

Fauna selvatica e incidenti stradali

Riccardo Carradori

Biologo faunista, Pistoia; e-mail: riccardo.carradori@libero.it

Riassunto

In questo lavoro sono illustrati la tipologia e la quantità degli incidenti che accadono fra fauna selvatica e autoveicoli. La distribuzione degli incidenti è influenzata da molti fattori, tra cui la densità e la distribuzione della fauna, l'intensità del traffico, lo sviluppo e le caratteristiche della rete stradale. È indicato come le infrastrutture lineari causino un effetto barriera provocando la perdita di individui per collisione ma, anche, un'alterazione della vitalità delle popolazioni con la diminuzione dell'home range e l'alterazione delle condizioni ambientali. Sono riportate le strategie di mitigazione che permettono il passaggio alla fauna o impediscono l'impatto con gli autoveicoli; per il mantenimento di un'efficiente rete ecologica e la conservazione della biodiversità.

PAROLE CHIAVE: fauna selvatica / incidenti stradali / frammentazione ambientale / biodiversità / corridoi ecologici

Prevention and reduction of road accidents caused by wild fauna

This paper shows different kind of road accidents among wildlife and cars. Incidents distribution is linked to different matters such as fauna density and distribution, motor and rail ways development and design, traffic congestion. Linear structure leads to kills but, also to poor environmental quality and home range reduction. The work shows impacts reduction strategy such as special device to let fauna crossing or in order to decrease accident. Maintaining an efficient ecological web is intended as the main goal to preserve biodiversity.

KEY WORDS: wildlife / road accidents / biodiversity / ecological web / landscape fragmentation / ecological corridor

Il numero degli incidenti stradali che coinvolgono la fauna selvatica è in costante aumento in tutte le nazioni industrializzate ed è stimato nell'ordine di alcuni milioni di casi all'anno. Tra il 1993 e il 2002 le sole province piemontesi hanno segnalato 1.683 incidenti con coinvolgimento di fauna selvatica con danni pari a € 2.909.639. Cinghiali, daini e cervi "costano" mediamente più di € 2.000 a incidente, i caprioli circa € 1.800. In 7 casi su 10 l'animale coinvolto muore: la media è di 9 volte su 10 in autostrada e 6 volte su 10 lungo le strade comunali. Il destino dell'animale è importante: gli incidenti che ne causano la morte "costano" mediamente oltre € 5.000, mentre i costi di quelli che ne causano la fuga o il ferimento non superano i 3.000 €.

Le strade statali italiane mostrano una frequenza di 18 sinistri ogni 100 km; nelle provinciali si scende a meno di 6 e nelle comunali a meno di 1. Su queste strade

l'adozione di adeguati limiti di velocità in tratti particolarmente a rischio potrebbe essere una tra le misure più incisive e meno dispendiose per affrontare il fenomeno. Le autostrade registrano soli 4 incidenti ogni 100 km. Ciò potrebbe dipendere dal fatto che le autostrade sono tutte recintate ma anche dal fatto che la normativa non prevede l'indennizzo da parte delle pubbliche amministrazioni e, quindi, di questi sinistri non viene data notizia alle Province e alle Regioni; inoltre l'alta velocità del traffico e la frequenza di autoveicoli potrebbero scoraggiare l'attraversamento da parte degli animali.

La distribuzione degli incidenti è influenzata da molti fattori, tra cui la densità e la distribuzione della fauna, l'intensità del traffico, lo sviluppo e le caratteristiche della rete stradale. Uno studio svolto in Piemonte e pubblicato nel 2005 ha reso noto che gli eventi relativi agli impatti con gli ungulati rappresen-

tano il 97% di tutti gli incidenti. Il cinghiale è la specie più interessata (65% degli eventi), seguita da capriolo (25%), cervo (4%) e daino (3%).

Le collisioni con cinghiali aumentano gradualmente tra agosto e ottobre, probabilmente a causa della ricerca delle coltivazioni mature di pianura e della dispersione giovanile, mentre quelle con i cervidi mostrano due picchi, uno tra aprile e giugno, corrispondente al periodo dello spostamento verso i pascoli di fondovalle, l'altro a ottobre-novembre, quando gli animali si spostano per la stagione riproduttiva. Il fatto che la concentrazione dei sinistri non sia solo spaziale, ma anche temporale, potrebbe facilitare la messa a punto di misure di mitigazione del fenomeno.

Per gli aspetti della sicurezza stradale e per quelli di risarcimento dei danni, gli incidenti che coinvolgono ungulati selvatici sono quelli che causano i maggiori problemi; per gli stessi motivi, oltre che

per quelli legati alla conservazione della biodiversità, non sono da trascurare le collisioni che coinvolgono i carnivori (volpe, tasso, lupo, lontra). Purtroppo per la maggior parte delle specie (con l'eccezione di lupo, coniglio e lepre) i dati a disposizione per un'analisi dettagliata del fenomeno sono scarsi.

