

Strade e mortalità faunistica: un caso di studio in Umbria

Chiara Moretti, Bernardino Ragni*

Dipartimento di Chimica, Biologia, Biotecnologie, Università degli Studi di Perugia, Via Elce di Sotto I-6123 Perugia

* Referente per la corrispondenza: bernardino.ragni@unipg.it

Pervenuto il 31.10.2014; accettato il 19.2.2015

Riassunto

Lo studio ha lo scopo di misurare la mortalità stradale della fauna, prendendo a campione un'area umbra che si ritiene rappresentativa della rete viaria regionale, fornendo un primo livello di conoscenza del fenomeno. Sono presi in considerazione 18 gruppi di parametri ciascuno con diverse varianti, rilevati su un campione di 10 strade regionali per uno sviluppo totale di 141 km in un anno solare completo. Sono stati percorsi 3787 chilometri nelle 27 uscite totali, rilevati 688 individui investiti totali ripartiti in maniera diversa per le diverse strade. La mortalità faunistica risulta funzione dello sviluppo chilometrico stradale. In Umbria vengono investiti e uccisi non meno di 0,03–0,3 Tetrapodi per chilometro al giorno; alla fine di un anno solare, sulla rete stradale umbra, i Tetrapodi morti potranno variare da 71000 a 710000. La strada umbra più impattante per la fauna a Tetrapodi risulta possedere il seguente profilo strutturale: pavimentata in conglomerato bituminoso; quattro corsie e barriera centrale spartitraffico; sostenuta da rilevato; alti livelli di traffico veicolare; rango amministrativo elevato. Quando gli anzidetti cinque caratteri si coniugano con particolari condizioni stagionali, meteoriche o astronomiche (es., primavera e luna calante) l'impatto delle strade regionali raggiunge la sua maggiore espressione.

PAROLE CHIAVE: Tipologie stradali / traffico veicolare / impatto faunistico

Roads and wildlife mortality: an Umbrian case study (Italy)

The sample of the study was a 141 kilometres of local, regional and stataal roads where the researchers developed 3787 kilometers of patrolling throughout a solar year (12 months, 4 astronomical seasons). The work led to collect the observation of 688 road killed animals (Mammals, Birds, Reptiles and Amphibians). The road-type characterised by the highest mortality rate in Umbria was: asphalted, four-laned with central "jersey", on embankment, with high level of traffic, administrative high ranked, in spring, with waning moon. The faunal road mortality in the region could be estimated on 0.03–0.3 animal per km per day leading to an overall figure of 71000- 710000.

KEY WORDS: roads / wildlife / mortality

INTRODUZIONE

Il moltiplicarsi delle infrastrutture viarie (strade, autostrade, ferrovie e canali navigabili) provoca pesanti impatti sull'ambiente e sulla biodiversità (Dinetti, 2000).

I principali effetti sono:

- la distruzione e alterazione degli ecosistemi dovuta al fatto che le nuove opere infrastrutturali occupano uno spazio con svincoli, aree di servizio, ponti, ecc. Le strade, ma soprattutto le superstrade e le autostrade,

innescano processi di urbanizzazione del territorio (nuove zone industriali, supermercati, ecc.);

- varie forme di disturbo e di inquinamento (luci, rumore del traffico, ecc.);
- la mortalità diretta, in quanto molti animali selvatici vengono investiti dai veicoli;
- l'effetto barriera, dovuto all'incapacità di molte specie soprattutto se di piccola taglia, di attraversare la

nuova infrastruttura.

L'effetto barriera provoca la frammentazione degli habitat, considerata oggi una delle principali cause di perdita di biodiversità a livello globale, la mortalità diretta di molti animali selvatici investiti da veicoli e impedisce lo svolgimento naturale degli scambi genetici fra gli individui delle popolazioni separate, determinando (Scoccianti e Cigna, 1999; Scoccianti, 2001; Battisti e Romano, 2007):

- una forte compromissione del naturale svolgimento dei movimenti migratori, dispersivi e, in genere, del successo riproduttivo delle specie in quel territorio;
- l'isolamento genetico pressoché completo, a medio-lungo termine, delle popolazioni residenti sui due lati della strada;
- l'impoverimento numerico degli individui che costituiscono la popolazione in seguito a mortalità diretta.

Oltre all'attraversamento volontario –che avviene durante la perlustrazione dell'*home range*, la ricerca dell'alimento o di un *partner*, durante un fenomeno migratorio (ad esempio gli Anfibi durante le migrazioni riproduttive), durante la fase di dispersione dei giovani e dei sub-adulti– sussistono altri motivi per cui un animale può trovarsi su una strada al momento del passaggio di un veicolo. Fra le principali ragioni sono da ricordare (Scoccianti e Ferri, 2000):

- la ricerca per fini trofici di resti di altri animali morti in seguito ad investimento;
- la ricerca presso la strada di altre condizioni microclimatiche;
- la disponibilità di siti di nidificazione e/o rifugio sui lati della strada;
- la presenza di vegetazione incolta delle scarpate in cui rifugiarsi e nidificare (importante soprattutto nelle zone molto antropizzate e coltivate);
- la facilità per un predatore di individuare la preda;
- la presenza di posatoi quali recinzioni, fili elettrici, pali, ecc;
- l'utilizzo della sede stradale come luogo di richiamo.

La mortalità diretta della fauna è particolarmente significativa: a livello europeo la stima del numero totale di Uccelli e Mammiferi uccisi sulle strade varia da 10 a 100 milioni/anno (Sainsbury *et al.*, 1995), ponendo questo fattore al primo posto tra le cause di morte. Nel solo Regno Unito per gli Uccelli le stime oscillano da 1-10 a 30-70 milioni di individui/anno (Anderson, 1994; Sainsbury *et al.*, 1995). In Francia si stima una mortalità annua di circa 14.000 caprioli, 900 cinghiali e 560 cervi (Office National de la Chasse, 1994). In Olanda circa il 25% dei tassi viene ucciso direttamente o indirettamente dal traffico stradale (Bekker e Canters, 1997).

Attualmente la problematica è ritenuta critica non solamente nel Vecchio Mondo, dove l'infrastrutturazione stradale ha una storia millenaria, ma anche in paesi del Nuovo Mondo dove lo sviluppo delle

reti di comunicazione è avviato da qualche decennio (Da Silva *et al.*, 2014). Le stime della mortalità non rendono del tutto conto del fenomeno, in quanto gran parte degli incidenti non viene registrato, molti individui muoiono lontano dal luogo dell'incidente, negli ambienti circostanti le strade, oppure vengono consumati dalle specie spazzine, quali ad esempio cornacchie, gazze e volpi.

L'impatto del traffico stradale sulla fauna non solo può provocare l'estinzione locale di intere popolazioni animali, ma può porre a serio rischio l'incolumità dei conducenti dei veicoli coinvolti, soprattutto se la velocità è elevata e la specie investita è di dimensioni medio-grandi (Dinetti, 2004).

In Italia secondo i dati ISTAT relativi al periodo 1995-2000, ci sono stati 2.083 incidenti stradali con animali, che hanno provocato 76 vittime umane; il costo medio annuo dell'incidente per veicolo è variato tra 350 e 880 euro. Anche i casi di attraversamento di animali di piccola taglia possono essere causa di incidenti stradali con gravi conseguenze per l'uomo: la presenza di Anfibi morti può ad esempio diminuire la sicurezza soprattutto per i motociclisti, a causa della maggior scivolosità del manto stradale (Scoccianti, 1997); urti improvvisi con Uccelli possono indurre brusche frenate o sterzate (Dinetti, 2000). La tendenza degli incidenti è in aumento, poiché anche il traffico e le infrastrutture si vanno diffondendo molto rapidamente. La rete delle infrastrutture è in costante sviluppo, sia in Italia che in Europa, e con essa anche la motorizzazione sta subendo un forte incremento: si prevede che nel 2025 il livello sarà tra il 161 e 198% più elevato rispetto al 1993 (ISTAT). Quindi è verosimile presupporre che queste problematiche nel futuro aumenteranno anche perché le strade stanno occupando sempre più le aree protette, habitat faunistici che ora sono raggiunti dalla presenza umana (Dinetti, 2004).

