andata a lago nel periodo 1994-2000 sono stati (in ordine I/II/III): 1994: 1,10/0,97/0,63; 1995: 1,57/1,01/0,62; 1996: 1,62/1,04/1,04; 1997: 1,53/1,13/0,92; 1998: 2,13/1,20/1,08; 1999: 1,39/1,14/0,74; 2000: 1,40/1,01/1,05.

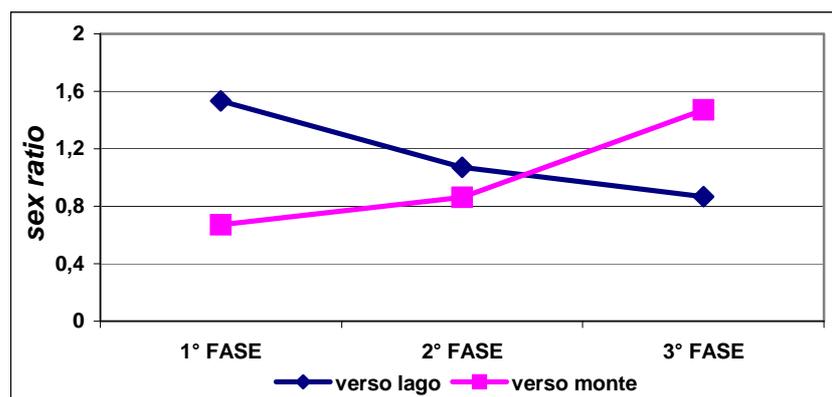


Grafico 6: Valori medi di *sex ratio* nelle tre fasi della migrazione (1994-2000).

Al contrario di quanto accade all'andata, nella migrazione verso monte si muovono prima le femmine che tendono a predominare durante la prima fase. Ne consegue che il primo periodo di ritorno mostra valori di *sex ratio* bassi e solamente nella fase finale della migrazione possiamo assistere ad un massiccio rientro dei maschi, che fanno balzare il rapporto dei sessi su valori più elevati delle due fasi precedenti. In questo caso il punto di variazione sembra essere la data mediana d'uscita. Non è calcolato l'indice per i periodi con meno di 80 esemplari (circa lo 0,5% della popolazione media degli ultimi tre anni), i rospi presenti sono stati inseriti nella fase successiva. I valori parziali di *sex ratio*, registrati nelle tre distinte fasi migratorie di ritorno a monte, sono stati i seguenti: 1994: nc/0,74/0,93; 1995: 0,28/0,84/1,35; 1996: nc/0,9/1,78; 1997: 1,25/1,20/1,01; 1998: nc/1,01/1,44; 1999: 0,58/0,68/2,09; 2000: 0,58/0,67/1,70. La sola deviazione, rispetto al modello proposto per la migrazione di ritorno, è relativa all'anno 1997.

4.11 VARIAZIONI DELLA POPOLAZIONE A LAGO

Nel corso degli anni sono emerse delle differenze significative fra la popolazione di rospi scesi a lago e rospi tornati a monte. Si è presa in considerazione l'entità di queste variazioni, focalizzando l'attenzione sulla diversa incidenza che si riscontra fra i maschi e le femmine.

ANNO	VARIAZ. ♂♂	% ♂♂	VARIAZ. ♀♀	% ♀♀	% POP.
1994	-994	-18,9%	-196	-3,7%	-11,7%
1995	-631	-9,2%	+282	+4,8%	-1,6%
1996	-523	-5,2%	+144	+1,8%	-2,1%
1997	-1666	-19,1%	-1047	-14,2%	-16,8%
1998	-2227	-22,8%	-473	-6,6%	-16%
1999	-543	-7%	+477	+7,4%	-0,5%
2000	-56	-0,6%	+1782	+19,7%	+9%

Tabella 2: Variazione della popolazione di rospo censita tra le due fasi migratorie nei due sessi distinti.

La diminuzione della popolazione a lago sembra essere netta, seppure con alcune differenze tra i vari anni. Nel 1994 è probabile che l'alta mortalità dei rospi sia da attribuire al tardivo intervento di taglio del fragmiteto, infatti questo intervento è stato realizzato proprio in piena migrazione e molti rospi ne sono stati vittima (Giovine,1998). Nel 1997 si è verificato un crollo della popolazione la cui causa è attribuibile all'eccezionale periodo siccitoso verificatosi in piena migrazione. Negli altri anni la diminuzione si è mantenuta su livelli inferiori sino al 2000, anno in cui la popolazione censita all'uscita dal lago ha superato quella in entrata, fatto per cui non sono emerse particolari spiegazioni.

4.12 ANALISI COMPARATA DELLA *SEX RATIO* DI POPOLAZIONE

Nell'ambito dello studio di popolazione, si è posta particolare attenzione all'analisi della *sex ratio* dei vari anni, cercando di individuare alcuni segnali che potessero essere utili all'interpretazione della dinamica di arruolamento annuale di nuovi adulti. Alla stabilità del rapporto tra i sessi in fase di migrazione pre-riproduttiva dei vari anni, evidenziata in precedenza, si contrappone infatti la tendenza ad una variazione della *sex ratio* complessiva tra fase pre-riproduttiva e fase post-riproduttiva, a cui si aggiunge una generale tendenza alla diminuzione della popolazione censita nella fase di ritorno a monte.

♂♂/♀♀	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
PRIMA	0,98	1,17	1,24	1,19	1,37	1,21	1,12
DOPO	0,82	1,01	1,15	1,12	1,14	1,05	0,93

Tabella 3: Confronto fra la *sex ratio* della migrazione di andata e quella di ritorno.

