



Life Strade

Manuale per la mitigazione
dell'impatto delle strade sulla biodiversità
Serena Ciabò, Mauro Fabrizio, Simone Ricci, Annette Mertens





Life Strade

Manuale per la mitigazione
dell'impatto delle strade sulla biodiversità
Serena Ciabò, Mauro Fabrizio, Simone Ricci, Annette Mertens





Questo Manuale è stato redatto nell'ambito del Progetto LIFE11 BIO/IT/000072-LIFE STRADE - Azione E1: Stesura di un manuale di buone pratiche inerenti il tema della mitigazione dell'Impatto delle strade sulla biodiversità.

Autori: Serena Ciabò, Mauro Fabrizio, Simone Ricci, Annette Mertens

Hanno contribuito: Francesco Grohmann, Roberta Mazzei, Umberto Sergiacomi (Regione Umbria), Paolo Banti, Tiziana Baglioni, Marco Bigozzi, Sabrina Nuti (Regione Toscana), Federica Nonni (Studio Associato Ecoview).

Pubblicazione edita da: Regione Umbria – anno 2015

Ente responsabile della produzione del seguente documento: Regione Toscana – anno 2015

ISBN: 978-88-904627-9-5

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Si raccomanda la seguente citazione per il volume: Ciabò S., Fabrizio M., Ricci S., Mertens A. (2015). Manuale per la mitigazione dell'impatto delle infrastrutture viarie sulla biodiversità. Az. E1 - Progetto LIFE11 BIO/IT/000072-LIFE STRADE. Regione Umbria.

PREMESSA

Il presente manuale è stato prodotto nell'ambito del progetto LIFE STRADE – “Dimostrazione di un sistema per la gestione e riduzione delle collisioni veicolari con la fauna selvatica” (LIFE11BIO/IT/072), cofinanziato dal fondo LIFE della Commissione Europea.

Al progetto LIFE Strade, della durata di 4 anni (gennaio 2013-marzo 2017) partecipano le Regioni Umbria, Marche e Toscana e le Province di Perugia, Terni, Pesaro-Urbino, Siena e Grosseto. L'obiettivo principale del progetto è quello di fornire alcuni strumenti per migliorare la prevenzione e la gestione degli incidenti stradali con la fauna selvatica. Le azioni principali del progetto sono:

- la sperimentazione e la divulgazione di un innovativo sistema di prevenzione che, in modo interattivo e simultaneo, metta in allerta i guidatori e scoraggi gli animali dall'attraversare la strada nei momenti critici;
- l'elaborazione e la disseminazione di un protocollo per il monitoraggio e la gestione del fenomeno;
- la sensibilizzazione dei cittadini e degli Enti che sono coinvolti da questa problematica.

Per questo motivo è prevista la divulgazione di un pacchetto di materiali informativi che includano le esperienze maturate e le buone pratiche sviluppate durante il progetto e le conoscenze preesistenti per la gestione e il monitoraggio del fenomeno.

Il presente documento intende pertanto essere uno strumento utile per coloro che sono chiamati a confrontarsi con il fenomeno degli incidenti stradali con la fauna selvatica e sarà disseminato e distribuito presso tutti gli enti potenzialmente interessati come Regioni, Province, Comuni, Forze dell'ordine, Enti gestori delle strade, aree protette etc.. Inoltre, questo documento sarà allegato a un Protocollo d'Intesa tra le Regioni Umbria, Toscana e Marche, che intende stabilire i principi generali adottati dalla tre Regioni per il monitoraggio e la gestione dell'impatto del traffico veicolare sulla fauna selvatica.

Questo documento è una raccolta delle buone pratiche sviluppate per affrontare il problema degli incidenti stradali con gli animali selvatici.

I principali temi affrontati riguardano: le procedure di monitoraggio della mortalità della fauna selvatica lungo le strade, una revisione dei sistemi di prevenzione degli incidenti stradali con la fauna selvatica e le attività di sensibilizzazione e di coinvolgimento delle comunità locali.

Il documento è scritto in maniera semplice e sintetica, in modo da fornire una sorta di guida per tutti gli aspetti che bisogna valutare quando si deve affrontare questa problematica.



1. INQUADRAMENTO DEL FENOMENO

1.1 Le infrastrutture viarie: consistenza e principali impatti

Le infrastrutture lineari sono considerate tra le maggiori modificazioni che l'uomo ha apportato all'ambiente naturale (Diamondback, 1990; Bennett, 1991, Noss e Cooperrider, 1994; Trombulak e Frissell, 1999) sia per capillarità che per continuità temporale di distribuzione.

L'effetto indotto dalle maglie distributive della viabilità di ogni ordine e grado sul territorio è rinforzato dalle concentrazioni locali delle funzioni urbane residenziali e produttive che spesso si associano alle linee di comunicazione e al traffico veicolare.

A tal proposito basti pensare che nel 2012, considerando gli spostamenti di passeggeri effettuati con tutti i mezzi di terra, sono stati percorsi in media da ogni cittadino europeo circa 11.437 km, per un totale di 6.391 miliardi di passeggeri/km. In questo quadro le autovetture rappresentano il 72,2% del totale, i mezzi a due ruote il 2%, autobus e pullman l'8,2%, ferrovie e tram il 6,5% e, infine, l'1,5% è rappresentato dalle metropolitane. I dati dello stesso anno indicano una dotazione di 487 autovetture ogni 1000 persone (European Union, 2014).

Nel territorio italiano sono presenti 183.705 km di strade, considerando autostrade, strade regionali e provinciali ed altri percorsi di interesse nazionale, con una densità di 59,4 km/km². Includendo anche le strade locali si arriva ad una stima di 251.042 km (European Union, 2014). Utilizzando quest'ultimo dato si raggiunge una densità di 0,83 km/km², di poco inferiore alla media europea, che si attesta intorno a 1,1 km/km² (CIA World Factbook, 2014). A questo proposito va detto che negli ultimi quarant'anni gli investimenti italiani sull'ammodernamento della rete viaria hanno subito una battuta d'arresto rispetto agli altri Paesi europei, facendo sì che l'Italia arretrasse notevolmente nelle classifiche stilate in base alla dotazione infrastrutturale. Tuttavia, la modalità più largamente utilizzata per gli spostamenti di persone e merci (90%) resta quella stradale.

Considerato quanto precedentemente riportato, se il dato quantitativo porterebbe ad ipotizzare per l'Italia un impatto minore sugli ecosistemi e sulla biodiversità, la concomitanza dell'arretratezza del sistema e del notevole utilizzo determina inevitabilmente la presenza di elevati flussi di traffico, con tutte le problematiche di salute pubblica, sicurezza stradale e di impatto sulle componenti naturali ad essi associate.

I principali effetti negativi sugli ecosistemi indotti dalla presenza di strade possono essere sintetizzati in:

- Inquinamento chimico: il rapporto tra inquinamento atmosferico dovuto al traffico veicolare e ambiente naturale è ancora poco

considerato ma alcuni studi hanno dimostrato che lungo strade con traffico molto intenso le specie vegetali sono diverse rispetto a strade poco trafficate. Oltre agli effetti dovuti ai gas di scarico delle vetture, bisogna considerare anche gli eventuali additivi utilizzati per la manutenzione dei tracciati: l'uso di sale nei periodi invernali lungo le strade di montagna, ad esempio, comporta un cambiamento nella chimica delle risorse idriche; inoltre, il cloruro di sodio sulla carreggiata attrae specie come cervo e capriolo, aumentando il rischio di investimento.

- Inquinamento acustico: molte specie, soprattutto ornitiche, risentono del rumore provocato dalle auto in transito sulle strade. Diversi studi hanno mostrato una riduzione del numero di specie nei primi 200-300 metri di distanza dalle strade.
- Introduzione di specie alloctone: i bordi delle carreggiate diventano un canale preferenziale per la propagazione di specie vegetali non autoctone e spesso a rapido accrescimento, utilizzate nell'arredo stradale.
- Presenza di microdiscariche: spesso le scarpate lungo le strade e le piazzole di sosta vengono utilizzate come discariche abusive. Il percolamento dovuto alle piogge provoca effetti secondari di contaminazione dei suoli e delle acque.
- Frammentazione ambientale: le strade costituiscono delle vere e proprie linee di cesura all'interno degli habitat naturali e provocano una graduale riduzione della superficie degli ambienti naturali e un aumento dell'isolamento dei frammenti ecosistemici residui.
- Perdita di habitat e riduzione della loro qualità: la superficie di territorio occupata dal tracciato stradale viene sottratta all'ambiente naturale, peggiorando la qualità di quello adiacente. A questa superficie va aggiunta quella utilizzata nell'espansione insediativa che tipicamente segue la costruzione di nuove strade.
- Mortalità faunistica: gli incidenti che coinvolgono la fauna selvatica interessano sia gli animali che attraversano le infrastrutture durante gli spostamenti sia i predatori che utilizzano la carreggiata come territorio di caccia. Tale fenomeno è in forte aumento e rappresenta un grande rischio anche per gli automobilisti.
- Effetto barriera e perdita di connettività: le infrastrutture lineari presentano lateralmente, e nelle strade a lunga percorrenza anche centralmente, barriere di vario genere quali: guard rail, barriere spartitraffico, barriere acustiche, new jersey, muri di contenimento, recinzioni ecc. Tali elementi costituiscono dei veri e propri impedimenti per il passaggio faunistico e, oltre a limitare il movimento di singoli individui, riducono o annullano gli scambi all'interno di popolazioni, suddividendo in alcuni casi quest'ultime in metapopolazioni.

Mentre le prime quattro ripercussioni negative si hanno indipendentemente dalla collocazione geografica dell'infrastruttura, l'incidenza di fenomeni come l'effetto barriera, la mortalità faunistica, la perdita e la frammentazione di habitat, aumenta notevolmente laddove sono rilevabili delle sovrapposizioni o dei punti di tangenza tra la rete infrastrutturale e quella ecologica. In tutti quei siti in cui i tracciati viari attraversano o costeggiano zone potenzialmente identificabili come *core areas*, *buffer zone*, *wildlife corridor*, *stepping stones* o semplici *restoration areas* è infatti particolarmente accentuato il disturbo arrecato alle popolazioni faunistiche,



i cui spostamenti lungo le direttrici naturali sono intralciati dalla presenza di ostacoli lineari antropogenici. Per questo, una volta individuate le zone che presumibilmente manifestano una maggiore criticità, è opportuno approfondire le indagini attraverso metodi standardizzati e riproducibili, che consentono di comparare i risultati ottenuti in contesti diversi ed elaborare strategie d'intervento comuni.

La disciplina che si occupa di realizzare tali studi e di individuare opportune tecniche di intervento è la “*road ecology*”.

1.2 La *road ecology*

La *road ecology* è definita come “la disciplina che esplora e affronta il rapporto tra l'ambiente naturale e il sistema infrastrutturale” (Forman et al., 2003). Si sviluppa come branca dell'ecologia del paesaggio negli anni '90, quando ad un approccio dell'ecologia sempre più applicativo si affianca una crescente attenzione verso i problemi connessi alla sicurezza stradale causati da incidenti tra fauna selvatica e autoveicoli.

Essa esplora e indirizza le relazioni tra l'ambiente naturale e il sistema infrastrutturale, cercando soluzioni applicabili in fase di progettazione di strade, autostrade e ferrovie o finalizzate alla mitigazione di opere già realizzate e trovando una valida applicazione anche negli studi di supporto alle procedure di valutazione (VIA, VAS, VInCA) che hanno per oggetto modifiche del sistema viario.

Se le radici della *road ecology* sono poste in America, il termine viene coniato in Germania, dove nel 1981 la “*Straßen-Ökologie*” compare in un articolo riguardante gli effetti di strade e autostrade sugli ecosistemi dei paesaggi tedeschi (Ellenberg et al., 1981; van der Ree et al., 2011). Solo più tardi, negli anni '90, l'espressione viene ripresa e tradotta in inglese.

Dalla metà degli anni '90 in poi la letteratura sulla *road ecology* aumenta considerevolmente, così come le occasioni pubbliche di discussione (convegni, simposi ecc.).

Nel 1996 nascono contestualmente sia l'*International Conference on Wildlife Ecology & Transportation* - ICOWET, poi mutata in *International Conference on Ecology & Transportation* ICOET, evento concentrato soprattutto sulle esperienze statunitensi, che l'europea *Infra Eco Network Europe* – IENE, una rete di esperti che lavorano con i vari aspetti del trasporto, delle infrastrutture e dell'ecologia. Le due organizzazioni sono strettamente collegate tra loro. Successivamente vengono redatti anche i primi manuali e report sulle buone pratiche della *road ecology*. Uno dei testi più significativi è rappresentato indubbiamente da “*Road ecology, science and solution*” scritto da Forman et al. nel 2003. Nello stesso periodo la *road ecology* è oggetto di attenzione anche da parte delle istituzioni, tanto che la Commissione Europea, nell'ambito del programma COST (*European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research*) Action, redige, in collaborazione con IENE, l'handbook “*Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*” (2003), che diventa rapidamente un punto di riferimento anche al di fuori dei confini europei per la *road ecology*.

In Italia le principali esperienze di stesura di manuali e linee guida sono condotte a scala regionale e riguardano in particolare l'Italia centrale e settentrionale. Essi sono spesso indirizzati verso l'incremento della sicurezza stradale in tutte quelle circostanze in cui sono frequenti gli incidenti con grandi mammiferi. In altri casi sono rivolti alla protezione

di determinate specie target particolarmente suscettibili a fenomeni di investimenti di massa, come ad esempio rospi ed altri anfibi, ricci, ecc.

1.3 Gli incidenti stradali con la fauna selvatica in Italia

Gli incidenti stradali con fauna selvatica in Italia rappresentano un fenomeno di discreta dimensione, in quanto costituiscono il 3% del numero totale dei sinistri automobilistici e hanno causato, nel decennio 1995-2005, circa 150 vittime e qualche centinaio di feriti gravi (Cerofolini, 2006). Nella catalogazione di questi fenomeni sono omessi tutti quegli episodi che vedono coinvolti animali di piccola taglia, che non comportano danni ai mezzi o ai conducenti ma che comunque possono avere un impatto rilevante sulla conservazione della biodiversità. Non esistono delle indagini rispetto alla consistenza del fenomeno su scala nazionale: in alcuni studi sono stati riportati i dati dell'Istat che poco si prestano a fornire una misura attendibile, in quanto tra le diverse cause di incidente la fauna selvatica non è contemplata come categoria a sé stante ma viene inglobata in altre voci. Ad esempio per il 2013, su 212.290 incidenti rilevati dall'Istituto nazionale di statistica, 452 (lo 0,2%) risultano causati da un animale evitato. Parte dei sinistri che coinvolgono la fauna selvatica sono inoltre catalogati tra i 3.785 (1,8%) imputati all'urto accidentale contro un ostacolo.

Tra le fonti migliori per poter effettuare una stima degli incidenti stradali causati da fauna selvatica ci sono sicuramente gli Enti preposti alla raccolta delle denunce di sinistro, come avvocature, osservatori faunistici e altri settori di Regioni, Province ed altri gestori delle infrastrutture, anche se in questo caso l'informazione si riferisce ad ambiti regionali e sotto-regionali. Per dare un'idea dell'attendibilità delle varie fonti, basti dire che in base ai dati delle denunce di sinistro con animali selvatici (ungulati) pervenute alla Regione Piemonte (Osservatorio Faunistico) nel periodo di registrazione 2000-2008, risultano essersi verificati 6.748 sinistri, quota ben superiore a quella risultante dall'indagine effettuata dall'Istat per il periodo 1995-2000 in tutta Italia, secondo cui si sono verificati 2.083 incidenti stradali causati da animali (peraltro non distinti in animali domestici e selvatici). Sebbene il periodo di riferimento delle due ricerche sia differente, la discrepanza tra le cifre è tale da richiedere un approfondimento affinché il fenomeno possa essere realmente valutato.

Gli incidenti stradali causati dalla fauna selvatica hanno costi economici, sociali e di biodiversità elevati: è possibile, in questa sede, riportare alcuni dati sui costi medi degli incidenti con la fauna selvatica, che possono aiutare ad inquadrare meglio il fenomeno.

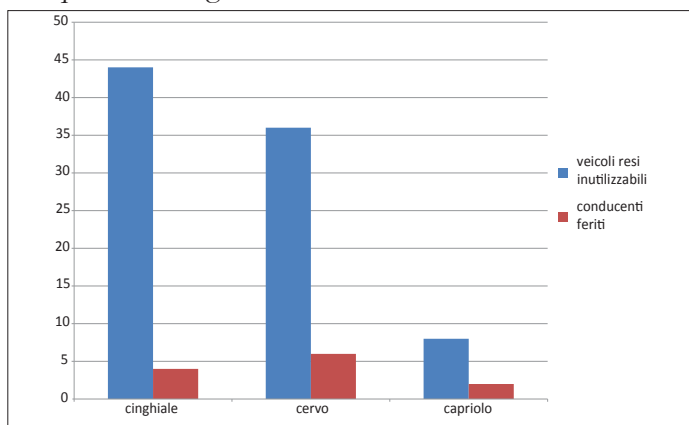


Figura 1 Stima degli effetti sui veicoli e sui conducenti per 10.000 incidenti considerati (Dinetti, 2008)



I danni agli autoveicoli sono generalmente consistenti, soprattutto quando la specie coinvolta ha una dimensione medio-grande: in questi casi si rileva un danno economico, riferito al solo veicolo, compreso tra i 370 e 2.200 euro (Bacci et al., 2005). Inoltre, secondo lo studio appena citato, i costi di tali episodi ammontano a una cifra complessiva compresa tra 771.000 euro e 4.582.600 euro. A questi dati vanno aggiunti eventuali danni a oggetti terzi e manufatti, nonché i costi sostenuti per le cure mediche dei conducenti e dei passeggeri coinvolti.

Nella Regione Piemonte, secondo i dati riportati dall'Osservatorio Regionale sulla Fauna Selvatica, considerando l'entità media del dato periziato è stato osservato che questo varia a seconda della specie coinvolta e ammonta a circa 2.900 euro in caso di impatto con un cinghiale, a 2.800 euro in caso di impatto con un cervo e, infine, a circa 1.800 euro quando la specie coinvolta è il capriolo. Nel solo territorio piemontese, nel periodo compreso tra il 1993 e il 2002, l'ammontare dei danni registrati, su un totale di 1.683 incidenti, è stato pari a 2.909.639 euro, con una media annua di 290.963 euro (Corradori R., 2010). Nel periodo compreso tra il 2000 e la fine del 2004, invece, i danni registrati ammontano a circa 1.600.000,00 euro, somma che deriva sia dagli indennizzi erogati direttamente dalle Province su trasferimenti regionali, sia dagli importi del premio assicurativo (Picco L., 2005).

Oltre all'impatto in termini economici relativo ad autoveicoli e conducenti, inoltre, è possibile considerare anche l'impatto economico generato dalla perdita di individui di una determinata specie. Nell'area delle Valli del Mezzano (FE), ad esempio, nell'ambito degli Studi ambientali sul Mezzano (AAVV, 2004), si è tentato di monetizzare l'impatto economico del traffico veicolare moltiplicando il numero di individui uccisi per il costo sul mercato di un capo. Le specie prese in considerazione a tale scopo sono state il fagiano, per il quale è stato calcolato un danno potenziale di oltre 12.500 euro, e la lepre, per la quale il danno potenziale calcolato risulta essere pari a circa 66.000 euro (Pagnoni e Santolini, 2006).

In generale, nelle regioni in cui sono presenti aree naturali protette, o zone ad elevata naturalità che ospitano popolazioni consistenti di animali selvatici, i dati subiscono un notevole incremento rispetto agli altri territori. Oltre ai costi che gravano sulla comunità umana, vanno considerati anche i costi in termini di biodiversità causati dagli incidenti. Si pensi che per molte specie di vertebrati gli investimenti lungo le infrastrutture stradali rientrano tra le prime cause di mortalità indotta dall'uomo (Battisti, 2004). Tutte le specie animali possono essere investite, sia i tetrapodi che i volatili (i rapaci notturni sono, ad esempio, tra le specie più colpite) anche se esistono specie che per le loro caratteristiche eco-etologiche sono più facilmente suscettibili all'investimento. Tra queste ci sono senza dubbio i ricci (Scaravelli in uno studio del 2000 parla di oltre 1 milione di individui di riccio morti sulle strade italiane), i rospi e le rane, in particolare nel periodo di fregola. Le specie generaliste sono solitamente più portate ad essere investite sulle strade, in quanto frequentano con maggiore facilità territori antropizzati, così come lo sono le specie che hanno un home range ampio e una vagilità spinta. Uno studio condotto in Toscana su 55 km di strade restituisce numeri inquietanti: 282.908 anfibi, 17.682 rettili, 62.475 uccelli e 76.228 mammiferi morti per investimento (Scoccianti et al., 2001). Da studi sulla mortalità faunistica condotti in Abruzzo negli ultimi anni emergono invece i seguenti dati: nel periodo compreso

tra il 1 gennaio 2012 e il 31 agosto 2013 nel territorio regionale sono stati rinvenuti almeno 66 caprioli morti per investimento (Nonni et al., 2014), mentre tra il 2005 e il 2011 sono stati investiti 82 lupi (Picella et al., 2013). Nella sola provincia di Pescara tra il 2002 e il 2011 sono morti per investimento 116 grandi mammiferi (Ciabò e Fabrizio, 2012), mentre nella provincia dell'Aquila, nel 2013, un esemplare di Orso bruno marsicano è stato investito sull'autostrada A24.

Complessivamente, in ciascuna provincia italiana si stimano oltre 15.000 animali travolti ogni anno; questo numero, tuttavia, è puramente indicativo, poiché il fenomeno non è ancora sottoposto ad un accurato programma di monitoraggio e fino ad oggi sono stati condotti solamente studi a livello locale e/o limitati a specifici gruppi di Vertebrati.

Per quanto riguarda l'area interessata dal progetto LIFE Strade, si riportano di seguito le informazioni disponibili per ogni provincia coinvolta relativamente al periodo antecedente l'inizio del progetto.

Bisogna sottolineare che tali dati si riferiscono esclusivamente ai sinistri ufficialmente denunciati dai cittadini e ad incidenti avvenuti quasi esclusivamente sulle strade provinciali. Il carattere di questi dati risulta pertanto parziale e da considerarsi una forte sottostima del fenomeno, poiché non tutti gli incidenti vengono denunciati e soprattutto risultano fondamentalmente limitati alle collisioni in cui sono coinvolti gli ungulati selvatici. Inoltre, anche nel caso dei danni denunciati in ogni provincia, non esiste un database costantemente aggiornato che permetta una precisa quantificazione del fenomeno.

Provincia di Grosseto

Nel periodo 2007-2012 nella provincia di Grosseto sono stati registrati 362 incidenti con la fauna selvatica (non considerando in tale somma 27 casi per i quali non si ha alcuna indicazione riguardo la specie coinvolta nell'incidente), con una media di $60 \pm 16,11$ incidenti all'anno. Il numero di incidenti non aumenta significativamente nell'intervallo di tempo considerato ($R^2 = 0,13$ $F = 0,6149$; $df = 4$; $p = 0,4768$) (Figura 2).

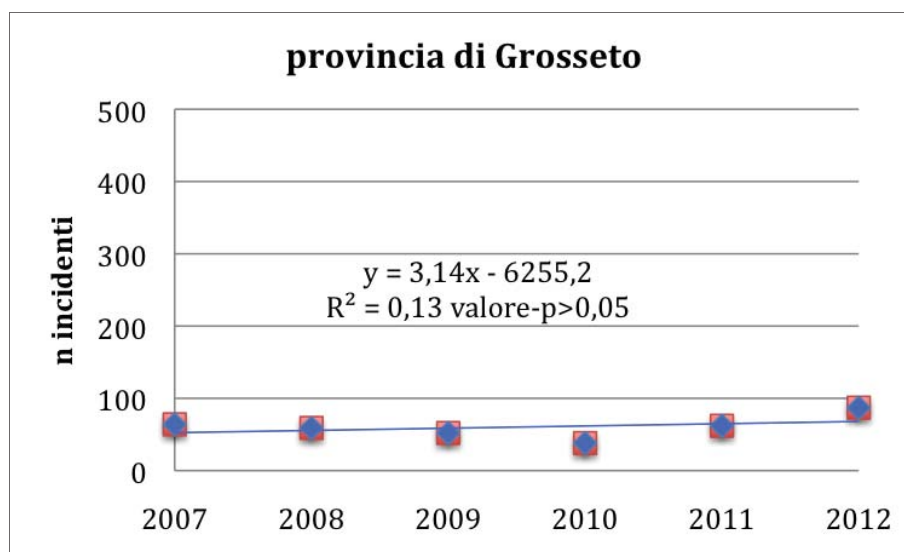
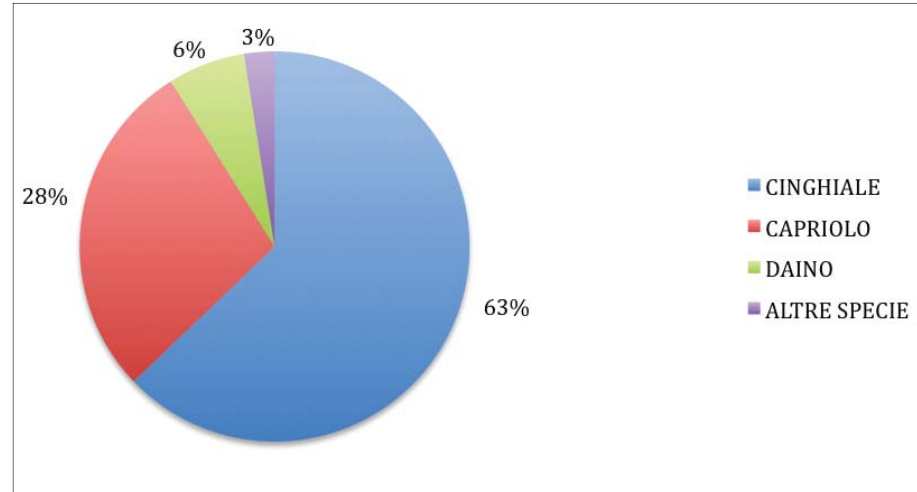


Figura 2 Incidenti stradali con la fauna selvatica verificatisi in Provincia di Grosseto nel periodo 2007-2012 ($n = 362$).



La specie maggiormente coinvolta risulta essere il cinghiale, seguito dal capriolo e dal daino, mentre le altre specie rappresentano appena il 3% dei casi (Figura 3). Nel calcolo sono stati esclusi 3 casi in cui nella registrazione dell'incidente era stato riportato solamente "animale selvatico" (n=1) e "ungulato indeterminato" (n=2).

Figura 3 Ripartizione percentuale delle specie coinvolte negli incidenti stradali con la fauna selvatica in Provincia di Grosseto nel periodo 2007-2012 (n = 359).



Provincia di Terni

Nel periodo 2003-2012 nella provincia di Terni sono stati registrati 342 incidenti con la fauna selvatica (non abbiamo considerato 7 casi per i quali non è nota la specie coinvolta nell'incidente) con una media di $34 \pm 15,66$ incidenti all'anno. Il numero di incidenti aumenta significativamente nel corso del tempo ($R^2 = 0,9185$ $F = 90,14$; $df = 8$; $p < 0,05$), passando da 9 nel 2003 a 60 nel 2012. (Figura 4).

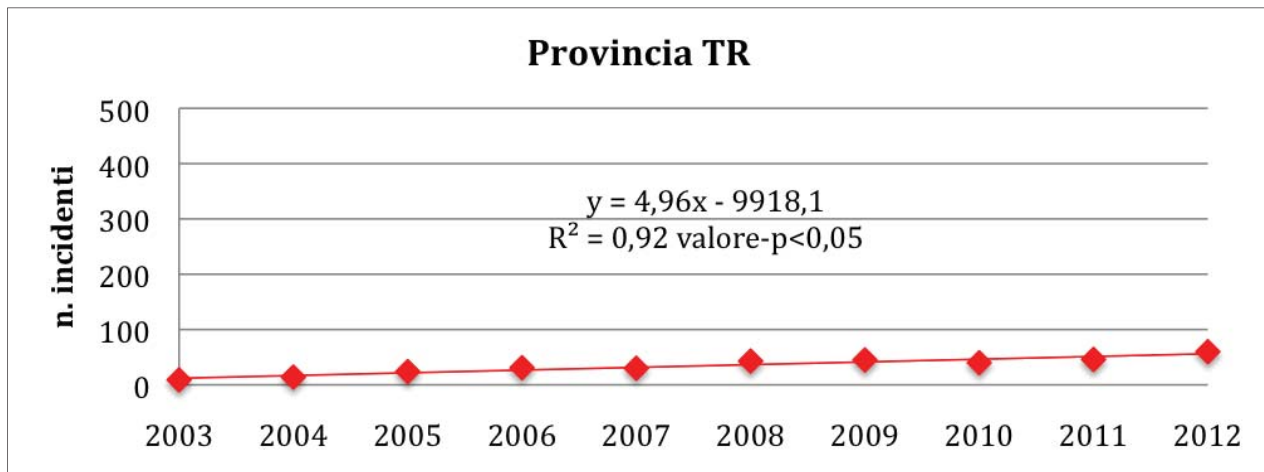


Figura 4 Incidenti stradali con la fauna selvatica verificatisi in Provincia di Terni nel periodo 2003-2012 (n = 342).

La specie maggiormente coinvolta negli incidenti stradali risulta essere il cinghiale (81%), seguito dal capriolo (9%), dall'istrice (4%) e dal daino (2%), mentre le altre specie rappresentano complessivamente il 3% dei casi (Figura 5). Nel calcolo sono stati esclusi 6 casi in cui era riportato solamente "animale indeterminato".

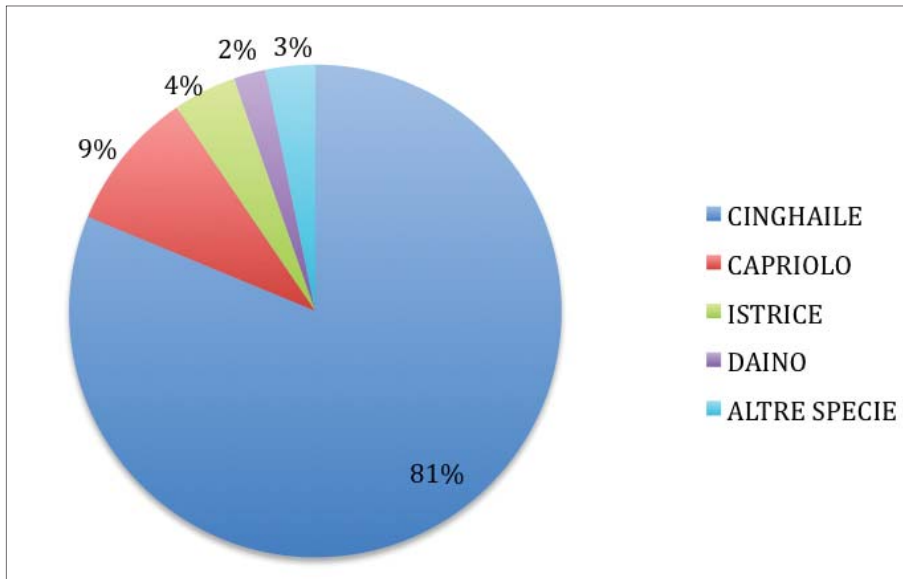


Figura 5 Ripartizione percentuale delle specie coinvolte negli incidenti stradali con la fauna selvatica in Provincia di Terni nel periodo 2003-2012 (n = 336).