Data la molteplicità dei fattori in gioco e l'importanza dell'argomento è nata una nuova disciplina, la "*Road ecology*" che si avvale della collaborazione di zoologi, botanici, ecologi e ingegneri (Fabrizio, 2008).

Scopo del presente lavoro è quello di fornire un primo livello di conoscenza del fenomeno e contribuire a ridurne gli effetti, tutelando sia la fauna che i conducenti dei veicoli.

MATERIALI E METODI

Area di studio

L'attività si basa sul percorrere un prestabilito itinerario di rilevamento del fenomeno in studio (transetto); a tal fine è stato individuato (Carta 1) un insieme stradale capace di campionare le diverse tipologie regionali e le stazioni di conteggio dei veicoli.

Le strade costituenti il transetto sono:

- SS 3 Bis Tiberina;
- SS 219 di Gubbio e Pian d'Assino, divisa in due tratti: dal km 22 al km 44 e dal km 6 al km 21;
- SS 318 di Valfabbrica, divisa in tre tratti: dal km 1 al km 7, dal km 8 al km 23 e dal km 24 al km 37;
- SP 175 I Tratto Bosco;
- SS 298 Eugubina, divisa in due tratti: I Tratto dal km 34 al km 42 e Tratto dal km 16 al km 33;
- SP 205 di Mocaiana II Tratto;
- SP 206 di Montelovesco;
- Strada Frontile Tegolaro;
- Strada Rancolfo-Valcaprara;
- Strada per Rancolfo.

Il loro insieme è pari ad uno sviluppo lineare totale di 141 km.

Lavoro di campo

Lo sforzo di campionamento è stato: 27 uscite giornaliere, 3787 chilometri percorsi complessivamente (141 km/uscita) per un totale di 202,50 ore (7,5 ore/uscita) di cui 87,75 impiegate per il conteggio dei veicoli (3,25 ore/uscita).

Lo studio analizza il rapporto tra mortalità, tipologie viarie e incidenza di parametri ambientali (fasi lunari e stagioni) e strutturali (numero di corsie, pavimentazione della carreggiata, veicoli per chilometro e veicoli per chilometro all'ora, ecc.).

A tal fine i parametri presi in considerazione sono: Lunghezze, parziali e totali delle strade (km); Tipologie delle carreggiate (Raso, Rilevato, Viadotto, Trincea, Semitrincea; Edifici in prossimità, Senza edifici in



Carta 1. Area di studio, ubicata nell'Umbria centro-settentrionale, con il transetto di rilevamento in forma di circuito chiuso irregolare.

prossimità; Pavimentate, Terra battuta; 2 corsie, 4 corsie); Traffico totale (passaggi veicolari); Traffico chilometrico (veicoli/km); Tempo di rilevamento del traffico (ore); Traffico orario (veicoli/h); Traffico orario per chilometro (veicoli/h/km); Morti per strada; Morti totali; Vivi per strada; Vivi totali; Tempo di rilevamento morti (giorni); Mortalità chilometrica (morti/km); Mortalità giornaliera (morti/giorni); Mortalità chilometrica giornaliera (morti/km/giorni); Morti per tipologia di carreggiata; Fasi lunari e loro effetto (Giorni luna crescente, Giorni luna calante; Morti con luna crescente, Morti con luna calante; Vivi con luna crescente, Vivi con luna calante); Stagioni e loro effetto (Giorni di Primavera, Estate, Autunno, Inverno; Morti di Primavera, Estate, Autunno, Inverno; Vivi di Primavera, Estate, Autunno, Inverno).

Allo scopo di documentare la fenologia circannuale il campionamento è stato condotto dal 31 marzo 2010 al 30 marzo 2011. I rilievi di campo vengono effettuati ogni 15 giorni, così da ottenere un'uscita con luna calante e una con luna crescente, per un totale di 25 (7 in Primavera, 6 in Estate, 5 in Autunno e 7 in Inverno): 31 marzo, 15 e 29 aprile, 12 e 26 maggio, 10 e 23 giugno, 7 e 22 luglio, 8 e 17 agosto, 1, 15 e 30 settembre, 13 e 28 ottobre, 10 e 25 novembre, 22 dicembre, 5 e 19 gennaio, 3 e 16 febbraio, 1, 15 e 30 marzo. Si è scelto di ubicare le uscite nel fine settimana (sabato e/o domenica) allo scopo di attendersi la minore intensità di traffico possibile, soprattutto di mezzi pesanti.

Il transetto a forma di anello è stato percorso partendo sempre dallo stesso punto in modo alternato sia in senso orario che antiorario affinché il conteggio dei veicoli di ogni singola strada non venisse effettuato sempre allo stesso orario.

Su ciascuno dei 14 tratti strutturalmente omogenei nei quali è stato suddiviso il transetto è stata ubicata una stazione di conteggio dei veicoli. La sosta in ogni punto è stata di 15 minuti ed il valore così ottenuto è stato moltiplicato per 4, così da ottenere il traffico orario (TO). Per la tipologia di strada a quattro corsie con spartitraffico, è stato effettuato un conteggio simultaneo sulle due corsie di marcia.

Le osservazioni sono state effettuate nelle migliori condizioni possibili di visibilità (dall'alba alle prime ore del pomeriggio) da un equipaggio formato da 2 operatori, un conducente ed un rilevatore; il rilevatore è sempre lo stesso (Moretti). Detta unità di rilevamento si è spostata in automobile, percorrendo i tratti stradali prescelti alla velocità costante di 40–50 km/h, registrando tutti gli individui incontrati (sia vivi che morti) su una scheda appositamente predisposta.

Il ricercatore procede immediatamente alla determinazione specifica dell'animale osservato e rileva la precisa ubicazione dello stesso lungo il percorso

mediante l'utilizzo del GPS.

Laddove è possibile o necessario, ad ogni *waypoint* viene associata una fotografia in cui è riportato il nome comune, il numero di *waypoint* corrispondente e la data di rinvenimento.

La determinazione specifica dei soggetti rilevati è effettuata sulla base delle competenze degli Autori; quando necessario si ricorre alla determinazione comparativa sulla base di manuali di riconoscimento e trattati sulla fauna a Tetrapodi dell'Umbria (Macdonald e Barrett, 1993; Magrini e Gambaro, 1997; Perrins, 1987; Ragni, 2002; Ragni *et al.*, 2006; Spilinga *et al.*, 2013).

Nella prassi della *Road ecology* uno dei rinvenimenti stradali più frequenti è quello di una massa informe spacciata sulla pavimentazione quasi mai attribuibile ad una specie, solo raramente a generi e famiglie tassonomici. Tali reperti, coloritamente definiti "URP", cioè *unidentified road pizza* da Nelson (2003) nel presente lavoro sono definiti "indeterminati".

Ad ogni uscita tutti i *waypoint* relativi sia agli individui rinvenuti morti sia ai vivi sono riportati su carta, con il supporto di *Mapsource*.

Sul campo viene anche eseguita l'analisi delle caratteristiche strutturali delle strade e del contesto ambientale limitrofo alla strada al fine di confrontare questi dati con l'andamento lineare della mortalità stradale.