Entrambe le variazioni sarebbero attribuibili alla mortalità a lago che, a seguito di pressione predatoria, tende a penalizzare prevalentemente i maschi, di dimensioni minori e dal soggiorno prolungato rispetto alle femmine. Si pone il problema di comprendere il motivo per cui questo parametro si mantenga in equilibrio e non tenda alla progressiva diminuzione. L'ipotesi è che si verifichi un maggior tasso di reclutamento annuale di maschi adulti, infatti, dal confronto delle popolazioni tra gli anni, emerge che la maggior mortalità a lago dei maschi (mediamente -1080 circa rispetto alle femmine) viene compensata da un maggior reclutamento maschile nella popolazione dell'annata successiva (mediamente +1160 circa rispetto alle femmine). Questo secondo aspetto sarebbe da attribuire all'anticipata maturità sessuale dei maschi che può essere raggiunta a 2 anni, contro i 3 anni delle femmine, oltre che alla diversa età media degli esemplari riproduttivi: 4,2 anni per i maschi e 5,2 anni per le femmine (Piana, 1998). A seguito della migrazione anomala del 1997 (blocco climatico) si è verificata un'oscillazione di *sex ratio* dovuta alla mortalità delle femmine a lago. L'anno successivo (1998) si è raggiunto il maggior valore dell'indice, tra gli anni di censimento, che si è riequilibrato nei due anni successivi. La correlazione tra mortalità a lago delle femmine e *sex ratio* dell'annata successiva (grafico 7), verificata statisticamente ($r=-0,8$; $n=6$; $P<0,014$) è indice indiretto che la maggior parte delle femmine adulte del Lago di Endine si riproduce tutti gli anni, fatto dibattuto anche per altre popolazioni europee, dove lo sbilanciamento a favore dei maschi potrebbe essere attribuito ad una disponibilità riproduttiva ad anni alterni da parte delle femmine. Verificata la correlazione inversa ($r=-0,92$; $n=7$; $P<0,001$) tra *sex ratio* e contributo genetico alla generazione successiva, espressa dalla relazione di Kimura & Crow (1963) (in Giacoma,1991) $N = 4N_m N_f / N_m + N_f$, si è constatato che oscillazioni di popolazione analoghe a quella della migrazione del 1997, se ancor più accentuate, potrebbero essere in grado di alterare il contributo genetico tra le generazioni, nonostante in questa occasione non sia emersa significatività.

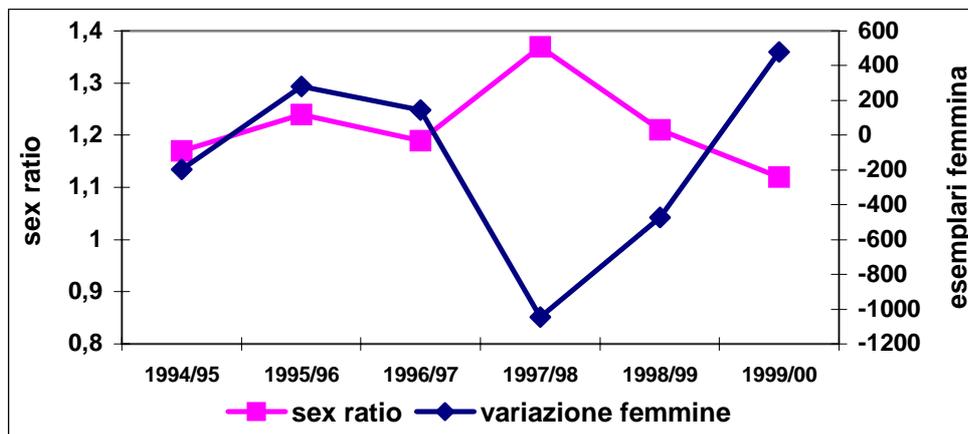


Grafico 7: Confronto tra variazione delle femmine censite nelle fasi di andata e ritorno e *sex ratio* dell'anno successivo.

4.13 LA DINAMICA DEL SOTTOPASSAGGIO

Nel periodo d'osservazione hanno complessivamente utilizzato il tunnel 412 anfibii di cui 406 *Bufo bufo* e 6 *Rana latastei*. I rospi che hanno utilizzato il sottopassaggio in direzione lago sono 297 (139♂♂=46,8%; 158♀♀=53,2%). Le femmine tendono ad utilizzare il sottopassaggio in direzione lago con una frequenza maggiore di quanto non facciano i maschi ($\chi^2 = 4,19$; $P < 0,05$; G.L.=1). Verso monte hanno utilizzato il sottopassaggio 120 esemplari (60♂♂; 60♀♀); in questo senso prevale la casualità. Tra questi rospi, 11 (8♂♂; 3♀♀) erano già stati marcati nella fase di andata, ed hanno quindi utilizzato la struttura in entrambe le direzioni. Attribuiamo a tale evento un'elevata componente di casualità, non confidando affatto in una ricerca attiva della struttura. Degli esemplari di rospo comune che hanno utilizzato il sottopassaggio in direzione lago, il 20% erano ♂♂ singoli, il 26% ♀♀ singole, il 27% ♂♂ accoppiati ed il 27% ♀♀ accoppiate. Il tunnel è stato utilizzato maggiormente verso lago rispetto alla direzione di ritorno a monte, infatti, il rapporto fra i rospi nei due sensi di spostamento nel tunnel è di 5/2 a favore della direzione in andata a lago. Le 6 rane di Lataste hanno percorso il sottopasso esclusivamente in direzione Lago. La differenza nel funzionamento del tunnel, nelle due direzioni, è da attribuire alla diversa strutturazione delle due aperture, soprattutto rispetto al raccordo con le barriere temporanee di antiattraversamento.