Provincia di Perugia

Nel periodo 2003-2012 nella provincia di Perugia sono stati registrati 2443 incidenti con la fauna selvatica (non considerando in tale somma 28 casi in cui non era riportata la specie coinvolta nell'incidente e un caso relativo a un incidente con un cane), con una media di $244 \pm 142,76$ incidenti all'anno. Il numero di incidenti aumenta significativamente nel corso del tempo ($R^2 = 0,928$ $F = 103,1$; $df = 8$; $p < 0,001$), passando da 35 nel 2003 a 460 nel 2012. (Figura 6).

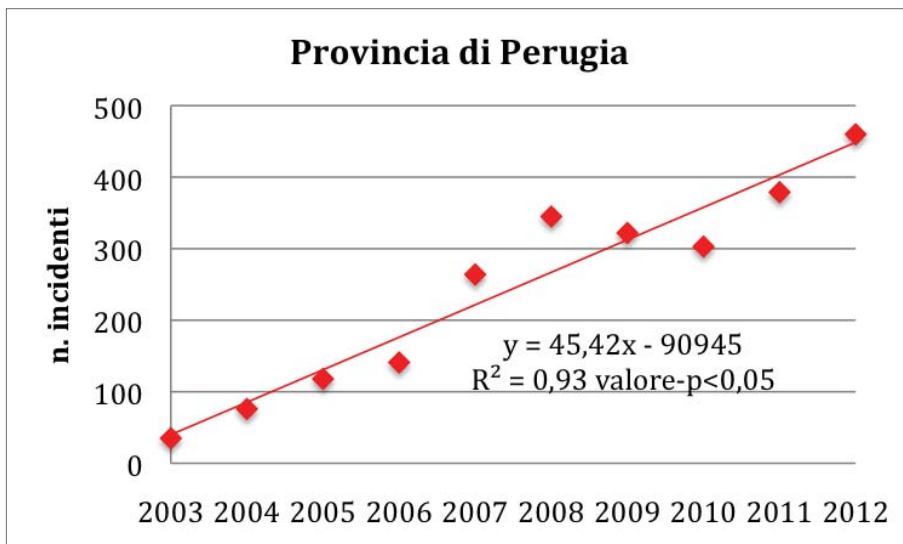
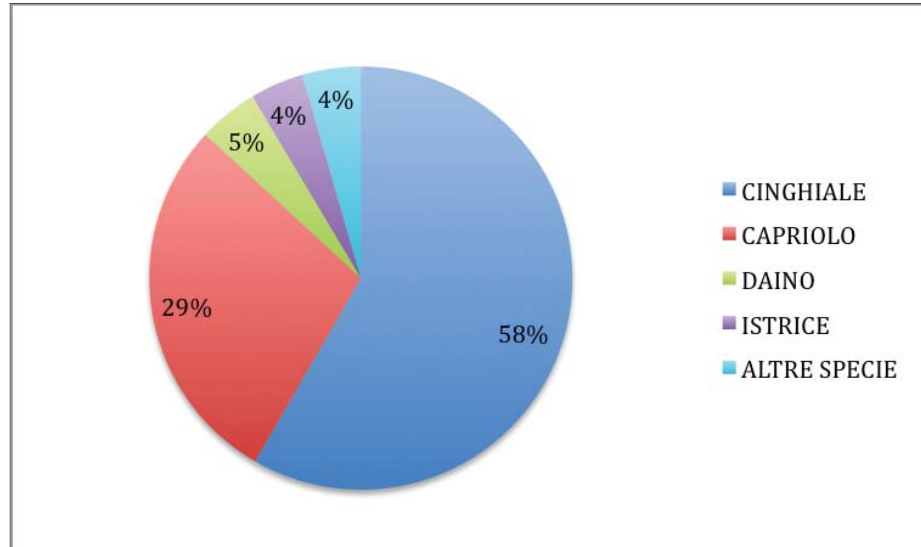


Figura 6 Incidenti stradali con la fauna selvatica verificatisi in Provincia di Perugia nel periodo 2003-2012 (n = 2442).

La specie maggiormente coinvolta negli incidenti stradali risulta essere il cinghiale (58%), seguito dal capriolo (29%), dal daino (5%) e dall'istrice (5%). Tra le altre specie coinvolte, che complessivamente rappresentano il 4% dei casi, è importante notare la presenza del lupo, relativa a 7 esemplari rinvenuti morti per investimento sul territorio provinciale (Figura 7). Nel calcolo sono stati esclusi 84 casi per i quali era riportato solamente "animale indeterminato" (n = 76), "ungulato" (n = 4) e "cervide" (n = 4).



Figura 7 Ripartizione percentuale delle specie coinvolte negli incidenti stradali con la fauna selvatica in Provincia di Perugia nel periodo 2003-2012 (n = 2359).



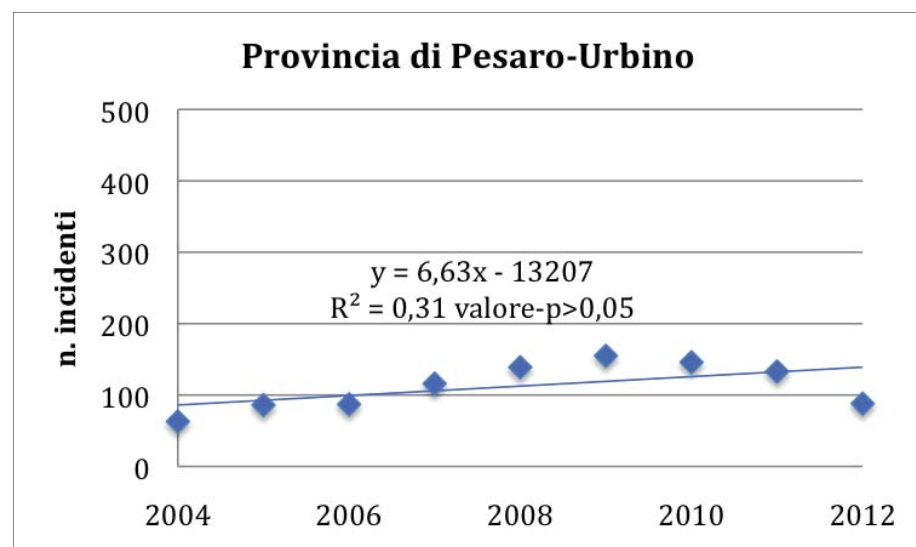
Provincia di Pesaro-Urbino

Nella provincia di Pesaro-Urbino nel periodo 2004-2012 sono stati registrati 3523 incidenti stradali con la fauna selvatica, derivanti dal lavoro svolto dall'Osservatorio Faunistico regionale (2004-2009; n=646) e dal Cras (Centro recupero animali selvatici; n=2877).

Tuttavia, l'analisi viene limitata solamente a 1013 incidenti poiché i dati del CRAS analizzati sono solamente 367, riferiti alle 11 strade provinciali monitorate nell'ambito del progetto LIFE. Al contrario, i dati dell'OFR si riferiscono all'intero territorio provinciale.

Il numero medio di incidenti è di $113 \pm 32,55$ all'anno, senza un aumento significativo nel corso del tempo ($R^2 = 0,3118$ $F = 3,172$; $df = 7$; $p > 0,05$), anche se tale dato potrebbe essere legato alla parzialità dei dati analizzati (Figura 8).

Figura 8 Incidenti stradali con la fauna selvatica verificatisi in Provincia di Pesaro-Urbino nel periodo 2004-2012 (n = 1013).



La specie maggiormente coinvolta negli incidenti stradali è il capriolo (73%), seguito dal cinghiale (9%), dal daino (6%), dal tasso (4%) e dall'istrice (4%). Tra le altre specie coinvolte, che rappresentano complessivamente il 4% dei casi, è importante notare la presenza del lupo relativa a 6 esemplari rinvenuti investiti sul territorio provinciale (Figura 9).

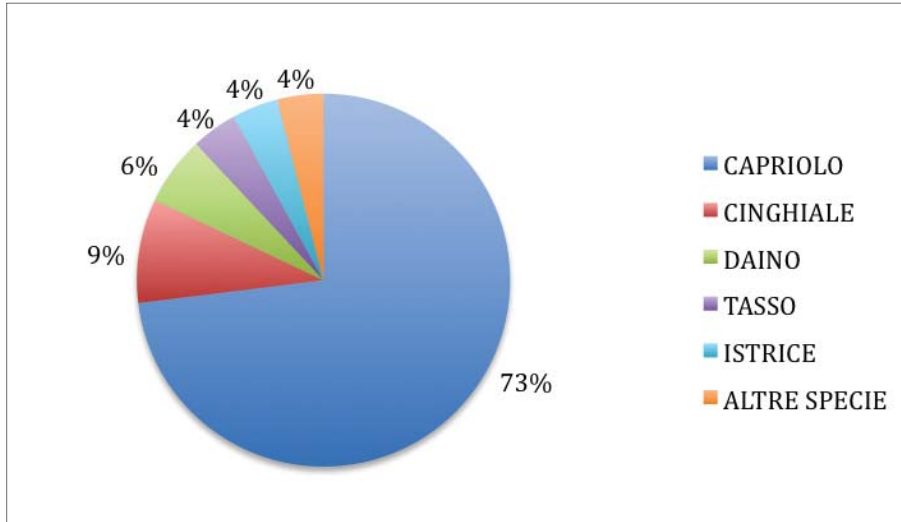


Figura 9 Ripartizione percentuale delle specie coinvolte negli incidenti stradali con la fauna selvatica in Provincia di Pesaro-Urbino nel periodo 2004-2012 (n = 1013).

Provincia di Siena

Nel periodo 2004-2012 nella provincia di Siena sono stati registrati 870 incidenti con la fauna selvatica (non considerando 28 casi in cui non era riportata la specie coinvolta nell'incidente e 5 casi relativi a incidenti con il bestiame domestico), con una media di $97 \pm 50,34$ incidenti all'anno. Il numero di incidenti aumenta significativamente nel corso del tempo ($R^2=0,9081$ $F=69,14$; $df= 7$; $p < 0,005$), passando da 29 nel 2004 a 167 nel 2012 (Figura 10).

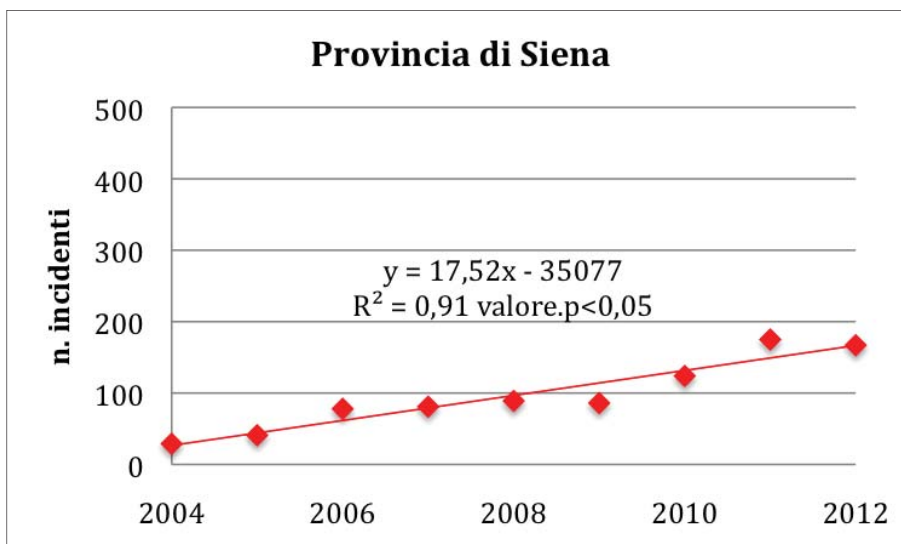
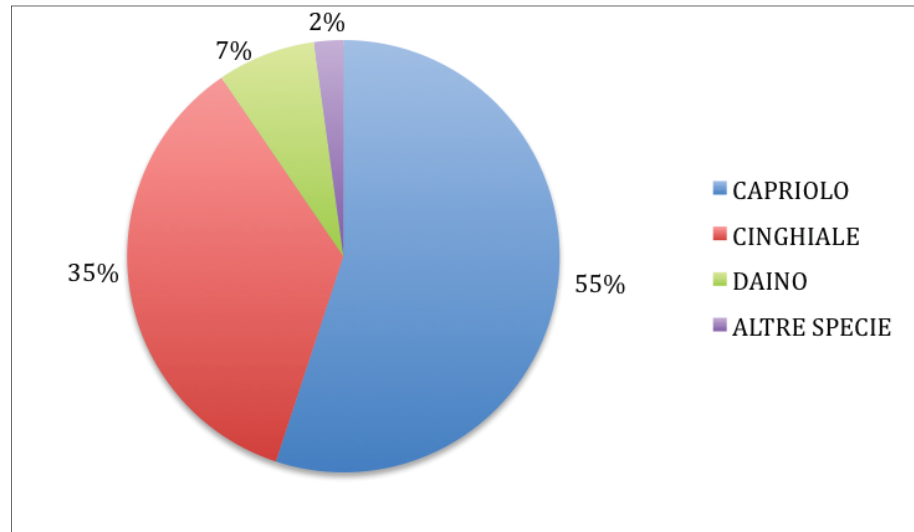


Figura 10 Incidenti stradali con la fauna selvatica verificatisi in Provincia di Siena nel periodo 2004-2012 (n = 870).

La specie maggiormente coinvolta negli incidenti stradali è il capriolo (55%), seguito dal cinghiale (35%) e dal daino (7%), mentre le altre specie rappresentano appena il 2% dei casi (Figura 11).



Figura 11 Ripartizione percentuale delle specie coinvolte negli incidenti stradali con la fauna selvatica in Provincia di Siena nel periodo 2004-2012 (n= 870).



1.4 Procedura d'intervento in caso di sinistri

Osservando la normativa attualmente vigente in materia di sicurezza stradale, soccorso della fauna investita, smaltimento delle carcasse e risarcimento dei danni provocati dall'impatto con animali selvatici ai veicoli e agli automobilisti, emerge la completa mancanza a livello nazionale di una procedura standardizzata da applicare in caso di incidente stradale con coinvolgimento di fauna selvatica. Il costante aumento del numero di tali incidenti e la mancanza di una chiara normativa che disciplini la materia ha infatti determinato lo sviluppo di un'estrema eterogeneità di normative, regole e procedure nelle diverse regioni italiane. Il problema è inoltre amplificato dalla scarsa informazione sull'argomento, che fa sì che gli utenti della strada coinvolti in questo fenomeno non conoscano la procedura da seguire in caso di impatto con un animale selvatico. Un problema importante a questo proposito riguarda l'individuazione dell'Ente responsabile del risarcimento del danno. La materia in questione, infatti, è regolata da fonti differenti, essendo stata a più riprese coinvolta nella ripartizione delle competenze tra Stato, Regione ed Enti locali minori, *in primis* la Provincia. Questo fa sì che la situazione risulti estremamente diversificata nelle varie regioni, alcune delle quali hanno provveduto all'istituzione di fondi dedicati all'indennizzo di tali danni, la cui gestione risulta tuttavia molto diversificata per quanto riguarda la tipologia di danno risarcito, la percentuale di indennizzo corrisposto e la documentazione da produrre.

Un'ulteriore problematica relativa a questo fenomeno riguarda il soccorso degli esemplari coinvolti nell'impatto. La L. 189/2010, in ossequio alla Convenzione Europea per la protezione degli animali da compagnia, ha infatti introdotto il comma 9-bis dell'art. 189 Codice della Strada, che prevede l'obbligo per gli utenti della strada di fermarsi, in caso di incidente da cui sia derivato danno ad uno o più animali d'affezione, da reddito o protetti, per prestare soccorso all'animale ferito, pena sanzione amministrativa. Secondo tale articolo l'obbligo di soccorso sussiste anche per gli utenti coinvolti nel sinistro che tuttavia non lo abbiano provocato, pena sanzione pecuniaria di minore entità. Tuttavia, non esiste alcuna norma che individui la figura alla quale il cittadino deve rivolgersi in caso di incidente per provvedere al soccorso dell'esemplare investito. Anche i corpi di polizia, ad eccezione dei corpi di Polizia Provinciale, non hanno

alcuna informazione in merito e non possiedono pertanto una linea comune condivisa per dare al cittadino coinvolto informazioni univoche. Bisogna considerare, inoltre, che non esistono specifiche risorse, umane o finanziarie, messe a disposizione al fine di predisporre un adeguato servizio pubblico. Tutto è lasciato alla libera iniziativa degli Enti preposti alla gestione della fauna selvatica, che devono pertanto preoccuparsi di reperire il personale e le risorse economiche necessarie, spesso attingendo dai proventi derivanti dalle tasse per l'esercizio venatorio. Il fenomeno degli incidenti stradali con la fauna selvatica ha infatti delle importanti ricadute non solo sulla biodiversità, ma anche sull'incolumità degli automobilisti e di conseguenza un impatto economico significativo sulle risorse della pubblica amministrazione.

Un altro problema legato alla mancanza di una procedura standardizzata e di un'interpretazione univoca della normativa in vigore riguarda la gestione delle carcasse. Nessuna normativa prende infatti in considerazione specificamente l'animale morto su strada per investimento e Comuni e Province danno interpretazioni diverse alla normativa vigente, discutendo se la carcassa sia assimilabile o meno a rifiuto e se di conseguenza i comuni (o le province a seconda dei casi) abbiano l'obbligo di smaltirli. Secondo alcuni la carcassa di animale proveniente da incidente stradale non è assimilabile a rifiuto e dunque non è soggetta alla normativa del testo unico 152/2006; altri ritengono invece per gli esemplari investiti si dovrebbe applicare il regolamento comunitario 1069 relativo ai sottoprodotti di origine animale.

Al fine di stabilire una procedura unica di intervento in caso di incidenti stradali con fauna selvatica che contempli tutti gli aspetti del problema, dal risarcimento dei danni allo smaltimento delle carcasse, è pertanto necessario in primo luogo giungere ad una interpretazione autentica e legittima della normativa vigente.

Gli obiettivi da perseguire nell'elaborazione di tale procedura devono essere:

1. la definizione della normativa di riferimento da seguire (L.152 o reg. comunitario 1069) per quanto concerne lo smaltimento delle carcasse e l'assistenza di animali feriti in seguito ad incidente stradale;
2. l'individuazione di un percorso concordato con l'Associazione Nazionale delle Imprese Assicuratrici (ANIA) al fine di promuovere forme di incentivazione per il cittadino alla sottoscrizione di assicurazioni aggiuntive che contemplino la voce "danno da fauna selvatica";
3. l'elaborazione, di concerto con le forze dell'ordine e gli organi preposti, di un regolamento che stabilisca una procedura di intervento unitaria per tutti i casi di incidente/investimento che interessi la fauna selvatica;
4. la condivisione e la diffusione nelle Amministrazioni e negli Enti locali delle modalità di intervento stabilite;
5. la definizione dei mezzi più consoni per una adeguata disseminazione delle informazioni sulla procedura elaborata sul territorio.

Risulta inoltre necessario che vengano previste le risorse finanziarie utili ad assolvere alle esigenze legate alla procedura di intervento definita, essenziali per prevedere la presenza di personale professionalmente



formato a trattare con fauna selvatica ferita e di veterinari che prestino, in caso di incidente, le cure necessarie all'esemplare coinvolto o operino, se necessario, una soppressione al fine di evitargli inutili sofferenze.

Sono inoltre necessarie le risorse finalizzate all'acquisto di strumenti idonei per trattare con gli animali, mezzi di trasporto idonei sia per animali feriti che morti, in particolare se di grande taglia, e di medicinali; alla realizzazione di strutture per la degenza e per la riabilitazione degli esemplari che verranno successivamente liberati in natura e, infine, per garantire un idoneo smaltimento delle carcasse.

2. PROCEDURE DI MONITORAGGIO

2.1 La mortalità faunistica lungo le strade

Come detto, l'incidenza dei fenomeni descritti nel paragrafo introduttivo non è omogeneamente distribuita lungo tutti i tracciati viari ma aumenta notevolmente laddove sono rilevabili delle sovrapposizioni o dei punti di tangenza tra la rete infrastrutturale e quella ecologica. In tutti quei siti in cui i tracciati viari attraversano o costeggiano zone caratterizzate da elevata naturalità, assoluta o relativa rispetto alla matrice circostante, è infatti particolarmente accentuato il ruolo di cesura ecosistemica svolto dalla strada, nonché il disturbo arrecato alle popolazioni faunistiche i cui spostamenti lungo le direttrici naturali sono intralciati dalla presenza di ostacoli lineari antropogenici.

Ad influire sulla probabilità che possano verificarsi incidenti con la fauna selvatica sono anche alcune caratteristiche strutturali della strada (presenza di barriere laterali, sezione, ampiezza della carreggiata ecc.) e i flussi di traffico che la interessano.

Per poter prevenire e mitigare gli incidenti stradali che coinvolgono la fauna selvatica, è dunque necessario in primo luogo individuare le zone che sono maggiormente suscettibili al fenomeno in base alle caratteristiche brevemente illustrate. Questo discorso vale non soltanto per i tratti viari esistenti, ma anche per le porzioni di territorio che saranno interessate dalla costruzione di nuove infrastrutture.

In entrambi i casi sono diversi i fattori che devono essere considerati per individuare i punti più adatti per la localizzazione di eventuali interventi di *road ecology* nonché le misure migliori da mettere in campo.

Nel caso di strutture già esistenti è possibile ricavare indicazioni sostanziali effettuando un monitoraggio standardizzato degli episodi di mortalità faunistica. Accanto a tali dati è fondamentale disporre anche di informazioni che riguardano le peculiarità ambientali e strutturali del tratto viario analizzato. Va da sé che questa seconda categoria di analisi, che esulano dal rilievo degli incidenti avvenuti, sono di vitale importanza nel caso della progettazione di nuove strade e di relative opere di mitigazione *ex ante*.

Una volta individuate le zone che presumibilmente manifestano una maggiore criticità, è opportuno approfondire le indagini attraverso metodi standardizzati e riproducibili, che consentono di comparare i risultati ottenuti in contesti diversi ed elaborare strategie d'intervento comuni.



Per quanto detto, si propone una procedura di monitoraggio che sintetizza metodi e indicatori tra i più diffusi e omologati negli studi di *road ecology*. Il metodo illustrato è in primo luogo rivolto all'analisi di infrastrutture esistenti ed è pertanto incentrato sul rilievo di episodi di mortalità faunistica, ma oltre a tali informazioni di base è contemplata anche una caratterizzazione del tratto viario. Il monitoraggio della mortalità faunistica viene effettuato sia per determinare il posizionamento più adatto delle opere di mitigazione che per valutare l'efficacia di interventi di *road ecology* già realizzati.

Il repertorio dei dati sulla mortalità faunistica lungo le strade è generalmente composto sulla base di due tipi di informazioni:

- informazioni reperite durante le attività di routine o occasionali;
- informazioni desunte da monitoraggi mirati.

Nel primo caso si tratta di rilievi effettuati dal personale che a vario titolo si occupa di effettuare sopralluoghi in caso di incidenti tra veicoli e fauna selvatica o del recupero degli animali investiti (operatori ANAS, Polizia Stradale, Polizia provinciale, CFS, ASL ecc.) oppure di segnalazioni effettuate da privati cittadini, nel caso in cui si dia la possibilità a chiunque di comunicare il ritrovamento di animali morti lungo le strade. La localizzazione del dato all'interno del territorio amministrativo di riferimento potrà aiutare ad evidenziare le aree più critiche, dove le segnalazioni si susseguono con maggiore frequenza.

Nel secondo caso si fa riferimento a indagini condotte sistematicamente su alcuni tracciati monitorati o perché risultati critici dalle informazioni di routine/occasionali, e dunque candidati ad ospitare progetti di *road ecology*, o perché oggetto di interventi di mitigazione che necessitano di un monitoraggio finalizzato a verificarne l'efficacia. Come spiegato più avanti, in questo caso le strade in oggetto devono essere percorse con periodica regolarità, ad orari prefissati.

In genere, mentre nella prima circostanza le specie coinvolte saranno prevalentemente mammiferi di media e grande taglia, essendo quelli che più facilmente possono provocare danni ai veicoli o comunque richiedere l'intervento delle autorità, nella seconda vengono rilevati anche animali di taglia più piccola, come anfibi, rettili, uccelli, micro e meso-mammiferi. Mentre, quindi, nei rilievi di routine sono privilegiate le informazioni legate prevalentemente a questioni di sicurezza stradale, nei rilievi sistematici assume importanza l'impatto che tali episodi possono avere sulla biodiversità locale.

I rilievi di routine/occasionali iniziano ad assurgere a questa seconda funzione nel momento in cui vengono coinvolte nei monitoraggi le popolazioni locali che, a titolo volontaristico, possono segnalare avvistamenti di animali morti su strada. In questo modo crescono esponenzialmente le comunicazioni riguardanti ricci, scoiattoli, istrici, rapaci notturni e diurni ed altre specie di piccola taglia ma facilmente riconoscibili.

In ogni caso, per riuscire a quantificare la mortalità faunistica generata dal traffico veicolare nel modo più esatto possibile ed effettuare un monitoraggio dell'impatto delle opere infrastrutturali e delle misure di mitigazione adottate è necessario predisporre adeguati piani di monitoraggio che consentano di raccogliere un numero sufficiente di informazioni nel caso in cui si verifichino incidenti stradali con coinvolgimento di fauna selvatica. Tale raccolta deve essere standardizzata secondo un modello

uniforme, al fine di evitare di riscontrare errori, mancanza di informazioni o altre problematiche nel momento in cui si analizzano i dati raccolti.

Nel corso del progetto LIFE Strade, al fine di ottenere un quadro informativo uniforme, è stato stabilito un livello minimo di dettaglio dei dati, affinché questi possano essere validati e analizzati statisticamente.

Le informazioni reperite, inoltre, devono essere inserite in un geodatabase gestito con software GIS, in modo da poter facilmente individuare i tratti stradali a maggiore criticità e le specie faunistiche maggiormente coinvolte. Avere dati raccolti in modo omogeneo risulta fondamentale per riuscire ad ottenere un database completo in ogni punto e di massima funzionalità; è pertanto opportuno affidare la raccolta finale di tali dati, la loro gestione e il loro inserimento nel geodatabase ad un solo Ente o organismo competente.

Anche per quanto riguarda la struttura del database si fa riferimento ai risultati ottenuti dalle azioni sperimentate nel corso del LIFE Strade, con particolare riferimento all'Azione A4 "Messa a punto di un geodatabase per l'identificazione dei tratti stradali a maggior rischio per la biodiversità". Affinché le operazioni di raccolta e archiviazione di tutte le segnalazioni di sinistro che coinvolgono la fauna selvatica non siano soggette ad errori dovuti alla trasmissione dei dati è fondamentale individuare una procedura standardizzata e una ripartizione precisa dei ruoli tra i vari Enti coinvolti. Il coordinamento tra le parti ridurrà al minimo imprecisioni come l'omissione e la ridondanza dei dati e faciliterà la condivisione del flusso informativo.

In genere l'Ente responsabile della raccolta e dell'archiviazione dei dati, nonché dell'organizzazione di eventuali campagne di monitoraggio, sia per una questione di competenza territoriale che di trasversalità nei servizi (aree protette, caccia, infrastrutture ecc.) è la Regione. Questa può infatti avvalersi al suo interno di strutture differenti per assolvere ai compiti di coordinamento, dell'Osservatorio faunistico, del Servizio fauna, dell'ufficio ambiente, del servizio trasporti e sicurezza stradale o altro, a seconda dell'allocazione delle risorse umane e finanziarie.

L'Ente responsabile si impegna a fornire a tutte le organizzazioni preposte a vario titolo all'intervento in caso di sinistro (Polizia Stradale, Polizia provinciale, CFS, ASL ecc.) ed eventuali altre figure coinvolte nei rilievi (volontari, associazioni, automobilisti in genere) un'apposita scheda di monitoraggio per la raccolta dati. Una volta registrati, i dati devono essere trasmessi periodicamente all'Ente responsabile, che si impegna ad inserirli in un apposito database e a renderli fruibili a tutti gli Enti competenti.

2.2 La scheda di raccolta dati di mortalità faunistica

Tutte le segnalazioni di sinistro o di ritrovamento di animale selvatico morto/ferito a bordo strada a seguito di incidente devono essere raccolte secondo un criterio unitario che garantisca un livello minimo di dettaglio delle informazioni. A tal fine viene di seguito proposta una scheda recante tutti i dati necessari al monitoraggio. All'interno della scheda alcuni campi, corrispondenti al livello minimo di dettaglio, sono obbligatori.

Tale scheda deve essere fornita a tutti gli operatori degli Enti preposti a vario titolo all'intervento in caso di sinistro e a coloro che a vario titolo si occupano della raccolta degli animali investiti lungo le strade.

Il livello di dettaglio minimo prevede l'inserimento delle seguenti informazioni:



Data incidente o data segnalazione carcassa/animale ferito;

- Ora,
- Localizzazione (più specifica possibile).
- Specie coinvolta.

La scheda completa contempla diverse sezioni contenenti specifici campi:

Dati rilevazione:

- Nome e cognome dell'operatore.
- Ente di appartenenza dell'operatore.
- Recapiti dell'operatore.
- Nome e cognome del segnalatore.
- Numero/codice del verbale (se presente).

In questa sezione è necessario inserire tutte le informazioni relative al soggetto che ha rilevato il sinistro, quali nome, cognome, numero di telefono e indirizzo e-mail, in modo da poter eventualmente contattare l'operatore che ha raccolto il dato in caso siano necessari chiarimenti o integrazioni alle informazioni riportate. L'indicazione dell'Ente di appartenenza è utile per avere la cognizione dell'attendibilità del dato riportato, che può essere rilevato tanto da un operatore ASL, provinciale, di un Ente parco o del CFS, quanto da un automobilista, che può essere meno esperto del personale addetto sopraccitato. Nel caso l'incidente sia stato segnalato da terze persone ad un addetto è necessario riempire anche i campi nome e cognome del segnalatore.

L'eventuale numero/codice del verbale è fondamentale per mantenere la tracciabilità della segnalazione ed evitare la ridondanza dei dati.

Dati localizzazione fauna investita:

- Data incidente o data segnalazione carcassa/animale ferito.
- Ora incidente o rilievo animale ferito.
- Comune.
- Codice o nome della strada.
- Km.
- Coordinate GPS (WGS 84).

La compilazione dei campi riportati in questa sezione risulta di fondamentale importanza per la successiva fase di analisi ed elaborazione dei dati. Viene infatti richiesto di indicare data, ora e luogo in cui è avvenuto l'investimento, in modo da poter in seguito effettuare un'analisi della distribuzione nello spazio e nel tempo degli investimenti. Per quanto riguarda la localizzazione geografica, possono essere contemplati diversi livelli di precisione, che vanno dalle coordinate geografiche prese con GPS, oppure desunte da Google Maps o altro tipo di cartografia, al km della strada. L'informazione più grossolana accettabile riguarda la località associata al nome della strada, ma ciò rende difficoltoso l'inserimento del dato all'interno di un geodatabase in modo puntuale. Importante per la determinazione della specie è anche la disponibilità di documentazione fotografica, divenuta più facile da ottenere grazie alla diffusione degli smartphone e della fotografia digitale.

Dati specie:

- Specie coinvolta (sesso e classe di età).
- Animale presente (morto, ferito, vivo).
- Animale non presente (segni: pelo, sangue, specificare altro).
- Documentazione fotografica (foto animale o parti di esso).

In questa sezione vengono richieste informazioni relative all'animale investito, ossia la specie, il sesso e la classe d'età dell'individuo; per la sua

compilazione è dunque necessario che l'operatore sappia riconoscere la fauna presente nell'area. È inoltre presente un campo relativo allo stato dell'animale, importante per sapere se quest'ultimo, una volta investito, è riuscito a fuggire oppure era ancora presente sul manto stradale al momento della compilazione della scheda, ferito o deceduto.