Si effettua la valutazione della pendenza delle scarpate, individuando i 45° come limite massimo di superabilità dei Tetrapodi terrestri. La ricaduta delle pendenze in intervalli superiori o inferiori a detto limite è stimata speditivamente dal rilevatore sulla base del "miglior parere dell'esperto" espresso dagli Autori.

Definizione delle tipologie strutturali e circostanziali delle strade:

- carreggiata a raso: la sede stradale si sviluppa sullo stesso livello del circostante piano di campagna (Fig. 1);
- carreggiata su rilevato: la strada è sopraelevata rispetto al piano di campagna ed è sostenuta da terrapieno a sezione trapezoidale (Fig. 2);
- carreggiata su viadotto: la sede stradale è sopraelevata rispetto al piano di campagna ed è sostenuta da un manufatto in forma di ponte ad arcate plurime, in muratura o cemento armato, pervio ortogonalmente alla strada (Fig. 3);
- carreggiata in trincea: la strada scorre su di un livello inferiore al piano di campagna, ai suoi lati si formano scarpate sopraelevate di pari altezza; la sezione trasversale che ne deriva è quella di un trapezio rovesciato (Fig. 4);
- carreggiata in semitrincea: la sede stradale è posta, rispetto al rilievo sul quale scorre, a "mezza costa", fiancheggiata da un lato da una scarpata a monte del



Fig. 1. Esempio di carreggiata a raso (Strada per Rancolfo).



Fig. 2. Esempio di carreggiata in rilevato (SS 219 di Gubbio e Pian d'Assino).



Fig. 3. Esempio di carreggiata su viadotto (SS 219 di Gubbio e Pian d'Assino).



Fig. 4. Esempio di carreggiata in trincea (SS 219 di Gubbio e Pian d'Assino).



Fig. 5. Esempio di carreggiata in semitrincea (SS 298 Eugubina).



Fig. 6. Esempio di carreggiata pavimentata (SS 219 di Gubbio e Pian d'Assino).



Fig. 7. Esempio di carreggiata non pavimentata (Strada Frontile Tegolaro).



Fig. 8. Esempio di carreggiata a 4 corsie di marcia con spartitraffico (SS 318 di Valfabbrica – I Tratto dal km 1 al km 7).



Fig. 9. Esempio di carreggiata a due corsie di marcia (SS 298 Eugubina).



Fig. 10. Esempio di edifici ai margini della carreggiata (SS 219 di Gubbio e Pian d'Assino).

piano stradale e, dal lato opposto, da una scarpata sita a valle del piano stradale (Fig. 5);

- carreggiata pavimentata: il substrato di scorrimento del traffico è ricoperto da conglomerato bituminoso o massetto cementizio (Fig. 6);
- carreggiata non pavimentata: il substrato di scorrimento del traffico non è ricoperto da alcuna pavimentazione e si presenta in terra battuta (Fig. 7);
- carreggiata a 4 ed a 2 corsie di marcia (Fig. 8; Fig. 9);
- edifici in prossimità: manufatti insediativi a scopo residenziale o produttivo, ubicati entro una fascia di 25 metri dalle banchine laterali; la profondità di tale fascia è stimata sulla base di osservazioni dirette e radiotelemetriche sull'effetto respingente degli edifici nella mobilità di Tetrapodi terricoli selvatici (B. Ragni, *in verbis*) (Fig. 10).

Le tipologie di carreggiata sono tutte georeferenziate mediante l'utilizzo del GPS: ogni tipologia è localizzata da un punto di inizio e uno di fine.

Gli edifici ricadenti nell'anzidetto *buffer* sono suddivisi in "abitazione" e "industria"; ogni isolato è localizzato da un punto di inizio e uno di fine tramite georeferenziazione GPS.

Riferimenti spazio-temporali

Tutti dati rilevati sul campo, dagli animali morti a quelli vivi, dalle strutture stradali ai manufatti e caratteri ambientali presi in considerazione, sono stati geo- e crono-riferiti tramite terminale palmare GPS (*Global Positioning System*) eTrex Vista HCx della Garmin Ltd (Southampton, UK) con riferimento cartografico WGS84 e temporale GMT+1.

Analisi ed elaborazione dei dati

Vengono effettuati:

- conteggio degli individui totali sia vivi che morti, suddivisi per ogni strada, per classe e per specie;
- conteggio dei giorni di luna calante e luna crescente e degli individui sia vivi che morti ricadenti nelle due fasi;
- conteggio dei giorni relativi alle quattro stagioni e di tutti gli individui ricadenti in esse;
- calcolo del tempo di rilevamento dei morti (giorni dedicati al rilevamento dei morti), mortalità chilometrica (morti/km), mortalità giornaliera (morti/giorno) e mortalità chilometrica giornaliera (morti/km/giorno);
- conteggio dei veicoli totali e suddivisi per ogni singola strada;
- calcolo del traffico chilometrico (veicoli/km), tempo di rilevamento del traffico (ore dedicate al rilevamento del traffico), traffico orario (veicoli/h) e traffico orario per chilometro (veicoli/km/h).

L'individuazione su carta delle diverse tipologie viarie e la presenza di manufatti georeferenziati nella seconda fase di campo, viene realizzata con il supporto di *MapSource*.

Sulle carte si effettua il conteggio dello sviluppo metrico lineare di ogni tipologia di carreggiata e di ogni edificio.

Successivamente, sulle carte contenenti i dati delle tipologie viarie e della presenza di edifici, vengono riportati i *waypoint* riguardanti gli individui rinvenuti morti e gli avvistamenti eseguiti nella prima fase di campo. Questa operazione permette di individuare per ogni strada costituente il transetto il numero totale di morti per ogni tipologia viaria e in presenza/assenza di edifici.

Mediante l'applicazione dei test *Goodness of fit* (χ^2), Intervalli Fiduciali del Bonferroni (IFB), Indice di Jacobs (J), vengono individuate eventuali associazioni tra mortalità e:

- tipologia della carreggiata, sia inerente tutto il transetto sia ogni singola strada;
- presenza/assenza di edifici, sia inerente tutto il transetto sia ogni singola strada;
- presenza o meno di pavimentazione stradale (strada pavimentata e strada in terra);
- numero di corsie costituenti la carreggiata;
- fasi lunari;
- stagioni.

Nell'applicazione del χ^2 , laddove le frequenze attese relative alle strade in studio non superino la soglia di 5,0 (Fowler e Cohen, 2002) viene verificata la opportunità di accorpamento tra strade come un unico tratto. Ciò diventa possibile allorché le due strade siano in continuità tra di loro sia spazialmente che strutturalmente.

Sono utilizzati il test di correlazione di Pearson (r) o il test di correlazione per ranghi di Spearman (rs) per

individuare eventuali relazioni tra il numero di morti e:

- chilometri di ogni strada;
- veicoli per chilometro di ogni strada (veicoli/km);
- il traffico orario di ogni strada (veicoli/ora);
- veicoli per chilometro all'ora di ogni strada (veicoli/km/h).

Viene anche realizzata una suddivisione delle strade in: statali, provinciali, comunali.

Riguardo alle dimensioni del campione di osservazioni che è possibile raccogliere con il metodo del transetto in auto, risulta evidente la estrema difficoltà di valutare quanto effettivamente sia grande la "popolazione" degli animali che decedono per effetto del traffico stradale: dati precisi non saranno mai conosciuti.

In generale si ritiene che un'accurata osservazione dall'automobile possa rilevare non meno del 10% dei soggetti che effettivamente muoiono a causa del traffico stradale (Adams e Geis, 1978) naturalmente con riferimento ai Tetrapodi, mentre dell'innumerabile "popolazione" di Invertebrati che rimane vittima dei veicoli sulle strade, nessuno saprà mai nulla.