Un'ultima considerazione riguarda la piccola fauna vertebrata, assai poco considerata quando si affrontano le problematiche relative agli incidenti stradali e all'effetto barriera provocato dalle infrastrutture lineari. I danni agli autoveicoli e alle persone causati dall'investimento di rettili, anfibi e piccoli mammiferi sono di lieve entità, se non addirittura nulli, mentre per gli effetti sui livelli di biodiversità tali perdite possono essere di grande rilievo.

Gli anfibi (prevalentemente rane e rospi) sono un gruppo faunistico fortemente colpito dall'effetto barriera dovuto alla presenza di strade. In concomitanza delle migrazioni riproduttive stagionali si assiste, talvolta, alla perdita di intere popolazioni annientate dal transito dei veicoli. Questo fenomeno può anche diminuire la sicurezza del tratto di strada, in particolare per i motociclisti, a causa della accresciuta scivolosità del manto stradale.

Consentire ai piccoli e ai grandi mammiferi, agli anfibi, ai rettili e agli uccelli di attraversare una strada senza rischiare di essere investiti significa non solo contribuire alla conservazione della biodiversità, ma anche aumentare la sicurezza stradale e ridurre la spesa sostenuta dalla collettività a causa degli incidenti che coinvolgono la fauna selvatica.

Lo sviluppo lineare dei manufatti stradali può costituire, se non ben progettato, una barriera invalicabile agli spostamenti di numerose specie. Questa barriera determina, oltre alla perdita di individui per

collisione con i veicoli, un'alterazione della vitalità delle popolazioni riconducibile a due fenomeni: la diminuzione dell'*home range*, ossia della superficie utilizzata per il completo espletamento delle funzioni vitali (riposo, alimentazione, rifugio, riproduzione..) e l'impedimento dei movimenti dispersivi e delle migrazioni (gli anfibi ritornano ogni anno agli stagni dove sono nati per riprodursi; nel caso di comparsa di un ostacolo che limiti l'accesso, cessano definitivamente di riprodursi). Come conseguenza si può avere una serie di estinzioni locali delle popolazioni frammentate.

Le aree frammentate mostrano un ambiente con notevoli differenze rispetto a quello originario; per alterazione del microclima interno con il cambiamento delle condizioni di esposizione alla luce e del regime locale dei venti, la modifica del ciclo delle acque, il mutamento della temperatura e dell'umidità. Si alterano, infine, i rapporti tra le aree interne relict (maggiormente protette) e le fasce marginali di confine (più vulnerabili). L'alterazione delle condizioni ecologiche si traduce in un aumento della difficoltà di sopravvivenza delle specie più vulnerabili. La possibilità di sopravvivenza delle specie è in funzione dell'abilità nel colonizzare nuovi territori, che dipende dalla mobilità della specie, dalla competizione con altre specie, dalla possibilità di procurarsi il cibo e dalla capacità di adattamento.

La conservazione delle specie più vulnerabili dipende, pertanto, dal mantenimento dell'habitat idoneo, sia in termini di qualità, sia di quantità del territorio, relativamente alla sua capacità di sopportare un numero di individui sufficiente a contrastare il rischio di estinzione. La distruzione di habitat che fungono da rifugio o da transito per le specie è la principale causa della

riduzione della biodiversità. È fondamentale mantenere una rete ecologica funzionale anche quando questa è inserita in una realtà territoriale frammentata. L'analisi del territorio prende in esame la funzionalità della rete ecologica esistente e valuta azioni e interventi necessari per il mantenimento della rete stessa o per il ripristino degli elementi mancanti.

L'impatto sulle componenti biotico-naturalistiche può essere articolato in più impatti specifici:

- a) impatto diretto da sottrazione di suolo;
- b) impatto indiretto dovuto alla recisione di corridoi ecologici e all'aumento della frammentazione e dell'isolamento dei biotopi di pregio;
- c) a questo si aggiunge l'effetto barriera generato dai tratti recintati, i quali possono impedire gli spostamenti degli animali, o, qualora non recintati, possono aumentare il rischio di collisioni.

Quando le distanze tra gli habitat naturali preferiti dagli animali diventano eccessive e le dimensioni dei biotopi rimasti disponibili diventano troppo limitate per sostenere popolamenti equilibrati, l'estinzione locale delle specie diventa un pericolo concreto. Un'altra forma di impatto è quella dovuta alla dispersione di inquinanti. Per le infrastrutture di trasporto su gomma è riferito essenzialmente all'emissione di inquinanti da gas di scarico, all'inquinamento delle acque di drenaggio che dilavano gli inquinanti depositati al suolo, all'inquinamento in caso di incidenti che coinvolgano veicoli di trasporto merci. Studi tossicologici condotti sulla dispersione degli inquinanti atmosferici suggeriscono che questi siano concentrati entro una prima fascia di larghezza di circa 300 metri dall'asse stradale.