Dati tipologia strada e habitat:

- Tipologia di strada (a raso, a mezza costa, in rilevato, in trincea, viadotto, galleria ecc.).
- Barriere presenti (nessuna, guard rail, rete, muro, new jersey, altro).
- Ambiente circostante (agricolo, bosco, urbanizzato, incolto, prato/pascolo ecc.).

Per il riempimento di questa sezione è richiesto che il compilatore sia a conoscenza delle diverse caratteristiche della strada e delle strutture accessorie che spesso vengono realizzate. Per prima cosa bisogna inquadrare la strada da un punto di vista tipologico; si distinguono quindi strade:

- a) A raso: il piano stradale è lo stesso del bordo strada, cioè non esistono dislivelli di alcun genere.
- b) In trincea: il piano stradale si trova al di sotto dei bordi stradali; l'acclività delle "pareti" varia da zona a zona, anche a seconda della natura del territorio stesso e degli eventuali interventi ingegneristici attuati al fine di evitare franamenti.
- c) In rilevato: il piano stradale si trova al di sopra dei bordi della strada; anche qui l'acclività dipende dalla natura del territorio e dagli interventi ingegneristici complementari.
- d) Mezza costa: il piano stradale è situato tra un versante che insiste dall'alto ed uno che scende verso il basso; è la tipica strada che "taglia" il bordo di una collina o una montagna.
- e) Galleria: il piano stradale perfora un dislivello morfologico (collina, montagna).
- f) Viadotto: il piano stradale è sospeso rispetto al livello del terreno, sorretto da pilastri.

Successivamente si rilevano le eventuali barriere presenti sulla strada, quali:

- 1) Muro: si può osservare ai bordi stradali, per diverse altezze.
- 2) Rete: presente spesso ai lati, può avere diversa maglia e diverse altezze.
- 3) Guard rail: ha dimensioni standard.
- 4) New jersey: strutture a blocchi di cemento a base larga, solitamente reperibili tra due o più corsie, usate per dividere le stesse temporaneamente o definitivamente.
- 5) Libero: nessun ostacolo al passaggio della fauna; è da considerare sia il bordo che il centro della strada.

In questa sezione, infine, viene richiesto di indicare anche la tipologia di habitat presente ai lati della strada, al fine di poter inquadrare al meglio le tipologie ambientali più usate dalla fauna per gli attraversamenti.

Dati del danno:

- Descrizione e stima dei danni (danni alla vettura, al conducente ecc.).

Le informazioni richieste in questa sezione risultano utili per valutare quanto le collisioni con la fauna selvatica siano rischiose per gli automobilisti. È pertanto richiesta una valutazione del danno riportato dal veicolo (nullo, lieve, medio e grande) e dall'automobilista (nessun danno, ferite lievi,



ricovero in ospedale, decesso).



Note:

- Eventuali altre note.

In questa sezione è possibile riportare tutte le informazioni utili per capire, anche a distanza di tempo, la dinamica e le altre particolarità del caso.

Per quanto riguarda il monitoraggio di routine/occasionale, la scheda riportata dovrà essere adeguatamente compilata ogni qualvolta si verifici un incidente stradale con coinvolgimento di fauna selvatica, al fine di realizzare un monitoraggio non sistematico del fenomeno.

Figura 12 Scheda raccolta dati mortalità faunistica

   																																																	
Nome e Cognome	<input type="text"/>																																																
Ente di appartenenza	<input type="text"/>																																																
Recapiti	<input type="text"/>																																																
Cod. o Num. Verbale	<input type="text"/>																																																
Data rilevamento	<input type="text"/>																																																
Ora rilevamento	<input type="text"/>																																																
Comune	<input type="text"/>																																																
Nome Strada	<input type="text"/>																																																
Km	<input type="text"/>																																																
Specie	<input type="text"/>																																																
Sesso	<input type="text"/>																																																
Classe d'età	<input type="text"/>																																																
Morto <input type="checkbox"/>	<table border="0"> <tr> <td colspan="2">Ferito <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2">Vivo <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>A raso</td> <td>In trincea</td> <td>In rilevato</td> <td>Mezza costa</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Galleria</td> <td>Viadotto</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Muro</td> <td>Rete</td> <td>Guard rail</td> <td>New jersey</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Barriera SX</td> <td>Barriera centro</td> <td>Barriera DX</td> <td>Libero</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Altro</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	Ferito <input type="checkbox"/>		Vivo <input type="checkbox"/>		A raso	In trincea	In rilevato	Mezza costa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Galleria	Viadotto			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Muro	Rete	Guard rail	New jersey	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Barriera SX	Barriera centro	Barriera DX	Libero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Altro				<input type="checkbox"/>			
Ferito <input type="checkbox"/>		Vivo <input type="checkbox"/>																																															
A raso	In trincea	In rilevato	Mezza costa																																														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																														
Galleria	Viadotto																																																
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																
Muro	Rete	Guard rail	New jersey																																														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																														
Barriera SX	Barriera centro	Barriera DX	Libero																																														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																														
Altro																																																	
<input type="checkbox"/>																																																	
Danni all'auto	<input type="text"/>																																																
Danni all'automobilista	<input type="text"/>																																																

2.3 Monitoraggi mirati

Sulla base dell'esperienza maturata nel corso di progetti specifici, come il LIFE Strade, o con la raccolta di dati di mortalità faunistica lungo le strade, è possibile che gli Enti responsabili, di concerto con gli altri Enti gestori delle infrastrutture, ritengano opportuno eseguire un monitoraggio sistematico su un tratto di strada giudicato topico. I motivi possono essere diversi, ad esempio: elevata incidentalità, frequentazione dell'area da parte di alcuni gruppi faunistici di elevato interesse conservazionistico, cambiamenti nella situazione ambientale a contorno o modifiche della struttura viaria, necessità di monitorare l'effetto di eventuali misure di mitigazione di *road ecology* attuate.

Per la realizzazione di monitoraggi mirati di mortalità stradale della fauna è necessario che le infrastrutture presenti all'interno dell'area di studio siano monitorate secondo procedure standard.

I tratti stradali devono essere percorsi periodicamente, almeno due volte alla settimana, procedendo ad una velocità di circa 30 km orari e prestando attenzione alla presenza di animali investiti all'interno delle cunette laterali eventualmente presenti. Pertanto è opportuno ispezionare il tracciato, almeno nei punti più critici, a piedi o in bicicletta. Poiché la maggior parte degli investimenti si verifica nelle ore notturne, con picchi al crepuscolo e all'alba, i sopralluoghi devono essere effettuati la mattina presto, alle prime luci dell'alba, prima che le carcasse vengano rimosse dalla carreggiata, trafugate (nel caso di specie appetibili come gli ungulati) o, soprattutto nel caso di piccoli animali, mangiate da specie "spazzine".

Requisiti minimi per la standardizzazione della procedura di monitoraggio mirato

Frequenza dei sopralluoghi	≥ 2 volte a settimana
Velocità di percorrenza	≤ 30 Km/h
Orario dei sopralluoghi	Prime ore del giorno
Modalità di annotazione	Scheda di monitoraggio

Il monitoraggio del fenomeno di mortalità faunistica stradale deve essere affiancato da altri tipi di rilievi, riguardanti la rilevazione dei flussi di traffico veicolare, l'analisi delle caratteristiche stradali e ambientali a contorno e l'efficacia degli eventuali passaggi (sottopassi e sovrappassi) presenti attraverso tecniche di fototrappolaggio o altro.

2.4 Impostazione e gestione del database

Un passaggio fondamentale nell'archiviazione dei dati è la predisposizione di uno specifico database. Per ottimizzare la funzionalità dell'archivio, è necessario che esso sia accessibile a tutti gli Enti preposti alla gestione delle strade e della fauna, ma modificato e implementato da un'unica organizzazione responsabile, onde evitare l'inserimento di dati ridondanti, magari rilevati da più addetti appartenenti a istituzioni differenti o anche da privati cittadini. In genere, come per le azioni precedenti, anche per questa azione l'ente responsabile dovrebbe essere uno specifico ufficio della Regione.

I passaggi fondamentali per il corretto funzionamento del sistema di archiviazione dei dati possono essere così riassunti:

1. Individuazione dell'Ente responsabile del database (per comodità di seguito individuato nella Regione).
2. Il database è implementato e gestito dalla Regione attraverso uno specifico Servizio.



3. Il database è messo a disposizione di tutti gli Enti preposti alla gestione delle strade e della fauna, ma modificato e implementato da un'unica organizzazione responsabile, ovvero la Regione. L'aggiornamento del database può essere condotto secondo due processi:
 - Attraverso la costituzione di più database, uno per ogni Ente preposto alla raccolta di informazioni sul campo, aventi la medesima struttura e compilati dai diversi partner. La condizione necessaria affinché questo metodo funzioni è che tutti i partner spediscono periodicamente (mensilmente) alla Regione i propri dati e che questa provveda ad aggiornare il database generale con tutti i nuovi dati raccolti dalle diverse organizzazioni. Ad ogni dato deve essere fornito, in sede di compilazione del database, un codice univoco.
 - Attraverso la trasmissione periodica da parte di tutte le organizzazioni preposte alla raccolta dati delle schede di rilevamento non elaborate alla Regione e all'inserimento da parte della Regione nel database generale. Anche in questo caso, ogni Ente avrebbe un prefisso personalizzato all'interno del codice identificativo del sinistro (ES: tos01, umb01, mar01, oppure cod. ISTAT ecc.).

I vantaggi del primo metodo consistono nel poter disporre anche di dati parziali relativi all'attività di monitoraggio di ogni partner, mentre con il secondo metodo si evita più facilmente la presenza di dati ripetuti ed è più semplice effettuare dei controlli su eventuali errori.

Il file di archiviazione dei dati deve rispondere ad alcuni requisiti tecnici ben precisi. La struttura deve essere quella di un geodatabase o comunque un database relazionale compatibile con le procedure di elaborazione e analisi dati in ambiente GIS. Questo tipo di file è costituito da un modello aperto di archiviazione di geometrie semplici (in questo caso punti) e supporta i più comuni meccanismi di gestione dei dati (DBMS multiutente, Personal geodatabase attraverso Microsoft Access, File geodatabase su file system compatibile con diversi sistemi operativi, Geodatabase XML).

Nel presente manuale, per opportuna continuità con il lavoro già svolto con il progetto LIFE Strade, si riportano le caratteristiche salienti del database elaborato nell'Azione A4 "Messa a punto di un geodatabase per l'identificazione dei tratti stradali a maggior rischio per la biodiversità":

- Rispondenza con gli standard indicati da DigitPA (Ente Nazionale per la digitalizzazione nella Pubblica Amministrazione) e dalla Direttiva INSPIRE attraverso il suo strumento normativo italiano, D.Lgs 32/2010 e tenendo anche conto delle indicazioni del DPCM dell'11 novembre del 2011.
- Formato utilizzato: ESRI shape file e dbf esportati in formato KML per Google Earth.
- Georeferenziazione: datum ETRS89-ETRF89UTMF33, impropriamente chiamato WGS84.

Semplificando, una gestione di questo tipo consente di disporre di un file geometrico di punti georeferenziati, corrispondenti ai diversi eventi di mortalità registrati, al quale è associato un database recante tutte le informazioni riguardanti il singolo incidente (specie coinvolta, tipologia

stradale, data e ora, ecc.). In generale, ogni cella della prima colonna della tabella contiene il codice identificativo di ogni evento ed è relazionata univocamente ad un punto sul file cartografico. Nelle colonne successive sono indicate le caratteristiche che descrivono l'incidente: sarà dunque presente la colonna "specie", "data", "ora", "tratto stradale" e via dicendo (Figura 13). La completezza dei campi consente di condurre analisi statistiche limitate ad alcune zone o solo a determinate specie, nonché di ottenere, attraverso l'uso di applicativi GIS, cartografie tematiche di supporto agli studi effettuati.

Figura 13 Database messo a punto nel corso del progetto LIFE Strade, A4

ID	PROVINCIA	DATA	ORA	COMUNE	LOCALITA'	STRADA	KM	SPECIE	X_ORIG	Y_ORIG	X_WGS84F33	Y_WGS84F33
1	GROSSETO	15/06/02	23.25			SP4	22+765	cinghiale	1725512,33	4736668,37	234428,455	4738081,252
2	GROSSETO	17/06/02	11.30	ROCCASTRADA		SP21	12+500	capriolo	1679728,18	4763601,74	190657,9288	4768222,105
3	GROSSETO	26/01/07	20.30	Orbetello	Collecchio	SP56	1 + 500	cinghiale	1677568,61	4719297,92	185347,8366	4724149,747
4	GROSSETO	02/02/07		Castel del Piano		SP160	20	capriolo	1709106,34	4754593,79	219335,0803	4757134,75
5	GROSSETO	23/02/07	21.00	Castel del Piano	Pian del Ballo	SP111	1	capriolo	1673870,39	4741872,04	183260,4615	4746948,12
6	GROSSETO	27/02/07	22.00			SP30	3 + 100	cinghiale	1676811,53	4735237,21	185724,3121	4740115,368
7	GROSSETO	09/03/07	0.15	Sorano	Montorio	SP76	10	capriolo	1725707,81	4734463,52	234466,7995	4735867,611
8	GROSSETO	11/03/07	23.50	Monte Argentario	Le Piane	SP161	7 + 500	indeterminato	1678869,04	4700089,03	185285,6667	4704881,59
9	GROSSETO	28/03/07		Massa Marittima	Schiantapetto	SR439	161	cinghiale	1653626,3	4766393,04	164798,8349	4772874,859
10	GROSSETO	04/04/07	8.15	Roccastrada	Montemassi	SP19	7 + 500	capriolo	1670424,51	4758374,76	180997,2284	4763668,71
11	GROSSETO	20/05/07		Grosseto	Principina	S.p.	8	capriolo	1667036,38	4729533,95	175560,0785	4735116,514
12	GROSSETO	23/05/07	2.05	Follonica		SP152	46 + 700	capriolo	1640829,24	4755552,42	151244,8926	4762964,055
13	GROSSETO	26/05/07	2.45	Gavorrano	Bagno di Gavorrano	SP152	32 + 700	cinghiale	1654102,58	4756769,59	164586,6552	4763231,584
14	GROSSETO	27/05/07	22.00	Grosseto	Batignano	SP153	1	cinghiale	1676627,6	4746929,65	186373,1541	4751800,636
15	GROSSETO	30/05/07	8.50	Saturnia	Pian D'Artino	SP112	2 + 500	daino	1705716,91	4728777,84	214115,7007	4731614,138
16	GROSSETO	03/06/07	23.30	Gavorrano	Bivio di Ravi	SP152	26 + 500	cinghiale	1658607,73	4754665,16	168934,7564	4760808,6
17	GROSSETO	17/06/07	22.00		Valmora	SR439	167 + 500	indeterminato	1648888,25	4760635,99	159656,1121	4767464,946
18	GROSSETO	18/06/07	23.15	Monte Argentario	Le Piane	SP161	7 + 500	cinghiale	1678869,04	4700089,03	185285,6667	4704881,59
19	GROSSETO	24/06/07		Cinigiano		S.p.	8 + 700	daino	1692414,21	4758620,04	202964,2789	4762343,529
20	GROSSETO	01/07/07		Grosseto	Principina	S.p.	9	cinghiale	1666141,65	4729857,58	174689,7894	4735503,202
21	GROSSETO	07/07/07		Grosseto	Principina	S.p.	3 + 500	daino	1670796,15	4731342,45	179442,2544	4736654,882
22	GROSSETO	10/07/07	5.00	Grosseto	Braccagni	SS1	197 + 700	capriolo	1669703,1	4748825,58	179595,7048	4754186,897
23	GROSSETO	20/07/07	17.00	Arcidosso		SP58	1	capriolo	1709490,82	4748209,22	219263,6798	4750736,392
24	GROSSETO	24/07/07	21.50	Follonica		SP152	43 + 400	cinghiale	1643950,73	4754994,19	154322,3873	4762183,667
25	GROSSETO	03/08/07		Castiglione della Pes	Poggio del Barbieri	SP61	9 + 300	cinghiale	1642641,59	4740288,57	151966,1978	4747591,003
26	GROSSETO	05/08/07	17.40	Civitella Paganico		SP21	16 + 100	capriolo	1683288,84	4763080,64	194174,8316	4767447,475
27	GROSSETO	06/08/07	0.10			SP31	6 + 500	cinghiale	1661643,33	4760695,4	172396,2253	4766612,76
28	GROSSETO	12/08/07				S.p.	0 + 400	cinghiale	1647168,69	4759334,57	157845,9716	4766288,229
29	GROSSETO	18/08/07	23.00	Follonica		SP49	6	cinghiale	1654071,12	4761831,03	164916,8205	4768287,8
30	GROSSETO	20/08/07	0.35			SP128	4	cinghiale	1684244,95	4708546,84	191250,5643	4712944,378
31	GROSSETO	24/08/07	21.50	Scarlino	Casone	SP135	1	cinghiale	1648033,57	4753112,71	158265,3409	4760013,305
32	GROSSETO	27/08/07	20.30	Marsiliana	Polverosa	SR74	7 + 800	capriolo	1688138,77	4710453,58	195272,3311	4714572,003

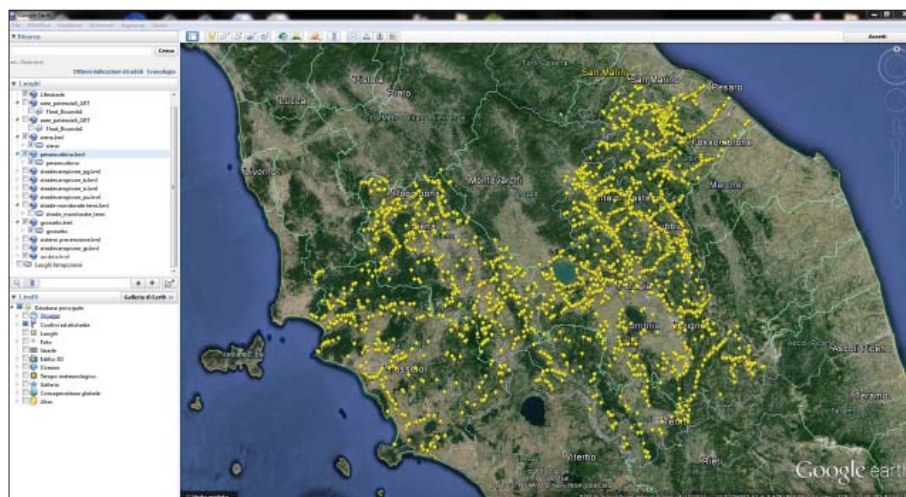


Figura 14 Visualizzazione delle segnalazioni puntuali archiviate nel geodatabase nel corso del progetto LIFE Strade

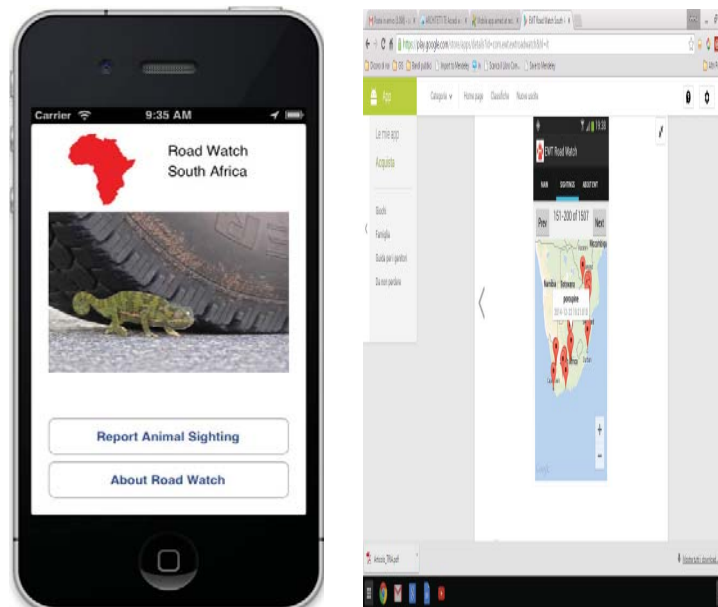


2.5 Strumenti ausiliari: applicazione smartphone e tablet

Lo sviluppo e la crescente diffusione di strumenti ICT (applicazione smartphone e Web-GIS) da poter scaricare liberamente rappresentano un'ottima occasione per consentire agli utenti (addetti ai lavori, popolazioni residenti, turisti) di contribuire in prima persona alla raccolta dati e al monitoraggio degli incidenti stradali secondo un approccio di “*citizen science*” (letteralmente la “scienza fatta dai cittadini”), un nuovo modo di concepire la ricerca che si sta affermando in diversi campi e che si basa sul coinvolgimento di persone non specializzate nel processo di raccolta e analisi di dati scientifici. Strumenti di questo tipo mirano al raggiungimento di due obiettivi simultanei: da un lato la libera partecipazione aiuta ad accrescere la sensibilità degli automobilisti al problema della mortalità stradale e più in generale della conservazione della biodiversità, dall'altro il contributo di molte persone incrementa la quantità di informazioni reperite.

Il principio è quello di trasporre i contenuti della scheda di monitoraggio su dispositivi portatili come smartphone e tablet, in modo da consentire agli utenti una trasmissione puntuale e immediata del dato grazie alla possibilità di rilevare in tempo reale la posizione corretta dell'animale rinvenuto attraverso l'utilizzo di sistemi GPS ormai integrati nella maggior parte dei telefoni cellulari, e corredare il rilievo con documentazione fotografica che consenta di verificare con certezza la veridicità delle informazioni riportate. Applicazioni di questo tipo si stanno diffondendo a scala globale, ve ne sono alcuni esempi negli Stati Uniti, in Canada e in Africa. Uno dei sistemi più funzionali è quello diffuso dall'*Endangered Wildlife Trust* (EWT), che dal 2013 raccoglie i dati di *Road Kill* lungo le strade del Sud Africa attraverso l'applicazione *Road Watch South Africa* (EWT *Road Watch*).

Figura 15 Due schermate dell'App Road Watch South Africa



Le caratteristiche di base di un'applicazione per il monitoraggio della mortalità devono essere le seguenti:

- 1) L'applicazione deve essere gratuita, scaricabile dai siti ufficiali degli Enti partner del progetto o dai principali Store multimediali.

- 2) È preferibile richiedere agli utenti una registrazione iniziale, con l'inserimento di un nickname associato alle proprie credenziali, in modo che gli utilizzatori finali possano avvalersi di statistiche personali sull'attendibilità dei dati inseriti dai vari utenti.
- 3) Le informazioni obbligatorie riguardano la specie rinvenuta, la data e l'ora del ritrovamento e la posizione.
- 4) I dati sulla posizione possono andare dal nome e Km della strada al punto rilevato con GPS o derivato da Google.
- 5) Informazioni aggiuntive facoltative:
 - Informazioni sull'animale coinvolto: sesso, classe d'età, stato del corpo e punto dell'impatto.
 - Informazioni sul tracciato stradale: limite di velocità, tipo di strada (autostrada, statale, regionale ecc.), ampiezza della sede stradale, sezione della sede stradale, tipologia del tracciato (in curva, rettilineo), habitat a lato della strada, barriere laterali presenti (recinzioni, muri, guardrail, ponti, rampe).

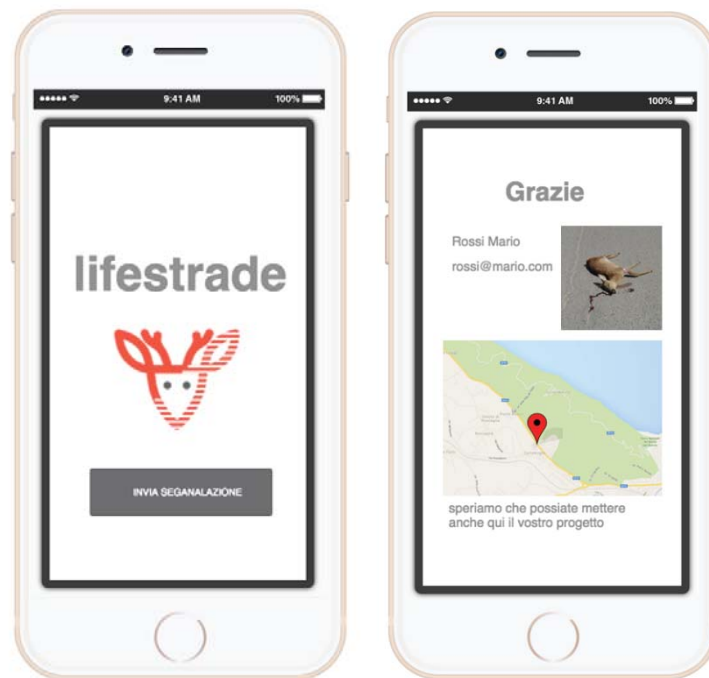
Il tipo di informazione richiesta deve essere compatibile con il database di archiviazione predisposto dagli Enti partner.

Nel corso del LIFE Strade è stata prevista la realizzazione di un'applicazione per la raccolta dei dati, da diffondere al vasto pubblico secondo l'approccio "citizen science". Si tratta di una Web App i cui requisiti minimi sono:

1. Indicazione della specie: l'inserimento dell'indicazione della specie dell'animale coinvolto deve avvenire attraverso un menu a tendina.
2. Individuazione della località: le coordinate del luogo del ritrovamento devono poter essere estratte dalla foto allegata alla segnalazione o, nel caso in cui l'utente non abbia la possibilità di fotografare l'esemplare investito, ottenute dal GPS dello smartphone o del tablet. Questa seconda opzione richiede però che l'utente invii la segnalazione direttamente dal luogo in cui si è verificato il ritrovamento dell'animale. Per consentire l'invio della segnalazione in un secondo momento, deve essere data all'utente la possibilità di segnalare il luogo del ritrovamento localizzandolo tramite Google Maps.
3. Archiviazione dei dati: tutte le segnalazioni inviate devono essere archiviate in un database che restituisca i dati sul sistema WebGIS del sito istituzionale del progetto. L'aggiornamento di tale sistema deve avvenire settimanalmente.



Figura 16 Due schermate dell'App LIFE Strade



2.6 Analisi strutturale del tracciato viario

Una volta individuati i tratti più critici, al fine di determinare gli interventi di mitigazione più adatti alla situazione specifica è necessario condurre delle analisi mirate sul tratto stradale.

Come fattori intrinseci al tracciato in primo luogo è necessario valutare la struttura del percorso e i flussi di traffico che lo interessano, fattori che influiscono sulla frammentazione fisica degli habitat e nell'ostacolare l'attraversamento della fauna selvatica.

I fattori estrinseci riguardano invece le prerogative caratterizzanti l'area di studio, descritte attraverso la cartografia tematica: uso del suolo, vegetazione, presenza di edificato, ecc.

Questa analisi territoriale viene condotta attraverso l'applicazione degli indici di frammentazione e biopermeabilità e fornisce informazioni sulla permeabilità delle aree attraversate da infrastrutture sia a grande scala, indicando quali sono le zone a massima probabilità di passaggio faunistico, sia a piccola scala, suggerendo se la strada, in un punto ben preciso, è attraversabile.

Tra le metodologie analitiche che si stanno affermando per verificare l'effetto di cesura delle strade causato dalle componenti strutturali della carreggiata e dei suoi bordi, un esempio è dato dal Profilo d'Occlusione (PdO) (Ciabò e Fabrizio, 2007; Romano et al. 2011), un diagramma che rappresenta un elemento di collegamento tra le caratteristiche prettamente tecniche delle infrastrutture viarie e la loro interazione con l'assetto ecologico del contesto (Romano, 2002).

Questo tipo di analisi è utilizzabile su strade già esistenti, ma diretto anche ai progetti stradali come elaborato di corredo essenziale a supporto delle Valutazioni di Impatto Ambientale e delle Valutazioni di Incidenza Ambientale. Il PdO consente infatti di simulare il livello di frammentazione ecosistemica dovuto al progetto in questione e di introdurre in esso tutte le variazioni tecniche ritenute di volta in volta necessarie per limitare al

massimo l'effetto-barriera che la strada produce sul quadro ambientale di incidenza (Romano et al., 2009).

Esso si configura come un diagramma longitudinale dell'asse stradale lungo il quale è esplicitato il grado di interferenza esercitato dalla struttura della strada, in considerazione dell'entità e della tipologia degli ostacoli presenti, utilizzando, come parametro valutativo, la possibilità per alcune specie faunistiche opportunamente selezionate di attraversare o meno la linea infrastrutturale. Lungo le strade, infatti, si possono avere diverse tipologie di barriere, che vanno dai muri di contenimento alle reti, ai separatori stradali new jersey, ai guard rail; ogni tipologia di barriera crea un diverso grado di occlusione ben definito, che agisce sulla fauna presente secondo principi specie-specifici: un'interferenza che rappresenta occlusione bassa per una specie può diventare insormontabile per un'altra. Ad esempio, una recinzione di due metri a maglie larghe è invalicabile per un grande mammifero ma non blocca affatto il passaggio di un rettile. Il tratto viario è schematizzato attraverso una suddivisione in unità base progressive di uguale lunghezza. L'ampiezza di tali sezioni è dipendente dall'estensione totale della porzione di strada da studiare, dalla complessità delle barriere presenti e dalle specie target individuate.

Per ogni porzione di tracciato sono indicate le barriere rilevate (es. muro di altezza inferiore a 0,7 m, muro compreso tra 0,7 m e 2 m di altezza, recinzione, *guard rail*, ecc.).

A questa analisi di tipo strutturale segue un esame dell'infrastruttura di tipo funzionale, in cui viene misurato il grado di occlusività degli ostacoli rispetto ad alcune specie target, elencate secondo l'ordine sistematico.

Per ogni specie target o gruppo di specie le sezioni progressive sono classificate in sei livelli di occlusività (nulla senza attraversamento, nulla con attraversamento, bassa, media, elevata, totale), in considerazione delle barriere presenti ai margini della carreggiata:

- Nulla senza attraversamento: l'animale non deve attraversare la strada (gallerie e viadotti).
- Nulla con attraversamento: l'unico deterrente per la specie è il traffico e non la barriera (es. strada senza barriere o *guard rail*).
- Bassa: la barriera crea un minimo disagio (es. muro < 0,7 m).
- Media: la barriera crea un disagio medio (es. muro compreso tra 0,7 e 1,5 m).
- Elevata: la barriera può essere superata ma con difficoltà (es. muro compreso tra 1,5 e 2 m o recinzione).
- Totale: la barriera è insormontabile (es. muro maggiore di 2 m).

La scelta di distinguere le categorie “nulla senza attraversamento” e “nulla con attraversamento” è motivata dal fatto che nel PdO, pur valutando l'interferenza causata dalla mera struttura stradale, si considera l'attraversamento diretto della strada più pericoloso rispetto al superamento mediante sovrappasso o sottopasso. La classificazione dell'effetto barriera dei tratti è realizzata in una prima fase attraverso una colorazione graduale che utilizza diverse tonalità di colore a seconda dell'occlusione rilevata, poi riportando il tracciato analizzato su cartografia, mediante software GIS, rappresentando i tratti maggiormente occlusivi con linee di spessore maggiore rispetto alle zone più permeabili. Ciò consente di mettere in relazione gli effetti prodotti dalle infrastrutture sulla presenza di determinate specie con le prerogative caratterizzanti l'area di studio descritte attraverso la cartografia tematica (uso del suolo, vegetazione,



presenza di edificato ecc.) e con i dati raccolti in modo puntuale sulla mortalità stradale. La procedura descritta completa l'analisi territoriale condotta attraverso l'applicazione degli indici di frammentazione e biopermeabilità e la raccolta dei dati sulla mortalità faunistica, fornendo, come riportato in precedenza, informazioni sulla permeabilità delle aree attraversate da infrastrutture sia a grande scala che a piccola scala. Tali informazioni risultano di fondamentale importanza al fine di ottimizzare la gestione a larga scala di reti ecologiche e, al tempo stesso, di individuare i luoghi, anche puntiformi, dove intervenire con misure di mitigazione e quale tipo di intervento sia più adatto alla situazione specifica.