Limitatamente ai Tetrapodi sono difficilmente suscettibili di conteggio gli animali più piccoli e quelli caduti ai margini della strada; i molti che, investiti, muoiono altrove o vengono asportati dalla carreggiata dalle specie "spazzine" e dagli operatori addetti alla manutenzione e alla pulizia delle strade.

Quanto ai *taxa* domestici, pari al 22% dei soggetti rilevati morti ed al 4% di quelli osservati *in vivo* (Tab. I) non si è ritenuto opportuno trattarli separatamente in quanto tali individui potevano trovarsi in una condizione di inselvatichimento temporaneo o permanente, quindi funzionalmente inseriti, sia etologicamente che ecologicamente, con gli ambienti attraversati dal transetto.

RISULTATI

Sono stati rilevati, in totale, 2429 *waypoint* (comprensivi, oltre ai soggetti rilevati morti e vivi, anche di tutte le geo-referenziazioni puntiformi descrittive le dimensioni lineari e areali delle strade, degli annessi, dei manufatti, delle strutture, presi in considerazione nello studio). Tutti gli individui rilevati morti sono stati determinati a livello di classe, mentre 263 di tali reperti *in carne* risultano variamente determinabili ai livelli tassonomici sub-classe e sopra-specifici; per i restanti è stata possibile la determinazione specifica (n = 33); i 48 soggetti osservati *in vivo* sono determinati a livello di specie (n = 14).

I principali risultati di base e di prima elaborazione sono riportati nella tabella I.

DISCUSSIONE

Nell'ambito dei soggetti investiti e uccisi dal traffico veicolare rilevati dal presente studio si evidenzia l'assenza di macroammiferi (taglia superiore a quella

Tab. I. Principali risultati di base e di prima elaborazione.

Traffico veicolare			
Ore di rilevamento		351	
Passaggi rilevati		66080	
Traffico chilometrico (veicoli/km)		469,99	
Traffico orario (veicoli/h)		188,26	
Traffico orario per chilometro (veicoli/h/km)		1,34	
Tetrapodi rinvenuti morti			
Giorni di rilevamento		189	
Individui rilevati		688	
Classi		Fn	F%
Mammiferi		498	72,38
Uccelli		139	20,20
Rettili		9	1,31
Anfibi		42	6,10
TOT		688	100
Specie		Fn	F%
Riccio	<i>Erinaceus europaeus</i>	155	22,53
Gatto domestico	<i>Felis silvestris catus</i>	90	13,08
Rospo	<i>Bufo bufo</i>	29	4,21
Istrice	<i>Hystrix cristata</i>	17	2,47
Merlo	<i>Turdus merula</i>	16	2,32
Lepre	<i>Lepus europaeus</i>	13	1,89
Civetta	<i>Athene noctua</i>	13	1,89
Fagiano	<i>Phasianus colchicus</i>	12	1,74
Tasso	<i>Meles meles</i>	10	1,45
Cornacchia grigia	<i>Corvus cornix</i>	9	1,31
Volpe	<i>Vulpes vulpes</i>	8	1,16
Passero	<i>Passer domesticus</i>	6	0,87
Ratto bruno	<i>Rattus norvegicus</i>	5	0,73
Puzzola	<i>Mustela putorius</i>	4	0,58
Barbagianni	<i>Tyto alba</i>	4	0,58
Pettiroso	<i>Erithacus rubecula</i>	4	0,58
Cardellino	<i>Carduelis carduelis</i>	4	0,58
Scoiattolo	<i>Sciurus vulgaris</i>	3	0,44
Tortora	<i>Streptopelia turtur</i>	3	0,44
Cane	<i>Canis lupus familiaris</i>	2	0,29
Nutria	<i>Myocastor coypus</i>	2	0,29
Donnola	<i>Mustela nivalis</i>	2	0,29
Gazza	<i>Pica pica</i>	2	0,29
Colombo	<i>Columba livia</i>	2	0,29
Biscia d'acqua	<i>Natrix natrix</i>	2	0,29
Faina	<i>Martes foina</i>	1	0,15
Picchio verde	<i>Picus viridis</i>	1	0,15
Germano reale	<i>Anas platyrhynchos</i>	1	0,15
Passera d'Italia	<i>Passer italiae</i>	1	0,15
Pollo	<i>Gallus gallus domesticus</i>	1	0,15
Biacco	<i>Hierophis viridiflavus</i>	1	0,15
Vipera	<i>Vipera aspis</i>	1	0,15
Saettone	<i>Zamenis longissimus</i>	1	0,15
TOT		425	100,00

Struttura stradale					
Tipologia carreggiate	Lunghezze (m)		Morti		
	Fn	F%	Fn	F%	
A raso	45284	32,20	207	30,09	
Su rilevato	16825	11,96	166	24,13	
Su viadotto	17384	12,36	128	18,60	
In trincea	5622	4,00	30	4,36	
In semitrincea	55509	39,47	157	22,82	
Con edifici	14804	10,53	75	10,90	
Senza edifici	125820	89,47	613	89,10	
Pavimentata	132485	94,21	684	99,42	
In terra battuta	8139	5,79	4	0,58	
A 2 corsie	134155	95,40	568	82,60	
A 4 corsie	6469	4,60	120	17,44	

Tetrapodi rilevati vivi		
Classi	Fn	F%
Mammiferi	26	54,17
Uccelli	20	41,67
Rettili	9	1,31
Anfibi	2	4,16
TOT	48	100

Specie	Fn	F%
Lepre <i>Lepus europaeus</i>	11	22,92
Capriolo <i>Capreolus capreolus</i>	10	20,83
Fagiano <i>Phasianus colchicus</i>	10	20,83
Volpe <i>Vulpes vulpes</i>	2	4,17
Gatto domestico <i>Felis silvestris catus</i>	2	4,17
Upupa <i>Upupa epops</i>	2	4,17
Germano reale <i>Anas platyrhynchos</i>	2	4,17
Starna <i>Perdix perdix</i>	2	4,17
Rospo <i>Bufo bufo</i>	2	4,17
Coniglio <i>Oryctolagus cuniculus</i>	1	2,08
Pettirosso <i>Erithacus rubecola</i>	1	2,08
Gazza <i>Pica pica</i>	1	2,08
Merlo <i>Turdus merula</i>	1	2,08
Allocco <i>Strix aluco</i>	1	2,08
TOT	48	100

Fenologia					
Stagioni	Fn	Morti		Vivi	
		Fn	F%	Fn	F%
Giorni di Primavera	91	232	33,72	21	43,75
Giorni di Estate	92	120	17,44	6	12,50
Giorni di Autunno	92	166	24,13	6	12,50
Giorni di Inverno	91	170	24,71	15	31,25
Fasi lunari	Fn	Morti		Vivi	
		Fn	F%	Fn	F%
Giorni luna crescente	180	302	43,90	23	48,00
Giorni luna calante	186	386	56,10	25	52,00

della volpe). Il fenomeno non dipende dalla loro corrispondente assenza dall'area di studio: infatti il 21% delle osservazioni *in vivo* è riferito al capriolo. Una valida ipotesi esplicativa si basa sul fatto che tali specie vengono rapidamente allontanate dalla carreggiata per opera degli addetti alla manutenzione e alla sicurezza delle strade o dal Corpo Forestale dello Stato nel caso di specie protette o circostanze forensi. Ad esempio, successivamente al presente lavoro, nel luglio 2011 si è assistito alla rimozione di una carcassa freschissima di capriolo dalla SS 219 di Gubbio e Pian d'Assino.