La realizzazione di nuove arterie infrastrutturali (strade, ferro-

vie, canali) rappresenta, se non opportunamente governata, una delle maggiori forme di cambiamento del territorio. Si stima che nei paesi industrializzati lo sviluppo delle reti infrastrutturali abbia portato alla perdita del 2-3 % del territorio. La realizzazione di nuove infrastrutture di trasporto provoca infatti una serie di effetti secondari ascrivibili ad un maggior afflusso umano nella zona e al richiamo di altre attività antropiche. Ad esempio la realizzazione di un'area industriale con la sua viabilità di servizio e di accesso può portare all'alterazione del flusso delle acque superficiali (ambiti lotici), all'introduzione di specie animali e vegetali esotiche, alla distruzione di organismi con bassa capacità di movimento e ciò accade anche a distanze considerevoli (alcuni chilometri a seconda dell'effetto considerato).

La garanzia di un'efficiente rete ecologica è considerata uno degli strumenti più importanti per la conservazione della biodiversità. Una rete ecologica dipende dall'utilizzazione e dalla connessione spaziale tra porzioni di territorio che permettano un flusso genetico; può essere cioè considerata come un sistema di mantenimento e di sopravvivenza di un insieme di ecosistemi. Gli elementi di una rete ecologica sono stati definiti dalla Comunità Europea come:

- zone serbatoio o sorgente (*core areas*), formate dai luoghi naturali al cui interno le specie selvatiche sono in grado di espletare tutte le loro funzioni vitali;
- zone tampone (*buffer zone*), che proteggono la rete ecologica, permettendo di evitare la degradazione ulteriore dei siti con elevata valenza ecologica;
- elementi del paesaggio, continui (corridoi ecologici) o discontinui (*stepping stones*), che permettono gli scambi di individui di una

determinata specie tra aree critiche.

Le reti ecologiche rappresentano delle unità naturali o seminaturali. La loro funzione principale è quella di consentire alla fauna (ai vertebrati terrestri e, in misura minore, agli insetti) spostamenti da una zona sorgente ad un'altra, riducendo attraverso questa connettività gli effetti della frammentazione degli habitat naturali causati dall'attività antropica.

La rete di infrastrutture lineari è il principale fattore limitante a causa del transito dei veicoli e rappresenta un fattore di rischio per la sopravvivenza dell'individuo. Altre cause di disturbo possono essere la presenza di abitazioni o altre tipologie di infrastrutture (aree industriali, piste da sci) e l'esistenza di barriere naturali (fiumi o acclività del terreno).

La minimizzazione degli impatti delle infrastrutture lineari sulla fauna è un aspetto che deve essere considerato fin dalle fasi di progettazione, evitando di distruggere gli habitat più sensibili. Gli effetti negativi dell'interruzione della continuità ambientale risultano amplificati in determinate situazioni ambientali e geomorfologiche, ad esempio nel caso di infrastrutture situate in prossimità dei margini di transizione tra due ambienti ad ecologia diversa (ecotoni, margini di un bosco, corsi d'acqua, ecc.). Risulta perciò necessario condurre in fase di progetto preliminare un'analisi delle unità ecosistemiche presenti. L'analisi prende avvio dall'individuazione delle aree considerate ad alta biodiversità, con descrizione delle comunità faunistiche associate a ogni tipo di habitat, e dalla verifica delle strutture vegetazionali che consentono la mobilità delle specie, con particolare attenzione a quelle meno vagili. Si giunge a una cartografia dettagliata (1:5.000-1:2.000) della fascia

circostante l'infrastruttura lineare che rappresenta gli spazi d'interesse faunistico e le rotte di spostamento più probabili della fauna. Sulla base di tale documento è possibile giungere ad individuare i punti di maggiore probabilità di interferenza della strada con la fauna, dove dovranno essere previsti gli interventi di permeabilizzazione dell'infrastruttura. La stessa carta consente anche di progettare gli interventi di rafforzamento della rete ecologica e di connessione con gli habitat di maggior interesse faunistico.

Una volta deciso il tracciato, le strategie di mitigazione possibili sono:

- la costruzione di passaggi per la fauna (mitigazioni attive);
- la realizzazione di misure destinate ad impedire l'accesso degli animali alla carreggiata (mitigazioni passive).

I passaggi per la fauna sono manufatti artificiali di varia natura, trasversali alla sezione stradale, che consentono l'attraversamento da parte delle specie animali. Tali misure, da tempo in uso in molti paesi europei, ma ancora poco sperimentate nel nostro paese, possono essere anche strutture stradali realizzate per altre funzioni, qualora adeguatamente adattate al passaggio della fauna.