Dall'analisi delle schede di censimento dell'anno 2000 relative al settore n° 2 (500 m di strada), dove si trova il sottopassaggio, sappiamo che durante il periodo d'osservazione del tunnel sono passati a lago circa 5800 rospi. Confrontando questo dato con quello relativo al tunnel (297 rospi a lago) otteniamo un valore di utilizzo del sottopassaggio in andata del 5,1%, mentre in direzione monte il tasso di utilizzo è del 2% considerando 6000 rospi censiti in ritorno.

Secondo alcuni autori un sottopasso per anfibii è in grado di espletare in modo efficace la propria funzione in un intervallo da 50 m (Ryser & Grossenbacher, 1989; Podloucky, 1989) ad 80 m (Ferri, 1992b) con studi mirati che hanno fornito valori di 67,5 m (Brehm, 1989). In ciascun intervallo considerato il sottopassaggio risulta essere posto al centro, quindi il raggio d'azione corrisponde alla metà della lunghezza citata. Seguendo questi criteri sembra più appropriato stimare l'efficienza del tunnel riferita ad un flusso medio di migrazione calcolato omogeneamente lungo tutto il settore n° 2. Si ottiene una stima di efficacia sugli 80 m che si attesta sul 32% (flusso a lago stimato: 928 rospi), mentre l'efficacia sui 50 m raggiunge il 51,2% (flusso a lago stimato: 580 rospi). L'efficacia in direzione monte si attesta sui valori del 12% entro gli 80 m e del 20% entro i 50 m con risultati decisamente inferiori rispetto a quanto

osservato in direzione lago. Gli indici di efficacia stimati devono essere riferiti al sistema barriere-sottopassaggio e non esclusivamente a quest'ultimo. Purtroppo non sono disponibili altre esperienze italiane da confrontare con i risultati ottenuti. Lo studio dei risultati di esperienze europee ha evidenziato maggiori percentuali di successo per tunnel dal diametro di 1 m e per i tunnel semiaperti in superficie (Brehm,1989; Dexel,1989; Meinig,1989; Zuiderwijk,1989; Langton,1989). Si rivela determinante la presenza di barriere supplementari a coda di rondine, che fungano da invito all'ingresso dei sottopassaggi, oltre che il lavaggio del tunnel con acqua del sito riproduttivo.

4.14 TEMPI DI PERMANENZA A LAGO E POSIZIONE DI RICATTURA

Durante la migrazione riproduttiva del 2000 sono stati marcati 268 rospi (112♂♂; 156♀♀), transitati dal sottopassaggio in direzione lago, di cui 122 (45,5%) ricatturati (48♂♂; 74♀♀). I tempi di permanenza a lago della popolazione riproduttiva di *Bufo bufo* del Lago di Endine per l'anno in oggetto sono stati: ♂♂ (n=48), media=5,96 gg, δ =1,88 gg, min.=2 gg, max.=11 gg; ♀♀ (n=74), media=3,35 gg, δ =0,73 gg, min.=2 gg, max.=6 gg (grafico 8). E' emersa una differenza statisticamente significativa sia tra le varianze sia tra i valori medi dello stesso anno.

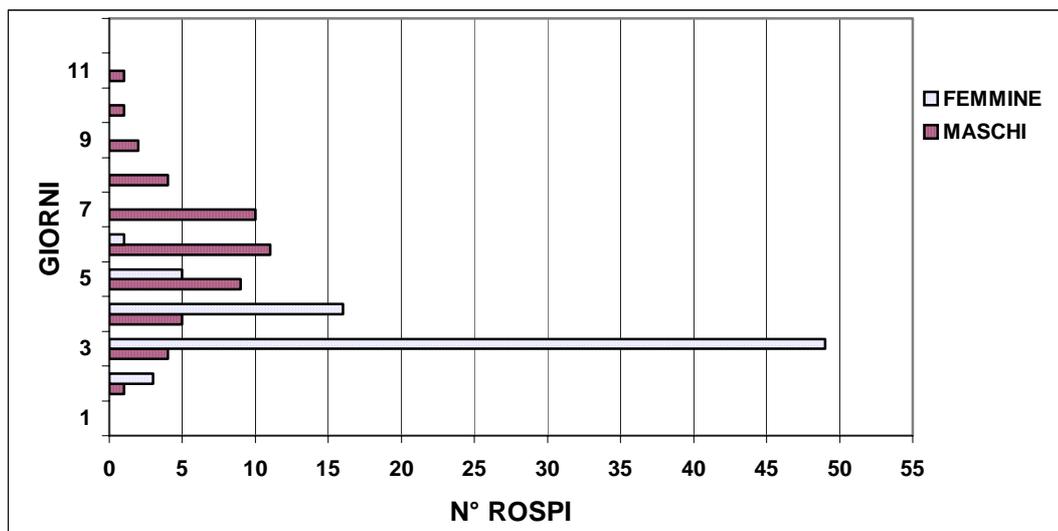


Grafico 8: Permanenze a lago dei rospi marcati nell'anno 2000 distinti per sesso.

Le femmine permangono il tempo utile alla deposizione delle ovature, mentre i maschi rimangono più a lungo a lago probabilmente per aumentare le probabilità di accoppiamento (Castellano & Giacoma,1990). La permanenza media dei due sessi nei diversi anni è connessa con le condizioni climatiche che, nel 2000, sono state ottimali ottenendo di conseguenza valori medi inferiori a quelli rilevati in precedenza (Giovine & Vergani,2000). Pare ipotizzabile una

correlazione tra il rapporto delle permanenze medie dei due sessi ($t_{\text{♂}}/t_{\text{♀}}$) e la *sex ratio* della popolazione riproduttiva, come si evince dal confronto con altre popolazioni europee.