Nel corso dei rilevamenti sono state osservate due volpi in attività di alimentazione: una su di un micro-mammifero posto al centro della carreggiata, l'altra su una micro-discardia abusiva al margine della strada. Tali rilievi suggeriscono un deciso parallelismo tra le attività antropiche sopra accennate e quella di *foraging* da parte di specie polifaghe e omnivore, entrambe concludentesi con la rimozione di carcasse presenti sulle carreggiate, quindi con l'apparente riduzione del numero dei morti da traffico stradale. Per le specie spazzine, inoltre, tale comportamento accresce la probabilità d'investimento e morte su strada rispetto a quella dipendente dal semplice transito (*cf* anche Dinetti, 2000).

La quantità di animali morti rilevati è correlata a quella dei soggetti osservati *in vivo*, nel corso dello studio? L'assenza di differenze tra le rispettive frequenze numeriche dei *taxa* costituisce una verosimile ipotesi nulla da sottoporre a *test*. La sua verifica statistica consente di accoglierla nei riguardi delle quattro classi tassonomiche, Mammiferi, Uccelli, Rettili e Anfibi (Tab. I; $\chi^2 = 125,07$; g.d.l. = 3; $p < 0,01$). La H_0 deve essere invece rigettata allorché si confrontano le abbondanze delle 9 specie rilevate in entrambe le condizioni, sia vive che morte (Tab. I; $n = 9$; $r_s = 0,29$; $P > 0,1$).

La mortalità faunistica stradale osservata nel presente studio non appare casuale bensì influenzata dalle diverse tipologie di carreggiata in modo altamente significativo (Tab. II; $\chi^2 = 156,31$; g.d.l. = 4; $p < 0,01$).

Come noto il test *Goodness of fit* (χ^2) "prova" stati-

sticamente l'esistenza di un'accentuata deviazione dalla casualità da parte del campione di variabili esaminato, preso nel suo insieme (nella fattispecie: $n=5$) senza, tuttavia, "individuare" quale/i e quanto le singole variabili presentino valori significativamente sopra-, sotto-, equi-, -dimensionati rispetto agli effetti del caso.

Al fine di conoscere l'effettivo comportamento di ciascuna variabile si applica ad esse, come accennato in Materiali e Metodi, il test degli Intervalli Fiduciali del Bonferroni (IFB). In particolare, in base al valore della " p_i " (evidenziato in grassetto), ovvero proporzione di disponibilità, ovvero "offerta" della categoria *i*-esima, che può trovarsi, entro, al di sopra, al di sotto, dell'intervallo fiduciale bonferroniano, gli animali:

- hanno più probabilità di essere uccisi attraversando carreggiate su rilevato (IFB: **0,12** < 0,21 < 0,27) e su viadotto (IFB: **0,12** < 0,16 < 0,22); una maggior mortalità per la carreggiata su rilevato è associata al fatto che né l'animale terricolo in procinto di attraversare né il conducente del mezzo riescono ad individuare l'altro con un anticipo tale da poter evitare l'impatto. Questo tipo di carreggiata risulta pericolosa non soltanto per gli animali terricoli, ma anche per gli uccelli, in quanto rialzata rispetto al piano di campagna, come anche rilevato da Dinetti (2000). L'elevata mortalità su viadotto potrebbe sembrare in disaccordo con l'idea comune per cui l'animale terricolo possa superare il manufatto, passando sotto di esso, evitando così il rischio d'impatto con i veicoli, mentre per gli uccelli potrebbe rappresentare fonte di un maggior numero di collisioni. In effetti l'analisi del rapporto tra mortalità avifaunistica e tipologia della carreggiata evidenzia valori significativamente più elevati, rispetto al caso, associati ai segmenti stradali posti in rilevato e, ancor più, su viadotto (Tab. III; $\chi^2 = 166,95$; g.d.l. = 4; $p < 0,01$). Ulteriore conferma di tale ipotesi proviene dalle osservazioni svolte su un tratto stradale umbro con elevata frequenza di viadotti, la SS 3 Nuova Flaminia, tra Spoleto e Spello (Ragni, *oss. non pubbl.*). Nei 40 chilometri di transetto, percorsi

Tab. II. Effetti della tipologia di carreggiata sulla mortalità faunistica.

Carreggiata	Lunghezza (m)	Osservati (O)	Attesi (E)	(E-O)/E
A raso	45284	207	221,55	0,96
Su rilevato	16825	166	82,31	85,09
Su viadotto	17384	128	85,05	21,69
In trincea	5622	30	27,51	0,23
In semitrincea	55509	157	271,58	48,34
TOT	140624	688	688	156,31

Tab. III. Effetti della tipologia di carreggiata sulla mortalità avifaunistica.

Carreggiata	Lunghezza (m)	Osservati (O)	Attesi (E)	(E-O)/E
A raso	45284	24	44,76	9,17
Su rilevato	16825	40	16,63	34,24
Su viadotto	17384	57	17,18	94,58
In trincea	5622	3	5,56	0,72
In semitrincea	55509	15	54,87	28,24
TOT	140624	139	139	166,95

settimanalmente nel periodo 2003–2008, nei segmenti su viadotto (30% dello sviluppo) la proporzione tra tetrapodi volatori (Uccelli e Chiroteri) e non volatori (terricoli) uccisi dal traffico veicolare risulta pari a 3:1 (74/25). Si può quindi affermare che, in presenza di ambiente sottostante “permeabile”, il viadotto è “salvifico” per i Tetrapodi terricoli e “mortifero” per Uccelli e Chiroteri;

- hanno minori probabilità attraversando carreggiate in semitrincea (IFB: **0,39** > 0,28 > 0,18); risultato discorde con le osservazioni in altre aree di studio, secondo le quali la maggior parte degli investimenti avverrebbe in presenza di sezioni trasversali a mezza costa, qui definite “carreggiata in semitrincea”, (Dinetti, 2000); una possibile spiegazione è data dal fatto che, in caso di spostamento da monte a valle, l’animale può accorgersi del sopraggiungere del veicolo e decidere se attraversare la carreggiata o meno; in caso di attraversamento l’altro lato della carreggiata favorisce un fluire rapido e senza ostacoli nella scarpata sottostante; quindi per un teorico 50% di possibilità l’attraversamento indenne sarebbe favorito;
- quando la carreggiata invece è posta a raso (IFB: 0,25 < **0,32** < 0,35) o in trincea (IFB: 0,02 < **0,04** < 0,06) gli animali vengono uccisi in proporzione allo sviluppo lineare della strada. Ciò è dovuto probabilmente al fatto che in entrambi i casi l’animale riesce ad individuare la presenza di eventuali veicoli sulla carreggiata prima di attraversare. Questo dato è in parziale disaccordo con quanto osservato in altre aree di studio (Dinetti, 2000) dove la maggior parte delle collisioni avviene in presenza di sezioni stradali a livello, ovvero sul piano di campagna (qui indicate come “carreggiata a raso”); mentre la carreggiata in trincea è meno pericolosa soprattutto per gli uccelli.

A differenza di quanto avviene per le tipologie viarie, dallo studio emerge che non esiste alcuna relazione tra la presenza degli edifici in prossimità della carreggiata e la mortalità ($\chi^2 = 0,10$; g.d.l. = 1; $p > 0,05$); sembra, quindi, che la presenza di edifici in prossimità della carreggiata non abbia alcuna influenza sulla mortalità relativa alle strade. Questa osservazione risulterebbe inedita: in nessuna delle fonti consultate risulta valutata la presenza degli edifici nei pressi delle carreggiate. Tale rilievo, inoltre, conferma la bontà dell’ipotesi (cfr Materiali e Metodi) secondo la quale i *taxa* domestici in condizione di “naturale libertà” possano comportarsi come i selvatici nei confronti delle variabili prese in considerazione nel presente studio.