Per i vertebrati maggiori può essere adottata una frequenza minima prudenziale di un passaggio ogni 500-1.000 metri. Una media di un sottopasso ogni 250 metri può essere considerata sufficiente a rendere più permeabile alla microfauna un territorio agricolo, salvo località di riconosciuta rilevanza faunistica dove la frequenza potrà essere maggiore.

Gli anfibi sono, forse, il gruppo faunistico più colpito dall'effetto barriera, con morie di intere popolazioni schiacciate dai veicoli. Le migrazioni riproduttive stagionali in massa di alcune specie (rospi,

rane) si concentrano in determinati periodi (in genere fine inverno) e in tratti relativamente brevi.

I rettili richiedono passaggi con substrati naturali relativamente ampi e di lunghezza moderata, posti allo stesso livello dell'intorno e con presenza di vegetazione che apporti copertura e rifugio all'entrata.

I piccoli mammiferi sono in genere poco selettivi e utilizzano tutti i tipi di struttura, anche se realizzata in cemento o in lamiera corrugata; solo la presenza di acqua all'entrata costituisce un ostacolo al passaggio. Riccio e scoiattolo rappresentano casi particolari perché tentano, comunque, di attraversare direttamente la carreggiata. Lo scoiattolo non usa né sovrappassi, né sottopassi, ma direttamente la carreggiata e persino cavi elettrici che la attraversano (a questo scopo è già stata sperimentata, positivamente, la posa di appositi cavi posti a 7 m d'altezza sopra il livello della carreggiata). Per il riccio è preferibile adottare speciali ostacoli che impediscano di accedere alla strada. I lagomorfi (coniglio e lepre) sono specie più selettive. Evitano sottopassi di piccole dimensioni (non attraversano strutture con meno di 150 cm di diametro) e tunnel in lamiera corrugata. Utilizzano principalmente tombini e scatolari con buona visibilità della parte opposta. I carnivori richiedono la presenza di vegetazione adeguata all'ingresso e non utilizzano passaggi con substrato coperto da una lama d'acqua anche di pochi centimetri di profondità. Sono però capaci di utilizzare tombini molto stretti (fino a 50 cm di diametro nel caso del tasso). Fa eccezione la volpe che richiede tunnel ampi con buona visibilità e substrati naturali alla base. Anche la lontra, pur essendo un mammifero semi-acquatico, necessita di una frangia laterale secca. Il lupo attraversa spesso anche strade a forte intensità di

traffico e preferisce i sovrappassi, anche quelli veicolari. Sembra che l'uso dei passaggi per le specie "sociali" sia influenzato da un processo di adattamento e di trasmissione sociale.

Gli ungulati sono molto selettivi nell'utilizzo dei passaggi e richiedono strutture apposite, evitando i punti utilizzati dall'uomo (anche solo il passaggio di mandrie al pascolo li allontana). Il cinghiale e il capriolo sono le specie meno esigenti, mentre il cervo e il camoscio richiedono strutture più ampie. Varie esperienze dimostrano la necessità di ampiezze minime di 7 m per il capriolo e di 12 m per il cervo. Si è osservato che il cinghiale utilizza anche attraversamenti con ampiezza pari a 5 metri. Le altezze minime sono di 3,5 m nel caso del cinghiale e del capriolo e di 4 m nel caso del cervo.

Per gli ungulati hanno molta importanza la dimensione e la collocazione della recinzione perimetrale, visto che alcuni individui tentano di attraversare la carreggiata saltando le recinzioni. È opportuno utilizzare sistemi di recinzioni particolari realizzati con reti a maglia decrescente, interrata alla base e dimensionate in rapporto alla fauna presente, meglio se combinate frontalmente con una siepe. Molte specie utilizzano i passaggi solo se è presente una recinzione ad impedire l'accesso alla strada. Per questo è fondamentale combinare l'esistenza di un passaggio con la collocazione di recinzioni perimetrali disposte a forma d'imbuto in corrispondenza dell'ingresso.

Il disegno della rivegetazione delle scarpate e delle aree periferiche gioca un ruolo fondamentale e deve essere progettato considerando che, oltre a servire per indirizzare gli animali verso l'imbocco del passaggio, può svolgere anche altre funzioni, come la creazione di bar-

riere vegetali per impedire la visione dei veicoli od obbligare uccelli e pipistrelli a elevare l'altezza del volo per prevenire collisioni. L'allineamento di alberi e arbusti in direzione dell'ingresso contribuisce ad orientare gli animali fino al passaggio. È importante che l'impianto sia denso da entrambi i lati dell'apertura, in modo che gli animali possano sentirsi protetti nel loro tragitto d'avvicinamento. Davanti all'entrata occorre lasciare uno spazio privo di vegetazione per consentire l'entrata di luce nel passaggio e permettere una buona osservazione dell'interno. L'impianto di specie appetibili alla fauna o la creazione di piccole pozze per l'abbeverata possono essere d'utilità per attrarre alcune specie, in particolare nel caso dei sovrappassi. Si deve cercare di creare un "continuum" con le zone boscate o cespugliate contigue. Per determinare l'efficacia delle misure applicate è auspicabile un periodo di monitoraggio per verificare l'effettivo utilizzo dei passaggi.