Dei 118 rospi di cui è noto il punto di ricattura, in fase di migrazione post-riproduttiva (verso monte), 11 (9,3%) sono stati catturati in uscita dal tunnel, 23 (19,5%) entro un intervallo che va dai 10 m prima ai 10 m dopo il sottopassaggio, 28 esemplari (23,7%) dai 10 ai 20 m di distanza dal sottopasso, 42 (35,6%) oltre 20 fino a 50 m di distanza dal sottopasso, 11 rospi (9,3%) sono stati catturati dai 50 ai 100 m di distanza dal tunnel, 3 esemplari (2,5%) sono stati ricatturati ad oltre 100 m dal sottopassaggio (grafico 9). Le maggiori distanze di spostamento si sono verificate in direzione S. Felice: ♀E8 (250 m; 3 gg di permanenza); ♀L2 (220 m; 3 gg); ♀C5 (150 m; 4 gg). In direzione Pura si raggiungono distanze di spostamento inferiori: ♀G0 (80 m; 4 gg); ♀L0 (80 m; 3 gg). Il *range* complessivo di ricattura è di circa 330 m. Entro un raggio di 20 m dal tunnel ritroviamo più della metà dei ricatturati (52,5%) mentre nel raggio di 50 m ritroviamo l'88,1% dei rospi recuperati. Il picco più elevato di ricatture si riscontra in prossimità di un fragmiteto molto utilizzato per le deposizioni.

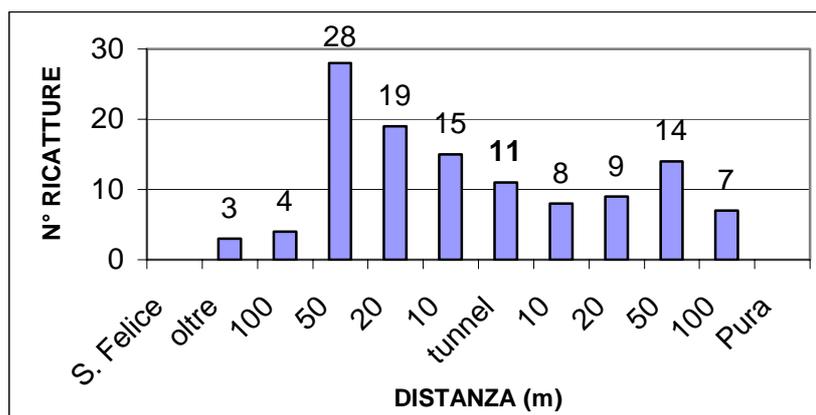


Grafico 9: Distanze di ricattura rispetto al sottopasso. Gli intervalli sono da intendersi “fino a”.

Sul campione di rospi marcati, alcuni esemplari, al momento della ricattura, avevano superato la prima serie di barriere a monte (n=24; 20,3%). Fra questi 2 erano morti investiti dalle auto sulla strada. Ben 94 rospi (79,7%) non erano riusciti a superare la serie di barriere temporanee allestite sul lato a lago. La permeabilità è dovuta a molti fattori quali: l'andamento del terreno, la capacità di scavo dei rospi, la presenza d'interruzioni presso cancelli e strade secondarie.

5. CONCLUSIONI: IL PIANO DI CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE

Il progetto di salvaguardia degli anfibî del Lago di Endine deve necessariamente svilupparsi in due direzioni: da un lato è necessario proseguire e potenziare gli interventi di conservazione naturalistica in senso stretto, dall'altro lato è indispensabile promuovere la loro importanza dal

punto di vista della comunicazione in senso lato. Dopo aver analizzato i risultati ottenuti in questo studio, e dopo averli confrontati con le esperienze di altre realtà italiane ed europee, si è dato inizio ad una serie di iniziative che rispondessero a questi due aspetti complementari della conservazione della risorsa naturale. Gli obiettivi raggiunti, che si inseriscono nel più ampio contesto di promozione del Lago di Endine, sono stati il frutto di un'ampia sinergia che ha visto coinvolte molte persone, nelle diverse competenze e nei diversi ruoli, tutte accomunate dalla determinazione nel voler tutelare una preziosa ricchezza della valle.

5.1 INTERVENTI ED OSSERVAZIONI PER LA CONSERVAZIONE NATURALISTICA:

5.1.1 NUOVI SOTTOPASSAGGI STRADALI E BARRIERE PERMANENTI

Individuati i punti dove era opportuno prevedere la collocazione di nuovi sottopassaggi per anfibi, nel febbraio 2002 sono stati realizzati 10 nuovi tunnel lungo la S.P. 76, interessando prevalentemente i settori di salvaguardia n°1 e n°2 (Corbetta & Giovine,2002b). Le strutture sono state finanziate dalla Comunità Montana Val Cavallina ed in parte dalla Provincia di Bergamo. Il sistema di sottopassaggi presso il Lago di Endine è attualmente costituito da 11 tunnel, alcuni realizzati *ex novo* mentre altri ottenuti tramite l'adattamento di drenaggi stradali preesistenti, ed è tra i più strutturati a livello nazionale. Si sono individuate opportune pratiche di gestione del primo sottopassaggio (Corbetta,2000), di questi nuovi 10 e delle barriere temporanee, al fine di ottimizzarne l'efficacia. Si auspica, inoltre, la costruzione di un sistema di barriere antiattraversamento di tipo permanente ed il potenziamento del sistema di sottopassaggi con particolare attenzione al settore di salvataggio n° 3.