La pavimentazione della strada presenta una stretta relazione con la mortalità (Tab. III; $\chi^2 = 34,2$; g.d.l. = 1; $p < 0,01$), la quale è sensibilmente maggiore per la carreggiata pavimentata (IFB: **0,94** < 0,97 < 1,00) rispetto a quella in terra (IFB: **0,06** > 0,03 > -0,01). Ciò potrebbe

essere dovuto al fatto che generalmente queste ultime si trovano in aree a bassa antropizzazione dove è vero che sussiste una maggior probabilità di incontro con gli animali (Dinetti, 2000), ma dove la velocità di marcia dei veicoli è molto più bassa che su strade asfaltate, tanto da concedere all’animale in attraversamento una maggiore efficacia della sua velocità di locomozione.

La mortalità è influenzata dal numero di corsie ($\chi^2 = 258,52$; g.d.l. = 1; $p < 0,01$); in particolare la carreggiata a 4 corsie con spartitraffico presenta una mortalità maggiore rispetto a quella dovuta al caso (IFB: **0,05** < 0,15 < 0,19); mentre la carreggiata a 2 corsie di marcia, pur presentando una mortalità inferiore rispetto a quella attesa, non risulta statisticamente superiore a quella dovuta al caso (IFB: 0,85 < **0,95** = 0,95). Ciò, oltre alla maggiore larghezza della strada a 4 corsie, potrebbe essere dovuto al fatto che la barriera spartitraffico è praticamente invalicabile per molte specie animali. Appare chiaro che numerosi animali rimangono bloccati dalla barriera nel tentativo di attraversare la strada, finendo presto, e inevitabilmente, per essere travolti dai veicoli. Va infine aggiunto che molti animali, rimasti fortunatamente illesi al passaggio di un primo veicolo, mostrano, come risposta allo stress subito, uno stato di forte immobilismo, che li espone, senza alcuna possibilità di scampo, ai successivi passaggi d’auto: un esempio tipico è proprio quello del rospo comune (Scocciati, 2000, 2001).

Molto interessante è la relazione con le fasi lunari (Tab. I): la mortalità non è casuale, ma è influenzata dalle fasi lunari ($\chi^2 = 6,76$; g.d.l. = 1; $p < 0,01$); in particolare: durante la luna calante sembrano morire più animali (IFB: **0,51** < 0,52 < 0,60) rispetto alla fase di luna crescente (IFB: **0,49** > 0,48 > 0,40). Fenomeno associato probabilmente ad una minor quantità di luce. L’influenza potrebbe non essere diretta: la gran parte dei Tetrapodi terricoli è ad attività notturna, quindi con una tendenza alla riduzione di questa quando le condizioni di luce della notte risultano più simili a quelle del giorno. Numerose osservazioni tramite la radiotelemetria su specie a prevalente attività notturna (*Felis silvestris*, *Canis lupus*, *Sus scrofa*, *Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus*, *Hystrix cristata*, *Meles meles*) lo confermano (L. Bizzarri, S. Lovari, B. Ragni, com. pers.).

La stessa affermazione non può essere effettuata per i vivi (Tab. I) in quanto le frequenze osservate non sono significativamente diverse da quelle attese ($\chi^2 = 0,04$; g.d.l. = 1; $p > 0,05$). La non corrispondenza di questa affermazione con la precedente potrebbe essere dovuta al fatto che gli avvistamenti degli animali da parte dell’osservatore sono avvenuti sempre alla luce del giorno, mentre si calcola che, in varie aree di studio, circa l’80% degli incidenti si hanno tra il tramonto e l’alba (Holisova e Obrtel, 1986; Reed *et al.*, 1996; Reilly e Green, 1974). In modo

più specifico la fascia oraria più critica è quella che va da mezzanotte alle sei del mattino, seguita poi da quella della sera che va dalle diciotto a mezzanotte (Morimando e Galardi, 2006).

Il campione mostra una stretta associazione (Tab. I) tra stagioni e mortalità ($\chi^2 = 38,21$; g.d.l. = 3; $p < 0,01$) in particolare:

- la primavera è associata ad una mortalità osservata significativamente più elevata di quella attesa (IFB: $0,25 < 0,29 < 0,39$); fenomeno dovuto probabilmente ad una maggior mobilità degli individui in attività riproduttiva; ad esempio, il riccio (151 individui) una delle specie più colpite dal traffico stradale in Italia (Ferri, 1998) mostra un picco di mortalità primaverile, coincidente con il periodo riproduttivo (Berthoud, 1980; Holsbeek *et al.*, 1999), da 3 a 8 volte superiore delle altre stagioni;
- in estate si ha una mortalità inferiore (IFB: $0,25 > 0,22 > 0,12$);
- la mortalità in inverno e autunno risulta invece essere casuale (IFB, rispettivamente, $0,20 < 0,25 < 0,30$ e $0,19 < 0,25 < 0,29$); risultato valido anche per il riccio, purtuttavia in disaccordo con Pandolfi e Poggiani (1982) secondo i quali nei mesi autunnali la ricerca di un "rifugio" dove passare il periodo invernale porta il riccio ad incrementare gli spostamenti nello spazio con la conseguente maggior probabilità di impatto con i veicoli.

Lo stesso risultato è ottenuto anche dal confronto tra stagioni e presenza di vivi ($\chi^2 = 19,90$; g.d.l. = 3; $p < 0,01$); in particolare, quanto alla primavera, IFB: $0,25 < 0,30 < 0,56$; mentre nelle altre stagioni l'atteso non risulta significativamente diverso dall'osservato (IFB, Estate: $-0,008 < 0,25 < 0,27$, Autunno: $-0,008 < 0,25 < 0,27$, Inverno: $0,17 < 0,25 < 0,45$). Per i vivi, così come

per i morti, in primavera si ha un maggior numero di avvistamenti associati probabilmente ad una maggior mobilità degli individui nel periodo riproduttivo.

L'insieme del campione stradale considerato presenta una robusta relazione diretta tra numero di morti e sviluppo chilometrico ($r = 0,96$; $p < 0,001$).

Sussistendo, tuttavia, una cospicua differenza tra i valori di mortalità chilometrica (morti/km) tra segmenti componenti il transetto, si può affermare che il numero dei morti è in funzione dello sviluppo chilometrico della strada, ma dipende anche da altri fattori.

A tale proposito, è stata trovata una relazione diretta, seppure modesta, tra numero di morti e traffico chilometrico (TC) (Tab. IV; $r_s = 0,59$; $p < 0,05$). Si può quindi affermare che il numero di morti dipende dal traffico chilometrico delle strade, ma occorre fare delle precisazioni. Si osserva che, inizialmente all'aumentare del numero di veicoli per chilometro aumenta anche il numero di morti, ma da un certo valore in poi, più precisamente 339,26 veicoli/km relativo alla SS 219 di Gubbio e Pian d'Assino (II tratto dal km 6 al km 21), pur aumentando il numero di veicoli per chilometro si ha una diminuzione dei morti (Tab. IV). L'unica eccezione è rappresentata dalla SS 318 di Valfabbrica (I tratto dal km 1 al km 7) che presenta un traffico chilometrico pari a 496,62, ben superiore al "valore soglia" e 120 morti. Ciò può essere spiegato affermando che l'elevata mortalità in questo caso potrebbe non essere dovuta tanto all'elevato numero di veicoli per chilometro, quanto alla presenza delle 4 corsie con spartitraffico (Tab. IV).

Esiste, inoltre, una relazione diretta, altrettanto modesta, tra numero di morti e traffico orario (TO) (Tab. V; $r_s = 0,57$; $p < 0,05$). Si può quindi affermare che il numero di morti è legato al traffico orario delle strade, ma anche in questo caso, come nel precedente

Tab. IV. Traffico chilometrico e numero di morti.