2.7 Valutazione della funzionalità dei passaggi esistenti

La maggior parte delle infrastrutture presenta lungo il percorso numerosi passaggi di svariate dimensioni che possono assolvere, indipendentemente dalle motivazioni per le quali sono stati costruiti, alla funzione di veri e propri “ecodotti”. Si tratta di attraversamenti naturali molto ampi (dalle decine sino alle centinaia di metri) localizzati in corrispondenza di viadotti e gallerie o di sottopassi e sovrappassi di più modeste dimensioni (da qualche decimetro fino a qualche metro) dovuti a scelte ingegneristiche finalizzate ad annullare le irregolarità morfologiche del tracciato, o ad altre funzioni (manutentive, di semplice accesso ai terreni adiacenti la strada, di scarico delle acque meteoriche o altro).

A seconda della loro struttura e dimensione, tali passaggi possono essere utilizzati da specie diverse per spostarsi da un lato all'altro dell'infrastruttura, evitando l'attraversamento della carreggiata.

Fondamentali per l'utilizzo da parte di determinati gruppi faunistici sono anche le caratteristiche ambientali dei settori congiunti dagli attraversamenti, nonché le condizioni (vegetazione, fondo, presenza di rifiuti o altro materiale, frequentazione antropica ecc.) degli stessi varchi.

Al fine di individuare i passaggi già utilizzati dalla fauna, quali specie target ne usufruiscono, e quali strutture potrebbero essere adibite a “ecodotto” a seguito di interventi di miglioramento ambientale e funzionale è necessario monitorare l'eventuale passaggio faunistico ed analizzare le caratteristiche della struttura presa in esame.

In generale, le metodologie più utilizzate a tale scopo sono rappresentate dal fototrappolaggio e dall'analisi dei segni di presenza, come le tracce, nei pressi e all'interno della struttura considerata (Bellis et al., 2013). In ogni caso, nel valutare l'utilizzo di un passaggio da parte della fauna selvatica il primo passo da compiere consiste nel redigere una lista di tutte le specie target che potrebbero utilizzare la struttura, al fine di valutare le tecniche di monitoraggio più appropriate (Van der Grift e Van der Ree, 2015). In generale, comunque, i migliori risultati si ottengono combinando diverse metodologie (Bellis et al., 2013). Per quanto riguarda, in particolare, l'uso delle fototrappole, queste dovranno essere installate in corrispondenza dei potenziali passaggi presenti, per valutarne il livello di utilizzazione. Per ciascuna struttura sarà necessario prevedere l'utilizzo di almeno due fototrappole, una per ingresso, ad un'altezza adeguata per il monitoraggio delle specie target. Per ogni foto valida dovrà essere identificata la specie, indicando data e ora, comportamento dell'animale e, qualora possibile, dovranno essere attribuiti sesso e classe d'età. Il passaggio di uno stesso individuo nell'arco di 10 minuti dovrà essere considerato come un singolo evento, mentre passaggi di più individui della stessa specie sempre nell'arco

di 10 minuti devono essere considerati come eventi distinti (Diamond et al., 2013).

I dati raccolti consentiranno di calcolare indici di frequentazione (n. di contatti per specie/giorni trappola) e valutare la possibilità di migliorare le caratteristiche del passaggio per adeguarlo alle esigenze delle diverse specie favorendone l'utilizzo da parte delle stesse.

Un ulteriore elemento da prendere in considerazione è rappresentato dalla tipologia e dalla frequenza dell'utilizzo della struttura. In generale, infatti, è possibile distinguere tre diverse tipologie di utilizzo (Van der Grift e Van der Ree, 2015): giornaliero, dovuto allo spostamento degli individui per accedere a risorse presenti all'interno del proprio home-range; stagionale, dovuto a spostamenti stagionali degli individui, e occasionale, dovuto soprattutto al fenomeno della dispersione dei giovani.

A ciascuna di queste tipologie di utilizzo corrisponde una diversa durata dell'attività di monitoraggio: in caso di utilizzo stagionale, questa può essere limitata al periodo nel quale si verificano le migrazioni, mentre in caso di utilizzo giornaliero il monitoraggio deve essere effettuato durante l'intero arco dell'anno. Molte specie mostrano, infatti, un diverso grado di attività nei diversi periodi dell'anno, pertanto un monitoraggio di poche settimane o di qualche mese potrebbe non portare a valutazioni esaurienti.



Figura 17 Utilizzo di un sottopasso da parte di un cervo (Foto di Mauro Fabrizio)

2.8 I flussi di traffico

Per progettare adeguati interventi di mitigazione è necessario condurre un'indagine sui flussi di traffico, in quanto l'efficacia di molti interventi è fortemente condizionata dal volume di traffico veicolare che interessa la strada. Rilievi di questo tipo sono utili per capire meglio, ad esempio, se è più vantaggioso precludere completamente l'accesso alla carreggiata o se è possibile intervenire con opere più leggere, come ad esempio l'installazione di dissuasori ottici o cartelli di pericolo.

Il volume di traffico veicolare e la velocità dei mezzi in movimento influenzano fortemente il passaggio della fauna selvatica sulle strade: per quanto concerne la velocità, molti studi hanno dimostrato che nei tratti di strada con veicoli che procedono ad una velocità inferiore ai 70 km/h il



numero di incidenti, a parità di volume di traffico, è molto ridotto rispetto a strade dove la velocità media è superiore. Per quanto riguarda, invece, il volume di traffico, nel caso in cui i flussi siano molto elevati, sia gli ingombri continui della carreggiata, sia gli effetti collaterali di rumore, inquinamento e illuminazione, realizzeranno situazioni di occlusione elevatissima con dissuasione pressoché totale degli attraversamenti faunistici. In corrispondenza di una determinata sezione stradale, avendo un flusso di traffico pari a n veicoli/h, il tempo durante il quale la sezione stessa resta libera da transiti è pari a:

$$\Delta t = 1/n$$

Le probabilità di riuscita di un attraversamento stradale da parte della fauna terrestre dipendono pertanto, a parità di Δt , prevalentemente dalla velocità media di spostamento degli individui delle varie specie e dalla larghezza della strada, nonché dalle dimensioni in lunghezza e larghezza dei mezzi transiti e dalla loro velocità media (Romano, 2002; Battisti e Romano, 2007).

Le autostrade e le superstrade, ad esempio, sono caratterizzate da una sezione ampia, perché composta da più corsie, da un margine stradale solitamente recintato, da flussi di traffico elevati e sostenuta velocità di percorrenza. Per questo esse costituiscono una cesura notevole nel territorio ed è praticamente impossibile l'attraversamento del tracciato da parte della fauna tetrapode, che percepisce la strada come un disturbo già ad una distanza doppia della larghezza della carreggiata (Muller e Berthoud, 1996), se non in presenza di ponti, viadotti o gallerie.

L'effetto delle altre tipologie di strade (statali, regionali, provinciali e comunali) è fortemente dipendente dal flusso di traffico e dalle barriere laterali presenti. Per strade a traffico medio, compreso tra i 1.000 e i 10.000 veicoli al giorno, l'area influenzata dal disturbo del traffico si estende intorno al tracciato per una fascia larga quanto la carreggiata stessa. Ciò non impedisce tuttavia l'avvicinamento e l'attraversamento da parte di molte specie, fatto che da un lato abbassa l'effetto barriera della strada ma dall'altro incrementa il rischio di incidentalità.

Nelle strade a basso traffico (meno di 1.000 veicoli al giorno) e a modesta ampiezza della carreggiata, l'effetto occlusivo è dato principalmente dalle caratteristiche del bordo stradale (se sono presenti muretti di contenimento, reti, ecc.).

I dati sui flussi di traffico possono essere richiesti agli enti gestori delle strade: la Società Autostrade e l'ANAS solitamente dispongono di informazioni riguardanti rispettivamente le autostrade e le strade statali, mentre per tracciati di minore importanza, a meno di indagini condotte per motivi particolari, è generalmente necessario richiedere campagne di monitoraggio ad hoc o l'autorizzazione ad effettuare dei rilievi.

Nel corso del progetto LIFE Strade, ad esempio, sono stati selezionati, in ognuna delle cinque province coinvolte, quattro tratti stradali ove monitorare i flussi di traffico. Il volume di traffico veicolare che interessava le strade selezionate è stato misurato attraverso l'installazione di specifiche apparecchiature che rilevano il tipo di veicolo in transito e la relativa velocità. Per ogni tratto stradale questa misurazione è stata fatta almeno una volta a stagione nel corso di una settimana, in modo da includere i giorni feriali e i giorni festivi.

2.9 Modelli ecologici per l'individuazione dei tratti stradali a maggiore criticità

Sulla base dei dati relativi al fenomeno della mortalità stradale è possibile elaborare dei modelli probabilistici volti ad identificare le aree a maggior rischio di collisione tra autoveicoli e fauna selvatica. Tale processo risulta di fondamentale importanza in quanto permette di definire, nei diversi tratti stradali, il rischio di collisione e facilitare l'individuazione dei punti in cui realizzare interventi di mitigazione.

Nella letteratura vengono descritte diverse categorie di modelli (Airaud et al., 2008; Downs e Horner, 2012; Freitas et al., 2012, Quintana et al., 2010), che si differenziano per i parametri considerati, per l'obiettivo specifico dell'analisi e per la metodologia di elaborazione dei dati.

Alcuni modelli prevedono, ad esempio, un approfondimento sulle specie maggiormente coinvolte negli incidenti, altri concentrano l'attenzione sull'analisi della connettività del territorio.

Il modello proposto da Quintana et al. (2010), ad esempio, prevede il calcolo di un indice di connettività (CI), basato sul modello di Hanski sulle metapopolazioni (1994). L'indice proposto considera, come informazione sulla struttura del paesaggio, l'area occupata da ciascun habitat e la sua connettività, valutata da un punto di vista funzionale. Mentre il modello di Hanski è specifico per le diverse specie, il modello di Quintana et al. calcola la connettività per tutte le specie insieme, elaborando le informazioni mediante l'utilizzo di sistemi GIS. Come è possibile vedere nell'immagine sottostante, tale indice è stato utilizzato dagli autori per valutare i possibili impatti derivanti dall'attuazione del Piano Strategico per le Infrastrutture e i Trasporti della Spagna (PEIT).

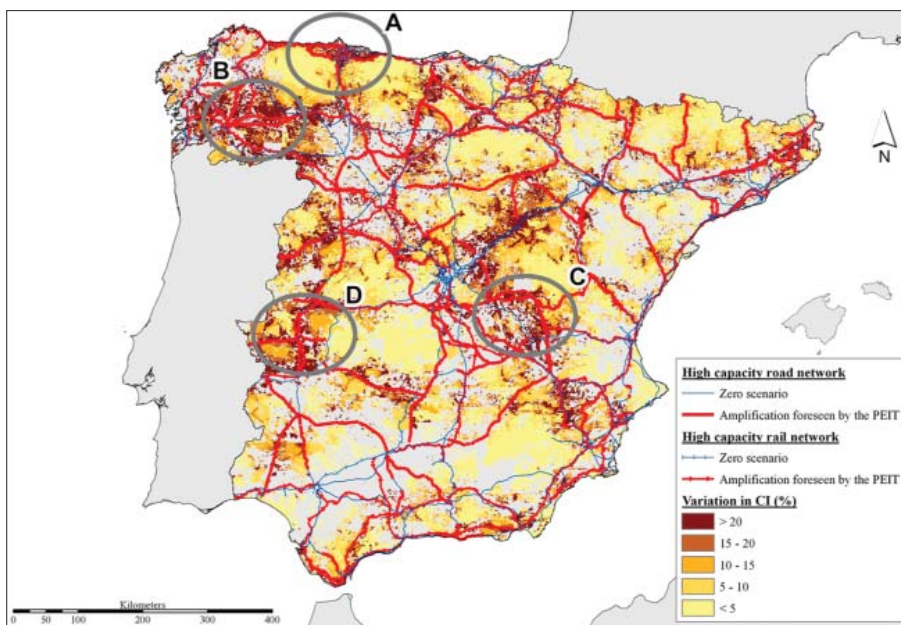


Figura 18 Perdita di connettività tra gli habitat della Spagna derivante dall'attuazione del Piano Strategico per le Infrastrutture e i Trasporti (PEIT). Zona A: Asturia; zona B: Galizia; zona C: linee ferroviarie del sud-est; zona D: linea ferroviaria Madrid-Portogallo e tracciati stradali (Quintana et al., 2010)

Freitas et al. (2012) propongono l'utilizzo di due indici, l'*Integral Road Effect* (IRE) e l'*Average Value of the Infinitesimal Road Effect*. Combinando l'uso di sistemi GIS con quello di algoritmi numerici, tali indici vengono utilizzati nello studio in questione al fine di calcolare l'effetto delle strade all'interno della foresta brasiliana.

Infine, Downs e Horner (2012) utilizzano due classi di modelli, la prima



delle quali individua tutti i punti in cui andrebbero realizzate strutture di attraversamento delle infrastrutture al fine di connettere tutte le *patches* presenti nel paesaggio. La seconda categoria, invece, partendo da un numero prefissato di strutture di attraversamento da collocare cerca di massimizzare la connettività tra le *patches*. Entrambe le categorie di modelli hanno come risultato un grafico della connettività degli habitat, che rappresenta la connettività tra le diverse *patches* con la realizzazione di determinate strutture di passaggio.

In generale, per poter determinare i tratti stradali a maggiore criticità è necessario conoscere le caratteristiche eco-morfologiche del territorio e le esigenze ecologiche delle specie presenti maggiormente interessate dal fenomeno della mortalità stradale, valutandone gli habitat a maggiore idoneità e le possibilità di spostamento. Questa operazione può essere realizzata mediante modelli ecologici di “*habitat suitability*”, in grado di generare mappe predittive che permettono di individuare le aree a maggiore idoneità per singole specie o gruppi di specie. I risultati di tali modelli possono essere incrociati con quelli ottenuti mediante l'utilizzo di altri modelli, quali quelli di connettività ecologica, che permettono di evidenziare le aree permeabili e con un buon grado di connettività ecologica presenti sul territorio. Incrociando i risultati dei diversi modelli è possibile inoltre individuare i principali elementi della rete ecologica, in modo da identificare i corridoi che dovrebbero rappresentare le aree maggiormente interessate dagli spostamenti delle specie selvatiche (Airaud et al., 2008). Per verificare l'affidabilità e l'efficacia di questi modelli previsionali è possibile confrontare i risultati ottenuti con i dati disponibili relativi alla mortalità, per verificare se le aree individuate come critiche siano realmente interessate da frequenti fenomeni di collisioni tra autoveicoli e fauna selvatica.

Nel caso del progetto LIFE Strade, al fine di redigere delle carte di rischio sono stati individuati due modelli: il primo basato sull'elaborazione del dato reale, cioè sugli incidenti geo-referenziati in maniera precisa, e il secondo basato sulle caratteristiche ambientali del contesto geografico del territorio provinciale. Quest'ultimo modello è stato sviluppato implementando un sistema che esprime il pericolo potenziale di determinati tratti stradali ove attualmente il numero di incidenti è basso. A tal fine è stata raccolta la cartografia necessaria alla realizzazione dei prodotti (carta uso suolo, modello digitale del terreno, reticolo idrografico, esposizione, reticolo stradale ecc.) ed è stata valutata l'opportunità di avviare in maniera sperimentale tale modellizzazione nelle province di Perugia e Terni. L'obiettivo è stato quello di sperimentare l'utilizzo di una tecnica precedentemente utilizzata per le carte di idoneità ambientale, al fine di produrre strumenti utili di pianificazione e dare informazioni sulla potenziale pericolosità correlata ad un determinato intorno eco-geografico. L'algoritmo utilizzato è stato quello dell'*Habitat Suitability*, implementato nel software Biomapper, attraverso il quale il valore predittivo di una mappa può essere valutato mediante un processo di *cross-validation* (Hirzel, 2002). Tale metodo statistico suddivide i punti di presenza della specie in k sottoinsiemi casuali dei quali $k-1$ saranno utilizzati per costruire il modello (*training sets*) di HS e 1 sarà invece utilizzato per confrontare e convalidare il modello stesso (*validation sets*). Questa analisi consente di considerare le caratteristiche ecogeografiche di una determinata zona (dove, ad esempio, si ha una più alta concentrazione

di incidenti) ed estrapolarle in aree nelle quali sono presenti condizioni analoghe, ma non è presente alcuna strada oppure sono presenti strade a bassa o alta percorrenza.

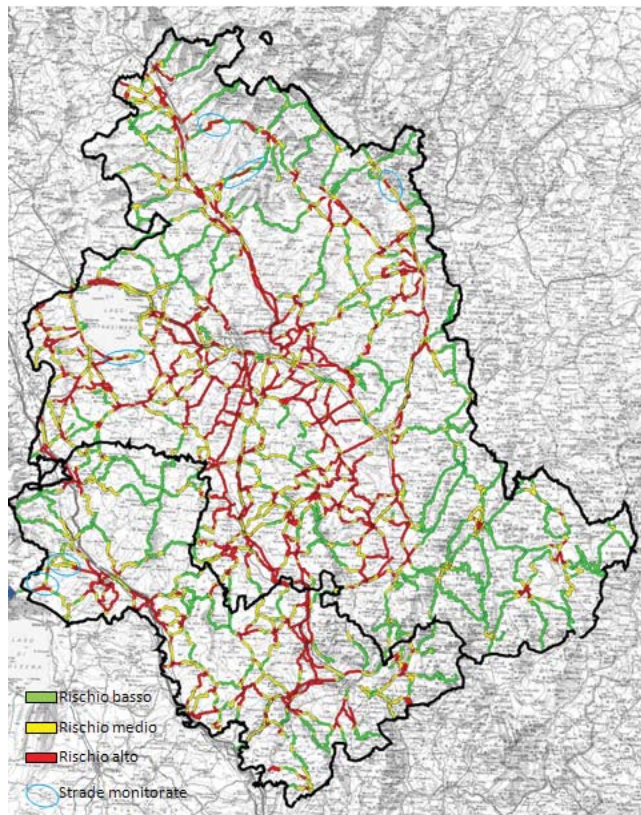


Figura 19 Carta del rischio potenziale di incidenti con la fauna selvatica nelle province di Perugia e Terni

Provincia di Perugia

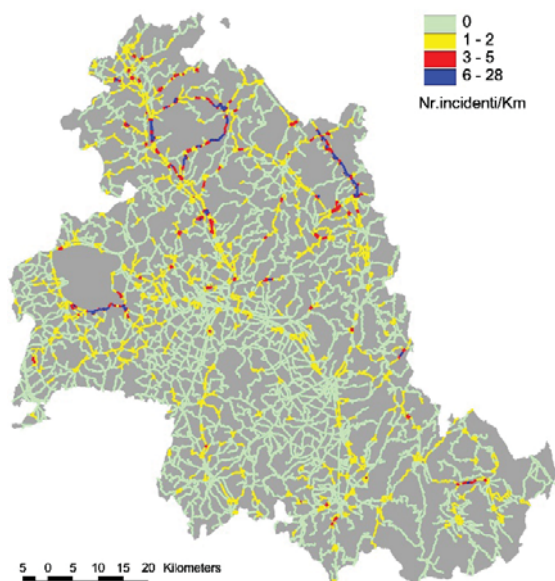


Figura 20 Carta del rischio reale provincia Perugia

L'uso di modelli predittivi di questo tipo è auspicabile soprattutto durante le fasi di progettazione di nuove infrastrutture viarie, mentre l'uso delle



tecniche di analisi reale è fondamentale per programmare gli interventi di mitigazione da realizzare su strade preesistenti.

2.10 La procedura di monitoraggio in sintesi

In conclusione, per poter prevenire e mitigare in modo efficace il fenomeno degli incidenti stradali con la fauna selvatica il primo passo da compiere consiste nell'individuazione delle zone maggiormente suscettibili al fenomeno, sia per quanto riguarda infrastrutture viarie già esistenti sia per nuove infrastrutture in fase di progettazione.

Nel caso di infrastrutture preesistenti riveste un ruolo fondamentale la fase di monitoraggio, necessaria per individuare i tratti a maggiore criticità nei quali condurre analisi specifiche, effettuate considerando fattori sia intrinseci che estrinseci al tracciato, al fine di determinare gli interventi di mitigazione più adatti alla situazione specifica.

Come riportato in precedenza, risulta essere di fondamentale importanza che tutte le indagini siano condotte attraverso metodi standardizzati e riproducibili e che tutti i dati relativi alla mortalità faunistica sulle strade siano raccolti in modo omogeneo in un unico geodatabase, in modo da poter facilmente individuare i tratti stradali a maggiore criticità e le specie faunistiche maggiormente coinvolte e comparare i risultati ottenuti in contesti diversi arrivando ad elaborare strategie d'intervento comuni.

Per poter riepilogare in modo sintetico la procedura di monitoraggio descritta nel presente capitolo, nella tabella sottostante vengono riportate le diverse fasi descritte in precedenza, indicando per ciascuna di esse il fine dell'azione e la metodologia di analisi.

AZIONE	OBIETTIVO	METODOLOGIA
Monitoraggio diretto e raccolta segnalazioni	Raccolta dei dati relativi ad episodi di mortalità faunistica, al fine di individuare i tratti a maggiore criticità.	Raccolta dei dati riportati sulle apposite schede di segnalazione. Realizzazione di monitoraggi sistematici sui tratti stradali a maggiore criticità. - Organizzazione dei dati in un geodatabase GIS.
Impostazione e gestione del geodatabase	Realizzazione di un database organizzato in modo omogeneo e con punti georeferenziati.	Predisposizione di un database unico di raccolta, accessibile a tutti gli Enti preposti alla gestione delle strade e della fauna, ma modificato e implementato da un'unica organizzazione.
Analisi tracciato viario	Definizione delle caratteristiche strutturali e funzionali del tratto in esame al fine di determinare gli interventi di mitigazione più adatti.	Analisi strutturale: profilo d'Occlusione (Ciabò e Fabrizio, 2007; Romano et al. 2011). Analisi funzionale: misurazione del grado di occlusività degli ostacoli rispetto alle specie target e classificazione secondo sei livelli.

AZIONE	OBIETTIVO	METODOLOGIA
Valutazione della funzionalità dei passaggi esistenti	Individuazione dei passaggi già utilizzati dalla fauna e delle specie target che ne usufruiscono al fine di valutare quali strutture potrebbero essere adibite a "ecodotto" a seguito di interventi di miglioramento ambientale e funzionale.	Monitoraggio dell'eventuale passaggi faunistico e analisi della struttura presa in esame.
Misurazione flusso di traffico	Valutazione del volume del traffico veicolare al fine di determinare gli interventi di mitigazione più adatti.	I dati relativi ai flussi di traffico devono essere richiesti agli enti gestori delle strade, quali Società Autostrade e ANAS. Per tracciati di minore importanza è necessario condurre campagne di monitoraggio ad hoc in caso di assenza di dati pregressi.



3. PREVENZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI CON LA FAUNA SELVATICA

3.1 Progettazione di misure di mitigazione

La progettazione delle opere di mitigazione consta delle seguenti fasi:

1. analisi ex-ante;
2. installazione della misura;
3. analisi ex post.

Analisi ex ante:

Come descritto nella procedura di monitoraggio riportata nel secondo capitolo del presente manuale, una volta individuati i tratti stradali a maggiore criticità è necessario condurre delle analisi specifiche che prendano in considerazione fattori sia intrinseci che estrinseci al tracciato, al fine di determinare gli interventi di mitigazione più adatti alla situazione esaminata. Le tecniche analitiche maggiormente utilizzate per l'analisi territoriale, come descritto in precedenza, sono rappresentate da: rilievo dei flussi di traffico, analisi del tracciato viario e delle barriere esistenti, analisi faunistica (fototrappolaggio, radiotelemetria, ecc.).

Installazione della misura:

Le misure di mitigazione devono essere scelte in base alle specie target desunte dai dati di mortalità faunistica e alle caratteristiche del tracciato e del contesto ambientale circostante.

È possibile perseguire due obiettivi che, sebbene a prima vista potrebbero sembrare equivalenti, in realtà sono complementari e si raggiungono adottando tecniche diametralmente opposte: il primo consiste nel dare la precedenza alla mobilità antropica, impedendo l'accesso al tracciato viario da parte della fauna selvatica, il secondo nel dare priorità agli spostamenti faunistici, non impedendo agli animali di attraversare la carreggiata ma prevedendo la messa in sicurezza della stessa attraverso specifici dispositivi e progetti. Entrambi gli scopi implicano la diminuzione della mortalità faunistica individuale, ma mentre il primo sottintende un incremento dell'effetto barriera, il secondo ha come obiettivo una riduzione dello stesso (Catharinus et al., 2002).

Solitamente la prima opzione viene attuata in tutte quelle situazioni in cui è possibile scindere in modo inequivocabile la rete infrastrutturale da quella ecologica. Ciò avviene in presenza di strade con elevati flussi di traffico (es. autostrade), percorse a velocità sostenute. In questo caso gli animali percepiscono la barriera lineare come un pericolo e sono

soliti sfruttare per i propri spostamenti eventuali elementi di continuità naturale ad alta valenza connettiva presenti lungo il tracciato (come gallerie o viadotti).

È tuttavia possibile che accidentalmente alcuni individui invadano la carreggiata, soprattutto nelle ore di minor traffico e laddove la strada percorra zone ad elevata naturalità, mettendo in grave pericolo oltre alla propria incolumità anche quella degli automobilisti. Al fine di evitare tali episodi si interviene isolando l'infrastruttura dall'ambiente circostante mediante la chiusura di tutti i punti d'accesso alla sede stradale attraverso recinzioni progettate *ad hoc* per le specie presenti.

Come si è già detto, rendere un'infrastruttura invalicabile ad alcune categorie faunistiche vuol dire aumentare la frammentazione ambientale, portando, nel lungo periodo, all'isolamento delle metapopolazioni presenti. In questi casi è fondamentale mitigare l'effetto barriera della strada attraverso azioni di deframmentazione che consistono nel potenziare l'idoneità delle connessioni esistenti costituite da viadotti, ponti e gallerie, attraverso progetti di naturalizzazione e di miglioramento ambientale di tali passaggi, o creando dei collegamenti (ecodotti e sottopassi) *ex novo*.

Il secondo approccio, che non ostacola la mobilità faunistica, è invece adottato in tutti quei percorsi caratterizzati da bassi flussi di traffico e inseriti in una matrice ad elevata e diffusa biopermeabilità. Questi possono essere interessati dal passaggio di specie molto vagili e con abitudini eco-etologiche differenziate, per cui i tragitti preferenziali non sono determinabili con precisione o sono estremamente diversificati secondo criteri di specie-specificità.

In queste circostanze una delle cause principali degli incidenti con la fauna selvatica è la velocità non controllata degli automobilisti. Sui tratti di strada a rischio per la presenza di selvatici, una velocità di circa 80 km/h risulta già eccessiva e, quando la si supera, il rischio di incidenti praticamente 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.

Gli interventi di mitigazione più utilizzati per ridurre questo tipo di incidentalità consistono in sistemi in grado di allertare i conducenti dei veicoli che percorrono la strada o sistemi in grado di evitare l'attraversamento degli animali selvatici.

Nel primo caso è possibile installare cartelli stradali con un limite di velocità adeguato nei punti di riconosciuta criticità assicurando al tempo stesso anche un controllo del rispetto del limite fissato, ad esempio con l'autovelox o con tabelloni luminosi rilevatori della velocità in tempo reale dei veicoli in transito.

Alla segnalazione di limiti di velocità più rigidi spesso è utile accostare anche cartelli che segnalano il pericolo di attraversamento fauna selvatica. Al generico simbolo rappresentante il capriolo previsto del Codice della Strada, a cui gli automobilisti risultano abituati, sarebbe meglio accostare cartelli con immagini o scritte più suggestive e maggiormente calate sul territorio oppure pannelli luminosi, con scritte variabili a led. Altri sistemi di allerta per gli automobilisti consistono nell'utilizzo di semafori dotati di fotocellula, che si attivano al passaggio della fauna o altri segnalatori ottici. Come accennato, esistono anche dei dispositivi in grado di allertare la fauna selvatica, o quanto meno capaci di disincentivare l'attraversamento



della carreggiata. Tra gli interventi più diffusi c'è l'utilizzo di dissuasori ottici riflettenti (catadiottri), che disincentivano l'attraversamento della strada solo quando transitano i veicoli, di repellenti olfattivi e di dispositivi che provocano disturbi sonori.

In zone particolarmente critiche è necessario ricorrere all'installazione di reti o di altre barriere impermeabili al passaggio faunistico. Nelle strade con basse densità di traffico tali misure dovrebbero essere utilizzate solo nei tratti ad elevato rischio o dove la mortalità faunistica causata dalla strada ha effetti tali da mettere a repentaglio nel lungo periodo l'integrità o la sopravvivenza della popolazione di una determinata specie.

Partendo dal presupposto che gli incidenti tra fauna selvatica e veicoli si verificano principalmente laddove la rete ecologica interseca la rete infrastrutturale viaria, è possibile classificare le misure di mitigazione in due categorie, a seconda che abbiano per target gli "utenti" della prima o della seconda rete: misure che agiscono sul comportamento degli animali (dissuasori ottici e acustici, recinzioni ecc.) e misure che agiscono sul comportamento degli automobilisti (aumento dei limiti di velocità, rallentatori, segnaletica specifica ecc.).

A queste due categorie è possibile aggiungere una terza, che deriva dall'applicazione combinata delle prime due, rappresentata dai sistemi che agiscono simultaneamente sul comportamento degli animali e sull'attenzione degli automobilisti. Afferisce a questo gruppo anche il sistema di prevenzione implementato nel progetto LIFE Strade.

Infine, esistono delle misure che tendono a migliorare le condizioni ambientali in adiacenza alle strade (manutenzione ordinaria e/o straordinaria del bordo stradale, rimozione dei rifiuti dalla banchina e dalle fossette stradali, riconnessione ecologica in corrispondenza di sottopassi e gallerie ecc.).

Analisi ex-post:

Una volta installate le misure di mitigazione è fondamentale eseguire dei monitoraggi mirati volti a valutare l'efficacia delle opere realizzate e a garantire un'adeguata funzionalità e manutenzione delle stesse.

Come precedentemente indicato, tali monitoraggi devono essere effettuati verificando l'incidenza del fenomeno della mortalità faunistica sui tratti stradali interessati, secondo i requisiti minimi riportati nella tabella sottostante. È necessario, inoltre, monitorare l'utilizzo delle opere realizzate da parte delle specie target mediante l'uso di fototrappole, da installare nei pressi della struttura, e l'analisi dei segni di presenza delle diverse specie.

Requisiti minimi per la procedura di monitoraggio mirato	
Frequenza dei sopralluoghi	≥ 2 volte a settimana
Velocità di percorrenza	≤ 30 Km/h
Orario dei sopralluoghi	Prime ore di giorno
Modalità di annotazione	Scheda di monitoraggio

È possibile, infine, ottenere informazioni sull'efficacia degli interventi realizzati utilizzando tecniche di radiotelemetria, che permettono di monitorare gli spostamenti di determinati individui appartenenti alle specie target.

3.2 Misure di mitigazione

Nel presente paragrafo vengono catalogate e descritte le misure di mitigazione più utilizzate. Al fine di rendere più agevole la consultazione delle schede, le opere sono state distinte nelle quattro categorie individuate nel paragrafo precedente:

- A. Misure che agiscono sul comportamento degli animali.
- B. Misure che agiscono sul comportamento degli automobilisti.
- C. Misure che tendono a migliorare le condizioni ambientali in adiacenza alle strade.
- D. Sistemi che agiscono simultaneamente sul comportamento degli animali e sull'attenzione degli automobilisti.