5.1.2 MONITORAGGIO SCIENTIFICO ED OPPORTUNITA' PER LA CONSERVAZIONE

È proseguito il monitoraggio della popolazione di *Bufo bufo* e della dinamica migratoria ed è iniziata la verifica del funzionamento di alcuni dei nuovi sottopassaggi realizzati (Riva,2002). Si auspica lo sviluppo di studi mirati sulle popolazioni delle altre specie presenti presso il lago, con particolare attenzione alla rana di Lataste (*Rana latastei*) ed al tritone crestato italiano (*Triturus carnifex*). A tal proposito si individua lo strumento del "Life Natura" (Giovine,2004), quale possibile fonte di finanziamento e di riferimento sulla qualità, per la realizzazione di interventi mirati alla tutela delle due specie citate e di una terza, ululone dal ventre giallo (*Bombina variegata*), segnalate dalla Comunità Europea e dalla Regione Lombardia come specie animali che necessitano di priorità negli interventi di conservazione. Peraltro, nel 2001 la zona del Lago

di Endine è stata riconosciuta dalla *Societas Herpetologica Italica* come Area di Rilevanza Erpetologica Nazionale (A.R.E.N.) con la sigla ITA017LOM003. La motivazione del riconoscimento è da attribuirsi alla “maggiore popolazione lombarda (e forse italiana) conosciuta di *Bufo bufo* e ricca associazione batracologica” (referente S.H.I. V. Ferri). Tale riconoscimento pone le popolazioni di anfibi del Lago di Endine al centro dell’attenzione dei ricercatori che si occupano di conservazione di questa classe di vertebrati. La recente istituzione del PLIS del Lago di Endine (decreto Regione Lombardia n° 4223/2001), che interessa il territorio del comune di Spinone al Lago, lascia intravedere prospettive di conservazione anche per le sparute popolazioni di anfibi che, nella migrazione riproduttiva, attraversano la strada statale sulla sponda opposta del lago.

5.1.3 GESTIONE DI ECOSISTEMI INTERESSATI DAGLI ANFIBI

La pratica dello sfalcio del canneto perilacustre, utile per una gestione ecologica integrata finalizzata al miglioramento della qualità delle acque del lago, può rivelarsi molto dannosa per le popolazioni di anfibi se il taglio viene effettuato in concomitanza con la migrazione riproduttiva, come peraltro già verificatosi nel 1994. Lo sfalcio, solitamente invernale, deve essere realizzato al massimo entro la metà di febbraio, con priorità riservata alle sponde interessate dalla deposizione delle ovature di anfibi. Le sponde lacustri dovranno essere conservate nei loro caratteri di naturalità e non dovranno subire nuove opere di cementificazione. La gestione del versante montuoso sarà mirata alla conservazione di ambienti misti a prato e bosco, impedendo la distruzione o la frammentazione degli *home range* estivi e di rifugio invernale. Si sono individuate stazioni in cui sarebbe auspicabile la realizzazione di pozze o stagni, utili come potenziali siti riproduttivi alternativi al lago, al fine di potenziare la presunta struttura a metapopolazione di *Bufo bufo* (Giovine & Corbetta,2003).

5.1.4 OPERAZIONI DI SALVATAGGIO

Si auspica in ogni modo la prosecuzione dell’intervento di salvataggio anfibi nel periodo di migrazione riproduttiva. Questa operazione, che viene condotta nel momento più importante del ciclo di vita annuale di questi anfibi, rappresenta l’attività cruciale per la loro difesa, ma anche per la raccolta di dati, per la verifica delle opere realizzate e per l’ideazione di nuovi progetti da realizzare. Inoltre coinvolge moltissimo i volontari delle G.E.V. e di associazioni ambientaliste, i cittadini comuni, le famiglie, ecc. rappresentando il punto di ricongiungimento tra i percorsi di conservazione della natura e quello della valorizzazione della risorsa naturale.

5.2 INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE DELLA RISORSA NATURALE:

5.2.1 ATTIVITA' DIDATTICA E TURISMO SOSTENIBILE

La risorsa degli anfibi rappresenta uno strumento molto prezioso per lo sviluppo di percorsi di educazione alla natura e di educazione ambientale rivolti alle scuole della valle e di tutta la provincia. Sono molteplici gli spunti da cui poter partire per conoscere meglio questi simpatici animali e riflettere sulle dinamiche di interazione tra uomo ed ambiente. Al costante servizio offerto dalle G.E.V., si è aggiunta nel 2003 la proposta di una cooperativa sociale che si è dotata di laboratorio, attrezzature e progetti per la didattica ambientale riservando particolare attenzione agli anfibi ed al lago. Il punto di riferimento per questa attività è la struttura già denominata Casa del Pescatore. E' da ritenere importante anche l'intuizione che il rospo potrebbe diventare l'originale ed appropriato simbolo del Lago di Endine al fine di una promozione del turismo ecosostenibile (Molon,2000).

5.2.2 PUBBLICAZIONI

Nel 2001 è stata realizzata dalla Comunità Montana una prima semplice pubblicazione costituita da un volantino pieghevole che riporta una serie di informazioni utili a tutte le persone che vogliano sapere di più sul rospo o desiderino prendere parte all'intervento di salvataggio primaverile. I recenti risultati del progetto di tutela degli anfibi del Lago di Endine sono stati posti all'attenzione dei ricercatori di tutta Italia nel IV Congresso Nazionale della *S.H.I.* tenutosi ad Ercolano (NA) nel 2002 (Corbetta & Giovine,2002a; 2002b), al fine di mettere in rete attività svolte e conoscenze acquisite. Nel 2003 è stato pubblicato il quarto quaderno della C.M. Val Cavallina dal titolo "SOS *Bufo bufo*. Il salvataggio anfibi in Val Cavallina" (Giovine & Corbetta,2003). Questo quaderno costituisce uno strumento di storicizzazione di quanto realizzato e rappresenta un riferimento per gli approfondimenti dei percorsi didattici, a supporto di insegnanti ed operatori, oltre che per gli appassionati della natura ed i turisti.