Le tipologie di passaggio per la fauna sono diverse e appartengono essenzialmente alle seguenti categorie: tombini di drenaggio, sottopassi scatolari idraulici, sottopassi stradali, sottopassi ad esclusivo uso faunistico, passaggi per anfibi, sovrappassi stradali, sovrappassi ad uso esclusivo per la fauna (ecodotti), canalette di scarpata.

I tombini di drenaggio hanno la funzione di drenare le acque e possono essere modificati per favorire l'uso per la fauna. Occorre rimuovere il substrato metallico dalla superficie di calpestio, ampliare la base del tombino e conservare frange laterali che si mantengano asciutte durante la maggior parte del tempo. I risultati sono buoni a partire da 2,5 m di diametro. Nel caso in cui il tombino sia di lamiera metallica corrugata si può provvedere al ricoprimento della base con una so-

letta di cemento; qualora la circolazione d'acqua sia molto frequente la base di cemento deve avere una pendenza su di un lato o essere scanalata, in modo che una parte del tombino rimanga il più possibile asciutta. È importante che i tombini non contengano pozzetti che possano costituire trappole mortali per gli animali caduti dentro.

Gli scatolari idraulici sono destinati all'attraversamento di corpi idrici minori (canali irrigui, fossi, piccoli rii). È indispensabile prevedere una frangia laterale secca; l'opzione migliore è canalizzare l'acqua su di un lato lasciando una banchina laterale. La banchina deve avere un minimo di 1 m di ampiezza. Può essere ricoperta con substrati naturali, in modo da favorire la crescita di vegetazione nei settori più vicini all'entrata. Possono anche essere creati dei piccoli sentieri utilizzando pietre fissate con cemento e lasciando dei piccoli buchi tra le pietre in modo da costituire dei rifugi per piccoli mammiferi. Sono utilizzabili a questo scopo le strutture con ampiezza superiore o uguale a 2,5 metri; nel caso in cui si debba favorire il passaggio degli ungulati, possono essere adattati scatolari aventi un'ampiezza minima di 7 metri.

Se l'intensità del transito è bassa, piste forestali o strade campestri, meglio ancora se non asfaltate, possono essere utilizzate come passaggi per la fauna. La loro ampiezza deve essere uguale o superiore a 5 metri (per gli ungulati l'efficacia ottimale parte da 7 m). Occorre avere l'accortezza di mantenere su entrambi i lati frange laterali inerbite, separate dal resto della carreggiata; se ne può incrementare l'uso potenziale creando sentieri coperti con piccole file di pietrame tra il terreno.

Gli ungulati ed i grossi carnivori difficilmente utilizzano le tipologie descritte. Per queste specie oc-

corre realizzare sottopassaggi specifici. I migliori risultati si ottengono a partire da 12 metri di ampiezza, e 3,5 m d'altezza. Il substrato deve essere naturale e il settore centrale deve essere mantenuto con vegetazione erbacea a sviluppo contenuto in altezza o completamente sterile perché l'animale abbia una buona visibilità dell'imbocco all'esterno e si senta sicuro nell'attraversamento. L'imbocco deve essere collocato allo stesso livello del piano di campagna senza rampe d'accesso o di discesa. È necessario associare al sottopasso una recinzione perimetrale per evitare che gli ungulati preferiscano attraversare direttamente la carreggiata. Tenendo conto del costo sono da realizzare solo in corrispondenza di rotte di spostamento ben note e definite, selezionando l'ubicazione nei punti che offrono elevate condizioni di sicurezza per gli animali.

Per gli anfibi esistono due modelli di passaggio: i passi bidirezionali, nei quali gli animali usano lo stesso tubo sia per l'andata che per il ritorno dai siti di riproduzione, e i passaggi unidirezionali, che combinano tubi paralleli, utilizzati uno per l'andata e l'altro per il ritorno. I passi unidirezionali sono dotati di due grate con pozzetto, situate sui due lati della carreggiata, che hanno la funzione di raccogliere gli anfibi che cadono all'interno del pozzetto quando cercano di accedere alla carreggiata; una volta dentro non possono uscire e seguono il pozzetto fino a trovare i tubi che attraversano la strada. I tubi hanno una leggera pendenza che contribuisce a far avanzare gli individui fino ad arrivare all'uscita. Dall'altro lato c'è il secondo sistema di raccolta con grata che garantisce il ritorno quando finisce il periodo riproduttivo. Elemento indispensabile è una recinzione che intercetta il passaggio degli

anfibi, impedendone l'accesso alla carreggiata. Gli individui che non possono proseguire nella loro direzione non tornano indietro, ma seguono la recinzione fino a trovare il tubo che permette loro di continuare ad avanzare nella stessa direzione. L'altezza delle recinzioni e delle grate deve essere come minimo di 40 cm. Il tubo deve avere un diametro di almeno 40 cm. Nei passi bidirezionali è meglio utilizzare strutture con la base piana e sezione rettangolare, tubi circolari non facilitano l'avanzamento degli animali.