Ogni scheda contiene le seguenti voci:

- Obiettivi.
- Descrizione.
- Caratteristiche stradali e ambientali tipo.
- Mortalità stradale (grado di mortalità faunistica per cui l'intervento è efficace).
- Specie target.
- Indicazioni progettuali.
- Opere complementari.
- Costi.
- Manutenzione.
- Punti di forza.
- Punti di debolezza.

Gli interventi appartenenti alle suddette classi possono essere combinati tra loro, al fine di ottenere un risultato maggiormente efficace.

INDICE DELLE MISURE DI MITIGAZIONE		
NUMERO	TIPOLOGIA	MISURA
1	A	Dissuasori ottici riflettenti
2	A	Barriere olfattive e repellenti sonori
3	A	Recinzioni e barriere
4	A	Barriere d'involo
5	A	Ecodotti e sovrappassi stradali
6	A	Viadotti e ponti
7	A	Sottopassi
8	A	Scatolati idraulici
9	B	Segnaletica stradale
10	B	Barre di rallentamento acustiche
11	C	Manutenzione del bordo stradale
12	C	Riqualificazione ambientale in corrispondenza di viadotti
13	C	Riqualificazione ambientale in corrispondenza di gallerie
14	D	Combinazione di segnaletica stradale e dissuasori sonori



1. DISSUASORI OTTICI RIFLETTENTI

CATEGORIA MISURA

A. Misure che agiscono sul comportamento degli animali.

OBIETTIVI

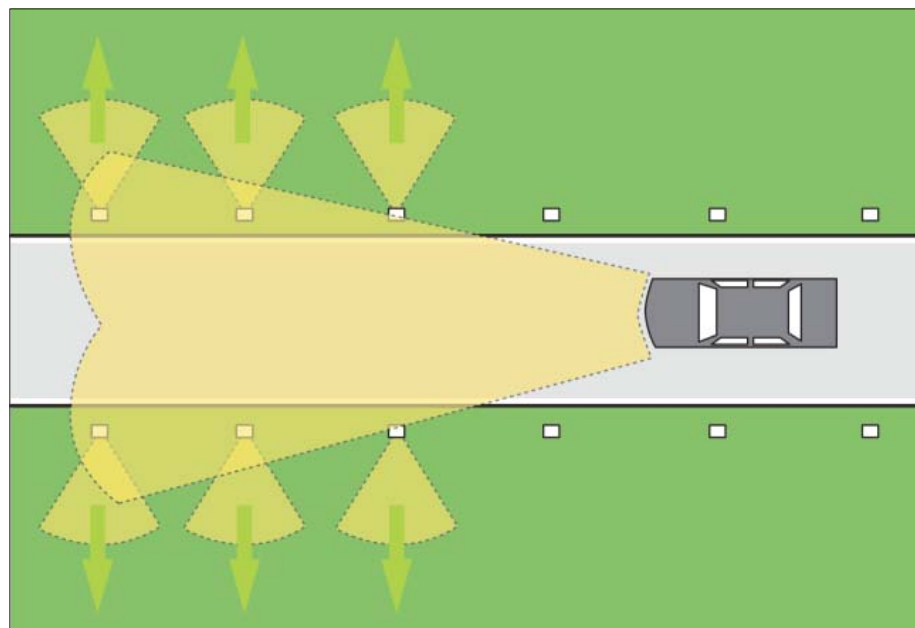
Evitare l'attraversamento della strada da parte della fauna selvatica nei momenti di maggiore rischio.

DESCRIZIONE

I dissuasori ottici riflettenti sono dei dispositivi a forma di prisma a base triangolare costituiti da placche in acciaio galvanizzato che fungono da catarifrangenti; vengono installati sul *guard rail* o su appositi sostegni ad un'altezza variabile in base alla specie target. La luce proveniente dai veicoli in avvicinamento, illuminando i dispositivi rifrangenti, viene riflessa nelle aree adiacenti con angoli di riflessione che non risultano visibili e di disturbo all'automobilista, generando una sorta di "barriera ottica di protezione" per la fauna presente nelle vicinanze della strada. Questa, infatti, viene allertata dall'improvviso bagliore e si immobilizza o si allontana dalla barriera ottica.

La colorazione di questi dispositivi può essere rossa o bianca. Recentemente alcune ditte hanno iniziato a produrne anche con colorazione blu.

Figura 21 Dissuasori ottici riflettenti



CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Bassa

Traffico veicolare

I sistemi per dissuadere l'accesso alla carreggiata sono particolarmente utili sulle strade con minor intensità di traffico, percorse in genere da un numero di veicoli giornaliero compreso tra alcune centinaia e 10.000, e caratterizzate da un buon intervallo di tempo tra un veicolo e l'altro, tale da non determinare assuefazione al fascio luminoso negli animali e consentire loro l'attraversamento. In questi casi si tende ad evitare di

intervenire con opere che impediscono definitivamente l'attraversamento del tracciato da parte della fauna selvatica (come ad esempio con l'installazione di recinzioni), che aumentano l'effetto barriera della strada e la frammentazione locale degli habitat.

Tali sistemi invece sono sconsigliati per strade molto trafficate, in quanto il segnale luminoso sarebbe quasi continuo nel tempo e gli animali vi si abituerebbero.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

I riflettori possono essere situati preferibilmente su strade a raso e con adeguati accorgimenti anche in trincea e a mezza costa. Sono adatti sia a zone pianeggianti sia a versanti acclivi, in quanto esistono modelli con diversi angoli di rifrazione a seconda della pendenza del terreno su cui il fascio luminoso deve essere proiettato. Lungo i versanti con inclinazioni maggiore di 5° viene diminuita la distanza tra un catarifrangente e l'altro ed è necessario usare la tipologia di catarifrangenti idonea ad aree in pendenza. In aree boscate l'effetto è ostacolato dalla presenza di alberi per cui è necessario installare i catadiottri più ravvicinati tra loro.

In aree pianeggianti il fascio di luce deve essere orientato parallelamente al suolo; laddove invece la strada è in pendenza è necessario orientare i dispositivi in modo da non superare un'inclinazione del fascio di luce di 45° rispetto al piano di campagna.

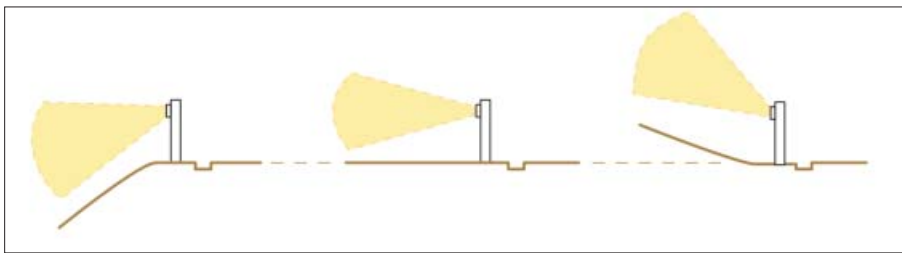


Figura 22 Dissuasori ottici riflettenti

SPECIE TARGET

I riflettori vengono utilizzati in particolare per impedire l'accesso di mammiferi di grande e media taglia come cervi, cinghiali, caprioli e tassi e si basano sulla propensione di questi animali a spostarsi prevalentemente nelle ore notturne, dal tramonto all'alba. A seconda della specie target varia l'altezza di installazione dei dispositivi.

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

L'inclinazione del fascio di luce riflessa rispetto al piano di campagna non deve superare i 45°, pertanto in fase di installazione i catadiottri saranno disposti con un angolo tale da verificare tale condizione. 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 e lungo i versanti con inclinazioni maggiore di 5°.

Indicazioni progettuali specie specifiche

L'altezza di collocamento dipende dalla specie che deve essere dissuasa. Orientativamente si raccomandano le seguenti altezze rispetto al suolo:

- 70 cm per il cervo;



- 55 cm per il capriolo;
- 45 cm per il cinghiale;
- 30 cm per il tasso.

Opere complementari

Barre di rallentamento acustiche (bande trasversali rumorose sull'asfalto), segnaletica stradale, mantenimento del ciglio stradale libero da ingombri (sterpaglie ecc.), segnalatori di velocità, piantumazione di essenze vegetali non appetibili/repellenti.

COSTI

Circa 9/10 euro cadauno, ovvero 600-800 euro/km (esclusa installazione).

MANUTENZIONE

Devono essere effettuati almeno 4 controlli annuali (uno per ogni stagione), aumentando il numero di sopralluoghi in caso di frequenti precipitazioni nevose, al fine di effettuare la pulizia dei catarifrangenti attraverso l'utilizzo di un getto d'acqua, verificare la presenza di eventuali catadiottri danneggiati e procedere alla opportuna sostituzione e verificare che la corretta inclinazione dei dispositivi sia mantenuta. È necessario inoltre evitare che la crescita di vegetazione folta intorno ai catarifrangenti limiti la propagazione del fascio di luce.

PUNTI DI FORZA

In alcune esperienze si è notato come l'utilizzo di catarifrangenti dal colore insolito, come ad esempio blu, attiri l'attenzione dei conducenti, i quali vedendo le opere di mitigazione percepiscono maggiormente il rischio e procedono con maggiore prudenza.

Hanno dei costi modesti e sono di semplice installazione e manutenzione. Il sistema non rappresenta un ostacolo fisso all'attraversamento della strada, per cui non incrementa la frammentazione degli habitat.

PUNTI DI DEBOLEZZA

I monitoraggi condotti all'estero e in Italia per valutare l'efficacia del metodo non hanno dato risultati univoci: in alcuni casi è stata registrata una netta diminuzione degli incidenti, soprattutto a carico di ungulati, in altri no. È probabile che tale discordanza dipenda dalle tecniche di installazione utilizzate e da particolari condizioni locali.

Il sistema necessita di una costante e regolare manutenzione.

2. BARRIERE OLFATTIVE E REPELLENTI SONORI

CATEGORIA MISURA

A. Misure che agiscono sul comportamento degli animali.

OBIETTIVI

Disincentivare l'attraversamento della strada da parte della fauna selvatica.

DESCRIZIONE

La misura consiste nel disincentivare l'attraversamento utilizzando repellenti olfattivi o sonori.

Solitamente tali sistemi sono specie-specifici e, per quanto riguarda le barriere olfattive, si basano sull'uso di sostanze liquide o sulla piantumazione di essenze vegetali repellenti e non appetibili. Tra i prodotti più utilizzati ci sono i fertilizzanti organici a base di sangue animale.

I sistemi sonori prevedono invece l'utilizzo di dispositivi che emettono ultrasuoni (suoni di frequenza superiore ai 20 kHz) che disturbano gli animali ma non sono percepiti dall'udito umano. I dissuasori acustici sono costituiti da un contenitore di plastica o metallo - in genere non più grande di una comune scatola da scarpe - nel quale trovano spazio i circuiti responsabili dell'emissione dell'impulso sonoro e gli altoparlanti. Alcuni modelli presentano sensori crepuscolari per la gestione del funzionamento diurno/notturno del dispositivo.



Figura 23 Repellenti sonori (Foto progetto LIFE Strade)

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Bassa.



Traffico veicolare

Sono particolarmente indicati per strade con una bassa intensità di traffico, dove si tende ad evitare di intervenire con opere che impediscono definitivamente l'attraversamento del tracciato da parte della fauna selvatica (come ad esempio con l'installazione di recinzioni) e che aumentano l'effetto barriera della strada e la frammentazione locale degli habitat.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

Deterrenti di questo tipo sono utilizzati laddove il problema degli investimenti è legato ad una determinata specie ben individuabile e si intensifica durante particolari periodi dell'anno. Ad esempio, sono molto utili quando il tracciato attraversa terreni con colture appetibili per la fauna selvatica (es: uliveti, vigneti, cereali appetibili per ungulati). In questi casi, con l'utilizzo di repellenti olfattivi si ottiene il duplice risultato di mettere in sicurezza il raccolto e limitare gli incidenti stradali.

SPECIE TARGET

I repellenti olfattivi sono utilizzati soprattutto per gli ungulati. Le barriere sonore sono invece utilizzate per allontanare diverse specie, dagli uccelli ai mammiferi.

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

Il repellente olfattivo è un liquido che viene distribuito su tamponi di spugna o di moquette appesi alla vegetazione ad un'altezza di circa 90 cm dal suolo per gli ungulati e ad una distanza di 12-15 metri tra loro. L'applicazione del prodotto deve essere ripetuta in genere ogni 15 giorni. Tale tempistica può subire variazioni a seconda della sostanza utilizzata e delle condizioni meteo.

Opere complementari

Barre di rallentamento acustiche (bande trasversali rumorose sull'asfalto), segnaletica stradale, mantenimento del ciglio stradale libero da ingombri (sterpaglie ecc.), segnalatori di velocità, piantumazione di essenze vegetali non appetibili/repellenti.

COSTI

Tra 10 e 50 euro a flacone a seconda della tipologia e della specie target.

MANUTENZIONE

Controllo e sostituzione delle batterie dei diffusori acustici (se non alimentati da pannelli fotovoltaici) o pulizia pannelli fotovoltaici. Applicazione ogni 15 giorni dei repellenti olfattivi.

PUNTI DI FORZA

Entrambi i sistemi sono caratterizzati da procedure di installazione semplici.

Barriere olfattive:

I repellenti olfattivi sono molto economici e possono essere espedienti da utilizzare solo in particolari periodi dell'anno (dispersione giovani, periodo riproduttivo), come ad esempio durante la fruttificazione di piante appetibili per le specie target.

Repellenti sonori:

I dispositivi sonori possono essere alimentati da batterie o pannelli fotovoltaici, evitando l'allacciamento alla linea elettrica.

PUNTI DI DEBOLEZZA

L'efficacia di questi sistemi non è confermata, in quanto alcuni studi hanno rilevato un fenomeno di adattamento da parte di diverse specie.

Barriere olfattive:

L'applicazione delle sostanze repellenti non è definitiva e va ripetuta periodicamente.

Repellenti sonori:

I dispositivi ad ultrasuoni, per via della struttura stessa dell'onda sonora utilizzata, tendono a propagare il suono in linea retta, pertanto questo viene facilmente assorbito dai corpi solidi, esaurendosi a breve distanza dal punto di emissione. Questo fenomeno riduce notevolmente l'area di azione degli emettitori, i quali, nella maggior parte dei casi, risultano efficaci entro un raggio massimo di 15 m, per una copertura totale di circa 200 mq a diffusore.

I diffusori possono procurare disagio agli animali domestici.



3.RECINZIONI E BARRIERE

CATEGORIA MISURA

A. Misure che agiscono sul comportamento degli animali.

OBIETTIVI

Impedire l'accesso alla carreggiata da parte della fauna selvatica.

DESCRIZIONE

Le recinzioni sono costituite da reti metalliche a maglie solitamente rettangolari di diversa dimensione a seconda della grandezza degli animali a cui si intende impedire il passaggio. Anche l'altezza della rete, lo spessore del filo e le modalità di installazione variano a seconda delle specie.

Solitamente le recinzioni sono utilizzate per ridurre gli incidenti causati dalla collisione tra veicoli e grandi mammiferi, ma sono utili anche per ridurre il numero di piccoli animali uccisi lungo la strada.

Per quanto riguarda l'aspetto delle recinzioni, il materiale e la struttura delle maglie delle reti variano a seconda del sito di installazione e delle specie target.

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Alta.

Traffico veicolare

L'installazione di recinzioni è consigliata soprattutto lungo autostrade, superstrade e strade a scorrimento veloce caratterizzate da grandi flussi di traffico. Nelle strade con basse densità di traffico dovrebbero essere utilizzate solo nei tratti ad elevato rischio o dove la mortalità faunistica causata dalla strada ha effetti tali da mettere a repentaglio nel lungo periodo l'integrità o la sopravvivenza della popolazione di una determinata specie.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

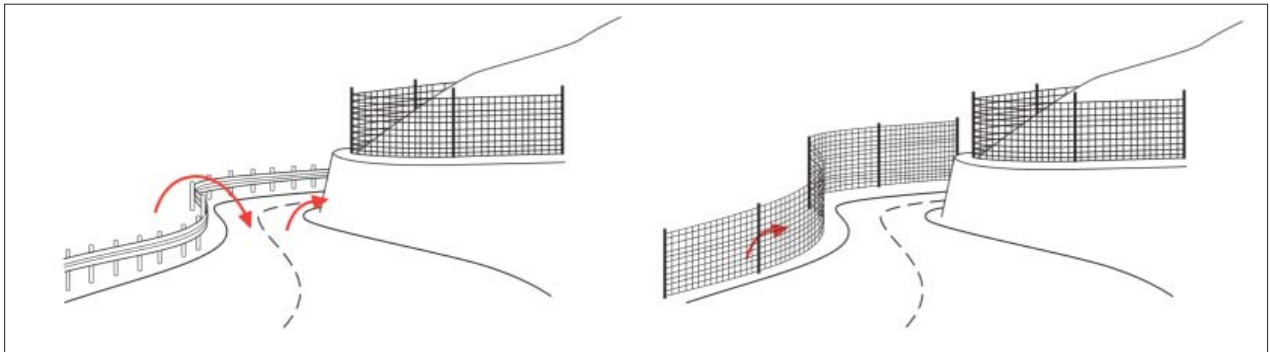
Le recinzioni dovrebbero essere utilizzate esclusivamente laddove è necessario precludere alla fauna in modo assoluto l'accesso alla strada per questioni di sicurezza. Inoltre sono necessarie nei tratti in cui sono stati predisposti passaggi esclusivi per la fauna selvatica, come sottopassi o sovrappassi, ed è quindi necessario indirizzare gli animali verso tali strutture. Se non vengono poste in corrispondenza di tali passaggi, le reti, sebbene riducano notevolmente il rischio di incidenti, limitano gli spostamenti degli animali nell'ambiente naturale e accentuano l'effetto barriera della strada, portando, nel lungo periodo, alla frammentazione degli habitat con conseguente formazione di metapopolazioni.

Devono essere applicate nei tratti in cui l'accesso alla carreggiata è particolarmente semplice per la fauna selvatica; in genere, quindi, se la strada corre a raso o a mezza costa o se la struttura è in rilevato o in trincea non ha le caratteristiche tali da impedire il passaggio alla strada. In questi casi l'altezza della rete deve essere modificata in base alla pendenza del terreno: nei tratti in trincea l'altezza della rete deve essere maggiorata per impedirne lo scavalco facilitato dall'inclinazione del versante mentre nei tratti in rilevato l'altezza della rete può essere diminuita.

Inoltre non devono essere presenti accessi a strade secondarie o vicinali e incroci che creerebbero discontinuità nella barriera.

Sono particolarmente indicate anche nei tratti in cui dal profilo di

occlusione la carreggiata dovesse risultare accessibile da un lato e occlusa dall'altro. In questi casi, l'accesso unilaterale fungerebbe da "trappola" per gli animali, i quali, una volta entrati sulla strada, non troverebbero una via di fuga sul lato opposto.



SPECIE TARGET

Figura 24 Recinzioni e barriere

Le reti possono essere appositamente strutturate per gli ungulati, per i mammiferi di media e piccola taglia, per gli anfibi e per i rettili. Possono essere utilizzate anche per far alzare la traiettoria di volo agli uccelli, impedendo loro di entrare in collisione con i veicoli.

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

Le recinzioni devono essere progettate in maniera tale da resistere ai tentativi di superamento di diverse specie animali. Per maggiore chiarezza si indicano di seguito le caratteristiche ottimali per ciascun elemento costitutivo della rete e le peculiarità specifiche legate alle specie target.

Filo:

Deve essere spesso almeno 2,5 mm. Per aumentarne la resistenza si possono utilizzare materiali particolarmente longevi (es: zincate galvanizzate).

Pali:

Possono essere in legno o in metallo. I pali iniziali devono avere uno spessore maggiore rispetto a quelli interni (10 cm per pali in legno, 5 cm per pali in acciaio).

È necessario rinforzare la cortina disponendo i montanti ad un'adeguata distanza l'uno dall'altro, di solito pari a circa 4-6 metri; per aree fortemente frequentate da cinghiali si può arrivare anche a 4 o 2 m.

I pali devono essere interrati per circa 70 cm, a seconda del substrato.

Aperture e punti d'accesso:

Un punto molto critico nell'installazione delle reti è costituito dalla parte finale della struttura, in quanto gli animali potrebbero accedere alla carreggiata per poi rimanere intrappolati sulla strada. Per questo motivo le recinzioni dovrebbero sempre iniziare in corrispondenza di ponti, gallerie o strutture di questo tipo. Nei casi in cui si decida di installare le reti solo in alcuni tratti della strada, queste devono prolungarsi per almeno 500 m intorno alla zona critica.

Le reti possono essere dotate di apposite uscite per consentire il passaggio di animali entrati erroneamente sulla strada. Queste devono essere posizionate dove gli animali possono attraversare facilmente la carreggiata e sono ben visibili agli automobilisti. Le uscite sono costituite o da aperture



di sicurezza accessibili solo dall'interno della carreggiata, o da rampe realizzabili attraverso l'uso di svariati materiali (tronchi, sabbia ecc.) che consentono agli animali di scavalcare la rete.

Struttura:

È necessario interrare la rete per 20 cm, piegandola ed estendendola orizzontalmente sotto il terreno per 30 cm sul lato esterno alla carreggiata. Tale accorgimento evita che la rete possa essere superata dagli animali scavando. In alternativa è necessario interrare la rete per 40 cm.

Indicazioni progettuali specie-specifiche

Oltre a queste caratteristiche generali, che valgono per la gran parte delle specie, la rete deve avere delle peculiarità specifiche che variano in base alle specie target. Si propone di seguito una sintetica descrizione dell'opera a seconda delle specie presenti.

SPECIE O GRUPPO TARGET	h_{min}	DIMENSIONE MAGLIA	NOTE
Cervo	2,2 m (prefer. 2,6 - 2,8)	100x150 mm	Inclinare verso l'esterno della carreggiata la parte superiore della rete in modo da ostacolarne il superamento mediante salto. Impiantare siepi o vegetazione arbustiva alla base esternamente alla carreggiata (espedito che dissuade al salto).
Capriolo e cinghiale	1,5 m (prefer. 1,6/1,8)	100x150 mm	Inclinare verso l'esterno della carreggiata la parte superiore della rete in modo da ostacolarne il superamento mediante salto. Impiantare siepi o vegetazione arbustiva alla base esternamente alla carreggiata (espedito che dissuade dal salto). Interrare la rete, piegarla ed estenderla orizzontalmente sotto il terreno per 30 cm sul lato esterno alla carreggiata oppure interrarela per 40 cm.
Lepre, tasso e volpe	0,8 - 1 m	4 x 4 cm	Interrare la rete per 30 cm.
Faina e martora	60 - 80 cm	3.8 x 3.8 cm	
Piccoli mammiferi*	60 cm	1.3 x 1.3 cm	Interrare la rete per 30 cm.
Erpetofauna*	40 cm	0,4 x 0,4 cm	Interrare la rete per 30 cm . Installare una barriera orizzontale finale, in modo da non favorire la scalata della rete.

* = Per gli anfibi, i rettili e la fauna minore, il passaggio attraverso la strada viene bloccato mediante la sistemazione di pannelli rigidi, lisci e dotati di una barriera orizzontale finale, in modo da non favorire la scalata dei medesimi. Generalmente di cemento, sono disposti in serie, interrati per almeno 10 cm e emergenti dal piano campagna per minimo 40 cm (Scoccianti, 2006).

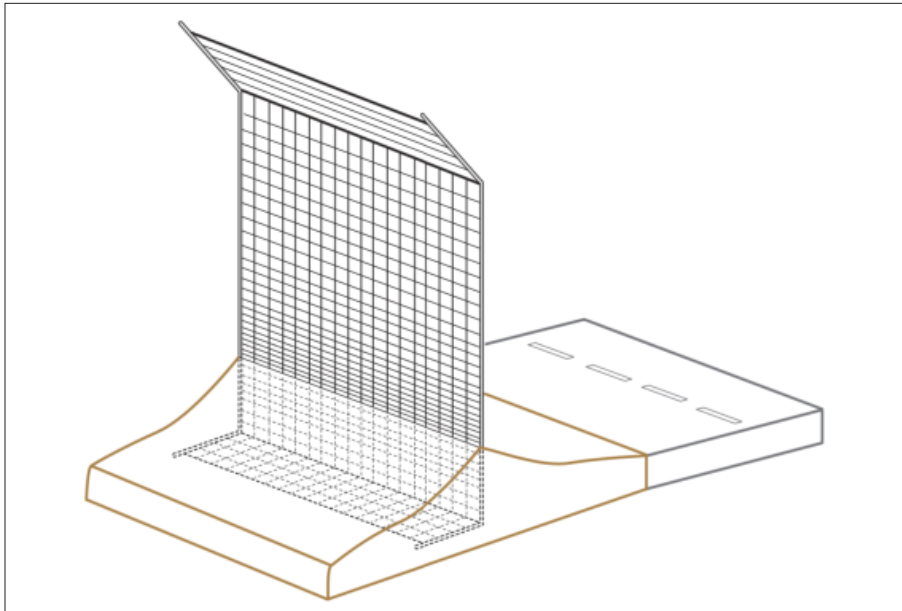


Figura 25 Recinzioni e barriere

In zone frequentate da più gruppi faunistici è possibile ostacolare contemporaneamente il passaggio di diverse specie installando reti a maglie differenziate: ad esempio maglie da 4x4 mm poste nella parte più bassa, da 0-0,3 m da terra, ostacolano il passaggio degli anfibi, maglie da 25x50 mm tra 0,3 m e 1 m bloccano i piccoli mammiferi, mentre da 1 m in su è sufficiente che le maglie siano 100x150 mm.

Per stabilire l'altezza bisogna considerare la copertura nevosa e la pendenza del versante: a monte della strada l'altezza della rete deve essere maggiorata per impedirne lo scavalco facilitato dall'inclinazione del pendio, mentre nei tratti a valle l'altezza della rete può essere diminuita.

La dimensione delle maglie varia in base alle specie secondo il seguente schema.

SPECIE TARGET	ALTEZZA	DIMENSIONE MAGLIA
Anfibi	0 - 0,3 m	4 x 4 mm
Piccoli mammiferi	0,3 - 1 m	25 x 50 mm
Ungulati (cinghiale)	1 - 1,5 m	100 x 150 mm

Opere complementari

Nella maggior parte dei casi le reti dovrebbero essere combinate con passaggi faunistici come sottopassi, sovrappassi o veri e propri ecodotti. Si consiglia di schermare le reti con arbusti o alberi.

COSTI

Da 15 a 20 euro al metro lineare a seconda dell'altezza della rete, compresa la posa in opera.



MANUTENZIONE

L'integrità delle reti deve essere verificata una volta all'anno e con una frequenza maggiore durante il primo anno. È necessario controllare la presenza di buchi e squarci o punti di scavo.

PUNTI DI FORZA

Le reti sono il più forte deterrente per limitare l'accesso della fauna selvatica alla carreggiata.

PUNTI DI DEBOLEZZA

La barriera creata dalla recinzione incrementa drasticamente la frammentazione degli habitat.

4. BARRIERE DI INVOLO

CATEGORIA MISURA

A. Misure che agiscono sul comportamento degli animali.

OBIETTIVI

Ridurre la collisione di volatili con i veicoli.

DESCRIZIONE

Le barriere di involo sono costituite da pannelli artificiali posti lungo i bordi delle strade allo scopo di far alzare ai volatili le traiettorie di volo, impedendo loro di attraversare la strada all'altezza dei veicoli.

I pannelli possono essere sostituiti dall'impianto di vegetazione piuttosto densa e alta fino a 4 metri, utile in alcuni punti del tracciato per obbligare gli uccelli a non volare relativamente bassi sulla strada. Anche le barriere di involo svolgono questa funzione, purché, qualora siano trasparenti, presentino sagome o strisce opache visibili ai volatili. Possono fungere da barriere di involo anche le barriere antirumore.

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Bassa

Traffico veicolare

Solitamente vengono utilizzate per strade a traffico elevato in corrispondenza di ponti e viadotti o di altre tipologie morfologiche che potrebbero indurre gli uccelli a volare radente la strada.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

Sono particolarmente usate in corrispondenza di ponti e viadotti o di altre tipologie morfologiche o in corrispondenza di particolari peculiarità ambientali che potrebbero indurre gli uccelli a volare radente la strada.

SPECIE TARGET

Uccelli e chiroterteri. Per i pipistrelli è necessario impiantare filari vegetazionali in grado di indirizzare gli animali a spostarsi lungo la direzione della strada.

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

Le barriere di involo possono essere di materiale ligneo o di plastica. Qualora siano trasparenti, è necessario che presentino strisce opache visibili ai volatili al fine di rendere evidente l'ostacolo. Le strisce devono essere di colore scuro, per essere visibili anche al crepuscolo, devono avere uno spessore minimo di 2 cm e devono essere distanziate tra loro di 10 cm. Si consiglia inoltre di apporle nel lato esterno alla strada per evitare il riflesso. È da evitare l'apposizione di adesivi che riproducono la silhouette di uccelli predatori, in quanto tale sistema si è rilevato inefficace. È comunque di gran lunga preferibile optare per materiali opachi.

Poiché alla base i pannelli potrebbero costituire una barriera per la fauna tetrapode, è necessario lasciare delle aperture in più punti nella parte inferiore delle barriere.



Opere complementari

Siepi poste in adiacenza ai pannelli opachi, dal lato esterno alla carreggiata. Vanno invece evitate se i pannelli sono trasparenti in quanto incrementano il rischio di collisioni.

MANUTENZIONE

La manutenzione consiste nel controllare l'integrità dei pannelli.

PUNTI DI FORZA

Sono di facile applicazione e non richiedono manutenzione particolare.

PUNTI DI DEBOLEZZA

Possano incrementare l'effetto barriera della strada.

5. ECODOTTI E SOVRAPPASSI STRADALI

CATEGORIA MISURA

A. Misure che agiscono sul comportamento degli animali.

OBIETTIVI

Generalmente gli ecodotti sono finalizzati a ricreare delle connessioni a scala di paesaggio mitigando l'effetto barriera prodotto da strade ad elevato flusso di traffico. I sovrappassi possono avere dimensioni minori ed essere finalizzati a consentire il passaggio di determinate specie target.

DESCRIZIONE

In questa categoria sono inclusi tutti quei passaggi che attraversano le infrastrutture sopra il livello del traffico. È possibile adattare a sovrappassi strutture già esistenti, come cavalcavia relativi a strade poco trafficate, o costruire passaggi *ex novo* che attraversano infrastrutture lineari ad alto rischio per la fauna selvatica. Passaggi di questo tipo possono essere distinti in:

- ecodotti;
- sovrappassi;
- adattamento cavalcavia e ponti esistenti.

Ecodotti:

Per quanto riguarda gli ecodotti, questi sono dei passaggi sopraelevati che collegano ambienti naturali altrimenti frammentati. Hanno ampiezze minime di 25 metri (in Olanda, Francia e Germania arrivano fino ad 80 m). La zona centrale è ricoperta da vegetazione erbacea, mentre ai lati ci sono arbusti e alberi in continuità con gli ambienti connessi. Possono essere presenti anche zone coperte da pietrame e pozze d'acqua adatte ad ospitare anfibi. Non devono essere presenti rampe d'accesso e la fauna deve essere convogliata attraverso l'utilizzo di recinzioni e inviti vegetale.

Sovrappassi:

Sono simili agli ecodotti ma hanno dimensioni minori. Esistono anche strutture altamente specializzate, tarate per consentire il passaggio di alcune specie in particolare. È il caso questo di ponti sospesi, costruiti appositamente per specie arboricole.