5.2.3 EVENTI

Nella primavera 2001 si è tenuto il 1° "Weekend naturalistico del Lago di Endine", con lo scopo di richiamare tutte le persone, coinvolte a vario titolo, ad una riflessione sulle prospettive dell'attività di tutela dagli anfibi migranti. E' auspicabile che eventi simili vengano riproposti periodicamente, al fine di proporre situazioni di confronto e di elaborazione progettuale condivisa da amministratori, ricercatori, volontari attivi e cittadini. Un'altra possibile tipologia di evento che potrebbe essere realizzato sarebbe una sorta di "festa di primavera", in concomitanza con la migrazione riproduttiva, prevedendo la chiusura serale al traffico della

strada provinciale ed il coinvolgimento di associazioni di volontariato, al fine di avvicinare il più possibile i residenti alla realtà del salvataggio anfibi.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREONE F., 1992, *Valutazione e categorizzazione dello status della batracofauna (Amphibia) in Piemonte e Valle d'Aosta*, Quad. Civ. Staz. Idrobiol. n° 19, pp. 27-40.
- BARBANTI L. et al., 1974, *Indagini ecologiche sul Lago d'Endine*, Edizioni dell'Istituto Italiano di Idrobiologia Verbania Pallanza, pp. 304.
- BREHM K., 1989, *The acceptance of 0,2 m tunnels by amphibians during their migration to the breeding site*, In (ed. Th. E. S. Langton): *Amphibians and Roads*, ACO Polymer Products Ltd., Shefford, UK, pp. 29-42.
- CASTELLANO S., GIACOMA C., 1990, *Selezione sessuale in maschi di Bufo bufo*, Atti VI Convegno Nazionale Ass. "A. Ghigi", Torino, 22-24 giugno 1989, Mus. Reg. Sci. Nat. Torino, pp. 161-164.
- CORBETTA A., 2000 (A.A. 1999-00), *Biometria, conservazione e uso di sottopassaggio per anfibi da parte del rospo comune Bufo bufo (Anura: Bufonidae) presso il Lago di Endine (Bergamo)*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Milano (relatore Vailati G.).
- CORBETTA A., GIOVINE G., 2002a, *Utilizzo di un sottopassaggio stradale per anfibi da parte del rospo comune Bufo bufo (Anura: Bufonidae) presso il Lago d'Endine (Bergamo)*, IV° Congresso Nazionale *Societas Herpetologica Italica*, Ercolano (Na), Poster, Faunistica e Conservazione.
- CORBETTA A., GIOVINE G., 2002b, *Realizzazione di nuovi sottopassaggi per anfibi nell'Area di Rilevanza Erpetologica Nazionale n°17 (Lago di Endine, Bergamo)*, IV° Congresso Nazionale *Societas Herpetologica Italica*, Ercolano (Na), Poster, Faunistica e Conservazione.
- CORNISH C.A., OLDHAM R.S., BULLOCK D.J., BULLOCK J.A., 1995, *Comparison of the diet of adult toads (Bufo bufo L.) with pitfall trap catches*, *Herpetological Journal*, vol. 5, pp. 236-238.
- DAVIES N. B., HALLIDAY T. R., 1978, *Deep croaks and fighting assessment in toads Bufo bufo*, *Nature* 274, pp. 683-685.
- DEXEL R., 1989, *Investigations into the protection of migrant amphibians from the threats from road traffic in the Federal Republic of Germany – a summary*. In (ed. Th. E. S. Langton): *Amphibians and Roads*, ACO Polymer Products Ltd., Shefford, UK, pp. 43-50.
- DUELLMAN W. E., TRUEB L., 1994, *Biology of Amphibians*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.
- FANTONI F., 1998, *Il salvataggio rospi del Lago di Lecco*, Ferri V. (red.), *Il Progetto Rospì Lombardia, Iniziative di censimento, studio e salvaguardia degli Anfibi in Lombardia: consuntivo dei primi sei anni (1990-1996)*, Comunità Montana Alto Sebino e Regione Lombardia.
- FELDMANN R., GEIGER A., 1989, *Protection for amphibians on roads in Nordrhein-Westphalia*, In (ed. Th. E. S. Langton): *Amphibians and Roads*, ACO Polymer Products Ltd., Shefford, UK, pp. 51-58.
- FERRI V., 1990, *Anfibi e rettili in Lombardia*, Deleg. WWF Lombardia, Quaderno n° 5/90.
- FERRI V., 1992a, *Il "Progetto Rospì Lombardia"*, Quad. Civ. Staz. Idrobiol. n°19, pp. 13-15.
- FERRI V., 1992b, *Gli Anfibi, metodiche di censimento e di salvaguardia*, Reg. Lombardia, Centro St. Erp. "EMYS", Soc. It. Sc. Nat.
- FERRI V., 1998, *Protezione e situazione degli Anfibi in Lombardia*, in Ferri V. (red.) *Il Progetto Rospì Lombardia. Iniziative di censimento, studio e salvaguardia degli Anfibi in Lombardia: consuntivo dei primi sei anni (1990-1996)*, Comunità Montana Alto Sebino e Regione Lombardia.
- FERRI V., 2000, *Programma di monitoraggio delle popolazioni lombarde di rospo comune (Bufo bufo)*, 3° Convegno "Salvaguardia Anfibi", Dalla parte degli Anfibi: strategie, esperienze e problemi a confronto, 23-24 Giugno 2000 Lugano, Cantone Ticino, Svizzera, Comunicazione orale.
- FERRI V., SOCCINI C., 2000, *Dalla parte degli Anfibi*, Salvaguardia/Progetto Rospì Lombardia, Parchi e riserve naturali, Il Verde Editoriale e Regione Lombardia, 1, pp. 20-22.
- FOWLER, COHEN, 1993, *Statistica per ornitologi e naturalisti*, Franco Muzzio Editore, pp.240.
- FUSARI S., 1993, *Salvataggio dei rospi comuni (Bufo bufo) sul Lago d'Iseo (Riva di Solto, Bergamo)*, Quad. Civ. Staz. Idrobiol., n° 20, pp. 17-20.