In spazi ad alta sensibilità ecologica, che abbiano una funzione chiave come corridoi, occorre garantire uno scambio faunistico efficace per il maggior numero di specie mediante la costruzione di passaggi ad uso esclusivo della fauna. Si tratta di strutture denominate "ecodotti" o "ponti-verdi", di dimensioni notevoli; per ottenere buoni risultati devono avere un'ampiezza di almeno 25 metri. La maggior parte degli ecodotti attualmente in funzione (in Olanda, Svizzera, Germania, Francia) è di larghezza compresa tra i 30 e gli 80 m. Trattandosi di opere molto complesse è fondamentale individuarne l'ubicazione ottimale, poiché, altrimenti, possono essere di scarsa efficacia. La parte centrale deve essere a vegetazione erbacea bassa, anche con settori coperti da sabbia per incrementare il senso di sicurezza. È bene prevedere la manutenzione per contenere lo sviluppo della vegetazione nel tempo. Le fasce laterali dovrebbero essere rivegetate con arbusti o alberi che mantengano una continuità con la vegetazione intorno creando un margine eterogeneo per struttura e composizione di specie. Si può, inoltre, prevedere la creazione di piccoli cumuli di pietre o piccole pozze per incrementare la diversità di habitat. L'accesso deve essere allo stesso livello dell'intorno, senza rampe. Le

recinzioni e gli impianti di vegetazione sono necessari, in quanto svolgono una funzione di invito all'ingresso del passaggio. Per incrementare il senso di sicurezza degli animali il bordo dell'ecodotto può essere protetto sul lato strada con schermi protettivi nei confronti dell'abbagliamento e del rumore al passaggio degli autoveicoli.

L'investimento di uccelli è un problema che si presenta in punti precisi del tracciato, dove gli uccelli attraversano a volo radente, soprattutto in vicinanza di piccoli torrenti o rii. Per evitarne l'impatto occorre obbligare gli uccelli ad alzare la traiettoria di volo mediante la creazione di schermi vegetali di densità sufficiente e altezza superiore a 4 metri. Anche le barriere antirumore possono svolgere tale funzione, ma nel caso in cui siano costituite da pannelli trasparenti devono essere rese visibili applicandovi sagome o strisce adesive. Per i pipistrelli, che orientano il proprio volo seguendo i filari arborei, è utile realizzare un doppio filare separato da un breve spazio che agisca come sistema di intercettazione, canalizzando gli spostamenti in parallelo alla strada e dirigendo gli animali nei punti in cui possono attraversare senza rischio di collisione.

Nei settori in cui il problema degli investimenti di una stessa de-

terminata specie è frequente possono essere applicati sistemi puntuali specie-specifici, che si basano sull'uso di elementi che spaventino all'esterno dello schermo o di repellenti olfattivi o sonori. L'efficacia di questi sistemi non è stata ancora confermata, in quanto sembra che per alcune specie ci sia un sensibile effetto di adattamento.

I riflettori vengono utilizzati in particolare per impedire l'accesso di caprioli, cervi o altri grandi mammiferi (Fig. 1-3). Possono essere realizzati con placche di acciaio galvanizzato o con materiale catarifrangente. I dissuasori ottici, fissati alla parte superiore del guard-rail, riflettono la luce dei fari dei veicoli, deviandoli verso l'esterno della carreggiata e generando flash di luce che dissuadono gli animali dall'attraversare. L'uso dei catadiottri si fonda sull'abitudine della fauna a spostarsi prevalentemente dal crepuscolo all'alba. La loro efficacia è buona per un certo periodo dopo la posa, per poi diminuire a causa del deterioramento dei riflettori e dell'assuefazione degli animali.

I riflettori possono essere la risposta più indicata su strade con traffico da leggero a medio, ove esistono periodi di relativa tranquillità tra un veicolo e l'altro, che consentono l'attraversamento dei selvatici in sicurezza. Su strade dove

il traffico è intenso i riflettori sono continuamente in attività, la fauna selvatica si abitua velocemente alla luce riflessa e, prima o poi, "forzerà" la barriera ottica anche in presenza di veicoli in transito. In Provincia di Bologna, gli incidenti su un tratto di strada dotato di dissuasori sono diminuiti dell'89%, mentre in Provincia di Modena è stata stimata una riduzione del 50%.