Adattamento cavalcavia e ponti esistenti:

Se sono presenti strade locali, a bassa frequentazione, dedicate ad usi agricoli o forestali che corrono su ponti in corrispondenza di strade principali, tali strutture possono essere adattate a sovrappassi. Per far ciò è sufficiente creare una striscia ampia circa un metro di fondo stradale coperto da materiale naturale (sabbia o terra). È sufficiente che il suolo naturale sia profondo pochi decimetri (in genere 30 cm): ciò basta affinché la copertura vegetale attecchisca spontaneamente senza bisogno di semina.

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Alta.



Traffico veicolare

Ecodotti e sovrappassi:

Sono l'ideale per bypassare infrastrutture fortemente occlusive, caratterizzate da elevati flussi di traffico, elevata velocità di percorrenza o localizzate in zone particolarmente a rischio.

Adattamento cavalcavia e ponti esistenti:

Adattare a sovrappasso faunistico ponti ed altre strutture esistenti si addice a qualsiasi tipologia di tracciato a rischio, l'importante è che il percorso che si sviluppa lungo il ponte da adattare abbia flussi di traffico molto bassi.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

Ecodotti e sovrappassi:

La zona di collocamento di un ecodotto deve corrispondere ad aree tradizionalmente utilizzate dalle specie target per gli spostamenti. Bisogna evitare zone in cui le attività antropiche potrebbero disturbare la fauna, e punti in cui la sezione stradale mostra marcati dislivelli tra i due versanti a lato della carreggiata. L'attraversamento deve essere localizzato in relazione agli altri passaggi presenti sul territorio.

Adattamento cavalcavia e ponti esistenti:

La circostanza migliore sarebbe se la strada a traffico minore, per la quale è stato costruito il ponte, si sviluppasse in un'area ad elevata naturalità, frequentata dalle specie scelte come target.

SPECIE TARGET

Ecodotti e sovrappassi:

Questi passaggi vengono utilizzati da animali di media e grossa taglia, in particolare cinghiali e altri ungulati, ma se adeguatamente progettati possono essere sfruttati da praticamente tutti i gruppi faunistici, compresi anfibi e uccelli. Dati gli elevati costi di realizzazione è auspicabile puntare a consentire il passaggio di un gran numero di specie.

Esistono passaggi di dimensioni ridotte studiati appositamente per alcune specie: un esempio sono i ponti sospesi utilizzati da scoiattoli, faine, martore, ecc.

Adattamento cavalcavia e ponti esistenti:

Questi passaggi sono utilizzati da invertebrati, piccoli vertebrati, carnivori e più raramente, ungulati (COST 341 Handbook).

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

Ecodotti e sovrappassi:

L'ampiezza raccomandata per un ecodotto è di 40-50 m, si sconsiglia comunque di progettare passaggi più stretti di 20 m. In particolare, sarebbe opportuno prevedere un'ampiezza maggiore in corrispondenza dei due accessi. I cosiddetti "ponti verdi", che costituiscono connessioni a scala di paesaggio, dovrebbero avere una larghezza superiore a 80 m.

Il passaggio dovrebbe riprodurre gli habitat limitrofi, pertanto è necessario impiantare essenze vegetali arboree, arbustive ed erbacee presenti anche nel territorio circostante l'opera. Sono inoltre da preferire specie appetibili. A tal fine, il fondo del passaggio deve essere rivestito da suolo per uno

spessore variabile a seconda della vegetazione impiantata: 0,3 m per copertura erbacea, 0,6 m per copertura arbustiva, 1,5 m per copertura arborea.

Per incentivare il passaggio di diversi gruppi faunistici è necessario allestire pozze d'acqua e collocare mucchi di pietre o di tronchi.

È importante riparare lateralmente il passaggio con barriere opache alte intorno a 2 m, in modo da schermare i disturbi provenienti dalla strada sottostante (luci e rumori). In alternativa è possibile collocare delle reti precedute da una cortina vegetale.

I punti di accesso devono essere corredati da inviti.

Per quanto riguarda passaggi studiati appositamente per animali di piccole dimensioni, come ad esempio i ponti sospesi per scoiattoli ed altri animali arboricoli, è sufficiente fissare a due alberi posti ai lati opposti della strada una struttura, che può essere costituita anche di corda, che consenta agli animali di attraversare la strada. È utile porre delle protezioni al di sopra del passaggio per proteggere gli animali dall'attacco di predatori.

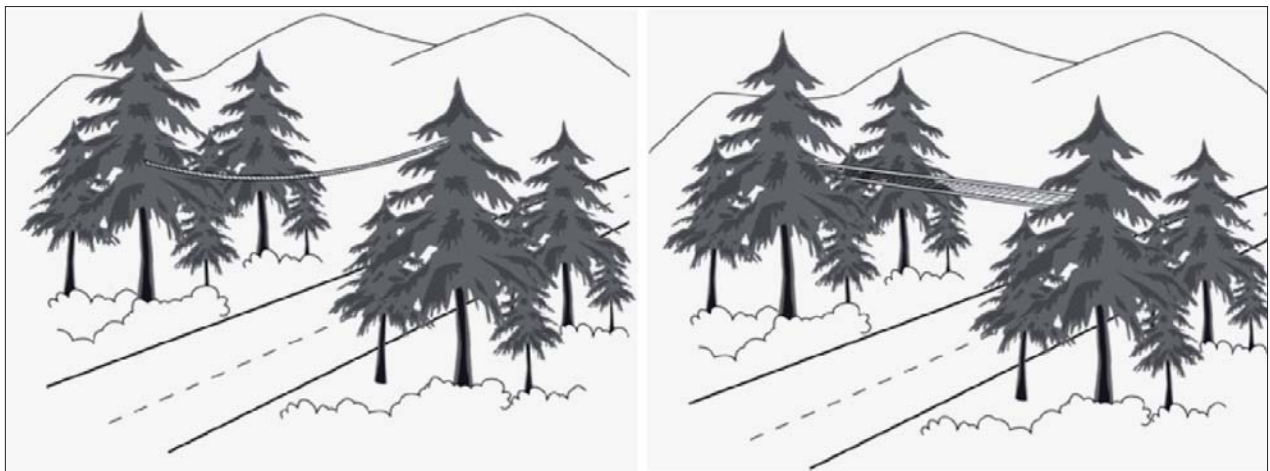


Figura 26 Ecodotti e sovrappassi

Adattamento cavalcavia e ponti esistenti:

È sufficiente creare una striscia ampia circa un metro di fondo stradale coperto da materiale naturale (sabbia o terra). È sufficiente che il suolo naturale sia profondo pochi decimetri (in genere 30 cm), ciò basta affinché la copertura vegetale attecchisca spontaneamente senza bisogno di semina. È importante schermare lateralmente il passaggio con barriere opache alte intorno a 2 m in modo da limitare i disturbi provenienti dalla strada sottostante (luci e rumori). In alternativa è possibile collocare delle reti precedute da una cortina vegetale.

I punti di accesso devono essere corredati da inviti.

Opere complementari

Ecodotti e sovrappassi:

Reti laterali alla strada, miglioramento ambientale delle zone adiacenti al passaggio. È necessario precludere all'attività venatoria la zona circostante l'ecodotto per un raggio variabile tra 0,5 e 2 km (COST 431).

Adattamento cavalcavia e ponti esistenti:

Reti laterali alla strada, miglioramento ambientale delle zone adiacenti al passaggio.



COSTI

Elevati per gli ecodotti e i sovrappassi da costruire *ex novo*, molto più contenuti per l'adattamento di cavalcavia e ponti esistenti.

MANUTENZIONE

Devono essere programmati dei controlli periodici, più intensi nel primo periodo, finalizzati a verificare il corretto funzionamento del sistema di drenaggio, lo stato della vegetazione presente, le condizioni degli habitat ricreati e l'assenza di eventuali strutture (reti e altro) che potrebbero ostacolare il passaggio degli animali.

PUNTI DI FORZA

È una misura risolutiva per creare connessioni su vasta scala. Ha dei risvolti positivi anche da un punto di vista estetico-visuale sul territorio e a livello di "immagine" dell'Ente promotore.

PUNTI DI DEBOLEZZA

Per gli ecodotti costi elevati; l'adattamento di cavalcavia e ponti esistenti, invece, si può realizzare solo su ponti creati per tracciati poco trafficati.

6.VIADOTTI E PONTI

CATEGORIA MISURA

A. Misure che agiscono sul comportamento degli animali.

OBIETTIVI

Mantenere la continuità ambientale abbattendo la mortalità faunistica.

DESCRIZIONE

I viadotti, da un punto di vista ecologico sono le strutture stradali meno impattanti in quanto preservano la continuità ambientale del territorio. Spesso i viadotti sono localizzati in corrispondenza di corsi d'acqua permanenti o temporanei o in zone morfologicamente inadatte alla realizzazione di un tracciato a raso. Ciò fa sì che nella maggior parte dei casi la porzione di territorio sormontata dal viadotto, anche se non progettato espressamente per mantenere la continuità ambientale, sia particolarmente idonea al passaggio faunistico.

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Alta.

Traffico veicolare

I viadotti sono adatti per qualsiasi tipologia stradale. In particolare costituiscono un'ottima soluzione per le strade più pericolose per la fauna selvatica, come autostrade, superstrade e altre tipologie di strade a scorrimento veloce o caratterizzate da grandi flussi di traffico.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

In tutte le circostanze in cui la strada deve superare un avvallamento, anche con dislivelli minimi, ai fini del mantenimento delle connessioni ecologiche sarebbe preferibile intervenire con viadotti piuttosto che con piccoli sottopassi o terrapieni. Da utilizzare in particolare in presenza di corsi d'acqua, anche stagionali.

SPECIE TARGET

Sono adatti per tutte le specie e particolarmente indicati per consentire il passaggio di specie sensibili come invertebrati, anfibi e altri piccoli vertebrati, che difficilmente sfruttano passaggi artificiali privi di copertura vegetale e sono più legati a particolari tipi di vegetazione.

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

È improbabile che i viadotti possano essere inseriti in un percorso stradale già esistente, pertanto rientrano in quella categoria di opere che vanno progettate contestualmente alla strada stessa. Per consentire la presenza di vegetazione naturale al di sotto del passaggio, i viadotti dovrebbero avere un'altezza minima di 5 m. Gli spazi al di sotto della strada non devono essere occupati da coltivazioni agricole, parcheggi o altre tipologie di superfici antropizzate o elementi che possono interrompere la continuità (reti, ecc.). Il passaggio faunistico può essere incentivato con la piantumazione di adeguate essenze vegetali e il posizionamento di rocce di grandi dimensioni.



Opere complementari

Reti che impediscono l'accesso alla strada prima e dopo l'opera, miglioramento ambientale dell'area sovrastata dal viadotto.

COSTI

Elevati.

MANUTENZIONE

Controlli periodici finalizzati a verificare che l'area sottostante il viadotto non sia utilizzata per scopi illeciti (abbandono di rifiuti ecc.) e che il passaggio non sia ostruito da recinzioni o altro.

PUNTI DI FORZA

I viadotti sono tra le opere che riducono maggiormente l'impatto della strada.

PUNTI DI DEBOLEZZA

Hanno costi di realizzazione elevati e devono essere progettati contestualmente alla strada stessa.

7. SOTTOPASSI

CATEGORIA MISURA

A. Misure che agiscono sul comportamento degli animali.

OBIETTIVI

Mantenere la continuità ambientale abbattendo la mortalità faunistica.

DESCRIZIONE

I sottopassi sono meno utilizzati dei viadotti da parte della fauna selvatica, in quanto la mancanza di luce e di vegetazione disincentiva il passaggio di molte specie. Tuttavia, dato che è possibile ottenere dei sottopassi faunistici anche dopo la costruzione dell'infrastruttura creando dei passaggi ex novo o modificando strutture già esistenti, tale tipologia di opera assume un'importanza determinante nella mitigazione dell'effetto barriera delle strade già realizzate.

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Alta.

Traffico veicolare

I sottopassi sono utili per bypassare qualsiasi tipo di tracciato a rischio, indipendentemente dai flussi di traffico veicolare. Sono particolarmente indicati per le strade con elevato flusso di traffico, dove le possibilità di attraversare la strada sono praticamente nulle o nei tratti di strade anche a minor traffico in cui si verificano numerosi incidenti.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

La costruzione di sottopassi è facilitata in zone morfologicamente irregolari o in strade costruite su terrapieno. Essi devono essere predisposti in corrispondenza di aree frequentate regolarmente dalla fauna. Ove ciò non fosse possibile è necessario creare dei collegamenti naturalistici *ad hoc* attraverso la piantumazione di siepi arbustive o comunque di vegetazione autoctona.

Frequentemente vengono utilizzati come passaggi faunistici dei sottopassi già esistenti, costruiti per altri scopi. Questi possono essere adattati al solo passaggio faunistico o migliorati in modo da consentire sia il passaggio dell'uomo che degli animali. Tale seconda possibilità è raccomandata solo per opere ampie più di 10 m (COST 341) ma si rivela utile anche in presenza di minor spazio: in caso di pericolo gli animali si adattano infatti ad utilizzare anche pertugi più angusti.

SPECIE TARGET

Mammiferi, anfibi, rettili.

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

I sottopassi possono avere sia sezione circolare che rettangolare.

Il fondo del condotto deve essere naturale, coperto di sabbia, terra o pietre, non asfaltato. A causa della mancanza di luce e acqua difficilmente è presente vegetazione nei sottopassi, ma ove possibile l'attecchimento di piante deve essere favorito. In particolare, agli ingressi deve essere creata una cortina arbustiva utilizzando piante attrattive per le specie



target. Questa ha il duplice scopo di indirizzare gli animali verso l'entrata e schermare il passaggio dai disturbi legati alla presenza dell'infrastruttura (principalmente luci e rumori).

Per facilitare il passaggio di micro e mesofauna, soprattutto se il sottopasso può essere utilizzato (anche solo saltuariamente) dall'uomo, si suggerisce di proteggere il percorso riservato alla fauna collocando lungo di esso elementi naturali come tronchi di alberi, mucchi di rami, pietre.

Nella colorazione delle pareti, soprattutto per tunnel di dimensioni ridotte, è preferibile utilizzare colori chiari e luminosi, come il grigio chiaro, che aumentano la visibilità all'interno del condotto.

La presenza di un corso d'acqua lungo il sottopasso è un fattore positivo, ma non lo è il ristagno di liquidi, per cui se non sono presenti torrenti o acqua corrente è necessario sopraelevare il punto centrale del condotto in modo da evitare l'accumulo d'acqua. L'angolo di inclinazione massimo è minore o uguale a 30°.

Infine, nella progettazione di sottopassi è necessario tener presenti alcuni parametri, come l'altezza e la larghezza minime e l'indice di apertura relativa, dato dalla larghezza (ampiezza) per l'altezza diviso la lunghezza ($A*H/L$), utile soprattutto nel caso in cui l'ampiezza della strada da attraversare sia molto estesa. L'indice di apertura relativa deve essere generalmente $> 1,5$, mentre l'altezza e l'ampiezza consigliate variano da specie a specie.

SPECIE O GRUPPO TARGET	H _{min}	A _{min}	NOTE
Cervo	3,5 m	12 m	Predisporre degli inviti con vegetazione autoctona. Fare in modo che l'uscita del tunnel sia ben visibile anche dall'altro ingresso.
Capriolo	4 m	7 m	Predisporre degli inviti con vegetazione autoctona. Fare in modo che l'uscita del tunnel sia ben visibile anche dall'altro ingresso.
Cinghiale	2,5 m (Dinetti, 2000) 3,5 m (Rossel, 1999 e altri)	5 m 2,5 m (Dinetti, 2000)	Predisporre degli inviti con vegetazione autoctona. Fare in modo che l'uscita del tunnel sia ben visibile anche dall'altro ingresso.
Mesomammiferi (volpi, lupi, tassi, istrici ecc.)	1,5 m (pref. 1,6-1,8)	1-1,5 m I tassi tollerano anche 0,3-0,5 m (COST 431)	Predisporre degli inviti con vegetazione autoctona. Evitare scatolati in materiale metallico in quanto i conigli e alcuni carnivori li evitano.
Piccoli mammiferi	0,8-1 m	4x4 cm	Predisporre degli inviti con vegetazione autoctona. Porre ai lati del condotto accumuli di rami o pietre che riparano il percorso degli animali.
Anfibi	60-80 cm	0,4 m	Predisporre degli inviti con vegetazione autoctona. Preferire sezioni rettangolari, in quanto indirizzano meglio gli anfibi.

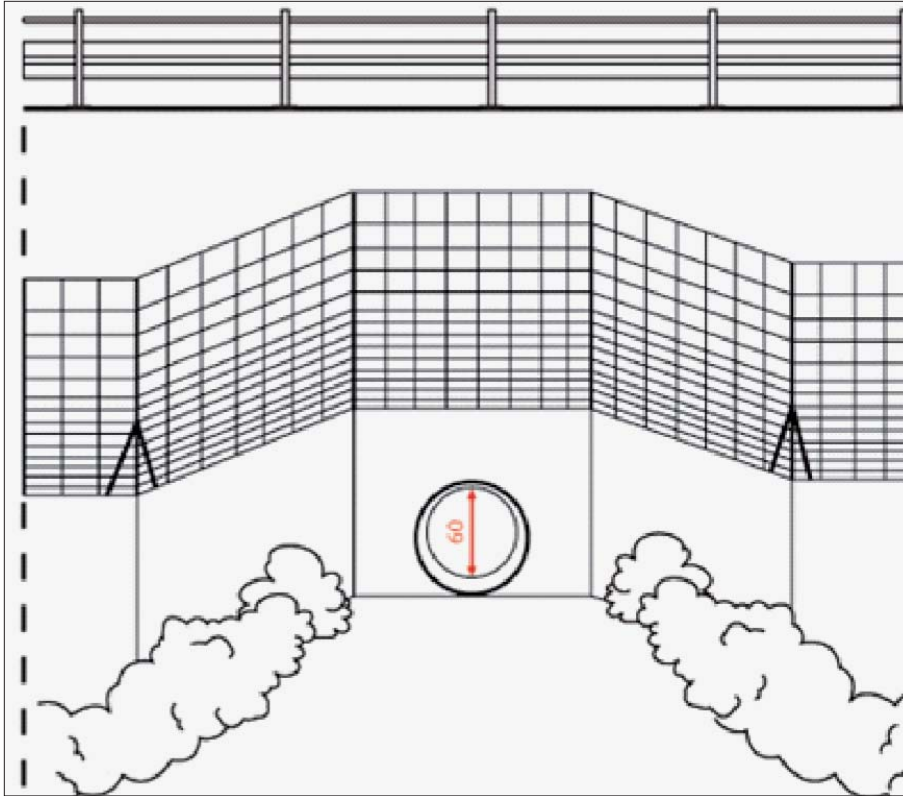


Figura 27 Sottopasso per anfibi e micromammiferi

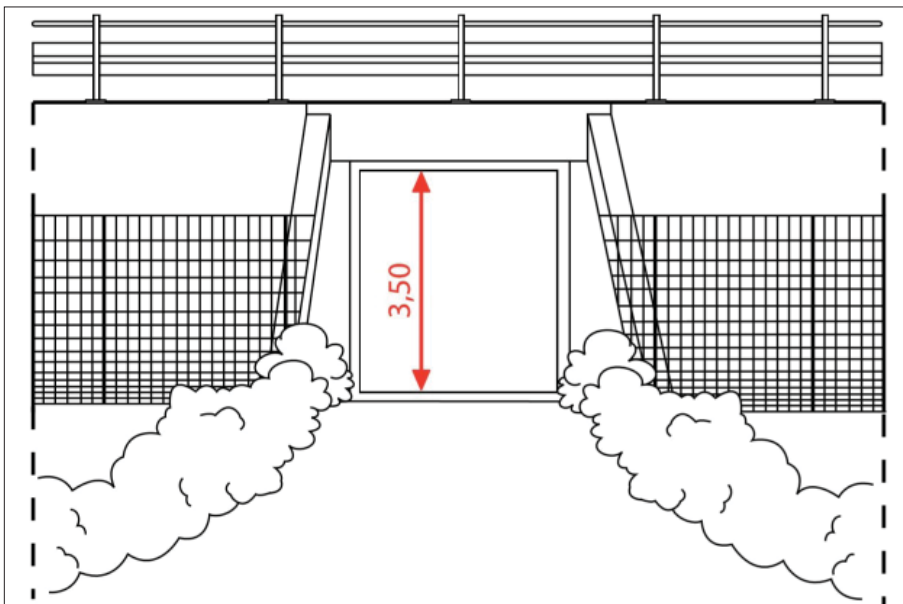
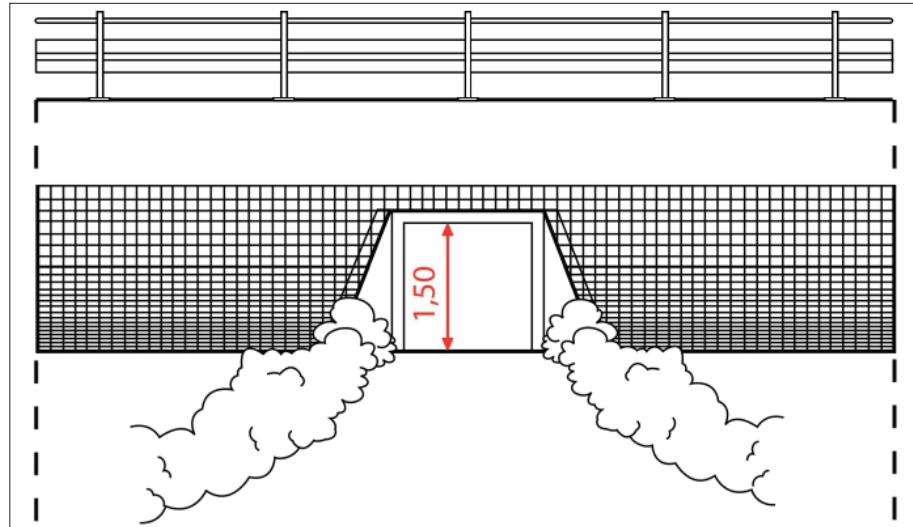


Figura 28 Sottopasso per grandi mammiferi



Figura 29 Sottopasso per mesomammiferi



Ad esempio per i cinghiali, che rappresentano la specie più problematica per la sicurezza stradale, sia per una questione di mole che di diffusione, l'altezza minima suggerita varia da 2,5 m (Dinetti, 2000) a 3,5 m (Rossel, 1999). La larghezza minima è indicata invece in 2,5 m indipendentemente dalla forma della sezione, semicircolare o rettangolare. Alcune segnalazioni mostrano che in caso di necessità i cinghiali sfruttano anche passaggi più stretti, ma al momento non si dispone di dati statisticamente significativi in grado di confermare tali osservazioni empiriche.

Per gli anfibi si utilizzano tubi in cemento, talvolta in combinazione con legno trattato o metallo, di 40 cm di ampiezza. Questi passaggi possono essere unidirezionali (un tubo per l'andata e uno, parallelo, per il ritorno) o bidirezionali (entrambi i sensi in un unico passaggio). Nel primo caso si hanno grate con pozzetti agli ingressi dei due lati della strada per raccogliere gli anfibi che vi cadono dentro prima di raggiungere la carreggiata, da qui passano attraverso il tubo, leggermente pendente, e superano la barriera. Nel secondo caso è meglio avere tubi a superficie piana. In entrambi i casi, invece, gli animali sono invogliati a seguire il percorso con reti metalliche alte 40 cm e senza maglie opache.

Indicazioni progettuali specie-specifiche

La distanza raccomandata tra i passaggi faunistici su strade ad elevato flusso di traffico per differenti mammiferi in aree a diversa idoneità ambientale (importanza) viene riportata nella tabella sottostante (da Hlavac e Andel, 2002 e ISPRA 2008).

IMPORTANZA DELL'AREA	CERVO	CAPRIOLO	VOLPE	MICRO MAMMIFERI
Eccezionale	3-5 Km	1,5-2,5 Km	1 Km	125-250 m
In aumento	5-8 Km	2-4 Km	1 Km	125-250 m
Media	8-15 Km	3-5 Km	1 Km	125-250 m
Bassa	Non necessari	5 Km	1 Km	125-250 m
Irrelevante	Non necessari	Non necessari	1-3 Km	125-250 m

Opere complementari

L'utilizzo di reti lungo la strada indirizza gli ungulati a passare in questi scatolari piuttosto che attraversare la strada. La funzione delle recinzioni

può essere enfatizzata creando dei veri e propri inviti attraverso la piantumazione di vegetazione autoctona, arborea e/arbustiva.

COSTI

Da alcune esperienze già fatte in altri Paesi europei, la spesa per integrare sottopassi per meso-mammiferi in strade in fase di progetto ammonta a poche migliaia di euro. Il costo sale ad almeno 15.000 euro se il passaggio va creato *ex novo* in tracciati già esistenti. Adattare invece sottopassi già esistenti alle esigenze della fauna è un procedimento piuttosto economico.

MANUTENZIONE

La manutenzione dei sottopassi prevede la rimozione di eventuali accumuli di rifiuti e materiali di vario genere all'ingresso e all'interno del passaggio, il controllo del drenaggio del fondo che dovrebbe rimanere asciutto e la sistemazione della vegetazione esterna, la cui conformazione deve essere funzionale a guidare la fauna verso l'accesso del passaggio.

PUNTI DI FORZA

I sottopassi, se correttamente localizzati e corredati di recinzioni a bordo strada e inviti, riescono a ridurre il numero di incidenti mantenendo al tempo stesso una buona continuità ambientale.

PUNTI DI DEBOLEZZA

Se sono da realizzare in strade già in esercizio e prive di passaggi adattabili allo scopo, richiedono costi elevati.



8. SCATOLATI IDRAULICI

CATEGORIA MISURA

A. Misure che agiscono sul comportamento degli animali.

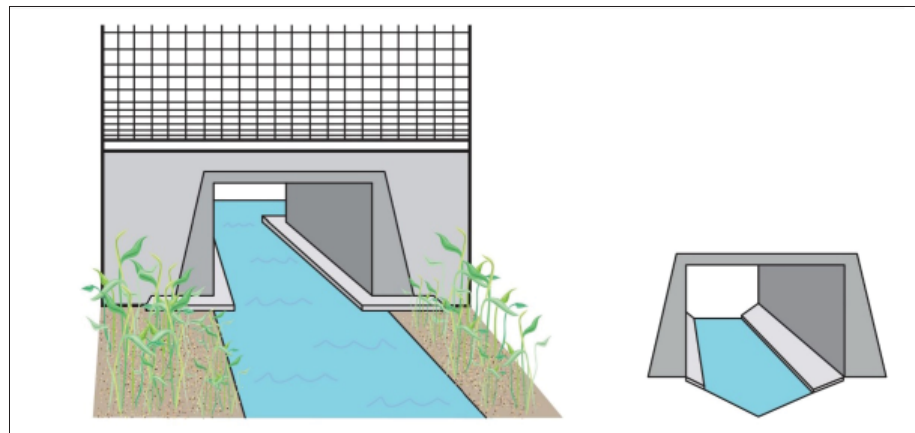
OBIETTIVI

Mantenere la continuità ambientale abbattendo la mortalità faunistica.

DESCRIZIONE

In genere sono delle strutture di cemento a sezione rettangolare, dall'ampiezza variabile che si sviluppano sotto la carreggiata, per consentire a flussi d'acqua perenni o periodici di attraversare il tracciato.

Figura 30 Scatolati idraulici



CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Alta.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

Sono presenti laddove piccoli corsi d'acqua intercettano un'infrastruttura oppure in punti di raccolta delle acque meteoriche per consentirne lo scorrimento periodico.

SPECIE TARGET

In genere piccoli e medi mammiferi ma se le dimensioni lo consentono, anche grandi mammiferi.

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

Affinché tali passaggi siano utilizzati dalla fauna è necessario che all'interno sia garantita la presenza di un camminamento sempre asciutto. Per questo l'acqua può essere canalizzata lasciando una banchina laterale, oppure si possono installare passerelle sopraelevate in legno o cemento o riprofilare la sezione del tunnel in modo che l'acqua ne copra solo una porzione.

Opere complementari

Recinzioni nel tratto stradale antecedente e successivo al passaggio, invito con vegetazione autoctona verso l'imbocco dello scatolare.

COSTI

La passerella costa circa 50 euro al metro lineare.

MANUTENZIONE

È necessario controllare che vi sia sempre una porzione del passaggio asciutta.

PUNTI DI FORZA

Possono rivelarsi molto efficaci ed economici.

PUNTI DI DEBOLEZZA

Se non sussiste una passerella asciutta la misura è inefficace. È adatto principalmente per specie di piccola e media taglia.



9. SEGNALETICA STRADALE

CATEGORIA MISURA

B. Misure che agiscono sul comportamento degli automobilisti.

OBIETTIVI

Allertare i conducenti dei veicoli in transito.

DESCRIZIONE

Nella segnaletica stradale rientrano sia i cartelli che i dispositivi come semafori e segnalatori di velocità.

Cartelli:

Per quanto concerne i cartelli, il Codice della Strada italiano per indicare la possibile presenza di fauna selvatica in carreggiata prevede il segnale triangolare di pericolo raffigurante un capriolo, al quale è possibile accorpare dei pannelli che indicano la lunghezza del tratto soggetto all'attraversamento della fauna, la fascia oraria in cui è più probabile incontrare animali vaganti e le specie o i gruppi faunistici che più frequentemente attraversano la strada nel tratto in questione. In aggiunta ai segnali standard nelle zone che risultano a maggiore probabilità di attraversamento da parte della fauna selvatica si possono installare cartelli dal contenuto mirato, che tendono a focalizzare l'attenzione dei conducenti mettendo in evidenza i rischi legati alla possibile presenza di fauna sulla strada e le specie che effettivamente si potrebbero incontrare. Esempi di tali cartelli riguardano i ricci, i rospi, cinghiali e altri mammiferi.

Secondo l'art. 23 del Nuovo Codice della Strada (D.lgs 285/1992) i cartelli devono avere caratteristiche tali da non generare confusione con la segnaletica stradale per dimensioni, forma, colori, disegno e ubicazione.

Figura 31 Segnaletica stradale LIFE Strade



Semafori:

I semafori vengono installati sempre in associazione con dei sensori che ne determinano l'attivazione. Questi possono avere due scopi: o rilevare la velocità tenuta dai veicoli in percorrenza e far accendere il semaforo nel caso questa sia superiore alla soglia consentita o essere rivolti verso l'esterno della carreggiata e rilevare attraverso un sistema ad infrarossi la presenza di animali a bordo strada in procinto di attraversare. I sensori a raggi infrarossi sono sensibili al calore e pertanto sono efficaci sia di giorno che di notte; sono inoltre sensibili per un raggio di 800 m. Sistemi di questo tipo sono stati sperimentati in Canada, nel Parco Nazionale Kootenay (Fila-Mauro et al., 2005).

Misuratori elettronici di velocità:

Hanno un'azione deterrente sugli automobilisti in quanto li avvisano della velocità con cui stanno percorrendo la strada e li inducono conseguentemente a rallentare.

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Medio-Bassa.

Traffico veicolare

La segnaletica può essere applicata a qualsiasi tipologia di strada che attraversi zone altamente frequentate dalla fauna selvatica anche se si rivela più efficace nelle strade extraurbane secondarie e locali dove vige il limite di velocità di 90 km/h e in prossimità dei centri abitati dove il limite è di 50 km/h o di 70 km/h. In questi casi fare in modo che gli automobilisti siano allertati e mantengano di conseguenza una andatura lenta è di fondamentale importanza per ridurre gli investimenti di fauna selvatica.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

I segnali sono determinanti dove il conducente è portato ad accorgersi della presenza in carreggiata o a bordo strada di animali solo ad una distanza molto ravvicinata. Questo accade in presenza di curve coperte, cunette o laddove la vegetazione si sviluppa folta sino al ciglio della strada.