- GALLI P., GENTILI A., SANTAGOSTINO M., CROSA G., 2001, *Contributo alla conoscenza dell'elmintofauna di Bufo bufo (Linnaeus, 1758) provenienti dai bacini di Endine e del Segrino*, Atti 3° Congresso nazionale della Societas Herpetologica Italica, Pavia, 2000.
- GENTILI G., ROMANO' A., BARENGHI B., BERTONI Z., BOSI R., 2002, *Le acque, i pesci e la pesca nella provincia di Bergamo*, Provincia di Bergamo, pp. 133.
- GIACOMA C., 1991, *Metodi di studio dell'ecologia di popolazione di Anfibi*, In: Fasola M., Atti II Seminario Italiano Censimenti faunistici dei Vertebrati, Suppl. Ric. Biol. Selvaggina, INBS, Bologna, pp. 165-174.
- GIACOMA C., 1993, *Analisi dei parametri ecologici che influenzano la diffusione degli anfibi in Pianura Padana*, Suppl. Ric. Biol. Selvaggina, XXI, pp. 167-174.
- GIACOMA C., 1998, *Bufo bufo (Linnaeus, 1758) Rospo comune*, In ANDREONE F., SINDACO R., *Erpetologia del Piemonte e della Valle d'Aosta, Atlante degli Anfibi e dei Rettili*, Museo Regionale di Scienze Naturali Torino, Monografie, pp. 174-175.
- GIOVINE G., 1993, *Intervento di salvataggio della batracofauna nell'area del Lago di Endine (Val Cavallina, Bergamo) durante il 1992*, Quad. Civ. Staz. Idrobiol. n° 20, pp. 33-37.
- GIOVINE G., 1994, *Il salvataggio delle migrazioni di anfibi nella Val Cavallina*, Parchi 12, pp. 65-68.
- GIOVINE G., 1997, *Anfibi e Rettili del Lago di Endine (Lombardia, Bergamo)*, Riv. Mus. Civ. Sc. Nat. «E. Caffi» Bergamo, 19, pp. 1-6.
- GIOVINE G., 1998, *Il salvataggio delle popolazioni di Anfibi nei pressi dei Laghi di Endine e di Piangaiano (Val Cavallina – Bergamo)*, in Ferri V. (red.) *Il Progetto Rospi Lombardia, Iniziative di censimento, studio e salvaguardia degli Anfibi in Lombardia: consuntivo dei primi sei anni (1990-1996)*, Comunità Montana Alto Sebino e Regione Lombardia, pp. 87-105.
- GIOVINE G., 2000a, *Le operazioni di salvataggio anfibi lungo la S.P. 76 (Lago di Endine, Val Cavallina - Bergamo) consuntivo quinquennale (1992-1996)*, Atti I Congresso Nazionale della Societas Herpetologica Italica, Torino 2-6 ottobre 1996.
- GIOVINE G., 2000b, *Proposta di centro didattico per la conoscenza degli anfibi del Lago di Endine e della Val Cavallina*, Relazione preliminare per la Comunità Montana Val Cavallina, Inedita, pp. 4.
- GIOVINE G., 2004, *Proposta preliminare di Progetto LIFE NATURA "Sincarlina"*, Documento inedito redatto per la Comunità Montana Val Cavallina, pp. 3.
- GIOVINE G., CORBETTA A., 2003, *SOS Bufo bufo, Il salvataggio anfibi in Val Cavallina*, Quaderni della Comunità Montana Val Cavallina, n° 4, pp. 80.
- GIOVINE G., VERGANI S., 2000, *Struttura di popolazione di rospo comune Bufo bufo (L.) (Anura, Bufonidae) del Lago di Endine (Val Cavallina, Bergamo, Lombardia) durante gli anni 1992-99*, Riv. Mus. civ. Sc. Nat. «E. Caffi» Bergamo, n° 20, pp. 33-40.
- GITTINS S. P., 1983a, *The breeding migration of the common toad (Bufo bufo) to a pond in mid-Wales*, J. Zool. Lond., 199, pp. 555-562.
- GITTINS S. P., 1983b, *Population dynamics of the common toad (Bufo bufo) at a lake in mid-Wales*, Journal of Animal Ecology, 52, pp. 981-988.
- GITTINS S. P., PARKER A. G., SLATER F. M., 1980a, *Population characteristics of the common toad (Bufo bufo) visiting a breeding site in mid-Wales*, Journal of Animal Ecology, 49, pp. 161-173.
- GITTINS S. P., PARKER A. G., SLATER F. M., 1980b, *Mate assortment in the common toad (Bufo bufo)*, Journal of Natural History, 14, pp. 663-668.
- GROSSENBACHER K., 1988, *Atlas des distributions des Amphibiens de Suisse*, Documenta Faunistica Helvetiae, 7, Ligue Suisse pour la protection de la nature, Bâle.
- LANGTON T. E. S., 1989, *Reasons for preventing amphibian mortality on roads*. In (ed. Th. E. S. Langton): *Amphibians and Roads*, ACO Polymer Products Ltd., Shefford, UK, pp. 75-80.
- MADDALENA T., CECCARELLI M., CEPPI S., GAGGINI R., MERMOD C., 2000, *Salvaguardia di una popolazione di anfibi a Barbengo (Ticino, Svizzera): interazione tra volontari, accademici e professionisti dell'ambiente*, 3° Convegno "Salvaguardia Anfibi" Dalla parte degli Anfibi: strategie, esperienze e problemi a confronto, 23-24 Giugno 2000 Lugano, Cantone Ticino, Svizzera, Comunicazione orale.
- MEINIG H., 1989, *Experience and problems with a toad tunnel system in the Mittelgebirge region of West Germany*, In (ed. Th. E. S. Langton): *Amphibians and Roads*, ACO Polymer Products Ltd., Shefford, UK, pp. 59-66.
- MOLON M., 2000, *Ricerca "Progetto Lago"*, Dipartimento di progettazione dell'Architettura, Politecnico di Milano, Relazione inedita per la Comunità Montana della Val Cavallina, pp. 66.