Segmento	Veicoli/km	Morti
Strada Frontile Tegolaro	36,86	4
Sp 296 di Montelovesco	110,98	17
Str. per Rancolfo	248,31	0
Ss 318 di Valfabbrica (III Tratto dal Km 24 al Km 37)	291,78	38
Ss 318 di Valfabbrica (II Tratto dal Km 8 al Km 23)	314,59	49
Ss 219 di Gubbio e Pian D'assino (I Tratto dal Km 22 al Km 44)	320,87	71
Ss 3 Bis Tiberina	335,75	56
Ss 219 di Gubbio e Pian D'assino (II Tratto dal Km 6 al Km 21)	339,26	204
Sp 205 di Mocaiana II Tratto	346,96	15
Ss 298 eugubina (II Tratto dal Km 16 al Km 33)	489,17	55
Ss 318 di Valfabbrica (I Tratto dal Km 1 al Km 7)	496,62	120
Ss 298 Eugubina (I Tratto dal Km 34 al Km 42)	996,8	52

si può notare che si ha un aumento iniziale del numero dei morti all'aumentare del traffico orario, dopo di che questi tornano a diminuire quando il traffico orario aumenta al di sopra di un certo valore (204,81, per la SS 219 di Gubbio e Pian d'Assino II tratto dal km 6 al km 21) (Tab. V).

Ricomponendo i due parametri sopra considerati, TO e TC, nell'indicatore sintetico Traffico chilometrico orario (TCO), la relazione che intercorre tra quest'ultimo parametro e la mortalità faunistica, ancorché esistente e diretta, si fa ancora più debole ($r_s = 0,50$; $p < 0,05$)

È possibile affermare quindi che la mortalità dipende dal traffico chilometrico, dal traffico orario e dal traffico chilometrico orario, ma esistono certi valori al di sopra dei quali pur aumentando le suddette variabili, diminuisce il numero di morti. Per esempio il traffico molto intenso può limitare il numero di incidenti, poiché gli animali dato l'elevato traffico non tentano nemmeno di attraversare (Dinetti, 2000); ciò, a prima vista, può sembrare positivo, in quanto si riduce la mortalità diretta causata dagli incidenti stradali. Ma quali saranno gli effetti a lungo termine sulle popolazioni?

Inoltre è stato affermato (Cerofolini, 2006) che la frequenza degli impatti con la fauna può dipendere, in forma diretta, anche dal rango amministrativo della strada. Anche nel presente studio la mortalità sulle strade statali è più del doppio di quella relativa al rango provinciale, il quale fa registrare una mortalità sette volte superiore a quella sulle strade comunali (Tab. VI).

La relazione diretta tra rango elevato della via di comunicazione e elevata mortalità sulla stessa è ovviamente mediato dalle caratteristiche strutturali delle strade; in sostanza: non è che gli animali trovino più onorevole farsi uccidere su strade di alto lignaggio e viceversa. Il fatto è che ad un diverso rango della

Tab. VI. Rango amministrativo delle strade e frequenza degli impatti mortali per la fauna.

Tipologia	Morti	km	Morti/km
Strade Statali	645	113,00	5,71
Strade Provinciali	39	15,97	2,44
Strade Comunali	4	11,99	0,33

strada corrisponde un diverso sviluppo lineare totale, una differente larghezza della carreggiata, una diversa intensità di traffico, una diversa pavimentazione, ecc.

Dal rango della strada dipende anche la velocità degli autoveicoli che rappresenterebbe la causa principale, guidatore-dipendente, degli incidenti che coinvolgono la fauna selvatica. Sui tratti di strada a rischio per la presenza di selvatici una velocità di circa 80 km/ora è già eccessiva e, superando tale limite, il rischio di incidenti raddoppia in quanto non si ha lo spazio necessario per la frenata del veicolo. Riducendo la velocità da 80 a 60 km/ora lo spazio di frenata si riduce di circa il 25% (Carradori, 2007).

CONCLUSIONI

Quando una piccola regione come l'Umbria, che supera di poco gli 8000 chilometri quadrati ed è popolata da 800000 residenti, è solcata da una rete viaria di 6500 chilometri, in progressivo sviluppo lineare e complessità infrastrutturale, la frammentazione ecologica e la mortalità faunistica derivanti da essa non può che allarmare (AA VV, 2009).

La constatazione è tanto più grave quanto, come provato dal presente lavoro, la mortalità faunistica è legata allo sviluppo chilometrico stradale.

Tab. V. Traffico orario e numero di morti.

Segmento	Veicoli/Ora	Morti
Strada Frontile Tegelaro	11,11	4
Strada per Rancofio	35,41	0
Sp 296 di Montelovesco	35,56	17
Ss 3 Bis Tiberina	62,44	56
Ss 318 di Valfabbrica (I Tratto dal Km 1 al Km 7)	119,56	120
Sp 205 di Mocaiana II Tratto	170,22	15
Ss 318 di Valfabbrica (III Tratto dal Km 24 al Km 37)	176,15	38
Ss 318 di Valfabbrica (II Tratto dal Km 8 al Km 23)	198,07	49
Ss 219 di Gubbio e Pian D'assino (II Tratto dal Km 6 al Km 21)	204,81	204
Ss 219 di Gubbio e Pian D'assino (I Tratto dal Km 22 al Km 44)	273,33	71
Ss 298 Eugubina (II Tratto dal Km 16 al Km 33)	284,44	55
Ss 298 Eugubina (I Tratto dal Km 34 al Km 42)	369,19	52

Nell'ipotesi in cui il campione di strade preso in considerazione sia effettivamente rappresentativo della rete stradale regionale, si ammette che in Umbria muoiano non meno di 0,03 Tetrapodi per chilometro al giorno. Tali numeri potrebbero rappresentare una effettiva "popolazione" di morti pari a 0,3 (ciò perché, come detto in precedenza, si stima che un'accurata osservazione dall'automobile possa rilevare non meno del 10% dei soggetti che effettivamente muoiono a causa del traffico stradale per chilometro al giorno). Alla fine di un anno solare, sulla rete stradale umbra, i Tetrapodi morti potranno variare da 71000 a 710000. Una causa di mortalità tutt'altro che trascurabile, aggiuntiva a quella naturale, che non può non essere considerata dal punto di vista della conservazione della fauna regionale.

La strada umbra più mortifera per la fauna a Tetrapodi risulta possedere il seguente profilo strutturale:

- pavimentata in conglomerato bituminoso;
- quattro corsie e barriera centrale spartitraffico;
- sostenuta da rilevato;
- alti livelli di traffico veicolare;
- rango amministrativo elevato.

Quando gli anzidetti cinque caratteri si coniugano con particolari condizioni circannuali, come la primavera e la luna calante, la capacità mortifera delle strade regionali raggiunge la sua maggiore espressione.

Si ritiene che gli Amministratori regionali e le Istituzioni deputate alla conservazione e all'uso sostenibile delle risorse naturali regionali possano disporre, ora, di uno spunto conoscitivo che ponga in adeguata evidenza la necessità di:

- approfondire ulteriormente lo studio, trasformandolo in un sistema permanente di monitoraggio del fenomeno;
- considerare che le stime delle consistenze faunistiche realizzate per osservazione diretta non informano sulle consistenze attese della mortalità di origine stradale;
- adottare di conseguenza tutti i provvedimenti necessari a ridurre e possibilmente rimuovere le cause più critiche ed efficaci di mortalità da strada;
- contenere quanto più possibile lo sviluppo stradale regionale, già sopradimensionato, in particolare laddove provoca interruzioni della continuità ecologica tra le *patch* costituite da habitat caratteristici per la componente faunistica.