SPECIE TARGET

I segnali possono essere studiati per qualsiasi specie faunistica problematica. Sono particolarmente efficaci per le specie che sono solite attraversare le strade in punti noti, come ad esempio i rospi nei periodi di fregola, e nelle zone in cui si concentrano i dati di mortalità per determinati animali.

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

Cartelli e misuratori elettronici di velocità:

Devono essere posizionati a bordo strada in ottemperanza a quanto prescritto dall'art. 23 del Nuovo Codice della Strada (D.lgs 285/1992) e in accordo con l'Ente proprietario dell'infrastruttura. Vanno posti alle estremità dei tratti maggiormente interessati dalla presenza potenziale di fauna selvatica e riproposti qualora all'interno del tratto selezionato siano presenti bivi e inserzioni di altre strade.



Semafori:

Vengono utilizzati, come accennato, in due casi: per far rallentare i veicoli che percorrono la strada a velocità sostenuta o per consentire l'attraversamento della fauna in punti prestabiliti. Nel primo caso sono applicati in zone ad alto rischio, in cui è necessario far mantenere agli automobilisti una velocità moderata. Nel secondo caso, invece, vengono posti in corrispondenza di passaggi faunistici accertati e debitamente delimitati.

Opere complementari

Opere complementari dei cartelli:

Tabelloni luminosi rilevatori della velocità in tempo reale dei veicoli in transito, barre di rallentamento acustiche (bande trasversali rumorose sull'asfalto), barriere olfattive e repellenti sonori, dissuasori ottici, manutenzione e pulizia del bordo stradale.

Opere complementari dei misuratori elettronici di velocità:

Cartelli, barre di rallentamento acustiche (bande trasversali rumorose sull'asfalto), barriere olfattive e repellenti sonori, dissuasori ottici, manutenzione e pulizia del bordo stradale.

Opere complementari dei semafori:

Cartelli o recinzioni poste prima e dopo dell'attraversamento faunistico individuato, manutenzione e pulizia del bordo stradale.

COSTI

Cartelli: da 50 euro in su a seconda delle dimensioni e dei materiali.

Pali di supporto: 30 euro circa.

MANUTENZIONE

Controlli periodici al fine di verificare l'integrità dei cartelli e la loro visibilità, che potrebbe essere ostacolata dalla crescita di vegetazione.

PUNTI DI FORZA

La segnaletica è di facile realizzazione, posa in opera e manutenzione. Presenta vantaggi economici.

PUNTI DI DEBOLEZZA

Come unica soluzione potrebbe rivelarsi insufficiente.

Sono più efficaci appena installati, in quanto col tempo i frequentatori della strada potrebbero abituarsi alla segnaletica e non prestarvi più attenzione, come accade attualmente con i cartelli di pericolo previsti dal Codice della Strada.

10. BARRE DI RALLENTAMENTO ACUSTICHE

CATEGORIA MISURA

B. Misure che agiscono sul comportamento degli automobilisti.

OBIETTIVI

Indurre i conducenti dei veicoli a procedere a velocità ridotta nei punti a maggior rischio di frequentazione da parte della fauna selvatica.

DESCRIZIONE

I rallentatori acustici sono delle bande realizzate trasversalmente sulla carreggiata che emettono rumore al passaggio dei veicoli inducendo, il conducente a diminuire la velocità. Possono essere utilizzati in sostituzione dei dossi artificiali di rallentamento che, secondo quanto previsto dal Codice della Strada (art.179), possono essere posti in opera solo su strade residenziali, nei parchi pubblici e privati, nei residence, ecc. e sono vietati sulle strade che costituiscono itinerari preferenziali dei veicoli normalmente impiegati per servizi di soccorso o di pronto intervento.

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Medio-bassa, a seconda delle opere complementari previste.

Traffico veicolare

Nelle strade extraurbane secondarie e locali, dove vige il limite di velocità di 90 km/h, e in prossimità dei centri abitati, dove il limite è di 50 km/h o di 70 km/h, dove per ridurre gli investimenti di fauna selvatica è determinante fare in modo che gli automobilisti mantengano un'andatura lenta, e in quelle con minor intensità di traffico.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

Indicati nei tratti rettilinei, dove i conducenti tendono a procedere a velocità sostenuta, ma anche in tutte le zone in cui la visuale è coperta per via della presenza di curve, cunette o altri elementi morfologici della strada.

SPECIE TARGET

Indicato soprattutto per evitare collisioni con ungulati e mammiferi di media taglia (lupi, volpi, tassi ecc.)

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

In genere le barre di rallentamento sono ottenute attraverso due tecniche alternative:

- Mediante irruvidimento della strada ottenuto con l'incisione superficiale della stessa, ad esempio effettuando a secco, con un'apposita attrezzatura, dei tagli longitudinali nella pavimentazione stradale che si sviluppano per tutta l'ampiezza della carreggiata;
- Attraverso l'applicazione di strati sottili di materiale in rilievo, ad effetto vibratorio e aderente al manto stradale. In questi casi le barre possono avere anche un effetto rifrangente.

Le barre sono applicate in serie (min. 5/7 elementi consecutivi), parallele tra loro in posizione trasversale rispetto alla direzione di marcia e perpendicolare



all'asse stradale. Generalmente le serie si ripetono per la lunghezza del tratto d'interesse in un numero di batterie variabile, opportunamente distanziate tra loro e spesso costituite da un numero di elementi crescente lungo il senso di marcia (es: 4-6-8-10 barre consecutive).

Esistono anche sistemi di rallentamento a effetto ottico, che consistono nel tracciare delle bande trasversali di colore bianco, rifrangenti, di dimensioni e proporzioni stabilite dall'Art. 179 del Regolamento di Esecuzione del Codice della Strada.

Opere complementari

Dissuasori ottici, segnaletica stradale, barriere olfattive e repellenti sonori, dispositivi di rilevazione della velocità.

COSTI

Circa 950 euro+ 800 euro (mobilitazione) + IVA

MANUTENZIONE

Le barre vanno rinnovate se usurate, in genere non prima di 3-5 anni, a seconda del volume di traffico e delle condizioni climatiche.

PUNTI DI FORZA

Richiedono una manutenzione praticamente nulla, sono abbastanza efficaci nel far rallentare i veicoli.

PUNTI DI DEBOLEZZA

Bisogno di ricorrere all'uso di appositi macchinari e materiali per la posa in opera, costi di installazione più elevati rispetto ad altre misure.

11. MANUTENZIONE DEL BORDO STRADALE

CATEGORIA MISURA

C. Misure che tendono a migliorare le condizioni ambientali in adiacenza alle strade.

OBIETTIVI

Aumentare la visibilità a bordo strada e disincentivare l'accesso alla carreggiata.

DESCRIZIONE

Molti incidenti si verificano in casi in cui la visibilità del ciglio della strada è ridotta a causa della presenza di vegetazione e i conducenti non hanno quindi la possibilità di avvistare la fauna selvatica se non quando questa occupa ormai la carreggiata. Mantenere il bordo stradale libero consente di ridurre il rischio di investire animali, soprattutto in riferimento a specie di media e grossa taglia più facilmente individuabili anche a distanza.

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Misura necessaria indipendentemente dall'incidenza della mortalità faunistica.

Traffico veicolare

La manutenzione del bordo stradale andrebbe effettuata sulle aree critiche di ogni tratto viario critico, indipendentemente dai flussi di traffico.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

È utile in tutti i punti critici e particolarmente raccomandata dove la conformazione della strada riduce la visuale (in curva, in presenza di cunette).

SPECIE TARGET

Grandi mammiferi (ungulati) e mesomammiferi (volpe, tasso).

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

La manutenzione del bordo stradale consiste nella potatura o nel taglio degli arbusti presenti a margine della strada o nello sfalcio dell'erba. È assolutamente necessario evitare l'utilizzo di diserbanti per l'eliminazione della vegetazione a bordo strada.

Opere complementari

La misura stessa consiste nel controllare le condizioni della vegetazione a bordo strada.

COSTI

Circa 0.32 euro al metro lineare

MANUTENZIONE

La misura stessa consiste nel controllare le condizioni della vegetazione a bordo strada.

PUNTI DI FORZA

La pulizia del bordo strada è economica e di facile realizzazione in quanto rientra tra le normali attività manutentive delle strade.

PUNTI DI DEBOLEZZA

Non costituisce un'azione di per sé risolutiva ma funge da completamento ad altri progetti.



12. RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE IN CORRISPONDENZA DI VIADOTTI

CATEGORIA MISURA

C. Misure che tendono a migliorare le condizioni ambientali in adiacenza alle strade.

OBIETTIVI

Creare dei passaggi sicuri per la fauna selvatica.

DESCRIZIONE

Tale misura prevede la rinaturalizzazione dei tratti posti sotto ai viadotti per mezzo di inerbimento del fondo, piantumazione di essenze autoctone, rimozione di eventuali ostacoli. Riqualficare le aree poste sotto ai viadotti, significa rendere funzionali tali opere al passaggio faunistico assimilandole a dei veri e propri passaggi.

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Alta.

Traffico veicolare

L'azione non è condizionata dai flussi di traffico ma è particolarmente utile per quelle strade che hanno un elevato effetto barriera, in cui l'attraversamento è praticamente impossibile attraverso l'utilizzo di altre tecniche più soft (es: dissuasori ottici) o nei pressi di punti caratterizzati da un'elevata mortalità stradale.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

La misura si applica in corrispondenza di viadotti la cui altezza deve essere almeno di 4 m per consentire l'utilizzo anche da parte di grandi mammiferi.

SPECIE TARGET

Il motivo principale che induce a realizzare tali interventi è la presenza di animali di grossa taglia (ungulati, ecc.) che rappresentano un rischio per la viabilità, ma se appropriatamente progettati possono essere utilizzati anche da altri gruppi faunistici.

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

L'adeguamento prevede:

- La copertura con terriccio o sabbia e l'inerbimento del fondo qualora fosse artificializzato;
- La piantumazione di adeguate essenze vegetali (autoctone e appetibili);
- Il posizionamento di rocce di grandi dimensioni;
- La rimozione di elementi che potrebbero interrompere o ostacolare il passaggio come reti o altra tipologia di barriera;
- La rimozione di materiale che potrebbe inibire il passaggio (rifiuti ecc.).

In tutte le operazioni previste è necessario evitare l'utilizzo di concimi chimici e diserbanti.

Opere complementari

Reti laterali che impediscono l'accesso alla carreggiata; invito con vegetazione autoctona.

COSTI

Medi.

MANUTENZIONE

Controlli periodici finalizzati a verificare che l'area sotto il viadotto non sia utilizzata per scopi illeciti (abbandono di rifiuti ecc.) e che il passaggio non sia ostruito da recinzioni o altro.

PUNTI DI FORZA

Con tale azione si ottengono, a costi ridotti, degli ottimi passaggi faunistici.

PUNTI DI DEBOLEZZA

Potrebbero essere localizzati a distanza dai punti critici, in questo caso sarebbe necessario creare delle guide per la fauna attraverso l'uso di reti e cortine vegetali fino al viadotto.

13. RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE IN CORRISPONDENZA DI GALLERIE

CATEGORIA MISURA

C. Misure che tendono a migliorare le condizioni ambientali in adiacenza alle strade.

OBIETTIVI

Creare dei passaggi sicuri per la fauna selvatica.

DESCRIZIONE

La misura consiste nell'adeguare da un punto di vista morfologico e di copertura della vegetazione l'area che sovrasta i tratti di strada in galleria, in modo da renderla adatta al passaggio faunistico e assimilarla a un vero e proprio "ecodotto" o "ponte faunistico".

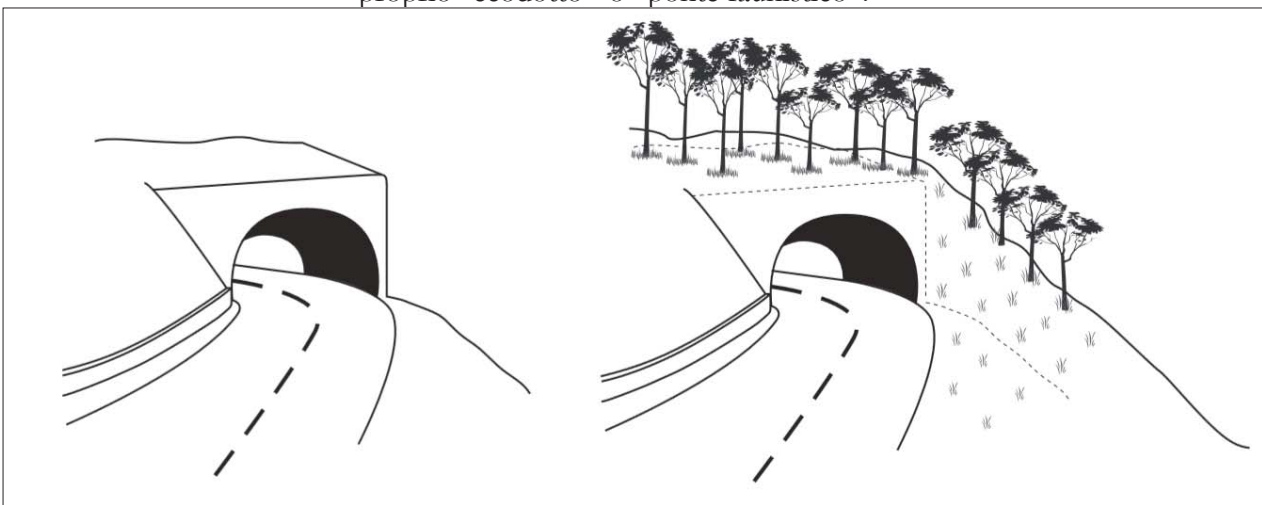


Figura 32 Riqualificazione ambientale in corrispondenza delle gallerie

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Alta.

Traffico veicolare

L'azione non è condizionata dai flussi di traffico ma è particolarmente utile per quelle strade che hanno un elevato effetto barriera, in cui l'attraversamento è praticamente impossibile attraverso l'utilizzo di altre tecniche più soft (es: dissuasori ottici) o nei pressi di punti caratterizzati da un'elevata mortalità stradale.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

La misura si applica in corrispondenza di gallerie.

SPECIE TARGET

Il motivo principale che induce a realizzare tali interventi è la presenza di animali di grossa taglia (ungulati, ecc.) che rappresentano un rischio per la viabilità; tuttavia, se appropriatamente progettati possono essere utilizzati anche da altri gruppi faunistici, compresi anfibi e uccelli.

INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

La riqualificazione ambientale del terreno che sovrasta una galleria contempla:

- La piantumazione di alberi o siepi ai bordi più esterni della fascia individuata come corridoio ecologico in modo che possano schermare il passaggio dai disturbi esterni;
- L'inerbimento del fondo;
- La messa a dimora di essenze arbustive appetibili lungo il percorso;
- La posa in opera di muretti a secco o mucchi di pietre per incentivare il passaggio di piccoli animali;
- La predisposizione di piccoli stagni o accumuli d'acqua per incentivare, se necessario nella zona in esame, il passaggio di anfibi.

In alcuni casi è necessario ridefinire il profilo del versante, in quanto lateralmente la scarpata è troppo ripida per essere percorsa dalla maggior parte degli animali. In questi casi è opportuno addolcire la pendenza del versante intervenendo attraverso operazioni di scavo e/o riporto, ricorrendo, ove consentito, a tecniche di ingegneria naturalistica e prevedendo sempre l'inerbimento e la rivegetazione del pendio. In tutte le operazioni previste è necessario evitare l'utilizzo di concimi chimici e diserbanti.

Opere complementari

Reti laterali che impediscono l'accesso alla carreggiata; invito con vegetazione autoctona.

COSTI

I costi variano notevolmente in base al tipo di interventi migliorativi che devono essere realizzati. Si va infatti dal semplice adeguamento della copertura vegetale alla ridefinizione della sezione del versante lungo cui si sviluppa la galleria.

MANUTENZIONE

Controlli periodici finalizzati a verificare che nell'area sopra la galleria non sia utilizzata per scopi illeciti (abbandono di rifiuti ecc.) e che il passaggio degli animali non sia impedito da recinzioni o altro.

PUNTI DI FORZA

Tali azioni assimilano le gallerie già esistenti a ecodotti, adattabili al passaggio di tutti i gruppi faunistici, e abbattano l'effetto barriera della strada.

PUNTI DI DEBOLEZZA

In alcuni casi l'adeguamento può rivelarsi dispendioso, ad esempio le gallerie potrebbero essere localizzate a distanza dai punti critici. In questo caso sarebbe necessario creare delle guide per la fauna fino alla galleria.



14. COMBINAZIONE DI SEGNALETICA STRADALE E DISSUASORI SONORI

CATEGORIA MISURA

D. Sistemi che agiscono simultaneamente sul comportamento degli animali e sull'attenzione degli automobilisti.

OBIETTIVI

Allertare i conducenti dei veicoli in transito della presenza di animali nei pressi della carreggiata inducendoli a rallentare e nello stesso tempo disincentivare l'attraversamento della strada da parte della fauna selvatica.

DESCRIZIONE

Componenti del sistema

Il sistema di prevenzione degli incidenti stradali con la fauna selvatica è costituito dai seguenti componenti:

- Centralina elettronica;
- Sensori volumetrici a infrarossi per rilevare la presenza degli animali che si avvicinano alla carreggiata;
- Sensori radar doppler per rilevare la velocità dei veicoli che transitano sulla strada;
- Cartelli lampeggianti di segnalazione per gli automobilisti;
- Altoparlanti da 30 Watt per la diffusione della dissuasione acustica.

Funzionamento del sistema

Il principio di funzionamento del sistema è quello di allontanare gli animali dal bordo strada quando è presente un veicolo in transito. In questo modo è possibile garantire e preservare la connettività ambientale, evitare l'assuefazione degli animali alla dissuasione acustica, avvertire gli automobilisti solo in presenza di animali vicino alla strada e quindi ridurre il numero di incidenti.

I sensori a infrarossi (Figura 32), posti su entrambi i lati della strada, rilevano la presenza degli animali che si avvicinano alla strada. Questa tipologia di sensori è in grado di rilevare un animale di circa 5 Kg di peso a una distanza di 18-20 metri e ha un angolo di ricezione di circa 90 gradi. I sensori sono alimentati con delle batterie che hanno una durata di 3,5 anni. Dopo essersi attivati i sensori entrano in stand-by per 2 minuti, poi tornano nuovamente a rilevare. Per tornare ad essere nuovamente attivi l'animale che li ha attivati deve uscire dal loro raggio d'azione.

Una volta attivati, i sensori inviano un segnale alla centralina elettronica (Figura 33), che fa accendere i lampeggianti posti sui cartelli di segnalazione per gli automobilisti (Figura 34). I lampeggianti restano attivi per 3 minuti, poi, in assenza di ulteriori comandi da parte della centralina elettronica, si spengono.



Figura 33 Sensore a infrarosso per rilevare la presenza degli animali (Foto progetto LIFE Strade)



Figura 34 Centralina elettronica (Foto progetto LIFE Strade)



Figura 35 Cartello di segnalazione per gli automobilisti (Foto progetto LIFE Strade)



Sul palo del cartello di segnalazione per gli automobilisti è posizionato un sensore radar doppler (Figura 35), che rileva la presenza e la velocità di eventuali veicoli che transitano sulla strada. Durante il funzionamento dei lampeggianti se un veicolo transita a una velocità superiore a 50 km/h il radar doppler comunica l'informazione alla centralina elettronica, che fa attivare la dissuasione acustica.

Figura 36 Radar doppler (Foto progetto LIFE Strade)



La dissuasione acustica è rappresentata da una traccia audio di circa 30 secondi che riproduce i rumori tipici di una battuta di caccia al cinghiale. È possibile controllare tutte le attivazioni del sistema grazie alla presenza di un modem, che invia in tempo reale una e-mail ad un indirizzo specifico ogni volta che si verifica:

- L'attivazione dei sensori a infrarossi per rilevare la presenza degli animali;
- L'attivazione della dissuasione acustica.

Per quanto riguarda l'attivazione dei sensori, è possibile discriminare la posizione rispetto alla strada. Il sistema è programmato anche in modo da inviare una specifica mail ogni volta che si abbassa sotto un valore soglia la tensione delle batterie.

Naturalmente il controllo da remoto non esclude che sia necessario un costante controllo sul campo.



Figura 37 Sistema di prevenzione implementato dal LIFE Strade

CONDIZIONI DI APPLICAZIONE OTTIMALE

Mortalità stradale legata alle strade

Alta.

Traffico veicolare

Nell'ambito del LIFE Strade il sistema di prevenzione descritto è stato sperimentato su strade provinciali e statali, caratterizzate dal passaggio di migliaia di veicoli al giorno, di varia tipologia e a differenti velocità. Esso può certamente rappresentare una buona soluzione per i tratti stradali particolarmente critici, di ridotta estensione.

Morfologia stradale/caratteristiche bordo strada

I segnali di allerta per i conducenti sono utili in particolare nei tratti stradali in cui il conducente è portato ad accorgersi della presenza di animali in carreggiata o a bordo strada solo ad una distanza molto ravvicinata; ciò accade in presenza di curve coperte, cunette o laddove la vegetazione si sviluppa folta sino al ciglio della strada.

SPECIE TARGET

I dissuasori sonori possono essere utilizzati per allontanare diverse specie di mammiferi. Il sistema che porta all'attivazione di tali dissuasori, qualora si verifichi nello stesso tempo la presenza di animali in movimento nei pressi della carreggiata e di veicoli a velocità sostenuta, possiede una capacità di rilevazione diversa in base alla tipologia di sensore utilizzata. I sensori a infrarossi sperimentati nell'ambito del progetto LIFE Strade, ad esempio, hanno dimostrato di poter rilevare animali fino a 5 Kg di peso.



INDICAZIONI PROGETTUALI

Caratteristiche generali

Centralina di controllo

È costituita da una scatola elettrica al cui interno si trovano i circuiti elettronici per la gestione dei segnali; deve essere installata su un palo di ferro alto circa 4 metri, posizionato su un lato della carreggiata, e alimentata da un pannello solare da almeno 50 Watt.

Sensori per la rilevazione degli animali

Costituiscono lo strumento attraverso il quale vengono rilevati gli animali che si avvicinano alla carreggiata. Nell'ambito del LIFE Strade sono state sperimentate diverse tipologie di sensori (sensori radar doppler, telecamera con flash a infrarossi e sensore di movimento, sensore a infrarossi lineare, sensori volumetrici), allo scopo di verificarne il raggio d'azione in termini di profondità e angolo di azione.

Cartelli di segnalazione per gli automobilisti

Sono costituiti da un cartello stradale di dimensioni 110 cm x 70 cm, sul quale è raffigurato il triangolo rosso di pericolo attraversamento fauna selvatica con la scritta "RALLENTARE" nella parte inferiore.

Presentano inoltre due lampeggianti tonde da 14 cm, alimentati da un pannello solare, che si accenderanno ogni volta che un animale si avvicina alla strada rimanendo accesi per 2 minuti. Tali cartelli devono essere posti su pali di ferro di 3,50 metri circa, posizionati su entrambi i lati della carreggiata ad una distanza pari ad almeno 150 metri dalla centralina elettronica di controllo.

Rilevatori di velocità dei veicoli

Devono essere installati sugli stessi pali in cui sono posti i cartelli di segnalazione. Hanno una profondità di massimo 200 metri e un angolo di rilevazione di 11°. Sono in comunicazione con la centralina di controllo, che aziona la dissuasione acustica solo nel caso in cui la velocità del veicolo in transito superi la velocità di 50 km/h.

Dissuasori acustici

Sono costituiti da una coppia di altoparlanti direzionali da 30 Watt, montati sul palo della centralina di controllo e rivolti verso entrambi i lati della strada, in modo da evitare l'attraversamento degli animali in ognuna delle 2 possibili direzioni di avvicinamento alla carreggiata. Nel sistema sperimentato nell'ambito del LIFE Strade la traccia audio utilizzata ha una durata di 30 secondi ed è costituita da ululati di lupo o da rumori associati alla battuta di caccia al cinghiale.

Modem

Per consentire il controllo da accesso remoto è necessario installare un modem che invii una mail in tempo reale ogniqualvolta si verifichi l'attivazione del sistema e nel caso in cui la tensione delle batterie associate ai pannelli solari scenda al di sotto di un valore soglia, in modo da riuscire a controllare il corretto funzionamento del sistema.

Opere complementari

Nella messa in opera del sistema in particolari contesti ambientali, per essere sicuri che la disposizione dei sensori radar sia tale da garantire il rilevamento del passaggio della fauna selvatica, possono essere installati

dei tratti di rete elettrosaldata, allo scopo di guidare il passaggio degli animali selvatici verso l'area coperta dai sensori.

Questo sistema deve infine essere accompagnato dall'installazione, sulla strada interessata, di specifici cartelloni che ne segnalino la presenza, contenenti immagini e testi in grado di attirare l'attenzione degli automobilisti allo scopo di informarli in modo adeguato e renderli maggiormente consapevoli del pericolo.

COSTI

Il costo complessivo dell'impianto sperimentato con il progetto LIFE Strade, comprendente l'assistenza tecnica per tutta la durata del progetto (manutenzione ordinaria e straordinaria), la sostituzione di eventuali componenti danneggiate e sostituzione in caso di furto, è di circa 13.000 euro. Tale prezzo include 12 sensori per il rilevamento della presenza degli animali per ciascun impianto. Tale costo si riduce significativamente considerando esclusivamente il costo dei materiali.

MANUTENZIONE

Grazie alla presenza del sistema di controllo remoto è possibile monitorare a distanza il funzionamento del sistema, limitando in questo modo i sopralluoghi sul territorio.

Interventi periodici necessari riguardano la pulizia pannelli fotovoltaici e il controllo dell'integrità dei cartelli e della loro visibilità, che potrebbe essere ostacolata dalla crescita di vegetazione. E' consigliabile comunque verificare periodicamente l'intera funzionalità attraverso specifiche simulazioni da effettuarsi in situ. Si raccomanda inoltre di installare delle trappole fotografiche o altri sistemi audio/video per registrare la reazione degli animali alla dissuasione acustica e avere un riscontro rispetto alle attivazioni dei sensori

PUNTI DI FORZA

Il sistema non costituisce una barriera per la fauna ed agisce simultaneamente sulla fauna selvatica e sui guidatori.

L'animale viene dissuaso ad attraversare la strada solo quando c'è un reale rischio di impatto con il veicolo; in questo modo non si interferisce con i suoi spostamenti all'interno del territorio e si evitano processi di assuefazione al sistema di dissuasione.

Diminuisce il rischio di assuefazione da parte degli automobilisti, in quanto il sistema di segnalazione luminosa di pericolo entra in funzione solo quando gli animali sono in prossimità della carreggiata.

Fornisce dati sull'efficacia e su situazioni di rischio.

Può essere una buona soluzione per punti ad alto rischio.

La piattaforma informatica del sistema permette di avere il controllo a distanza sul suo funzionamento, evitando così un grosso sforzo in termini di sopralluoghi sul territorio una volta che il sistema è funzionale.

PUNTI DI DEBOLEZZA

Utilizzabile per tratti stradali limitati, ad alto rischio.

Richiede assistenza tecnica specializzata.



3.3 Efficacia specie-specifica delle misure di mitigazione

Le informazioni fornite nel precedente paragrafo sono riassunte schematicamente in un abaco (pagina successiva) che consente di individuare in via speditiva le misure di mitigazione più idonee nelle diverse tipologie di tracciato.

All'interno della tabella nelle righe vengono indicate le possibili barriere presenti a lato del tracciato e le specie target per le quali possono essere progettate le opere di mitigazione. Le colonne corrispondono invece alle misure di mitigazione.

All'incrocio tra righe e colonne viene espresso un giudizio sintetico sull'efficacia della misura di mitigazione, il cui significato viene riportato nella tabella sottostante.

+++	Molto efficace
++	Mediamente efficace
+	Poco efficace
-	Non efficace per la specie target
/	Non applicabile per le caratteristiche della strada

3.4 Definizione degli interventi per tracciati di nuova realizzazione

Una corretta progettazione infrastrutturale deve tendere a ridurre al minimo gli impatti negativi sugli ecosistemi e deve prendere in considerazione una serie di misure integrate e coordinate, da inserire in maniera pianificata già a partire dalle prime fasi progettuali, attraverso il coinvolgimento delle professionalità di volta in volta necessarie. In questo modo è possibile ottenere una maggiore efficacia e abbattere i costi (Guccione et al., 2008). A tal fine è necessario in primo luogo individuare il miglior tracciato possibile, che comporti il minor impatto sul territorio e non attraversi i territori ecologicamente più importanti e fragili, in modo da ridurre l'esigenza delle misure di mitigazione e compensazione (Dinetti, 2008). Il passo successivo consiste nella progettazione di misure di mitigazione e compensazione degli impatti che non è possibile evitare; nel caso di strade in progetto le fasi da seguire a tal fine sono le seguenti (Guccione et al., 2008):

1. identificazione delle specie animali presenti e dei relativi corridoi faunistici;
2. valutazione delle aree ad elevata importanza e vulnerabilità e del conseguente grado di compatibilità con l'infrastruttura;
3. localizzazione delle misure di mitigazione (in base alla rete ecologica locale e alle specie target);
4. progettazione delle misure di mitigazione e compensazione;
5. stesura di specifici piani di manutenzione e monitoraggio;
6. realizzazione degli interventi;
7. gestione degli interventi;
8. monitoraggio;
9. eventuale progettazione e realizzazione di adeguamenti o integrazioni agli interventi.