- PANTINI P., 2000, *Area di Rilevanza Ambientale Iseo-Endine, Aspetti faunistici*, Provincia di Bergamo.
- PAVIGNANO I., 1990, *Gli Anfibi: metodi di studio*, Boll. Gr. R.A.NA. Italia, 3, pp. 59-64.
- PIANA C., 1998 (A.A. 1997-98), *Struttura di popolazione e comportamento alimentare di Bufo bufo*, Tesi di Laurea Università degli Studi di Torino, (relatore Giacomina C.).
- PILORGE T., BARBAULT R., 1984, *Allocation des ressources et effort de reproduction: le cas des lézards*, Rev. Ecol. Terre Vie, 39, pp. 459-476.
- PODLOUCKY R., 1989, *Protection of amphibians on roads – examples and experiences from Lower Saxony*, In (ed. Th. E. S. Langton): *Amphibians and Roads*, ACO Polymer Products Ltd., Shefford, UK, pp. 15-28.
- READING C. J., 1990, *A comparison of size and body weights of common toads (Bufo bufo) from two sites in Southern England*, Amphibia-Reptilia, 11, pp. 155-163.
- REGIONE LOMBARDIA, 2001, *La Fauna dei Parchi Lombardi, Tutela e gestione*, Direzione Generale Qualità dell'Ambiente, Gruppo di lavoro "Gestione della fauna nei parchi", CT2 srl, CD-ROM.
- RIVA M., 2002 (AA 2001/2002), *Uso comparato di tre two-way tunnel da parte di Bufo bufo (Bufonidae: Anura) nell'A.R.E.N. n° 17 (Lago di Endine, Bergamo), durante gli anni 2001/2002*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Milano (relatore Vailati G.).
- RIVELLINI G., 1999, *L'ambiente e gli ecosistemi*, in Cavellas, *la Val Cavallina*, Comunità Montana Val Cavallina, pp. 35-53.
- RYSER J., GROSSENBACHER K., 1989, *A survey of amphibian preservation at roads in Switzerland*, In (ed. Th. E. S. Langton): *Amphibians and Roads*, ACO Polymer Products Ltd., Shefford, UK, pp. 7-14.
- SALIO C., GIACOMA C., 1998, *Metodiche applicate in Europa per il salvataggio degli Anfibi in migrazione*, in Ferri V. (red.) *Il Progetto Rospi Lombardia, Iniziative di censimento, studio e salvaguardia degli Anfibi in Lombardia: consuntivo dei primi sei anni (1990-1996)*, Comunità Montana Alto Sebino e Regione Lombardia, pp. 55-85.
- SALVINI F., STEGAGNO E., 1998, *Operazione "Qua la zampa amico rospo"*, in Ferri V. (red.) *Il progetto ROSPI LOMBARDIA. Iniziative di censimento, studio e salvaguardia degli Anfibi in Lombardia: consuntivo dei primi sei anni (1990-1996)*, Comunità Montana Alto Sebino e Regione Lombardia, pp. 107-116.
- SCOCCIANI C., 1996, *Metodi di salvaguardia delle migrazioni di Anfibi minacciate dal traffico stradale*, Biologia Ambientale 2-3, pp. 5-11.
- SCOCCIANI C., 2001, *Amphibia: aspetti di ecologia della conservazione*, WWF Sezione Toscana, Editore Guido Persichino Grafica, Firenze, 430 pp.
- SOCCINI C., 2000, *Quattro anni di campagne di salvataggio della popolazione di Bufo bufo del Lago d'Idro (Brescia, Italia): valutazione dei risultati*, 3° Convegno "Salvaguardia Anfibi", Dalla parte degli Anfibi: strategie, esperienze e problemi a confronto, 23-24 Giugno, Lugano, Cantone Ticino, Svizzera, Poster.
- SOCCINI C., FERRI V., 2000, *Distribuzione e note di ecologia dell'erpetofauna della sponda sinistra del Lago d'Idro (Brescia)*, Natura Bresciana Ann. Mus. Civ. Sc. Nat., Brescia, 32, pp. 105-117.
- SOFIANIDOU T. S., SCHNEIDER H., 1985, *The Reproductive Behavior of the Giant Toad Bufo b. spinosus (Amphibia, Anura) in Northern Greece*, Zool. Anz., Jena, 214, pp. 209-221.
- TOMASELLI R., BALDUZZI A., FILIPELLO S., 1973, *Carta bioclimatica d'Italia*, Min. Agr. Foreste, Roma, 33.
- VERGANI S., 1998 (A.A. 1997-98), *Migrazione riproduttiva, popolazione e sforzo riproduttivo del rospo comune, Bufo bufo, presso il Lago di Endine (Val Cavallina – Bergamo) negli anni 1993-97*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Milano (relatore Vailati G.).
- ZUIDERWIJK A., 1989, *Amphibian and reptile tunnels in the Netherlands*, In (ed. Th. E. S. Langton): *Amphibians and Roads*, ACO Polymer Products Ltd., Shefford, UK, pp. 67-74.
- ZUMBACH S., MROSE H., SCHELBERT B., SUTER K., NILL W., SEIPPEL A., 1996, *Anfibi e sistemi di condotta delle acque reflue, Raccomandazioni e proposte d'intervento applicabili a sistemi di drenaggio stradale, bacini pluviali e impianti di pompaggio*. Dipartimento delle costruzioni del Canton Argovia e KARCH, Arau e Baden, pp. 19.