Indicativamente la distanza tra un riflettore e l'altro deve essere di 25 - 50 metri nei tratti rettilinei e fino a 10 metri nelle curve. Affinché il dissuasore sia efficace, la luce degli anabbaglianti deve essere riflessa all'altezza degli occhi



Fig. 2. Particolare di paracarro riflettente con segnalatore aggiuntivo catadiottrico per i grossi ungulati.



Fig. 1. Cartello illustrante il progetto sperimentale in corso in provincia di Firenze (a sinistra) e il tratto di strada con la segnaletica sperimentale (a destra).



Fig. 3. Dissuasore del tipo a catadiottro montato lateralmente su segnalazione stradale preesistente. Il progetto, ancora in fase di studio, mostra già alcuni punti perfezionabili. Urti, manutenzioni inadeguate, avverse condizioni ambientali fanno ruotare la parte riflettente (foto a destra) rendendo inutile il dispositivo

delle specie target. Ad esempio, gli occhi di un capriolo sono a circa 70-80 cm dal suolo, quelli di un tasso a 30. Anche la pendenza influisce sull'efficacia dei riflettori. Per questa ragione sono stati sviluppati due tipi di riflettori: uno per aree pianeggianti e l'altro per versanti in pendenza. In aree pianeggianti, la distanza tra singoli riflettori può essere compresa tra i 10 e i 20 metri; in aree in pendenza deve essere fra i 5 e i 10 metri.

Il fascio di luce può essere sfruttato molto meglio sul lato esterno della curva rispetto a quello interno. È quindi necessario aggiungere sul lato esterno dei pali di legno, intercalati ai riflettori posti su paracarri o guard-rail, ove montare catarifrangenti che proiettino la luce verso l'interno della strada, in direzione della corsia adiacente.

I catadiottri sono efficaci su strade che attraversano boschi radi, con buona visibilità e privi di sottobosco, mentre si consigliano misure alternative in presenza di boschi con abbondante sottobosco schermante. I catarifrangenti devono essere controllati almeno due volte l'anno per verificarne la funzionalità. La pulizia deve essere effettuata regolarmente.

Il costo medio di un incidente con coinvolgimento di capriolo o cervo ammonta rispettivamente a €

2.300 e a € 1.800; usando il valore medio di € 2.050, i costi iniziali della posa in opera dei dissuasori ottici sono ammortizzati in meno di un anno. Il prezzo base di un singolo dissuasore è di € 8,80; l'importo unitario può essere abbattuto fino al 20% nel caso di acquisto di grandi quantità.

Le barriere olfattive sono create utilizzando prodotti liquidi repellenti per cinghiali o cervi. L'applicazione di questi prodotti è costosa perché devono essere iniettati in materiali tessili spugnosi applicati sugli alberi. Hanno durata di pochi giorni e occorre rinnovare l'applicazione periodicamente, indicativamente ogni 2-3 settimane. Possono essere utili in situazioni particolari, ad esempio in certi periodi dell'anno in cui il passaggio è più frequente.

La causa principale degli incidenti con coinvolgimento di fauna selvatica è la velocità degli automobilisti. Sui tratti di strada a rischio per la presenza di selvatici una velocità di circa 80 km/ora è già eccessiva e, quando la si supera, il rischio di incidenti raddoppia. L'animale appare al conducente talmente all'improvviso che egli non può più reagire adeguatamente e lo spazio necessario per la frenata del veicolo diventa troppo lungo. Questo spazio, ad esempio, si dimezza diminuendo la velocità da 80 a 60 km/ora

(diminuzione del 25%).

Un sistema semplice per ridurre questo tipo di incidentalità consiste nell'installare cartelli stradali con un limite di velocità adeguato nei punti di riconosciuta criticità.

I cartelli stradali con il simbolo del cervo stilizzato (Fig. 4) sono l'approccio più diffuso per il contenimento del numero di incidenti con coinvolgimento di fauna selvatica. La posa di questa segnaletica è motivata dalla necessità dell'ente gestore della strada di segnalare la presenza di pericoli poiché, in caso contrario, potrebbe essere citato per



Fig. 4. Segnalazione "tradizionale" con limite di velocità e indicazione di attraversamento animali selvatici. Tali cartelli hanno scarsa efficacia nella prevenzione degli impatti. Le amministrazioni li adottano per ridurre i contenziosi con gli automobilisti.

danni. Si elencano alcuni suggerimenti per migliorare l'efficacia della segnaletica verticale:

- la segnaletica verticale dovrebbe essere installata solo per segnalare attraversamenti regolari e noti, eventualmente dotati di recinzioni che vi conducano gli ungulati per concentrarne il passaggio;
- l'assuefazione degli automobilisti potrebbe anche essere minore se i cartelli fossero installati solo in stagioni od orari particolari, quando gli incidenti sono più frequenti (ad es. in tarda primavera e autunno);
- i cartelli luminosi potrebbero attivarsi solo quando la velocità dei veicoli in note aree a rischio ecceda un determinato livello soglia (come i cartelli con il limite di velocità che si attivano quando gli automobilisti superano il limite stabilito);
- la posa di segnaletica solo durante stagioni "sensibili" potrebbe rendere i conducenti più recettivi;
- l'efficacia è ulteriormente au-

mentata quanto più il messaggio è dettagliato, ad esempio specificando la lunghezza del tratto di strada a rischio o, meglio ancora, dotando il cartello di luci a intermittenza o di un limite di velocità luminoso a intermittenza, che si accendano solo in periodi ad alta incidentalità.