Per quanto riguarda le misure di mitigazione degli impatti sulla fauna selvatica, la scelta delle aree in cui prevedere il loro inserimento nella nuova infrastruttura deve essere fondata sulla valutazione di diversi elementi, quali la presenza di aree protette, specie faunistiche rare o in

ABACO																	
		Dissuasori ottici riflettenti	Barriere olfattive e repellenti sonori	Recinzioni e barriere	Barriere di involo	Sovrappassi	Viadotti e ponti	Sottopassi – Adeguamento esistenti	Scatolati idraulici	Segnaletica stradale - cartelli	Segnaletica stradale - semafori	Segnaletica stradale - Segnalatori di velocità	Barre di rallentamento acustiche	Manutenzione del bordo stradale	Riqualificazione amb. - viadotti	Riqualificazione amb. - gallerie	Combinazione segnaletica e dissuasori sonori
		A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	D
Guard rail	Micromammiferi	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mesomammiferi	+	++	+++	-	+++	+++	++	++	+	-	-	-	+	+++	+++	++
	Grandi mammiferi	++	++	+++	-	+++	+++	++	-	+	++	++	+	++	+++	+++	++
	Anfibi	-	-	++	-	+++	++	+	-	++	-	-	+	-	++	++	-
	Rettili	-	-	+	-	+++	+++	-	-	-	-	-	-	-	++	++	-
	Uccelli	-	+	-	+++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Muro <50 cm	Micromammiferi	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
	Mesomammiferi	+	++	+++	-	+++	+++	++	++	+	-	-	-	++	+++	+++	++
	Grandi mammiferi	++	++	+++	-	+++	+++	++	-	+	++	++	+	-	+++	+++	++
	Anfibi	-	-	++	-	+++	++	+	-	++	-	-	+	-	++	++	-
	Rettili	-	-	+	-	+++	+++	-	-	-	-	-	-	-	++	++	-
	Uccelli	-	+	-	+++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Muro 50-150	Micromammiferi	/	/	/	-	-	/	-	++	-	-	-	-	/	/	/	-
	Mesomammiferi	/	+	/	-	+++	/	++	++	+	-	-	-	/	/	/	+
	Grandi mammiferi	/	+	+++	-	+++	/	++	-	+	++	++	+	/	/	/	+
	Anfibi	/	/	/	-	+++	/	+	-	++	-	-	+	/	/	/	-
	Rettili	/	/	/	-	+++	/	-	-	-	-	-	-	/	/	/	-
	Uccelli	/	/	/	+++	++	/	-	-	-	-	-	-	/	/	/	-
Muro >150	Micromammiferi	/	/	/	/	-	/	/	++	-	-	-	-	/	/	/	-
	Mesomammiferi	/	/	/	/	+++	/	/	++	+	-	-	-	/	/	/	/
	Grandi mammiferi	/	/	/	/	+++	/	/	-	+	++	++	+	/	/	/	+
	Anfibi	/	/	/	/	+++	/	/	-	++	-	-	+	/	/	/	-
	Rettili	/	/	/	/	+++	/	/	-	-	-	-	-	/	/	/	-
	Uccelli	/	/	/	/	++	/	/	-	-	-	-	-	/	/	/	-
New Jersey	Micromammiferi	/	-	/	-	-	/	/	++	-	-	-	-	/	/	/	-
	Mesomammiferi	/	++	/	-	+++	/	/	++	+	-	-	-	/	/	/	++
	Grandi mammiferi	/	++	/	+++	+++	/	/	-	+	++	++	+	/	/	/	++
	Anfibi	/	-	/	-	+++	/	/	-	++	-	-	+	/	/	/	-
	Rettili	/	-	/	-	+++	/	/	-	-	-	-	-	/	/	/	-
	Uccelli	/	+	/	-	++	/	/	-	-	-	-	-	/	/	/	-
Rete	Micromammiferi	/	/	/	/	-	/	/	++	-	-	-	-	/	-	-	/
	Mesomammiferi	/	/	/	/	+++	/	/	++	+	-	-	-	/	+++	+++	/
	Grandi mammiferi	/	/	/	/	+++	/	/	-	++	++	++	+	/	+++	+++	/
	Anfibi	/	/	/	/	+++	/	/	-	++	-	-	+	/	++	++	/
	Rettili	/	/	/	/	+++	/	/	-	-	-	-	-	/	++	++	/
	Uccelli	/	/	/	/	++	/	/	-	-	-	-	-	/	-	-	/
Parete rocciosa	Micromammiferi	/	/	/	/	/	/	/	++	-	-	-	-	/	-	-	/
	Mesomammiferi	/	/	/	/	/	/	/	++	+	-	-	-	/	+++	+++	/
	Grandi mammiferi	/	/	/	/	/	/	/	-	+	++	++	+	/	+++	+++	/
	Anfibi	/	/	/	/	/	/	/	-	++	-	-	+	/	++	++	/
	Rettili	/	/	/	/	/	/	/	-	-	-	-	-	/	++	++	/
	Uccelli	/	/	/	/	/	/	/	-	-	-	-	-	/	-	-	/



pericolo (es. incluse nelle Liste Rosse), vallate fluviali e zone umide, aree di elevato valore naturalistico, corridoi di dispersione in aree già frammentate ecc. Una volta individuate tali aree le possibili strategie di mitigazione da prendere in considerazione possono consistere in due azioni principali: la riduzione della probabilità di collisione tra veicoli e animali, impedendo l'accesso di questi ultimi sul manto stradale mediante recinzioni e barriere, e la creazione di punti di attraversamento sicuro mediante la progettazione di sottopassi e sovrappassi. Lo studio degli interventi di mitigazione già in sede progettuale dell'infrastruttura risulta di fondamentale importanza, in quanto mentre l'azione *ex-post* può risultare molto impegnativa, è stato calcolato che il costo derivante dalla progettazione e realizzazione di tali interventi incide solo in misura modesta sul budget complessivo di realizzazione di un'infrastruttura viaria (intorno al 5%) (Guccione, 2008; Dinetti, 2008). In tale fase risulta necessaria, inoltre, l'elaborazione di un dettagliato piano di manutenzione delle opere in progetto, che preveda modalità e tempi di controllo diversi per ciascuna tipologia di manufatto prevista, tenendo conto del ruolo cui devono assolvere. Tale piano dovrà coprire un periodo di tempo di circa 20-30 anni a partire dalla realizzazione dell'infrastruttura e dovrà prevedere interventi di manutenzione ordinaria, consistenti in verifiche della funzionalità dell'opera ed eventuali piccole riparazioni, e interventi di manutenzione straordinaria, in caso di grave danneggiamento dell'opera (es. occlusione dei passaggi, crollo delle strutture ecc.).

Una volta realizzate l'infrastruttura e le relative misure di mitigazione, infine, è necessario verificare che queste ultime vengano effettivamente utilizzate dagli animali, in particolar modo dalle specie target, e svolgano in modo efficiente la funzione per la quale sono state progettate. Nel caso ciò non avvenisse si dovrebbe procedere alla revisione dell'opera e alla modifica o sostituzione con altre tipologie di intervento.

Di seguito sono riportati, per ciascuna tipologia di sezione stradale, gli interventi di mitigazione necessari, da prevedere in fase di progettazione, al fine di ridurre l'impatto sulla fauna generato dalla nuova infrastruttura. Poiché le dimensioni e le caratteristiche di ciascun manufatto variano in base alle specie target, per una descrizione dettagliata di ciascun sistema di prevenzione degli incidenti tra fauna selvatica e autoveicoli si rimanda al paragrafo 3.1.

In generale, la predisposizione di opere che precludano completamente l'accesso alla carreggiata da parte della fauna selvatica, quali barriere e recinzioni, deve essere prevista esclusivamente nelle zone particolarmente critiche, ad esempio lungo strade che si prevede avranno un elevato flusso di traffico e saranno percorse a velocità sostenuta (es. autostrade, superstrade e strade a scorrimento veloce) o nelle aree in cui la rete infrastrutturale interseca la rete ecologica; in tal caso barriere e recinzioni dovranno essere progettate unitamente a strutture, quali sovrappassi e sottopassi, che permettano l'attraversamento in sicurezza dell'infrastruttura da parte della fauna, evitando così fenomeni di frammentazione degli habitat e di isolamento delle popolazioni.

Strade a raso

Nelle strade a raso la carreggiata è posta allo stesso livello del suolo adiacente e non esistono pertanto dislivelli di alcun genere. In questo caso la connessione ecologica tra gli habitat attraversati dall'infrastruttura

viene perturbata, ma non viene teoricamente interrotta. L'attraversamento dell'infrastruttura è pertanto possibile da parte di tutte le specie terrestri. Le misure di mitigazione più indicate per tale tipologia stradale sono rappresentate da sovrappassi ed ecodotti, la cui localizzazione deve essere prevista in particolare in corrispondenza di tratti critici, come ad esempio in prossimità di aree boscate o in corrispondenza di corridoi faunistici. Tali opere devono avere un'ampiezza minima di 25 metri nel caso degli ecodotti e tra i 4 ed i 12 metri nel caso di ponti faunistici e devono essere necessariamente accompagnate da recinzioni e inviti vegetali, realizzati con vegetazione autoctona, che convogliano la fauna presente verso tale struttura e colleghino quest'ultima con gli ambienti naturali circostanti. Le recinzioni devono prolungarsi per almeno 500 m a partire dal sovrappasso. Nelle aree a minore criticità si dovrà prevedere la predisposizione di dissuasori ottici riflettenti (catadiottri), il cui il fascio di luce deve in questo caso essere orientato parallelamente al suolo, dissuasori acustici e segnaletica stradale che allerti gli automobilisti.

Strade in trincea

In questa tipologia di strada la carreggiata è posta ad un livello inferiore rispetto a quello del suolo adiacente. L'acclività delle "pareti" laterali varia da zona a zona, anche a seconda della natura del territorio stesso e degli eventuali interventi ingegneristici attuati al fine di evitare franamenti.

Anche in questo caso la connessione ecologica tra gli habitat attraversati dall'infrastruttura non viene teoricamente interrotta, anche se può verificarsi un'alterazione o riduzione della stessa, legata, appunto, all'acclività delle pareti laterali. L'occlusione provocata dalla strada, infatti, si accentua in particolare quando la sezione stradale diventa "a canyon", collocandosi sul fondo di scavi profondi, o quando insiste su morfologie naturali molto acclivi e le scarpate e i terrapieni diventano alti e ripidi o vengono sostituiti da muri di sostegno (Fabietti et al., 2011). Se i versanti non sono particolarmente acclivi l'attraversamento dell'infrastruttura è possibile da parte di tutte le specie terrestri. Anche in questo caso, come per le strade a raso, le misure di mitigazione più indicate sono rappresentate da sovrappassi ed ecodotti, da prevedere nelle aree a maggiore criticità, sempre accompagnate da adeguate recinzioni e inviti vegetali. L'altezza delle reti in questo caso deve però essere maggiorata per impedirne lo scavalco facilitato dall'inclinazione del versante. Per quanto riguarda, invece, la predisposizione di catadiottri nelle aree a minore criticità, si deve in questo caso tener conto del fatto che la distanza tra un catarifrangente e l'altro deve essere diminuita lungo i versanti con inclinazioni maggiore di 5°; è inoltre necessario utilizzare catarifrangenti idonei ad aree in pendenza e orientare i dispositivi in modo da non superare un'inclinazione del fascio di luce di 45° rispetto al piano campagna (Ciabò e Fabrizio, 2012).

Strade in rilevato

Nel caso di strade in rilevato la carreggiata è posta ad un livello superiore rispetto a quello del suolo adiacente; anche in questo caso l'acclività del pendio laterale dipende dalla natura del territorio e dagli interventi ingegneristici complementari. In tale tipologia di sezione stradale, come nella precedente, la connessione ecologica tra gli habitat attraversati non viene teoricamente interrotta, anche se può verificarsi un'alterazione o riduzione della stessa, legata, appunto, all'acclività delle pareti laterali.



Se i versanti non sono particolarmente acclivi l'attraversamento dell'infrastruttura è possibile da parte di tutte le specie terrestri.

Le misure di mitigazione più indicate per tale tipologia stradale sono rappresentate dai sottopassi, che possono avere sezione circolare o rettangolare e devono essere progettati con caratteristiche diverse in base alle specie target. Anche in questo caso è necessario prevedere la predisposizione di inviti vegetali realizzati mediante piantumazione di vegetazione autoctona e adeguate recinzioni, le quali devono prolungarsi per almeno 500 m a partire dal sottopasso e possono, in questo caso, avere altezze più ridotte.

Strade a mezza costa

Le strade a mezza costa sono caratterizzate da una carreggiata da un lato in rilevato e dall'altro in trincea; tipicamente sono infrastrutture che "tagliano" il bordo di una collina o di una montagna. Come per le strade interamente in trincea o in rilevato, l'alterazione della connessione ecologica tra gli habitat attraversati varia a seconda dell'acclività della parete laterale e alla presenza o meno di muri di sostegno. Pertanto, se i versanti non sono particolarmente acclivi l'attraversamento dell'infrastruttura è possibile da parte di tutte le specie terrestri. In questo caso in fase progettuale è possibile prevedere la realizzazione di sovrappassi faunistici nelle aree a maggiore criticità, sempre accompagnati da adeguate recinzioni, estese per almeno 500 metri a partire dall'opera, e inviti vegetali con vegetazione autoctona. Nelle zone in cui la carreggiata dovesse risultare accessibile da un lato e occlusa dall'altro è particolarmente indicata la predisposizione di adeguate recinzioni che impediscano agli animali di accedere alla carreggiata, dove rimarrebbero bloccati non trovando una via di fuga dal lato opposto. La predisposizione di catadiottri, nelle aree a minore pendenza di entrambe le pareti laterali e a bassa criticità, anche in questo caso deve tener conto del fatto che la distanza tra un catarifrangente e l'altro deve essere ridotta lungo i versanti con inclinazioni maggiore di 5° e che è necessario utilizzare catarifrangenti idonei ad aree in pendenza orientati in modo da non superare un'inclinazione del fascio di luce di 45° rispetto al piano campagna.

Gallerie

Per quanto riguarda i tratti di strada in galleria, adeguando da un punto di vista morfologico e di copertura della vegetazione l'area che li sovrasta è possibile renderla adatta al passaggio faunistico e assimilare le gallerie a dei veri e propri ecodotti o ponti faunistici, in modo tale da permettere agli animali di attraversare la carreggiata in sicurezza. A tale scopo è necessario predisporre delle recinzioni che inizino in corrispondenza delle gallerie e si sviluppino lungo la strada senza soluzione di continuità, in modo tale da impedire completamente l'accesso in carreggiata da parte degli animali. È inoltre necessario predisporre degli inviti vegetali realizzati con vegetazione autoctona. La zona centrale del passaggio deve essere ricoperta da vegetazione erbacea appetibile dagli animali, mentre ai lati devono essere piantumate macchie di arbusti di essenze autoctone in continuità con gli ambienti connessi e deve essere allestita una staccionata per la schermatura del disturbo antropico, alta almeno 2 metri e rafforzata attraverso la piantumazione di una siepe alberata (Guccione et al., 2008). Lungo il passaggio devono inoltre essere realizzati muretti a secco o mucchi

di pietre per incentivare il passaggio di piccoli animali e devono essere predisposti piccoli stagni o accumuli d'acqua per incentivare, se necessario nell'area interessata dalla realizzazione del progetto, il passaggio di anfibi (Ciabò e Fabrizio, 2012). Nel caso in cui la scarpata laterale risulti troppo ripida per essere percorsa dalla maggior parte degli animali, è necessario ridurre la pendenza attraverso operazioni di scavo e /o riporto, ricorrendo a tecniche di ingegneria naturalistica e prevedendo sempre l'inerbimento e la rivegetazione del pendio.

Viadotti

Anche i viadotti, infine, possono essere assimilati a dei veri e propri passaggi faunistici sistemando adeguatamente le aree poste al di sotto di essi, che devono pertanto essere prese in considerazione nella fase di progettazione dell'opera. In primo luogo è necessario che il viadotto abbia un'altezza superiore ai 5 metri, per permettere l'utilizzo del passaggio sottostante anche da parte dei grandi mammiferi e consentire la presenza di vegetazione naturale. Compatibilmente con altre esigenze, la luce tra i piloni dovrà essere la maggiore possibile (minimo 7 metri). Qualora si preveda anche l'attraversamento da parte della viabilità locale, una parte significativa della sezione dovrà essere mantenuta o ricostruita ad habitat naturale (Fabiatti et al., 2011). Nel caso di ponti per l'attraversamento di corsi d'acqua, che costituiscono ubicazioni privilegiate per i passaggi per la fauna selvatica, se possibile si dovrebbero progettare opere d'arte di luce tale da poter mantenere sponde sufficientemente larghe per il passaggio di tutta la fauna terrestre e anfibia (Guccione et al., 2008). È inoltre fondamentale predisporre, una volta realizzata l'opera, adeguate recinzioni che abbiano inizio in corrispondenza del viadotto e si sviluppino lungo i lati esterni della carreggiata, in modo da evitare l'ingresso di animali nella stessa e far sì che essi superino l'infrastruttura passando al di sotto dell'opera. Il passaggio della fauna al di sotto del viadotto può inoltre essere incentivato mediante la piantumazione di essenze vegetali autoctone e il posizionamento di rocce di grandi dimensioni. È poi necessario attuare un miglioramento ambientale dell'area sovrastata dal viadotto effettuando l'inerbimento del fondo, piantumando essenze vegetali autoctone e appetibili dalle specie animali presenti, posizionando rocce di grandi dimensioni, rimuovendo tutti quegli elementi che potrebbero interrompere o ostacolare il passaggio (reti ecc.) e, infine, rimuovendo i materiali che potrebbero inibire il passaggio della fauna (rifiuti ecc.) (Ciabò e Fabrizio, 2012).

3.5 Coinvolgimento della comunità locale

Al fine di prevenire gli incidenti stradali con la fauna selvatica, oltre alla progettazione e alla realizzazione di opere di mitigazione sul tracciato viario è fondamentale mettere in atto delle azioni volte alla diffusione della conoscenza di tale fenomeno all'interno della popolazione. La responsabilizzazione dei cittadini, singoli o organizzati, e degli Enti, costituisce infatti un elemento chiave per la riduzione della mortalità. Per questo motivo è necessario incentivare la realizzazione di iniziative volte ad aumentare la consapevolezza della popolazione, agendo su diversi livelli e in maniera continuativa mediante la realizzazione di campagne di informazione e formazione.

Tali azioni possono riguardare la programmazione di iniziative ad hoc, spot pubblicitari, manifesti, brochure ecc. e l'ideazione e la realizzazione



di una segnaletica stradale più efficace e mirata.

Inoltre, è possibile mettere in atto attività di *citizen science*, permettendo ai singoli cittadini di partecipare attivamente alla raccolta di informazioni e dati di carattere scientifico. La *citizen science* rappresenta un modo intelligente per avvicinare e sensibilizzare il grande pubblico, e in particolare i giovani, rispetto alla tematica esaminata, facilitandone la comprensione e soprattutto favorendo la modifica del comportamento individuale grazie all'esperienza diretta. Tale approccio sta avendo un crescente successo in tutto il mondo, rivelandosi un valido aiuto per la ricerca scientifica e un potente strumento di educazione del grande pubblico.

Ad esempio, la realizzazione di applicazioni per smartphone e tablet che consentano di segnalare la presenza di animali investiti lungo le strade, come quella sviluppata nell'ambito del progetto LIFE Strade, permette di coinvolgere gli utenti della strada nel monitoraggio della mortalità faunistica, aumentando la loro attenzione e sensibilità verso tale fenomeno. Un altro elemento essenziale nel processo di coinvolgimento della comunità locale è costituito dalla programmazione e dalla realizzazione di attività di formazione specifica sulla tematica della *road ecology*, rivolte agli Enti gestori delle strade e alle Associazioni e alle organizzazioni che operano nel territorio (ambientalisti, agricoltori, cacciatori ecc.). Campagne specifiche dovrebbero inoltre essere promosse presso le Scuole Guida, introducendo l'argomento nei corsi e negli esami, e all'interno delle scuole, individuando strumenti efficaci quali lezioni mirate, laboratori didattici, visite ecc., diversificati per le diverse fasce d'età.

Infine, è fondamentale che gli Enti responsabili della pianificazione territoriale e delle valutazioni ambientali (VIA, VAS, VIInCA) si impegnino per integrare il tema della *road ecology* nelle procedure ordinarie e nei processi progettuali e di pianificazione.

Nell'ambito del LIFE Strade l'attività di disseminazione del progetto ha rivestito un ruolo fondamentale ed è stata messa in atto mediante la realizzazione di una campagna di informazione e sensibilizzazione basata sull'utilizzo di diverse tecniche e modalità comunicative, che vanno dall'uso del mezzo televisivo e radiofonico, alla diffusione delle attività pratiche sulla sperimentazione tramite internet e social network, all'organizzazione di workshop, seminari, incontri tecnici a carattere di gemellaggio fra pubbliche amministrazioni e portatori di interesse. È stato inoltre prodotto e diffuso materiale informativo e divulgativo, successivamente distribuito in maniera capillare sul territorio coinvolto nel progetto.



Figura 38 La comunicazione nel progetto LIFE Strade



BIBLIOGRAFIA

1. AAVV, 2004. Studi ambientali sul Mezzano. Minerva ed., Argelato, Bologna, pp. 289.
2. Airaudo D., Bosser-Peverelli V., Fila-Mauro E., Frasca C.V., Rivella E., Vietti D., 2008. Incidenti stradali con coinvolgimento di fauna selvatica in Piemonte. Regione Piemonte.
3. Bacci M., Dinetti M., Martini P e Fiduccia A., 2005. Dossier tecnico in materia di mitigazioni degli impatti ambientali sugli ecosistemi in conseguenza di infrastrutture lineari. Dattiloscritto. APAT, Roma.
4. Battisti C., 2004. Frammentazione ambientale, connettività, reti ecologiche. Un contributo teorico e metodologico con particolare riferimento alla fauna selvatica. Provincia di Roma, Assessorato alle Politiche ambientali, Agricoltura e Protezione civile.
5. Battisti C., Romano B., 2007. Frammentazione e connettività: dall'analisi ecologica alla pianificazione ambientale. Città Studi Ed., Milano.
6. Bellis M.A., Griffin C.R., Warren P., Jackson S.D., 2013. Utilizing a multi-technique, multi-taxa approach to monitoring wildlife passageways in southern Vermont. *Oecologia Australis* 17(1): 111-128
7. Bennett, A.F. (1991). Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. In Saunders and J. Hobbs. (eds). *Nature conservation 2: The role of corridors*, pp. 99-118. Surrey Beatty & Sons.
8. Carradori R., 2010. Fauna selvatica e incidenti stradali. *Biologia ambientale* 24(2).
9. Catharinus F. Jaarsma G. e Williams G.P.A., 2002. Reducing habitat fragmentation by minor rural roads through traffic calming. *Landscape and Urban Planning*, 28:125-135
10. Ciabò S., De Sanctis A., Ricci F., Di Giambattista P., 2009. Mitigazione dell'effetto barriera delle infrastrutture nella Riserva Regionale e Oasi WWF Gole del Sagittario (AQ). In: Atti I Conferenza del Centro Studi per le Reti Ecologiche "Road Ecology: nuovi strumenti nella pianificazione infrastrutturale", Pettorano sul Gizio.
11. Ciabò S. e Fabrizio M., 2007. Habitat e specie target nel Veneto. In: Romano B. e Paolinelli G., *L'interferenza insediativa nelle strutture ecosistemiche. Modelli per la rete ecologica del Veneto*. Gangemi Editore. Roma: 81-93.
12. Ciabò S. e Fabrizio M., 2007. Il profilo di occlusione come strumento di supporto per la road ecology. In: Battisti C. e Romano B., *Frammentazio-*

- ne e Connettività. Dall'analisi ecologica alla pianificazione ambientale. Città Studi, Novara: 326329.
13. Ciabò S., Fabrizio M., 2012. Linee guida per la prevenzione di incidenti stradali causati da fauna selvatica nella Provincia di Pescara. Provincia di Pescara, 136 pp.
 14. Cerofolini A., 2006. Danni agli autoveicoli causati da fauna selvatica. *Silvae* 2 (4): 267-278.
 15. Damarand T. e Bekker G.J., 2003. COST 341 – Habitat fragmentation due to transportation infrastructure: findings of the COST Action 34. Office for official publications of the European Communities, Luxemburg.
 16. Diamond T., Waetjen D., Lacher L., Harrold K., Shilling F.M., 2013. Prioritizing mitigation for interstates using wildlife movement information.
 17. Diamondblack, 1990. Ecological effects of roads (or the road to destruction). Pages 1-5 in Davis J. (ed.), *Killing roads: a citizen's prime on the effects of removal of roads*. Biodiversity special publication. Earth First!, Tucson, Arizona.
 18. 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, Milano.
 19. Dinetti M. (a cura di), 2008. Infrastrutture di trasporto e biodiversità. Lo stato dell'arte in Italia. 1-155.
 20. Downs J.A., Horner M.W., 2012. Enhancing Habitat Connectivity in Fragmented Landscapes: Spatial Modeling of Wildlife Crossing Structures in Transportation Networks, *Annals of the Association of American Geographers*, 102:1, 17-34.
 21. Ellenberg, H., K. Müller, and T. Stottele. 1981. *Straßen-Ökologie: Auswirkungen von Autobahnen und Straßen auf Ökosysteme deutscher Landschaften*. *Ökologie und Straße*. Bonn, Germany: Broschürenreihe der deutschen Straßenliga, Ausgabe 3:19-122.
 22. European Commission, 2014. EU Transport in figures. Statistical pocketbook.
 23. Fabietti V., Gori M., Guccione M., Musacchio M.C., Nazzini L., Rago G., (a cura di), 2011. Frammentazione del territorio da infrastrutture lineari. Indirizzi e buone pratiche per la prevenzione e la mitigazione degli impatti, ISPRA, Manuali e Linee Guida 76.1 /2011.
 24. Fabrizio M., 2009. Analisi e mitigazione dell'effetto barriera della Strada Statale 17 tra la Riserva Naturale Regionale Monte Genzana Alto Gizio e il Parco nazionale della Majella. I quaderni del Centro Studi per le Reti Ecologiche. Volume 1. 32 pp.
 25. Fabrizio M., (eds) 2010. Atti della Prima Conferenza del Centro Studi per le Reti Ecologiche "Road Ecology: nuovi strumenti nella pianificazione infrastrutturale". 4 ottobre 2008 – Pettorano Sul Gizio (AQ). I quaderni del Centro Studi per le Reti Ecologiche. Volume 3: 64 pp.
 26. Fila-Mauro E., Maffiotti A., Pompilio L., Rivella E. e Vietti D., 2005. Fauna selvatica ed infrastrutture lineari. Regione Piemonte. Torino.



27. Forman R.T.T. et al, 2003. Road ecology: science and solutions. Island press.
28. Freitas S.R., Alexandrino M.M., Pardini R., Metzger J.P., 2012. A model of road effect using line integrals and a test of the performance of two new road indices using the distribution of small mammals in an Atlantic Forest landscape. *Ecological Modelling* 247: 64-70.
29. Guccione M., Gori M. e Bajo N., (eds.) 2008. Tutela della connettività ecologica del territorio e infrastrutture lineari. Rapporto 87/2008. ISPRA, Roma.
30. Hanski I., 1994. A practical model of metapopulation dynamics. *Journal of Animal Ecology* 63, 151-172.
31. Hlavac V., Andel P., 2002. On the permeability of roads for wildlife: a handbook. Agency for nature conservation and landscape protection of the Czech Republic, Prague.
32. Iuell B., Bekker G.J., Cuperus R., Dufek J., Fry G., Hicks C., Hlavac V., Keller V.B., Rosell C., Sangwine T., Tørsløv N. e Wandall B. le Maire (eds.) 2003 COST 341 - Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. COST European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research.
33. Laszlo, E. 1987. *Evolution: The Grand Synthesis*. Shambhala, New Science Library, Boston.
34. Muller S. e Berthoud G., 1996. Fauna/Traffic safety. Manual for Civil Engineers. Département de génie civil (LAVOC). Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne Lausanne.
35. Nonni F., Di Sabatino D., Fabrizio M., Tetè P., 2014. La gestione delle popolazioni di capriolo (*Capreolus capreolus*): analisi della mortalità e confronto tra diverse metodologie di determinazione dell'età. Tesi di laurea in Gestione degli Ecosistemi Terrestri e Marini. Università degli Studi dell'Aquila. A.A. 2012/2013.
36. Noss R.F., Cooperrider A., 1994. Saving nature's legacy: protecting and restoring biodiversity. Defenders of Wildlife and Island Press, Washington, DC, 69 pp.
37. Pagnoni G. A. e Santolini R., 2007. Analisi dell'impatto da traffico veicolare sulla fauna del Mezzano e valutazioni economiche.
38. Perco F., Rossi G., Sauli G. 1977. Problematiche ambientali nella progettazione delle grandi infrastrutture viarie, con particolare riferimento alla dinamica delle popolazioni di ungulati nella provincia di Trieste. Convegno "Strade ed ambiente naturale". Roma, 23pp.
39. Picco L., 2005. Il monitoraggio dei tratti stradali a rischio di attraversamento da parte degli ungulati selvatici. L'esperienza della provincia di Torino. In: Dinetti M. (ed.). Atti del Convegno "Infrastrutture viarie e biodiversità. Impatti ambientali e soluzioni di mitigazione". Pisa, 25 novembre 2004. Provincia di Pisa e LIPU. Stylgrafica Cascinese, Cascina (PI), pp. 47-51.
40. Picella M., Di Sabatino D., Fabrizio M., Tetè P., 2013. Analisi della mortalità da investimenti stradali della popolazione di *Canis lupus* in Abruzzo. Tesi di laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente. Università degli Studi dell'Aquila. A.A. 2012/2013.

41. Quintana S.M., Ramos B.M., Casermiero Martinez M.A., Pastor O.I., 2010. A model for assessing habitat fragmentation caused by new infrastructures in extensive territories. Evaluation of the impact of the Spanish strategic infrastructure and transport plan. *Journal of Environmental Management* 91: 1087-1096.
42. Romano B., 2002. Evaluation of urban fragmentation in the ecosystems. *Proceedings of International Conference on Mountain Environment and Development (ICMED)*. Ottobre 15-19 2002, Chengdu, China.
43. Romano B., Ciabò S. e Fabrizio M., 2008. Il Profilo d'Occlusione come metodo di analisi dell'effetto barriera dovuto alle infrastrutture viarie. *Atti del X Congresso Nazionale SIEP-IALE. Ecologia e Governance del Paesaggio. Esperienze e prospettive*. Bari: 245-252.
44. Romano B., Ciabò S. e Fabrizio M., 2009. Il profilo di occlusione ecosistemica: un metodo di analisi delle barriere ecologiche costituite dalle infrastrutture di trasporto. *Estimo e Territorio*, LXXII (5): 35-45.
45. Romano B., Ciabò S. e Fabrizio M., 2011. Infrastructure obstruction profiling, a method to analyse ecological barriers formed by transport infrastructure, *Proceedings of 2011 International Conference on Ecology and Transportation Sustainability in Motion August 21-25, 2011*. Seattle, Washington, USA.
46. Rosell C. and Velasco J.M., 1999. *Manual de Prevenció y Correcció de Impactos de las Infraestructuras Viarias sobre la Fauna*. Documents dels Quaderns de medi ambient. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Barcelona.
47. Scaravelli D., 2000. L'impatto del traffico sulle popolazioni di Riccio. *Convegno Fauna & Viabilità (Modena, 5 maggio 2000)*.
48. Scoccianti C., 2006. Ricostruire reti ecologiche nelle pianure. *Autorità di bacino del fiume Arno*. Firenze.
49. Scoccianti C., Cigna P., Dondini G., Vergari S., 2001. Studio dell'impatto delle infrastrutture viarie sulla fauna: gli investimenti di Vertebrati durante un anno di campionamento di 5 strade in Toscana. *Atti del Secondo Convegno Nazionale SHI, Praia a Mare*. Riv. Idrob., 38.
50. Trombulak, S. C., Frissell, C. A., 1999, Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14, 18-30.
51. Van der Grift E.A., Van der Ree R., 2015. Guidelines for evaluating use of wildlife crossing structures. In: Van der Ree R., Smith D.J., Gril C. (eds). *Handbook of Road Ecology*. John Wiley & Sons, Ltd.
52. Van der Ree R., Jaeger, J.A.G., van der Grift, E.A., Clevenger, A.P., 2011. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving toward larger scales. *Ecol. Soc.* 16, 48.
53. Van der Ree R., Smith D.J., Grilo C., 2015. *Handbook of road ecology*. Wiley-Blackwell pp. 552.



INDICE

PREMESSA	3
1. INQUADRAMENTO DEL FENOMENO	4
1.1 Le infrastrutture viarie: consistenza e principali impatti	2
1.2 La road ecology	4
1.3 Gli incidenti stradali con la fauna selvatica in Italia	7
1.4 Procedura d'intervento in caso di sinistri	13
2. PROCEDURE DI MONITORAGGIO	17
2.1 La mortalità stradale legata alle strade	19
2.2 La scheda di raccolta dati di mortalità stradale	19
2.3 Monitoraggi mirati	23
2.4 Impostazione e gestione del database	23
2.5 Strumenti ausiliari: applicazione smartphone e tablet	26
2.6 Analisi strutturale del tracciato viario	28
2.7 Valutazione della funzionalità dei passaggi esistenti	30
2.8 I flussi di traffico	31
2.9 Modelli ecologici per l'individuazione dei tratti stradali a maggiore criticità	33
2.10 La procedura di monitoraggio in sintesi	36
3. PREVENZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI CON LA FAUNA SELVATICA	38
3.1 Progettazione di misure di mitigazione	38
3.2 Misure di mitigazione	40
3.3 Efficacia specie-specifica delle misure di mitigazione	84
3.4 Definizione degli interventi per tracciati di nuova realizzazione	84
3.5 Coinvolgimento della comunità locale	89
BIBLIOGRAFIA	92

ISBN: 978-88-904627-9-5