BIBLIOGRAFIA

- AA VV (Regione Umbria, Università degli Studi di Perugia, Università degli Studi dell'Aquila, Università degli Studi di Camerino, University of Cambridge, University of Reading, Wageningen Research Institute Alterra), 2009. RERU, Rete Ecologica Regionale dell'Umbria, *Ecological Network of Umbria*. Petrucci Editore, Città di Castello: 241 pp, CD Cartografia RERU 1:10000.
- Adams L.W., Geis A.D., 1978. *Effects of highways on wildlife populations and habitats. Phase I. Selection and evaluation of procedures*. Fish and Wildlife Service, Laurel.
- Anderson P., 1994. *Roads and nature conservation. Guidance on impacts, mitigation and enhancement*. English Nature, Peterborough.
- Battisti C., Romano B., 2007. Frammentazione e connettività, dall'analisi ecologica alla pianificazione ambientale. Città Studi Ed., Torino: 465 pp.
- Bekker H., Canters K.J., 1997. The continuing story of badgers and their tunnels. In: Canters K. (ed.). *Habitat Fragmentation & Infrastructure*. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Delft: 344-353.
- Berthoud G., 1980. Le Hérisson (*Erinaceus europaeus*, L.) et la route. *Rev. Ecol.* **34**: 361-372.
- Carradori R., 2007. Prevenzione e riduzione degli incidenti stradali causati dalla fauna selvatica. *Caccia più*. Anno 7, n.10 ottobre 2007: 40-48.
- Cerofolini A., 2006. Danni agli autoveicoli cagionati dalla fauna selvatica. *Silvae*, **4-II** 2006: 267-278.
- Da Silva L.G., Cherem J.J., Kasper C.B., Trigo T.C., Elizirik E. 2014. *Mapping wild cat roadkills in southern Brazil: baseline data for species conservation*. *Cat News*, S.S.C, C.S.G, IUCN, 61: 4-7.
- Dinetti M., 2000. *Infrastrutture ecologiche. Manuale pratico per progettare e costruire le opere urbane nel rispetto della conservazione della biodiversità*. Il Verde Editoriale.
- Dinetti M., 2004. Il Progetto "Sicurezza strade / fauna". LIPU - Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti: primo tentativo per sistematizzare le esperienze nazionali. Atti del Convegno "Infrastrutture viarie e biodiversità. Impatti ambientali e soluzioni di mitigazione". Pisa, 25 Novembre 2004. Italia: 25-33.
- Fabrizio M., (A cura di). 2008. Road ecology, nuovi strumenti nella pianificazione infrastrutturale. *Prima conferenza del centro studi per le reti ecologiche*. Castello Cantelmo, Pettorano sul Gizio (AQ) 4 Ottobre 2008. Programma e Riassunti.
- Ferri V., 1998. Piccoli animali e traffico veicolare. In: Convegno "Tutela della fauna minore... delle specie neglette". Sasso Marconi (BO), 25 settembre 1998: 34-36.

- Fowler G., Cohen L., 2002. *Statistica per ornitologi e naturalisti*. Franco Muzzio Editore: 240 pp.
- Holisova V., Obrtel R., 1986. Vertebrate casualties on a Moravian road. *Acta Sc. Nat. Brno*, **20** (9): 1-44.
- Holsbeek L., Rodts J., Muyldermans S., 1999. Hedgehog and other animal traffic victims in Belgium: results of a countrywide survey. *Lutra*, **42**: 111-119.
- Macdonald D., Barrett P., 1993. *Mammals of Britain and Europe*. Collins Field Guide, London: 312 pp.
- Magrini M., Gambaro C., 1997. *Atlante Ornitologico dell'Umbria*. Regione dell'Umbria, Petrucci Editore, Città di Castello: 239 pp.
- Morimando F., Galardi L., 2006. Studio sulla prevenzione degli incidenti stradali causati da fauna selvatica in provincia di Siena. *Quaderno Arsia 2 / 2006*: 25-41.
- Nelson B., 2003. *A flat you can't repair*. Dal sito www.newsday.com.
- Office National de la Chasse, 1994. Traffico e fauna selvatica: l'esperienza francese. *Habitat*, **40**: 14-26.
- Pandolfi M., Poggiani G., 1982. La mortalità di specie animali lungo le strade delle Marche. *Natura e Montagna*, **2**: 33-42.
- Perrins C., 1987. *Uccelli d'Italia e d'Europa*. De Agostini - Collins, Novara: 320 pp.
- Ragni B., 2002. *Atlante dei Mammiferi dell'Umbria*. Petrucci Editore, Città di Castello: 223 pp.
- Ragni B., Di Muro G., Spilinga C., Mandrici A., Ghetti L., 2006. *Anfibi e Rettili dell'Umbria, Distribuzione Geografica ed Ecologica*. Petrucci Editore, Città di Castello: 111 pp.
- Reed R.A., Johnson-Barnard J., Baker W.L., 1996. Fragmentation of forested Rocky Mountain landscape, 1950-1993. *Biol. Conserv.*, **75**: 267-277.
- Reilly R.E., Green H.E., 1974. Deer mortality on a Michigan interstate highway. *Journal Wildlife Management*, **38** (1): 16-19.
- Sainsbury A.W., Bennett P.M., Kirkwood J.K., 1995. The welfare of free-living wild animals in Europe: harm caused by human activities. *Animal Welfare*, **4**: 183-206.
- Scoccianti C., 1997. *Primo censimento dei tratti stradali a rischio per le migrazioni di Anfibi nella Provincia di Firenze*. WWF Delegazione Toscana, Studi e Progetti 1: 1-28.
- Scoccianti C., 2000. Study on road stretches at high risk for the migration of amphibians (focal crossing points) in the Province of Florence; proposals and measures to minimize impact. In: Tripepi S. (ed.), *Atti II Convegno della Societas Herpetologica Italica*, 6 - 10 ottobre 1998, Praia a mare, Cosenza. *Riv. Idrobiol.*, **38** (1/2/3) [1999]: 323-332.
- Scoccianti C., 2001. *Amphibia: aspetti di ecologia della conservazione [Amphibia: Aspects of Conservation Ecology]*. WWF Italia, Sezione Toscana. Editore Guido Persichino Grafica, Firenze: XIII + 430 pp.
- Scoccianti C., Cigna P., 1999. Le infrastrutture di origine antropica e la fauna: barriere ecologiche e isolamento in sottoaree. L'esempio della Piana Fiorentina. In: *Atti del Seminario di Studi "I Biologi e l'Ambiente... oltre il Duemila"*. Venezia 22-23 novembre 1996, G. N. Baldaccini e G. Sansoni (Eds.), CISBA, Reggio Emilia, Italia: 591-596.
- Scoccianti C., Ferri V., 2000. Fauna selvatica e infrastrutture viarie. In: Giacoma C. (ed.), *Atti del 1° Congresso Societas Herpetologica Italica*, 2 - 6 ottobre 1996, Torino, Italia. Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino: 815-821.
- Spilinga C., Russo D., Carletti S., Grijalva M.P.J., Sergiacomi U., Ragni B., 2013. *Chiroteri dell'Umbria - Distribuzione geografica ed ecologica*. Università degli Studi di Perugia, Regione Umbria. ISBN 88-904627-6-4. Città di Castello: 185 pp.

La pubblicazione di questo articolo (qui in anteprima, con numerazione delle pagine provvisoria) è prevista nel n. 1/2015 di *Biologia Ambientale*, la rivista del Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale (CISBA). La rivista non è distribuita in abbonamento, ma è inviata ai soli soci. Per iscriverti o per informazioni contatta il segretario del CISBA, Roberto Spaggiari (334 9262826; info@cisba.eu) o visita il sito www.cisba.eu