Recentemente sono stati sviluppati alcuni sistemi di segnalazione, accoppiati a sensori, in grado di segnalare la presenza di fauna in avvicinamento alla strada. Questa segnaletica è attivata solo quando ci sono animali in carreggiata o in procinto di attraversarla. I sensori attivano il segnale di allerta, che può essere anche corredato di avviso di riduzione della velocità. In condizioni ordinarie questa segnaletica è spenta.

La tecnologia a infrarossi, usata nel 2002, è stata originariamente sviluppata in un laboratorio della NASA. La sua alta risoluzione consente di individuare una differenza

termica di 1/100°C. Nel 2003 le videocamere avevano un raggio d'azione di 800 m; esse possono "vedere" anche nell'oscurità e, fino ad un certo punto, con pioggia, nebbia e fumo possono interpretare gradienti termici e movimenti per distinguere tra fauna selvatica ed altre fonti di calore. Questa tecnologia offre alcuni vantaggi rispetto alle misure convenzionali di mitigazione:

- la fauna selvatica non riesce ad abituarsi, poiché il sistema si basa sull'azione degli automobilisti, piuttosto che sul comportamento animale;
- gli automobilisti si assuefanno di meno al sistema di allerta poiché si attiva solo temporaneamente, quando vi sono animali in strada o nei pressi della stessa;
- il sistema non interferisce con i movimenti naturali della fauna selvatica, né richiede la costruzione di sottopassi o sovrappassi per consentire l'attraversamento.

Bibliografia essenziale

- ARILLO A., (senza data). *Protocollo procedurale e strumenti per la progettazione di piani di gestione per la valutazione di incidenza/impatto di piani o di progetti su aree protette, ZPS e SIC*.
- BATTISTI C., 2004. *Frammentazione ambientale. Connettività, reti ecologiche. Un contributo teorico e metodologico con particolare riferimento alla fauna selvatica*. Prov. di Roma - Ass. Politiche agr., amb. e Prot. Civile.
- BOITANI L., 2000. *Rete ecologica nazionale e conservazione della biodiversità. Parchi*, 29: 66-74.
- BUSHMAN R., VINEK J., McCAIG E., 2001. *Development of a Warning System for the Reduction of Animal/Vehicle Collisions, 2001*. Rapporto tecnico preparato per International Road Dynamics Inc.
- CHECCHI A., 1999. Interventi ambientali e strutture ingegneristiche per la prevenzione di incidenti stradali causati dalla fauna selvatica, *Risorsa fauna*, 5/99.
- DINETTI M., 2000. *Infrastrutture ecologiche - Manuale pratico per progettare e costruire le opere urbane ed extraurbane nel rispetto della conservazione della biodiversità*. Il verde editoriale.
- EUROPEAN UNION COST 341, 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. European Commission Action 341 on "Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure".
- FERRI M., MANNI A., 2004. Esperienze della provincia di Modena nella prevenzione degli incidenti tra automezzi e ungulati. Abstracts del Convegno "Infrastrutture viarie e biodiversità. Impatti ambientali e soluzioni di mitigazione", Pisa, 25/11/2004.
- HUISER M.P., MCGOWEN P.T., 2003. Overview of animal detection and animal warning systems in North America and Europe. Pages 368-382 in: C.L. Irwin, P. Garrett, and K.P. McDermott (eds.). 2003. *Proceedings of the International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. <http://www.itre.ncsu.edu/cte/icoet/03proceedings.html>.
- LEHNERT M.E., BISSONETTE J.A., 1997. Effectiveness of highways crosswalk structures in reducing deer-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin* 25: 809-818.
- MAFFIOTTI A., 2004. Fauna e infrastrutture antropiche. *ArpaInforma* n. 4 sett.-ott.
- MAURO E., MAFFIOTTI L., POMPILIO L., RIVELLA E., VIETTI D., 2005. *Fauna selvatica ed infrastrutture lineari*. Regione Piemonte, Torino.
- RIVELLA E., in stampa. *Progettazione degli interventi di inserimento ambientale*. Cap. IV, Edilizia per l'ambiente e l'agricoltura, UTET.
- STAINES B.W., LANGBEIN J., PUTMAN R.J., 2001. *Road Traffic Accidents and Deer in Scotland*. Report to the Deer Commission, Scotland.